

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

DISEÑO DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PLANCHADO Y PINTURA EN UNA EMPRESA DEL SECTOR AUTOMOTRIZ

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO INDUSTRIAL

Autores

Karla Alejandra Izquierdo Gonzales

Jefferson Alexander Torres Heredia

Asesor

Ing.

Fanny Emelina Piedra Cabanillas

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres: Carlos Izquierdo Into, Teresa Gonzales Terrones; María Judith Heredia Fernández y Alexander Torres Urquiza, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos, por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios por permitirnos llegar a esta etapa de nuestras vidas, en segundo lugar, a nuestros padres por habernos brindado su apoyo y que con esfuerzo y dedicación nos ayudaron a culminar nuestra carrera universitaria, y a la plana docente por habernos orientado y por la paciencia brindada por todos estos años de estudio y a nuestros amigos que día a día nos apoyaron y alentaron a seguir adelante.

Asimismo, agradecemos a nuestra asesora Ing. Fanny Emelina Piedra Cabanillas, que gracias a sus consejos pudimos culminar este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos	17
1.4. Hipótesis	18
CAPITULO II. METODOLOGÍA.....	18
2.1. Diseño de Investigación.....	18
2.2. Población y muestra.....	18
2.2.1 Población:	18
2.2.2 Muestra.....	18
2.3 Técnicas, Instrumentos y procedimientos de recolección de datos	19
2.4 Procedimiento de recolección de datos.....	20
2.5 Análisis de datos	22
2.6 Aspectos éticos.....	22
2.7 Operacionalización de Variables	23
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	24
3.1. Diagnostico situacional del área a estudiar	24
3.1.1. Diagrama de Ishikawa.....	24
3.1.2. Diagrama de operaciones del proceso.....	27
3.1.3. Distribución de planta	42
3.1.4. Diagrama de recorrido.....	44
3.2. Diagnóstico de la Investigación	47
3.2.1. Variable independiente: Lean Manufacturing.....	47
3.2.1.1. Tiempo ciclo	47
3.2.1.2. Tiempo promedio.....	47
3.2.1.3. Tiempo normal.....	49
3.2.1.4. Tiempo estándar.....	49
3.2.1.5. Distancia y tiempo recorrido.....	49
3.2.1.6. Gestión de compras.....	51
3.2.1.7. Cantidad de reproceso.....	55
3.2.2. Variable Dependiente: Productividad	58
3.2.2.1. Productividad de mano de obra	58
3.2.2.2. Productividad horas hombre	60

3.2.2.3. Eficiencia del capital empleado.....	61
3.2.2.4. Utilidad	63
3.2.3. Resultado de los indicadores actuales	64
3.3. Diseño de la propuesta	65
3.4. Desarrollo de indicadores de Lean Manufacturing.....	66
3.4.1. Tiempo ciclo.....	66
3.4.2. Tiempo promedio	76
3.4.3. Tiempo normal	83
3.4.4. Tiempo estándar	89
3.4.5. Distancia y tiempo recorrido	95
3.4.6. Gestión de compras	103
3.4.7. Cantidad de reproceso	119
3.5. Desarrollo de indicadores de productividad	130
3.5.1. Productividad de mano de obra	130
3.5.2. Productividad de horas hombre.....	131
3.5.3. Eficiencia de capital empleado.....	132
3.5.4. Utilidad.....	134
3.6. Desarrollo de indicadores mejorado	135
3.7. Evaluación económica	136
3.7.1. Costos por procedimientos de maquinaria, equipos y herramientas	136
3.7.2. Costos por incurrir en el proceso de manejo (3 trabajadores).....	137
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	151
DISCUSIÓN.....	151
CONCLUSIONES.....	156
REFERENCIAS.....	158
ANEXOS.....	163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas, Instrumentos y procedimientos de recolección de datos	19
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	22
Tabla 3 Operacionalización de variables	23
Tabla 4. Criterios de observaciones según General Electric.....	29
Tabla 5. Clasificación de del nivel de daños.....	30
Tabla 6. Resultados de la observación del proceso de planchado	34
Tabla 7. Resultados de la observación del proceso de planchado por clase de actividad.....	35
Tabla 8. Resultados de la observación del proceso de pintura.	39
Tabla 9. Resultados de la observación del proceso de pintura por clase de actividad.....	40
Tabla 10. Tiempo requerido para completar el proceso de planchado y pintura.	41
Tabla 11. Recorrido de tiempos expresado en minutos y metros	45
Tabla 12. Tiempo ciclo, para daño leve, medio y grave	47
Tabla 13. Tiempo promedio en el servicio de planchado y pintura.	47
Tabla 14. Recorrido de tiempos y distancia.....	50
Tabla 15. Lista de productos básicos para nivel de daño leve	52
Tabla 16. Lista de productos básicos para el nivel de daño medio.....	53
Tabla 17. Lista de productos básicos para el nivel de daño grave	54
Tabla 18. Numero de reproceso para el nivel de daño leve	56
Tabla 19. Numero de reproceso para el nivel de daño leve	57
Tabla 20. Numero de reproceso para el nivel de daño grave.....	57
Tabla 21. Valores para cálculo de indicadores de productividad de mano de obra.....	59
Tabla 22. Valores para cálculo de indicadores de productividad horas – hombre.	60
Tabla 23 Costos fijos	61
Tabla 24. Costos directos de la producción mensual.....	62
Tabla 25. Costo total.....	62
Tabla 26. Ingreso anual.....	62
Tabla 27. Resultados del diagnostico.....	64
Tabla 28. Datos técnicos desabolladora de carrocería	66
Tabla 29 Características especiales desabolladora de carrocería.....	67
Tabla 30. Datos técnicos mesa de traccionamiento	70
Tabla 31. Datos técnicos mesa de traccionamiento	71
Tabla 32. Datos técnicos de cabina de pintura.....	74
Tabla 33. Datos técnicos de cabina de pintura.....	75
Tabla 34. Datos técnicos desabolladora de carrocería	76
Tabla 35. Tiempo promedio para nivel de daño leve.....	78
Tabla 36. Datos para reemplazar en la fórmula	79
Tabla 37. Toma de tiempos – Nivel de daño medio	80
Tabla 38. Datos para reemplazar en la fórmula	81
Tabla 39. Toma de tiempos – Nivel de daño grave	82
Tabla 40. Datos para reemplazar en la fórmula	83
Tabla 41. Sistema de valoración Westing House.....	84
Tabla 42. Datos para reemplazar en la fórmula	85
Tabla 43. Tiempo normal para nivel de daño leve.....	86
Tabla 44. Tiempo normal para nivel de daño medio	87

Tabla 45. Tiempo normal – Nivel de daño grave	88
Tabla 46. Sistema de suplementos por descanso	90
Tabla 47. Tiempo estándar para nivel de daño leve.....	92
Tabla 48. Tiempo estándar para nivel de daño medio	93
Tabla 49. Tiempo estándar para nivel de daño grave	94
Tabla 50. Tabla de relación de actividades	96
Tabla 51. Código de razón o afinidad.....	96
Tabla 52. Relación de actividades	97
Tabla 53. Clasificación ABC de productos para daño leve	105
Tabla 54. Resumen clasificación ABC para daño leve.....	106
Tabla 55. Clasificación ABC de productos para daño medio	108
Tabla 56. Resumen clasificación ABC para daño medio	109
Tabla 57. Clasificación ABC de productos para daño grave	111
Tabla 58. Resumen clasificación ABC para daños graves	112
Tabla 59. Pronóstico de unidades a atender para el mes de septiembre	114
Tabla 60. Resumen clasificación ABC para daño leve.....	118
Tabla 61. Seguimiento de hoja de control para el mes Julio	122
Tabla 62. Seguimiento de hoja de control para el mes Julio	123
Tabla 63. Seguimiento de hoja de control para el mes Julio	124
Tabla 64. Valores para cálculo de indicadores de productividad de mano de obra.....	131
Tabla 65. Valores para cálculo de indicadores de productividad horas – hombre.	131
Tabla 66. Costos fijos	132
Tabla 67. Costos directos de la producción mensual.....	133
Tabla 68. Costo total.....	133
Tabla 69. Ingreso anual.....	133
Tabla 70. Resultados del diagnóstico mejorado	135
Tabla 71. Costos por maquinaria, equipos y herramientas	135
Tabla 72. Costo por capacitaciones semestrales	137
Tabla 73. Costos por implementos.....	138
Tabla 74. Costo por materiales de registro	138
Tabla 75. Costo en cuidado a la salud.....	139
Tabla 76. Costo en higiene.....	139
Tabla 77. Costo por botiquín anual.....	140
Tabla 78. Muestra los resultados de la evaluación.	140
Tabla 79. Costo de letreo anual.....	141
Tabla 80. Costo de horas hombre adiciones por reparación para siniestro nivel de daño leve ..	142
Tabla 81. Costo de horas hombre adiciones por reparación para siniestro nivel de daño medio	143
Tabla 82. Costo de horas hombre adiciones por reparación para siniestro nivel daño grave	144
Tabla 83. Costos por incurrir en la propuesta de mejora	145
Tabla 84. Costos por no incurrir en la propuesta de mejora	147
Tabla 85. Flujo de caja.....	149
Tabla 86. Indicadores económicos.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa para el servicio de planchado y pintura.	26
Figura 2. Diagrama de análisis de procesos para daños leves proceso de planchado.	31
Figura 3. Diagrama de análisis de procesos para daños medios en el proceso de planchado.	32
Figura 4. Diagrama de análisis de procesos para daños graves en el proceso de planchado.	33
Figura 5 Diagrama de análisis de proceso para daño leves proceso de pintura.	36
Figura 6 Diagrama de análisis de proceso para daño medio proceso de pintura.	37
Figura 7. Diagrama de análisis de proceso para daños graves proceso de pintura.	38
Figura 8. Distribución de planta.	43
Figura 9 Diagrama de recorrido.	46
Figura 10. Diseño de la propuesta.	65
Figura 11. Estación de trabajo para el desabollado.	68
Figura 12. Mesa de traccionamiento.	72
Figura 13. Accesorios de mesa de traccionamiento.	72
Figura 14. Cabina de pintura.	75
Figura 15. Diagrama de relación de actividades.	98
Figura 16. Diagrama de cercanía de relaciones – Antes.	99
Figura 17. Diagrama de cercanía de relaciones - Después.	100
Figura 18. Distribución de planta - Mejorada.	101
Figura 19. Clasificación ABC de productos para daños leve.	107
Figura 20. Clasificación ABC de productos para daño medio.	110
Figura 21. Clasificación ABC de productos para daño grave.	113
Figura 22. Plantilla de generación de productos.	116
Figura 23. Hoja de control de calidad.	120
Figura 24. Porcentaje de cumplimiento de la hoja de control – Planchado.	125
Figura 25. Porcentaje de cumplimiento de la hoja de control – Pintura.	126
Figura 26. Porcentaje de cumplimiento de la hoja de control – Pintura.	127
Figura 27. Pocercentaje de cumplimiento de la hoja de control – Pintura.	129

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de reprocesos	58
Ecuación 2. Productividad horas hombre	58
Ecuación 3. Productividad horas hombre	60
Ecuación 4. Eficiencia del capital empleado	61
Ecuación 5. Utilidad.....	63
Ecuación 6. Número de observaciones	79
Ecuación 7. Cálculo de tiempo normal	85
Ecuación 8. Tiempo estándar	89
Ecuación 9. Stock de seguridad	117
Ecuación 10. Porcentaje de reprocesos mejorados	128
Ecuación 11. Productividad de mano de hombre mejorado	130
Ecuación 12. Productividad de capital empleado mejorado	132
Ecuación 13. Utilidad mejorada.....	134

RESUMEN

La presente investigación se realizó en una empresa del sector automotriz, exactamente en el área de planchado y pintura; donde se procedió a analizar el proceso productivo para cada tipo de siniestro establecido por la empresa (Nivel de daño leve, nivel de daño medio y nivel de daño grave). El objetivo de esta investigación es mejorar la productividad en el área de planchado y pintura a través de un diseño de las herramientas de Lean Manufacturing, para desarrollarla se aplicó una metodología aplicada, no experimental, transversal. Una vez diagnosticada la situación actual del área de planchado y pintura se identificaron los desperdicios de; tiempo, transporte, inventario y sobreprocesos, luego se procedió a seleccionar adecuadamente el conjunto de herramientas Lean Manufacturing a implantar para reducir la baja productividad del área, para esto se tomaron en cuenta la herramienta Just in Time, Jidoka, y distintas técnicas de la ingeniería industrial. Al aplicar estas herramientas se obtendría los tiempos estandarizados para cada tipo de siniestro, las distancia y tiempo de recorrido disminuiría de 297.39 m a 158.01m y de 16.97 min a 6.73 min. Por otro los reprocesos se reducirían de un 40% a un 21%. Con lo mencionado previamente la productividad de mano de obra tendría un incremento de 4.67 a 7.33 vehículos/operario y para la productividad horas hombre de 0.021 a 0.033 vehículos/horas-hombre. Por último, se desarrolló un análisis costo beneficio donde el VAN es mayor a cero, un $TIR > COK$ y B/C mayor a 1, por lo tanto, el diseño es factible. Se concluye que de aplicar la propuesta siguiendo el plan, la productividad de la empresa incrementaría al disminuir los desperdicios identificados.

Palabras clave: Lean Manufacturing, Just in Time, Jidoka, Productividad

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad las empresas, afrontan el reto de investigar y establecer nuevas metodologías organizativas y de producción que les permitan competir en un mercado global, pero para que las empresas evolucionen con éxito deben tener un alto nivel en su productividad, en este contexto las empresas de rubro automotriz generan muchas oportunidades; sin embargo, muchas de ellas no aplican las estrategias adecuadas para fortalecerse, asimismo, se sabe que existen múltiples formas de asegurar la productividad en las empresas, entre ellas la aplicación de herramientas Lean manufacturing, si bien cierto, aquellas empresas que no las aplican crean una desventaja al competir con otras, por otro lado, esto implica la importancia de lograr la máxima eficiencia posible en los procesos, ya que es vital para el logro de una mayor productividad y así poder triunfar en el mercado global (Aranibar Gamarra, 2016, pág. 4).

El sector peruano de comercio, mantenimiento y reparación automotriz ha experimentado un crecimiento estos últimos años lo cual se sustenta debido al crecimiento del parque automotriz y de toda la economía peruana, en el año 2014 se registró un valor agregado de S/. 52 192 000 con una variación porcentual de 4.58% y el año 2015 se registró un valor agregado de S/. 54 293 000 con una variación porcentual de 4,03% estos resultados se basan en un estudio extraído del Instituto Nacional de Estadística e Informática. En cifras absolutas se observa un crecimiento, pero al comparar la variación porcentual de un año con respecto al anterior se observa que esta va disminuyendo, aun así, esto abre la oportunidad a todas las empresas de este sector para que mejoren la eficiencia de sus procesos (Guardia, 2017, pág. 2).

Según lo mencionado anteriormente, significa que todas las empresas las cuales tengan un taller mecánico de reparación de autos deben buscar la ventaja competitiva a través de la adaptación de diferentes herramientas o metodologías con el fin de tener mayor participación de mercado.

La metodología Lean, se define como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio, comprendiendo como desperdicio a toda aquella acción que no agrega valor en un proceso, pero si trabajo y costo (Socconini, 2018, pág. 11).

Desde el punto de vista de (Hernández & Vizán, 2013), Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, centrada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en hallar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, estos se definen como aquellas actividades que usan más recursos de los necesarios.

(Dinas Garay, Franco Cicedo, & Rivera Cadavid, 2009) en su artículo de investigación titulado “Aplicación de herramientas de pensamiento sistemático para el aprendizaje de Lean Manufacturing” mencionan que una de las metodologías que mejora sus procesos productivos es la filosofía Lean Manufacturing, esta se centra en disminuir los desperdicios en los procesos e incrementar la productividad.

(Hernández & Vizán, 2013) resaltan que los beneficios obtenidos en una implementación Lean son evidentes y están demostrados, en un estudio realizado por Aberdeen Group entre 300 empresas implantadoras estadounidenses muestra la reducción del 20% al %50 en los aspectos importantes de la fabricación.

Es el caso de la empresa donde se está llevando el estudio brinda servicios de mantenimiento y reparación de vehículos, esta empresa se divide en cinco áreas de trabajo;

administración, recepción, mantenimiento, lavado y planchado y pintura. El presente estudio se centrará en el área de planchado y pintura, dado que en esta área de trabajo se pudo visualizar que existen ciertos problemas. Para poder determinar cuáles eran estos problemas se inició con la aplicación de las herramientas de diagnósticos, dando como resultado la identificación de cuatro desperdicios; tiempo, transporte, inventario y sobreprocesamiento. Una vez identificados estos desperdicios lo que se plantea es realizar un análisis de las distintas herramientas de Ingeniería Industrial y la filosofía Lean Manufacturing, para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura.

Uno de los principales problemas que se visualiza en área de planchado y pintura, es que no cuentan con un seguimiento riguroso de los cálculos de tiempos de las actividades que se realizan para la obtención del producto terminado, es decir que no cuentan con un estudio de tiempos y no tienen conocimiento de la importante que son para una empresa, y como podría influir en la productividad. Para esto se propone realizar un estudio de tiempos, con la finalidad de ver si los métodos que utilizan en el proceso productivo son los adecuados, y así lograr mejorar la productividad, eliminar pasos innecesarios y como propósito final facilitar el desempeño de las actividades a los operarios. (Bustamante Rico & Rodríguez Balcázar , 2017), en su trabajo de investigación “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la empresa Kuri Néctar SAC, 2017” indica que la aplicación de estudios de tiempos le permitió medir y establecer cuanto tiempo se invierte en el trabajo, además ayuda a identificar tareas que, por algún motivo, intervienen de manera negativa en el rendimiento del proceso y así presentar estrategias para mejorarlas. Además, señala que en el nuevo diseño del sistema de operaciones permite alcanzar una mayor productividad, en el cual aumenta 12,5% a la presente producción.

Concluye que el estudio de tiempos y movimientos permite a cualquier empresa encontrar actividades innecesarias (Bustamante Rico & Rodríguez Balcázar , 2017).

Otro de los principales problemas detectados en el área de planchado y pintura es el desabastecimiento, esto se debe a que la empresa adquiere sus productos de acuerdo vayan presentado los trabajos; es decir cuando se aparece, se vio importante buscar una solución a este problema porque en diversas ocasiones los operarios se dirigían a almacén para adquirir algún material básico y este no se encontraba disponible. Es por ello que se propone crear un plan de gestión de compras y la aplicación de la herramienta Just in Time (JIT) con el objetivo de corregir el problema que se presenta en esta área. (Sánchez Chauca & Huamán Mego, 2018, pág. 96) de acuerdo a sus resultados obtenidos en su investigación “Aplicación de just in time para mejorar el abastecimiento de almacén. Empresa Tecnológica de Alimentos S.A. Chimbote, 2018”, rescatan que la aplicación del just in time mejora las compras en el abastecimiento de almacén de la empresa. Los números demuestran una reducción del ciclo de orden de compra en un 29,84%.

Otro inconveniente que muestra la empresa es la mala distribución de planta, debido a los recorridos excesivos que realizan los operarios, esto ocurre porque el área de planchado y pintura con el almacén se encuentran distantes y cuando los operarios necesitan adquirir un material, herramienta o realizar un pedido tiene que realizar recorridos considerables. (Fuentes Vara, 2012), en su trabajo de tesis “Análisis y mejora de procesos y distribución de planta en una empresa que brinda el servicio de revisiones técnicas vehiculares” concluye que con una buena distribución de planta logró disminuir un 46% en tiempos de recorrido entre las estaciones de trabajo.

Asimismo, en el área de planchado y pintura se notó la aparición de reprocesos, esto debido a que el control de calidad se realiza al finalizar el trabajo tanto para el proceso productivo de planchado y de pintura, además de que no cuentan con un instrumento para ejecutar el control de calidad, es decir que cada operario realiza el control de calidad a su manera. acuerdo a su investigación. Entonces lo que se pretende es la creación de una hoja de control con el fin de que el proceso productivo tenga su propio autocontrol con la intervención del toque humano (Jidoka), este, además menciona que el producto o servicio no debe pasar a la próxima fase con alguna irregularidad. (Lopez Pastor, 2020), en su trabajo de tesis observa que al implementar la hoja de control, el porcentaje de reprocesos en el taller disminuyo de 15% a un 8%.

Según el Ministerio de la Producción del Perú, En el país el sector servicios, tiene un nivel de productividad menor a la media debido al alto número de microempresas poco productivas en el sector, en la actualidad son pocas las empresas que se centran en realizar trabajos por determinar qué factores podrían estar perjudicando la productividad en sus procesos. (Ministerio de la Producción, 2016, pág. 45)

Para esto se decidió indagar en diferentes estudios relacionados a esta filosofía y con relación de la mejora en la productividad, para así poder tener un respaldo a la hora de realizar el estudio.

(Linares Contreras, 2018) en su trabajo de tesis “Aplicación de Herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la Empresa Soquitex” muestra que se redujeron costos y mejoraron la productividad, mediante las técnicas de lean, logro reducir retrasos en un 18% de los pedidos totales, mejoró la productividad en 15% y la rotación de inventarios aumento en 10%.

(Vásquez, 2018), en su investigación con respecto a “Aplicación de herramientas de lean manufacturing en el proceso productivo, para incrementar la productividad en la empresa de calzado novedades Judysa”, se enfocó en tres indicadores; productividad de mano de obra, productividad de materia prima y productividad de energía eléctrica, al finalizar el estudio, Vásquez concluye que con las herramientas de Lean Manufacturing para identificar la productividad de la empresa post implementación se obtuvo como resultados; que la productividad Mano de Obra logro una mejora del 9% respecto a la situación inicial, de la mismo forma la productividad de Materia Prima en 0.76 (Docenas / Cuero Pie2) equivalente a una mejora del 11 %, y la productividad Energía Eléctrica en 0.001158 (Docenas / kWh) equivalente una mejora del 12% respectivamente. Mejorando así la productividad Total de la empresa Novedades Judysa en un 28%.

(Méndez Angeles & Rojas Bustamante, 2020) en tu trabajo en su trabajo de investigación, “Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área de pintura en la empresa Japan Autos, Lima 2020” en el área de pintura encontró como problemática la baja productividad, debido a causas como desplazamientos innecesarios, distribución de planta, y procesos repetitivos; los mismos que se reflejan en reprocesos de trabajo y la generación de costos por este último. (Méndez Angeles & Rojas Bustamante) afirman que con la aplicación de la metodología Lean Manufacturing se logra mejorar la productividad, con cambios favorables situados en el área de matizado, preparación y horneado. Con la propuesta se lograría disminuir distancias de recorrido, mejores tiempos en la realización de actividades y una mejor fiscalización

en cuanto a la calidad de sus trabajos. Además, agrega que con la presente investigación con la propuesta de mejora la productividad aumentara un 14.29%.

Por todo lo dicho anteriormente, la finalidad de la presente investigación es analizar cuáles son los procesos que ocasionan una improductividad, para posteriormente recurrir a las distintas técnicas de la ingeniería industrial y a filosofía Lean Manufacturing con el propósito de hacer uso de las diferentes herramientas con el fin de eliminar actividades que no generen valor al proceso productivo y alcanzar mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en la empresa del sector automotriz.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera el diseño de las herramientas de Lean Manufacturing mejoran la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa de sector automotriz?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar las herramientas del Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del proceso de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz.
- Diseñar un conjunto de herramientas Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el área de planchado y pintura.
- Evaluar si las herramientas Lean Manufacturing mejoran la productividad de planchado y pintura de la empresa del sector automotriz.

1.4. Hipótesis

Las herramientas de Lean Manufacturing mejoran notablemente la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz.

CAPITULO II. METODOLOGÍA

2.1. Diseño de Investigación

Con la finalidad que se persigue la investigación el diseño es no experimental, debido a que se realiza sin manipular deliberadamente variables, es decir, se trata de un estudio en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, además el estudio tendrá un enfoque transversal, debido a que el análisis se basará en la recolección de datos en un solo momento, en un tiempo único. Este también tendrá un corte descriptivo, ya que tiene como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o mas variables en una población, dicho de otra manera, este estudio es puramente descriptivo. Finalmente, la investigación según el propósito es aplicada puesto que busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren de la investigación teórica (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

2.2. Población y muestra

2.2.1 Población:

La población son todas las áreas de una empresa del sector automotriz - CAJAMARCA

2.2.2 Muestra:

La muestra será el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz –
CAJAMARCA

2.3 Técnicas, Instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Tabla 1.

Técnicas, Instrumentos y procedimientos de recolección de datos

TECNICA	JUSTIFICACION	INSTRUMENTOS	APLICACIÓN
Encuesta	Permitirá obtener los datos deseados sobre nuestras dimensiones.	Cuestionario	Al administrador, ingeniera y trabajadores del área de planchado y pintura
Entrevista	Brindará información de la empresa, así como también los residuos que se desperdician.	Guía de entrevista.	Al administrador, ingeniera y trabajadores del área de planchado y pintura
Observación Directa	Permitirá identificar las causas que intervienen en el aumento de productividad, además examinar los procesos y los desperdicios que se encuentran en el área a estudiar, y cómo influye en su productividad y finalmente realizar estudio de tiempos.	Cronómetro. Formato de recolección de datos.	Instalaciones y trabajadores del área de planchado y pintura.

Fuente: Elaboración propia.

2.4 Procedimiento de recolección de datos

a) Encuesta

Preparación de la Encuesta: Los investigadores elaboraron una encuesta, la siguiente encuesta se realizó al administrador, ingeniera y a los trabajadores, para que nos puedan brindar información respecto de la empresa, con un total de 10 preguntas.

Secuencia de la Encuesta.

- Como primer punto se coordinó con el administrador de la empresa para la elaboración y duración de dichas encuestas.
- Como segundo punto se esperó que el administrador se comunicará con los trabajadores del área de planchado y pintura para realizar la encuesta.
- Como un tercer punto se tiene que las encuestas realizadas a los trabajadores tuvieron una duración de 10 minutos por trabajador.
- Como último punto se registró toda la información en una base de datos.

b) Entrevista

Preparación de la Entrevista: Los investigadores elaboraron una entrevista, la cual estuvo dirigida para el administrador e ingeniera para que nos puedan brindar datos administrativos y también se le realizo una entrevista operarios del área de planchado y pintura, con el fin de que nos faciliten información del área donde trabajan y poder realizar el estudio de trabajo.

Secuencia de la Entrevista

- Como primer punto se coordinó con el Administrador y la Ingeniera para la realización de la entrevista.

- Como segundo punto se procedió a entrevistar al Administrador que tuvo una duración de 15 minutos.
- Como tercer punto se continuó con la entrevista a la Ingeniera que tuvo una duración de 20 minutos.
- Como último punto se registrará los datos en el programa de Excel.

c) **Observación Directa:** Para la realización de la observación directa, se procedió a examinar detalladamente todos los procesos que los operarios realizan en el área de planchado y pintura, además analizar su desempeño y detectar que problemas adolece en el área a estudiar.

Secuencia de la Observación Directa

- Como primer punto se coordinó con el administrador la programación de las visitas que se realizaron para las observaciones respectivas.
- Como segundo punto el administrador se encargó de informar a los trabajadores sobre las visitas de los investigadores para realizar las observaciones respectivas y la toma de datos.
- Como tercer punto se elaboró un análisis en base a los datos históricos que maneja la empresa.
- Como cuarto punto se tomaron y se registraron las fotos tomadas como evidencia de las visitas realizadas.
- Como quinto punto se registraron los tiempos obtenidos en la observación.

Como último punto se recolectó, registró y analizó la información obtenida.

2.5 Análisis de datos

Para ejecutar el estudio de investigación se analizó el área de planchado y pintura de la empresa del sector automotriz, se emplearán métodos durante el estudio, el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

INDICADOR	MÉTODOS	INSTRUMENTOS
Tiempo	Estudio de tiempos	Toma de tiempos con cronometro.
Eficiencia	Análisis de datos	Microsoft Excel
Productividad	Análisis de datos	Microsoft Excel

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos con los que se van a trabajar en el presente estudio serán procesados con los programas Word y Excel.

2.6 Aspectos éticos

La presente investigación, respeta la propiedad intelectual, por lo tanto, respecto a la información sustraída para el desarrollo de la misma; cita apropiadamente y precisa las fuentes bibliográficas en donde se encuentra lo referenciado. Asimismo, detrás de la información utilizada se cuenta con el respaldo de la empresa, por lo tanto, todos los datos son verídicos y se trabajarán de manera confidencial.

2.7 Operacionalización de Variables

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicador
Independiente: Lean Manufacturing	Se define como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o exceso, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso (Socconini, 2018).	Tiempo	Tiempo promedio
			Tiempo ciclo
			Tiempo normal
		Transporte	Tiempo estándar
			Distancia Recorrida y Tiempo recorrido
Inventario	Gestión de compras		
Independiente: Productividad	La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla (Elizondo, 2007).	Productividad	Productividad de mano de obra
			Productividad horas - hombre
			Eficiencia de capital empleado
		Rendimiento	Utilidad

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnostico situacional del área a estudiar

3.1.1. Diagrama de Ishikawa

En este diagrama se puede notar que el principal problema que afecta a la empresa es la baja productividad detalla a continuación:

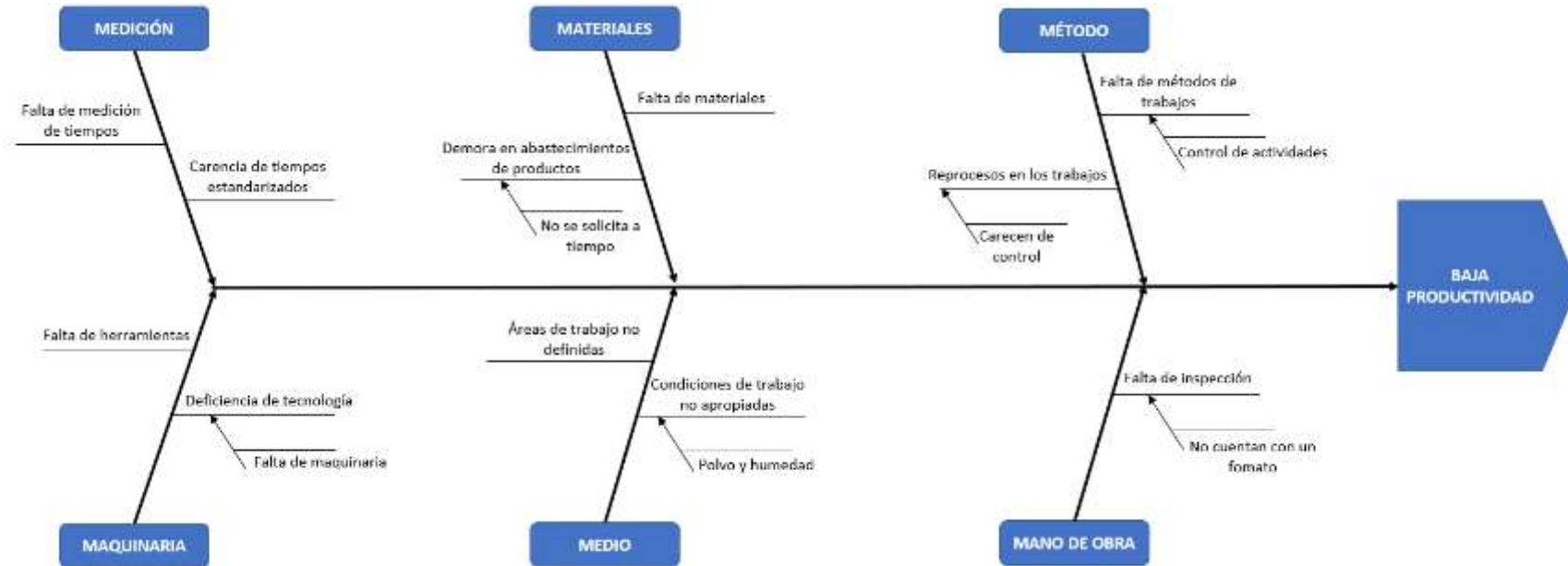
Esta problemática fue abordada desde 6 categorías que se describen a continuación:

- **Medición:** Con respecto a la determinación de estandarización de tiempos, no cuentan con estas mediciones debido a una falta de control de sus tiempos mientras se realiza la operación
- **Materiales:** Con respecto a la falta de materiales, en algunas oportunidades se pudo notar que no contaban con materiales principales para llevar a cabo su trabajo, también se observó que debido a que realizan sus compras de materiales y producto de acuerdo se presenten los trabajos, se notaron problemas de demoran de abastecimiento.
- **Métodos:** La empresa evidencia reprocesos debido a que no cuentan con un adecuado control de calidad, los operarios realizan la supervisión de sus actividades al finalizar el proceso productivo tanto para el área de planchado y de pintura, además el control de calidad lo realizan sin la ayuda de algún instructivo, es decir solo lo hacen de manera visual.

- **Maquinaria:** Se puede observar la falta de maquinaria y herramientas que son de suma importancia para poder llevar a cabo el servicio de planchado y pintura, esto genera que los tiempos de producción en el servicio sean elevados.
- **Medio:** En el área de pintura se observó que sus operaciones se llevan a cabo en un ambiente que no es el más adecuado, esto debido a que el establecimiento está lindante con un terreno no asfaltado y el polvo genera problema en esta área. Por otro lado, se evidenció que las áreas de trabajo no están bien definidas.
- **Mano de obra:** Uno de los problemas que se evidenció en el área de planchado y pintura es que el control de calidad lo realizan al final del proceso productivo, esto genera que si se encuentra una falla será al finalizar el proceso y tendrán que ejecutar nuevamente gran parte de las operaciones. Además, se observó que no cuentan con un formato definido para llevar a cabo el control de calidad.

Figura 1.

Diagrama de Ishikawa para el servicio de planchado y pintura.



Fuente: Elaboración propia

“Diseño de las Herramientas Lean Manufacturing para la mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

3.1.2. Diagrama de operaciones del proceso

El primer paso del análisis de los tiempos fue la determinación de las actividades que conforman cada uno de los procesos a estudiar. A través de la entrevista aplicada en la empresa se logró conocer tanto las tareas realizadas en el área de planchado como en el área de pintura. A continuación, se describen las tareas del área de planchado:

- Recepción del vehículo en el área de planchado
- Verificación de daños.
- Elaboración de proforma.
- Movilización al área de planchado.
- Verificación de trabajos a realizar
- Operario se traslada de planchado a almacén
- Operario solicita materiales o herramienta
- Operario se traslada de almacén a planchado
- Desmontaje
- Traccionamiento (Solo aplica para nivel de daño medio y grave)
- Planchado
- Centrado
- Pulido
- Montaje
- Control de calidad
- Movilización al área de pintura

Por otro lado, el proceso de pintura lo conforman las siguientes tareas:

- Espera por abastecimiento
- Operario se traslada de pintura a almacén
- Operario solicita materiales o herramienta
- Operario se traslada de almacén a pintura
- Lijado
- Limpieza de superficie
- Enmasillado
- Lijado de masilla
- Limpieza de superficie
- Empapelado
- Pintura base
- Secado de base
- Lijado de base
- Limpieza de superficie
- Pintura final
- Secado final
- Control de calidad
- Movilización al área de lavado
- Lavado de auto
- Pulido
- Encerado
- Movilización al área de entrega

- Facturación
- Entrega de vehículo

Una vez establecidas las actividades se elaboró un diagrama de análisis de procesos (DAP) por cada uno de los casos de estudio (planchado y pintura), para evaluar los tiempos de cada servicio. La cantidad de observaciones se determinó en función de los criterios establecidos por General Electric (GE), donde para actividades mayores a 40 minutos requieren de 3 observaciones (Castillo, 2005). La tabla mostrada a continuación, detalla los criterios de observación de GE.

Tabla 1.

Criterios de observaciones según General Electric

Tiempo (min)	Observaciones
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
4.00 - 5.00	15
5.00 - 10.00	10
10.00 - 20.00	8
20.00 - 40.00	5
Mayor a 40.00	3

Fuente: Castillo (2005).

Como criterio para realizar las observaciones, se tomó como base los tipos de daño según los criterios manejados por la empresa. De esta forma se realizaron 3 observaciones para la atención de daños leves, medios y 3 observaciones para la atención de daños graves. Se optó por este criterio de evaluación de toma de tiempo con el fin de obtener el más cercano resultado con cada de los servicios a evaluados. A continuación, tabla 5 muestra la clasificación de daños manejada por la empresa.

Tabla 2.

Clasificación de del nivel de daños

Categoría	Leve	Medio	Grave
Planchado	<ul style="list-style-type: none"> • Daños superficiales, abolladuras ligeras y otros (0 a 20% de daño a la integridad física) 	<ul style="list-style-type: none"> • Impactos y deformaciones significativas que requieran de trabajos de soldadura (21% a 60% de daño a la integridad física) 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajos mayores que requieran de reparaciones significativas y reemplazo de piezas (61% a 100% de daño a la integridad física)
Pintura	<ul style="list-style-type: none"> • Rayaduras y daños superficiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Rayaduras y daños profundos sin llegar a la lata 	<ul style="list-style-type: none"> • Penetración del daño hasta la lata

Fuente: Empresa del sector automotriz

A continuación, se muestra el resultado de las observaciones realizadas a los casos de daño leve, medio y grave asociadas al proceso de planchado. Los resultados mostrados son el promedio de las 3 observaciones realizadas según el criterio de GE. Para mayor detalle donde se muestran los resultados de cada observación realizada. (Ver anexo N°1).

Figura 2

Diagrama de análisis de procesos para daños leves proceso de planchado.

“Diseño de las Herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

Diagrama de análisis de procesos									
Actividad:	Trabajo nivel de daño leve	Operación	8	Demora	0				
Área	Planchado	Inspección	3	Almacén	0				
Analistas	Izquierdo Karla, Torres Jefferson	Transporte	4	Combinada	0				
Descripción	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolos			Observaciones			
Recepción	2.07		○	□	→	D	▽	⊗	
Verificación de daños	24.66		○	□	→	D	▽	⊗	
Elaboración de proforma	25.2		○	□	→	D	▽	⊗	
Movilización al área de planchado	2.58	57.85	○	□	→	D	▽	⊗	
Verificación de trabajos a realizar	20.11		○	□	→	D	▽	⊗	
Operario se traslada de planchado a almacén	2.09	36.51	○	□	→	D	▽	⊗	Trayecto excedente
Operario solicita materiales o herramientas	1.35		○	□	→	D	▽	⊗	
Operario se traslada de almacén a planchado	2.24	36.51	○	□	→	D	▽	⊗	Trayecto excedente
Desmontaje	69.88		○	□	→	D	▽	⊗	Desorden de herramientas
Planchado	155.33		○	□	→	D	▽	⊗	Desorden de herramientas
Centrado	55.46		○	□	→	D	▽	⊗	Desorden de herramientas
Pulido	75.04		○	□	→	D	▽	⊗	
Montaje	35.91		○	□	→	D	▽	⊗	
Control de calidad	16.93		○	□	→	D	▽	⊗	
Movilización al área de pintura	0.48	12.46	○	□	→	D	▽	⊗	
Subtotal del proceso de planchado y pintura	489.31	143.33							
Total de proceso de planchado y pintura (Min)	489.31								
Total de proceso de planchado y pintura (Días)	0.906135802								

Fuente: elaboración propia.

Figura 3

Diagrama de análisis de procesos para daños medios en el proceso de planchado.

“Diseño de las Herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

Diagrama de análisis de procesos									
Actividad:	Trabajo nivel de daño medio	Operación	9	Demora	0				
Área	Planchado	Inspección	3	Almacén	0				
Analistas	Izquierdo Karla, Torres Jefferson	Transporte	4	Combinada	0				
Descripción	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolos			Observaciones			
Recepción	2.06		○	□	→	▷	▽	◻	
Verificación de daños	30.04		○	□	→	▷	▽	◻	
Elaboración de proforma	19.44		○	□	→	▷	▽	◻	
Movilización al área de planchado	3.25	57.85	○	□	→	▷	▽	◻	
Verificación de trabajos a realizar	25.77		○	□	→	▷	▽	◻	
Operario se traslada de planchado a almacén	2.15	36.51	○	□	→	▷	▽	◻	Trayecto excedente
Operario solicita materiales o herramientas	1.38		○	□	→	▷	▽	◻	
Operario se traslada de almacén a planchado	2.24	36.51	○	□	→	▷	▽	◻	Trayecto excedente
Desmontaje	125.40		○	□	→	▷	▽	◻	Desorden de herramientas
Traccionado	114.90		○	□	→	▷	▽	◻	
Planchado	690.23		○	□	→	▷	▽	◻	Desorden de herramientas
Centrado	231.12		○	□	→	▷	▽	◻	Desorden de herramientas
Pulido	198.01		○	□	→	▷	▽	◻	
Montaje	111.30		○	□	→	▷	▽	◻	
Control de calidad	30.04		○	□	→	▷	▽	◻	
Movilización al área de pintura	0.55	12.46	○	□	→	▷	▽	◻	
Subtotal del proceso de planchado y pintura	1587.89	143.33							
Total de proceso de planchado y pintura (Min)	1587.89								
Total de proceso de planchado y pintura (Días)	2.94								

Fuente: elaboración propia.

Figura 4

Diagrama de análisis de procesos para daños graves en el proceso de planchado.

“Diseño de las Herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

Diagrama de análisis de procesos									
Actividad:	Trabajo nivel de daño grave		Operación	9	Demora	0			
Área	Planchado		Inspección	3	Almacén	0			
Analistas	Izquierdo Karla, Torres Jefferson		Transporte	4	Combinada	0			
Descripción	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolos			Observaciones			
Recepción	2.11		○	□	→	D	▽	⊗	
Verificación de daños	43.29		○	□	→	D	▽	⊗	
Elaboración de proforma	30.24		○	□	→	D	▽	⊗	
Movilización al área de planchado	3.41	57.85	○	□	→	D	▽	⊗	
Verificación de trabajos a realizar	40.85		○	□	→	D	▽	⊗	
Operario se traslada de planchado a almacén	2.21	36.51	○	□	→	D	▽	⊗	Trayecto excedente
Operario solicita materiales o herramientas	2.36	36.51	○	□	→	D	▽	⊗	
Operario se traslada de almacén a planchado	2.31		○	□	→	D	▽	⊗	Trayecto excedente
Desmontaje	665.09		○	□	→	D	▽	⊗	Desorden de herramientas
Traccionado	620.20		○	□	→	D	▽	⊗	
Planchado	3354.07		○	□	→	D	▽	⊗	Desorden de herramientas
Centrado	838.31		○	□	→	D	▽	⊗	Desorden de herramientas
Pulido	752.51		○	□	→	D	▽	⊗	
Montaje	440.02		○	□	→	D	▽	⊗	
Control de calidad	45.23		○	□	→	D	▽	⊗	
Movilización al área de pintura	0.52	12.46	○	□	→	D	▽	⊗	
Subtotal del proceso de planchado y pintura	6842.74	143.33							
Total de proceso de planchado y pintura (Min)	6842.74								
Total de proceso de planchado y pintura (Días)	12.67								

Fuente: elaboración propia.

De estas observaciones se determinaron los tiempos promedios invertidos en el proceso de planchado para daños leves, medios, y graves. En la tabla 3 se resumen los hallazgos.

Tabla 3.

Resultados de la observación del proceso de planchado

Categoría	Daño leve	Daño medio	Daño grave
Nº de observaciones	3	3	3
Nº de actividades	15	16	16
Tiempo promedio	489.31 min.	1587.89 min.	6842.74 min.
Inspección	3	3	3
Operación	8	9	9
Transporte	4	4	4
Demora	0	0	0
Operación combinada	0	0	0
Almacén	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

En específico, los tiempos asociados a inspecciones, operaciones, transporte, demoras, operaciones combinadas, y almacenaje se muestran en la tabla 3. Estos tiempos son tomados en función del promedio de cada categoría.

Tabla 4.

Resultados de la observación del proceso de planchado por clase de actividad

Tipo de Daño	Inspección	Operación	Transporte	Demora	Operación combinada	Almacén
Leve	61.69	420.23	7.39	0.00	0.00	0.00
Medio	85.85	1493.85	8.19	0.00	0.00	0.00
Grave	129.37	6704.92	8.45	0.00	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.

La tabla 4 se expone, que existen tiempos de transporte un poco excesivo, esto se debe a que el operario tiene que realizar recorridos considerables cuando quiere adquirir algún producto, entonces lo que se requiere es realizar una nueva distribución de planta.

Además, se observa altos tiempos de operación para el trabajo de operación de nivel medio y grave, especialmente para el nivel grave, esto es generado por la falta de tecnología de la cual carece esta área.

Por último, la empresa no tiene conocimiento de cuán importante puede ser la implementación de estos equipos, debido no cuenta con tiempos estandarizados y no podrían saber cómo puede aumentar su productividad con la adquisición de estos equipos.

Luego se procedió a observar el proceso de pintura bajo el mismo procedimiento utilizado para estudiar el proceso de planchado, es decir, casos de daño leve, medio y grave. A continuación, las figuras 5, 6 y 7 muestran los resultados.

“Diseño de las Herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

Diagrama de análisis de proceso para daño leves proceso de pintura.

Diagrama de análisis de procesos						
Actividad:	Trabajo nivel de daño leve		Operación	17	Demora	1
Área:	Pintura		Inspección	1	Almacén	0
Analistas	Izquierdo Karla, Torres Jefferson		Transporte	4	Combinada	1
Descripción	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolos			Observaciones
Espera por abastecimiento de productos	18.21		○ □ → ▽ ⊠			Mala gestión de compra
Operario se traslada de pintura a almacén	3.06	48.9	○ □ → ▽ ⊠			Trayecto excedente
Operario solicita materiales o herramientas	1.16		○ □ → ▽ ⊠			
Operario de traslada de almacén a pintura	3.24	48.9	○ □ → ▽ ⊠			Trayecto excedente
Lijado	65.32		○ □ → ▽ ⊠			Falta de limpieza
Limpieza de superficie	6.07		○ □ → ▽ ⊠			
Enmasillado	85.15		○ □ → ▽ ⊠			
Lijado de Masilla	65.49		○ □ → ▽ ⊠			Falta de limpieza
Limpieza de superficie	8.27		○ □ → ▽ ⊠			
Empapelado	24.02		○ □ → ▽ ⊠			
Pintura Base	48.03		○ □ → ▽ ⊠			Instrumento sucio
Secado de Base	105.01		○ □ → ▽ ⊠			
Lijado de base	44.01		○ □ → ▽ ⊠			Falta de limpieza
Limpieza de superficie	10.02		○ □ → ▽ ⊠			
Pintura Final	50.22		○ □ → ▽ ⊠			
Secado Final	125.31		○ □ → ▽ ⊠			
Control de calidad	15.95		○ □ → ▽ ⊠			
Movilización al área de lavado	1.16	37.69	○ □ → ▽ ⊠			
Lavado de auto	19.21		○ □ → ▽ ⊠			
Pulido	28.21		○ □ → ▽ ⊠			
Encerado	22.12		○ □ → ▽ ⊠			
Movilización al área de entrega	1.38	18.57	○ □ → ▽ ⊠			
Facturación	12.01		○ □ → ▽ ⊠			
Entrega del vehículo	2.13		○ □ → ▽ ⊠			
Subtotal del proceso de planchado y pintura	764.77	154.06				
Total de proceso de planchado y pintura (Min)	764.77					
Total de proceso de planchado y pintura (Días)	1.42					

Fuente: elaboración propia

“Diseño de las Herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

Diagrama de análisis de proceso para daño medio proceso de pintura. Fuente: elaboración propia

Diagrama de análisis de procesos							
Actividad:	Trabajo nivel de daño medio			Operación	16	Demora	1
Área:	Pintura			Inspección	1	Almacén	0
Analistas	Izquierdo Karla, Torres Jefferson			Transporte	4	Combinada	1
Descripción	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolos				Observaciones
Espera por abastecimiento de productos	49.02		○ □ →	▷ ▽ ⊗			Mala gestión de compra
Operario se traslada de pintura a almacén	3.12	48.9	○ □ →	▷ ▽ ⊗			Trayecto excedente
Operario solicita materiales o herramientas	1.31		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Operario de traslada de almacén a pintura	3.32	48.9	○ □ →	▷ ▽ ⊗			Trayecto excedente
Lijado	112.89		○ □ →	▷ ▽ ⊗			Falta de limpieza
Limpieza de superficie	19.60		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Enmasillado	172.80		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Lijado de Masilla	120.04		○ □ →	▷ ▽ ⊗			Falta de limpieza
Limpieza de superficie	18.38		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Empapelado	19.02		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Pintura Base	92.70		○ □ →	▷ ▽ ⊗			Instrumento sucio
Secado de Base	150.77		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Lijado de base	75.05		○ □ →	▷ ▽ ⊗			Falta de limpieza
Limpieza de superficie	25.06		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Pintura Final	97.14		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Secado Final	210.70		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Control de calidad	25.03		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Movilización al área de lavado	1.09	37.69	○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Lavado de auto	30.07		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Pulido	27.17		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Encerado	22.02		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Movilización al área de entrega	1.33	18.57	○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Facturación	17.10		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Entrega del vehículo	2.22		○ □ →	▷ ▽ ⊗			
Subtotal del proceso de planchado y pintura	1296.93	154.06					
Total de proceso de planchado y pintura (Min)	1296.93						
Total de proceso de planchado y pintura (Días)	2.40						

Fuente: Elaboración propia

“Diseño de las Herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

Diagrama de análisis de proceso para daños graves proceso de pintura. Fuente: elaboración propia.

Diagrama de análisis de procesos						
Actividad:	Trabajo nivel de daño grave		Operación	17	Demora	1
Área:	Pintura		Inspección	1	Almacén	0
Analistas	Izquierdo Karla, Torres Jefferson		Transporte	4	Combinada	1
Descripción	Tiempo (min)	Distancia (m)	Símbolos			Observaciones
Verificación de trabajos a realizar	40.20		○ □ →	▽	○	Mala gestión de compra
Operario se traslada de pintura a almacén	3.19	48.9	○ □ →	▽	○	Trayecto excedente
Operario solicita materiales o herramientas	1.35		○ □ →	▽	○	
Operario de traslada de almacén a pintura	3.49	48.9	○ □ →	▽	○	Trayecto excedente
Lijado	296.06		○ □ →	▽	○	Falta de limpieza
Limpieza de superficie	42.16		○ □ →	▽	○	
Enmasillado	362.55		○ □ →	▽	○	
Lijado de Masilla	311.61		○ □ →	▽	○	Falta de limpieza
Limpieza de superficie	45.10		○ □ →	▽	○	
Empapelado	68.63		○ □ →	▽	○	
Pintura Base	146.89		○ □ →	▽	○	Instrumento sucio
Secado de Base	315.26		○ □ →	▽	○	
Lijado de base	134.16		○ □ →	▽	○	Falta de limpieza
Limpieza de superficie	52.37		○ □ →	▽	○	
Pintura Final	155.10		○ □ →	▽	○	
Secado Final	422.85		○ □ →	▽	○	
Control de calidad	30.17		○ □ →	▽	○	
Movilización al área de lavado	1.07	37.69	○ □ →	▽	○	
Lavado de auto	40.07		○ □ →	▽	○	
Pulido	75.84		○ □ →	▽	○	
Encerado	68.01		○ □ →	▽	○	
Movilización al área de entrega	1.43	18.57	○ □ →	▽	○	
Facturación	24.50		○ □ →	▽	○	
Entrega del vehículo	2.22		○ □ →	▽	○	
Subtotal del proceso de planchado y pintura	2644.27	154.06				
Total de proceso de planchado y pintura (Min)	2644.27					
Total de proceso de planchado y pintura (Días)	4.90					

Fuente: Elaboración propia

A partir de las observaciones del proceso de pintura y para todos los tipos de daño (leve, medio y grave), se establecieron los tiempos promedios invertidos en el proceso de pintura, los cuales son mostrados en la tabla 5.

Tabla 5.

Resultados de la observación del proceso de pintura.

Categoría	Daño leve	Daño medio	Daño grave
Nº de observaciones	3	3	3
Nº de actividades	24	24	24
Tiempo promedio	764.77 min.	1296.93 min.	2644.27 min.
Inspección	1	1	1
Operación	17	17	17
Transporte	4	4	4
Demora	1	1	1
Operación combinada	1	1	1
Almacén	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

En específico, los tiempos asociados a inspecciones, operaciones, transporte, demoras, operaciones combinadas, y almacenaje se muestran en la tabla 5. Estos tiempos son tomados en función del promedio de cada categoría.

Tabla 6.

Resultados de la observación del proceso de pintura por clase de actividad

Tipo de Daño	Inspección	Operación	Transporte	Demora	Operación combinada	Almacén
Leve	15.95	656.28	8.85	18.21	65.49	0.00
Medio	25.03	1093.98	8.86	49.02	120.04	0.00
Grave*	30.17	2253.11	9.18	40.20	311.61	0.00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6 se observa que el proceso de inspección en esta área no es tan riguroso como en el área de planchado, esto se aprecia porque el número de inspecciones en esta área son menos que en la otra área, la falta de inspecciones en un trabajo tan delicado como el de pintura, puede ocasionar que los operarios descuiden algunos aspectos y estos puedan generar reproceso.

Además, se observa altos tiempos de operación para el trabajo de operación de nivel de daño medio y grave, especialmente para el nivel de daño grave, esto es generado por la falta de tecnología de la cual carece esta área.

También se aprecia que existen tiempos de transporte un poco excesivo, esto se debe a que el operario tiene que realizar recorridos considerables cuando quiere adquirir algún producto, entonces lo que se requiere es realizar una nueva distribución de planta.

Un problema que se evidencia en esta área es la adquisición de productos para poder iniciar el trabajo de pintura, es decir que en múltiples ocasiones no cuentan con los productos o materiales en inventario y esto genera que existan demoras en el servicio, para esto se propone un modelo de gestión de compras

A continuación, la tabla 7, muestra el resumen del tiempo promedio que se realizan para completar el servicio de planchado y pintura de vehículos con sus diferentes niveles de daño.

Tabla 7.

Tiempo requerido para completar el proceso de planchado y pintura.

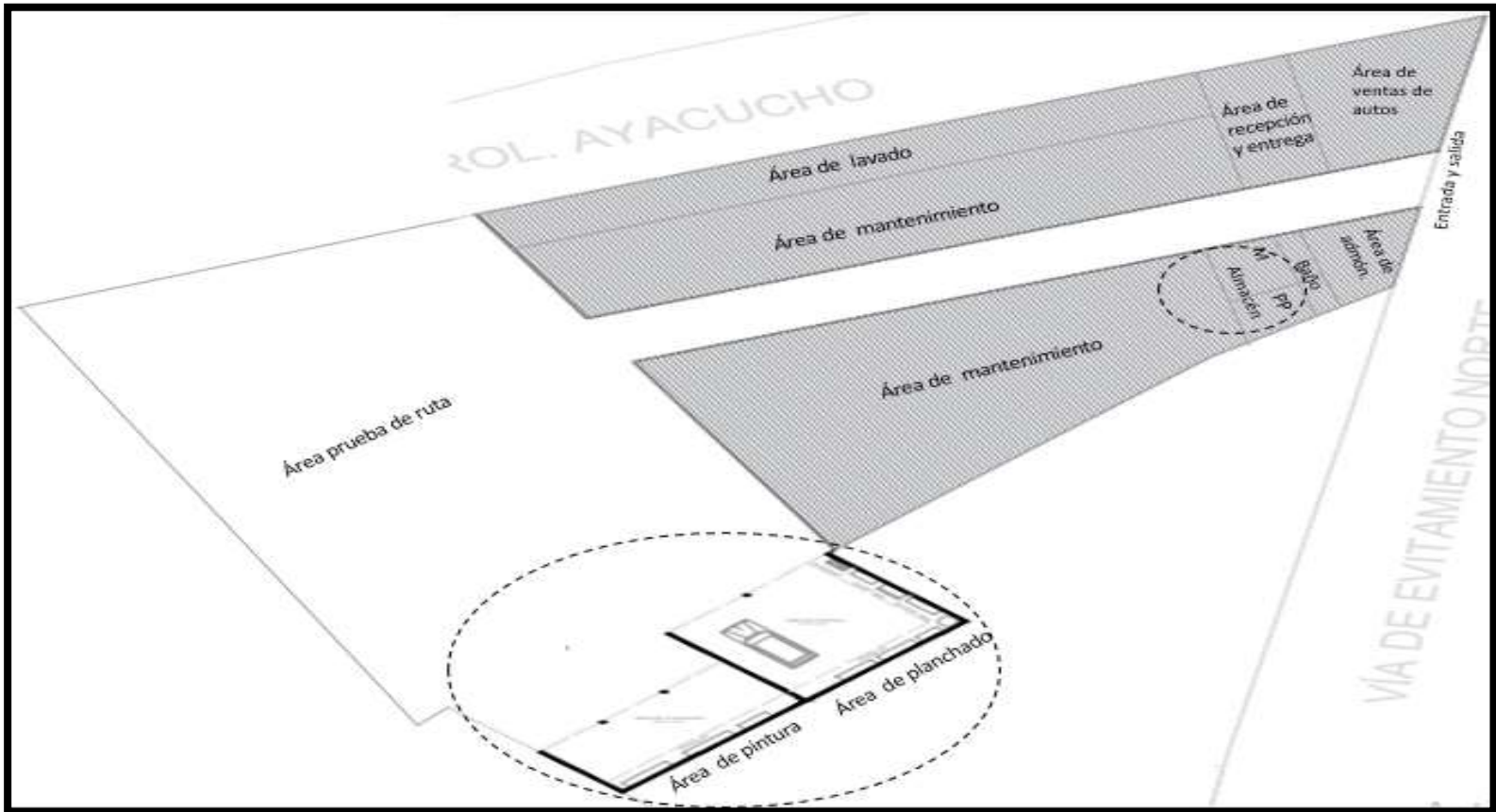
Tipo de daño	Planchado (min)	Pintura (min)	Total (min)
Leve	489.31	764.77	1259.09
Medio	1587.89	1296.93	2884.82
Grave	6842.74	2644.27	9487.09

Fuente: elaboración propia.

En la presente empresa se observó que no está distribuido de la mejor manera, se pudo observar esta desventaja, debido a que el área de planchado y pintura está un poco distante con el área de almacén, se apreció este problema porque las áreas antes mencionadas están trabajando constantemente, entonces los operarios cada vez que necesitan una herramienta o algún material tienen que dirigirse a esta área una o dos veces por día, esto genera que los operarios realicen movimientos y recorridos innecesarios.

Figura 8.

Distribución de planta.



Fuente: Elaboración propia

3.1.4. Diagrama de recorrido

La figura n°8 se puede apreciar el esquema de recorrido y distribución de planta actual, por la cual pasa cada uno de los trabajos de acuerdo al nivel de daño (leve, medio y grave). El recorrido da por inicio en el área de recepción, una vez el auto estacionado el asesor realiza una verificación de los daños que presenta la unidad, el asesor elabora una proforma al cliente para ver si este está conforme con el presupuesto y el tiempo estimado de entrega. Luego el vehículo es movilizado al área de planchado, la etapa de planchado ya en curso el operario se percata que necesita alguna herramienta o solicitar algún producto, para esto el operario se traslada al área de almacén (36.51 m) aquí se pudo observar que la distancia que recorre el operario para llegar a dicha área es excesiva. Una vez que el operario se encuentra en almacén realiza la solicitud de herramientas o materiales para seguir con su labor asignada. El operario ya con sus herramientas y materiales necesarios regresa al área de planchado (36.51m), es esta área realizan los trabajos de desmontaje, traccionado, planchado, centrado, pulido, montaje y por último el control de calidad.

Posteriormente el vehículo es movilizado al área de pintura, al inicio del desarrollo de la etapa de pintado, en varias oportunidades el operario no puede iniciar a la operación de pintado por falta de abastecimiento de productos. El operario se dirige al área de almacén (48.09 m), aquí se pudo observar que la distancia que recorre el operario para llegar a dicha área es excesiva. Una vez que el operario se encuentra en almacén realiza la solicitud material o recojo de estas para poder inicio a su labor asignada. El operario ya con sus herramientas y materiales necesarios regresa al área de pintura (48.09 m), es esta área realizan los trabajos de lijado, enmasillado, lijado de masilla, empapelado, pintura base, secado base, pintura final y control de calidad.

Después el auto es movilizado del área pintura hacia el área de lavado, donde llevan a cabo el lavado, pulido y encerado de la unidad.

Por último, se moviliza al área de entrega, donde se procede a realizar la facturación y la entrega del vehículo.

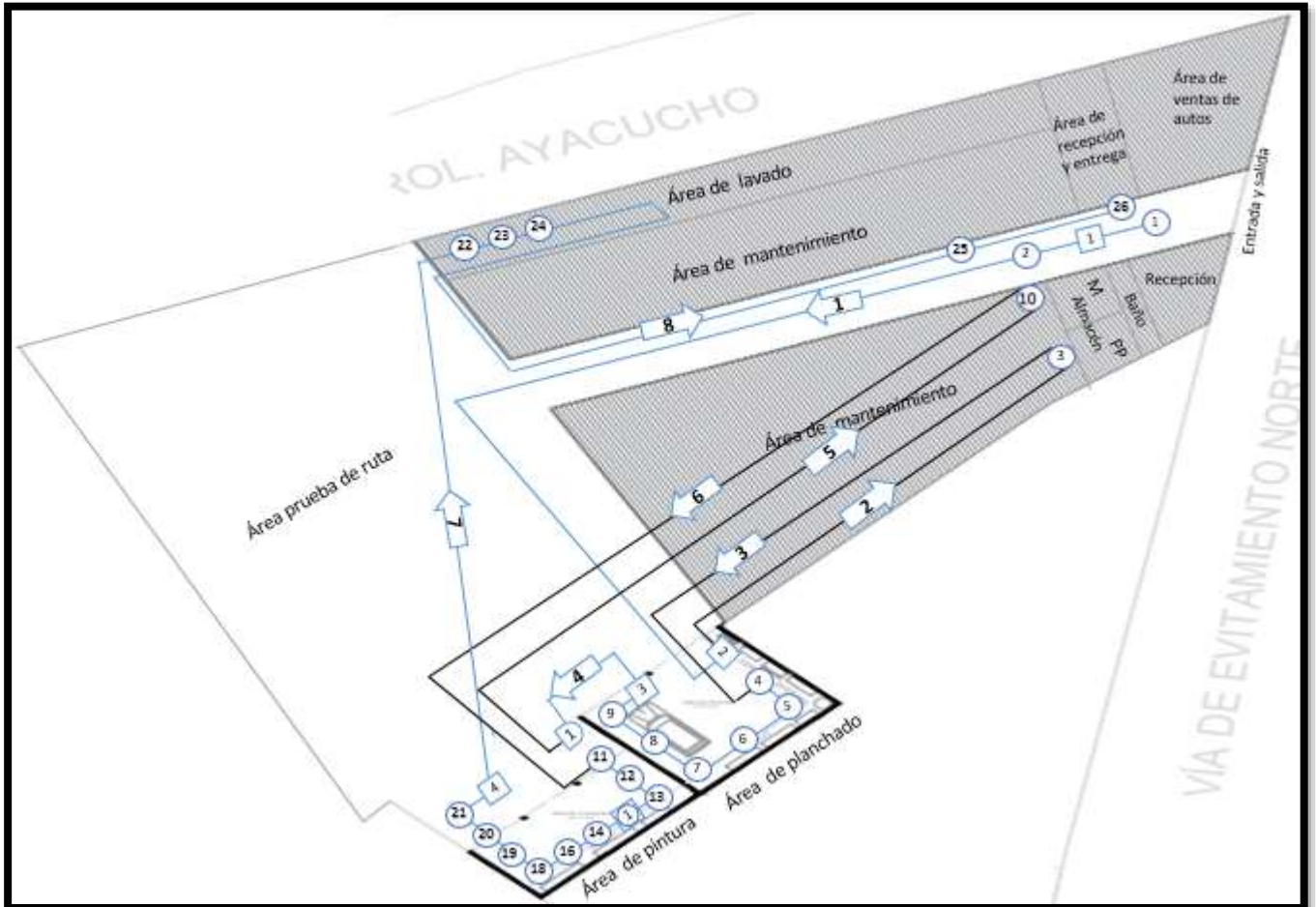
Tabla 11.

Recorrido de tiempos expresado en minutos y metros

Movilización	Tiempo (Minutos)	Tiempo (Metros)
Movilización del vehículo / Recepción - Planchado	3.08	57.85
Movilización del operario / Planchado - Almacén	2.15	36.51
Movilización del operario / Almacén - Planchado	2.26	36.51
Movilización de vehículo / Planchado - Pintura	0.52	12.46
Movilización del operario / Pintura - Almacén	3.12	48.9
Movilización del operario / Almacén - Pintura	3.35	48.9
Movilización del vehículo / Pintura - Lavado	1.11	37.69
Movilización del vehículo / Lavado - Entrega	1.38	18.57
Total	16.97	297.39

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de recorrido.



Fuente: Elaboración propia

3.2. Diagnóstico de la investigación

3.2.1. Variable independiente: Lean Manufacturing

3.2.1.1. Tiempo ciclo

Para determinar el tiempo ciclo se utilizó el diagrama de análisis de procesos, para poder identificar la actividad con mayor tiempo según el nivel de daño.

Tabla 12.

Tiempo ciclo, para daño leve, medio y grave

Tiempo ciclo	
Nivel de daño: Leve Actividad: Planchado	155.33
Nivel de daño: Medio Actividad: Planchado	690.23
Nivel de daño: Grave Actividad: Planchado	3354.07

fuentes: Elaboración propia

Interpretación: La tabla muestra el tiempo ciclo para el servicio de planchado y pintura según nivel de daño, para leve 155.33, para daño medio 690.23 minutos y para daño grave 3354.07 minutos, también decir que todos estos tiempos se encontraron en la actividad de planchado.

3.2.1.2. Tiempo promedio

A continuación, se muestran los tiempos promedio o tiempo observado para el servicio de planchado y pintura según el nivel de daño (leve, medio y grave), estas clasificaciones de daños fueron establecidas por la empresa.

Tabla 13.

Tiempo promedio en el servicio de planchado y pintura.

Tipo de daño	Tiempo promedio
Leve	1259.09

“Diseño de las herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

Medio	2884.82
Grave	9487.09

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla 13 muestra el tiempo promedio para el servicio de planchado y pintura según nivel de daño, para leve 1259.09, para daño medio 2884.82 minutos y para daño grave 9487.09 minutos, también decir que todos estos tiempos se encontraron en la actividad de planchado.

3.2.1.3. Tiempo normal

Como se mencionó anteriormente, el servicio donde se está llevando a cabo el estudio no tienen conocimiento del ritmo de trabajo que ejercen, esto se debe a que esta área es relativamente nueva, asimismo aclarar que no se han realizado estudios previos. Este servicio desconoce de tiempo normal y como puede influir para mejorar su velocidad de trabajo.

3.2.1.4. Tiempo estándar

Como se mencionó anteriormente, el servicio donde se está llevando a cabo el estudio no tienen conocimiento del ritmo de trabajo que ejercen, esto se debe a que esta área es relativamente nueva, asimismo aclarar que no se han realizado estudios previos. Este servicio desconoce el tiempo estándar.

3.2.1.5. Distancia y tiempo recorrido

Para obtener la distancia y tiempo total de todos los recorridos que se realizan en el servicio de planchado y pintura, se sumaron todos los tiempos de recorrido según el nivel de daño y estos tiempos luego fueron promediados, entonces, lo que busca es disminuir los tiempos que son recorridos por el operario con relación al almacén, ya que como ya se expuso inicialmente el problema es que el área de almacén se encuentra distante con el área de planchado y pintura.

Tabla 14.

Recorrido de tiempos y distancia

Movilización	Tiempo (Minutos)	Tiempo (Metros)
Movilización del vehículo / Recepción - Planchado	3.08	57.85
Movilización del operario / Planchado - Almacén	2.15	36.51
Movilización del operario / Almacén - Planchado	2.26	36.51
Movilización de vehículo / Planchado - Pintura	0.52	12.46
Movilización del operario / Pintura - Almacén	3.12	48.9
Movilización del operario / Almacén - Pintura	3.35	48.9
Movilización del vehículo / Pintura - Lavado	1.11	37.69
Movilización del vehículo / Lavado - Entrega	1.38	18.57
Total	16.97	297.39

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En presente tabla se muestra el total de movilizaciones que se realizan en el servicio de planchado y pintura, pero como se especificó líneas arriba, lo que se pretende es disminuir los tiempos de recorrido que realizan los operarios al momento de trasladarse al área de almacén.

3.2.1.6. Gestión de compras

En la presente empresa uno de los problemas que se pueden evidenciar que almacén reiteradas veces no disponen de los materiales e insumos básicos para poder llevar a cabo los trabajos a realizar, como ya se mencionó anteriormente, no cuenta con sistema de gestión de compras, es decir, que su sistema de compra es bastante informal, debido a que en repetitivas ocasiones realizan compras bajo pedido, en otras palabras ellos realizan la compra de estos materiales a medida que vayan apareciendo estas necesidades.

En las siguientes tablas se muestran el listado de productos básicos y necesarios para poder realizar el servicio de pintado según el nivel de daño (leve, medio y grave), con el fin de evitar demoras de adquisición en productos, también decir que esta lista de productos fue elaborada con ayuda de los operarios y nos especificaron la cantidad necesaria que se requiere para poder efectuar estos trabajos, si existe alguna variación esta será mínima. Estas tablas contienen la cantidad necesaria, unidad de medición, costo unitario y el costo total.

Tabla 15

Lista de productos básicos para nivel de daño leve

Código	Producto	Cantidad	Unidad	Costo unitario (S/.) (sin descuento)	Costo total (S/.)
P-P-001	Pintura base	1.5	galón	40	60
P-P-002	Thinner Acrilico	4	galón	26	104
P-P-003	Pintura anticorrosiva	1.5	galón	94	141
P-P-004	Masilla poliester	2	unidad	7.5	15
P-P-005	Masilla plastica	1	unidad	8.5	8.5
P-P-006	Pintura gloss	1.5	galón	82	123
P-P-007	Pintura uretano	1	galón	44	44
P-P-008	Extra thinner	0.5	galón	21	10.5
P-P-009	Lijas de fierro	8	unidad	1.5	12
P-P-010	Lijas de agua	4	unidad	1.2	4.8
P-P-011	Masking tape	1	unidad	2.5	2.5
P-P-012	Silicona (Sikaflex)	1	unidad	10	10
P-P-013	Trapos y waipe	1	kilogramos	4	4
P-P-014	Escobilla de fierra	1	unidades	4	4
P-P-015	Desengrasante	1	unidad	12.5	12.5
P-P-016	Bayeta atrapapolvos	1	unidad	6	6
P-P-017	Film de enmascar	1	unidad	10	10
Costo total por unidad de nivel leve					571.8

Fuente: Elaboración propia.

Lista de productos básicos para el nivel de daño medio

Código	Producto	Cantidad	Unidad	Costo unitario (S/.) (sin descuento)	Costo total (S/.)
P-P-001	Pintura base	2	galón	40	80
P-P-002	Thinner Acrilico	8	galón	26	208
P-P-003	Pintura anticorrosiva	2	galón	94	188
P-P-004	Masilla poliester	5	unidad	7.5	37.5
P-P-005	Masilla plastica	1	unidad	8.5	8.5
P-P-006	Pintura gloss	2	galón	82	164
P-P-007	Pintura uretano	1	galón	44	44
P-P-008	Extra thinner	1	galón	21	21
P-P-009	Lijas de fierro	15	unidad	1.5	22.5
P-P-010	Lijas de agua	10	unidad	1.2	12
P-P-011	Masking tape	1	unidad	2.5	2.5
P-P-012	Silicona (Sikaflex)	1	unidad	10	10
P-P-013	Tapos y waipe	1	kilogramo	4	4
P-P-014	Escobilla de fierra	1	unidades	4	4
P-P-015	Desengrasante	1	unidad	12.5	12.5
P-P-016	Bayeta atrapapolvos	1	unidad	6	6
P-P-017	Film de enmascar	1	unidad	10	10
Costo total por unidad de nivel medio					834.5

Fuente: Elaboración propia.

Lista de productos básicos para el nivel de daño grave

Código	Producto	Cantidad	Unidad	Costo unitario (S/.) (sin descuento)	Costo total (S/.)
P-P-001	Pintura base	4	galón	40	160
P-P-002	Thinner Acrilico	12	galón	26	312
P-P-003	Pintura anticorrosiva	4	galón	94	376
P-P-004	Masilla poliester	10	unidad	7.5	75
P-P-005	Masilla plastica	2	unidad	8.5	17
P-P-006	Pintura gloss	4	galón	82	328
P-P-007	Pintura uretano	1.5	galón	44	66
P-P-008	Extra thinner	3	galón	21	63
P-P-009	Lijas de fierro	20	unidad	1.5	30
P-P-010	Lijas de agua	15	unidad	1.2	18
P-P-011	Masking tape	4	unidad	2.5	10
P-P-012	Silicona (Sikaflex)	1	unidad	10	10
P-P-013	Trapos y waipe	2	kilogramos	4	8
P-P-014	Escobilla de fierro	2	unidades	4	8
P-P-015	Desengrasante	1	unidad	12.5	12.5
P-P-016	Bayeta atrapapolvos	2	unidad	6	12
P-P-017	Film de enmascar	2	unidad	10	20
Costo total por unidad de nivel grave					1525.5

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 15, 16 y 17, se aprecia los productos esenciales para poder ejecutar el trabajo de pintura según el nivel de daño (leve, medio y grave), además se aprecian los costos unitarios que le brindan los diferentes proveedores con los que trabaja, además por la compra de insumos y productos por volúmenes reducidos, estos precios pueden parecer un poco elevados debido a que su modalidad no es la adecuada y realizan compras por cantidades pequeñas. Finalmente, el costo total para unidad leve alcanza un total de S/. 571.8, para unidad nivel de daño medio un total de S/.834.5 y para unidad de nivel grave un total de S/. 1525.5.

3.2.1.7. Cantidad de reproceso

Como se explicó líneas arriba las operaciones de planchado y pintura inicia cuando el cliente aprueba los trabajos que se le van a realizar a la unidad. Una vez ya obtenida la aprobación se sigue con la serie de reparaciones, estas dependerán del tipo de nivel de daño en que se calificó la unidad, el vehículo inicialmente pasará por desmontaje, traccionado, planchado, centrado, pulido, montaje y control de calidad. Este último puede ser realizado por el asesor de área o el operario líder del área de planchado y pintura, además decir que este control de calidad se realiza de manera visual comprobando de que todos los trabajos se hayan ejecutado de manera correcta. De igual manera sucede para el proceso productivo que se realiza en el área de pintura, la unidad inicialmente pasará por lijado, limpieza de superficie, enmasillado, lijado de masilla. Limpieza de superficie, empapelado, pintura base, secado de base, lijado, limpieza de superficie, pintura final, secado final y control de calidad. Este último puede ser realizado por el asesor de área o el operario líder del área de planchado y pintura, además decir que este control de calidad se realiza de manera visual comprobando de que todos los trabajos se hayan ejecutado de manera correcta

En vista de que el control de calidad se realiza al finalizar los procesos tanto para planchado y pintura y sin ningún método, entonces al encontrar algún defecto o falla, ocasiona que la unidad retorne de nuevo a procesos anteriores y en el peor de los escenarios es que la unidad tenga que regresar a la primera operación de planchado o de pintura lo que quita demasiado tiempo, y esto genera que los vehículos no sean entregados en el tiempo acordado.

Posteriormente, en la tabla 18, 19 y 20 se exponen el número de reproceso que se generaron en el primer semestre por cada nivel siniestro (nivel de daño leve, nivel de daño medio y nivel de daño grave), estos datos fueron brindados por la empresa.

Tabla 18.

Numero de reproceso para el nivel de daño leve

Cantidad de reprocesos para nivel leve		
Mes	Unidades	Reprocesos
Enero	9	2
Febrero	7	1
Marzo	9	2
Abril	8	1
Mayo	9	2
Junio	9	3
Total	51	11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19.

Numero de reproceso para el nivel de daño leve

Cantidad de reprocesos para nivel medio		
Mes	Unidades	Reprocesos
Enero	4	1
Febrero	4	2
Marzo	3	1
Abril	6	3
Mayo	5	2
Junio	4	2
Total	26	11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20.

Numero de reproceso para el nivel de daño grave

Cantidad de reprocesos para nivel grave		
Mes	Unidades	Reprocesos
Enero	1	1
Febrero	2	1
Marzo	1	0
Abril	2	1
Mayo	1	0
Junio	1	1
Total	8	4

Fuente: Elaboración propia.

El número de reprocesos para el último mes de junio registro un total de 6 unidades, estas se dividen según el nivel de daño, 3 para el nivel de daño leve, 2 para el nivel de daño medio y 1 para el nivel de daño grave. Luego se procedió a calcular el porcentaje de reprocesos para esto se utilizó la siguiente ecuación.

Porcentaje de reprocesos

$$Pocentaje\ de\ reprocesos = \left(\frac{\# \text{ de reprocesos}}{Total\ de\ trabajos} \right)$$

Reemplazando

$$Porcentaje\ de\ reprocesos = \left(\frac{6}{14} \right)$$

$$Pocentaje\ de\ reprocesos = 43\%$$

Interpretación: La ecuación nos muestra el porcentaje de reprocesos que se realizaron en el área de planchado y pintura para el mes de junio alcanzo un 43%.

3.2.2. Variable Dependiente: Productividad

3.2.2.1. Productividad de mano de obra

A continuación, se determinó la productividad de mano de obra, para obtener este resultado se tomó el volumen de producción total, es decir, todas las unidades que se reparan cada mes y se divide entre el número de operarios encargados de realizar estos trabajos en el área de planchado y pintura.

Ecuación 2.

Productividad horas hombre

$$PMO = \frac{\text{Volumen de producción}}{\text{Número de operarios}}$$

- **Jornada Laboral:** 10 horas / 600 minutos
- **Tiempo de Almuerzo:** 1 horas / 60 minutos

- **Tiempo disponible:** Jornada laboral – paradas no programadas 10 - 1 horas = 9 horas / 540 minutos
- **Número de Turnos:** 1 turno/día
- **Número de operarios:** 3 operarios
- **Días hábiles por mes:** 24 días/mes

Reemplazando la fórmula, se tiene:

$$PMO = \frac{\text{Volumen de producción}}{\text{Número de operarios}} = \frac{14 \text{ unidades}}{3} = 4.67$$

Tabla 21.

Valores para cálculo de indicadores de productividad de mano de obra.

Ítem	Volumen de Producción Mensual	# Operarios (9 h / día)	PMO
PMO Total	14	3	4.67

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la presente tabla se observa que la producción mensual es de 14 vehículos, en el área de planchado y pintura 3 operarios son los encargados de la obtención de estos resultados, entonces se expone que cada operario tiene un impacto de producción de 4.67 vehículos al mes.

horas hombre

Para conseguir el resultado de la productividad horas – hombre, se utilizó el volumen de producción mensuales producidas, y luego esta cantidad se tiene que dividir entre las horas y días que trabaja al mes los 3 operarios.

Ecuación 3.

Productividad horas hombre

$$PHH = \frac{\text{Volumen de producción}}{\text{Horas Hombre (H-H)}}$$

Tabla 22.

Valores para cálculo de indicadores de productividad horas – hombre.

Tipo de daño	Unidades
Leve	9
Medio	4
Grave	1
Total	14

Reemplazando la fórmula, se tiene:

$$PHH = \frac{14}{9 \cdot 24 \cdot 3 \text{ horas-hombre}} = 0.021$$

Interpretación: El resultado de la ecuación es de 0.021 unidades / horas – hombre, esta cantidad quiere decir que cada hora hombre en el área de planchado y pintura se efectúa dicha cantidad.

3.2.2.3. Eficiencia del capital empleado

A continuación, se determinó la eficiencia económica utilizando el total ingresos que se generan en un año y sus correspondientes costos.

Ecuación 4.

Eficiencia del capital empleado

$$Ee = \frac{\text{Ventas (Ingresos)}}{\text{Costos (Inversiones)}}$$

Tabla 23.

Costos fijos

Costos Fijos		
Gastos administrativos	Mes	Año
Pintor	S/ 1,500.00	S/ 18,000.00
Planchador	S/ 1,300.00	S/ 15,600.00
Planchador	S/ 1,300.00	S/ 15,600.00
Administración	S/ 1,400.00	S/ 16,800.00
Servicios	Mes	Año
Agua	S/ 92.30	S/ 1,107.60
Luz	S/ 315.50	S/ 3,786.00
Alquiler local	S/ 3,000.00	S/ 36,000.00
Gastos de transporte	S/ 86.80	S/ 1,041.60
Servicio de teléfono - internet	S/ 50.00	S/ 600.00
Total	S/ 9,044.60	S/ 108,535.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24.

Costos directos de la producción mensual

Nivel de daño	Costos Directos	Costo Planchado	Costo Pintura
Leve	S/ 17,969.22	S/ 10,089.54	S/ 7,879.68
Medio	S/ 22,953.76	S/ 13,613.28	S/ 9,340.48
Grave	S/ 12,705.51	S/ 8,292.15	S/ 4,413.36
Total	S/ 53,628.49	S/ 31,994.97	S/ 21,633.52

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25.

Costo total

Costo Total	
Costos fijos	S/ 108,535.20
Costo Total (Cf + Cd)	S/ 162,163.69

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26.

Ingreso anual

Ingresos al Año	
Leve	S/ 41,945.04
Medio	S/ 94,968.48
Grave	S/ 49,154.28
Total	S/ 186,067.80

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la eficiencia económica se reemplaza en la siguiente ecuación:

$$Ee = \frac{\text{Ventas (Ingresos)}}{\text{Costos (Inversiones)}} = \frac{S/. 186067.80}{S/. 162163.69} = 1.15$$

Interpretación: Al calcular la eficiencia económica esta nos indica que por cada sol que se invierta en el servicio de planchado y pintura, alcanzara una ganancia de 0.15 soles.

3.2.2.4. Utilidad

A continuación, se determinó la utilidad utilizando el total ingresos que se generan en un año y sus correspondientes costos.

Ecuación 5.

Utilidad

$$Utilidad = Ventas (Ingresos) - Costos(Inversiones)$$

$$Utilidad = S/.186067.80 - S/.162163.69$$

$$Utilidad = S/.23904.11$$

Interpretación: Después de aplicar la fórmula no indica que la utilidad anual en promedio es de S/. 23904.11.

3.2. **Resultados de los indicadores actuales**

Tabla 27.

Resultados del diagnostico

Variable	Dimensión	Indicadores	Unidad	Leve	Medio	Grave	Interpretación
Variable independiente: Lean Manufacturing	Tiempo	Tiempo ciclo	Minutos	155.33	690.23	3354.07	El tiempo de ciclo para el servicio de nivel leve es de 155.33 minutos, para el servicio de nivel medio es de 690.23 minutos y para el servicio de nivel grave es de 3354.07 minutos.
		Tiempo promedio	Minutos/vehículo	1259.09	2884.82	9487.09	El tiempo promedio que tardan para cumplir con el servicio de planchado y pintura es 1259.09 minutos para nivel leve, 2884.82 minutos para nivel medio y 9487.09 minutos para nivel grave.
		Tiempo normal	Minutos/vehículo	No cuentan con tiempo normal		El servicio de planchado y pintura no cuentan con tiempo normal.	
			Tiempo estándar	Minutos/vehículo	No cuentan con tiempo estándar		El servicio de planchado y pintura no cuentan con tiempo estandarizado.
	Transporte	Distancia recorrida		Minutos	16.97		El tiempo de recorrido total que realizan los operarios en el servicio de planchado y pintura es de 16.97 minutos.
				Metros	297.39		El tiempo de recorrido en metros que realizan los operarios en el servicio de planchado y pintura es de 297.39 metros.
	Inventario	Gestión de compras				Inadecuada	El área de pintura no cuenta con un sistema de gestión de compras.
Sobre proceso	Cantidad de reprocesos	Porcentaje (%)	43%			El porcentaje de reprocesos en el área de planchado y pintura es de un total de 43%.	
Variable dependiente: Productividad	Productividad	Productividad de M.O	Vehículos producidos por operario	4.67		Capa operario produce 4.67 unidades.	
		Productividad de H.O	Vehículos producidos por horas-hombre	0.021		Por cada hora hombre se efectúan 0.021.	
	Rendimiento	Eficiencia de capital empleado	Unidad / S/.	1.15		Por cada sol invertido, se obtiene una ganancia de 0.15 soles.	
		Utilidad	S/./ Año	23904.11		El monto promedio de la rentabilidad anual es de 23904.11 soles.	

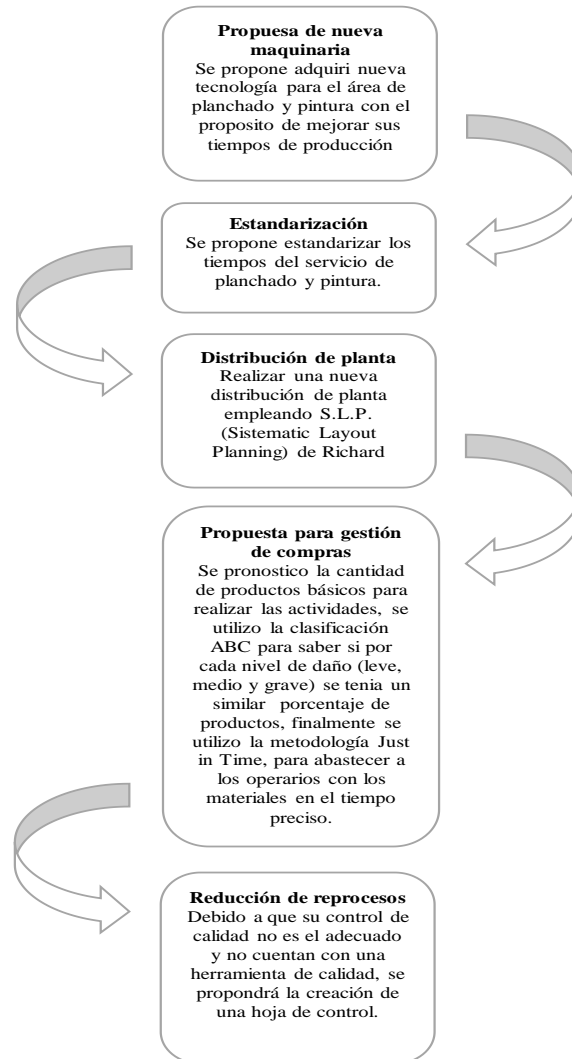
Fuente: Elaboración propia

“Diseño de las Herramientas Lean Manufacturing para la mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

3.3. Diseño de la propuesta

Figura 10.

Diseño de la propuesta.



Fuente: elaboración propia.

3.4. Desarrollo de indicadores de Lean Manufacturing

3.4.1. Tiempo ciclo

Como propuesta para solucionar el tiempo ciclo para los diferentes niveles de daños (nivel de daño leve, nivel de daño medio y nivel de daño grave), se propone adquirir máquinas y equipamiento, estas serán expuestas a continuación, además la información de las máquinas a obtener estará resumida en tabla, donde exponen sus características y datos especiales que poseen.

Posteriormente se exponen las máquinas y equipamiento a comprar.

❖ Estación de trabajo completa para desabollar la carrocería

Para el área de planchado se plantea adquirir una estación de trabajo completa para desabollar la carrocería, esta máquina consta de diferentes herramientas para facilitar el proceso de desabollo, no importa el nivel de daño a trabajar, debido a que esta máquina es una estación completa y se adapta a cualquier tipo de trabajo (Leve, Medio y Grave). Con la adquisición de este equipo ya no será necesario aplicar el proceso de desmontaje y montaje. A continuación, se exponen las características del equipo

Tabla 28.

Datos técnicos desabolladora de carrocería

Datos Técnicos	
Marca	TECSOLDA
Modelo	TSD STEELCAR PRO
Alimentación	450 V / 50 - 60 Hz
Potencia máxima	3800 A
Tipo de pistola	1 / automática
Cable para pistola	2 metros de 70 mm ²
Cantidad de pistolas	1 / multifuncional
Precio	S/. 7273.24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29

Características especiales desabolladora de carrocería

Características Especiales
Desabollar sin necesidad de desmontar piezas
Reducción del tiempo de inmovilización
Mejorar la productividad
Mejorar su rentabilidad
Aumentar su margen

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11

Estación de trabajo para el desabollado



Fuente: Tecsolda.

❖ Mesa de traccionamiento ATU-SR

Si bien es cierto, con la adquisición de la maquina antes mencionadas se lograra reducir los tiempos ciclo en el área de planchado, pero todavía se pueden apreciar que existen tiempos desmedidos como lo son el centrado y traccionamiento, esto se debe a que la empresa cuenta con un equipo de nombre (Ele de enderezado), esta máquina se utiliza para realizar estos trabajos (centrado y traccionamiento), pero con el pasar del tiempo han ido apareciendo equipos que realizan estas actividades en menos tiempo y su aplicación es más simple de ejecutar. Entonces lo que se plantea es adquirir una mesa de traccionamiento ATU-SR. A continuación, se hablará de cómo se realizan los trabajos de centrado y traccionamiento con el equipo actual que manejan, y posteriormente se expondrá que beneficios se puede obtener con la adquisición de la mesa de traccionamiento ATU-SR.

Entonces, la empresa actualmente cuenta con un equipo de nombre (Ele de enderezado), esta es usada para desarrollar los trabajos de centrado y traccionamiento, además agregar que estas dos operaciones solo se realizan para los trabajos de servicio nivel de daño medio y grave. Siguiendo con la explicación, en el momento que se estaba realizando la toma de tiempo nos percatamos que había tiempos elevados, a parte del tiempo ciclo ya establecido, entonces luego se procedió a preguntar a los operarios del porqué estos tiempos eran altos, a lo que respondieron que este tiempo se podría estar ocasionando por el equipo con el cual trabajan actualmente. Una vez ya identificado cuales eran las causas que provocaban estos tiempos se procedió a investigar que maquinas podrían sustituir a la máquina con la que cuenta actualmente.

Luego de investigar en diferentes portales que brindaban información de equipos para planchado y pintura, llegamos a la conclusión que para poder disminuir estos tiempos en las

operaciones de centrado y traccionamiento, se propone adquirir mesa de traccionamiento ATU-SR. A continuación, se muestran sus datos técnicos y características que brinda esta máquina.

Tabla 30.

Datos técnicos mesa de traccionamiento

Datos Técnicos	
Marca	AUTENF / ATU-SR
Longitud	5200 mm / 5.2 m
Ancho	2110 mm / 2.11 m
Altura	500 mm / 0.5 m
Capacidad de tiro	10 Ton
Rango de trabajo	360
Máxima Presión Hidráulica	0.8 Mpa
Máxima Capacidad	3500 kg
Peso	2200 kg
Voltaje	220 monofásico
Precio	S/. 17031.86

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31.

Datos técnicos mesa de traccionamiento

Características Especiales

El equipo se destaca por su plataforma rígida soldada por planchas de acero Suave (Mild Steel).

Las torres de tracción con cuello redondo patentado se deslizan con facilidad alrededor de todo el equipo.

El sistema hidráulico tiene una gran capacidad de tracción, una larga vida útil y un bajo funcionamiento defectuoso.

La abrazadera universal patentada puede anclar todo tipo de chasis sólido como una roca.

La plataforma puede funcionar bien con todo tipo de sistemas de medición.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12

Mesa de traccionamiento.



Fuente: Autenf

Figura 13

Accesorios de mesa de traccionamiento.



Fuente: Autenf.

➤ **Cabina de pintura**

Para el área de pintura se plantea adquirir una cabina de pintura, este es un recinto cerrado donde se introducen las piezas o los diferentes tipos de siniestros que requieren de un revestimiento o un proceso de repintado de pintura, la adquisición de esta cabina es fundamental para el área de pintura debido a que ayudara a tener una zona limpia y libre de polvos, reducción de los tiempos de secado, disminución de trabajos adicionales (pulido de pintura, lijado de pintura) y aumento significativo de productividad, lapso de tiempo y calidad. A continuación, se presentan los datos y características del equipo. Además agregar que con la compra de este recinto, los tiempos de secado disminuirán de modo relevante, en su trabajo de investigación “Procesos de secado en hornos tipo cabina para acabado de mueble metálicos” (Collante, 2010) , dice que los principales indicadores del secado de pintura a través de la cabina de pintura garantiza terminados de calidad y que el tiempo de secado puede tener una reducción de tiempo de un aproximado de 65% menos, debido a su sistema de calefacción y sistema de calefacción. A continuación, se muestran sus datos técnicos y características que brinda esta máquina.

Tabla 32.

Datos técnicos de cabina de pintura

Datos Técnicos		
Modelo	AUTENF CSB1-3 ES1-3	
Sistema de cabina	Panel de pared	50mm panel EPS + 0,33mm placa de acero
	Sótano	5 filas de parrillas de acero galvanizado, 300mm de altura Rampa de placa de diamante, 2000mm × 620mm × 2 piezas
Sistema de ventilación	Entrada del ventilador	Ventiladores centrífugos YDW de 2 x 4KW, capacidad total del aire: 25000 m ³ /h/set
	Salida ventilador	Opcional
	Flujo de aire de velocidad	0,35 m/s, tasa de ventilación: 280 tiempo/h
Sistema de calefacción	1kW × 3 piezas × 8 unidades lámparas infrarrojas para calefacción	
Sistema de iluminación	Luz de techo	Luces LED: 16W x 3 unidades x 8 unidades
	Luz lateral	Opcional
Sistema de filtración	Filtro primario	Para filtrar gránulos > 10µm, tasa de filtrado > 83%
	Techo de filtro	Para filtrar gránulos > 4µm, tasa de filtrado > 98%
Sistema de control	luminación, pulverización, calefacción, controlador de ajuste de tiempo, parada de emergencia, etc.	
Tensión de trabajo	380V/220V 50Hz/60Hz 3 Fase	
Potencia de trabajo	33 KW +	
Precio	S/. 24624.37	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33.

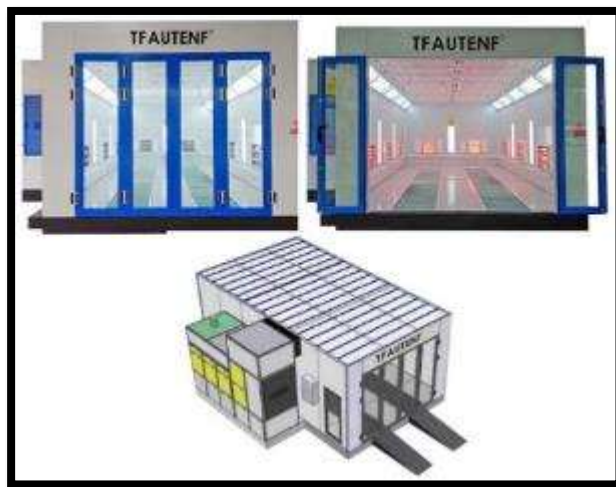
Datos técnicos de cabina de pintura

Características Especiales
Hoja de acero galvanizado en el basamento para evitar acumulación de moho.
Ventilador adaptable a compresores de diferentes fabricantes.
España alargada de materiales patentados para filtrar mayo cantidad de partículas.
Ventilador de escape equipado con sistema ambiental de filtros de carbón activo y capa de fibra de vidrio.
Quemador original de alta calidad.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14

Cabina de pintura.



Fuente: Autenf.

Luego de exponer las características y datos que poseen las máquinas y equipos a comprar, en la tabla 34 se muestran como los tiempos fueron reducidos para el tiempo ciclo, además con la adquisición de las maquinas anteriormente mencionadas algunos tiempos de las operaciones como en el área de planchado y pintura se notarán mejora en sus tiempos.

Tabla 34.

Datos técnicos desabolladora de carrocería

Tiempo ciclo	Actual	Mejorado
Nivel de daño - Leve Actividad: Planchado	155.33	108.73
Nivel de daño: Medio Actividad: Planchado	690.23	483.16
Nivel de daño: Grave Actividad: Planchado	3354.07	2344.18

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La tabla nos muestra tomas tiempos reducidos por la adquisición de máquinas, decir que todos los tiempos ciclo se encuentran en el área de planchado, entonces tenemos que para el tiempo ciclo para el servicio de daño leve se redujo de 155.33 a 108.73, para el servicio de daño medio de 690.23 a 483.16 y para el servicio de daño grave de 3354.07 a 2344.18.

3.4.2. Tiempo promedio

Debido a que el área de planchado y pintura no tenía conocimiento de que era el cuello de botella y cómo puede afectar con su productividad. El tiempo promedio para esta etapa cambio, debido a que con la adquisición de máquinas y equipos los tiempos de ciclo fueron reducidos, a continuación, en la tabla 35 se mostrara los nuevos tiempos promedio y el número de observaciones

para dar a conocer el nivel de confianza para el presente estudio y posteriormente dar a conocer el tiempo normal y tiempo estándar.

Tabla 35.

Tiempo promedio para nivel de daño leve

Toma de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño leve)				
Operación: Servicio de planchado y pintura		Izquierdo Gonzales, Karla		
Departamento: Planchado y pintura		Observador por: Torres Heredia, Jefferson		
Producto/pieza: Vehículo - nivel leve				
Descripción del elemento	Numero de observaciones			Promedio
	1	2	3	
Área de recepción	51.19	51.84	46.99	50.01
Recepción	2.07	2.12	2.14	2.11
Verificación de daños	20.42	23.11	19.14	20.89
Elaboración de profoma	26.14	24.19	23.36	24.56
Movilización al área de planchado	2.56	2.42	2.35	2.44
Área de planchado	254.54	252.15	247.35	251.35
Verificación de trabajos a realizar	16.17	18.15	17.31	17.21
Operario se traslada de planchado a almacén	0.26	0.28	0.25	0.26
Operario solicita materiales o herramientas	0.56	0.43	0.35	0.45
Operario de traslada de almacén a planchado	0.27	0.25	0.24	0.25
Planchado	108.08	105.05	113.07	108.73
Centrado	57.19	66.17	49.25	57.54
Pulido	54.37	47.12	50.22	50.57
Control de calidad	17.12	14.22	16.11	15.82
Movilización al área de pintura	0.52	0.48	0.55	0.52
Área de pintura	420.27	423.46	441.56	428.43
Verificación de trabajos a realizar	12.45	12.14	15.17	13.25
Operario se traslada de pintura a almacén	0.14	0.15	0.17	0.15
Operario solicita materiales o herramientas	0.45	0.52	0.46	0.48
Operario de traslada de almacén a pintura	0.15	0.16	0.16	0.16
Lijado	48.11	39.38	63.44	50.31
Limpieza de superficie	3.19	3.42	4.33	3.65
Enmasillado	67.45	73.53	69.57	70.18
Lijado de Masilla	46.15	54.38	48.41	49.65
Limpieza de superficie	3.12	5.23	4.51	4.29
Empapelado	10.29	12.54	11.22	11.35
Pintura Base	39.51	35.32	34.17	36.33
Secado de Base	47.47	45.08	49.19	47.25
Lijado	27.45	35.27	28.21	30.31
Limpieza de superficie	3.37	5.22	6.54	5.04
Pintura Final	43.18	36.56	40.31	40.02
Secado Final	57.46	55.29	56.42	56.39
Control de calidad	9.12	8.12	8.12	8.45
Movilización al área de lavado	1.21	1.15	1.16	1.17
Área de lavado	36.18	43.78	46.91	42.29
Lavado de auto	12.27	12.21	11.15	11.88
Pulido	11.19	13.15	17.18	13.84
Encerado	11.34	17.07	17.21	15.21
Movilización al área de entrega	1.38	1.35	1.37	1.37
Área de entrega	8.65	9.16	10.70	9.50
Facturación	7.35	8.11	8.58	8.01
Entrega del vehículo	1.30	1.05	2.12	1.49
			Total	781.58

Fuente: Elaboración propia.

Datos para reemplazar en la fórmula

	Área de recepción	Área de planchado	Área de pintura	Área de lavado	Área de entrega	x	x ²
1	51.19	254.54	420.27	36.18	8.65	770.83	594178.89
2	51.84	252.15	423.46	43.78	9.16	780.39	609008.55
3	46.99	247.35	441.56	46.91	10.7	793.51	629658.12
					Total	2344.73	1832845.56
					Promedio	781.58	

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando en la ecuación

Ecuación 6.

Número de observaciones

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{(3 \text{ observaciones} * 1832845.56) - (2344.73)^2}}{2344.73} \right)^2$$

$$n = 0.2264 \approx 1$$

$$n = 1$$

Interpretación: Al aplicar la fórmula que nos brinda un nivel de confianza de 95.45% y un margen de error $\pm 5\%$ se obtiene como resultado 1, además la formula nos indica que cuando “n” es menor o igual al número de observaciones iniciales estas son suficiente para llevar a cabo la investigación (no se necesita más observaciones).

Toma de tiempos – Nivel de daño medio

Toma de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño medio)				
Operación: Servicio de planchado y pintura		Izquierdo Gonzales, Karla		
Departamento: Planchado y pintura		Observador por: Torres Heredia, Jefferson		
Producto/pieza: Vehículo - nivel medio				
Descripción del elemento	Numero de observaciones			Promedio
	1	2	3	
Área de recepción	50.73	47.79	51.17	49.90
Recepción	2.05	2.08	2.03	2.05
Verificación de daños	26.12	24.32	28.38	26.27
Elaboración de proforma	19.34	18.21	17.45	18.33
Movilización al área de planchado	3.22	3.18	3.31	3.24
Área de planchado	912.03	905.27	904.31	907.20
Verificación de trabajos a realizar	21.04	23.34	18.12	20.83
Operario se traslada de planchado a almacén	0.23	0.27	0.25	0.25
Operario solicita materiales o herramientas	0.43	0.53	0.35	0.44
Operario de traslada de almacén a planchado	0.24	0.25	0.24	0.24
Traccionado	60.13	48.47	55.33	54.64
Planchado	485.16	486.24	478.09	483.16
Centrado	167.07	176.26	164.12	169.15
Pulido	157.16	145.23	169.12	157.17
Control de calidad	20.03	24.12	18.12	20.76
Movilización al área de pintura	0.54	0.56	0.57	0.56
Área de pintura	846.45	843.08	873.66	854.40
Espera por abastecimiento	34.12	43.29	39.53	38.98
Operario se traslada de pintura a almacén	0.16	0.17	0.15	0.16
Operario solicita materiales o herramientas	0.44	0.53	0.42	0.46
Operario de traslada de almacén a pintura	0.16	0.18	0.17	0.17
Lijado	105.32	111.27	118.44	111.68
Limpieza de superficie	10.25	11.31	12.09	11.22
Enmasillado	122.41	115.34	112.25	116.67
Lijado de Masilla	110.42	109.31	122.27	114.00
Limpieza de superficie	10.09	9.33	10.21	9.88
Empapelado	10.15	9.24	9.32	9.57
Pintura Base	84.25	86.12	98.51	89.63
Secado de Base	69.49	65.51	68.56	67.85
Lijado	65.28	57.35	68.51	63.71
Liempieza de superficie	16.53	14.41	14.17	15.04
Pintura Final	95.58	96.22	92.38	94.73
Secado Final	95.57	96.39	92.46	94.81
Control de calidad	15.18	16.07	13.15	14.80
Movilización al área de lavado	1.05	1.04	1.07	1.05
Área de lavado	49.53	52.25	47.31	49.70
Lavado de auto	20.11	18.44	19.25	19.27
Pulido	16.07	18.28	15.37	16.57
Encerado	12.11	14.27	11.48	12.62
Movilización al área de entrega	1.24	1.26	1.21	1.24
Área de entrega	10.31	9.5	10.35	10.05
Facturación	9.14	8.16	9.21	8.84
Entrega del vehículo	1.17	1.34	1.14	1.22
			Total	1871.25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38.

Datos para reemplazar en la fórmula

	Área de recepción	Área de planchado	Área de pintura	Área de lavado	Área de entrega	x	x ²
1	50.73	942.08	817.19	49.53	10.31	1869.05	3493347.90
2	47.79	906.07	802.92	52.25	9.5	1857.89	3451755.25
3	51.17	927.31	834.34	47.31	10.35	1886.8	3560014.24
					Total	5613.74	105051117.39
					Promedio	1871.25	

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando en la fórmula:

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{(3 \text{ observaciones} * 105051117.39) - (5613.74)^2}}{5613.74} \right)^2$$

$$n = 0.0648 \approx 1$$

$$n = 1$$

Interpretación: Al aplicar la fórmula que nos brinda un nivel de confianza de 95.45% y un margen de error $\pm 5\%$ se obtiene como resultado 1, además la formula nos indica que cuando “n” es menor o igual al número de observaciones iniciales estas son suficiente para llevar a cabo la investigación (no se necesita más observaciones).

Tabla 39.

Toma de tiempos – Nivel de daño grave

Estudio de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño grave)				
Operación: Servicio de planchado y pintura		Izquierdo Gonzales, Karla		
Departamento: Planchado y pintura		Observador por: Torres Heredia, Jefferson		
Producto/pieza: Vehículo - nivel grave				
Descripción del elemento	Numero de observaciones			Promedio
	1	2	3	
Área de recepción	61.69	56.13	57.74	58.52
Recepción	2.13	2.09	2.11	2.11
Verificación de daños	35.18	31.41	32.04	32.88
Elaboración de proforma	21.14	19.24	20.31	20.23
Movilización al área de planchado	3.24	3.39	3.28	3.30
Área de planchado	4000.65	3916.36	4071.77	3996.26
Verificación de trabajos a realizar	31.07	28.38	30.26	29.90
Operario se traslada de planchado a almacén	0.24	0.23	0.26	0.24
Operario solicita materiales o herramientas	0.47	0.55	0.45	0.49
Operario de traslada de almacén a planchado	0.26	0.26	0.23	0.25
Traccionado	268.29	252.12	234.34	251.58
Planchado	2362.11	2325.26	2345.18	2344.18
Centrado	732.24	685.41	822.24	746.63
Pulido	575.33	590.22	602.18	589.24
Control de calidad	30.18	33.54	36.18	33.30
Movilización al área de pintura	0.46	0.39	0.45	0.43
Área de pintura	1823.45	1897.38	1869.14	1863.32333
Espera por abastecimiento	28.31	29.32	30.17	29.27
Operario se traslada de pintura a almacén	0.15	0.16	0.15	0.15
Operario solicita materiales o herramientas	0.51	0.55	0.41	0.49
Operario de traslada de almacén a pintura	0.18	0.17	0.17	0.17
Lijado	231.32	254.52	248.44	244.76
Limpieza de superficie	27.38	31.37	33.12	30.62
Enmasillado	348.13	369.35	356.05	357.84
Lijado de Masilla	321.54	314.39	308.39	314.77
Limpieza de superficie	34.21	31.17	38.42	34.60
Empapelado	52.12	63.54	56.22	57.29
Pintura Base	145.21	138.49	143.31	142.34
Secado de Base	142.08	143.12	140.41	141.87
Lijado	92.22	108.25	104.1	101.52
Liempieza de superficie	36.15	41.31	45.17	40.88
Pintura Final	156.37	154.24	153.06	154.56
Secado Final	187.19	194.26	189.38	190.28
Control de calidad	19.37	22.15	21.13	20.88
Movilización al área de lavado	1.01	1.02	1.04	1.02
Área de lavado	147.94	150.22	156.14	151.433333
Lavado de auto	29.05	28.19	32.25	29.83
Pulido	65.33	59.37	66.23	63.64
Encerado	52.21	61.34	56.21	56.59
Movilización al área de entrega	1.35	1.32	1.45	1.37
Área de entrega	17.45	18.45	16.66	17.52
Facturación	15.38	16.41	14.55	15.45
Entrega del vehículo	2.07	2.04	2.11	2.07
			Total	6087.06

Fuente: Elaboración propia.

Datos para reemplazar en la fórmula

	Área de recepción	Área de planchado	Área de pintura	Área de lavado	Área de entrega	x	x ²
1	61.69	4032.85	1848.91	147.94	17.45	6152.18	36616779.39
2	56.13	4093.34	1940.68	150.22	18.45	6038.54	36463965.33
3	57.74	4142.14	1986.12	156.14	16.66	6171.45	38086795.10
					Total	18726.46	111167539.83
					Promedio	6087.06	

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando en la fórmula:

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{(3 \text{ observaciones} * 111167539.83) - (18261.17)^2}}{18261.17} \right)^2$$

$$n = 0.1549 \approx 1$$

$$n = 1$$

Interpretación: Al aplicar la fórmula que nos brinda un nivel de confianza de 95.45% y un margen de error $\pm 5\%$ se obtiene como resultado 1, además la formula nos indica que cuando “n” es menor o igual al número de observaciones iniciales estas son suficiente para llevar a cabo la investigación (no se necesita más observaciones).

3.4.3. Tiempo normal

Se determinó el tiempo normal por cada proceso que se lleva a cabo en el proceso productivo de planchado y pintura, para esto se decidió examinar a los diferentes operarios cuando ejecutan estas actividades, de esta manera se analizó la valoración de Westinghouse y la tabla de suplementos.

SISTEMA DE VALORACIÓN WESTINGHOUSE			
HABILIDAD		ESFUERZO	
0.15	A1	0.13	A1
0.13	A2 - HABILISIMO	0.12	A2-EXCESIVO
0.11	B1	0.10	B1
0.08	B2 - EXCELENTE	0.08	B2 - EXCELENTE
0.06	C1	0.05	<u>C1</u>
0.03	<u>C2 - BUENO</u>	0.02	C2 - BUENO
0.00	D - PROMEDIO	0.00	D - PROMEDIO
-0.05	E1	-0.04	E1
-0.1	E2-REGULAR	-0.08	E2 - REGULAR
-0.15	F1	-0.12	F1
-0.22	F2 - DEFICIENTE	-0.17	F2 - DEFICIENTE
CONDICIONES		CONSISTENCIA	
0.06	A - IDEALES	0.04	A - PERFECTO
0.04	B - EXCELENTES	0.03	B - EXCELENTE
0.02	C - BUENAS	0.01	<u>C - BUENA</u>
0.00	D - PROMEDIO	0.00	D - PROMEDIO
-0.03	<u>E - REGULARES</u>	-0.02	E - REGULAR
-0.07	F - MALAS	-0.04	F - DEFICIENTE

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con el método de valoración Westinghouse se ha calculado el tiempo normal para cada operación por cada nivel de daño (leve, medio y grave), finalmente para la obtención de los calificativos se analiza los criterios y puntajes que nos brinda este método para así adquirir un cálculo correspondiente, una vez ya analizado a los operarios se observa, que en relación a habilidad se le consigno con una valoración de 0.03 (C2 - BUENO), esfuerzo 0.05 (C1 - BUENO), condiciones -0.03 (E - REGULARES), y en consistencia 0.01 (C - BUENA), finalmente se obtiene un total de 0.06 de valoración. A continuación, se plasmará el consolidado del sistema de valoración Westinghouse con sus respectivas calificaciones.

Datos para reemplazar en la fórmula

Parámetro	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Total
Tipo	C2	C1	E	C	-
Características	Bueno	Bueno	Regulares	Buena	-
Puntuación	0.03	0.05	-0.03	0.01	0.06

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo normal se calculará con la siguiente ecuación.

Ecuación 7.

Cálculo de tiempo normal

$$Tn = tp (1 + fw)$$

Observación: En el área de planchado y pintura para el nivel de daño (leve) se realizan 37 operaciones y para el nivel de daño (medio y grave) son 38 operaciones, por lo que sería imposible poder plasmarlos todos estos, entonces para una mejor explicación se tomara el tiempo enmasillado del vehículo por cada nivel de daño (leve, medio y grave) y así poder desarrollar el procedimiento.

Entonces, reemplazando la fórmula para cada proceso se tiene.

Nivel de daño: Leve

$$TN = 70.18 (1 + 0.06) = 74.39$$

Nivel de daño: Medio

$$TN = 116.67 (1 + 0.06) = 123.67$$

Nivel de daño: Grave

$$TN = 357.84 (1 + 0.06) = 379.31$$

Tiempo normal para nivel de daño leve

Toma de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño leve)					
Operación: Servicio de planchado y pintura			Izquierdo Gonzales, Karla		
Departamento: Planchado y pintura		Observador por:		Torres Heredia, Jefferson	
Producto/pieza: Vehículo - nivel leve					
Descripción del elemento	Numero de observaciones			Promedio	Tiempo normal
	1	2	3		
Área de recepción	51.19	51.84	46.99	50.01	53.01
Recepción	2.07	2.12	2.14	2.11	2.24
Verificación de daños	20.42	23.11	19.14	20.89	22.14
Elaboración de proforma	26.14	24.19	23.36	24.56	26.04
Movilización al área de planchado	2.56	2.42	2.35	2.44	2.59
Área de planchado	254.54	252.15	247.35	251.35	266.43
Verificación de trabajos a realizar	16.17	18.15	17.31	17.21	18.24
Operario se traslada de planchado a almacén	0.26	0.28	0.25	0.26	0.28
Operario solicita materiales o herramientas	0.56	0.43	0.35	0.45	0.47
Operario de traslado de almacén a planchado	0.27	0.25	0.24	0.25	0.27
Planchado	108.08	105.05	113.07	108.73	115.26
Centrado	57.19	66.17	49.25	57.54	60.99
Pulido	54.37	47.12	50.22	50.57	53.60
Control de calidad	17.12	14.22	16.11	15.82	16.77
Movilización al área de pintura	0.52	0.48	0.55	0.52	0.55
Área de pintura	420.27	423.46	441.56	428.43	454.14
Verificación de trabajos a realizar	12.45	12.14	15.17	13.25	14.05
Operario se traslada de pintura a almacén	0.14	0.15	0.17	0.15	0.16
Operario solicita materiales o herramientas	0.45	0.52	0.46	0.48	0.51
Operario de traslado de almacén a pintura	0.15	0.16	0.16	0.16	0.17
Lijado	48.11	39.38	63.44	50.31	53.33
Limpieza de superficie	3.19	3.42	4.33	3.65	3.87
Enmasillado	67.45	73.53	69.57	70.18	74.39
Lijado de Masilla	46.15	54.38	48.41	49.65	52.63
Limpieza de superficie	3.12	5.23	4.51	4.29	4.54
Empapelado	10.29	12.54	11.22	11.35	12.03
Pintura Base	39.51	35.32	34.17	36.33	38.51
Secado de Base	47.47	45.08	49.19	47.25	50.08
Lijado	27.45	35.27	28.21	30.31	32.13
Limpieza de superficie	3.37	5.22	6.54	5.04	5.35
Pintura Final	43.18	36.56	40.31	40.02	42.42
Secado Final	57.46	55.29	56.42	56.39	59.77
Control de calidad	9.12	8.12	8.12	8.45	8.96
Movilización al área de lavado	1.21	1.15	1.16	1.17	1.24
Área de lavado	36.18	43.78	46.91	42.29	44.83
Lavado de auto	12.27	12.21	11.15	11.88	12.59
Pulido	11.19	13.15	17.18	13.84	14.67
Encerado	11.34	17.07	17.21	15.21	16.12
Movilización al área de entrega	1.38	1.35	1.37	1.37	1.45
Área de entrega	8.65	9.16	10.70	9.50	10.07
Facturación	7.35	8.11	8.58	8.01	8.49
Entrega del vehículo	1.30	1.05	2.12	1.49	1.58
			Total	781.58	828.47

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44.

Tiempo normal para nivel de daño medio

Toma de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño medio)					
Operación: Servicio de planchado y pintura			Izquierdo Gonzales, Karla		
Departamento: Planchado y pintura		Observador por:		Torres Heredia, Jefferson	
Producto/pieza: Vehículo - nivel medio					
Descripción del elemento	Número de observaciones			Promedio	Tiempo normal
	1	2	3		
Área de recepción	50.73	47.79	51.17	49.90	52.89
Recepción	2.05	2.08	2.03	2.05	2.18
Verificación de daños	26.12	24.32	28.38	26.27	27.85
Elaboración de proforma	19.34	18.21	17.45	18.33	19.43
Movilización al área de planchado	3.22	3.18	3.31	3.24	3.43
Área de planchado	912.03	905.27	904.31	907.20	961.64
Verificación de trabajos a realizar	21.04	23.34	18.12	20.83	22.08
Operario se traslada de planchado a almacén	0.23	0.27	0.25	0.25	0.27
Operario solicita materiales o herramientas	0.43	0.53	0.35	0.44	0.46
Operario de traslada de almacén a planchado	0.24	0.25	0.24	0.24	0.26
Traccionado	60.13	48.47	55.33	54.64	57.92
Planchado	485.16	486.24	478.09	483.16	512.15
Centrado	167.07	176.26	164.12	169.15	179.30
Pulido	157.16	145.23	169.12	157.17	166.60
Control de calidad	20.03	24.12	18.12	20.76	22.00
Movilización al área de pintura	0.54	0.56	0.57	0.56	0.59
Área de pintura	846.45	843.08	873.66	854.40	905.66
Espera por abastecimiento	34.12	43.29	39.53	38.98	41.32
Operario se traslada de pintura a almacén	0.16	0.17	0.15	0.16	0.17
Operario solicita materiales o herramientas	0.44	0.53	0.42	0.46	0.49
Operario de traslada de almacén a pintura	0.16	0.18	0.17	0.17	0.18
Lijado	105.32	111.27	118.44	111.68	118.38
Limpieza de superficie	10.25	11.31	12.09	11.22	11.89
Enmasillado	122.41	115.34	112.25	116.67	123.67
Lijado de Masilla	110.42	109.31	122.27	114.00	120.84
Limpieza de superficie	10.09	9.33	10.21	9.88	10.47
Empapelado	10.15	9.24	9.32	9.57	10.14
Pintura Base	84.25	86.12	98.51	89.63	95.00
Secado de Base	69.49	65.51	68.56	67.85	71.92
Lijado	65.28	57.35	68.51	63.71	67.54
Limpieza de superficie	16.53	14.41	14.17	15.04	15.94
Pintura Final	95.58	96.22	92.38	94.73	100.41
Secado Final	95.57	96.39	92.46	94.81	100.50
Control de calidad	15.18	16.07	13.15	14.80	15.69
Movilización al área de lavado	1.05	1.04	1.07	1.05	1.12
Área de lavado	49.53	52.25	47.31	49.70	52.68
Lavado de auto	20.11	18.44	19.25	19.27	20.42
Pulido	16.07	18.28	15.37	16.57	17.57
Encerado	12.11	14.27	11.48	12.62	13.38
Movilización al área de entrega	1.24	1.26	1.21	1.24	1.31
Área de entrega	10.31	9.5	10.35	10.05	10.66
Facturación	9.14	8.16	9.21	8.84	9.37
Entrega del vehículo	1.17	1.34	1.14	1.22	1.29
			Total	1871.25	1983.52

Fuente: Elaboración propia.

Tiempo normal – Nivel de daño grave

Estudio de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño grave)					
Operación: Servicio de planchado y pintura			Izquierdo Gonzales, Karla		
Departamento: Planchado y pintura			Observador por: Torres Heredia, Jefferson		
Producto/pieza: Vehículo - nivel grave					
Descripción del elemento	Numero de observaciones			Promedio	Tiempo normal
	1	2	3		
Área de recepción	61.69	56.13	57.74	58.52	62.03
Recepción	2.13	2.09	2.11	2.11	2.24
Verificación de daños	35.18	31.41	32.04	32.88	34.85
Elaboración de proforma	21.14	19.24	20.31	20.23	21.44
Movilización al área de planchado	3.24	3.39	3.28	3.30	3.50
Área de planchado	4000.65	3916.36	4071.77	3996.26	4236.04
Verificación de trabajos a realizar	31.07	28.38	30.26	29.90	31.70
Operario se traslada de planchado a almacén	0.24	0.23	0.26	0.24	0.26
Operario solicita materiales o herramientas	0.47	0.55	0.45	0.49	0.52
Operario de traslada de almacén a planchado	0.26	0.26	0.23	0.25	0.27
Traccionado	268.29	252.12	234.34	251.58	266.68
Planchado	2362.11	2325.26	2345.18	2344.18	2484.83
Centrado	732.24	685.41	822.24	746.63	791.43
Pulido	575.33	590.22	602.18	589.24	624.60
Control de calidad	30.18	33.54	36.18	33.30	35.30
Movilización al área de pintura	0.46	0.39	0.45	0.43	0.46
Área de pintura	1823.45	1897.38	1869.14	1863.32333	1975.12
Espera por abastecimiento	28.31	29.32	30.17	29.27	31.02
Operario se traslada de pintura a almacén	0.15	0.16	0.15	0.15	0.16
Operario solicita materiales o herramientas	0.51	0.55	0.41	0.49	0.52
Operario de traslada de almacén a pintura	0.18	0.17	0.17	0.17	0.18
Lijado	231.32	254.52	248.44	244.76	259.45
Limpieza de superficie	27.38	31.37	33.12	30.62	32.46
Enmasillado	348.13	369.35	356.05	357.84	379.31
Lijado de Masilla	321.54	314.39	308.39	314.77	333.66
Limpieza de superficie	34.21	31.17	38.42	34.60	36.68
Empapelado	52.12	63.54	56.22	57.29	60.73
Pintura Base	145.21	138.49	143.31	142.34	150.88
Secado de Base	142.08	143.12	140.41	141.87	150.38
Lijado	92.22	108.25	104.1	101.52	107.61
Limpieza de superficie	36.15	41.31	45.17	40.88	43.33
Pintura Final	156.37	154.24	153.06	154.56	163.83
Secado Final	187.19	194.26	189.38	190.28	201.69
Control de calidad	19.37	22.15	21.13	20.88	22.14
Movilización al área de lavado	1.01	1.02	1.04	1.02	1.08
Área de lavado	147.94	150.22	156.14	151.433333	160.52
Lavado de auto	29.05	28.19	32.25	29.83	31.62
Pulido	65.33	59.37	66.23	63.64	67.46
Encerado	52.21	61.34	56.21	56.59	59.98
Movilización al área de entrega	1.35	1.32	1.45	1.37	1.46
Área de entrega	17.45	18.45	16.66	17.52	18.57
Facturación	15.38	16.41	14.55	15.45	16.37
Entrega del vehículo	2.07	2.04	2.11	2.07	2.20
			Total	6087.06	6452.28

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Con una valoración del 0.06 el tiempo normal para el servicio de planchado y pintura de nivel de daño leve es 828.47 minutos, para el servicio de nivel de daño medio es 1983.52 minutos y para el servicio de nivel de daño grave es 6452.28.

3.4.4. Tiempo estándar

Se determinó el tiempo estándar por cada proceso que se lleva a cabo en el área de planchado y pintura, para esto se empleó la siguiente fórmula. Para ello se utilizó el sistema de suplementos por descanso, observar tabla 46.

Ecuación 8.

Tiempo estándar

$$TE = TN * (1 + \%TOLERANCIAS)$$

Donde:

TN: Tiempo normal

% TOLERANCIAS: dato obtenido de la tabla de suplementos por descanso.

El análisis que se realizó con el sistema de suplementos por descanso se efectuó de la siguiente forma, la puntuación está en función de la columna para hombre, el sistema de suplementos por descanso se divide en dos partes estas son; suplementos constantes y suplementos variables. Para suplementos constantes tenemos: necesidades personales con un valor de 5, básico por fatiga un valor de 4, por otro lado en suplementos variables: trabajo de pie (trabajo de pie - 2), postura anormal (ligeramente incomoda - 0), uso de fuerza o energía muscular (7,5 kilogramos - 2), iluminación (ligeramente por debajo de la potencia calculada - 0), condiciones atmosféricas (buena ventilación - 0), tensión visual (trabajos de cierta precisión - 0), ruido (continuo - 0), tensión

mental (proceso algo complejo - 1), monotonía mental (trabajo algo monótono - 0), monotonía física (trabajo algo aburrido - 0), por último, se realiza la suma total y esta nos da un total de 14, es decir, que el porcentaje de suplementos por descanso es de 14%. Ver tabla 46.

Tabla 46.

Sistema de suplementos por descanso

SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO					
SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRE	HOMBRE	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER
Necesidades personales	<u>5</u>	7	e) Condiciones atmosféricas		
Necesidades por fatiga	<u>4</u>	4			
SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	HOMBRE	Indice de enfriamiento en termómetro kata (molocalorías/cm2/segundos)		
a) Trabajo a pie					
trabajo de pie	<u>2</u>	4		16	<u>0</u>
				14	0
b) Postura anormal				12	0
Ligeramente incómoda	<u>0</u>	1		6	3
Incómoda (inclinado)	2	3		8	10
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7		6	21
	7	7		5	31
				4	45
				3	64
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)				2	100
			f) Tensión visual		
			Trabajos de cierta precisión	<u>0</u>	0
Peso levantado por kilogramo			Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
			Trabajos de gran precisión	5	5
25	0	1	g) Ruido		
5	1	2	Continuo	<u>0</u>	0
7.5	<u>2</u>	3	Intermitente y fuerte	2	2
10	3	4	Intermitente y muy fuerte	5	5
12.5	4	6	Estridente y fuerte	7	7
15	5	8	h) Tensión mental		
17.5	7	10	Procesos algo complejo	<u>1</u>	1
20	9	13	Procesos complejo o atención	4	4
22.5	11	16	Proceso muy complejo	8	8
25	13	20 (max)	i) Monotonía mental		
30	17	-	Trabjo algo monótono	<u>0</u>	0
33.5	22	-	Trabajo bastante monótono	1	1
			Trabajo muy monótono	4	4
d) Iluminación			j) Monotonía física		
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	<u>0</u>	0	Trabajo algo aburrido	<u>0</u>	0
Bastante por debajo	2	2	Trabajo aburrido	2	1
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo muy aburrido	5	2

Fuente: Elaboración propia

Observación: En el área de planchado y pintura para el nivel de daño (leve) se realizan 37 operaciones y para el nivel de daño (medio y grave) son 38 operaciones, por lo que sería imposible poder plasmarlos todos estos, entonces para una mejor explicación se tomara el tiempo de enmasillado del vehículo por cada nivel de daño (leve, medio y grave) y así poder desarrollar el procedimiento.

Entonces, reemplazando la fórmula para cada proceso se tiene.

Nivel de daño: Leve

$$TE = 74.39 (1 + 0.14) = 84.81$$

Nivel de daño: Medio

$$TE = 123.67 (1 + 0.14) = 140.98$$

Nivel de daño: Grave

$$TE = 379.31 (1 + 0.14) = 432.42$$

“Diseño de las herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

Toma de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño leve)						
Operación: Servicio de planchado y pintura		Izquierdo Gonzales, Karla				
Departamento: Planchado y pintura		Observador por: Torres Heredia, Jefferson				
Producto/pieza: Vehículo - nivel leve						
Descripción del elemento	Numero de observaciones			Promedio	Tiempo normal	Tiempo estándar
	1	2	3			
Área de recepción	51.19	51.84	46.99	50.01	53.01	60.43
Recepción	2.07	2.12	2.14	2.11	2.24	2.55
Verificación de daños	20.42	23.11	19.14	20.89	22.14	25.24
Elaboración de proforma	26.14	24.19	23.36	24.56	26.04	29.68
Movilización al área de planchado	2.56	2.42	2.35	2.44	2.59	2.95
Área de planchado	254.54	252.15	247.35	251.35	266.43	303.73
Verificación de trabajos a realizar	16.17	18.15	17.31	17.21	18.24	20.80
Operario se traslada de planchado a almacén	0.26	0.28	0.25	0.26	0.28	0.32
Operario solicita materiales o herramientas	0.56	0.43	0.35	0.45	0.47	0.54
Operario de traslado de almacén a planchado	0.27	0.25	0.24	0.25	0.27	0.31
Planchado	108.08	105.05	113.07	108.73	115.26	131.39
Centrado	57.19	66.17	49.25	57.54	60.99	69.53
Pulido	54.37	47.12	50.22	50.57	53.60	61.11
Control de calidad	17.12	14.22	16.11	15.82	16.77	19.11
Movilización al área de pintura	0.52	0.48	0.55	0.52	0.55	0.62
Área de pintura	420.27	423.46	441.56	428.43	454.14	517.71
Verificación de trabajos a realizar	12.45	12.14	15.17	13.25	14.05	16.02
Operario se traslada de pintura a almacén	0.14	0.15	0.17	0.15	0.16	0.19
Operario solicita materiales o herramientas	0.45	0.52	0.46	0.48	0.51	0.58
Operario de traslado de almacén a pintura	0.15	0.16	0.16	0.16	0.17	0.19
Lijado	48.11	39.38	63.44	50.31	53.33	60.79
Limpieza de superficie	3.19	3.42	4.33	3.65	3.87	4.41
Enmasillado	67.45	73.53	69.57	70.18	74.39	84.81
Lijado de Masilla	46.15	54.38	48.41	49.65	52.63	59.99
Limpieza de superficie	3.12	5.23	4.51	4.29	4.54	5.18
Empapelado	10.29	12.54	11.22	11.35	12.03	13.72
Pintura Base	39.51	35.32	34.17	36.33	38.51	43.91
Secado de Base	47.47	45.08	49.19	47.25	50.08	57.09
Lijado	27.45	35.27	28.21	30.31	32.13	36.63
Limpieza de superficie	3.37	5.22	6.54	5.04	5.35	6.09
Pintura Final	43.18	36.56	40.31	40.02	42.42	48.36
Secado Final	57.46	55.29	56.42	56.39	59.77	68.14
Control de calidad	9.12	8.12	8.12	8.45	8.96	10.22
Movilización al área de lavado	1.21	1.15	1.16	1.17	1.24	1.42
Área de lavado	36.18	43.78	46.91	42.29	44.83	51.10
Lavado de auto	12.27	12.21	11.15	11.88	12.59	14.35
Pulido	11.19	13.15	17.18	13.84	14.67	16.72
Encerado	11.34	17.07	17.21	15.21	16.12	18.38
Movilización al área de entrega	1.38	1.35	1.37	1.37	1.45	1.65
Área de entrega	8.65	9.16	10.70	9.50	10.07	11.48
Facturación	7.35	8.11	8.58	8.01	8.49	9.68
Entrega del vehículo	1.30	1.05	2.12	1.49	1.58	1.80
			Total	781.58	828.47	944.46

Fuente: Elaboración propia.

“Diseño de las herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

Toma de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño medio)						
Operación: Servicio de planchado y pintura			Izquierdo Gonzales, Karla			
Departamento: Planchado y pintura			Observador por: Torres Heredia, Jefferson			
Producto/pieza: Vehículo - nivel medio						
Descripción del elemento	Numero de observaciones			Promedio	Tiempo normal	Tiempo estándar
	1	2	3			
Área de recepción	50.73	47.79	51.17	49.90	52.89	60.30
Recepción	2.05	2.08	2.03	2.05	2.18	2.48
Verificación de daños	26.12	24.32	28.38	26.27	27.85	31.75
Elaboración de proforma	19.34	18.21	17.45	18.33	19.43	22.15
Movilización al área de planchado	3.22	3.18	3.31	3.24	3.43	3.91
Área de planchado	912.03	905.27	904.31	907.20	961.64	1096.26
Verificación de trabajos a realizar	21.04	23.34	18.12	20.83	22.08	25.18
Operario se traslada de planchado a almacén	0.23	0.27	0.25	0.25	0.27	0.30
Operario solicita materiales o herramientas	0.43	0.53	0.35	0.44	0.46	0.53
Operario de traslada de almacén a planchado	0.24	0.25	0.24	0.24	0.26	0.29
Traccionado	60.13	48.47	55.33	54.64	57.92	66.03
Planchado	485.16	486.24	478.09	483.16	512.15	583.85
Centrado	167.07	176.26	164.12	169.15	179.30	204.40
Pulido	157.16	145.23	169.12	157.17	166.60	189.92
Control de calidad	20.03	24.12	18.12	20.76	22.00	25.08
Movilización al área de pintura	0.54	0.56	0.57	0.56	0.59	0.67
Área de pintura	846.45	843.08	873.66	854.40	905.66	1032.45
Espera por abastecimiento	34.12	43.29	39.53	38.98	41.32	47.10
Operario se traslada de pintura a almacén	0.16	0.17	0.15	0.16	0.17	0.19
Operario solicita materiales o herramientas	0.44	0.53	0.42	0.46	0.49	0.56
Operario de traslada de almacén a pintura	0.16	0.18	0.17	0.17	0.18	0.21
Lijado	105.32	111.27	118.44	111.68	118.38	134.95
Limpieza de superficie	10.25	11.31	12.09	11.22	11.89	13.55
Enmasillado	122.41	115.34	112.25	116.67	123.67	140.98
Lijado de Masilla	110.42	109.31	122.27	114.00	120.84	137.76
Limpieza de superficie	10.09	9.33	10.21	9.88	10.47	11.93
Empapelado	10.15	9.24	9.32	9.57	10.14	11.56
Pintura Base	84.25	86.12	98.51	89.63	95.00	108.30
Secado de Base	69.49	65.51	68.56	67.85	71.92	81.99
Lijado	65.28	57.35	68.51	63.71	67.54	76.99
Limpieza de superficie	16.53	14.41	14.17	15.04	15.94	18.17
Pintura Final	95.58	96.22	92.38	94.73	100.41	114.47
Secado Final	95.57	96.39	92.46	94.81	100.50	114.56
Control de calidad	15.18	16.07	13.15	14.80	15.69	17.88
Movilización al área de lavado	1.05	1.04	1.07	1.05	1.12	1.27
Área de lavado	49.53	52.25	47.31	49.70	52.68	60.05
Lavado de auto	20.11	18.44	19.25	19.27	20.42	23.28
Pulido	16.07	18.28	15.37	16.57	17.57	20.03
Encerado	12.11	14.27	11.48	12.62	13.38	15.25
Movilización al área de entrega	1.24	1.26	1.21	1.24	1.31	1.49
Área de entrega	10.31	9.5	10.35	10.05	10.66	12.15
Facturación	9.14	8.16	9.21	8.84	9.37	10.68
Entrega del vehículo	1.17	1.34	1.14	1.22	1.29	1.47
			Total	1871.25	1983.52	2261.21

Fuente: Elaboración propia.

Estudio de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño grave)						
Operación: Servicio de planchado y pintura		Izquierdo Gonzales, Karla				
Departamento: Planchado y pintura		Observador por: Torres Heredia, Jefferson				
Producto/pieza: Vehículo - nivel grave						
Descripción del elemento	Numero de observaciones			Promedio	Tiempo normal	Tiempo estándar
	1	2	3			
Área de recepción	61.69	56.13	57.74	58.52	62.03	70.72
Recepción	2.13	2.09	2.11	2.11	2.24	2.55
Verificación de daños	35.18	31.41	32.04	32.88	34.85	39.73
Elaboración de proforma	21.14	19.24	20.31	20.23	21.44	24.45
Movilización al área de planchado	3.24	3.39	3.28	3.30	3.50	3.99
Área de planchado	4000.65	3916.36	4071.77	3996.26	4236.04	4829.08
Verificación de trabajos a realizar	31.07	28.38	30.26	29.90	31.70	36.14
Operario se traslada de planchado a almacén	0.24	0.23	0.26	0.24	0.26	0.29
Operario solicita materiales o herramientas	0.47	0.55	0.45	0.49	0.52	0.59
Operario de traslada de almacén a planchado	0.26	0.26	0.23	0.25	0.27	0.30
Traccionado	268.29	252.12	234.34	251.58	266.68	304.01
Planchado	2362.11	2325.26	2345.18	2344.18	2484.83	2832.71
Centrado	732.24	685.41	822.24	746.63	791.43	902.23
Pulido	575.33	590.22	602.18	589.24	624.60	712.04
Control de calidad	30.18	33.54	36.18	33.30	35.30	40.24
Movilización al área de pintura	0.46	0.39	0.45	0.43	0.46	0.52
Área de pintura	1823.45	1897.38	1869.14	1863.32	1975.12	2251.64
Espera por abastecimiento	28.31	29.32	30.17	29.27	31.02	35.37
Operario se traslada de pintura a almacén	0.15	0.16	0.15	0.15	0.16	0.19
Operario solicita materiales o herramientas	0.51	0.55	0.41	0.49	0.52	0.59
Operario de traslada de almacén a pintura	0.18	0.17	0.17	0.17	0.18	0.21
Lijado	231.32	254.52	248.44	244.76	259.45	295.77
Limpieza de superficie	27.38	31.37	33.12	30.62	32.46	37.01
Enmasillado	348.13	369.35	356.05	357.84	379.31	432.42
Lijado de Masilla	321.54	314.39	308.39	314.77	333.66	380.37
Limpieza de superficie	34.21	31.17	38.42	34.60	36.68	41.81
Empapelado	52.12	63.54	56.22	57.29	60.73	69.23
Pintura Base	145.21	138.49	143.31	142.34	150.88	172.00
Secado de Base	142.08	143.12	140.41	141.87	150.38	171.44
Lijado	92.22	108.25	104.1	101.52	107.61	122.68
Limpieza de superficie	36.15	41.31	45.17	40.88	43.33	49.40
Pintura Final	156.37	154.24	153.06	154.56	163.83	186.77
Secado Final	187.19	194.26	189.38	190.28	201.69	229.93
Control de calidad	19.37	22.15	21.13	20.88	22.14	25.24
Movilización al área de lavado	1.01	1.02	1.04	1.02	1.08	1.24
Área de lavado	147.94	150.22	156.14	151.43	160.52	182.99
Lavado de auto	29.05	28.19	32.25	29.83	31.62	36.05
Pulido	65.33	59.37	66.23	63.64	67.46	76.91
Encerado	52.21	61.34	56.21	56.59	59.98	68.38
Movilización al área de entrega	1.35	1.32	1.45	1.37	1.46	1.66
Área de entrega	17.45	18.45	16.66	17.52	18.57	21.17
Facturación	15.38	16.41	14.55	15.45	16.37	18.67
Entrega del vehículo	2.07	2.04	2.11	2.07	2.20	2.51
			Total	6087.06	6452.28	7355.60

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Con un 0.14% de suplementos el tiempo estándar para el servicio de planchado y pintura de nivel leve es 944.46 minutos, para el servicio de planchado y pintura de nivel leve es 2261.21 y para el servicio de planchado y pintura de nivel leve es 7355.60 minutos.

3.4.5. Distancia y tiempo recorrido

Se planteó una distribución de planta con el fin de mejorar el tiempo de movilización de los operarios que trabajan en el área de planchado y pintura y su relación con el almacén, debido a que se observó que están dos áreas están trabajando constantemente, el problema es que estas áreas se encuentran alejadas y esto genera que los operarios cuando quieren solicitar o adquirir algún material o herramienta tengan que realizar recorridos excesivos. Entonces lo que se propone es usar el método “Systematic Layout Planning” de Richard Muther, ya que este procedimiento sostiene que puede ser aplicada tanto para los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller. Finalmente, con la aplicación de la metodología SLP, se lograra la redistribución del almacén para disminuir los tiempos de recorrido con el área de planchado y pintura.

1. Con la ayuda del diagrama de operaciones se establece las operaciones que se realizan en el servicio de planchado y pintura, se trabajará con el siniestro de nivel de daño medio, esto no cambia en nada ya que para los trabajos de nivel de daño leve y grave tiene los mismos recorridos.

- Área de recepción
- Área de planchado
- Área de pintura
- Área de almacén
- Área de lavado
- Área de entrega

2. En esta parte, se establece el diagrama de relación de actividades para definir las relaciones que existe entre las áreas de la empresa.

Tabla 50.

Tabla de relación de actividades

Relación	Valores más cercanos	Líneas en el diagrama	Color
Absolutamente necesario	A	≡	Rojo
Especialmente importante	E	≡≡	Amarillo
Importante	I	≡≡≡	Verde
Ordinario	O	—————	Azul
Sin importancia	U	—————	Negro
No deseable	X	^^^^^^^^^^^^	Café

Fuente: Elaboración propia

3. En este punto se determinan los códigos de afinidad o de razón para lograr establecer el grado de cercanía entre las áreas.

Tabla 51.

Código de razón o afinidad

Código	Código de razón
1	Para un flujo mejor
2	Operación próxima
3	Contacto necesario

Fuente: Elaboración propia

4. Una vez ya establecido el diagrama de relación de actividades y el código de razón a continuación se muestra el diagrama de relaciones para asignar una nueva valoración entre las áreas.

Tabla 52.

Relación de actividades

Áreas	Área de planchado	Área de pintura	Área de almacén	Área de lavado
Área de recepción y entrega	E 2	U -	U -	E 2
Área de planchado		E 2	A 1	U -
Área de pintura			A 1	E 2
Área de almacén				U -
Área de lavado				- -

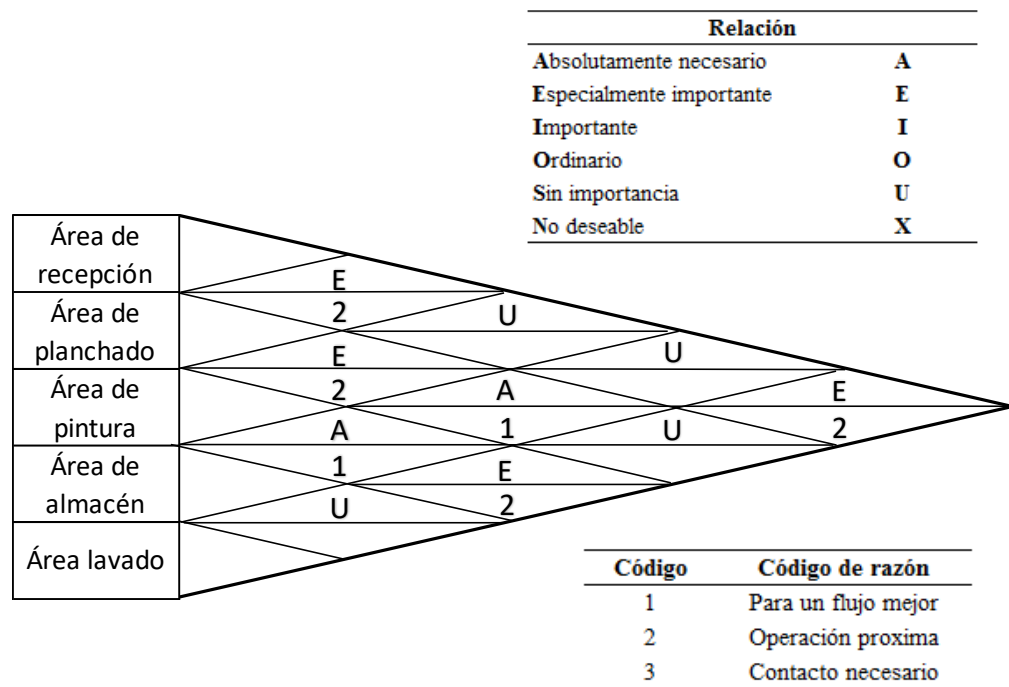
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 52, se aprecia la relación de operaciones entre las áreas, y se le asignó un código de razón 1 a las áreas donde se planea disminuir recorridos largos.

5. Con la información obtenida, se procedió a elaborar el diagrama de relaciones que se muestran en la figura n°

Figura 15

Diagrama de relación de actividades.

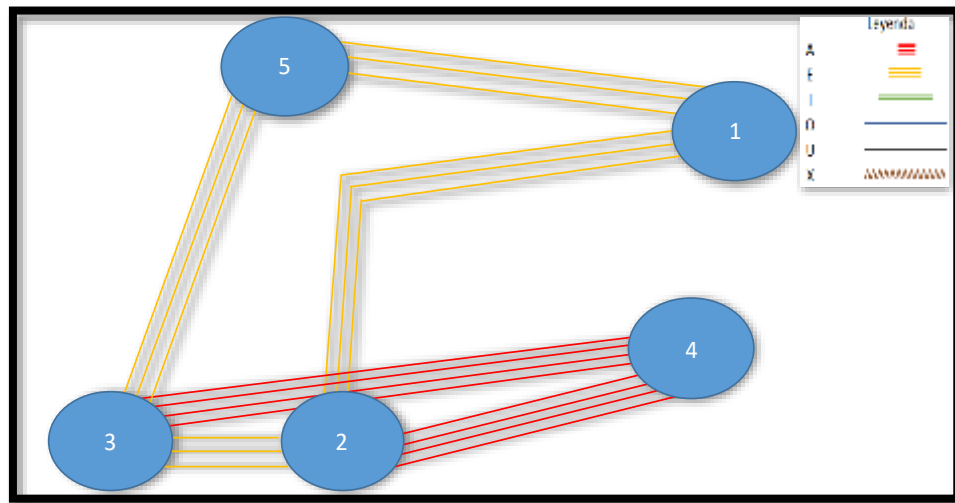


Fuente: Elaboración propia.

6. A continuación, me mostrara el diagrama de cercanía de relaciones antes y después de la mejora.

Figura 16

Diagrama de cercanía de relaciones – Antes

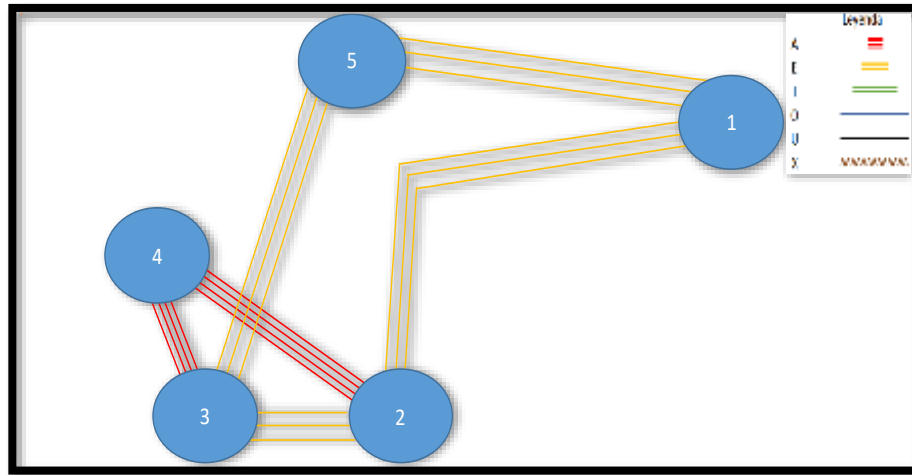


Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura anterior, se puede observar que tanto como el área de planchado (2) y el área de pintura (3) se encuentran alejado de su área de almacén (4). Entonces como se explicó anteriormente estas áreas se encuentran trabajando constantemente y con esta distribución actual los operarios realizan recorridos excesivos.

Figura 17.

Diagrama de cercanía de relaciones - Después



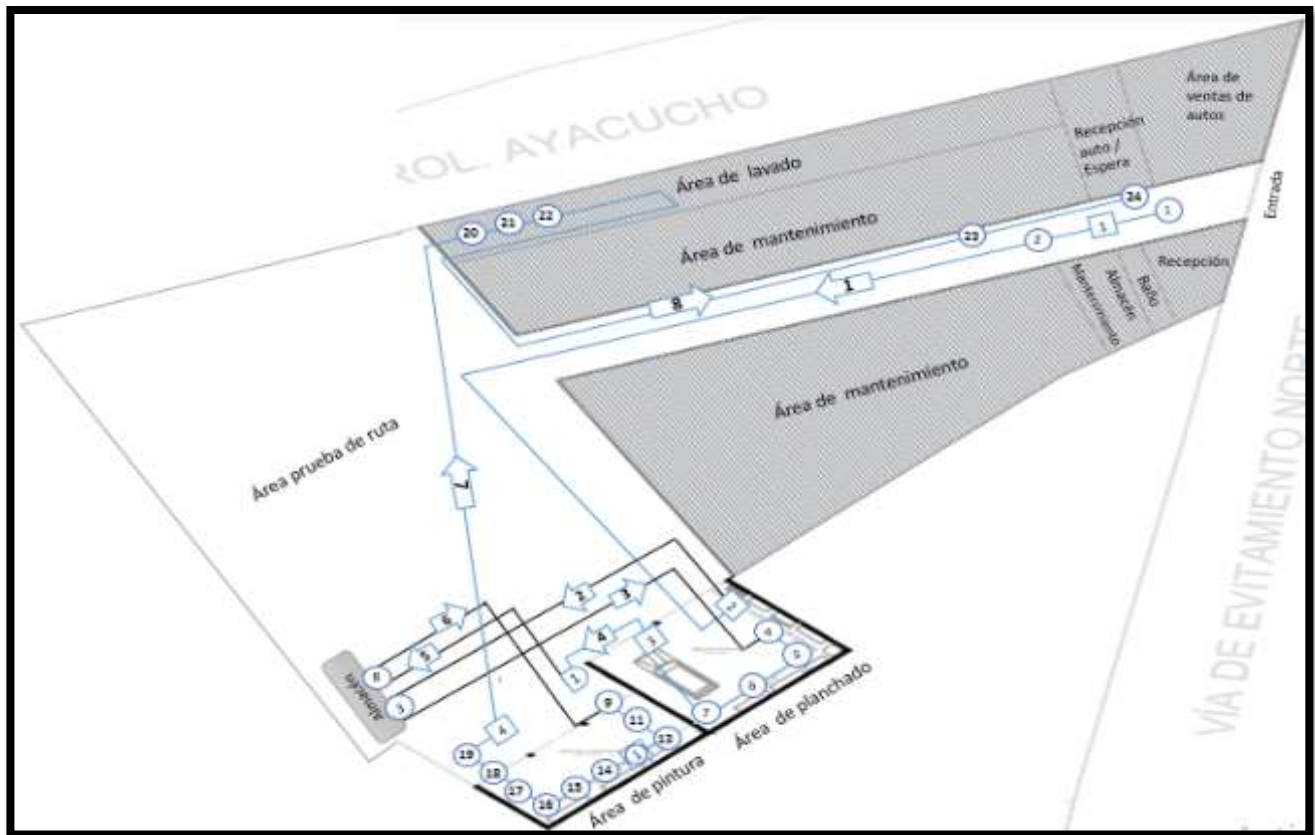
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la figura, se puede observar cómo se le ha dado una nueva distribución al almacén y ahora el recorrido con relación al área de planchado y al área de pintura ha disminuido tanto en tiempo y distancia.

7. Posteriormente, se mostrará la nueva distribución de planta.

Figura 18

Distribución de planta - Mejorada.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 18, podemos ver la nueva distribución de planta para el servicio de planchado y pintura, donde se aprecia una modificación, esta consiste en la nueva ubicación de su almacén, puesto que ahora está situada al costado del área de planchado y pintura, provocando los tiempos de recorrido de los operarios se vean reducidos. En función de lo planteado, la distancia de recorrido en el servicio de planchado tomaba un total de 297.39 metros y un tiempo de 16.97 minutos, ahora con la nueva distribución estas distancias se vieron disminuidas a 158.01 metros y 6.73 minutos. (Ver anexo N°2).

8. En este punto se calculó la variación que se obtuvo luego de la metodología empleada.

- Variación del Layout (Distancia)

$$VDL = \frac{\text{Distancia antes de la mejora} - \text{Distancia después de la mejora}}{\text{Distancia antes de la mejora}} \times 100$$

$$EDL = \frac{297.39 - 158.01}{297.39} \times 100$$

$$EDL = 47\%$$

- Variación del Layout (Tiempo)

$$VDL = \frac{\text{Tiempo antes de la mejora} - \text{Tiempo después de la mejora}}{\text{Tiempo antes de la mejora}} \times 100$$

$$EDL = \frac{16.97 - 6.73}{16.97} \times 100$$

$$EDL = 60\%$$

Como se explicó anteriormente, en la empresa donde se está realizando el presente estudio tiene un problema con la adquisición de materiales para el área de pintura, esto se debe a que realizan sus compras de acuerdo se vayan presentado; es decir cuando aparece una necesidad, generando que en muchas ocasiones no puedan iniciar con sus actividades y por ende no lograr con el tiempo establecido. Entonces para solucionar este problema se decidió realizar un plan de gestión de compras.

➤ **Identificación de los productos**

Para el área de pintura se requiere de ciertos productos para llevar a cabo sus operaciones, estos se muestran a continuación

Estos se muestran a continuación:

- Pintura base
- Thinner Acrílico
- Pintura anticorrosiva
- Masilla poliéster
- Masilla plástica
- Pintura gloss
- Pintura uretano
- Extra thinner
- Lijas de fierro
- Lijas de agua
- Masking tape
- Silicona
- Trapos y waipe
- Escobilla de fierro
- Desengrasante

- Film de enmascar

- **Clasificación de productos**

Es necesario que se efectuó una clasificación de los productos para saber si la clasificación de los productos varía según el nivel de daño para el servicio de pintura, dado que algunos de estos productos exigen un control más riguroso que otros. Por lo cual, se empleará la clasificación ABC como instrumento para ejecutar el orden de los productos.

“Diseño de las herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz”

Clasificación ABC de productos para daño leve

Código	Producto	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Inversión	Inversión acumulada	% Inversión acumulada	Clasificación	%
P-P 003	Pintura anticorrosiva	1.5	galón	94	S/ 141.00	S/ 141.00	25.6%	A	77.6%
P-P-006	Pintura gloss	1.5	galón	82	S/ 123.00	S/ 264.00	47.9%	A	
P-P 002	Thinner Acrilico	4	galón	26	S/ 104.00	S/ 368.00	66.8%	A	
P-P-001	Pintura base	1.5	galón	40	S/ 60.00	S/ 428.00	77.6%	A	
P-P-007	Pintura uretano	1	galón	44	S/ 44.00	S/ 472.00	85.6%	B	17.1%
P-P-004	Masilla poliester	2	unidad	7.5	S/ 15.00	S/ 487.00	88.3%	B	
P-P-009	Lijas de fierro	8	unidad	1.5	12	S/ 499.00	90.5%	B	
P-P-015	Desengrasante	1	unidad	12.5	12.5	S/ 511.50	92.8%	B	
P-P-008	Extra thinner	0.5	galón	21	S/ 10.50	S/ 522.00	94.7%	B	
P-P-012	Silicona (Sikaflex)	1	unidad	10	S/ 10.00	S/ 522.00	94.7%	B	5.3%
P-P-017	Film de enmascar	1	unidad	10	S/ 10.00	S/ 532.00	96.5%	C	
P-P-005	Masilla plastica	1	unidad	8.5	S/ 8.50	S/ 540.50	98.0%	C	
P-P-010	Lijas de agua	4	unidad	1.2	S/ 4.80	S/ 545.30	98.9%	C	
P-P-016	Bayeta atrapapolvos	1	unidad	6	6	S/ 551.30	100.0%	C	
P-P-014	Escobilla de fierra	1	unidades	4	S/ 4.00	S/ 555.30	100.0%	C	
P-P-011	Masking tape	1	unidad	2.5	S/ 2.50	S/ 557.80	100.0%	C	
P-P-013	Trapos y waipe	1	kilogramos	4	S/ 1.00	S/ 558.80	100.0%	C	
Total					S/ 558.80				100.0%

Fuente: Elaboración propia.

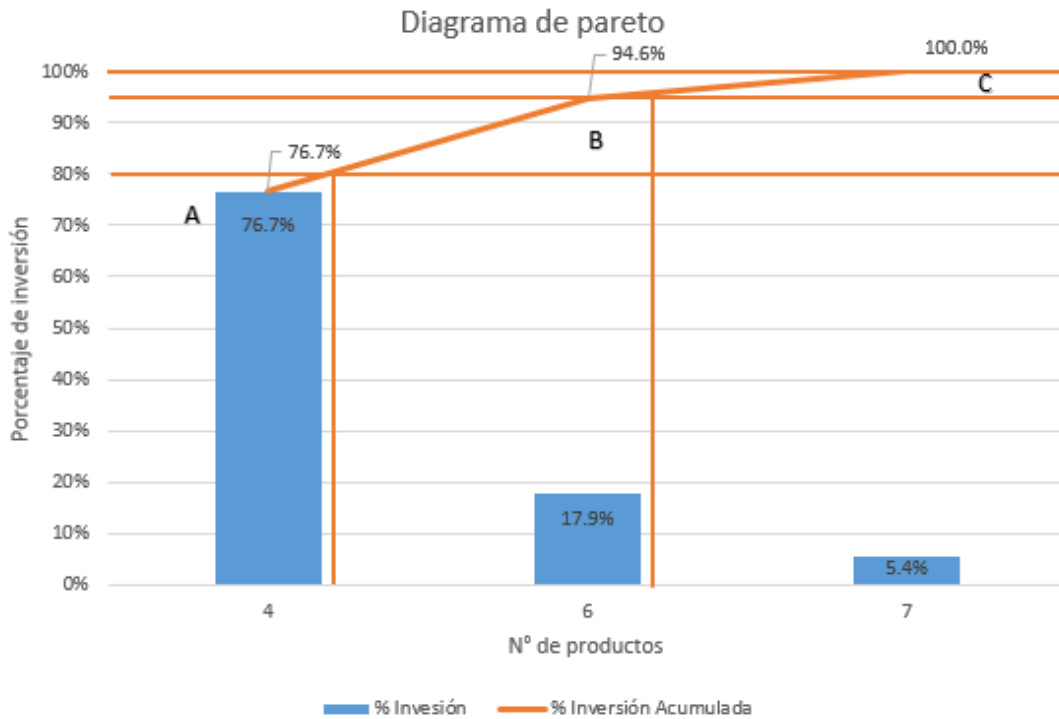
Resumen clasificación ABC para daño leve

Clasificación	Numero de elementos	% Articulos	% Acumulado	% Inversión	% Inversión Acumulada
A	4	23.53%	23.53%	77.63%	77.63%
B	6	35.29%	58.82%	17.05%	94.69%
C	7	41.18%	100.00%	5.31%	100.00%
Total	17	100.00%		100.00%	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La tabla 54 nos muestra el resumen de la clasificación ABC, esta no ayudara a tener un mayor control de los materiales que se utilizan para llevar a cabo en trabajo de pintura, además esta clasificación muestra el capital invertido. En la zona A se observa que 4 productos ocupan un 77.63% del capital invertido, la zona B se observa que 6 son los productos que ocupan un 17.05% del capital invertido y en la zona C se aprecia que 7 productos ocupan un 5.31 del capital invertido.

Clasificación ABC de productos para daños leve



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: El gráfico 2, se observa que en la zona C se ubican 7 productos para realizar el trabajo de pintura, estos representan 5.4% de la inversión, en la zona B se ubican 6 productos para realizar el trabajo de pintura, estos representan 17.09% de la inversión y en la zona A se ubican 4 productos para realizar el trabajo de pintura que representan 77.7% de la inversión

Clasificación ABC de productos para daño medio

Código	Producto	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Inversión	Inversión acumulada	% Inversión acumulada	Clasificación	%
P-P 002	Thinner Acrilico	8	galón	26	S/ 208.00	S/ 208.00	24.9%	A	76.7%
P-P 003	Pintura anticorrosiva	2	galón	94	S/ 188.00	S/ 396.00	47.5%	A	
P-P-006	Pintura gloss	2	galón	82	S/ 164.00	S/ 560.00	67.1%	A	
P-P-001	Pintura base	2	galón	40	S/ 80.00	S/ 640.00	76.7%	A	17.9%
P-P-007	Pintura uretano	1	galón	44	S/ 44.00	S/ 684.00	82.0%	B	
P-P-004	Masilla poliester	5	unidad	7.5	S/ 37.50	S/ 721.50	86.5%	B	
P-P-009	Lijas de fierro	15	unidad	1.5	S/ 22.50	S/ 744.00	89.2%	B	5.4%
P-P-008	Extra thinner	1	galón	21	S/ 21.00	S/ 765.00	91.7%	B	
P-P-015	Desengrasante	1	unidad	12.5	S/ 12.50	S/ 777.50	93.2%	B	
P-P-010	Lijas de agua	10	unidad	1.2	S/ 12.00	S/ 789.50	94.6%	B	100.0%
P-P-012	Silicona (Sikaflex)	1	unidad	10	S/ 10.00	S/ 799.50	95.8%	C	
P-P-17	Film de enmascar	1	unidad	10	S/ 10.00	S/ 809.50	97.0%	C	
P-P-005	Masilla plastica	1	unidad	8.5	S/ 8.50	S/ 818.00	98.0%	C	100.0%
P-P-016	Bayeta atrapapolvos	1	unidad	6	S/ 6.00	S/ 824.00	98.7%	C	
P-P-013	Trapos y waipe	1	kilogramo	4	S/ 4.00	S/ 828.00	99.2%	C	
P-P-014	Escobilla de fierro	1	unidades	4	S/ 4.00	S/ 832.00	99.7%	C	100.0%
P-P-011	Masking tape	1	unidad	2.5	S/ 2.50	S/ 834.50	100.0%	C	
Total					S/ 834.50				100.0%

Fuente: Elaboración propia.

Resumen clasificación ABC para daño medio

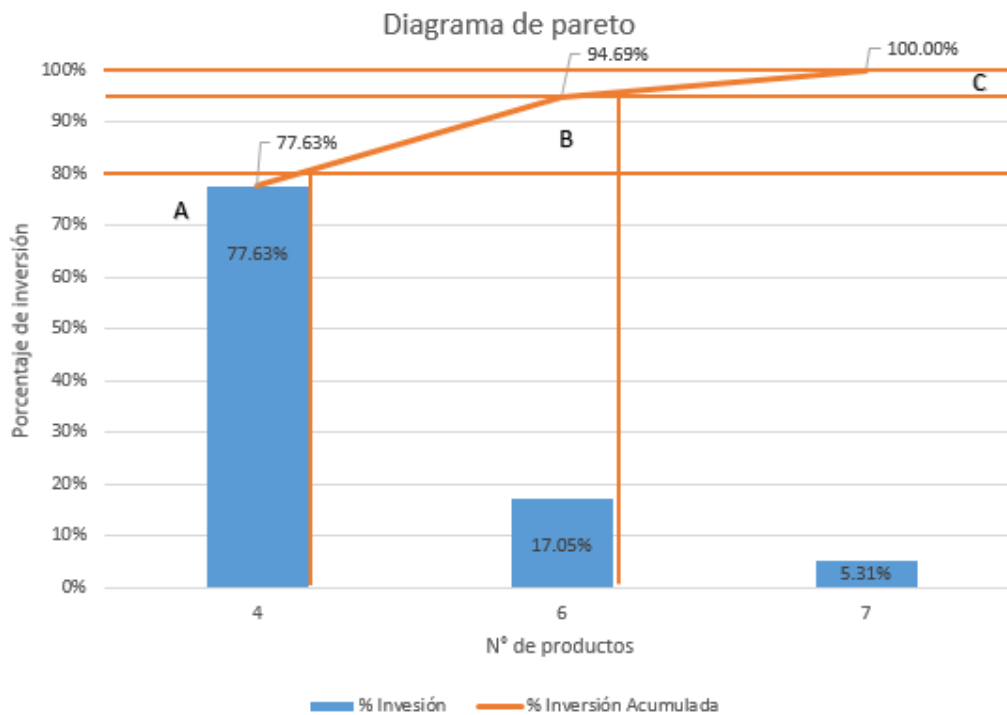
Clasificación	Numero de elementos	% Articulos	% Acumulado	% Inversión	% Inversión Acumulada
A	4	23.53%	23.53%	76.7%	76.7%
B	6	35.29%	58.82%	17.9%	94.6%
C	7	41.18%	100.00%	5.4%	100.0%
Total	17	100.00%		100.0%	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La tabla 56 nos muestra el resumen de la clasificación ABC, esta no ayudara a tener un mayor control de los materiales que se utilizan para llevar a cabo en trabajo de pintura, además esta clasificación muestra el capital invertido. En la zona A se observa que 4 productos ocupan un 77.7% del capital invertido, la zona B se observa que 6 son los productos que ocupan un 17.9% del capital invertido y en la zona C se aprecia que 7 productos ocupan un 5.4% del capital invertido.

Figura 20.

Clasificación ABC de productos para daño medio



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: El gráfico 2, se observa que en la zona C se ubican 7 productos para realizar el trabajo de pintura, estos representan 5.31% de la inversión, en la zona B se ubican 6 productos para realizar el trabajo de pintura, estos representan 17.05% de la inversión y en la zona A se ubican 4 productos para realizar el trabajo de pintura que representan 77.63% de la inversión.

Tabla 57.
Clasificación ABC de productos para daño grave

Código	Producto	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Inversión	Inversión acumulada	% Inversión acumulada	Clasificación	%
P-P 003	Pintura anticorrosiva	4	galón	94	S/ 376.00	S/ 376.00	24.6%	A	77.1%
P-P-006	Pintura gloss	4	galón	82	S/ 328.00	S/ 704.00	46.1%	A	
P-P 002	Thinner Acrilico	12	galón	26	S/ 312.00	S/ 1,016.00	66.6%	A	
P-P-001	Pintura base	4	galón	40	S/ 160.00	S/ 1,176.00	77.1%	A	
P-P-004	Masilla poliester	10	unidad	7.5	S/ 75.00	S/ 1,251.00	82.0%	B	17.8%
P-P-007	Pintura uretano	1.5	galón	44	S/ 66.00	S/ 1,317.00	86.3%	B	
P-P-008	Extra thinner	3	galón	21	S/ 63.00	S/ 1,380.00	90.5%	B	
P-P-009	Lijas de fierro	20	unidad	1.5	S/ 30.00	S/ 1,410.00	92.4%	B	
P-P-17	Film de enmascar	2	unidad	10	S/ 20.00	S/ 1,430.00	93.7%	B	5.1%
P-P-010	Lijas de agua	15	unidad	1.2	S/ 18.00	S/ 1,448.00	94.9%	B	
P-P-005	Masilla plastica	2	unidad	8.5	S/ 17.00	S/ 1,465.00	96.0%	C	
P-P-015	Desengrasante	1	unidad	12.5	S/ 12.50	S/ 1,477.50	96.9%	C	
P-P-016	Bayeta atrapapolvos	2	unidad	6	S/ 12.00	S/ 1,489.50	97.6%	C	100.0%
P-P-011	Masking tape	4	unidad	2.5	S/ 10.00	S/ 1,499.50	98.3%	C	
P-P-012	Silicona (Sikaflex)	1	unidad	10	S/ 10.00	S/ 1,509.50	99.0%	C	
P-P-013	Trapos y waibe	2	kilogramos	4	S/ 8.00	S/ 1,517.50	99.5%	C	
P-P-014	Escobilla de fierro	2	unidades	4	S/ 8.00	S/ 1,525.50	100.0%	C	
Total					S/ 1,525.50				100.0%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58.

Resumen clasificación ABC para daños graves

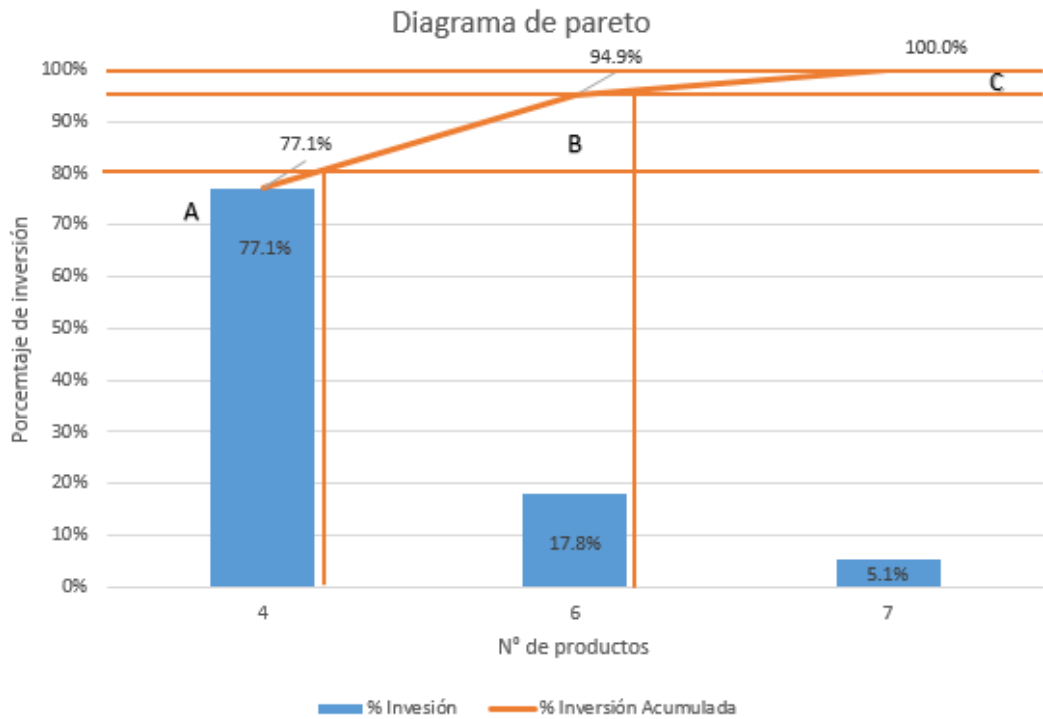
Clasificación	Numero de elementos	% Articulos	% Acumulado	% Inversión	% Inversión Acumulada
A	4	23.53%	23.53%	77.1%	77.1%
B	6	35.29%	58.82%	17.8%	94.9%
C	7	41.18%	100.00%	5.1%	100.0%
Total	17	100.00%		100.0%	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La tabla 58 nos muestra el resumen de la clasificación ABC, esta no ayudara a tener un mayor control de los materiales que se utilizan para llevar a cabo en trabajo de pintura, además esta clasificación muestra el capital invertido. En la zona A se observa que 4 productos ocupan un 77.1% del capital invertido, la zona B se observa que 6 son los productos que ocupan un 17.8% del capital invertido y en la zona C se aprecia que 7 productos ocupan un 5.1 del capital invertido. También agregar que luego de realizar esta calificación ABC, se pudo llegar a la conclusión que, para el servicio de nivel de daño leve, nivel de daño medio y nivel daño grave se califican de la misma forma.

Figura 21.

Clasificación ABC de productos para daño grave



Elaboración propia.

Interpretación: El gráfico 2, se observa que en la zona C se ubican 7 productos para realizar el trabajo de pintura, estos representan 5.1% de la inversión, en la zona B se ubican 6 productos para realizar el trabajo de pintura, estos representan 17.08% de la inversión y en la zona A se ubican 4 productos para realizar el trabajo de pintura que representan 77.1% de la inversión.

➤ **Planificación de la demanda**

Para llevar a cabo una estrategia de compras, se debe planificar el número de trabajos que ejecuta en un lapso de tiempo con el fin de tener una noción cuales son los productos y materiales que se necesitan para realizar gran parte del trabajo. Para esto se trabajará a partir de los datos históricos brindados por la empresa y así poder estimar la cantidad que se requerirá para trabajos futuros. Para la presente investigación se realizará la proyección apoyándose en las unidades reparadas en un mes. Finalmente, para estimar las cantidades a reparar, se empleó el modelo de promedio móvil simple que partiendo de los datos históricos se puede medir la cantidad de unidades a reparar en un periodo adicional. Para el presente estudio se empleará los datos de 6 meses previos al periodo que se quiere planificar y así poder estimar el número de unidades que pueden atender en el próximo mes.

Tabla 59.

Pronóstico de unidades a atender para el mes de septiembre

Pronóstico de servicio de planchado y pintura				
n=6		Nivel de daño		
		Leve	Medio	Grave
Mes	#Mes	Yt	Yt	Yt
Marzo	1	9	3	2
Abril	2	7	6	1
Mayo	3	10	3	1
Junio	4	8	5	1
Julio	5	10	4	0
Agosto	6	8	4	2
Septiembre	7	8.67	4.17	1.17

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La tabla 59, nos muestra la demanda estimada que se atenderán en el mes próximo, siendo para el nivel de daño leve 9 unidades, para nivel de daño medio 4 unidades y para el nivel de daño grave 1 unidad aproximadamente. Una vez obtenida esta demanda nos ayudara a predecir cuantos productos se tienen que adquirir para el mes pronosticado y así evitar realizar compras cada vez que se presenta un trabajo.

➤ **Programación de compras siguiendo la filosofía Just In Time**

En este parte se tiene como objetivo establecer el momento en el cual se deben realizar las compras de tal forma que los operarios puedan obtener los productos en el momento exacto y en cantidades adecuadas siguiendo la filosofía Just in time. Para eso, un requisito esencial es analizar el tiempo de respuesta de abastecimiento de cada uno de los proveedores con los que acostumbra a trabajar la empresa. En este caso todos los productos con los que se trabaja en área de pintura serán adquiridos por un proveedor que ofrece sus productos al por mayor y al menor, también decir que la empresa antiguamente ha trabajado con este proveedor y su tiempo de aprovisionamiento es un día, es decir, que desde el instante en que se origina una demanda de compra hasta el momento que los productos son entregados a almacén, todo este procedimiento de aprovisionamiento dura un día. Entonces lo que se planea es que las compras se lleven a cabo de modo mensual utilizando los datos pronosticados expuestos anteriormente. Con esto, la persona encargada de ejecutar las compras ejecute los pedidos una sola vez al mes, esto generara que la empresa a corto plazo pueda alcanzar descuentos y disminuir costes.

Además, se plantea una plantilla para la empresa para que aseguren un perfecto desarrollo de pedido de las demandas, esta plantilla tendrá relación con su sistema de control (Kardex).

Figura 22

Plantilla de generación de productos.

Cantidad de pedido de productos para servicio de pintado						
Fecha				Unidades pronosticas para Septiembre		
Insumo	Cantidad unitaria	Unidad de medida	Cantidad disponible almacén	Cantidad requerida para Septiembre	Stock de seguridad	Cantidad total de pedido para Septiembre
Pintura base		galón				
Thinner Acrílico		galón				
Pintura anticorrosiva		galón				
Masilla poliester		unidad				
Masilla plastica		unidad				
Pintura gloss		galón				
Pintura uretano		galón				
Extra thinner		galón				
Lijas de fierro		unidad				
Lijas de agua		unidad				
Masking tape		unidad				
Silicona		unidad				
Trapos y waipe		kilogramo				
Escobilla de fierra		unidades				
Desengrasante		unidad				
Bayeta atrapapolvos		unidad				
Film de enmascar		unidad				

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La figura 23, muestra la plantilla de generación de productos con la cual se realizará los pedidos, esta reúne los elementos cantidad unitaria, unidad de medida, cantidad disponible, cantidad requerida, stock de seguridad y cantidad total de pedidos a realizar.

➤ **Determinación de stock de seguridad y fijación de cantidad de pedido**

En esta parte, se establecerá la cantidad de stock de seguridad y la cantidad de pedido, con la finalidad de prevenir que surjan desabastecimientos en el almacén y así evitar que se presentes los problemas antes ya mencionados o alguna variación repentina con la demanda. Para calcular el stock de seguridad, se tomó en consideración 3 motivos muy fundamentales, como lo aplica Velásquez (2012) en su trabajo de investigación, siendo estos; nivel de riesgo, tiempo de aprovisionamiento y frecuencia de utilización. Para nivel de riesgo, el valor lo determina la empresa, es decir, que porcentaje está dispuesto asumir ante una posible situación de desabastecimiento, de hecho, siguiendo la planificación y las pautas con las que trabaja la empresa, esta desea asumir un nivel de riesgo del 10%. Para el tiempo de aprovisionamiento como ya se mencionó anteriormente, es el tiempo que tardan en llegar los productos desde el instante que se originó la demanda de compra, hasta el momento que los productos llegan al almacén. Finalmente, para la frecuencia de utilización se basó en el número de veces que ciertos materiales son utilizados en un lapso de tiempo, para este dato se tomó que la frecuencia de utilización de estos productos es diaria. Una vez ya establecido estos tres datos se podrán establecer el nivel de stock seguridad para los productos que demanda el servicio de pintura.

Ecuación 9.

Stock de seguridad

$$\text{Stock de seguridad} = R \times \sqrt{T \times F}$$

Donde:

R: Nivel de riesgo

T: Tiempo de aprovisionamiento

F: Frecuencia de utilización (diaria)

A continuación, se determinó el stock de seguridad para cada producto, esta se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 60.

Resumen clasificación ABC para daño leve

Stock de seguridad por producto			
Nivel de riesgo (10%)		1.29	
Productos	Stock de seguridad		
	Leve	Medio	Grave
Pintura base	2	1	1
Thinner Acrílico	3	3	2
Pintura anticorrosiva	2	1	1
Masilla poliester	2	2	2
Masilla plástica	1	1	1
Pintura gloss	2	1	1
Pintura uretano	1	1	1
Extra thinner	1	1	1
Lijas de fierro	4	4	2
Lijas de agua	3	3	2
Masking tape	0	1	1
Silicona	0	1	1
Trapos y waipe	0	1	1
Escobilla de fierro	0	1	1
Desengrasante	1	1	0
Bayeta atrapapolvos	1	1	1
Film de enmascar	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La tabla 60, nos muestra el stock de seguridad para nivel de daño leve, medio y grave, como ya se mencionó líneas arriba las compras para el área de pintado se ejecutarán de manera mensual, entonces para este caso a trabajar el stock de seguridad realizara el trabajo de punto de re pedido en el momento que las existencias alcancen ese nivel. (Ver anexo N°3)

Como se mencionó anteriormente el control de calidad en los trabajos de planchado y pintura, se realizan al final de todo el proceso productivo. El asesor de área o el operario líder del área se encargaban de realizar esta inspección con el fin de que los trabajos se hayan realizado correctamente.

También decir que para realizar el control de calidad no contaban con una herramienta, cada uno lo ejecutaba de una distinta manera, es decir, realizaban el control de calidad con una simple inspección visual, asegurando que no existiera algún defecto. En resumen, no hay un estándar de calidad para orientarse y llevar a cabo un buen control de calidad.

Por otro lado, al ejecutar el control de calidad al final del proceso productivo tanto para planchado y para pintura, sucedía que cuando se hallaba una tara o un mal trabajo, esta tenía que regresar a la mitad proceso productivo en el mejor de los escenarios y en el peor de los casos realizar nuevamente todo el proceso productivo de planchado y pintura originando retrasos e insatisfacción en el cliente.

Con el fin de aminorar el problema se presentará la creación de una herramienta de control de calidad. Esta herramienta debe ser muy accesible para su manipulación, además se conversó con las personas que se encargan de realizar el control e indicaron que el control de calidad no necesariamente debe estar al final del proceso productivo, que también se podría realizar durante el proceso y así evitar todo tipo de contratiempo.

Para la solución del problema se recurrió al pilar del sistema de producción Toyota (TPS), Jidoka, este menciona que la automatización permite al equipo detectar defectos y detenerse hasta que alguien vaya a reparar el problema, es decir, que el producto o servicio no debe pasar a la próxima fase con alguna irregularidad.

Debido al gran porcentaje de reprocesos que se encontraron en el área de planchado y pintura se recurrió a uno de los principios del TPS, llamado Jidoka, control de anomalías, además menciona la detención de productos imperfectos a otra fase, otro de los puntos importantes de

Jidoka es el ahorro de la mano de obra, ya que para realizar una inspección del control de calidad de los trabajos no se tiene que contratar nuevo personal, sino hacer que los operarios involucrados en esta área sean participes. Por esa razón se decidió crear una hoja de control para el área de planchado y pintura. (Ver anexo N°4)

Figura 23.

Hoja de control de calidad

HOJA DE CONTROL DE CALIDAD				NIVEL DE DAÑO				
PLACA	MODELO	COLOR	OPERARIO	OT	LEVE	MEDIO	GRAVE	
				INSPECCIÓN: PLANCHADO				
				Cumple	N/C	N/A	Planchado	
Desmontaje							<input type="checkbox"/>	
Colocar las piezas desmontadas en una zona segura							<input type="checkbox"/>	
Traccionado							<input type="checkbox"/>	
Verificar registro de medición							<input type="checkbox"/>	
Planchado							<input type="checkbox"/>	
Corrección de ondulaciones							<input type="checkbox"/>	
Hundimientos							<input type="checkbox"/>	
Marcas							<input type="checkbox"/>	
Porosidad							<input type="checkbox"/>	
Centrado							<input type="checkbox"/>	
Verificación de paneles							<input type="checkbox"/>	
Pulido							<input type="checkbox"/>	
Pulido para nivel leve							<input type="checkbox"/>	
Pulido para nivel medio							<input type="checkbox"/>	
Pulido para nivel grave							<input type="checkbox"/>	
Montaje							<input type="checkbox"/>	
Ensamble de piezas, colocación de todos los sujetadores, posición y cierre de							<input type="checkbox"/>	
Funcionamiento de manijas y cerraduras							<input type="checkbox"/>	
Faros y calaveras							<input type="checkbox"/>	
Firma de aprobación de calidad				Fecha de finalización				
Se aprueba que el vehículo pase a pintura								
				INSPECCIÓN: PINTURA				
				Cumple	N/C	N/A	Pintura	
Lijado							<input type="checkbox"/>	
Lijar algunos desperfectos							<input type="checkbox"/>	
Limpieza							<input type="checkbox"/>	
Limpieza (Paño de agua)							<input type="checkbox"/>	
Desengrasado (Desengrasante)							<input type="checkbox"/>	
Enmasillado							<input type="checkbox"/>	
Herramientas limpias							<input type="checkbox"/>	
Lijado de masilla							<input type="checkbox"/>	
Daño leve: Lija de grano P-120 / P-150							<input type="checkbox"/>	
Daño Medio: Lija de grano P-80 / P-120							<input type="checkbox"/>	
Daño grave: Lija de grano P-80 / P-100							<input type="checkbox"/>	
Limpieza de superficie							<input type="checkbox"/>	
Limpieza (Paño de agua)							<input type="checkbox"/>	
Desengrasado (Desengrasante)							<input type="checkbox"/>	
Limpieza (Paño gumoso)							<input type="checkbox"/>	
Empapelado							<input type="checkbox"/>	
Cubrir en su totalidad la zona a trabajar y áreas aledañas							<input type="checkbox"/>	
Pintura base							<input type="checkbox"/>	
Verificar la ficha de igualación							<input type="checkbox"/>	
Respetar los tiempos de secado							<input type="checkbox"/>	
Lijado base							<input type="checkbox"/>	
Lija de grano P-320							<input type="checkbox"/>	
Lija de grano P-400							<input type="checkbox"/>	
Limpieza de superficie							<input type="checkbox"/>	
Limpieza (Paño de agua)							<input type="checkbox"/>	
Desengrasado (Desengrasante)							<input type="checkbox"/>	
Limpieza (Paño gumoso)							<input type="checkbox"/>	
Pintura final							<input type="checkbox"/>	
Respetar los tiempos de secado							<input type="checkbox"/>	
Firma de aprobación de calidad				Fecha de finalización				
Se aprueba que el vehículo pase a lavado								
				INSPECCIÓN: LAVADO				
				Cumple	N/C	N/A	Lavado	
Lavado de auto							<input type="checkbox"/>	
Carrocería completamente limpia							<input type="checkbox"/>	
Pulido							<input type="checkbox"/>	
Eliminación de rayones							<input type="checkbox"/>	
Eliminación de partículas de polvo							<input type="checkbox"/>	
Retirar excesos de acabado							<input type="checkbox"/>	
Encajado							<input type="checkbox"/>	
Respetar los tiempos de secado							<input type="checkbox"/>	
No encerrar expuesto al sol							<input type="checkbox"/>	
Firma de aprobación de calidad				Fecha de finalización				
Se aprueba que el vehículo pase a ser entrozado								
Observaciones:								

Fuente: Elaboración propia

Esta hoja de control de calidad será registrada por el operario líder del área de planchado y pintura, en donde evaluará la calidad de los trabajos por medio de un check list y una lista de requisitos ya estandarizados. La hoja de control está dividida en cinco secciones, en la primera sección en la parte superior se anotarán los datos del vehículo. En la segunda sección de la hoja se encuentra el check list de calidad para planchado, esta se evaluará a través de un sistema semáforo, el color verde indicara que el trabajo no presento ningún defecto y puede pasar a la siguiente etapa, el color rojo indicara la aparición de un problema, es decir que se tendrá que trabajar nuevamente en esa operación y el color amarillo señalará que ya se arregló el reproceso encontrado. Aclara que también se podría marcar el color verde, pero esto podría provocar una confusión a la hora de revisar las hojas de control. En la tercera sección se encuentra el check list de calidad para pintura, esta también se evaluará a través del sistema semáforo. En la cuarta parte se observa el check list de calidad de lavado, debido a que en etapa hacen la operación de embellecimiento, en ella también se evaluara a través del sistema semáforo. Finalmente, está la sección de comentarios con el fin de que sirva como retroalimentación para futuros trabajos.

La hoja de control de calidad tiene como finalidad

- Disminuir y evitar reprocesos
- Producir trabajos de calidad
- Proponer mejoras en futuro

Con el fin de ver si la hoja de control de calidad funciona se le tendrá que dar un seguimiento.

Seguimiento de hoja de control para el mes Julio

N°	Operario	Modelo	Tipo de daño	Fecha Inicio	Control de calidad (Planchado)		Fecha Termino	Fecha Inicio	Control de calidad (Pintura)		Fecha Termino
					CUMPLE	NO CUMPLE			CUMPLE	NO CUMPLE	
1	Operario (1) S-Presso	Medio	5/07/2021	X		7/07/2021	7/07/2021		X	9/07/2021	
2	Operario (2) Rava	Leve	5/07/2021	X		5/07/2021	5/07/2021	X		6/07/2021	
3	Operario (3) Corolla	Leve	5/07/2021	X		6/07/2021	6/07/2021	X		7/08/2021	
4	Operario (1) Jetta	Leve	9/07/2021	X		9/07/2021	9/07/2021		X	10/07/2021	
5	Operario (2) Korando	Medio	6/07/2021		X	8/07/2021	8/07/2021		X	10/07/2021	
6	Operario (3) Aveo	Leve	7/07/2021	X		8/07/2021	8/07/2021	X		9/07/2021	
7	Operario (3) Hilux	Grave	9/07/2021		X	21/07/2021	21/07/2021		X	26/07/2021	
	Operario (2) Hilux	Grave	12/07/2021			21/07/2021	21/07/2021			23/07/2021	
8	Operario (2) Yaris	Leve	23/07/2021	X		24/07/2021	24/07/2021	X		26/07/2021	
9	Operario (1) Fortuner	Leve	10/07/2021		X	10/07/2021	10/07/2021	X		12/07/2021	
10	Operario (3) Rav4	Medio	26/07/2021	X		28/07/2021	28/07/2021		X	30/07/2021	
11	Operario (2) Civic	Leve	26/07/2021	X		27/07/2021	27/07/2021	X		28/07/2021	
12	Operario (1) Rav4	Leve	12/07/2021	X		12/07/2021	12/07/2021	X		13/07/2021	
13	Operario (2) Fortuner	Medio	28/07/2021		X	30/07/2021	30/07/2021		X	31/07/2021	
14	Operario (1) Etios	Leve	14/07/2021	X		15/07/2021	15/07/2021	X		16/07/2021	
15	Operario (1) Yaris	Leve	16/07/2021	X		17/07/2021	17/07/2021	X		19/07/2021	
16	Operario (1) Hilux	Medio	19/07/2021		X	22/07/2021	22/07/2021	X		26/07/2021	

Fuente: Elaboración propia

Seguimiento de hoja de control para el mes Julio

N°	Operario	Modelo	Tipo de daño	Fecha Inicio	Control de calidad (Planchado)		Fecha Termino	Fecha Inicio	Control de calidad (Pintura)		Fecha Termino
					SI	NO			SI	NO	
					CUMPLE	CUMPLE			CUMPLE	CUMPLE	
1	Operario (3)	Rav4	Medio	2/08/2021	X		4/08/2021	4/08/2021	X		6/08/2021
2	Operario (1)	Civic	Leve	2/08/2021	X		3/08/2021	3/08/2021	X		4/08/2021
3	Operario (2)	Rav4	Medio	2/08/2021	X		5/08/2021	5/08/2021		X	7/08/2021
4	Operario (2)	Yaris	Leve	7/08/2021	X		9/08/2021	9/08/2021	X		10/08/2021
5	Operario (1)	Hilux	Medio	5/08/2021	X		7/08/2021	9/08/2021	X		11/08/2021
6	Operario (3)	Hilux	Grave	7/08/2021		X	16/08/2021	17/08/2021		X	20/08/2021
	Operario (2)	Hilux	Grave	11/08/2021			16/08/2021	17/08/2021			19/08/2021
7	Operario (1)	Aveo	Leve	11/08/2021	X		12/08/2021	13/08/2021	X		14/08/2021
8	Operario (2)	Hilux	Medio	19/08/2021		X	21/08/2021	21/08/2021	X		24/08/2021
9	Operario (1)	Hilux	Leve	14/08/2021	X		16/08/2021	16/08/2021	X		18/08/2021
10	Operario (3)	Corolla	Medio	21/08/2021	X		23/08/2021	23/08/2021		X	25/08/2021
11	Operario (1)	Jetta	Leve	19/08/2021	X		21/08/2021	21/08/2021	X		23/08/2021
12	Operario (2)	Korando	Leve	24/08/2021	X		25/08/2021	26/08/2021	X		28/08/2021
13	Operario (1)	S-Presso	Leve	24/08/2021	X		26/08/2021	26/08/2021		X	27/08/2021
14	Operario (3)	S-Presso	Medio	25/08/2021		X	28/08/2021	28/08/2021	X		31/08/2021
15	Operario (1)	Corolla	Leve	28/08/2021	X		30/08/2021	30/08/2021	X		31/08/2021
16	Operario (2)	Corolla	Leve	28/08/2021	X		30/08/2021	30/08/2021	X		31/08/2021

Fuente: Elaboración propia

Seguimiento de hoja de control para el mes Julio

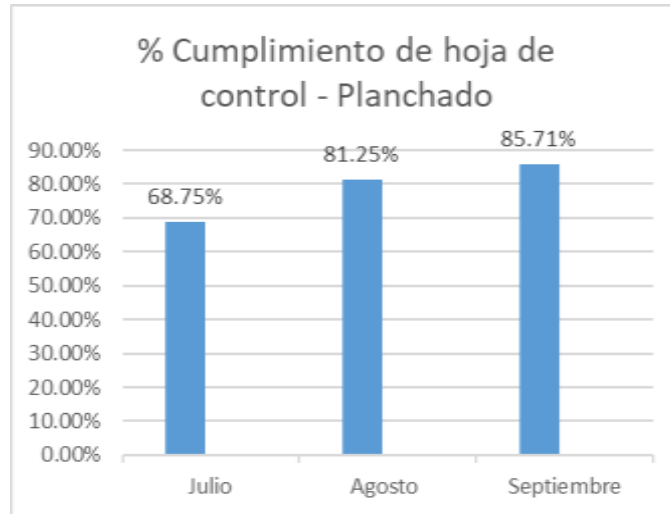
N°	Operario	Modelo	Tipo de daño	Fecha Inicio	Control de calidad (Planchado)		Fecha Termino	Fecha Inicio	Control de calidad (Pintura)		Fecha Termino
					SI	NO			SI	NO	
					CUMPLE	CUMPLE			CUMPLE	CUMPLE	
1	Operario (2)	Hilux	Medio	1/09/2021	X		4/09/2021	4/09/2021	X		7/09/2021
2	Operario (1)	Hilux	Leve	1/09/2021	X		3/09/2021	3/09/2021	X		4/09/2021
3	Operario (3)	Corolla	Medio	1/09/2021	X		3/09/2021	4/09/2021		X	7/09/2021
4	Operario (2)	Civic	Leve	8/09/2021	X		9/09/2021	10/09/2021	X		11/09/2021
5	Operario (3)	Sedan	Medio	8/09/2021		X	11/09/2021	11/09/2021	X		13/09/2021
6	Operario (1)	Corolla	Leve	6/09/2021	X		7/09/2021	8/09/2021	X		9/09/2021
7	Operario (1)	Etios	Medio	10/09/2021	X		13/09/2021	13/09/2021		X	15/09/2021
8	Operario (2)	Yaris	Medio	11/09/2021	X		15/09/2021	15/09/2021	X		17/09/2021
9	Operario (3)	Rav4	Grave	13/09/2021		X	25/09/2021	25/09/2021		X	29/09/2021
	Operario (1)	Rav4	Grave	16/09/2021			24/09/2021	25/09/2021			27/08/2021
10	Operario (2)	Yaris	Leve	18/09/2021	X		20/09/2021	20/09/2021	X		21/09/2021
11	Operario (1)	Jetta	Leve	27/09/2021	X		28/09/2021	29/09/2021	X		30/09/2021
12	Operario (2)	Civic	Leve	21/09/2021	X		23/09/2021	23/09/2021	X		24/09/2021
13	Operario (2)	Yaris	Leve	24/09/2021	X		25/09/2021	27/09/2021	X		28/09/2021
14	Operario (2)	Jetta	Leve	28/09/2021	x		29/09/2021	29/09/2021	X		30/09/2021

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se presentan los siguientes gráficos para ver como fue el resultado del cumplimiento de la hoja de control de calidad.

Figura 24

Porcentaje de cumplimiento de la hoja de control – Planchado

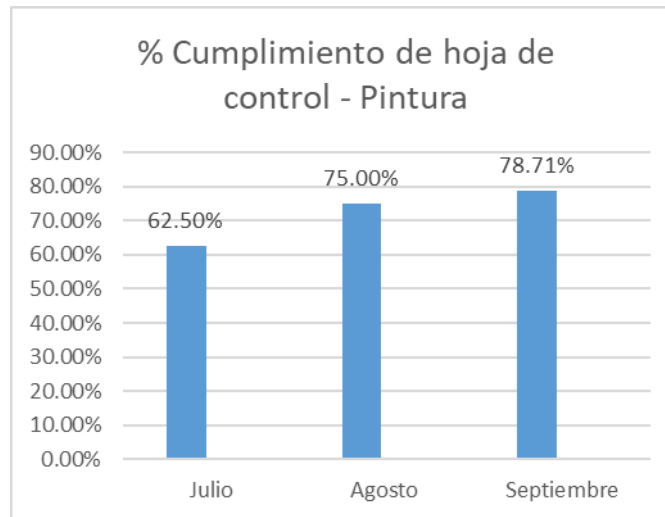


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Como se puede ver en el gráfico debido a que la hoja de control es fácil de manejar y tienen todos los pasos estandarizados eso provocaría un incremento porcentual del cumplimiento en el uso de la hoja de control de calidad, esta muestra que el cumplimiento para el área de planchado para el mes de julio lograría 68.75% de cumplimiento, debido a que recién se están adaptando a esta herramienta, para el mes de agosto 81.25% y para el mes de septiembre 85.71%, esto indicaría que la mayoría de vehículos están siendo registrados.

Figura 25

Porcentaje de cumplimiento de la hoja de control – Pintura



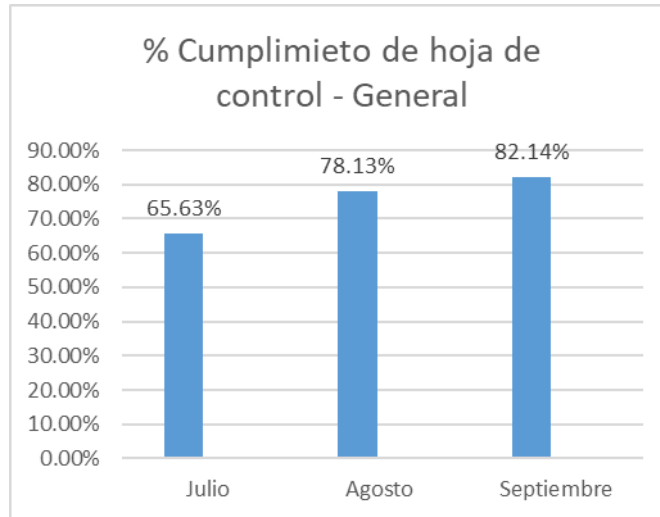
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Como se puede ver en el gráfico debido a que la hoja de control es fácil de manejar y tienen todos los pasos estandarizados eso provocaría un incremento porcentual del cumplimiento en el uso de la hoja de control de calidad, esta muestra que el cumplimiento para el área de pintura para el mes de julio lograría 62.50% de cumplimiento, debido a que recién se están adaptando a esta herramienta, para el mes de agosto 75.00% y para el mes de septiembre 72.71%, esto indicaría que la mayoría de vehículos están siendo registrados.

Para concluir se obtuvo el resultado general del cumplimiento del uso de la hoja de control de calidad en donde se obtuvo lo siguiente.

Figura 26

Porcentaje de cumplimiento de la hoja de control – Pintura



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Como se puede ver en el gráfico debido a que la hora de control es fácil de manejar y tienen todos los pasos estandarizados eso provocaría un incremento porcentual del cumplimiento en el uso de la hoja de control de calidad, esta muestra que el cumplimiento general para el mes el mes de julio lograría 65.63% de cumplimiento, debido a que recién se están adaptando a esta herramienta, para el mes de agosto 78.13 y para el mes de septiembre 82.14%, esto indicaría que la mayoría de vehículos están siendo registrados.

Finalmente, para ver la tarjeta de control de calidad ayudaría a la disminución de reprocesos se para esto volverá a calcular el porcentaje de reprocesos que se encontraron en el tiempo que se evaluara la propuesta, esta tendrá un lapso de tres meses y ver si la implementación de la hoja de control influiría en la disminución de estos re trabajos.

Como ya se mencionó anteriormente la evaluación se realizará para los meses julio, agosto y septiembre, con el fin de saber si la hoja de control tiene impactos positivos. Agregar que para la obtención del nuevo porcentaje de reprocesos solo se tomó solo el mes de septiembre. (Ver anexo N°5).

Ecuación 10

Porcentaje de reprocesos mejorados

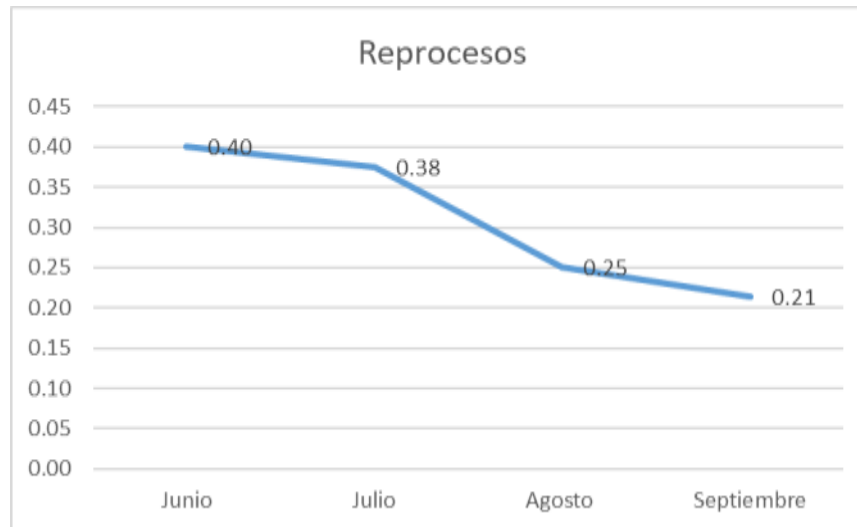
$$\text{Pocentaje de reprocesos} = \left(\frac{\# \text{ de reprocesos}}{\text{Total de trabajos}} \right)$$

Reemplazando

$$\text{Porcentaje de reprocesos} = \left(\frac{3}{14} \right)$$

$$\text{Pocentaje de reprocesos} = 21\%$$

Figura 27.
Resultado de reprocesos



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Como se mencionó anteriormente en las áreas de planchado y pintura se evidenciaron reprocesos y estos tenían que ser trabajados nuevamente, es decir regresaban a procesos que supuestamente ya habían finalizado, esto genera retrasos e insatisfacción al cliente. En la evaluación inicial se encontró que el porcentaje de reprocesos era un 40% como se puede ver en la gráfica, es decir que tenían que regresar a procesos anteriores y reparar los defectos encontrados.

Con la implementación de la hoja de control de calidad como se muestra la gráfica podría disminuir el porcentaje de reprocesos si es bien aplicada.

3.5. Desarrollo de indicadores de productividad

3.5.1. Productividad de mano de obra

A continuación, se determinó la nueva productividad de mano de obra, para obtener este resultado se tomó el volumen de producción total, es decir, todas las unidades que se reparan cada mes y se divide entre el número de operarios encargados de realizar estos trabajos en el área de planchado y pintura.

Ecuación 11.

Productividad de mano de hombre mejorado

$$PMO = \frac{\text{Volumen de producción}}{\text{Número de operarios}}$$

- **Jornada Laboral:** 10 horas / 600 minutos
- **Tiempo de Almuerzo:** 1 horas / 60 minutos
- **Tiempo disponible:** Jornada laboral – paradas no programadas 10 - 1 horas = 9 horas / 540 minutos
- **Número de Turnos:** 1 turno/día
- **Número de operarios:** 3 operarios
- **Días hábiles por mes:** 24 días/mes

Reemplazando la fórmula, se tiene:

$$PMO = \frac{\text{Volumen de producción}}{\text{Número de operarios}} = \frac{22 \text{ unidades}}{3} = 7.33$$

Tabla 64.

Valores para cálculo de indicadores de productividad de mano de obra.

Item	Volumen de Producción Mensual	# Operarios (9 h / día)	PMO
PMO Total	22	3	7.33

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la presente tabla se observa que con la adquisición de nuevos equipos la producción mensual 21 vehículos, en el área de planchado y pintura, 3 operarios son los encargados de la obtención de estos resultados, entonces se expone que cada operario tiene un impacto de producción de 7.33 vehículos al mes.

3.5.2. Productividad de horas hombre

Para obtener el nuevo el resultado de la productividad horas – hombre, se utilizó el volumen de producción mensuales producidas, y luego esta cantidad se tiene que dividir entre las horas y días que trabaja al mes los 3 operarios.

Ecuación 10:

Productividad de horas hombre mejorado

$$PHH = \frac{\text{Volumen de producción}}{\text{Horas Hombre (H-H)}}$$

Tabla 65.

Valores para cálculo de indicadores de productividad horas – hombre.

Tipo de daño	Unidades
Leve	14
Medio	6
Grave	2
Total	22

$$PHH = \frac{22}{9 \times 24 \times 3 \text{ horas-hombre}} = 0.033$$

Interpretación: El resultado nuevo resultado es de 0.033 unidades / horas – hombre, esta cantidad quiere decir que cada hora hombre en el servicio de planchado y pintura se efectúa dicha cantidad.

3.5.3. Eficiencia de capital empleado

A continuación, se determinó la nueva eficiencia económica utilizando el total ingresos que se generan en un año y sus correspondientes costos.

Ecuación 12.

Productividad de capital empleado mejorado

$$Ee = \frac{\text{Ventas (Ingresos)}}{\text{Costos (Inversiones)}}$$

Tabla 66.

Costos fijos

Costos Fijos		
Gastos administrativos	Mes	Año
Pintor	S/ 1,500.00	S/ 18,000.00
Planchador	S/ 1,300.00	S/ 15,600.00
Planchador	S/ 1,300.00	S/ 15,600.00
Administración	S/ 1,400.00	S/ 16,800.00
Servicios	Mes	Año
Agua	S/ 92.30	S/ 1,107.60
Luz	S/ 315.50	S/ 3,786.00
Alquiler local	S/ 3,000.00	S/ 36,000.00
Gastos de transporte	S/ 86.80	S/ 1,041.60
Servicio de teléfono - internet	S/ 50.00	S/ 600.00

Total	9044.6	S/ 108,535.20
--------------	--------	---------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67.

Costos directos de la producción

Nivel de daño	Costos Directos	Costo Planchado	Costo Pintura
Leve	S/ 27,952.12	S/ 15,694.84	S/ 12,257.28
Medio	S/ 34,430.64	S/ 20,419.92	S/ 14,010.72
Grave	S/ 25,411.02	S/ 16,584.30	S/ 8,826.72
Total	S/ 87,793.78	S/ 52,699.06	S/ 35,094.72

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68.

Costo total

Costo Total	
Costos fijos	S/ 108,535.20
Costo Total (Cf + Cd)	S/ 196,328.98

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69.

Ingreso anual

Ingresos al Año	
Leve	S/ 65,247.84
Medio	S/ 142,452.72
Grave	S/ 98,308.56
Total	S/ 306,009.12

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la eficiencia económica se reemplaza en la siguiente fórmula:

$$Ee = \frac{\text{Ventas (Ingresos)}}{\text{Costos (Inversiones)}} = \frac{S/.306009.12}{S/.196328.98} = 1.56$$

Interpretación: Al calcular la nueva la eficiencia económica esta nos indica que por cada sol que se invierta en el servicio de planchado y pintura, alcanzara una ganancia de 0.56 soles.

3.5.4. Utilidad

A continuación, se determinó la nueva utilidad utilizando el total ingresos que se generan en un año y sus correspondientes costos.

Ecuación 13.

Utilidad mejorada

$$Utilidad = Ventas (Ingresos) - Costos(Inversiones)$$

$$Utilidad = S/.306009.12 - S/.196328.98$$

$$Utilidad = S/.109608.14$$

Interpretación: Después de aplicar la fórmula esta nos da como resultado que la nueva utilidad anual en promedio es de S/. 109608.14.

Resultados del diagnóstico mejorado

Variable	Dimensión	Indicadores	Unidad	Leve			Medio			Grave			Interpretación	
				Actual	Propuesta	Variación	Actual	Propuesta	Variación	Actual	Propuesta	Variación		
Variable independiente: Lean Manufacturing	Tiempo	Tiempo ciclo	Minutos	155.33	108.73	46.6	690.23	483.16	207.07	3354.07	2344.18	1009.89	Se lograra reducir el tiempo ciclo en 46.6 min para nivel leve, en nivel medio a 207.07 min y para nivel grave en 1009.89 minutos.	
		Tiempo promedio	Minutos/vehículo	1259.09	781.58	477.51	2884.82	1871.25	1013.57	9487.09	6087.06	3400.03	Se lograra reducir el tiempo promedio en 477.51 min para nivel leve, en nivel medio a 1013.57 min y para nivel grave en 3400.03 minutos.	
		Tiempo normal	Minutos/vehículo		828.47			1983.52			6452.38		El tiempo normal para nivel leve sería 828.47, para nivel medio 1983.52 y para nivel medio grave 6452.38.	
		Tiempo estándar	Minutos/vehículo		944.46			2261.21			7355.6		El tiempo estandar para nivel leve sería 944.46, para nivel medio 2261.21 y para nivel medio grave 7355.6.	
	Transporte	Distancia recorrida	Minutos		16.97	6.73	10.24	16.97	6.73	10.24	16.97	6.73	10.24	El tiempo de recorrido que realizan los operarios en el servicio de planchado y pintura se reducirán de 16.97 min a 6.73 min.
			Metros		297.39	158.01	139.38	297.39	158.01	139.38	297.39	158.01	139.38	El tiempo de recorrido en metros que realizan los operarios en el servicio de planchado y pintura se reducirán de 297.39 metros a 158.01 metros.
	Inventario	Gestión de compras	Control de stock	Inadecuado	Adecuado	Mejorado	Inadecuada	Adecuado	Mejorado	Inadecuada	Adecuada	Mejorado	El área de planchado y pintura contará con adecuado plan de gestión de compras.	
	Sobre proceso	Cantidad de reprocesos	Porcentaje (%)		43%			21%			22%		El porcentaje de reprocesos en el área de planchado y pintura disminuirá en 22%.	
	Variable dependiente: Productividad	Productividad	Productividad de M.O	Vehículos producidos por operario		4.67			7.33			2.66		Por cada operario se logrará aumentar 2.66 unidades mensuales.
			Productividad de H.O	Vehículos producidos por horas-hombre		0.021			0.033			0.012		Se logrará aumentar 0.012 por cada hora-hombre.
Rendimiento		Eficiencia de capital empleado	Unidad / \$/.		1.15			1.56			0.41		La eficiencia de capital empleado aumentará en 0.41.	
		Utilidad	\$/ Año		23904.11			109608.14			85704.03		Se logrará aumentar la utilidad en 85704.03.	

Fuente: Elaboración propia

3.7. Evaluación económica

Se llevó a cabo el análisis costo beneficio de la propuesta de mejora para la empresa del sector automotriz, en el área de planchado y pintura. Se analizó detalladamente la inversión de activos tangibles, los costos incurridos en el plan de mejora, así como los costos por no incurrir, incluyendo materiales, equipos de protección personal, implementos, capacitaciones, entre otros. A continuación, se muestra los resultados de evaluación

3.7.1. Costos por procedimientos de maquinaria, equipos y herramientas

Tabla 71.

Costos por maquinaria, equipos y herramientas

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total S/.
Estación de trabajo	1	7273.24	7273.24
Mesa de traccionamiento	1	17031.86	17031.86
Cabina de pintura	1	24624.37	24624.37
Distribución de planta	1	1950.00	1950.00
Total			S/ 50,879.47

Fuente: elaboración propia

Interpretación: En la tabla 71 se puede observar los costos que se van a generar en maquinaria, equipos y materiales para la propuesta de mejora.

3.7.2. Costos por incurrir en el proceso de manejo (3trabajadores)

➤ *Costo por capacitaciones semestrales*

Tabla 72.

Costo por capacitaciones semestrales

Temas	Nº de capacitadores	Tiempo horas	Costo S./hora	Total semestral S/.	Total anual S/.
Capacitación sobre Lean Manufacturing	1	4	120	480	960
Capacitación para la gestión de compras (Just in time)	1	6	150	900	1800
Capacitación sobre la herramienta de control de calidad (Jidoka)	1	6	150	900	1800
Capacitación para el uso de formatos de gestión de compras (SW)	1	4	50	200	400
Capacitación de estación de trabajo	1	3	350	1050	2100
Capacitación de mesa de traccionamiento	1	4	250	1000	2000
Capacitación de cabina de pintura	1	6	500	3000	6000
Total				S/ 7,530.00	S/ 15,060.00

Fuente: elaboración propia

Interpretación: En la presente tabla se puede apreciar el monto total para llevar a cabo cada una de las capacitaciones para los operarios del área de planchado y pintura.

➤ **Costo por Implementos**

Tabla 73.

Costos por implementos

Implementos	Costo de material S/.	N° de trabajadores	Total semestral S/.	Total anual S/.
Separatas, videos y diapositivas	8	3	24	48
Separatas, videos y diapositivas	8	3	24	48
Separatas, videos y diapositivas	8	3	24	48
Total			S/ 72.00	S/ 144.00

Fuente: elaboración propia

Interpretación: Para el diseño propuesto, previamente se mencionó que se deben efectuar capacitaciones a los operarios del área de planchado y pintura y para su desarrollo se requiere de material para facilitar la enseñanza de aprendizaje y su costo anual será de 144.00 soles.

➤ **Costo en materiales de registro**

Tabla 74.

Costo por materiales de registro

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total mensual	Total anual S/.
Cuadernillos de registro	3	5	15	180
Total			15	S/ 180.00

Fuente: elaboración propia

Interpretación: Para el diseño propuesto se creyó adecuado la adquisición de 3 cuadernillos de registro para las capacitaciones ya mencionadas y su costo anual será de S/.180.00.

➤ *Costo en cuidado a la salud (anual)*

Tabla 75.

Costo en cuidado a la salud

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total semestral S/.	Total anual S/.
Respiradores para gases, vapores y partículas	3	135	405	810
Cascos de protección auditiva	3	80	240	480
Monos de trabajo	3	150	450	900
Gafas de protección	3	15	45	90
Total			1140	S/ 2,280.00

Fuente: elaboración propia

Interpretación: La tabla nos muestra los equipos de protección personal que se deben adquirir para realizar los trabajos en el área de planchado y pintura, el costo total anual registra un monto de S/.2280.00.

➤ *Costo en higiene (mensual)*

Tabla 76.

Costo en higiene

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total mensual	Total anual S/.
Papel higiénico	1 paquete	16	16	192
Dispensador de jabón líquido	2	10	20	240
Dispensador de alcohol	1	12	12	144
Desinfectante	1	8.5	8.5	102
Total			56.50	S/ 678.00

Fuente:

elaboración propia

Interpretación: Como se observa en la tabla el costo mensual y anual en productos de higiene es de S/.56.50 y S/.678.00 respectivamente.

➤ *Costo en botiquín (anual)*

Tabla 77.

Costo por botiquín anual

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total anual S/.
Botiquín grande	1	65	65
Total			S/ 65.00

Fuente: elaboración propia

Interpretación: Para la implementación del diseño presentado, se consideró oportuno la compra de un botiquín con el fin de prevenir cualquier imprevisto de emergencia, el costo total anual es de S/.65.00.

➤ *Costo de pintado (anual)*

Tabla 78.

Muestra los resultados de la evaluación.

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total anual S/.
Pintura para división de áreas	2	28	56
Esmalte para estructuras y máquinas	3	40	120
Pintura para paredes	2	24	48

Total	S/ 224.00
--------------	------------------

Fuente: elaboración propia

Interpretación: Para la implementación del diseño presentado, se consideró oportuno realizar el pintado para una buena distribución de las áreas y una mejor visualización del ambiente, estos trabajos se realizarán anualmente y su costo total será de 224.00 soles.

➤ *Costo de letrero (anual)*

Tabla 79.

Costo de letreo anual

Descripción	Cantidad	Costo S/.	Total anual S/.
Letrero para las áreas de trabajo	3	10	30
Total			S/ 30.00

Fuente: elaboración propia

Interpretación: Para la implementación del diseño presentado, se consideró oportuno realizar la compra de letreros para la identificación de áreas y su costo total es de 30.00 soles.

3.7.3. Costo de horas hombre adicionales por reparación

Tabla 80.

Costo de horas hombre adiciones por reparación para siniestro nivel de daño leve

Descripción (Nivel de daño leve)	Total horas de reparación/ und	Total horas de reparación/ und mejoradas	Diferencia de horas	Costo/hora S/.	Total por pieza	Total reparaciones anuales	Total anual
Desmontaje	1.16	0.5	0.66	6.94	S/ 4.58	160.00	732.86
Planchado	2.59	1.4	1.19	6.94	S/ 8.26	156.00	1288.34
Centrado	0.92	0.35	0.57	6.94	S/ 3.96	156.00	617.10
Pulido	1.25	0.59	0.66	6.94	S/ 4.58	156.00	714.54
Montaje	0.60	0.31	0.29	6.94	S/ 2.01	160.00	322.02
Control de calidad	0.28	0.17	0.11	6.94	S/ 0.76	160.00	122.14
Lijado	1.09	0.47	0.62	8.33	S/ 5.16	156.00	805.68
Enmasillado	1.42	0.77	0.65	8.33	S/ 5.41	156.00	844.66
Lijado de masilla	1.09	0.43	0.66	8.33	S/ 5.50	156.00	857.66
Empapelado	0.40	0.2	0.2	8.33	S/ 1.67	156.00	259.90
Pintura base	0.80	0.45	0.35	8.33	S/ 2.92	156.00	454.82
Lijado base	0.73	0.27	0.46	8.33	S/ 3.83	156.00	597.76
Pintura final	0.84	0.49	0.35	8.33	S/ 2.92	156.00	454.82
Control de calidad	0.27	0.17	0.1	8.33	S/ 0.83	160.00	133.28
Total							S/ 8,205.58

Tabla 81.

Costo de horas hombre adiciones por reparación para siniestro nivel de daño medio

Descripción (Nivel de daño medio)	Total horas de reparación/und	Total horas de reparación/und mejoradas	Diferencia de horas	Costo/hora S/.	Total por pieza	Total reparaciones anuales	Total anual
Desmontaje	2.09	0.9	1.19	6.94	S/ 8.26	140.00	1156.20
Traccionado	1.91	0.77	1.14	6.94	S/ 7.91	136.00	1075.98
Planchado	11.5	6.23	5.27	6.94	S/ 36.57	136.00	4974.04
Centrado	3.85	1.47	2.38	6.94	S/ 16.52	136.00	2246.34
Pulido	3.30	1.56	1.74	6.94	S/ 12.08	136.00	1642.28
Montaje	1.86	0.95	0.91	6.94	S/ 6.32	140.00	884.16
Control de calidad	0.50	0.30	0.2	6.94	S/ 1.39	140.00	194.32
Lijado	1.88	0.83	1.05	8.33	S/ 8.75	136.00	1189.52
Enmasillado	2.88	1.56	1.32	8.33	S/ 11.00	136.00	1495.40
Lijado de masilla	2.00	0.78	1.22	8.33	S/ 10.16	136.00	1382.11
Empapelado	0.32	0.16	0.16	8.33	S/ 1.33	136.00	181.26
Pintura base	1.55	0.88	0.67	8.33	S/ 5.58	136.00	759.03
Lijado base	1.25	0.46	0.79	8.33	S/ 6.58	136.00	894.98
Pintura final	1.62	0.94	0.68	8.33	S/ 5.66	136.00	770.36
Control de calidad	0.42	0.27	0.15	8.33	S/ 1.25	140.00	174.93
Total							S/ 19,020.91

Tabla 82.

Costo de horas hombre adiciones por reparación para siniestro nivel de daño grave

Descripción (Nivel de daño grave)	Total horas de reparación/ und	Total horas de reparación/ und mejoradas	Diferencia de horas	Costo/hora S/.	Total por pieza	Total reparaciones anuales	Total anual	
Desmontaje	11.08	4.79	6.29	6.94	S/ 43.65	76.00	3317.60	
Traccionado	10.34	4.13	6.21	6.94	S/ 43.10	72.00	3103.01	
Planchado	55.9	30.19	25.71	6.94	S/ 178.43	72.00	12846.77	
Centrado	13.97	5.33	8.64	6.94	S/ 59.96	72.00	4317.24	
Pulido	12.54	5.92	6.62	6.94	S/ 45.94	72.00	3307.88	
Montaje	7.33	3.75	3.58	6.94	S/ 24.85	76.00	1888.24	
Control de calidad	0.75	0.46	0.29	6.94	S/ 2.01	76.00	152.96	
Lijado	4.93	2.17	2.76	8.33	S/ 22.99	72.00	1655.34	
Enmasillado	6.04	3.26	2.78	8.33	S/ 23.16	72.00	1667.33	
Lijado de masilla	5.19	2.03	3.16	8.33	S/ 26.32	72.00	1895.24	
Empapelado	1.14	0.58	0.56	8.33	S/ 4.66	72.00	335.87	
Pintura base	2.45	1.4	1.05	8.33	S/ 8.75	72.00	629.75	
Lijado base	2.24	0.83	1.41	8.33	S/ 11.75	72.00	845.66	
Pintura final	2.59	1.50	1.09	8.33	S/ 9.08	72.00	653.74	
Control de calidad	0.50	0.32	0.18	8.33	S/ 1.50	76.00	113.95	
Total								S/ 36,730.57
Total (Leve - Medio - Grave)								S/ 63,957.06

Fuente:Elaboración propia

Interpretación: La tabla 82 se registraron montos horas hombre adicionales para el siniestros de daño leve un total de S/.8,205.58, para siniestro de daño medio S/.19,020.91 y para siniestro de daño grave S/.36,730.57, y se registra un monto total de S/.63,957.06 soles.

3.7.4. Costos por incurrir en la propuesta de mejora

Tabla 83.

Costos por incurrir en la propuesta de mejora

COSTOS POR INCURRIR EN EL PROCESO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Estación de trabajo	7,273.24	.....	.....	.....	.....	.....
Mesa de traccionamiento	17,031.86	.....	.....	.....	.....	.....
Cabina de pintura	24,624.37	.....	.....	.....	.....	.....
Distribución de planta	1,950.00	.....	.....	.....	.....	.....
Capacitación sobre Lean Manufacturing	960.00	960.00	960.00	960.00	960.00	960.00
Capacitación para la gestión de compras (Just in time)	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Capacitación sobre la herramienta de control de calidad (Jidoka)	1,800.00	1,800.00	1,800.00	1,800.00	1,800.00	1,800.00
Capacitación para el uso de formatos de gestión de compras (SW)	400	400	400	400	400	400
Capacitación de estación de trabajo	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00
Capacitación de mesa de traccionamiento	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
Capacitación de cabina de pintura	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00
Separatas, videos y diapositivas	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
COSTOS POR INCURRIR EN EL PROCESO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Separatas, videos y diapositivas	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00

Separatas, videos y diapositivas	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
Cuadernillos de registro	180	360	360	360	360	360
Respiradores para gases, vapores y partículas	810	810	810	810	810	810
Cascos de protección auditiva	480	480	480	480	480	480
Monos de trabajo	900	900	900	900	900	900
Gafas de protección	90	90	90	90	90	90
Papel higiénico	192	192	192	192	192	192
Dispensador de jabón líquido	240	240	240	240	240	240
Dispensador de alcohol	144	144	144	144	144	144
Desinfectante	102	102	102	102	102	102
Botiquín grande	65	65	65	65	65	65
Pintura para división de áreas	56	56	56	56	56	56
Esmalte para estructuras y máquinas	120	120	120	120	120	120
Pintura para paredes	48	48	48	48	48	48
Letrero para las áreas de trabajo	30	30	30	30	30	30
TOTAL DE COSTOS	S/ 69,540.47	S/ 18,841.00	S/ 18,841.00	S/ 18,841.00	S/ 18,841.00	S/ 18,841.00

Fuente:Elaboración propia

Interpretación: En la presente tabla se muestra el costo total por incurrir en la propuesta de mejora en el área de planchado y pintura con un total de S/.18.841.00.

3.7.5. Costos por no incurrir en la propuesta de mejora

Tabla 84.

Costos por no incurrir en la propuesta de mejora

COSTO POR HH ADICIONALES (LEVE-MEDIO-GRAVE)	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Desmontaje (Leve) *	732.86	732.86	732.86	732.86	732.86
Planchado (Leve)	1288.34	1288.34	1288.34	1288.34	1288.34
Centrado (Leve)	617.10	617.10	617.10	617.10	617.10
Pulido (Leve)	714.54	714.54	714.54	714.54	714.54
Montaje (Leve)	322.02	322.02	322.02	322.02	322.02
Control de calidad (Leve)	122.14	122.14	122.14	122.14	122.14
Lijado (Leve)	805.68	805.68	805.68	805.68	805.68
Enmasillado (Leve)	844.66	844.66	844.66	844.66	844.66
Lijado de masilla (Leve)	857.66	857.66	857.66	857.66	857.66
Empapelado (Leve)	259.90	259.90	259.90	259.90	259.90
Pintura base (Leve)	454.82	454.82	454.82	454.82	454.82
Lijado base (Leve)	597.76	597.76	597.76	597.76	597.76
Pintura final (Leve)	454.82	454.82	454.82	454.82	454.82
Control de calidad (Leve) *	133.28	133.28	133.28	133.28	133.28
Desmontaje (Medio) *	1156.20	1156.20	1156.20	1156.20	1156.20
Traccionado (Medio)	1075.98	1075.98	1075.98	1075.98	1075.98
Planchado (Medio)	4974.04	4974.04	4974.04	4974.04	4974.04
Centrado (Medio)	2246.34	2246.34	2246.34	2246.34	2246.34
Pulido (Medio)	1642.28	1642.28	1642.28	1642.28	1642.28
Montaje (Medio)	884.16	884.16	884.16	884.16	884.16
Control de calidad (Medio)	194.32	194.32	194.32	194.32	194.32

COSTO POR HH ADICIONALES (LEVE-MEDIO-GRAVE)	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Lijado (Medio)	1189.52	1189.52	1189.52	1189.52	1189.52
Enmasillado (Medio)	1495.40	1495.40	1495.40	1495.40	1495.40
Lijado de masilla (Medio)	1382.11	1382.11	1382.11	1382.11	1382.11
Empapelado (Medio)	181.26	181.26	181.26	181.26	181.26
Pintura base (Medio)	759.03	759.03	759.03	759.03	759.03
Lijado base (Medio)	894.98	894.98	894.98	894.98	894.98
Pintura final (Medio)	770.36	770.36	770.36	770.36	770.36
Control de calidad (Medio) *	174.93	174.93	174.93	174.93	174.93
Desmontaje (Grave) *	3317.60	3317.60	3317.60	3317.60	3317.60
Traccionado (Grave)	3103.01	3103.01	3103.01	3103.01	3103.01
Planchado (Grave)	12846.77	12846.77	12846.77	12846.77	12846.77
Centrado (Grave)	4317.24	4317.24	4317.24	4317.24	4317.24
Pulido (Grave)	3307.88	3307.88	3307.88	3307.88	3307.88
Montaje (Grave)	1888.24	1888.24	1888.24	1888.24	1888.24
Control de calidad (Grave)	152.96	152.96	152.96	152.96	152.96
Lijado (Grave)	1655.34	1655.34	1655.34	1655.34	1655.34
Enmasillado (Grave)	1667.33	1667.33	1667.33	1667.33	1667.33
Lijado de masilla (Grave)	1895.24	1895.24	1895.24	1895.24	1895.24
Empapelado (Grave)	335.87	335.87	335.87	335.87	335.87
Pintura base (Grave)	629.75	629.75	629.75	629.75	629.75
Lijado base (Grave)	845.66	845.66	845.66	845.66	845.66
Pintura final (Grave)	653.74	653.74	653.74	653.74	653.74
Control de calidad (Grave) *	113.95	113.95	113.95	113.95	113.95
COSTO POR HH ADICIONALES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
TOTAL DE COSTOS	63,957.06	63,957.06	63,957.06	63,957.06	63,957.06

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la presente tabla se muestra la proyección del costo total por no incurrir en el diseño de mejora propuesto, el cual tiene un costo fijo para los siguientes 5 años de S/.63,957.06.

3.7.6. Flujo de caja neto

A continuación, en la tabla 85 se muestra el flujo de caja neto al aplicarse el diseño de mejora, detallando cada uno de los ingresos y egresos dentro de un periodo de 5 años.

Tabla 85.

Flujo de caja

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
FLUJO DE CAJA NETO	-69,540.47	45,116.06	45,116.06	45,116.06	45,116.06	45,116.06	TASA 9%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86.

Indicadores económicos

VAN	S/. 175,485.75
TIR	58%
IR	S/. 2.52

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la presente tabla los resultados demuestran que la propuesta es viable debido a que se observa una rentabilidad económica, se obtiene que el VAN es de S/.175,485.75, que indica que las ganancias luego de recuperar la inversión son aceptables y favorables, un valor del TIR de 58% esta tasa interna de retorno es mayor a la tasa planteada, lo que indica que es aceptable, finalmente un índice de rentabilidad (IR) de S/2.52, lo que nos indica que por cada sol de inversión se tiene una ganancia de S/.1.52.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

La presente investigación propone un diseño para mejorar la productividad en el servicio de planchado y pintura en una empresa del sector automotriz haciendo uso de la filosofía Lean Manufacturing y de las diferentes herramientas de ingeniería, de manera que aplicando este diseño se lograría mejorar la productividad de la empresa. Además, vale decir que para este estudio se analizó los distintos servicios por siniestro, siendo estos divididos en tres niveles: Nivel de daño leve, nivel de daño leve, nivel de daño grave y un total de tres operarios que están encargados de ejecutar estas actividades.

Este estudio se inició con un diagnóstico en el área de planchado y en área de pintura, para esto se realizaron entrevistas, diagrama de causa efecto, diagrama de operaciones de procesos y diagrama de análisis procesos, se realizó todo esto con el fin de establecer los principales problemas que estaban afectando en el servicio de planchado y pintura, entre los principales se encontraron lo siguiente: Tiempos excesivos de realización de trabajos debido a la falta de máquinas, desconocimiento de tiempos de entrega de trabajos, recorridos excesivos a causa de una mala distribución de planta, desabastecimiento y espera de materiales debido a que no cuentan con un plan de compras, falta de un control de calidad riguroso, ya que estos controles se llevan a cabo de manera visual, además este control se realiza al final del proceso y al encontrar un mal trabajo, genera que el vehículo pase otra vez por los procesos anteriores y en el peor de los casos que el vehículo tenga que ser trabajado desde la fase de planchado.

Con el análisis adquirido, se propondrá un diseño para mejorar la productividad en el servicio de planchado y pintura, en donde se presentarán diferentes métodos; así como: Estandarización de tiempos por cada proceso que se lleva en el área de planchado y pintura, diagrama de causa efecto, diagrama de análisis de procesos, distribución de planta, adquisición de equipos, metodología Just in Time, metodología Jidoka, y demás, que con su aplicación en grupo se lograría la solución a la baja productividad en la empresa.

Para la propuesta de mejora se ha expuesto la adquisición de distintos equipos y máquinas que disminuirán los tiempos de ciclo y tiempos excesivos que se evidenciaron en el servicio de planchado y pintura por cada nivel de daño. Como primer equipo a adquirir es una estación de trabajo para desabollar la carrocería modelo TSD STEELCAR PRO, el cual reducirá de 46.60 minutos al tiempo de ciclo para el siniestro de nivel de daño leve, del mismo modo se reducirá en 207.07 minutos para el siniestro de nivel de daño medio y 1009.89 minutos para el siniestro de nivel de daño grave, todos los tiempos de ciclo se hallan en la operación de planchado, así mismo manifestar que se propuso la adquisición de otras dos máquinas, siendo estas una mesa de traccionamiento y una cabina de pintura con el fin de reducir los tiempos elevados que se evidenciaron en el área planchado y pintura. (Olazo Carrasco & Palacios Lezama, 2018) en su trabajo de investigación resalta que con la adquisición de nueva maquinaria los tiempos de trabajo se reducen y aumenta la producción en la empresa.

Una vez que los tiempos de ciclo han sido reducidos se podrá determinar los tiempos estándares para mejorar la productividad en el servicio de planchado y pintura en la empresa del sector automotriz. Es así como lo manifiesta (Bustamante Rico & Rodríguez Balcázar , 2017) en su investigación, menciona que los estudios de tiempos son importantes en cualquier empresa para la producción de un producto, ya que en base a este estudio la organización puede tomar decisiones importantes al tener un completo conocimiento de su capacidad de producción y de esta manera se logra un estatus competitivo y un mayor desarrollo de la empresa. Por lo que, el presente trabajo

pretende llevar un estudio de tiempos con la finalidad de medir y establecer cuanto tiempo se debe invertir en el servicio de planchado y pintura.

Por otro lado para conseguir mejorar la productividad en una empresa, es necesario que la distribución de planta sea la más óptima, y así evitar que se realicen cualquier tipo de movimiento innecesario de productos y materiales, tal es que (Nasi Narro & Rodríguez Rodríguez, 2020) en su trabajo de tesis “Aplicación de las herramientas lean manufacturing para disminuir desperdicios del proceso productivo de la empresa de Calzado Nihjardi, 2019”, señala que con la aplicación S.L.P. redujo las distancias recorridas entre las áreas en un 41.5%, las áreas fueron distribuidas aplicando el método diagrama de recorrido en donde tomo en cuenta diferentes aspectos y así reducir el trayecto de los operarios. Por otro lado, en la presente investigación se evidencia una cierta similitud con el trabajo antes mencionado debido que al aplicar una nueva distribución de planta se reducirán los tiempos de traslados en el servicio de planchado y pintura, estos se reducirán de 297.39 metros a 158.01 metros y así mismo el tiempo de recorrido se reducirá de 16.97 minutos a 6.73 minutos.

Otro punto que se analizó fue la de realizar un plan de gestión de compras en combinación de la metodología Just in time, debido a que se observó desabastecimiento de productos y materiales en el proceso de pintura, generando que los operarios en reiteradas ocasiones Velásquez tengan que esperar por estos y se vea afectado en los tiempos de entrega de trabajos. El autor (Velásquez Nano, 2012), en su trabajo de tesis titulado “Propuesta de modelo de gestión de compras para una empresa del rubro de mantenimiento de maquinaria pesada” nos indica que la programación de compras optimiza el tiempo de trabajo, genera ahorros y otros beneficios. Asimismo, afirma que eso permite seguir la metodología Just in time como es el caso de las compras de componentes, debido a que al planear las compras se puede determinar en qué tiempo las piezas llegarán al almacén de la empresa y así poder realizar los trabajos sin retrasos. Es por eso que se presentará

un plan de gestión de compras que buscará mejorar y agilizar el proceso de compras con el fin de reducir el riesgo de desabastecimiento.

En la actual investigación también se evaluó el indicador de cantidad de reprocesos en vista de que existen gran porcentaje de ellos, esto se debe a que el control de calidad se ejecuta al finalizar el trabajo tanto para el servicio de planchado y para el de pintura, además de que no cuentan con un instrumento para efectuar el control de calidad, lo que se pretende es la creación de una hoja de control de calidad con el fin de que el proceso tenga su propio autocontrol con la intervención del toque humano. (Lopez Pastor, 2020) en su trabajo de investigación el porcentaje de reprocesos en el taller era de 15% y cuando se implementó la hoja de control de calidad lograron reducir el porcentaje de reprocesos a un 8%. Por otra parte, la actual investigación coincide que al implementar una hoja de control de calidad los reprocesos en las unidades disminuirán del 40% a un 21%.

La productividad de mano de obra y productividad de horas hombre son indicadores de gran importancia para saber cuántas unidades se realizan por operario. (Manosalva Cerdán & Mercado Chávez, 2018) en su trabajo de investigación para mejorar la productividad aplicando las herramientas de manufactura esbelta indico que la productividad de mano de obra ha sido mejorada de 0.31 a 0.45 vehículos/operario. El diseño de las herramientas Lean Manufacturing en la empresa donde se lleva el presente estudio mejorará la productividad de mano de obra de 4.67 a 7.33 vehículos/operario y para la productividad de horas hombre de 0.021 a 0.033 vehículos/horas-hombre.

Por otro parte la segunda dimensión analizada fue el rendimiento o rentabilidad con relación a la eficiencia del capital empleado y utilidad. Luego del diseño de mejora se logró obtener un incremento de 1.15 a 1.56 y para la utilidad de s/.23904.11 a s/.109608.14; (Olazo Carrasco & Palacios Lezama, 2018) en su propuesta de mejora del proceso de planchado y pintura para

incrementar la productividad en la empresa Autonort Cajamarca S.A.C., logró un aumento en la eficiencia económica de 2.03 a 2.32 y de la utilidad de S/.422,433.14 a S/.761,561.27.

Al terminar esta investigación, se aconseja a los futuros investigadores que coincidan en proponer realizar las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura, tomar en consideración las metodologías, herramientas y técnicas empleadas en el presente estudio, con la finalidad de que puedan tener una fuente fiable de información con relación al tema.

CONCLUSIONES

- Se realizó un diagnóstico en el área de planchado y pintura para los distintos tipos de siniestro a través de las distintas técnicas y herramientas apoyado en la ingeniería de métodos para el análisis inicial de la empresa.
- Se analizaron los desperdicios y la productividad de la empresa, hallando como problemas significativos; desabastecimiento de materiales, desconocimiento de tiempos de producción, recorridos innecesarios por una mala distribución de planta y la aparición de reprocesos en los trabajos terminados; lo que genera una baja productividad en la empresa.
- El diseño de las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de planchado y pintura para cada tipo de siniestro se llevó a cabo a través de la filosofía Lean, las distintas técnicas y herramientas basadas en la ingeniería de métodos, obteniendo como resultados positivos como; estandarización de tiempos, eliminación de recorridos innecesarios, cumplimiento de abastecimiento de materiales y reducción de reprocesos en el área de planchado y pintura.
- Se midió los indicadores de productividad del diagnóstico inicial en el área de planchado de planchado y se confrontaron con los obtenidos después del diseño de las herramientas lean, las cuales exponen que la productividad de mano de obra aumento de 4.67 a 7.33 vehículos/operario, seguidamente la productividad horas hombre incremento de 0.021 a 0.033 vehículos/h-h. Por otro lado, dimensión rendimiento tuvo un incremento en la eficiencia de capital empleado de 1.15 a 1.56, por otra parte, la utilidad registro un incremento de s/.23904.11 a s/.109608.14.

- Se evaluó el diseño

de mejora a través de la metodología costo beneficio, obteniendo como resultado un VAN de S/.175485.75, un TIR de 58% que viene ser mayor al COK 9%, y por último el IR es S/.2.52 siendo mayor a 1, que indica que por cada sol que se invierta retornará S/.1.52. Concluyendo que la propuesta es viable.

REFERENCIAS

- Aranibar Gamarra, M. A. (2016). *Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera [Tesis de titulación, UNMSM]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5303/Aranibar_gm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bustamante Rico, M., & Rodríguez Balcázar, R. K. (2017). *ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA KURI NÉCTAR SAC, 2017. [Tesis de titulación, USS]*. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5067/Bustamante%20Rico%20%26%20Rodriguez%20Balcazar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, R. (2005). *Estudio del Trabajo. Ingeniería de Metodos y Medición del Trabajo*. Mexico: McGraw-Hill.
- Collante, B. (2010). *PROCESO DE SECADO EN HORNO TIPO CABINA PARA ACABADO DE MUEBLES METALICOS [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Antiplano]*. Repositorio académico. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10463/Collanqui_Yana_Braulio_Sixto.pdf?sequence=3
- Dinas Garay, J., Franco Cicedo, P., & Rivera Cadavid, L. (2009). Aplicación de las herramientas de pensamiento sistémico para el aprendizaje de Lean Manufacturing. *Sistemas & Telemática*, 7(14). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4115/411534381003.pdf>

Elizondo, R. (2007).

Mejoramiento de la productividad a través de la administración participativa. *Tec Empresarial*, 20-26.

Fuertes Vara, W. H. (2012). *ANÁLISIS Y MEJORA DE PROCESOS Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN UNA EMPRESA QUE BRINDA EL SERVICIO DE REVISIONES TÉCNICAS VEHICULARES [Tesis de titulación, PUCP]*. Repositorio Institucional.

Obtenido de

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1715/FUERTES_WILDER_REVISIONES_TECNICAS_VEHICULARES.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guardia, G. (2017). *Programa de herramientas de mejora aplicado a un taller mecánico de autos de lujo [Tesis de titulación, UNMSM]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6467/Guardia_vg.pdf?sequence=3

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Sexta edición*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implantación*.

España: EOI Escuela de Organización Industrial.

Linares Contreras, D. A. (2018). *Aplicación de Herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la Empresa Soquitex (Tesis de titulación, UPC)*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624049/LINARES_C_D.pdf?sequence=4

Lopez Pastor, K. A. (2020).

Aplicación de lean managment para mejorar la productiviad del taller de carrocería y pintura en la empresa Autonort Trujillo S.A.C. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/16067/Lopez%20Pastor%2c%20Kevin%20Arnueld.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Manosalva Cerdán, R. S., & Mercado Chávez, F. J. (2018). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LOS PROCESOS DE PLANCHADO Y PINTURA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA ELIO AUTOMOTRIZ RACING E.I.R.L. [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte].* Repositorio Institucional. Obtenido de <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Manosalva%20Cerd%C3%A1n%20Royer%20Smith%20-%20Mercado%20Ch%C3%A1vez%20Freddy%20Javier.pdf>

Méndez Angeles, E. A., & Rojas Bustamante, W. (2020). *Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área de pintura en la empresa Japan Autos, Lima 2020 [Tesis de titulación, Universidad Cesar Vallejo].* Repositorio Institucional. Obtenido de [file:///C:/Users/usuario/Downloads/M%C3%A9ndez_AEA-Rojas_BWA-SD%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/M%C3%A9ndez_AEA-Rojas_BWA-SD%20(1).pdf)

Ministerio de la Producción. (2016). *ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS EMPRESAS PERUANAS Los determinantes de su productividad y orientación exportadora.* Lima: NANUK E.I.R.L. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/299953/d29294_opt.pdf

Nasi Narro, K. P., & Rodriguez

Rodriguez, K. G. (2020). *Aplicación de las herramientas lean manufacturing para disminuir desperdicios del proceso productivo de la empresa de Calzado Nihjardi, 2019 [Tesis de titulación, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/61086/Nasi_NKP-Rodriguez_RKG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Olazo Carrasco, E. G., & Palacios Lezama, G. P. (2018). *PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE PLANCHADO Y PINTURA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA AUTONORT CAJAMARCA S.A.C [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Olazo%20Carrasco%20Esteban%20Gabriel%20-%20Palacios%20Lezama%20Gladys%20Pierina%20Del%20Carmen.pdf>.

Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad: manual práctico*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.

Sánchez Chauca, J. J., & Huamán Mego, V. H. (2018). *Aplicación de just in time para mejorar el abastecimiento de almacén. Empresa Tecnológica de Alimentos S.A. Chimbote, 2018 [Tesis de titulación, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27588/S%C3%A1nchez_CJ-J-Huam%C3%A1n_MVH.pdf?sequence=1

Socconini, L. (2018). *Lean Manufacturing Paso A Paso*. México: ALFAOMEGA MARGE BOOKS.

Vásquez, H. (2018). “*APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN EL PROCESO PRODUCTIVO, PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD*”

EN LA EMPRESA DE

CALZADO NOVEDADES JUDYSA, 2018”. *Título profesional*. Universidad Cesar

Vallejo, Trujillo.

Velásquez Nano, R. J. (2012). *Propuesta de modelo de gestión de compras para una empresa del rubro de mantenimiento de maquinaria pesada [Tesis de titulación, UPC]*.

Repositorio Institucional. Obtenido de

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/303419/velasquez_nr-pub-delfos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1. Toma de tiempos iniciales en el área de planchado y pintura (leve, medio y grave)

Estudio de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño leve)				
Operación: Servicio de planchado y pintura	Izquierdo Gonzales, Karla			
Departamento: Planchado y pintura	Observador por:	Torres Heredia, Jefferson		
Producto/pieza: Vehículo - nivel leve				
Descripción del elemento	Numero de observaciones			Promedio
	1	2	3	
Área de recepción	53.24	55.62	54.69	54.52
Recepción	2.06	2.12	2.04	2.07
Verificación de daños	24.33	25.21	24.44	24.66
Elaboración de proforma	24.33	25.21	26.06	25.20
Movilización al área de planchado	2.52	3.08	2.15	2.58
Área de planchado	427.94	432.93	443.54	434.80
Verificación de trabajos a realizar	20.15	21.05	19.12	20.11
Operario se traslada de planchado a almacén	2.09	2.07	2.11	2.09
Operario solicita materiales o herramientas	1.26	1.43	1.35	1.35
Operario de traslada de almacén a planchado	2.21	2.31	2.2	2.24
Desmontaje	64.44	76.13	69.08	69.88
Planchado	147.21	152.34	166.45	155.33
Centrado	62.18	56.07	48.12	55.46
Pulido	79.56	69.43	76.12	75.04
Montaje	32.15	34.24	41.33	35.91
Control de calidad	16.22	17.35	17.21	16.93
Movilización al área de pintura	0.47	0.51	0.45	0.48
Área de pintura	649.95	694.61	694.54	679.70
Espera por abastecimiento de productos	17.09	19.39	18.14	18.21
Operario se traslada de pintura a almacén	3.42	2.58	3.17	3.06
Operario solicita materiales o herramientas	1.08	1.31	1.09	1.16
Operario de traslada de almacén a pintura	3.23	3.09	3.41	3.24
Lijado	61.21	76.32	58.44	65.32
Limpieza de superficie	6.55	5.32	6.33	6.07
Enmasillado	73.12	90.13	92.2	85.15
Lijado de Masilla	56.11	69.25	71.12	65.49
Limpieza de superficie	8.37	7.33	9.11	8.27
Empapelado	26.29	21.54	24.22	24.02
Pintura Base	44.11	51.42	48.57	48.03
Secado de Base	94.31	105.25	115.47	105.01
Lijado de base	43.41	40.29	48.32	44.01
Liempieza de superficie	8.49	10.41	11.17	10.02
Pintura Final	53.08	47.26	50.33	50.22
Secado Final	134.58	127.22	114.12	125.31
Control de calidad	14.27	15.38	18.19	15.95
Movilización al área de lavado	1.23	1.12	1.14	1.16
Área de lavado	71.54	72.7	68.55	70.93
Lavado de auto	21.47	18.11	18.05	19.21
Pulido	27.49	28.14	29.01	28.21
Encerado	21.16	25.07	20.14	22.12
Movilización al área de entrega	1.42	1.38	1.35	1.38
Área de entrega	11.65	13.66	17.12	14.14
Facturación	9.35	12.11	14.58	12.01
Entrega del vehículo	2.3	1.55	2.54	2.13
			Total	1254.09

Estudio de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño medio)				
Operación: Servicio de planchado y pintura				Izquierdo Gonzales, Karla
Departamento: Planchado y pintura	Observador por:			Torres Heredia, Jefferson
Producto/pieza: Vehículo - nivel leve				
Descripción del elemento	Numero de observaciones			Promedio
	1	2	3	
Área de recepción	51.98	53.13	59.27	54.79
Recepción	2.07	2.09	2.02	2.06
Verificación de daños	26.33	29.35	34.44	30.04
Elaboración de proforma	20.36	18.51	19.46	19.44
Movilización al área de planchado	3.22	3.18	3.35	3.25
Área de planchado	1528.21	1552.65	1518.42	1533.09
Verificación de trabajos a realizar	24.15	27.05	26.12	25.77
Operario se traslada de planchado a almacén	2.19	2.11	2.16	2.15
Operario solicita materiales o herramientas	1.46	1.33	1.35	1.38
Operario de traslada de almacén a planchado	2.21	2.31	2.2	2.24
Desmontaje	127.44	112.33	136.44	125.40
Traccionado	119.09	103.27	122.33	114.90
Planchado	704.11	729.34	637.25	690.23
Centrado	223.07	241.16	229.12	231.12
Pulido	187.39	194.53	212.12	198.01
Montaje	105.35	111.24	117.31	111.30
Control de calidad	31.22	27.42	31.47	30.04
Movilización al área de pintura	0.53	0.56	0.55	0.55
Área de pintura	1187.58	1187.95	1215.54	1197.02
Espera por abastecimiento de productos	44.32	53.19	49.54	49.02
Operario se traslada de pintura a almacén	3.43	2.54	3.38	3.12
Operario solicita materiales o herramientas	1.26	1.37	1.29	1.31
Operario de traslada de almacén a pintura	3.23	3.29	3.45	3.32
Lijado	121.21	112.32	105.14	112.89
Limpieza de superficie	19.15	18.32	21.33	19.60
Enmasillado	171.12	169.23	178.05	172.80
Lijado de masilla	110.45	128.41	121.27	120.04
Limpieza de superficie	16.29	21.33	17.51	18.38
Empapelado	19.29	16.54	21.22	19.02
Pintura Base	86.37	97.42	94.31	92.70
Secado de Base	155.14	144.05	153.12	150.77
Lijado de base	77.08	61.55	86.51	75.05
Limpieza de superficie	22.29	27.41	25.47	25.06
Pintura Final	95.21	82.14	114.06	97.14
Secado Final	215.37	221.25	195.47	210.70
Control de calidad	25.28	26.47	23.35	25.03
Movilización al área de lavado	1.09	1.12	1.07	1.09
Área de lavado	79.04	84.31	78.41	80.59
Lavado de auto	29.31	31.44	29.45	30.07
Pulido	26.11	27.28	28.13	27.17
Encerado	22.31	24.27	19.48	22.02
Movilización al área de entrega	1.31	1.32	1.35	1.33
Área de entrega	20.52	18.79	18.65	19.32
Facturación	18.35	16.45	16.51	17.1
Entrega del vehículo	2.17	2.34	2.14	2.22
			Total	2884.82

Estudio de tiempos: Servicio de planchado y pintura (Nivel de daño medio)

Operación: Servicio de planchado y pintura Izquierdo Gonzales, Karla
Departamento: Planchado y pintura **Observador por:** Torres Heredia, Jefferson
Producto/pieza: Vehículo - nivel leve

Descripción del elemento	Numero de observaciones			Promedio
	1	2	3	
Área de recepción	87.87	74.09	75.21	79.06
Recepción	2.09	2.13	2.12	2.11
Verificación de daños	47.21	43.22	39.44	43.29
Elaboración de proforma	35.23	25.29	30.21	30.24
Movilización al área de planchado	3.34	3.45	3.44	3.41
Área de planchado	6931.74	6551.7	6807.61	6763.68
Verificación de trabajos a realizar	45.31	39.18	38.06	40.85
Operario se traslada de planchado a almacén	2.21	2.15	2.26	2.21
Operario solicita materiales o herramientas	2.52	2.14	2.41	2.36
Operario de traslada de almacén a planchado	2.35	2.31	2.27	2.31
Desmontaje	645.16	665.04	685.08	665.09
Traccionado	638.19	612.22	610.18	620.20
Planchado	3495.33	3385.34	3181.55	3354.07
Centrado	856.29	788.24	870.41	838.31
Pulido	765.15	653.19	839.18	752.51
Montaje	435.34	348.21	536.51	440.02
Control de calidad	43.38	53.14	39.18	45.23
Movilización al área de pintura	0.51	0.54	0.52	0.52
Área de pintura	2466.19	2398.25	2432.18	2432.21
Espera por abastecimiento de productos	35.21	45.22	40.17	40.20
Operario se traslada de pintura a almacén	3.18	3.12	3.27	3.19
Operario solicita materiales o herramientas	1.34	1.28	1.42	1.35
Operario de traslada de almacén a pintura	3.56	3.36	3.55	3.49
Lijado	289.41	286.32	312.44	296.06
Limpieza de superficie	45.08	38.27	43.12	42.16
Enmasillado	374.23	362.38	351.05	362.55
Lijado de Masilla	316.14	295.12	323.57	311.61
Limpieza de superficie	50.41	39.37	45.51	45.10
Empapelado	73.12	76.54	56.24	68.63
Pintura Base	156.25	136.11	148.31	146.89
Secado de Base	321.18	315.12	309.49	315.26
Lijado de base	141.12	133.25	128.11	134.16
Limpieza de superficie	57.35	48.29	51.47	52.37
Pintura Final	148.11	157.14	160.06	155.10
Secado Final	417.23	428.19	423.13	422.85
Control de calidad	32.22	28.15	30.13	30.17
Movilización al área de lavado	1.05	1.02	1.14	1.07
Área de lavado	176.24	183.32	196.5	185.35
Lavado de auto	39.31	41.44	39.45	40.07
Pulido	64.11	75.28	88.13	75.84
Encerado	71.38	65.22	67.44	68.01
Movilización al área de entrega	1.44	1.38	1.48	1.43
Área de entrega	24.3	28.65	27.19	26.71
Facturación	22.13	26.31	25.05	24.50
Entrega del vehículo	2.17	2.34	2.14	2.22
			Total	9487.01

Anexo 2. Nuevos tiempos de recorrido en la empresa del sector automotriz

Movilización	Tiempo (Minutos)	Tiempo (Metros)
Movilización del vehículo / Recepción - Planchado	2.99	57.85
Movilización del operario / Planchado - Almacén*	0.25	9.9
Movilización del operario / Almacén - Planchado*	0.25	9.9
Movilización de vehículo / Planchado - Pintura	0.5	12.46
Movilización del operario / Pintura - Almacén*	0.16	5.82
Movilización del operario / Almacén - Pintura*	0.17	5.82
Movilización del vehículo / Pintura - Lavado	1.08	37.69
Movilización del vehículo / Lavado - Entrega	1.33	18.57
Total	6.73	158.01

Anexo 3. Plantilla de generación de lista de pedidos

Cantidad de pedido de productos para servicio de pintado

Fecha		Unidades pronosticas para Septiembre	9
-------	--	--------------------------------------	---

Insumo	Cantidad unitaria	Unidad de medida	Cantidad disponible almacén	Cantidad requerida para Septiembre	Stock de segurida	Cantidad total de pedido para Septiembre
Pintura base	1.5	galón	1	13.5	2	14
Thinner Acrilico	4	galón	1	36	3	38
Pintura anticorrosiva	1.5	galón	1	13.5	2	14
Masilla poliester	2	unidad	1	18	2	19
Masilla plastica	1	unidad	0	9	1	10
Pintura gloss	1.5	galón	0	13.5	2	15
Pintura uretano	1	galón	0	9	1	10
Extra thinner	0.5	galón	0	4.5	1	6
Lijas de fierro	8	unidad	2	72	4	74
Lijas de agua	4	unidad	2	36	3	37
Masking tape	0	unidad	0	0	0	0
Silicona	0	unidad	0	0	0	0
Trapos y waipe	0	kilogramo	0	0	0	0
Escobilla de fierra	0	unidades	0	0	0	0
Desengrasante	1	unidad	0	9	1	10
Bayeta atrapolvos	1	unidad	0	9	1	10
Film de enmascar	1	unidad	1	9	1	9

Cantidad de pedido de productos para servicio de pintado

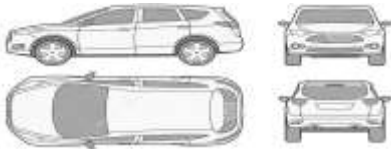
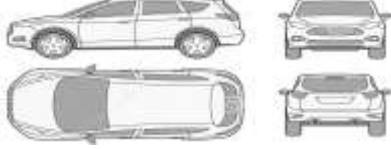
Fecha		Unidades pronosticas para Septiembre	4
-------	--	--------------------------------------	---

Insumo	Cantidad unitaria	Unidad de medida	Cantidad disponible almacén	Cantidad requerida para Septiembre	Stock de segurida	Cantidad total de pedido para Septiembre
Pintura base	2	galón	0	8	1	9
Thinner Acrilico	8	galón	2	32	3	33
Pintura anticorrosiva	2	galón	0	8	1	9
Masilla poliester	5	unidad	0	20	2	22
Masilla plastica	1	unidad	0	4	1	5
Pintura gloss	2	galón	0	8	1	9
Pintura uretano	1	galón	0	4	1	5
Extra thinner	1	galón	0	4	1	5
Lijas de fierro	15	unidad	3	60	4	61
Lijas de agua	10	unidad	2	40	3	41
Masking tape	1	unidad	0	4	1	5
Silicona	1	unidad	0	4	1	5
Trapos y waipe	1	kilogramo	0	4	1	5
Escobilla de fierra	1	unidades	0	4	1	5
Desengrasante	1	unidad	0	4	1	5
Bayeta atrapolvos	1	unidad	0	4	1	5
Film de enmascar	1	unidad	0	4	1	5

Cantidad de pedido de productos para servicio de pintado

Fecha		Unidades pronosticas para Septiembre		1		
Insumo	Cantidad unitaria	Unidad de medida	Cantidad disponible almacén	Cantidad requerida para Septiembre	Stock de seguridad	Cantidad total de pedido para Septiembre
Pintura base	4	galón	0	4	1	5
Thinner Acrílico	12	galón	3	12	2	11
Pintura anticorrosiva	4	galón	1	4	1	4
Masilla poliester	10	unidad	0	10	2	12
Masilla plastica	2	unidad	0	2	1	3
Pintura gloss	4	galón	1	4	1	4
Pintura uretano	1.5	galón	2	1.5	1	0
Extra thinner	3	galón	3	3	1	1
Lijas de fierro	20	unidad	2	20	2	20
Lijas de agua	15	unidad	0	15	2	17
Masking tape	4	unidad	1	4	1	4
Silicona	1	unidad	0	1	1	2
Trapos y waipe	2	kilogramo	0	2	1	3
Escobilla de fierra	2	unidades	0	2	1	3
Desengrasante	1	unidad	0	1	0	1
Bayeta atrapolvos	2	unidad	0	2	1	3
Film de enmascar	2	unidad	0	2	1	3

Anexo 4. Hoja de control de calidad

HOJA DE CONTROL DE CALIDAD				NIVEL DE DAÑO			
PLACA	MODELO	COLOR	OPERARIO	OT	LEVE	MEDIO	GRAVE
INSPECCIÓN: PLANCHADO							
		Cumple	N/C	N/A	Planchado		
Desmontaje					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Colocar las piezas desmontadas en una zona segura		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Paneles cuadrados		
Traccionado					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificar registro de medición		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Superficie uniforme		
Planchado					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Corrección de ondulaciones		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Acabado de soldadura		
Hundimientos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aplicación de anticorrosivo		
Marcas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rigidez del panel ha sido restaurado		
Porosidad		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Reparación de partes dañadas		
Centrado					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verificación de paneles		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los paneles reparados han sido cuadrados		
Pulido							
Pulido para nivel leve		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Pulido para nivel medio		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Pulido para nivel grave		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Montaje							
Ensamble de piezas, colocación de todos los sujetadores, posición y cierre de funcionamiento de manijas y cerraduras		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Faros y calaveras		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Firma de aprobación de calidad		Fecha de finalización					
		/ /					
INSPECCIÓN: PINTURA							
		Cumple	N/C	N/A	Pintura		
Lijado					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lijar algunos despefectos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Matizado de color óptimo		
Limpeza					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Limpeza (Paño de agua)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Equidad de textura y color		
Desengrasado (Desengrasante)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Eliminación de grumos		
Enmasillado					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Herramientas limpias		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Eliminación de chorreado en superficie		
Lijado de masilla					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Daño leve: Lija de grano P-120 / P-150		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Eliminación de ojos de pescado		
Daño Medio: Lija de grano P-80 / P-120		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Paneles pintados sin defectos		
Daño grave: Lija de grano P-80 / P-100		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Igualación de textura		
Limpeza de superficie							
Limpeza (Paño de agua)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Desengrasado (Desengrasante)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Limpeza (Paño gumoso)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Limpeza de molduras y bordes		
Empapelado							
Cubrir en su totalidad la zona a trabajar y áreas aledañas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Pintura base							
Verificar la ficha de igualación		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Respetar los tiempos de secado		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Lijado base							
Lija de grano P-320		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Lija de grano P-400		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Limpeza de superficie							
Limpeza (Paño de agua)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Desengrasado (Desengrasante)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Limpeza (Paño gumoso)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Pintura final							
Respetar los tiempos de secado		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Firma de aprobación de calidad		Fecha de finalización					
		/ /					
INSPECCIÓN: LAVADO							
		Cumple	N/C	N/A	Lavado		
Lavado de auto					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Carrocería completamente limpia		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Carrocería sin impurezas		
Pulido					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eliminación de rayones		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Paneles reparados en perfecto estado		
Eliminación de partículas de polvo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No hay pulverizado en zonas aledaña		
Retirar excesos de acabado		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Color, textura y brillo son igualados		
Encerado					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Respetar los tiempos de secado		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
No encerrar expuesto al sol		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Firma de aprobación de calidad		Fecha de finalización					
		/ /					
INSPECCIÓN: ENTREGA							
Se aprueba que el vehículo para ser entregado							
Observaciones:							
.....							
.....							
.....							

Anexo 5. Historial de reprocesos en el área de planchado y pintura

Cantidad de reprocesos para nivel leve		
Mes	Unidades	Reprocesos
Enero	9	2
Febrero	7	1
Marzo	9	2
Abril	8	1
Mayo	9	2
Junio	9	3
Julio	7	1
Agosto	5	1
Setiembre	4	1
Total	67	14

Cantidad de reprocesos para nivel leve		
Mes	Unidades	Reprocesos
Enero	4	2
Febrero	4	1
Marzo	3	2
Abril	6	2
Mayo	5	2
Junio	4	3
Julio	7	3
Agosto	10	3
Setiembre	9	1
Total	52	19

Cantidad de reprocesos para nivel leve		
Mes	Unidades	Reprocesos
Enero	1	1
Febrero	2	1
Marzo	1	0
Abril	2	1
Mayo	1	0
Junio	1	1
Julio	2	2
Agosto	1	1
Setiembre	1	1
Total	12	8