UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA:

"Análisis cuantitativo de un nuevo método de suministro para reducir tiempos muertos y mejorar productividad en líneas de ensamble automotor**"**

Trabajo de Titulación, Modalidad proyecto experimental previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato

Autor: Dany Stiven Moreano Pilatasig

Tutora: Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

AMBATO – ECUADOR

2026

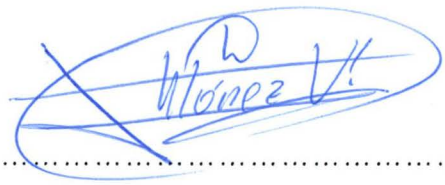
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniería Mecánica, con el tema: **"ANÁLISIS CUANTITATIVO DE UN NUEVO MÉTODO DE SUMINISTRO PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS Y MEJORAR PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS DE ENSAMBLE AUTOMOTOR",** elaborado por el estudiante Dany Stiven Moreano Pilatasig, portador de la cédula de ciudadanía número 0504364027, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, junio 2026



.....

Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

C.C. 1802630416

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Dany Stiven Moreano Pilatasig**, con C.C. 0504364027 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente trabajo experimental con el tema: **"ANÁLISIS CUANTITATIVO DE UN NUEVO MÉTODO DE SUMINISTRO PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS Y MEJORAR PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS DE ENSAMBLE AUTOMOTOR ",** así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo experimental, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, junio 2026



.....

Dany Stiven Moreano Pilatasig

C.C. 0504364027

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo experimental parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, junio 2026

.....

Dany Stiven Moreano Pilatasig

C.C. 0504364027

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del trabajo experimental, realizado por el estudiante Dany Stiven Moreano Pilatasig, de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: "**ANÁLISIS CUANTITATIVO DE UN NUEVO MÉTODO DE SUMINISTRO PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS Y MEJORAR PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS DE ENSAMBLE AUTOMOTOR**", Modalidad Trabajo experimental

Ambato, junio 2026

Para constancia firma:

.....	.....
Ing. Nuñez Nuñez Diego Fernando Mg.	Ing. Lascano Moreta Alejandra Marlene Mg.
C.C. 1803367729	C.C. 1804280087
MIEMBRO CALIFICADOR	**MIEMBRO CALIFICADOR**

DEDICATORIA

Al Culminar este trabajo de investigación representa mucho más que un logro académico es el resultado de años de esfuerzo, sacrificio y amor compartido con quienes han caminado a mi lado. Por ello, dedico esta tesis con el corazón a Dios, por ser mi guía, mi refugio y la fuente de toda fortaleza.

A mi madre, Nancy Pilatasig, la mujer más valiente y generosa que conozco. Gracias por cada sacrificio silencioso, por tus palabras de aliento en los momentos más difíciles y por creer en mí con una fe que nunca flaqueó. Tu amor incondicional ha sido el motor más poderoso de mi vida. Todo lo que soy, te lo debo a ti. A mi padre, Franklin Moreano, por enseñarme desde pequeño el valor del trabajo honesto, la responsabilidad y la constancia. Tus consejos, tu ejemplo diario y tu apoyo inquebrantable han forjado en mí el carácter y la determinación necesarios para alcanzar mis metas.

A mi hermano Jairo Moreano, por su compañía sincera en cada noche interminable. Gracias por estar presente, por escucharme y por motivarme con su ejemplo de perseverancia. A mi hermano Edison Moreano, por su cariño fraternal, su respaldo constante y sabiduría que demuestra cada día. Este logro también es de ustedes dos.

A mis abuelitos que fueron parte fundamental de mi formación siendo quienes me enseñaron lo que es el trabajo bien hecho. Abuelito Leonidas Moreano, cuya sabiduría, serenidad y ejemplo de vida han marcado profundamente mi manera de enfrentar los retos. Gracias por cada consejo y por mostrarme con el ejemplo que la honradez y el esfuerzo son los cimientos de todo logro verdadero. A mi abuelita Salomé Basantes, por enseñarme que los sueños de consigue con trabajo, su amor entrañable, su ternura inagotable y por ser siempre un abrazo seguro. Sus palabras de aliento y su fe en mí han sido un regalo invaluable a lo largo de toda mi vida.

A mi tutor, Ing. Mg. Jorge López, por su guía paciente, su dedicación genuina y su compromiso constante durante el desarrollo del trabajo de titulación. Gracias por compartir su conocimiento con generosidad y por orientarme con profesionalismo.

Su acompañamiento fue determinante para culminar esta investigación con éxito.

Dany Stiven Moreano Pilatasig

AGRADECIMIENTO

La culminación de este trabajo de investigación no habría sido posible sin la orientación y la generosidad de quienes me acompañaron a lo largo de este camino. A cada una de las personas e instituciones les expreso mi más sincero agradecimiento.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por brindarme una formación académica, por los recursos, los espacios y las herramientas que hicieron posible el desarrollo de esta investigación. A cada docente que a lo largo de la carrera compartió sus conocimientos y contribuyó a mi crecimiento profesional y personal. De manera muy especial agradezco al Ing. Mg. Jorge López, mi tutor, por su guía constante, su paciencia y su asesoramiento riguroso durante todo el desarrollo de esta Trabajo de titulación. Al Ing. Mg. Santiago Cabrera, por su disposición siempre generosa para orientarme en los momentos que más lo necesité.

A la empresa CIAUTO CIA. LTDA., por abrirme las puertas de sus instalaciones, por la confianza depositada en esta investigación y por formarme en carácter y conocimiento brindándome el apoyo logístico e informativo necesario para llevar a cabo el trabajo de campo. Su apertura institucional fue indispensable para el desarrollo y la validez de este estudio.

De igual manera extiendo mi reconocimiento al Ing. Deyby Carrillo, Coordinador del Área de Ensamble, por su apertura, su orientación técnica especializada y su disposición permanente para guiarme, su sabiduría me oriento a ser mejor persona cada día. De igual manera Ing. Danny Garcés, por su colaboración, su conocimiento técnico y el apoyo brindado durante el proceso de recolección de información en línea. Su mentalidad me guio a ser más creativo en cada proyecto. también extiendo mi agradecimiento al Ing. Manuel Lascano, por su valiosa contribución técnica y por facilitar los recursos y el acceso necesario para el correcto desarrollo del trabajo de campo y recordarme que cada proyecto se lo realiza paso a paso.

Finalmente, a todas las personas que de una u otra manera aportaron su ayuda, sus conocimientos o simplemente su aliento en los momentos oportunos. Cada contribución, grande o pequeña, se refleja hoy en este logro.

Dany Stiven Moreano Pilatasig

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

PORTADA i
APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO viii
ÍNDICE DE TABLAS xiv
ÍNDICE DE FIGURAS xvi
ÍNDICE DE ANEXOS xviii
RESUMEN EJECUTIVO 20
ABSTRACT 21
CAPÍTULO I. 22
MARCO TEÓRICO 22
1.1 ANTECEDENTES 22
1.2 JUSTIFICACIÓN 24
1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 25
1.3.1 Los sistemas de producción y la industria automovilística 25
1.3.2 Líneas de montaje para automóviles 26
1.3.3 Industria automotriz fabricación ajustada 26
1.3.4 Técnicas de mejora continua (5S Y KAIZEN) 27
1.3.5 Sistema JIT (just in time o Justo a Tiempo) 28
1.3.6 Líneas de montaje automotriz que utilizan el sistema Kanban 29
1.3.7 Logística interna de las plantas de montaje de automóviles 30

1.3.8 Sistemas de suministro de materiales para cadenas de montaje 31
1.3.9 Productividad de las líneas de montaje automotrices 31
1.3.10 Reducción del tiempo de inactividad del sistema de producción 32
1.3.11 Tiempos muertos en procesos de ensamble industrial 33
1.3.12 Tiempos muertos por movimientos innecesarios 33
1.3.13 Tiempo de inactividad por espera 34
1.3.14 El sistema de producción Toyota (TPS) 36
1.3.15 Técnicas de montaje de vehículos en la industria automotriz 37
1.3.16 Sistemas de preparación de (KITTING) de piezas para líneas de montaje 38
1.3.17 Técnicas de montaje basadas en kits de piezas 39
1.3.18 Sistema completo de montaje por kits 40
1.3.19 Logística de reparto en la industria automovilística 40
1.3.20 Sistemas de suministro en las plantas 41
1.3.21 Sistema KIT-RACK para líneas de montaje automotriz 42
1.3.22 Tabulación de tiempos 43
1.3.23 Diagrama de flujo 44
1.3.24 ¿Qué es un análisis cuantitativo? 45
1.3.24.1 Tiempo promedio 45
1.3.24.2 ¿Como se asigna la valoración a cada operación? 46
1.3.24.3 Tiempo Normal 47
1.3.24.4 Suplemento 48
1.3.24.5 Tiempo estándar 49
1.3.24.6 Cálculo del número de ciclos a cronometrar 50
1.4 Objetivos 50
1.4.1 Objetivo general 50
1.4.2 Objetivos específicos 51

1.4.3 Hipótesis 51
CAPÍTULO II 52
METODOLOGÍA 52
2.1 Equipos y materiales 52
2.2 Métodos 54
2.2.1 Tipo de investigación 54
2.2.2 Diseño de la investigación 54
2.2.3 Población y muestra 54
2.2.4 Recolección de información 55
2.2.5 Variables de la investigación 56
2.2.6 Variable independiente 57
2.2.7 Variable dependiente 57
2.2.8 Procesamiento de la información y análisis estadístico 58
2.2.9 Procedimiento de Aplicación Metodológica y Diagramas de Flujo 60
2.2.10 Variables respuesta o resultados esperados 60
CAPÍTULO III 61
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 61
3.1 Ubicación de la investigación 61
3.2 Modelo seleccionado para el estudio 62
3.3 Evaluación del estado actual del proceso de montaje 63
3.3.1 Método convencional de suministro 63
3.4 Problemas detectados con el enfoque actual 63
3.5 Medición del efecto por perdida por lote 65
3.6 Diagrama de flujo 66
3.6.1 Proceso de producción área de ensamble línea chasis 66
3.7 Explicación del procedimiento de montaje del modelo POER CD 4X2/4X4 . 67
3.8 Descripción de la estación de trabajo 67

3.9 Asignación de procesos según el tipo de vehículo (4x2 frente a 4x4) 72
3.10 Número de observaciones que deben realizarse..... 73
3.11 Recolección de información..... 74
3.11.1 Diagrama de flujo con tiempos muertos Método tradicional..... 75
3.12 Cálculo de suplementos para la línea de ensamblaje 76
3.13 Datos Registrados por Estación y Operario 77
3.14 Resultado de cronometrajes de tiempos muertos método tradicional..... 78
3.15. Estaciones con mayor impacto de tiempos muertos 78
3.16. Estaciones con menor impacto de tiempos muertos 78
3.17. Diseño de nuevo método: KIT CAR..... 79
3.17.1 Conceptualización y definición..... 79
3.17.2 Los 5 pilares del método KIT CAR 79
3.17.4 Análisis comparativo: métodos actuales frente a KIT CAR 80
3.17.4.1 Síntesis de la superioridad técnica de KIT CAR..... 84
3.18 Propuesta: KIT CAR como nuevo método de suministro..... 85
3.19 Desarrollo de propuesta de mejora..... 85
3.20 Fundamentación de la propuesta..... 87
3.21 Descripción de la propuesta 87
3.22 Desarrollo técnico de la propuesta..... 88
3.23 Plan de pruebas piloto..... 88
3.23.1 Diagnóstico operativo inicial 88
3.23.2 Organización del suministro 88
3.23.3 Reordenamiento del área de trabajo..... 89
3.23.4 Capacitación del personal 89
3.24 Evaluación de la propuesta..... 89
3.25 Comparar cuantitativamente el desempeño del método tradicional y el nuevo método propuesto..... 91

3.26 Recolección de información 91
3.27 Diagrama de flujo con tiempos muertos Nuevo método 91
3.28 Procesamiento de la información y análisis estadístico 91
3.29 Diagnóstico de la situación inicial de la línea de ensamble 94
3.30 Análisis de los tiempos muertos del método tradicional 95
3.31 Análisis de los tiempos muertos con el nuevo método KIT CAR 97
3.32 Determinación de tiempos muertos promedio y estándar 98
3.33 Comparación de tiempos muertos antes y después de la implementación 100
3.34 Registro de tiempos muertos Promedio de método tradicional vs nuevo método 102
3.35 Calculo de la capacidad de producción aplicando el nuevo método 104
3.36 Evaluación del impacto operativo del nuevo método 105
3.37. Interpretación técnica de los resultados 106
3.37.1 Diagrama de flujo aplicado el nuevo método 106
3.38 Evaluación cuantitativa de las pérdidas en la línea de montaje provocadas por la carga por lotes 108
3.38.1 Explicación de las pérdidas durante la carga de la línea 108
3.38.2 Justificación del análisis cuantitativo por carga de línea 108
3.38.3 Análisis de datos sobre pérdidas por lote: 109
3.38.4 Uso de la metodología con KIT CAR 109
3.39 Diagnóstico de utilización del tiempo operativo. 110
3.40 Comprobación de hipótesis 111
3.41.1 Diferencias por puesto operativo 111
3.41.2 Cálculo del estadístico t 113
CAPÍTULO IV 115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 115
4.1 Conclusiones 115

4.2 Recomendaciones..... 115

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 117

ANEXOS 121

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I SÍMBOLO DE PROCEDIMIENTO..... 44
TABLA II FACTOR DE CALIFICACIÓN DE RENDIMIENTO 47
TABLA III VALORACIÓN DE DESEMPEÑO..... 47
TABLA IV. RANGOS DE SUPLEMENTOS OIT (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO) 49
TABLA V EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES UTILIZADOS 52
TABLA VI ESTACIONES CONSIDERADAS EN LA MUESTRA 54
TABLA VII OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES..... 56
TABLA VIII FÓRMULAS E INDICADORES APLICADOS EN EL ANÁLISIS DE TIEMPOS Y EVALUACIÓN DE LA MEJORA..... 58
TABLA IX CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE VEHÍCULO OBJETO DE ESTUDIO..... 62
TABLA X CUANTIFICACIÓN DE IMPACTO 65
TABLA XI ASIGNACIÓN DE PROCESOS POR TIPO DE VEHÍCULO 73
TABLA XII TOTAL DE OBSERVACIONES POR OPERADOR (NIVEL DE CONFIANZA DEL 94,45 %)..... 74
TABLA XIII TIEMPOS MUERTOS POR ESTACIÓN Y OPERARIO MÉTODO TRADICIONAL 77
TABLA XIV 5 PILARES MÉTODO KIT CAR..... 79
TABLA XV ESCALA: ALTO / MEDIO / BAJO 80
TABLA XVI COMPARACIÓN MATRICIAL DE MÉTODOS 81
TABLA XVII JUSTIFICACIÓN TÉCNICA Y CUANTITATIVA: KIT CAR FRENTE A CADA MÉTODO 82
TABLA XVIII COMPARACIÓN DEL FLUJO DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES ENTRE EL MÉTODO TRADICIONAL Y EL MÉTODO KIT CAR..... 89
TABLA XIX FÓRMULAS E INDICADORES APLICADOS EN EL ANÁLISIS DE TIEMPOS MUERTOS..... 93
TABLA XX DATOS GENERALES DEL ESTUDIO DE TIEMPOS MUERTOS DE LA LÍNEA DE CHASIS 94
TABLA XXI PROCESAMIENTO DE TIEMPOS MUERTOS POR PUESTO OPERATIVO EN EL MÉTODO TRADICIONAL 95

TABLA XXII PROCESAMIENTO DE TIEMPOS MUERTOS POR PUESTO OPERATIVO CON EL PROTOTIPO KIT CAR..... 97
TABLA XXIII DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MUERTO PROMEDIO Y ESTÁNDAR POR PUESTO OPERATIVO 98
TABLA XXIV COMPARACIÓN DE TIEMPOS MUERTOS ESTÁNDAR ANTES Y DESPUÉS DEL PROTOTIPO KIT CAR 100
TABLA XXV REGISTRO DE TIEMPOS MUERTOS PROMEDIO OBSERVADOS POR PUESTO OPERATIVO..... 102
TABLA XXVI SÍNTESIS DE INDICADORES GLOBALES DEL ESTUDIO ACTUALIZADO 106
TABLA XXVII PRODUCCIÓN MÉTODO TRADICIONAL VS NUEVO MÉTODO..... 110
TABLA XXVIII DIFERENCIA POR PUESTO OPERATIVO..... 111
TABLA XXIX CALCULO ESTADÍSTICO..... 113
TABLA XXX RESULTADOS Y DECISIÓN ESTADÍSTICA 114

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Metodología 5S [14]. 27
Fig. 2. Objetivo JIT (Justo a tiempo) [17]. 28
Fig. 3. Método Kanban [18]. 30
Fig. 4. Buscar piezas o componentes..... 33
Fig. 5. Espera de suministros..... 35
Fig. 6. Sistema de Producción Toyota (TPS) [24].. 37
Fig. 7. Sistemas de preparación de (kitting) [26]. 39
Fig. 8. Método Milk Run [30]. 41
Fig. 9. Sistema KIT-RACK [30]..... 43
Fig. 10. Ejemplo de tabla de tiempos 43
Fig. 11. Localización de las instalaciones de la empresa 61
Fig. 12. Método convencional de suministro 64
Fig. 13. Flujograma del proceso productivo..... 66
Fig. 14. Estacion C1 67
Fig. 15. Estacion C2 68
Fig. 16. Estacion C3 68
Fig. 17. Estacion C4 69
Fig. 18. Estacion C5 69
Fig. 19. Estacion C6 70
Fig. 20. Estacion C7 71
Fig. 21. Estacion C8 71
Fig. 22. Estacion C9 72
Fig. 23. Diagrama de flujo del proceso de producción línea CHASIS método tradicional 75
Fig. 24. Tabla de rangos de suplemento línea chasis..... 76
Fig. 25. Nevo método propuesto (KIT CAR)..... 86

Fig. 26. Método Tradicional vs Nuevo Método 91

Fig. 27. Diagrama de flujo del proceso de producción línea CHASIS nuevo método 92

Fig. 28. Tiempos muertos método tradicional 96

Fig. 29. Tiempos promedio muerto. Nuevo método..... 99

Fig. 30. Tiempos muertos método tradicional vs nuevo método..... 101

Fig. 31. Tiempos promedio por estación MT vs NM 103

Fig. 32. Diagrama de flujo con nuevos tiempos aplicado el nuevo método..... 107

Fig. 33. Estaciones vacías por carga de línea 108

Fig. 34. KIT CAR en espera en la línea chasis..... 110

Fig. 35. Producción método tradicional vs método nuevo 111

Fig. 36. T distribución t de studen 114

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Lianea de ensamble chasis 121

Anexo 2. Construcción de dispositivos destinado al nuevo método (KIT CAR) 121

Anexo 3. Dispositivo (KIT CAR) con componentes de estación C1 a C4..... 122

Anexo 4. Dispositivo (KIT CAR) con componentes de estación C5 a C9..... 122

..... 122

Anexo 5. Pruebas piloto en la línea chasis..... 123

Anexo 6. Integración del dispositivo de suministro de componentes..... 123

Anexo 7. Prueba piloto para toma de tiempos 124

Anexo 8. Toma de tiempos e inspección del procedimiento 124

Anexo 9. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C1..... 125

Anexo 10. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C2..... 126

Anexo 11. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C2 Operario 3 127

Anexo 12. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C3 Operario4 128

Anexo 13. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C3 Operario 5 129

Anexo 14. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C4 Operario5 130

Anexo 15. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C4 Operario 6 131

Anexo 16. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C5 Operario 7 132

Anexo 17. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C5 Operario 8 133

Anexo 18. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C6 Operario 9 134

Anexo 19. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C7 Operario 10 135

Anexo 20. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C7 Operario 11 136

Anexo 21. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C8 Operario 12 137

Anexo 22. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C9 Operario 13 138

Anexo 23. Pared de balance método tradicional..... 139

Anexo 24. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C1 Operario 1 140

Anexo 25. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C2 Operario 2 141

Anexo 26. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C2 Operario 3 142

Anexo 27. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C3 Operario 4 143

Anexo 28. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C3 Operario 5 144

Anexo 29. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C4 Operario 5 145

Anexo 30. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C4 Operario 6 146

Anexo 31. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C5 Operario 7 147

Anexo 32. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C5 Operario 8 148

Anexo 33. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C6 Operario 9 149

Anexo 34. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C7 Operario 10 150

Anexo 35. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C7 Operario 11 151

Anexo 36. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C8 Operario 12 152

Anexo 37. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C9 Operario 13 153

Anexo 38. Pared de balance línea chasis método Nuevo 154

Anexo 39. Certificado de validación de trabajo de titulación..... 155

RESUMEN EJECUTIVO

La optimización del suministro de materiales en las líneas de montaje de automóviles es uno de los mayores retos del sector manufacturero actual especialmente en la industria automovilística ecuatoriana en constante reestructuración donde la eficiencia en la producción y la reducción de residuos determinan la competitividad industrial.

Este estudio empleó un diseño cuasiexperimental con metodología cuantitativa descriptiva y explicativa. Se analizaron las 9 estaciones de la línea de chasis del GWM POER CD 4X2/4X4 en una planta ecuatoriana durante marzo y abril de 2026 mediante cronometraje, diagramas de flujo y observación directa, con un nivel de confianza del 94,45 %. La variable dependiente fue el tiempo muerto por estación y operario la variable independiente, el método de suministro.

La principal contribución es el desarrollo y validación del método KIT CAR un sistema basado en kits únicos que acompañan cada chasis a lo largo de la línea mediante carros especializados. Este enfoque supera a métodos tradicionales como Kanban, JIT, Milk Run y KIT-RACK en los nueve criterios evaluados, integrando principios de lean manufacturing, preparación de kits y flujo continuo.

Los resultados demostraron una mejora del 8,57 % en la productividad diaria y una reducción del 31,23 % en el tiempo de inactividad de 27:09 a 19:12 minutos utilizando la prueba t de Student (t = 9,56). Esto permitió fabricar hasta tres unidades más por turno sin necesidad de personal adicional.

PALABRAS CLAVE: KITS, TIEMPO, INACTIVIDAD, PRODUCTIVIDAD, MANUFACTURING.

ABSTRACT

Optimizing the supply of materials on automotive assembly lines is one of the greatest challenges facing the manufacturing sector today particularly in Ecuador's automotive industry, which is undergoing constant restructuring and where production efficiency and waste reduction are key determinants of industrial competitiveness.

This study employed a quasi-experimental design using descriptive and explanatory quantitative methodology. The 9 stations of the GWM POER CD 4X2/4X4 chassis line at an Ecuadorian plant were analyzed during March and April 2026, using timing, flowcharts, and direct observation with a confidence level of 94.45%. The dependent variable was downtime per station and operator; the independent variable was the supply method.

The main contribution is the development and validation of the KIT CAR method, a system based on unique kits that accompany each chassis along the line via specialized carts. This approach outperforms traditional methods such as Kanban, JIT, Milk Run, and KIT-RACK across the nine evaluated criteria, integrating principles of lean manufacturing, kit preparation, and continuous flow.

The results showed an 8.57% improvement in daily productivity and a 31.23% reduction in downtime from 27:09 to 19:12 minutes, as determined by Student's t-test ($t = 9.56$). This made it possible to produce up to three additional units per shift without the need for additional staff.

KEYWORDS: KITS, TIME, DOWNTIME, PRODUCTIVITY, MANUFACTURING.

CAPÍTULO I.

MARCO TEÓRICO

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE UN NUEVO MÉTODO DE SUMINISTRO PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS Y MEJORAR PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS DE ENSAMBLE AUTOMOTOR.

1.1 ANTECEDENTES

La industria automovilística se considera uno de los sectores manufactureros más importantes para el crecimiento industrial, como se menciona en [1]. Las líneas de montaje de automóviles, que integran los numerosos componentes de los vehículos mediante una serie ordenada de actividades que requieren la coordinación entre los puestos de trabajo y una entrega eficiente de los materiales, son el componente central del proceso de producción de esta industria.

Según Mengistu [1], los sistemas de montaje de automóviles pueden experimentar problemas de funcionamiento cuando existe un desequilibrio entre las estaciones de trabajo o cuando se retrasa el suministro de componentes. Según el autor, estas circunstancias pueden interrumpir el proceso de producción, lo que da lugar a tiempos de inactividad que reducen la productividad de la cadena de montaje.

En la misma línea, Dahiya et al. [2] señalan que el uso de técnicas de mejora continua como Kaizen y el enfoque 5S permite optimizar el rendimiento de la cadena de montaje mediante un mejor flujo de materiales, la reducción de residuos y la organización del espacio de trabajo. Al fomentar una gestión de recursos más organizada y eficaz, estos enfoques contribuyen a aumentar la eficacia de los sistemas de producción.

Según Carrim y Gupta [3] la aplicación de los enfoques DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) y Lean Manufacturing facilita el análisis de los procesos de producción mediante métricas de rendimiento y herramientas de mejora continua. Estas técnicas permiten identificar las ineficiencias de la línea de producción, optimizar el orden de las actividades y mejorar el flujo de materiales dentro del sistema de producción.

Según Wahab et al. [4], la adopción de los principios de la producción ajustada por parte de la industria automotriz refuerza la excelencia operativa al aumentar la eficiencia de los procesos de producción, optimizar la utilización de los recursos y fomentar una gestión más eficaz de las actividades industriales.

En el caso de Ecuador, la industria automotriz ha sido crucial para el sector manufacturero del país, contribuyendo al crecimiento del sector metalúrgico y a la creación de puestos de trabajo. Sin embargo, recientemente la industria se ha enfrentado a una serie de dificultades relacionadas con la competencia en el mercado y el desarrollo mundial del sector automotriz. Según [5], estos cambios han obligado a las empresas del sector a aplicar estrategias destinadas a impulsar la competitividad de las instalaciones de montaje nacionales y aumentar la eficacia de sus procesos de fabricación.

En la actualidad, dos instalaciones industriales Aymesa en Quito y Ciauto en Ambato son los principales centros de ensamblaje de automóviles en Ecuador. Según [6], estas instalaciones ensamblan automóviles de varios fabricantes extranjeros, entre ellos Kia, Hyundai, Great Wall, Shineray y KYC, combinando piezas importadas con una parte de material nacional a lo largo del proceso de fabricación.

Con el fin de impulsar la producción nacional, la industria automovilística ecuatoriana también sigue invirtiendo. Informes recientes del sector industrial indican que empresas como Aymesa han invertido en el desarrollo de nuevos modelos para el mercado local y en el aumento de la producción de automóviles fabricados en el país [7].

En esta situación, el aumento de la productividad industrial depende en gran medida de la optimización de los sistemas de suministro de materiales dentro de las líneas de montaje. Los sistemas de logística interna pueden evaluar factores como la duración de los ciclos, la eficiencia de las estaciones de trabajo y el flujo de materiales mediante el uso de técnicas de análisis cuantitativo. Esto facilita la identificación de áreas en las que se podrían mejorar los procesos de producción.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, la optimización de los procesos de producción es un componente fundamental para el crecimiento y la competitividad de las empresas industriales, especialmente en sectores como el automovilístico, donde el rendimiento organizativo viene determinado por la eficiencia operativa, la calidad de los productos y la gestión eficaz de los recursos. Los enfoques de mejora continua han adquirido una gran relevancia dentro de las empresas, ya que permiten una mejor organización del trabajo, la reducción de residuos y el aumento de la productividad en los procesos industriales. El uso de técnicas como 5S y Kaizen mejora en gran medida el orden, la estandarización de los procesos y la participación de los empleados en la mejora continua en entornos industriales, afirman Maciel y Veraldo [8].

En la misma línea, el enfoque Just in Time (JIT), cuyo objetivo es maximizar el flujo de producción fabricando productos solo cuando son necesarios, evitando la acumulación innecesaria de inventario y aumentando la eficiencia de los recursos, destaca en los sistemas de producción contemporáneos. El sistema Just in Time, tal y como se describe en [9], permite reducir los residuos en los procesos de fabricación y mejorar la coordinación entre las numerosas fases de la producción, lo que resulta especialmente importante en sectores complejos como la industria automovilística.

Con el fin de mejorar la organización de los procesos, optimizar el flujo de trabajo y reforzar la eficiencia operativa en las actividades de producción, este proyecto examinará y pondrá a prueba herramientas de mejora continua en los procesos de producción de la industria automotriz, teniendo en cuenta enfoques como 5S, Kaizen y Just in Time. La optimización de la gestión de recursos, la mejora de la calidad de los procesos y el fortalecimiento de la cultura organizativa centrada en la mejora continua son posibles gracias a la integración de enfoques de mejora continua en los sistemas industriales, como se muestra en [10].

Para elaborar este estudio, se examinarán los datos obtenidos de las pruebas piloto que se llevarán a cabo en la línea de montaje de automóviles. El objetivo del estudio es evaluar cómo una nueva estrategia de suministro que podría aumentar la productividad y reducir el tiempo de inactividad. Para encontrar áreas de mejora, se analizarán los elementos importantes que influyen en la eficiencia operativa. El análisis de los procesos industriales, según [11], permite identificar posibilidades que aumentan la

competitividad. La planta de montaje de Ambato será la principal beneficiaria, ya que se prevé que el uso de la estrategia de suministro sugerida aumentará la producción y reducirá los tiempos de inactividad en sus líneas de montaje.

1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.3.1 Los sistemas de producción y la industria automovilística

La capacidad de la industria automotriz para generar empleo, crecimiento económico e innovación técnica la convierte en uno de los sectores industriales más importantes del mundo. La integración de varios procesos de producción, en particular el diseño, la fabricación de componentes y el montaje final de los vehículos, es lo que define a esta industria. En este sentido, los fabricantes de automóviles utilizan técnicas de gestión industrial destinadas a optimizar los recursos y reducir los residuos, en un esfuerzo por mejorar continuamente la eficacia de sus procesos de fabricación.

Mengistu [1] afirma que los fabricantes de automóviles trabajan en un sector muy competitivo en el que mantener su posición en el mercado depende de la eficiencia de la fabricación y la calidad del producto final. Según el autor, para evitar los fenómenos de inanición (starvation) y bloqueo (blocking) que se producen cuando determinadas estaciones de trabajo permanecen inactivas como consecuencia de retrasos en las primeras fases del proceso de fabricación, las cadenas de montaje de automóviles deben mantener un equilibrio suficiente entre las estaciones de trabajo.

La expansión de la industria automovilística también ha llevado a la necesidad de crear sistemas de producción más eficaces que puedan satisfacer la demanda del mercado, según varios estudios sobre gestión industrial. Según [2], las empresas industriales han implementado técnicas de mejora continua para aumentar la productividad de las cadenas de montaje y la eficiencia de los procesos.

En este sentido, el rendimiento de las plantas industriales se mejora y el tiempo de inactividad se reduce mediante el uso de sistemas de producción basados en la optimización de los procesos. La adopción de técnicas de fabricación ajustada mejora la coordinación entre las numerosas fases del proceso de producción, lo que favorece la creación de sistemas de producción más eficaces y competitivos, según se describe en [3].

1.3.2 Líneas de montaje para automóviles

Uno de los componentes esenciales de los sistemas de producción de automóviles son las líneas de montaje. A través de una serie de estaciones de trabajo en las que se combinan diversos componentes del vehículo hasta obtener el producto terminado, estas líneas organizan el proceso de producción.

Según Mengistu [1], una línea de montaje es un método de producción que divide las tareas de fabricación en muchas estaciones de trabajo dispuestas consecutivamente, lo que permite que el producto avance progresivamente a lo largo del proceso de producción. El autor afirma que, para evitar desequilibrios que puedan perjudicar el rendimiento del sistema de producción, las tareas deben distribuirse correctamente a lo largo de la línea.

Numerosas investigaciones sobre sistemas de fabricación indican que, a la hora de optimizar las líneas de montaje, deben tenerse en cuenta factores como el tiempo de ciclo, la asignación del trabajo, la logística interna y el suministro de materiales. Como se muestra en [12], es posible encontrar áreas en las que se puede mejorar la organización de la línea de producción mediante el estudio de los procesos de producción, lo que ayuda a aumentar la eficiencia del sistema y la capacidad de producción.

Del mismo modo, la optimización de la organización del trabajo y la reducción de los residuos en el proceso de fabricación son posibles gracias a la aplicación de enfoques de mejora continua en las líneas de montaje. Según Dahiya et al.[2] la eliminación de tareas que no añaden valor al proceso de producción y el uso de herramientas de fabricación ajustada contribuyen a aumentar la productividad de las líneas de montaje.

1.3.3 Industria automotriz fabricación ajustada

El objetivo del concepto de gestión industrial conocido como fabricación ajustada es reducir el desperdicio en los procesos de producción. Muchas empresas manufactureras de todo el mundo emplean actualmente esta práctica, que se implementó por primera vez en el sistema de producción de Toyota.

La fabricación ajustada reduce el desperdicio, optimiza el flujo de trabajo y mejora continuamente las operaciones industriales para aumentar la eficiencia del proceso de producción, tal y como se describe en [13].

La fabricación ajustada ha aumentado considerablemente la productividad de las instalaciones de fabricación en la industria automovilística. Mengistu [1] afirma que el uso de técnicas de fabricación ajustada ayuda a localizar problemas en las líneas de montaje y a crear planes para impulsar la eficacia del sistema de producción.

Además, la metodología Lean fomenta la eliminación de tareas que no mejoran el producto final, como los periodos de espera, el transporte innecesario, el exceso de inventario o los movimientos innecesarios dentro del proceso de fabricación.

1.3.4 Técnicas de mejora continua (5S Y KAIZEN)

Al localizar y eliminar el desperdicio en el sistema de fabricación, los enfoques de mejora continua son un conjunto de instrumentos diseñados para aumentar la eficiencia del proceso de producción.

Kaizen y 5S destacan entre estos enfoques porque se aplican con frecuencia en el sector del automóvil para mejorar la organización del trabajo y agilizar los procedimientos de fabricación.

Según Dahiya et al. [2], la estrategia Kaizen se basa en la mejora continua de los procedimientos mediante la participación activa de los empleados en la identificación de problemas y la aplicación de soluciones con el objetivo de aumentar la eficiencia productiva.

Por otro lado, el sistema 5S se centra en el uso de cinco principios básicos: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener, para organizar el lugar de trabajo. El uso de auditorías 5S mejora la organización industrial y fortalece la cultura de mejora continua en las empresas manufactureras, afirman Maciel y Veraldo [8].



Fig. 1. Metodología 5S [14].

1.3.5 Sistema JIT (just in time o Justo a Tiempo)

Una técnica de gestión de la producción denominada sistema Just in Time o Justo a tiempo (JIT) tiene como objetivo producir bienes justo cuando se necesitan y en la cantidad necesaria. Esta estrategia tiene como objetivo maximizar el uso de los recursos dentro del sistema de producción, reducir las existencias y mejorar el flujo de producción.

Según [15], el sistema Just in Time sincroniza las operaciones de fabricación y el suministro de materiales dentro de las líneas de montaje para aumentar la eficiencia del proceso de producción. Del mismo modo, varios estudios han demostrado que, al reducir los tiempos de producción y mejorar la gestión de inventarios, el uso de sistemas Just in Time (JIT) ayuda a las empresas manufactureras a ser más competitivas.

Gong [16] afirma que la implementación del sistema JIT en el sector automovilístico ha permitido crear sistemas de producción extremadamente eficaces; sin embargo, para evitar interrupciones en el flujo de producción, también es necesaria una coordinación suficiente entre los proveedores, los procedimientos de producción y la logística interna.

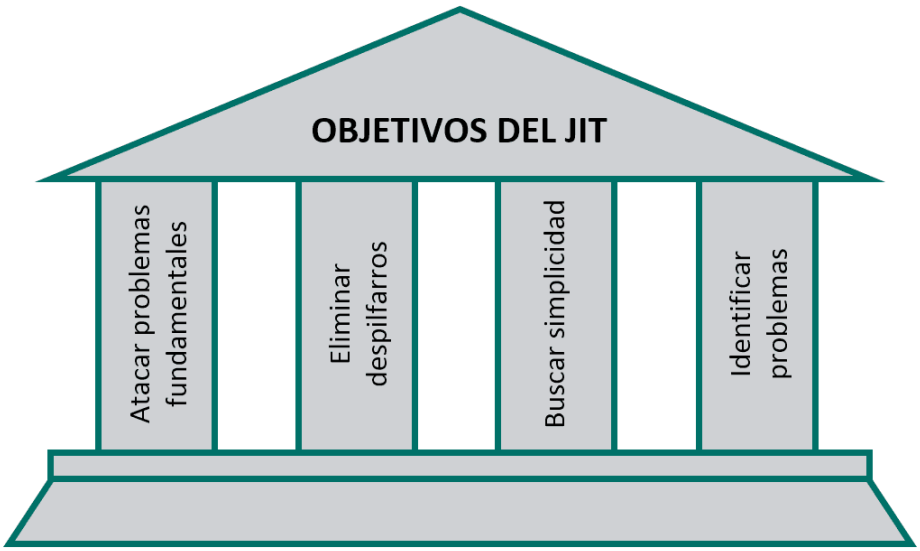


Fig. 2. Objetivo JIT (Justo a tiempo) [17].

1.3.6 Líneas de montaje automotriz que utilizan el sistema Kanban

Uno de los instrumentos fundamentales del enfoque de fabricación ajustada es el sistema Kanban. Con el fin de mejorar la gestión del flujo de materiales y garantizar que los procesos de fabricación reciban solo los componentes esenciales en el momento adecuado, este enfoque se creó inicialmente en el marco del enfoque de fabricación de Toyota.

Liao [15] afirma que el método Kanban sirve como herramienta de comunicación visual para gestionar el movimiento de materiales entre las distintas estaciones de trabajo durante el proceso de fabricación. En esta situación se afirma que el uso de tarjetas Kanban o sistemas digitales similares permite controlar la producción enviando señales que especifican cuándo debe comenzar la fabricación de componentes o el suministro de materiales.

Este método evita la sobreproducción y el exceso de inventario dentro del sistema de producción, ya que cada estación de trabajo solo produce cuando recibe una señal de demanda de la estación siguiente. Este enfoque ayuda a mejorar la coordinación de las actividades de producción y a reducir los tiempos de espera en la cadena de montaje, como se muestra en [15].

Según estudios recientes sobre la fabricación ajustada, el sistema Kanban también facilita el empleo de técnicas de producción pull, que activan la producción en función de la demanda real del proceso en lugar de estrictos calendarios de producción. Kurnia et al. [13] afirman que esta estrategia aumenta la eficacia de las operaciones industriales al minimizar la acumulación de inventario y agilizar el movimiento de materiales dentro de las instalaciones de fabricación.

Para Liao [15] el uso del método Kanban en las líneas de montaje de automóviles mejora la coordinación entre las estaciones de trabajo, maximiza la entrega de materiales y refuerza el control sobre el flujo de producción de la planta industrial.

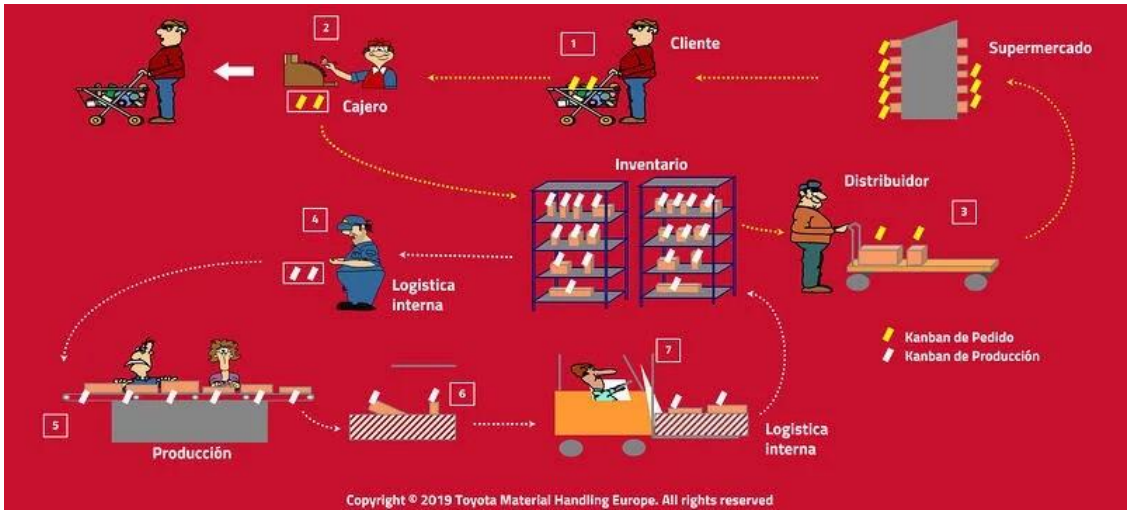


Fig. 3. Método Kanban [18].

1.3.7 Logística interna de las plantas de montaje de automóviles

Dado que la logística interna se encarga de controlar el flujo de suministros y piezas necesarios para el funcionamiento de las líneas de montaje, es una parte esencial de los sistemas de fabricación de automóviles.

Según Dias et al. [12], la logística interna en las plantas de automóviles comprende tareas como la gestión del transporte interno dentro de la planta, la distribución de productos a las estaciones de trabajo y el almacenamiento de componentes. Es necesaria una coordinación eficaz de estas tareas para evitar interrupciones en el proceso de fabricación.

Este método sostiene que una planificación eficaz del sistema logístico aumenta la eficacia operativa de las instalaciones industriales al garantizar la disponibilidad oportuna de los recursos esenciales. La optimización del flujo logístico dentro de la planta ayuda a reducir el tiempo de inactividad y a aumentar la productividad de la línea de montaje, como se muestra en [12].

Del mismo modo, nuevas investigaciones muestran que la incorporación de tecnologías de fabricación ajustada en los sistemas logísticos mejora el control de inventario y maximiza el flujo de materiales en el proceso de fabricación. Gong [16] afirma que el uso de técnicas logísticas eficaces por parte de la industria automovilística mejora la coordinación entre los proveedores, la fabricación y el sistema de distribución.

1.3.8 Sistemas de suministro de materiales para cadenas de montaje

Los sistemas de suministro de materiales son un componente esencial de las cadenas de montaje de automóviles, ya que se encargan de suministrar los componentes necesarios para cada estación de trabajo durante el proceso de producción como se muestra en [1].

Mengistu [1] afirma que, para evitar interrupciones en la línea de producción, es necesario organizar adecuadamente el suministro de materiales y además menciona que la falta de coordinación entre las estaciones de trabajo y los sistemas logísticos puede dar lugar a bloqueos, en los que una estación no puede seguir funcionando debido a la acumulación de productos en las últimas etapas del proceso de producción, o a carencias, en las que una estación permanece inactiva debido a la falta de materiales.

Según varias investigaciones sobre la fabricación ajustada, la eficiencia de los procesos de producción también aumenta al mejorar la cadena de suministro de materiales. La implementación de sistemas de distribución basados en el método Just in Time garantiza que los recursos lleguen a las estaciones de trabajo en el momento preciso en que se necesitan, tal y como se afirma en [15].

Además, las instalaciones automovilísticas cuentan ahora con una mejor gestión del suministro de materiales gracias a la integración de la tecnología digital en los sistemas logísticos. El uso de sistemas de supervisión y control en los procesos industriales permite optimizar la gestión de los recursos y aumentar la eficiencia de los sistemas de producción, afirman Maciel y Veraldo [8].

En consecuencia, un componente clave para aumentar la productividad de las líneas de ensamblaje de automóviles y reducir el tiempo de inactividad de los procesos de fabricación es la investigación de los sistemas de entrega de materiales basado en el método de entrega de materiales Just in Time y full kitting tal y como mencionan [15] [19]

1.3.9 Productividad de las líneas de montaje automotrices

Una de las métricas más importantes en los sistemas de producción industrial es la productividad, que permite evaluar en qué medida una empresa utiliza sus recursos para producir bienes o servicios.

Según Carrim y Gupta [3], la optimización de los procesos de producción, la eliminación de tareas que no aportan valor añadido y el uso de herramientas de mejora continua pueden aumentar la eficiencia de los sistemas de fabricación. Los autores afirman que un examen metódico de los procesos industriales permite encontrar áreas de mejora que aumentan la producción.

La productividad en las líneas de montaje de automóviles está estrechamente relacionada con elementos como el tiempo de ciclo, la eficiencia de las estaciones de trabajo y la organización del flujo de materiales del sistema de producción. Al reducir el desperdicio y maximizar el uso de los recursos, el uso de enfoques como la fabricación ajustada y el DMAIC aumenta la eficacia de las operaciones industriales, como se muestra en [3].

Del mismo modo, varios estudios han demostrado que para aumentar la eficiencia de la cadena de montaje es necesaria una integración suficiente entre la gestión humana de la planta industrial, los procedimientos de fabricación y los sistemas logísticos.

1.3.10 Reducción del tiempo de inactividad del sistema de producción

Uno de los principales problemas de los sistemas de producción industrial es el tiempo de inactividad, que se refiere a los momentos en los que los recursos productivos están inactivos y no aportan valor al negocio.

Wahab et al. [4]afirman que la aplicación de técnicas de mejora continua destinadas a mejorar la organización del trabajo y la eficiencia del flujo de producción puede reducir el tiempo de inactividad en las operaciones industriales.

Este método afirma que el uso de herramientas de fabricación ajustada permite identificar las causas de las interrupciones en los procesos de producción y crear planes para eliminar estas ineficiencias. La aplicación de los conceptos Lean en el sector del automóvil aumenta la eficiencia de los procesos de producción y potencia la competitividad de las organizaciones manufactureras, tal y como se muestra en [4].

Por lo tanto, reducir el tiempo de inactividad en las líneas de montaje de automóviles es un objetivo clave para aumentar la productividad industrial y maximizar el rendimiento del sistema de producción.

1.3.11 Tiempos muertos en procesos de ensamble industrial

Los tiempos de inactividad, según [20], son una de las principales causas de pérdida de productividad en los sistemas de producción modernos, especialmente en las líneas de montaje de automóviles. Desde el punto de vista de la ingeniería industrial y la fabricación ajustada Lean Manufacturing, estos periodos se consideran desperdicio ya que no aportan valor al producto final y afectan directamente a la eficiencia del sistema de producción.

Según [21], sobre fabricación ajustada, el tiempo de inactividad se define como aquellos periodos durante los cuales el proceso de producción se detiene o continúa sin generar valor añadido, ya sea debido a ineficiencias operativas, logísticas o en los métodos de trabajo. En las líneas de montaje este desperdicio se suele dividir en dos categorías, siendo las más pertinentes el tiempo de inactividad por espera y el tiempo de inactividad por movimientos innecesarios.

1.3.12 Tiempos muertos por movimientos innecesarios

El tiempo de inactividad causado por movimientos innecesarios se produce cuando un operario realiza movimientos, acciones o ajustes que no contribuyen directamente al montaje del producto. Estos movimientos no aportan valor y suelen ser el resultado de una mala organización del trabajo o de un entorno de producción mal diseñado.

En estudios de ingeniería de métodos aplicados al montaje de automóviles en Ecuador, se ha identificado que una parte significativa del tiempo improductivo se debe al movimiento excesivo y a la búsqueda de materiales, lo que repercute directamente en la productividad de la línea como menciona en [22].



Fig. 4. Buscar piezas o componentes.

Causas principales:

- Caminar para ir a buscar piezas o componentes.
- Buscar herramientas en puestos de trabajo no estandarizados.
- Estirarse en exceso debido a una deficiente de la estación de trabajo.
- Reorganización constante de los materiales.
- Mala distribución de la planta (distribución ineficiente).

Estos movimientos se clasifican como desperdicio de movimiento desde el punto de vista de la fabricación ajustada Lean Manufacturing. Sus causas están relacionadas principalmente con:

- La falta de estandarización del trabajo
- Una disposición inadecuada de los puestos de trabajo
- La ausencia de la metodología 5S
- Deficiencias en el equilibrado de la línea de producción.

Según [22], el estudio sobre líneas de montaje demostró que la aplicación de herramientas Lean permite identificar y reducir significativamente estos movimientos innecesarios, mejorando el flujo del proceso.

Impacto en la producción:

- Aumento del tiempo de ciclo
- Fatiga del operario
- Disminución de la productividad
- La creación de cuellos de botella.

Los movimientos innecesarios en las líneas manuales pueden suponer entre el 5 % y el 20 % del tiempo operativo total si no se regulan adecuadamente, según estudios sobre sistemas de producción [22].

1.3.13 Tiempo de inactividad por espera

Cuando un operario o una estación de trabajo permanece inactivo debido a la falta de suministros información o sincronización con otras estaciones del proceso esto se conoce como tiempo de inactividad debido a la espera.

Este tipo de desperdicio se encuentra entre los más importantes en los sistemas de montaje ya que tiene un impacto directo en la continuidad del flujo de producción. La espera representa hasta el 40 % del desperdicio total en algunas operaciones, lo que la convierte en uno de los principales factores de ineficiencia en las líneas de producción, según investigaciones recientes en fabricación ajustada [20].



Fig. 5. Espera de suministros

Causas principales

- Espera de suministros o piezas del almacén.
- Retrasos logísticos de los proveedores.
- Espera de transporte interno o carretillas elevadoras.
- Espera de autorización del control de calidad.
- Falta de sincronización entre estaciones de trabajo.

Los estudios de [20] sobre los sistemas de montaje de automóviles han demostrado que la identificación de los cuellos de botella permite reducir considerablemente los tiempos de espera mediante la redistribución de la carga de trabajo y la mejora del flujo continuo.

- Desequilibrios en la línea de producción (mal equilibrio de la línea)
- cuellos de botella en estaciones críticas
- ausencia de un sistema Just in Time
- problemas con la planificación de necesidades de material (MRP)

Según [20], la identificación de cuellos de botella en el sistema de montaje de automóviles permite reducir considerablemente los tiempos de espera mediante la reasignación de la carga de trabajo y la mejora del flujo continuo.

Efecto en la producción

- paradas en la línea.
- disminución de las horas de trabajo productivas.
- un plazo de entrega más largo para los productos.
- reducción de la eficiencia global del sistema (OEE).
- Aumento de los costes asociados a la fabricación indirecta.

1.3.14 El sistema de producción Toyota (TPS)

Uno de los sistemas de producción más importantes del sector industrial contemporáneo es el Sistema de Producción Toyota (TPS). Toyota creó este método en Japón con la intención de aumentar la eficiencia de la producción mediante la reducción de residuos, el desarrollo continuo y la optimización del flujo de trabajo de los procesos industriales.

Just in Time (JIT) y Jidoka son los dos pilares fundamentales en los que se basa el TPS, según Dara et al. [23]. Mientras que Jidoka se centra en la automatización con control humano para identificar defectos en el proceso de fabricación, el enfoque Just in Time tiene como objetivo fabricar solo los artículos esenciales en el momento necesario. Estas ideas reducen el desperdicio en el proceso de fabricación y mejoran la calidad del producto final.

Sin embargo, el sistema TPS integra herramientas de gestión que maximizan la organización del trabajo dentro de las líneas de producción, como Heijunka, Poka-Yoke, Kanban y Kaizen. El uso de estas herramientas en la industria automovilística ha aumentado considerablemente la productividad y la eficiencia operativa de las plantas de producción, como se muestra en [4]. Los múltiples estudios realizados han demostrado que el TPS ha sentado las bases para la creación de enfoques de gestión industrial contemporáneos, como la fabricación ajustada, adoptados por numerosas empresas manufactureras a nivel mundial.



Fig. 6. Sistema de Producción Toyota (TPS) [24]..

1.3.15 Técnicas de montaje de vehículos en la industria automotriz

Uno de los pasos más importantes en la producción de automóviles es el montaje del vehículo. Para crear un producto terminado listo para la venta, durante esta fase se combinan los distintos componentes del vehículo, como el chasis, el sistema de transmisión, la carrocería, los sistemas eléctricos y los componentes interiores acorde a [15].

Días et al. [12] afirma que las líneas de producción organizadas en estaciones de trabajo, en las que cada operario realiza una serie de tareas especializadas dentro del proceso de fabricación, se utilizan para crear el proceso de montaje de automóviles. Este enfoque permite dividir el trabajo en tareas especializadas con el fin de aumentar la eficiencia del proceso de fabricación.

Las investigaciones en ingeniería de producción indican que, para organizar el proceso de montaje, es necesario asignar eficazmente las tareas, planificar adecuadamente los

recursos y contar con un sistema logístico que garantice la disponibilidad de los componentes en cada puesto de trabajo. Una gestión eficaz de los sistemas de entrega de piezas aumenta la productividad de los operarios y minimiza las interrupciones en las líneas de montaje, como se muestra en [15].

En el marco de la industria automovilística contemporánea, las empresas han comenzado a utilizar diversas técnicas de entrega de componentes dentro de las líneas de producción con el fin de aumentar la eficiencia del proceso de montaje y facilitar el trabajo de los operarios acorde a [15].

1.3.16 Sistemas de preparación de (KITTING) de piezas para líneas de montaje

Como se indica en [25], en las líneas de montaje de automóviles, el KITTING es una técnica logística que consiste en reunir las piezas necesarias para un procedimiento de montaje concreto en un único contenedor o kit. Con la ayuda de este sistema, los trabajadores pueden disponer de todos los componentes que necesitan para realizar sus tareas sin tener que buscarlos en contenedores o almacenes dispersos.

Sarimi et al.[19] afirman que, al reducir el tiempo de búsqueda de piezas y limitar los movimientos innecesarios de los operarios dentro de la estación de trabajo, el método de kitting aumenta la eficiencia del proceso de montaje. Los autores señalan que esta técnica ayuda a optimizar el flujo de materiales dentro de la línea de fabricación y a mejorar la organización de la estación de trabajo.

Del mismo modo, las investigaciones actuales sobre logística industrial muestran que el uso de kits de piezas aumenta la precisión del proceso de montaje, ya que cada kit solo incluye las piezas necesarias para una actividad concreta. Esta estrategia reduce los errores de montaje y facilita el control del inventario durante el proceso de producción, como se muestra en [25],demostrando que el sistema de kitting en las líneas de montaje de automóviles es un instrumento crucial para aumentar la productividad de los trabajadores y agilizar la manipulación de materiales en el proceso de fabricación.



Fig. 7. Sistemas de preparación de (kitting) [26].

1.3.17 Técnicas de montaje basadas en kits de piezas

En los sistemas de fabricación de automóviles, las técnicas de montaje basadas en kits de piezas son una táctica utilizada para aumentar la eficiencia del proceso de montaje mediante la preparación previa de los componentes necesarios para cada acción como se menciona en [25], las investigaciones en ingeniería de producción indican que existen tres formas principales de suministrar piezas en las líneas de montaje:

1. Líneas de almacenamiento

El almacenamiento a gran escala de componentes en la estación de trabajo o en lugares cercanos a la línea de fabricación se conoce como almacenamiento en línea. Aunque este enfoque proporciona a los operarios acceso inmediato a los componentes necesarios para el montaje, también puede dar lugar a problemas de utilización excesiva del espacio y dificultades en el control del inventario en la línea de producción. El almacenamiento en línea puede ser eficaz en procesos de fabricación con poca variabilidad de productos, pero su uso en sistemas de montaje complejos puede dificultar la organización del lugar de trabajo, según Nasir y Sarimi[19].

2. Kitting

La preparación previa de las piezas necesarias para un proceso de montaje en un contenedor o kit designado se conoce como kitting. Esta tecnología agiliza el proceso de producción y reduce la cantidad de piezas que se guardan en los puestos de trabajo según [25], el uso del kitting en las líneas de montaje optimiza el movimiento de

materiales dentro de la planta industrial, reduce el tiempo que los trabajadores dedican a buscar piezas y aumenta la precisión del proceso de montaje.

3. Full Kitting

Una versión más sofisticada del enfoque de kitting es el kitting completo, en el que todas las piezas necesarias para construir un producto completo se preparan con antelación en un único kit antes de ser entregadas a la estación de trabajo, al reducir los tiempos de desplazamiento y eliminar las interrupciones en el proceso de producción, el Full Kitting aumenta considerablemente la productividad de los operarios, según un estudio sobre sistemas de montaje industrial [27].

1.3.18 Sistema completo de montaje por kits

La idea del Full Kitting supone un avance con respecto a la técnica convencional de kits, en la que todas las piezas necesarias para montar un componente concreto del producto se preparan con antelación en un kit completo antes de entregarlo a la estación de trabajo menciona [27].

Al garantizar que los operarios dispongan de todas las piezas que necesitan antes de comenzar la operación, el enfoque del kit completo aumenta considerablemente la eficiencia del proceso de montaje, según Fatima y Mohammed [28]. Este método facilita la programación del trabajo en las líneas de montaje y minimiza las interrupciones en el proceso de fabricación.

Este método afirma que la fabricación de kits completos mejora la organización del espacio de trabajo en las estaciones de montaje y maximiza el flujo de materiales dentro de la planta industrial. Al reducir los tiempos de desplazamiento y disminuir las operaciones sin valor añadido durante el proceso de fabricación, los sistemas Full Kitting pueden ayudar a aumentar la productividad de los operarios, como se muestra en [28],el Full Kitting mejora la trazabilidad de las piezas utilizadas en el proceso de montaje, lo que es crucial para garantizar la calidad del producto acabado en el sector de la automoción.

1.3.19 Logística de reparto en la industria automovilística

Con el fin de maximizar la entrega de componentes entre proveedores, almacenes y líneas de fabricación, la industria automovilística emplea con frecuencia el sistema

logístico Milk Run. Para Yang [29], es una ruta de transporte programada que utiliza un vehículo para recoger o entregar mercancías en varios lugares dentro de un determinado circuito logístico. Al combinar las entregas y minimizar el número de viajes necesarios dentro de la cadena logística, este método maximiza la transferencia de materiales.

El método Milk Run se utiliza principalmente en fábricas de automóviles para proporcionar a las líneas de montaje las piezas que necesitan para fabricar un producto. La implementación de este enfoque reduce los costes logísticos dentro de las instalaciones industriales y aumenta la eficiencia del transporte interno, como se muestra en [29].

El uso del método Milk Run también ayuda a mejorar la sincronización entre los procesos de producción y la entrega de materiales, lo cual es crucial para adoptar sistemas Just in Time en el sector automovilístico, según varias investigaciones sobre logística industrial [29].



Fig. 8. Método Milk Run [30].

1.3.20 Sistemas de suministro en las plantas

Mohd Salleh et al.[31] , una planificación eficaz del suministro de materiales en las instalaciones de fabricación mejora el flujo de materiales hacia las líneas de montaje y reduce los tiempos de espera en el proceso de producción y mencionan que una gestión eficaz del suministro maximiza el uso de los recursos en el sistema industrial y aumenta la productividad de los operarios.

Del mismo modo, investigaciones recientes sobre logística interna muestran que, al reducir los inventarios y optimizar el flujo de materiales a lo largo del proceso de fabricación, tácticas como el kitting, el milk run y el Just in Time mejoran la eficacia de los sistemas de suministro dentro de la planta como se indica en [29], [31].Entonces el mantenimiento del proceso de fabricación y el aumento de la eficacia de las líneas de montaje de automóviles dependen en gran medida de una gestión eficaz del sistema de suministro.

1.3.21 Sistema KIT-RACK para líneas de montaje automotriz

La organización eficiente de los componentes es fundamental para aumentar la eficiencia de los operadores y reducir el tiempo de inactividad de la fabricación en los sistemas de montaje de vehículos contemporáneos. En este sentido, el sistema KIT-RACK, también denominado KIT-RACK en algunas plantas, representa un instrumento logístico que facilita el suministro de componentes a las estaciones de montaje como menciona [19].

El sistema KIT-RACK es un contenedor o estructura organizada que agrupa las distintas piezas necesarias para llevar a cabo una tarea concreta en la línea de montaje. Sarimi y Bahari [19], afirman que los sistemas de preparación de kits basados en estanterías reducen el tiempo de búsqueda de piezas y aumentan la eficiencia del proceso de montaje, ya que permiten organizar los componentes de forma ergonómica y fácilmente accesible para los trabajadores.

Los KIT-RACKs se utilizan principalmente en el sector automovilístico, en estaciones donde se deben ensamblar varias piezas en un solo coche, incluyendo módulos de salpicadero, sistemas eléctricos o instalaciones interiores. Al garantizar que los operarios dispongan solo de las piezas necesarias para la tarea en cuestión, la adopción de sistemas de kitting estructurados mediante estanterías mejora la organización del espacio de trabajo y reduce los errores de montaje, según Stefan y Boysen[25].

Del mismo modo, las investigaciones sobre logística industrial indican que el uso de KIT-RACKs facilita la adopción de sistemas Just-in-Time, ya que los kits de piezas pueden fabricarse con antelación en las áreas de logística y entregarse a la línea de montaje cuando sea necesario. Como se muestra en [27].



Fig. 9. Sistema KIT-RACK [30].

1.3.22 Tabulación de tiempos

La hoja de tiempos utilizada en este estudio tiene por objeto documentar y organizar metódicamente los datos cronológicos relacionados con cada proceso de la cadena de montaje. Su aplicación proporciona datos cuantitativos fiables sobre las acciones del operario lo que facilita la evaluación del rendimiento de cada puesto de trabajo y permite identificar los tiempos de proceso que no son productivos según [32].

El formato diseñado incluye múltiples mediciones de tiempo para cada operación a partir de las cuales se calculan el tiempo medio la evaluación del operario el tiempo normal y el tiempo estándar. Estos indicadores son cruciales para cualquier estudio de tiempo y movimiento ya que permiten establecer estándares de producción alcanzables y determinar la eficiencia operativa. Niebel y Freivalds [32], sostienen que la organización sistemática de los datos de medición es un requisito previo crucial para reducir los errores y garantizar

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

Planta: Ensamble | Línea: | Modelo: PDER 4X4

Estación:
Fecha:
Registrado por:
Aprobado por:

Lote: CPA5004

MUESTRAS					
1	2	3	4	5	TOTAL
					0:00:00

Nº	Nº Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
		TOTAL MUESTRAS	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00				

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:00:00
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL	0:00:00

Operario

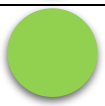
Fig. 10. Ejemplo de tabla de tiempos

1.3.23 Diagrama de flujo

Como menciona[33] , un diagrama de flujo permite a la industria visualizar el proceso completo antes de utilizar un cronómetro en una cadena de montaje de automóviles donde varios puestos de trabajo realizan actividades secuenciales y simultáneas, esto garantiza que no se pase por alto ninguna acción ni se mida fuera de su contexto real. Se traza el ciclo de montaje completo se especifican los elementos de trabajo las unidades más pequeñas medidas con un cronómetro y se identifican las operaciones con mayor variabilidad temporal las que serán objeto del siguiente análisis basándose en esta representación gráfica. Como resultado el diagrama de flujo utiliza los diferentes símbolos que figuran en la Tabla 2 que se muestra a continuación.

TABLA I

SÍMBOLO DE PROCEDIMIENTO

Símbolos de procedimiento		
Grafico	Nombre	Descripción
	Operación	Indica la actividad o tarea que se realiza a lo largo de la línea de ensamblaje. En cada estación lleva a cabo un trabajo particular
	Flecha del proceso	Muestran el orden y la dirección que toma un producto dentro del sistema de producción.
	Inspección o control de calidad	Son puntos de verificación en los que se evalúa la calidad del producto o del proceso.
	Proceso auxiliar	Establece un proceso secundario o complementario que nutre a la línea principal.
	Inicio o fin	Indica el lugar en el que empieza o finaliza la línea de ensamblaje.
	Responsable de operación	Señalan al empleado responsable de llevar a cabo las tareas en cada puesto de trabajo.
	Decisión o clasificación de calidad	Indica la detección de productos defectuosos o que no satisfacen las especificaciones establecidas.

1.3.24 ¿Qué es un análisis cuantitativo?

Según [34], el análisis cuantitativo de un nuevo método de suministro para reducir el tiempo muertos y aumentar la productividad en las líneas de montaje automotriz implica un proceso metódico de medición y evaluación numérica que permite determinar con objetividad y rigor estadístico el impacto real de la implementación de un nuevo sistema de suministro de materiales en la eficiencia operativa de una planta automotriz.

Este enfoque metodológico se divide en dos fases complementarias: la primera es un análisis descriptivo que muestra los patrones de mejora entre los métodos antiguos y los nuevos mediante la visualización y comparación del comportamiento de variables importantes, como el tiempo de inactividad debido a cargas de línea desde cero, componentes que se encuentran lejos en cajas y las unidades producidas por hora, utilizando gráficos de barras, líneas de tendencia e histogramas como menciona [34]. Para un correcto análisis cuantitativo se utilizan diversas consideraciones que aseguran que estamos obteniendo valores reales siendo los siguientes.

1.3.24.1 Tiempo promedio

Para [35], normalmente cuando se realiza el análisis cuantitativo se toman no un único registro temporal es insuficiente para un estudio de tiempos, ya que pueden surgir variaciones debidas a factores como:

- Pequeños retrasos del operario
- Variaciones en el tratamiento de las piezas
- Pausas breves o modificaciones
- Variaciones típicas del proceso

Por lo que el mismo ciclo de trabajo se mide varias veces, normalmente entre cinco y diez. Se puede obtener una estimación más precisa del tiempo que realmente tarda el operario en realizar la operación calculando la media de estas observaciones **[35].**

$$T_{promedio} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{n} \quad \textbf{(1. 1)}$$

$T_1, T_2, T_3 \ldots . T_n$= Tiempos de observados

N= Número de observaciones

Para un correcto análisis cuantitativo deberá tomarse en cuenta ciertas consideraciones y obtener un tiempo medio observado, el primer paso en un estudio de tiempos es registrar cuánto tiempo tarda un operario en completar un trabajo varias veces. Dado que cada operario puede trabajar a un ritmo diferente, este tiempo no puede utilizarse directamente para establecer normas de producción. Algunos empleados pueden completar una tarea más rápidamente de lo previsto, mientras que otros pueden hacerlo más lentamente. Por ello, es necesario aplicar un ajuste conocido como valoración del desempeño o performance rating para ajustar el tiempo observado [35].

El proceso de evaluación del rendimiento consiste en comparar el ritmo de trabajo observado del trabajador con el ritmo de trabajo normal o estándar, que corresponde al nivel de rendimiento que un trabajador capaz puede mantener a lo largo de una jornada laboral sin experimentar fatiga excesiva. De esta manera, el analista determina un factor de valor que indica si el trabajador está trabajando por debajo, al nivel o por encima del ritmo típico [35].

1.3.24.2 ¿Como se asigna la valoración a cada operación?

El analista observa al operario realizar la operación durante todo el estudio de tiempos y evalúa varios elementos de la tarea. Entre los elementos que se encuentran:

- Velocidad de movimiento.
- Coordinación al utilizar los instrumentos.
- Continuidad del trabajo.
- Eficacia en la gestión de los componentes.

El analista determina un factor de calificación de rendimiento aceptable comparando la velocidad del operario con el ritmo estándar basado en estas observaciones. Se asigna un valor inferior a uno si el trabajador completa la tarea a un ritmo más lento

de lo habitual; se asigna un valor de uno si trabaja a un ritmo normal; y se asigna un valor superior a uno si trabaja más rápido que la media prevista acorde a [36].

TABLA II

FACTOR DE CALIFICACIÓN DE RENDIMIENTO

Factor de evaluación	Descripción
Habilidad	Nivel de destreza del operador
Esfuerzo	Intensidad o velocidad de trabajo
Condiciones	Condiciones físicas del entorno
Consistencia	Regularidad en el ritmo de trabajo

TABLA III

VALORACIÓN DE DESEMPEÑO

Valoración	**Valor decimal**	**interpretación**
85%	0.85	Operador significativamente lento
90%	0.90	Operador lento
95%	0.95	Operador ligeramente lento
100%	1.00	Ritmo normal estándar
105%	1.05	Operador ligeramente rápido
110%	1.10	Operador rápido
115%	1.15	Operador muy rápido

En entornos industriales con procesos altamente estandarizados, como las líneas de ensamblaje, es habitual observar valores entre 0,95 y 1,10, ya que los trabajadores realizan tareas repetitivas utilizando métodos de trabajo previamente establecidos en [36].

1.3.24.3 Tiempo Normal

Para Saxena [36], el ritmo de trabajo del operario afecta directamente al tiempo medio registrado durante la observación. Una tarea puede ser completada más lentamente por algunos empleados y más rápidamente por otros. El resultado puede ser inexacto si se utiliza directamente el tiempo medio para establecer los requisitos de producción

Por este motivo, se incorpora la valoración de desempeño en los estudios de tiempo, lo que permite ajustar el tiempo observado al ritmo de trabajo estándar del sector. Este procedimiento implica evaluar la velocidad del operario durante la medición y contrastarla con el rendimiento estándar previsto de un trabajador cualificado, permitiendo transmitir el resultado de esta comparación se utiliza un factor de valoración del rendimiento, que modifica el tiempo medio y produce el tiempo normal para la operación acorde a [36].

$$\boldsymbol{T_{normal}} = T_{promedio}\, x\, Valoracion \qquad \textbf{(1. 2)}$$

$T_{promedio}$ =El tiempo observado promedio

Valoración= Representa el rendimiento del operador

1.3.24.4 Suplemento

Como se demuestra en [37], cualquier entorno laboral, inevitablemente habrá períodos que no estén directamente relacionados con el proceso productivo, pero que son esenciales para que los trabajadores puedan rendir a un nivel suficiente durante toda la jornada laboral. Las necesidades personales, los períodos de descanso por fatiga, los ajustes sencillos de las herramientas y las interrupciones inevitables del proceso se incluyen en estos tiempos.

El análisis cuantitativo sería demasiado exigente y no reflejaría con precisión las circunstancias laborales si estos periodos no se tuvieran en cuenta en el estudio del tiempo. Para satisfacer estas exigencias, se añaden suplementos, que equivalen a un porcentaje adicional aplicado al tiempo normal acorde a [37].

La tabla de suplementos OIT (Organización Internacional del trabajo) ayuda a encontrar este valor ya que contiene rangos que nos ayuda a ver el valor agregado, esto se muestra.

TABLA IV.

RANGOS DE SUPLEMENTOS OIT (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO)

A. Suplementos Fijos (siempre aplican)		
Factor	**Condición**	**%**
Necesidades personales	Actividad ligera	3 – 5 %
	Actividad moderada	5 – 7 %
	Trabajo pesado	7 – 10 %
Fatiga básica	Trabajo sentado, poco esfuerzo	2 – 4 %
	Trabajo de pie o esfuerzo moderado	4 – 6 %
	Trabajo físico intenso	6 – 10 %
B. Suplementos Variables (según condiciones)		
Factor	**Condición**	**%**
Temperatura	Normal	0%
	Elevada (28-32°C)	3-5%
	Muy elevada (>32°C)	5-10%
Ruido	Continuo	0-2%
	Intermitente fuerte	2-5%
Iluminación	Buena	0%
	Regular	2%
	Mala	5%
Postura	Sentado normal	0%
	De pie	2%
	Incómoda/inclinado	3-7%
Esfuerzo físico	Ligero (hasta 5kg)	0-2%
	Moderado (5-20kg)	2-5%
	Pesado (>20kg)	5-10%
Concentración	Trabajo repetitivo	0-2%
	Precisión media	2-4%
	Alta precisión	4-8%

1.3.24.5 Tiempo estándar

Al realizar un análisis cuantitativo el tiempo estándar, que tiene en cuenta tanto el rendimiento típico del operario como las tolerancias requeridas, es el tiempo total permitido para completar una actividad en condiciones de trabajo normales. Dado que permite establecer criterios fiables para la planificación de la producción, el equilibrio de líneas ensamblaje automotor y la evaluación del rendimiento del sistema de producción acorde a[38].

$$T_{estandar} = T_{normal} * (1 + suplemento\%) \quad \textbf{(1. 3)}$$

$T_{estandar}$ = Tiempo estándar

T_{normal} = Tiempo normal

$suplemento$

1.3.24.6 Cálculo del número de ciclos a cronometrar

Con el fin de garantizar la fiabilidad estadística del estudio de tiempos, se determinó el número de ciclos que debían cronometrarse utilizando la fórmula estadística propuesta por [39], con un nivel de confianza del 94,45 % (40) y un margen de error aceptable del 5.55 %. El valor requerido de N se calculó utilizando una muestra preliminar de (**n**) observaciones, lo que confirmó que la cantidad de datos recopilados cumplía los requisitos de representatividad estadística necesarios para validar los resultados del estudio.

$$N = \left(\frac{40 * \sqrt{n * \sum X_i 2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i}\right)^2 \quad \textbf{(1. 4)}$$

N = Número de observaciones representativas de la muestra.

K = Coeficiente de error estándar.

S = Error máximo permisible.

n = Tamaño de muestra requerido para el nivel de confianza definido.

40 = Constante estadística para un nivel de confianza del 94,45 %.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar cuantitativamente un nuevo método de suministro de componentes en líneas de ensamble automotor con el propósito de reducir los tiempos muertos, incrementar la eficiencia operativa en líneas de ensamblaje.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la situación actual de la línea de ensamble, identificando los factores que generan tiempos muertos en el suministro de componentes, mediante observación directa, cronometraje de actividades y diagramas de flujo, para establecer la línea base de mejora.
- Diseñar un nuevo método de suministro de componentes hacia la línea de ensamble, aplicando principios de logística interna y flujo continuo, con el fin de reducir ineficiencias en la entrega-recepción de componentes de ensamblaje.
- Comparar cuantitativamente el desempeño del método tradicional y el nuevo método propuesto, utilizando indicadores como tiempos muertos, tiempo de ciclo y eficiencia global de la línea de ensamble, para validar la mejora en productividad.

1.4.3 Hipótesis

Hipótesis de investigación

La aplicación de un nuevo método de suministro de componentes incide en la reducción de tiempos improductivos y en la mejora de la eficiencia operativa de la línea de ensamble automotor.

Hipótesis nula

La aplicación de un nuevo método de suministro de componentes no incide en la reducción de tiempos improductivos ni en la mejora de la eficiencia operativa de la línea de ensamble automotor.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Equipos y materiales

Para el desarrollo de la investigación se emplearon equipos, instrumentos y materiales orientados a la observación, medición, registro y análisis de la información del proceso productivo. Entre los principales recursos utilizados se consideraron el cronómetro digital para la medición de tiempos de operación, hojas y formatos de registro para el estudio de tiempos, diagramas de flujo del proceso, tablas de valoración del desempeño del operario, criterios de suplementos para el cálculo del tiempo estándar y equipo informático para la organización y procesamiento de la información.

TABLA V

EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES UTILIZADOS

Nº	Equipo, instrumento o material	Clasificación	Cantidad	Descripción / características	Uso dentro del proyecto
1	Prototipo KIT CAR	Equipo	2	Dispositivo diseñado para facilitar el traslado de materiales y apoyar el proceso de ensamblaje	Optimizar la movilización de componentes dentro del área de trabajo y reducir tiempos improductivos
2	Cronómetro	Instrumento	1	Instrumento de medición de tiempo en segundos	Registrar los tiempos de ejecución de cada operación antes y después de la implementación del prototipo
3	Computadora	Equipo	1	Equipo de procesamiento de información	Organizar, procesar y analizar los datos obtenidos durante la investigación
4	Microsoft Excel	Instrumento digital	1	Software de hoja de cálculo	Elaborar tablas, cálculos estadísticos, gráficos comparativos y análisis de resultados

Nº	Equipo, instrumento o material	Clasificación	Cantidad	Descripción / características	Uso dentro del proyecto
5	Hojas de registro de datos	Material	Varias	Formatos físicos o digitales para anotar observaciones y tiempos	Registrar la información recolectada durante el estudio de tiempos
6	Materiales del ensamblaje	Material	Según requerimiento	Piezas, componentes y elementos necesarios para el armado del producto	Ejecutar el proceso de ensamblaje en condiciones normales y con la propuesta de mejora
7	Herramientas manuales	Equipo auxiliar	Según requerimiento	Destornilladores, pinzas, llaves u otras herramientas utilizadas en el proceso	Facilitar las operaciones manuales durante el ensamblaje
8	Mesa o estación de trabajo	Equipo	1	Superficie destinada al desarrollo de las actividades operativas	Servir como espacio físico para la ejecución ordenada del proceso de ensamblaje
9	Cinta métrica o regla	Instrumento	1	Instrumento de medición lineal	Verificar dimensiones relacionadas con el prototipo o la distribución del área de trabajo
10	Cámara fotográfica o teléfono celular	Instrumento de apoyo	1	Dispositivo de registro visual	Documentar el desarrollo del proyecto y evidenciar la aplicación del prototipo KIT CAR

Asimismo, se consideraron como parte del sistema de estudio los componentes automotrices utilizados en el ensamble, contenedores, racks, medios de abastecimiento interno, estaciones de trabajo y elementos de apoyo vinculados a la logística de suministro. Estos recursos permitieron evaluar la manera en que los materiales llegan al punto de uso y cómo dicha organización influye en el comportamiento productivo de la línea.

2.2 Métodos

2.2.1 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo descriptiva y cuantitativa, debido a que se orientó a observar, medir, registrar y analizar el comportamiento del proceso de ensamble automotor a partir de variables objetivas como tiempos de operación, tiempo promedio, tiempo normal, tiempo estándar, carga de trabajo y capacidad operativa de la línea.

Su carácter descriptivo se justifica porque permitió identificar las condiciones reales de funcionamiento del sistema de ensamble, reconociendo la distribución del trabajo entre estaciones, las actividades que no agregan valor y las condiciones que afectan la continuidad del proceso. Por su parte, el enfoque cuantitativo permitió trabajar con mediciones numéricas verificables, posibilitando la comparación técnica entre estaciones y el análisis de la eficiencia de la línea con base en indicadores concretos.

2.2.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue no experimental y de corte transversal con alcance descriptivo-comparativo, ya que el fenómeno fue observado en su contexto real sin manipulación directa de las variables del proceso y en un periodo específico de análisis. A partir de esta observación, se efectuó una comparación técnica entre los tiempos registrados en las distintas estaciones de trabajo, con el fin de evaluar la distribución de la carga operativa y la incidencia del sistema de suministro en el comportamiento general de la línea.

Este diseño fue pertinente porque permitió estudiar la línea tal como opera en condiciones reales de producción, manteniendo la autenticidad del entorno industrial y garantizando que los resultados obtenidos representen el comportamiento verdadero del proceso.

2.2.3 Población y muestra

TABLA VI
ESTACIONES CONSIDERADAS EN LA MUESTRA

N.º	Estación	Proceso considerado	Unidad de análisis
1	C1	Ingreso, inspección y preparación inicial del chasis	Tiempo de operación registrado

N.º	Estación	Proceso considerado	Unidad de análisis
2	C2	Preensamble, preparación y montaje de componentes posteriores	Tiempo de operación registrado
3	C3	Montaje, ajuste y torque de componentes de suspensión/chasis	Tiempo de operación registrado
4	C4	Instalación de componentes frontales y actividades de apoyo	Tiempo de operación registrado
5	C5	Operaciones de ensamble, verificación y soporte de línea	Tiempo de operación registrado
6	C6	Continuidad del montaje y abastecimiento operativo	Tiempo de operación registrado
7	C7	Operaciones de torque, ajuste y verificación del conjunto	Tiempo de operación registrado
8	C8	Inspección y actividades finales de mayor carga relativa	Tiempo de operación registrado
9	C9	Control final, movimiento y cierre de operación	Tiempo de operación registrado

La población estuvo conformada por todas las operaciones desarrolladas en la línea de ensamble de chasis del modelo POER 4X4 durante la jornada productiva. La muestra estuvo integrada por las operaciones observadas y cronometradas en las estaciones C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 y C9**,** incluyendo a los operarios directamente involucrados en dichas actividades.

La selección de la muestra fue no probabilística por conveniencia, debido a que el estudio se enfocó en la línea accesible dentro del entorno industrial y en el conjunto de estaciones que representaban el proceso real de ensamble analizado. Esta elección fue adecuada para los fines de la investigación, ya que permitió trabajar con el sistema donde se identificó la problemática y donde era posible desarrollar el análisis técnico correspondiente.

2.2.4 Recolección de información

Para la recolección de información se emplearon las técnicas de observación directa**,** estudio de tiempos **y** registro técnico de operaciones. La observación directa permitió

identificar el comportamiento real de la línea, la secuencia de trabajo de cada estación, la forma de abastecimiento de materiales y la presencia de actividades improductivas o sin valor agregado. El estudio de tiempos permitió medir la duración de las operaciones en cada estación, obteniendo así los datos necesarios para el cálculo de tiempo promedio, tiempo normal y tiempo estándar.

2.2.5 Variables de la investigación

La operacionalización de variables permite establecer de manera precisa cómo serán observadas, medidas y analizadas las variables del estudio. En el presente proyecto, la variable independiente corresponde a la implementación del prototipo KIT CAR, mientras que la variable dependiente está representada por el tiempo de ensamblaje, el cual se midió mediante observación directa y estudio de tiempos.

TABLA VII
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Prueba piloto del prototipo KIT CAR	Uso del prototipo en la operación	Aplicación del sistema en el proceso de ensamblaje	Observación directa	Ficha de observación
	Traslado de materiales	Número de desplazamientos realizados	Observación directa	Hoja de registro
	Organización del trabajo	Distribución ordenada de materiales y herramientas	Observación directa	Ficha de observación
Tiempo de ensamblaje	Tiempo de ciclo	Duración total del proceso	Estudio de tiempos	Cronómetro
	Tiempo por operación	Tiempo empleado en cada actividad	Estudio de tiempos	Hoja de registro de tiempos

Variable	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
	Tiempo improductivo	Minutos o segundos perdidos en desplazamientos o esperas	Estudio de tiempos	Cronómetro y hoja de control
	Mejora del proceso	Porcentaje de reducción del tiempo de ensamblaje	Análisis comparativo	Excel y tablas de datos

2.2.6 Variable independiente

Método de suministro de componentes

Definición conceptual:

Corresponde al sistema logístico utilizado para abastecer de materiales y piezas a las estaciones de trabajo dentro de la línea de ensamble automotor, con el propósito de garantizar la disponibilidad oportuna de los componentes requeridos durante el proceso productivo.

Definición operacional:

Se expresa en la forma en que los componentes son organizados, trasladados y entregados a las estaciones de trabajo, considerando criterios de proximidad al punto de uso, orden, secuencia de abastecimiento y continuidad del flujo de materiales.

2.2.7 Variable dependiente

Desempeño operativo de la línea de ensamble

Definición conceptual:

Es el comportamiento técnico y productivo del sistema de ensamble automotor, reflejado en la eficiencia de sus estaciones, en la continuidad del flujo de trabajo y en la capacidad de la línea para cumplir la demanda programada.

Definición operacional:

Se midió mediante indicadores como tiempo promedio observado, tiempo normal, tiempo estándar, tiempo total por unidad, takt time, carga operativa por estación, actividades que no agregan valor y requerimiento técnico de operarios.

2.2.8 Procesamiento de la información y análisis estadístico

Una vez recopilada la información, los datos fueron organizados y sistematizados en tablas de trabajo para facilitar su revisión técnica y su posterior análisis. A partir de ello, se calcularon medidas descriptivas como promedios, diferencias entre estaciones, tiempos corregidos y capacidad operativa de la línea.

La siguiente tabla presenta las principales fórmulas e indicadores empleados en el análisis del proceso de ensamblaje. Estas expresiones permitieron calcular los tiempos observados, tiempos normalizados, tiempos estándar y los niveles de mejora alcanzados con la implementación del prototipo KIT CAR, facilitando así la evaluación cuantitativa de la propuesta planteada.

TABLA VIII
FÓRMULAS E INDICADORES APLICADOS EN EL ANÁLISIS DE TIEMPOS Y EVALUACIÓN DE LA MEJORA

Nº	Indicador / fórmula	Expresión matemática	Descripción	Unidad
1	Tiempo promedio observado	$T_{po} = \frac{\sum t_o}{n}$	Permite obtener el promedio de los tiempos registrados en varias observaciones de una misma operación	Segundos
2	Tiempo normal	$T_N = T_{po} \cdot V$	Determina el tiempo ajustado según la valoración del desempeño del operario	Segundos
3	Tiempo estándar	$T_E = T_N \cdot (1 + S)$	Establece el tiempo estándar considerando suplementos por fatiga, necesidades personales y demoras inevitables	Segundos
4	Reducción del tiempo	$R_T = T_a - T_d$	Mide la diferencia entre el tiempo antes de la mejora y el tiempo después de la implementación del prototipo	Segundos

Nº	Indicador / fórmula	Expresión matemática	Descripción	Unidad
5	Porcentaje de reducción del tiempo	$\%R_T = \frac{T_a - T_d}{T_a} \cdot 100$	Permite conocer en porcentaje cuánto se redujo el tiempo de ensamblaje	Porcentaje
6	Porcentaje de mejora	$\%M = \frac{Valor\ final - Valor\ inicial}{Valor\ inicial} \cdot 100$	Indica el nivel de mejora alcanzado entre la situación inicial y final del proceso	Porcentaje
7	Eficiencia del proceso	$T_M = T_{total} - T_{productivo}$	Permite determinar el aprovechamiento real del tiempo durante el proceso de ensamblaje	Porcentaje
8	Tiempo muerto	$P = \frac{Unidades\ producidas}{T_{empleado}}$	Identifica el tiempo no aprovechado dentro del proceso	Segundos
9	Productividad del proceso	$P = \frac{Unidades\ producidas}{T_{empleado}}$	Relaciona la cantidad producida con el tiempo utilizado	Unidades por tiempo

Significado de símbolos

- $\boldsymbol{T_{po}}$ = Tiempo promedio observado
- $\sum \boldsymbol{t_o}$ = Sumatoria de tiempos observados
- $\boldsymbol{n}$ = Número de observaciones
- $\boldsymbol{T_N}$ = Tiempo normal
- **V** = Valoración del desempeño
- $\boldsymbol{T_E}$ = Tiempo estándar
- **S** = Suplemento
- $\boldsymbol{T_a}$ = Tiempo antes de la mejora
- $\boldsymbol{T_d}$ = Tiempo después de la mejora
- $\boldsymbol{T_M}$ = Tiempo muerto

El análisis cuantitativo se desarrolló con base en los elementos expuestos en el marco teórico, especialmente el tiempo promedio observado, la valoración del desempeño, el tiempo normal, los suplementos y el tiempo estándar. Además, se contrastaron estos resultados con el takt time de la línea y con el requerimiento técnico de operarios, con el fin de valorar el nivel de equilibrio del sistema y determinar si las estaciones se encontraban dentro de parámetros productivos aceptables.

2.2.9 Procedimiento de Aplicación Metodológica y Diagramas de Flujo

Las cuatro etapas básicas del proceso de aplicación del método se organizan en el siguiente orden:

1. Primera fase de diagnóstico situación inicial: centrada en una evaluación analítica del estado actual de las estaciones C1 a C9 mediante un estudio técnico de tiempos con cronometraje directo determinando los tiempos de ciclo típicos antes de la intervención.

2. Fase de clasificación operativa: esta fase tenía como objetivo clasificar sistemáticamente las tareas observadas en dos categorías:

- Tiempos improductivos
- Tiempos productivos

3. Prueba piloto del prototipo KIT CAR: El flujo logístico interno fue el objetivo principal de la fase de introducción experimental en la que también se evaluó la optimización del suministro de componentes en el punto de uso en tiempo real.

4. Fase de evaluación y validación: Esta fase se centró en el análisis estadístico de los datos recopilados las mediciones técnicas posteriores a la implementación y el cálculo matemático de los indicadores de eficiencia.

El flujo de trabajo sigue una trayectoria lineal directa desde la recopilación de datos en la planta de producción hasta la confirmación de la hipótesis desarrollada.

2.2.10 Variables respuesta o resultados esperados

Las variables respuesta de la investigación fueron: reducción de actividades improductivas, mejora de la continuidad operativa disminución del tiempo estándar por estación, mejor distribución de la carga de trabajo, fortalecimiento de la eficiencia global de la línea y mejor aprovechamiento del recurso humano.

Se esperaba que el análisis permitiera evidenciar oportunidades concretas de mejora en el sistema de ensamble, especialmente en relación con la organización del suministro de componentes, la reducción de tiempos sin valor agregado y la optimización del balance operativo de la línea.

CAPÍTULO III
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Ubicación de la investigación

La presente investigación se desarrolló en una planta de ensamble automotor ubicada en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador, se localizan mediante Google Maps, tomando como referencia geográfica principal el Camino Real, situado en la latitud -1,1512 y la longitud -78,6090, específicamente en el área de ensamble de chasis de la línea correspondiente al modelo POER 4X4. Este espacio industrial fue seleccionado debido a que en él se ejecutan de manera continua actividades de abastecimiento de componentes, montaje y coordinación logística entre estaciones de trabajo, lo que permite analizar de forma directa la relación entre el sistema de suministro y el desempeño operativo de la línea.

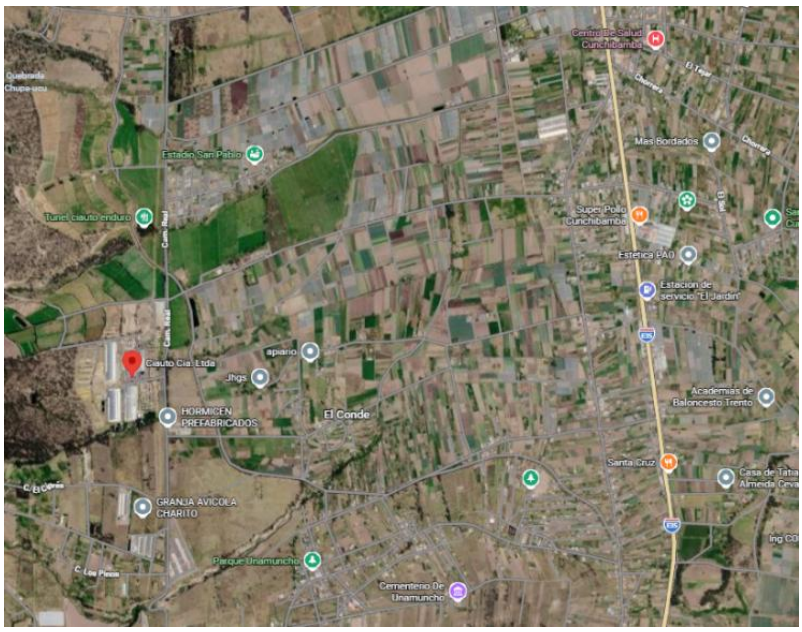


Fig. 11. Localización de las instalaciones de la empresa

El entorno de estudio presenta características propias de un sistema de producción industrial organizado por estaciones secuenciales, en las que intervienen operarios, componentes automotrices, medios de abastecimiento interno y actividades logísticas que condicionan la continuidad del proceso. En este contexto, el análisis se centró en evaluar el comportamiento de la línea desde una perspectiva cuantitativa, con énfasis en los tiempos de operación, la carga de trabajo por estación, el tiempo estándar y la incidencia del método de suministro sobre la eficiencia global del sistema.

3.2 Modelo seleccionado para el estudio

El modelo de vehículo seleccionado y sus características técnicas se presentan en la Tabla IX.

TABLA IX
CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE VEHÍCULO OBJETO DE ESTUDIO.

Modelo	Fotografía
POER MANUAL DICEL 4X4	
ESPECIFICACIONES	
Emisiones	Euro IV
Motor	Motor 2.0L Turbo Diésel 16 válvulas VVT Dual
Potencia	163 Hp
Transmisión	Manual de 6 velocidades
Suspensión delantera	Independiente de doble horquilla
Suspensión trasera	Rígida con ballestas
Frenos	De Disco en las 4 ruedas con ABS + EBD + BA
Neumáticos	265/60 R17
Capacidad de carga (kg)	1050
Capacidad de pasajeros	5

3.3 Evaluación del estado actual del proceso de montaje

3.3.1 Método convencional de suministro

La fig. 12 muestra el sistema actual de suministro de materiales de la línea de chasis de camionetas POER utiliza el método convencional de distribución por lotes.

De acuerdo con este plan, los componentes necesarios para cada unidad de fabricación se preparan y se envían desde el almacén en lotes, que luego se desplazan a lo largo de la línea de montaje y se depositan estación por estación.

Se ha demostrado que las principales causas de las paradas de la línea son una serie de ineficiencias operativas generadas por esta estrategia. El problema es que los operarios de montaje, cuya principal responsabilidad es el montaje técnico de los componentes, tienen que dedicar tiempo a tareas improductivas como organizar, contar y verificar los componentes recibidos por lotes para asegurarse de que la cantidad entregada se corresponde con la necesaria para la producción planificada.

3.4 Problemas detectados con el enfoque actual

• La acumulación de cajas y materiales en los espacios de trabajo, lo que limita el espacio disponible para los procesos de montaje y pone en riesgo la seguridad y la ergonomía de los operarios.

• Interrupciones en el flujo de producción provocadas por el tiempo de inactividad dedicado a contar componentes, esperar materiales y resolver discrepancias entre lo suministrado y lo necesario.

• Se perdían tres unidades de fabricación por cada lote que entraba en la planta, como consecuencia directa del tiempo de inactividad causado por el sistema de suministro actual.

• Mayor probabilidad de error humano en el proceso de verificación manual de componentes, lo que puede dar lugar a paradas inesperadas de la línea, reelaboraciones o incumplimientos de calidad.

• Se produce un desequilibrio en la línea de producción debido al aumento del tiempo de ciclo efectivo en las estaciones en las que el operario debe gestionar los materiales y el montaje al mismo tiempo.

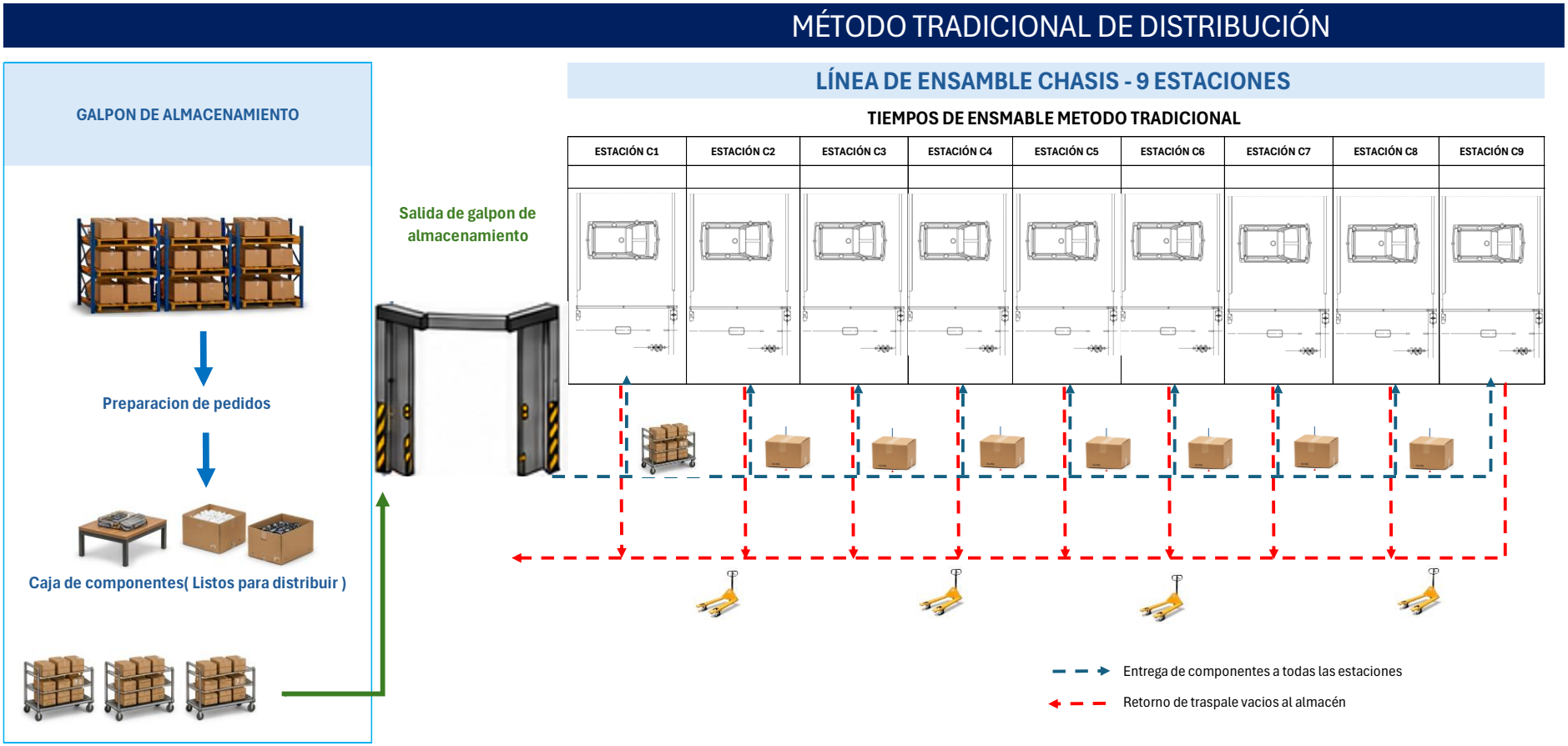


Fig. 12. Método convencional de suministro

3.5 Medición del efecto por perdida por lote

Se han utilizado las unidades perdidas por lote para medir el efecto del método de suministro convencional en la productividad de la línea. Para este estudio, la pérdida de tres unidades por cada carga de lote constituye un indicador clave, ya que proporciona un punto de referencia para evaluar la mejora prevista tras la adopción de la nueva estrategia de suministro que utiliza el KIT CAR.

TABLA X
CUANTIFICACIÓN DE IMPACTO

FACTOR ANALIZADO	**SITUACIÓN ACTUAL (MÉTODO TRADICIONAL)**	**IMPACTO IDENTIFICADO**
Método de suministro	Componentes distribuidos desde almacén estación por estación en lotes	Acumulación de cajas y materiales en la línea
Verificación de componentes	Operarios de ensamble cuentan y verifican componentes por lote antes de ensamblar	Tiempo no productivo invertido en conteo y revisión
Control de lotes	Verificación manual de que llegue el número completo de componentes por lote	Riesgo de error humano y reprocesos
Pérdida de unidades	Se pierden 3 unidades por cada lote ingresado a la línea	Reducción directa de productividad y eficiencia
Flujo de producción	Flujo interrumpido: paradas por espera, conteo y acomodo de componentes	Tiempos muertos que reducen la cadencia de la línea
Espacio en línea	Acumulación de cajas y materiales sobrantes en zonas de trabajo	Riesgos de seguridad y ergonomía; reducción de espacio operativo

3.6 Diagrama de flujo

3.6.1 Proceso de producción área de ensamble línea chasis

CIAUTO	DIAGRAMA DE FLUJO DE ENSAMBLE: VEHICULOS LINEA CHASIS GWM POER	Código:	0
		Versión:	00
	COP-02 REALIZACIÓN DEL PRODUCTO (ENSAMBLE)	Fecha Emisión:	2026-05-05

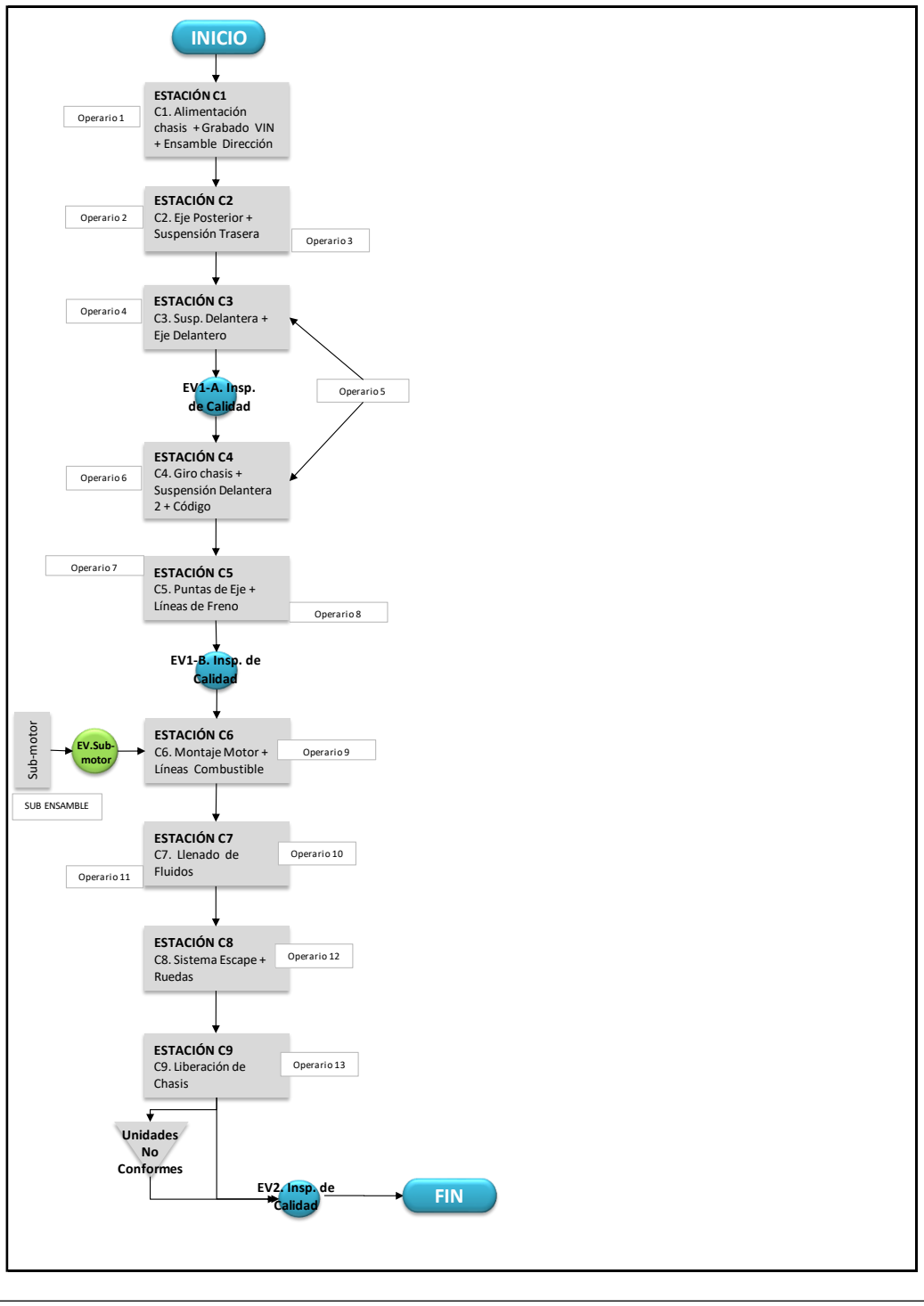


Fig. 13. Flujograma del proceso productivo.

3.7 Explicación del procedimiento de montaje del modelo POER CD 4X2/4X4

El chasis de la camioneta GWM POER CD 4X2/4X4 de 2,0 L diésel se monta en la línea de chasis de camionetas de la planta de fabricación. El proceso se compone de nueve estaciones de trabajo secuenciales (de la C1 a la C9) y una estación de submontaje paralela denominada SM (Sub-Engine). Las hojas de procedimientos estándar (SOS) con el código COP-02-ENS-SOS-01 incluyen operaciones específicas y definidas para cada estación.

La inspección final y el envío del chasis a la línea de montaje de carrocerías A1 (C9) marcan el final del proceso de fabricación, que comienza con la entrada del chasis en la línea (C1). Mientras que la estación SM trabaja en paralelo para preparar el conjunto del tren de potencia antes de su instalación en C6, las estaciones C5 y C6 comparten mano de obra mediante un sistema de transporte.

3.8 Descripción de la estación de trabajo

Estación de trabajo C1: Montaje de la dirección + Estampado del VIN + Alimentación del chasis

El proceso de producción comienza en esta estación de trabajo. El operario limpia y retira los tornillos del chasis tras inspeccionarlo en el bastidor de recepción y alimentarlo a la línea de fabricación. Se realizan las impresiones necesarias y se estampa el VIN del vehículo. A continuación, se montan las barras de acoplamiento izquierda y derecha, la cremallera y el eje inferior del sistema de dirección. Por último, se fijan el soporte anticolisión, el soporte de la rueda de repuesto y los topes delanteros. Para garantizar la trazabilidad, las unidades se registran en el sistema.

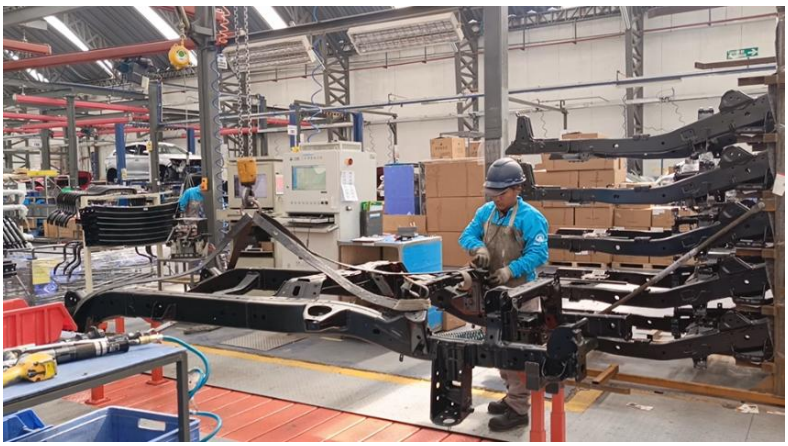


Fig. 14. Estacion C1

Estación C2 : Eje trasero + suspensión trasera

En esta estación se montan los sistemas de tracción y suspensión traseros del vehículo. El procedimiento comienza con la inspección del eje trasero (RR) en el bastidor, antes de trasladarlo a la mesa de premontaje, donde se instalan las placas metálicas y los pernos en U. Se utilizan los conjuntos de cubos correspondientes para fijar el eje RR al chasis. Se colocan y ajustan los cables del freno de mano, se montan los amortiguadores traseros (izquierdo y derecho) y los tubos y mangueras que van al diferencial en ambos lados completan el sistema de frenos trasero.



Fig. 15. Estacion C2

Estación C3: Eje delantero + Suspensión delantera

El montaje de los componentes inferiores de la suspensión delantera es el objetivo principal de esta estación. La protección, las correas metálicas y las placas de montaje del depósito de gasolina vienen premontadas e instaladas. El eje delantero (FR) se eleva, se examina y se adapta para las versiones 4x4. Además, se fija la barra de choque delantera, se premonta la barra estabilizadora y se instala con sus casquillos y abrazaderas, y se montan los soportes inferiores de la suspensión (izquierdo y derecho).



Fig. 16. Estacion C3

Estación C4: Suspensión delantera 2 + Código + Volteo del chasis

Una de las tareas más importantes en esta estación es utilizar una herramienta especializada para dar la vuelta al chasis y acceder a la parte superior del mismo con el fin de instalar los componentes internos. A continuación, se montan el escudo térmico del motor, el conducto de la dirección asistida, los conductos de freno traseros, las abrazaderas de plástico y la válvula de freno combinada. Se montan los soportes superiores de la suspensión y los amortiguadores delanteros (izquierdo y derecho). Se pintan las partes oxidadas y se graban los números de serie.

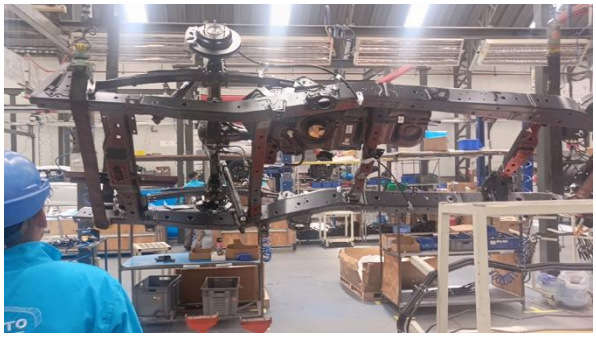


Fig. 17. Estacion C4

Estación C5: Latiguillos de freno + extremos de los ejes

En esta estación se completa el montaje de la suspensión delantera y el sistema de frenos. En los vehículos 4x4, se montan los semiejes delanteros en los extremos de los ejes. Se instalan el protector térmico del motor, los soportes de la suspensión, las articulaciones de la dirección y los semiejes delanteros (izquierdo y derecho). Se aplica compresión y par a la placa superior, al perno inferior y a las puntas de los amortiguadores. Se montan los soportes y se realiza el tendido del mazo de cables para los latiguillos de freno delanteros y los sensores del ABS.



Fig. 18. Estacion C5

Estación de subconjunto del motor (estación paralela) SM

La preparación de todo el conjunto del tren de potencia antes de su integración en el chasis en la estación C6 es responsabilidad de la estación de subconjunto del motor, que funciona en paralelo a la línea principal. El kit de embrague, la transmisión, el motor de arranque, la base y la placa de la transmisión, los mazos de cables del motor y la transmisión con sus conexiones a tierra, las mangueras del calefactor, el radiador y el intercooler, el convertidor catalítico, el colector de escape, el resonador, el depósito de aceite hidráulico y la manguera, los soportes del motor izquierdo y derecho, y las líneas de combustible, vacío y aire acondicionado se instalan en el banco de subensamblaje de esta estación. La caja de transferencia también se suministra para las versiones 4x4.

Estación C6: Conductos de combustible e instalación del motor

En esta estación se monta en el chasis el grupo motopropulsor, que se ha fabricado en la estación SM. Se ajustan el sensor de presión de los neumáticos, el soporte de la manguera del radiador, el conducto de la dirección asistida, el conducto del compresor de aire acondicionado de alta presión, el mazo de cables del chasis con todas sus conexiones, los componentes del sistema de combustible (soporte, filtro, conductos, abrazaderas) y los soportes del motor.



Fig. 19. Estacion C6

Estacion C7: Llenado de fluidos

Esta sección se centra en las conexiones finales de ventilación y en el llenado de fluidos del vehículo. Se instalan la manguera de ventilación del depósito, las válvulas de ventilación de los inyectores (delantera y trasera) y, en los modelos 4x4, la válvula de desempañado del diferencial. Se pliega el conducto de llenado de combustible. Se comprueba el grado de ajuste de los inyectores delantero y trasero. Se instala la tarjeta trasera y, en los modelos 4x4, la tarjeta delantera. Se conecta la manguera de dirección hidráulica y se lleva a cabo el llenado de la caja y del aceite del motor.



Fig. 20. Estacion C7

Estacion C8: Sistema de escape + ruedas

En esta etapa final, se completa el sistema de escape del vehículo mediante la instalación de los cauchos, el tramo intermedio, el silenciador y el tramo final de escape. Se instalan las bases de la cabina (N2 y N4), se montan las ruedas delanteras y traseras con sus tapacubos, y se coloca la línea de emergencia en su ubicación correcta. Se llena el depósito de diésel y se retiran los pernos de sujeción temporales utilizados en el proceso de montaje.



Fig. 21. Estacion C8

Estación C9: Liberación del chasis e inspección final

El último punto de control de calidad en el proceso de montaje del chasis es la estación C9. Todos los sistemas montados en las estaciones anteriores, incluidos el sistema de dirección, la suspensión delantera y trasera, el sistema de frenos, el sistema de combustible, el sistema de escape, los ejes de transmisión, el motor y la transmisión, el mazo de cables, los sensores ABS, los neumáticos y los números de identificación (VIN y números de serie), son inspeccionados de forma exhaustiva y metódica por el operario de liberación. El chasis se traslada a la línea de montaje A1 para reanudar la producción una vez que se han confirmado todos los puntos de inspección y se han documentado las acciones en el documento de control de liberación.



Fig. 22. Estacion C9

3.9 Asignación de procesos según el tipo de vehículo (4x2 frente a 4x4)

En la línea de montaje de chasis se fabrican las versiones de tracción trasera (4X2) y tracción total (4X4) del modelo GWM POER CD 2.0L Diésel. La versión 4X4 incluye procedimientos adicionales relacionados principalmente con el eje delantero, la caja de transferencia y el árbol de transmisión delantero, pero ambas versiones comparten todas las estaciones de trabajo y la secuencia del proceso. La asignación de procesos por tipo de vehículo se muestra en la siguiente tabla.

TABLA XI
ASIGNACIÓN DE PROCESOS POR TIPO DE VEHÍCULO

ESTACIÓN	OPERACIÓN PRINCIPAL	4X2	4X4
C1	Alimentación chasis + VIN + Dirección	✓	✓
C2	Eje posterior + Suspensión trasera	✓	✓
C3	Tanque combustible + Suspensión delantera	✓	✓
C3	Instalación eje delantero (FR)	—	✓
C4	Giro chasis + Suspensión delantera 2	✓	✓
C5	Puntas de eje + Líneas de freno	✓	✓
C5	Semiejes FR LH/RH + tuercas eje FR	—	✓
SM	Sub-ensamble motor + caja + transfer	✓	✓
SM	Inspección e instalación transfer	—	✓
C6	Montaje motor + Líneas combustible	✓	✓
C7	Llenado de fluidos + Cardán RR	✓	✓
C7	Válvula desfogue diferencial + Cardán FR	—	✓
C8	Sistema de escape + Ruedas + Diesel	✓	✓
C9	Inspección final + Liberación chasis	✓	✓

En comparación con la versión 4x2, el modelo 4x4 tiene un tiempo de ciclo más largo debido a las cinco operaciones adicionales que se distribuyen entre las estaciones C3, C5, SM y C7. Dado que el nuevo método de suministro del KIT CAR debe tener en cuenta las distintas preparaciones de los componentes en función del tipo de unidad que se vaya a fabricar, esta diferenciación es importante para el análisis cuantitativo de los tiempos.

3.10 Número de observaciones que deben realizarse

Los tiempos preliminares obtenidos en cada estación se utilizaron como base para un procedimiento estadístico con un nivel de confianza del 94,45 % a fin de calcular el número de observaciones necesarias. La siguiente tabla muestra los resultados con su respectiva formula:

Cálculo de número de observaciones representativas de la muestra.:

$$N = (\frac{40 * \sqrt{n * \sum X_i 2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i})^2$$

TABLA XII
TOTAL DE OBSERVACIONES POR OPERADOR (NIVEL DE CONFIANZA DEL 94,45 %)

N°	Estación	Operario	TOTAL: Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado. NIVEL DE CONFIANZA 94,45%		
1	C1	Operario 1	2	PROMEDIO	# DE MUESTRAS
2	C2	Operario 2	2	1,75	2
3		Operario 3	1		
4	C3	Operario 4	3		
5		Operario 5	1	• 5 muestras → mínimo aceptable • 10 muestras → recomendable • 15-20 → estudio profesional	
6	C4	Operario 6	3		
7	C5	Operario 7	1		
8		Operario 8	2		
9	C6	Operario 9	1		
10	C7	Operario 10	1		
11		Operario 11	3		
12	C8	Operario 12	1		
13	C9	Operario 13	-		

Se estableció que el criterio aceptable era de al menos 5 muestras, recomendándose 10 muestras para la investigación estándar y entre 15 y 20 muestras para los estudios de nivel profesional. Con el fin de lograr una representatividad estadística, se decidió que cada operador recogiera 5 muestras ya que la media total era de 1,75 muestras.

3.11 Recolección de información

La información se recolectó mediante observación directa, cronometraje y registro técnico de actividades improductivas. Los datos fueron organizados por puesto operativo y comparados en dos condiciones: método tradicional y nuevo método con KIT CAR. Para facilitar la lectura, todos los tiempos se presentan en formato minutos: segundos.

3.11.1 Diagrama de flujo con tiempos muertos Método tradicional

CIAUTO	DIAGRAMA DE FLUJO DE ENSAMBLE: VEHICULOS LINEA CHASIS GWM POER	Código:	0
		Versión:	00
	COP-02 REALIZACIÓN DEL PRODUCTO (ENSAMBLE)	Fecha Emisión:	2026-04-01

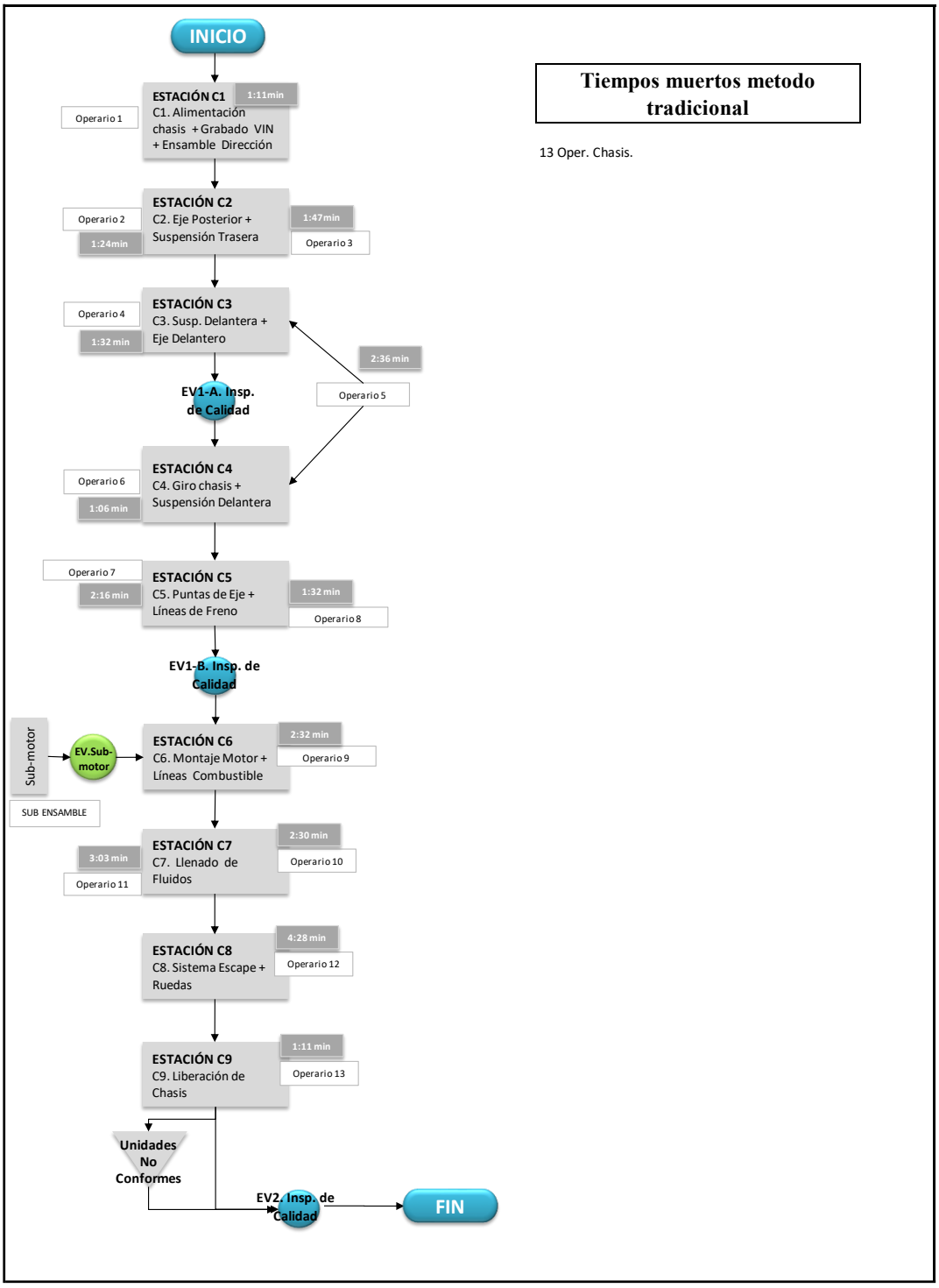


Fig. 23. Diagrama de flujo del proceso de producción línea CHASIS método tradicional

3.12 Cálculo de suplementos para la línea de ensamblaje

Para calcular el tiempo estándar se utilizó la tabla de suplemento de la OIT que determina los porcentajes de los factores de seguridad basándose en las condiciones reales de trabajo. Esta tabla tiene en cuenta tanto aspectos variables como la postura el esfuerzo físico, el ruido, la iluminación y la concentración como factores constantes, como el cansancio general y las exigencias personales.

A. Suplementos Fijos (siempre aplican)			
Factor	**Condición**	**%**	suplemento
Necesidades personales	Actividad ligera	3 – 5 %	3,00%
	Actividad moderada	5 – 7 %	
	Trabajo pesado	7 – 10 %	
Fatiga básica	Trabajo sentado, poco esfuerzo	2 – 4 %	5,00%
	Trabajo de pie o esfuerzo moderado	4 – 6 %	
	Trabajo físico intenso	6 – 10 %	
Total suplementos fijo			8,00%
B. Suplementos Variables (según condiciones)			
Factor	**Condición**	**%**	suplemento
Temperatura	Normal	0%	0,00%
	Elevada (28-32°C)	3-5%	
	Muy elevada (>32°C)	5-10%	
Ruido	Continuo	0-2%	0,00%
	Intermitente fuerte	2-5%	
Iluminación	Buena	0%	0,00%
	Regular	2%	
	Mala	5%	
Postura	Sentado normal	0%	2,00%
	De pie	2%	
	Incómoda/inclinado	3-7%	
Esfuerzo físico	Ligero (hasta 5kg)	0-2%	2,00%
	Moderado (5-20kg)	2-5%	
	Pesado (>20kg)	5-10%	
Concentración	Trabajo repetitivo	0-2%	2,00%
	Precisión media	2-4%	
	Alta precisión	4-8%	
Total suplementos variable			6,00%
Total de suplementos			14,00%

Fig. 24. Tabla de rangos de suplemento línea chasis

Se determinó un suplemento fijo del 8,00 % y un suplemento variable del 6,00 % mediante el análisis de las condiciones de trabajo en la línea de chasis. El grado de concentración necesario durante el montaje la posición de pie y el esfuerzo físico moderado fueron las variables determinantes. Incorporado al cálculo del tiempo normal el porcentaje total de suplemento aplicado al estudio de tiempos fue del 14 %.

3.13 Datos Registrados por Estación y Operario

La siguiente tabla consolida los tiempos muertos promedio y estándar registrados por estación de trabajo y operario, tanto bajo el Método Tradicional como bajo el Nuevo Método. Los tiempos se expresan en formato hh:mm:ss.

TABLA XIII
TIEMPOS MUERTOS POR ESTACIÓN Y OPERARIO MÉTODO TRADICIONAL

N°	ESTACIÓN	OPERARIO	T. PROMEDIO ESTACIÓN	T. ESTÁNDAR ESTACIÓN
1	C1	Operario 1	0:01:03	0:01:11
2	C2	Operario 2	0:01:14	0:01:24
3		Operario 3	0:01:34	0:01:47
4	C3	Operario 4	0:01:20	0:01:32
		Operario 5	0:02:17	0:02:36
5	C4	Operario 6	0:00:58	0:01:06
6	C5	Operario 7	0:01:59	0:02:16
7		Operario 8	0:01:23	0:01:33
8	C6	Operario 9	0:02:13	0:02:32
9	C7	Operario 10	0:02:11	0:02:30
10		Operario 11	0:02:41	0:03:03
11	C8	Operario 12	0:03:55	0:04:28
12	C9	Operario 13	0:01:02	0:01:11
		Promedio	**0:01:50**	**0:02:05**
		SUMA DE TIEMPOS	**0:23:50**	**0:27:09**

3.14 Resultado de cronometrajes de tiempos muertos método tradicional

Con una media de 1 minuto y 50 segundos por operador y un tiempo estándar de 2 minutos y 5 segundos, el tiempo total de inactividad en la línea con el método tradicional fue de 23 minutos y 50 segundos de media y de 27 minutos y 9 segundos de media. La distribución de los retrasos a lo largo de la línea fue notablemente desigual: las estaciones iniciales (C1, C4 y C5) registraron valores muy por debajo de la media de la línea, mientras que las estaciones del último tramo (C6, C7 y C8) concentraron la mayor parte del tiempo de inactividad.

3.15. Estaciones con mayor impacto de tiempos muertos

Con una duración media de 3 minutos y 55 segundos y un tiempo estándar de 4 minutos y 28 segundos lo que supone más del triple de la media de la línea, la estación C8 (Operador 12) constituyó el principal cuello de botella de la operación. La estación C7, a la que se habían asignado dos operadores, fue la siguiente más crítica. El (Operador 11) registró una media de 2 minutos y 41 segundos y un tiempo estándar de 3 minutos y 3 segundos, mientras que el (Operador 10) registró una media de 2 minutos y 11 segundos y un tiempo estándar de 2 minutos y 30 segundos.

Con dos minutos y trece segundos, la estación C6 (operador 9) también obtuvo mejores resultados que la media de la línea. Del mismo modo, se observó una discrepancia significativa entre el (Operador 5) y el (Operador 4) en la estación C3 2 minutos y 17 segundos frente a 1 minuto y 20 segundos, lo que pone de manifiesto una variación interna considerable en dicha estación.

3.16. Estaciones con menor impacto de tiempos muertos

Con un tiempo medio de solo 58 segundos y un tiempo estándar de 1 minuto y 6 segundos, la estación C4 (Operador 6) fue la más eficiente en el método tradicional y la única estación en completar la tarea en menos de un minuto. Las estaciones C1 (Operador) 1, 1:03 de media y C9 (Operador 13) 1:02 de media también registraron tiempos bajos y controlados. En general, no se produjeron atascos importantes en el flujo de la línea causados por estas tres estaciones que operaban con el método convencional.

3.17. Diseño de nuevo método: KIT CAR

3.17.1 Conceptualización y definición

La técnica KIT CAR es un sistema logístico-productivo de vanguardia creado especialmente para líneas de montaje de automóviles con una variabilidad extrema. Su idea básica consiste en combinar la mejora continúa basada en datos, la distribución dinámica, la validación automatizada de la integridad, la gestión digital en tiempo real y la preparación física de los kits en un flujo operativo unificado.

KIT CAR ofrece una solución sistémica y completa que vincula cada kit directamente con el número de chasis del vehículo, garantizando una trazabilidad total desde el almacén hasta la estación de montaje, en contraste con los enfoques actuales que solo resuelven parcialmente las dificultades logísticas del montaje de automóviles.

3.17.2 Los 5 pilares del método KIT CAR

El método KIT CAR es una estrategia integral basada en cinco pilares fundamentales: planificación inteligente, digitalización, logística sincronizada, control de calidad automatizado y mejora continua. Este método fue creado para superar las restricciones presentes en el suministro de materiales en línea. En lugar de funcionar de manera independiente, estos pilares trabajan de forma coordinada, como una red integrada, para transformar el abastecimiento en un proceso fluido, eficiente y con menor margen de error. Además, permite que el suministro se adapte con mayor precisión al ritmo de fabricación establecido por el takt time.

TABLA XIV
5 PILARES MÉTODO KIT CAR

1	KITTING INTELIGENTE	Preparación previa de todos los componentes necesarios para cada operación en un kit individual y personalizado por vehículo, eliminando búsquedas y desplazamientos innecesarios.
2	INTEGRACIÓN DIGITAL	Sistema de gestión digital en tiempo real para rastrear el estado de cada kit, vinculado al número de chasis, con alertas automáticas ante faltantes o errores.

3	DISTRIBUCIÓN DINÁMICA (MILK RUN OPTIMIZADO)	Rutas de suministro programadas y adaptativas que sincronizan la entrega de kits con el ritmo de producción (takt time), reduciendo inventario en línea.
4	CONTROL DE CALIDAD INTEGRADO	Verificación automática de la completitud y secuencia del kit antes de su entrega, garantizando cero errores de montaje y trazabilidad total de piezas.
5	ADAPTABILIDAD Y MEJORA CONTINUA (KAIZEN)	Ciclos periódicos de revisión y ajuste del sistema basados en datos de producción, incorporando retroalimentación de operarios para optimización continua.

3.17.4 Análisis comparativo: métodos actuales frente a KIT CAR

A continuación, se compara en profundidad el enfoque KIT CAR y las principales técnicas de mejora continua, enumeradas en el marco teórico, evaluando importantes estándares de rendimiento:

TABLA XV
ESCALA: ALTO / MEDIO / BAJO

CRITERIO	ALTO	MEDIO	BAJO
COLOR REFERENCIA	VERDE CLARO	AMARILLO	ROJO CLARO
SIGNIFICADO	El método implementa este criterio de forma completa y efectiva. Representa una fortaleza clara y demostrada del enfoque en la industria automotriz.	El método aborda este criterio de manera parcial o indirecta. Existe aporte, pero con limitaciones o dependencia de sistemas adicionales.	El método no contempla este criterio o su contribución es mínima. Representa una brecha o limitación significativa del enfoque.

TABLA XVI
COMPARACIÓN MATRICIAL DE MÉTODOS

Método	Eliminación de desperdicios	Flujo de materiales	Flexibilidad	Control de inventario	Integración logística	Trazabilidad	Productividad operario	Reducción tiempo búsqueda	Aplicación digital/tecnológica
Kaizen / 5S	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Medio	
JIT	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Bajo	Alto	Bajo	
Kanban	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Bajo	
Kitting	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	
Full Kitting	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	
Milk Run	Medio	Alto	Medio	Medio	Alto	Bajo	Alto	Bajo	
KIT-RACK	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio	
KIT CAR	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	

Las celdas en verde representan calificación Alta, amarillo Media y rojo Baja. KIT CAR es el único método que alcanza calificación Alta en los nueve criterios, siendo los de trazabilidad, reducción de tiempo de búsqueda y aplicación digital/tecnológica los más diferenciadores frente a los métodos tradicionales.

La tabla comparativa muestra que KIT CAR es el único enfoque que obtiene una calificación de Alta en los nueve criterios evaluados. En categorías estratégicas como trazabilidad, reducción de tiempos de búsqueda y aplicación digital/tecnológica, los enfoques tradicionales como Kanban, JIT y Milk Run obtienen calificación Baja, lo que refleja su diseño originalmente concebido para contextos sin integración digital. Estas brechas no son teóricas: se verifican en los tiempos muertos medidos en la línea de chasis POER, donde la reducción promedio del 31,28% (Tabla XXIV) evidencia empíricamente las limitaciones que los métodos anteriores no resolvían.

TABLA XVII
JUSTIFICACIÓN TÉCNICA Y CUANTITATIVA: KIT CAR FRENTE A CADA MÉTODO

MÉTODO COMPARADO	LIMITACIÓN DOCUMENTADA DEL MÉTODO EXISTENTE	VENTAJA TÉCNICA DEL MÉTODO KIT CAR	EVIDENCIA CUANTITATIVA EN PLANTA POER
Kanban	Liao [16] confirma que Kanban controla cuándo reaprovisionar mediante señales visuales, pero no garantiza la completitud ni la secuencia correcta de componentes entregados. La señal Kanban no opera sobre el armado del kit ni verifica integridad antes de la entrega.	KIT CAR incorpora señales digitales equivalentes al Kanban y añade validación automática de integridad del kit antes de entrega, vinculación al número de chasis y alertas ante faltantes. Esto elimina la causa raíz de los tiempos improductivos que Kanban por sí solo no resuelve.	Los tiempos muertos registrados en la línea de chasis POER con el método tradicional (que opera con lógica Kanban) mostraron una reducción promedio del 31,28% al implementar KIT CAR, equivalente a 7 minutos acumulados de tiempo muerto estándar eliminados por ciclo de línea (Tabla XXIV).
JIT	Según [16], el JIT requiere sincronización	KIT CAR aplica los principios JIT	En la línea de chasis POER, la variabilidad

	perfecta entre proveedores externos y línea de producción. Gong [17] documenta que su principal vulnerabilidad radica en la variabilidad de la cadena de suministro, que genera paradas no planificadas cuando la entrega no es exactamente a tiempo.	internamente mediante un buffer de kits pre-armados con rutas Milk Run dinámicas sincronizadas con el takt time. Esto aísla la línea de ensamble de la variabilidad logística interna, eliminando la dependencia directa de tiempos de reaprovisionamiento.	en el suministro interno fue la principal causa de tiempo muerto. El operario C2-Operario3 redujo su tiempo improductivo en un 47,35% (de 1:47 a 0:57 min), el mayor porcentaje de mejora individual registrado, atribuible directamente a la eliminación de esperas por suministro.
Milk Run	Yang [32] define el Milk Run como una ruta de transporte programada que optimiza la recolección y distribución de materiales, pero su alcance se limita al movimiento físico entre almacén y estaciones. No gestiona la preparación, completitud ni validación de los componentes transportados.	KIT CAR integra el Milk Run optimizado como uno de sus cinco pilares (Distribución Dinámica), pero lo combina con kitting inteligente, control de calidad integrado y trazabilidad digital. El resultado es un sistema completo donde la ruta de entrega está sincronizada con el contenido validado de cada kit.	Con el método tradicional (Milk Run sin gestión de kit), los operarios C3 y C5 presentaban los tiempos muertos más altos de la línea (2:36 min). Con KIT CAR estos se redujeron en 31,48%, evidenciando que la optimización de ruta sola (Milk Run puro) era insuficiente sin la gestión del contenido del kit.

KIT-RACK	El sistema KIT-RACK organiza ergonómicamente las piezas en un contenedor estructurado para su presentación en estación [33]. Sin embargo, carece de gestión digital, no incorpora validación de integridad del kit ni control de trazabilidad, y su organización es estática, sin adaptación dinámica al ritmo de producción.	KIT CAR adopta la ergonomía del KIT-RACK como base física del carrito de suministro, pero añade soporte digital para verificación en tiempo real, alertas automáticas ante faltantes, trazabilidad por número de chasis y adaptación de rutas según takt time. La ventaja es cualitativa (funcionalidad digital) y cuantitativa (reducción de errores y tiempos).	La eliminación de errores de completitud del kit, no posible con KIT-RACK estático, se refleja en que ningún operario registró incremento de tiempo muerto tras la implementación de KIT CAR: el 100% de los 9 puestos medidos en la Tabla XXIV arrojaron resultado "Mejora", con reducciones que van del 22,22% al 47,35%.

3.17.4.1 Síntesis de la superioridad técnica de KIT CAR

En síntesis, KIT CAR no sustituye a los métodos anteriores por una diferencia de grado, sino por una diferencia estructural: mientras Kanban, JIT, Milk Run y KIT-RACK abordan dimensiones parciales del suministro en línea señalización, sincronización, transporte u organización física respectivamente, KIT CAR integra los cinco pilares de forma sinérgica kitting inteligente, integración digital, distribución dinámica, control de calidad integrado y mejora continua generando un sistema completo orientado al punto de uso. Esta integración es la que explica técnicamente la calificación Alta en los nueve criterios y su respaldo empírico en una reducción de tiempos muertos del 31,28% en la línea de chasis POER.

3.18 Propuesta: KIT CAR como nuevo método de suministro

Como se observa en la Fig 25. Sugerimos utilizar el sistema de suministro KIT CAR, que emplea carros de suministro para transportar todas las piezas necesarias para construir una unidad concreta, con el fin de resolver el problema señalado. Estos carros se fijan directamente al chasis del vehículo y lo siguen a lo largo de toda la línea en un sistema de flujo continuo, lo que garantiza que el operario de cada estación tenga siempre a mano las piezas necesarias y de forma ordenada, eliminando la necesidad de desplazamientos adicionales para recoger material, contar o verificar.

Este enfoque se ha aplicado con éxito en plantas de montaje de primer nivel, como las de Toyota y Renault, donde ha demostrado ser beneficioso para reducir los tiempos de inactividad en el suministro de materiales, aumentar la eficiencia de la línea de montaje y mejorar la ergonomía y la organización de los puestos de trabajo. Utilizando como variables de estudio los tiempos de inactividad registrados y las unidades producidas antes y después de la adopción del nuevo enfoque, este estudio pretende examinar de forma objetiva el impacto de su implantación en la línea de chasis de camionetas POER.

3.19 Desarrollo de propuesta de mejora

La propuesta de mejora surge a partir de los resultados obtenidos en el análisis cuantitativo de la línea de ensamble de chasis, en donde se identificaron diferencias en la carga operativa entre estaciones, presencia de actividades que no agregan valor y oportunidades de optimización relacionadas con la organización del suministro de componentes. En función de ello, se plantea fortalecer el sistema de abastecimiento interno mediante una organización más estructurada de los materiales en el punto de uso, orientada a reducir tiempos improductivos y mejorar la eficiencia del proceso.

La propuesta se enmarca en los principios de logística interna, manufactura esbelta, flujo continuo, kitting y mejora continua, abordados en el Capítulo I. Su finalidad es contribuir a una operación más estable, ordenada y eficiente dentro de la línea de ensamble automotor.

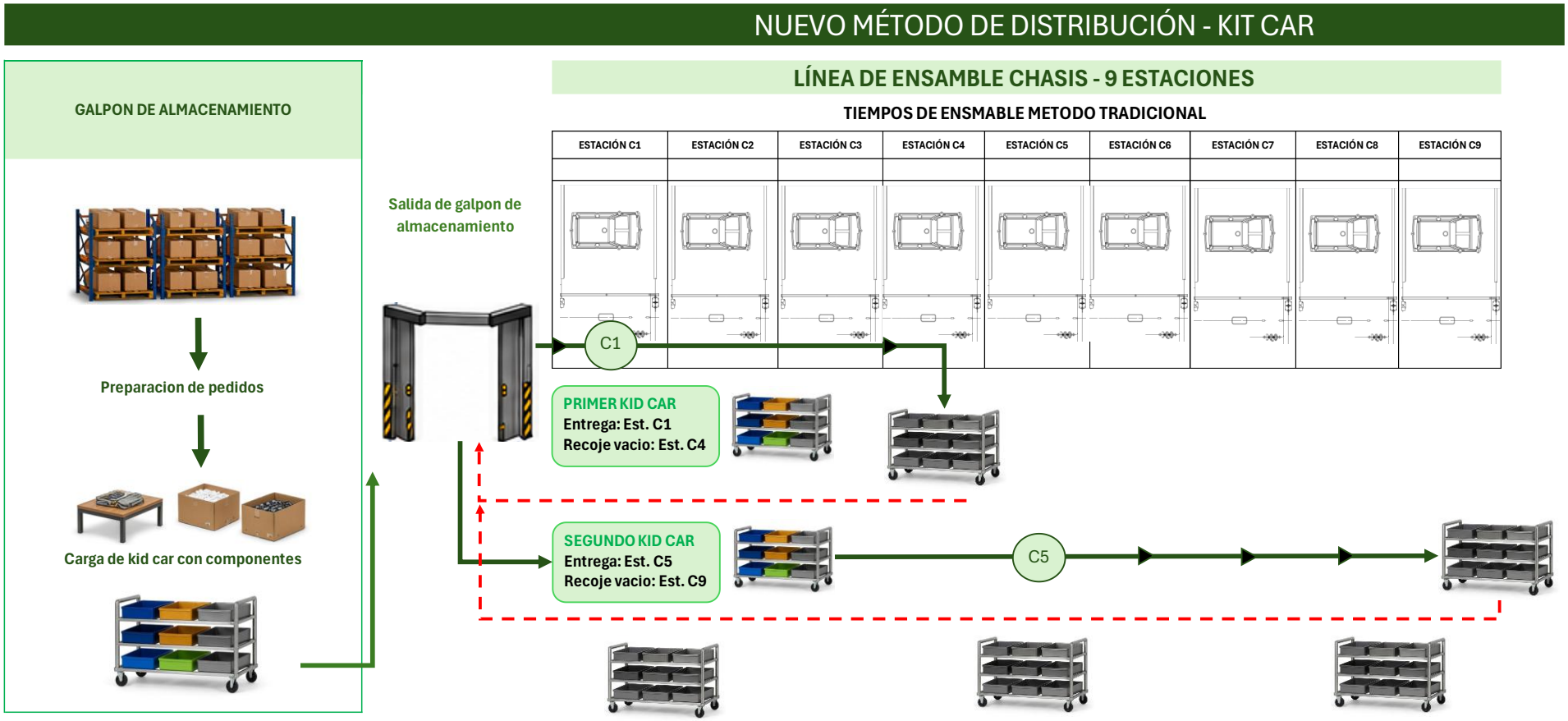


Fig. 25. Nevo método propuesto (KIT CAR)

3.20 Fundamentación de la propuesta

El marco teórico desarrollado en la investigación establece que la productividad de una línea de ensamble automotor depende en gran medida del adecuado abastecimiento de materiales, de la reducción de movimientos innecesarios y de la eliminación de actividades que no generan valor al producto. En este sentido, los resultados obtenidos en el análisis evidenciaron que, aunque la línea cumple con la producción diaria programada, todavía existen diferencias de carga operativa entre estaciones y tiempos destinados a actividades improductivas, lo que afecta el aprovechamiento global del sistema.

La propuesta se fundamenta en la necesidad de aproximar los materiales al punto de uso, facilitar el acceso del operario a los componentes requeridos, disminuir recorridos y tiempos de búsqueda, y favorecer una distribución más uniforme del trabajo. Desde esta perspectiva, la mejora del sistema de suministro no constituye únicamente un cambio logístico, sino una estrategia técnica para elevar la productividad y fortalecer la continuidad del proceso de ensamble.

3.21 Descripción de la propuesta

La propuesta consiste en implementar un sistema de suministro más ordenado, próximo al punto de uso y adaptado a los requerimientos reales de cada estación de trabajo. Esto implica organizar los componentes de acuerdo con la secuencia de montaje, su frecuencia de utilización y la necesidad específica de cada puesto, reduciendo así las interrupciones asociadas a búsqueda de materiales, recorridos internos o desabastecimiento momentáneo.

De manera complementaria, se plantea mejorar la disposición física de los componentes dentro del área de trabajo, utilizando criterios de accesibilidad, ergonomía y orden visual. Esta reorganización permitirá que el operario disponga de los materiales requeridos de forma más rápida y segura, disminuyendo actividades que no agregan valor al producto final.

3.22 Desarrollo técnico de la propuesta

Desde el punto de vista técnico, la propuesta se orienta a intervenir en tres aspectos principales: la organización del suministro, la disposición de materiales en estación y el control de actividades improductivas.

En primer lugar, se propone estructurar la entrega de componentes de manera secuencial, de modo que los materiales lleguen a cada estación según la necesidad del proceso y no de forma desordenada o acumulativa. En segundo lugar, se plantea reorganizar el área de trabajo bajo criterios de accesibilidad y estandarización, facilitando la ubicación de componentes, herramientas y elementos de apoyo dentro de cada estación. Finalmente, se recomienda identificar y controlar las actividades sin valor agregado que fueron detectadas durante el análisis, tales como movimientos innecesarios, esperas, inspecciones repetitivas y traslados internos que interrumpen el ritmo de trabajo.

Esta propuesta busca que la mejora en el suministro tenga un efecto directo sobre el tiempo estándar, la estabilidad de la línea y la productividad general del sistema.

3.23 Plan de pruebas piloto

La implementación debe desarrollarse en cinco etapas: diagnóstico operativo organización del suministro y clasificación de componentes, capacitación del personal operativo; y seguimiento periódico de tiempos muertos.

3.23.1 Diagnóstico operativo inicial

Se debe realizar una revisión detallada de las necesidades de abastecimiento de cada estación, identificando qué componentes son utilizados, con qué frecuencia, en qué secuenci23a y bajo qué condiciones deben estar disponibles para el operario.

3.23.2 Organización del suministro

En esta etapa se establecerá la forma de distribución de materiales hacia las estaciones, priorizando el abastecimiento secuencial, la proximidad al punto de uso y la reducción de desplazamientos internos.

3.23.3 Reordenamiento del área de trabajo

Se deberá mejorar la disposición física de los componentes dentro de cada estación, organizándolos de forma visible, accesible y coherente con la secuencia del ensamble. Esta acción puede complementarse con criterios de 5S para fortalecer el orden, la limpieza y la estandarización del puesto.

3.23.4 Capacitación del personal

El personal operativo deberá recibir orientación sobre la nueva forma de organización del suministro, el uso adecuado de los materiales en estación y la importancia de eliminar actividades que no agregan valor al proceso.

3.23.5 Seguimiento y control

Finalmente, será necesario realizar un seguimiento periódico de los tiempos de operación, del comportamiento de la línea y de la permanencia de la mejora, con el fin de corregir desviaciones y detectar nuevas oportunidades de optimización.

3.24 Evaluación de la propuesta

La evaluación de la propuesta deberá realizarse mediante el seguimiento de indicadores como tiempo promedio observado tiempo estándar por estación, cumplimiento del takt time reducción de actividades improductivas y comportamiento del balance de línea.

Una vez aplicada la mejora estos indicadores permitirán verificar si la organización del suministro contribuye efectivamente a fortalecer la eficiencia operativa del proceso. En este sentido la propuesta será considerada viable en la medida en que logre disminuir desperdicios mejorar la estabilidad de la línea y favorecer una utilización más racional de los recursos disponibles.

TABLA XVIII
COMPARACIÓN DEL FLUJO DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES ENTRE EL MÉTODO TRADICIONAL Y EL MÉTODO KIT CAR

N°	Elemento del flujo	Método tradicional	Nuevo método KIT CAR	Interpretación técnica

1	Preparación de pedidos	Preparación de pedidos en almacén	Preparación y carga del KIT CAR con componentes	El nuevo método incorpora una carga más controlada antes de ingresar a línea.
2	Medio de suministro	Carros o contenedores con componentes	KIT CAR con componentes	Se reduce la manipulación dispersa de contenedores.
3	Entrega a estaciones	Distribución general a todas las estaciones C1 a C9	Entrega principal en C1 y C5	El suministro se organiza por puntos estratégicos de abastecimiento.
4	Retorno de equipos vacíos	Retorno de carros o contenedores vacíos al almacén	Recogida de KIT CAR vacío en C4 y C9	El retorno se vuelve más definido y permite cerrar el ciclo logístico.
5	Lectura técnica	Mayor posibilidad de recorridos, esperas y acumulación	Mayor proximidad al punto de uso y mejor control del flujo	La mejora se orienta a disminuir tiempos muertos por transporte y búsqueda.

En comparación con el método tradicional el método KIT CAR mejora el flujo de distribución de componentes de cinco maneras principales: centraliza la preparación de pedidos con un mayor control antes de que los artículos entren en la línea de producción sustituye los carros y contenedores dispersos por un único KIT CAR que transporta los componentes concentra la entrega en puntos estratégicos (C1 y C5) en lugar de distribuirla a todas las estaciones estandariza la devolución del material vacío desde C4 y C9 para cerrar el ciclo logístico y reduce el tiempo de inactividad por transporte y búsqueda al acercar las piezas.



Fig. 26. Método Tradicional vs Nuevo Método

3.25 Comparar cuantitativamente el desempeño del método tradicional y el nuevo método propuesto

3.26 Recolección de información

La información se recolectó mediante observación directa, cronometraje y registro técnico de actividades improductivas. Los datos fueron organizados por puesto operativo y comparados en dos condiciones: método tradicional y nuevo método con KIT CAR. Para facilitar la lectura, todos los tiempos se presentan en formato minutos: segundos.

3.27 Diagrama de flujo con tiempos muertos Nuevo método

De acuerdo con la Fig. 27 el diagrama muestra el camino del producto desde que entra (INICIO) hasta su liberación final (FIN), aplicado el nuevo método a través de nueve estaciones principales (C1 a C9). En estas estaciones participan trece operadores distribuidos de acuerdo con las labores que les corresponden.

3.28 Procesamiento de la información y análisis estadístico

Una vez registrados los datos, se organizaron en matrices de comparación. Posteriormente se calcularon el tiempo promedio observado, el tiempo normal, el tiempo estándar, la reducción absoluta, el porcentaje de reducción y las horas-hombre relacionadas con los tiempos muertos para la producción diaria considerada.

CIAUTO	DIAGRAMA DE FLUJO DE ENSAMBLE: VEHICULOS LINEA CHASIS GWM POER	Código:	0
		Versión:	00
	COP-02 REALIZACIÓN DEL PRODUCTO (ENSAMBLE)	Fecha Emisión:	2026-03-18

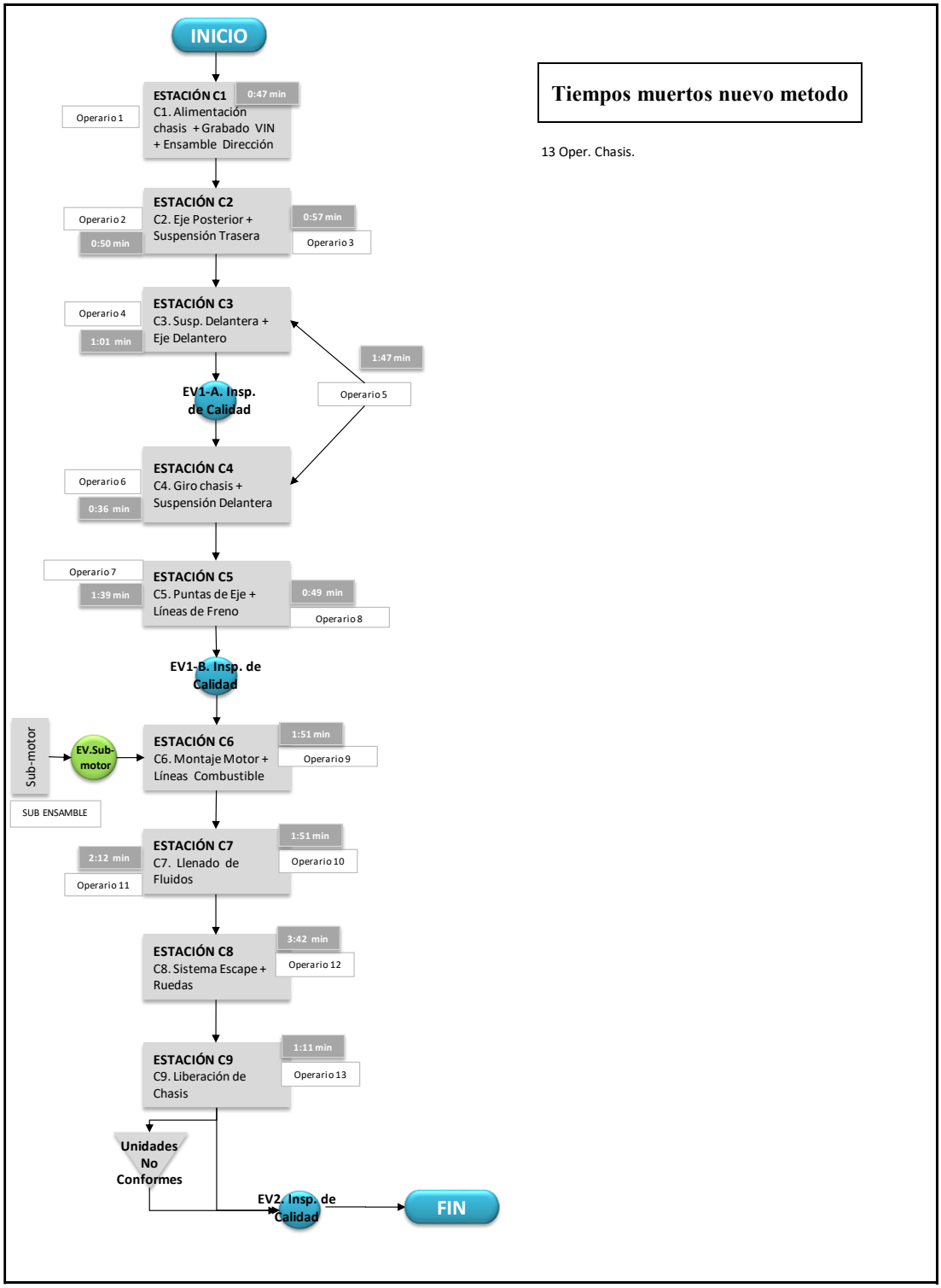


Fig. 27. Diagrama de flujo del proceso de producción línea CHASIS nuevo método

TABLA XIX
FÓRMULAS E INDICADORES APLICADOS EN EL ANÁLISIS DE TIEMPOS MUERTOS

N.º	Indicador / fórmula	Expresión matemática	Descripción	Unidad
1	Tiempo promedio observado	$T_{po} = \frac{\sum t_m}{n}$	Promedio de los tiempos muertos registrados en las observaciones.	min:s
2	Tiempo normal	$T_N = T_{PO} \cdot V$	Tiempo ajustado según la valoración del desempeño del operario.	min:s
3	Tiempo estándar	$T_E = T_N \cdot (1 + S)$	Tiempo con suplementos por fatiga, necesidades personales y demoras inevitables.	min:s
4	Reducción de tiempo muerto	$R_{TM} = T_{E\,trad} - T_{E\,nuevo}$	Diferencia entre el tiempo estándar tradicional y el nuevo método.	min:s
5	Porcentaje de reducción	$\%R_{TM} = \frac{R_{TM}}{T_{E\,trad}} \cdot 100$	Mide el nivel porcentual de mejora alcanzado.	%
6	Takt time	$T_T = \frac{Jornada\ efectiva}{unidades\ planificadas}$	Tiempo máximo disponible por unidad para cumplir la demanda.	min:s
7	Horas-hombre requeridas	$H_H = \frac{T_{E\,total \cdot unidades}}{3600}$	Cuantifica el impacto acumulado de los tiempos muertos en la producción diaria.	horas

Significado de símbolos:

$t_m = tiempos\ muertos$;

$n = número\ de\ observaciones$;

$V = valoración$;

$S = suplemento$;

$T_{E\,trad} = tiempo\ estándar\ tradicional$;

$T_{E\,nuevo} = tiempo\ estándar\ con\ nuevo\ método$;

3.29 Diagnóstico de la situación inicial de la línea de ensamble

El análisis de resultados se desarrolló con base en los tiempos muertos registrados en la línea de ensamble de chasis del modelo POER 4X4. La jornada efectiva considerada fue de 455:00 minutos, equivalente a 7 horas con 58 minutos de trabajo efectivo, y la producción planificada fue de 35 unidades diarias. A partir de estos datos se mantuvo un takt time de 13:00 minutos por unidad, que sirve como referencia técnica para evaluar el margen disponible frente a las actividades improductivas.

A diferencia del análisis anterior, los nuevos datos se enfocan específicamente en los tiempos muertos del proceso. Por ello, la interpretación se orienta a determinar cuánto tiempo improductivo se redujo al pasar del método tradicional al nuevo método con KIT CAR.

TABLA XX
DATOS GENERALES DEL ESTUDIO DE TIEMPOS MUERTOS DE LA LÍNEA DE CHASIS

Indicador	Valor obtenido	Interpretación
Jornada efectiva	455:00 min	Tiempo diario disponible considerado para la línea de chasis.
Unidades planificadas	35 unidades diarias	Demanda diaria utilizada para el cálculo del takt time.
Takt time	13:00 min por unidad	Tiempo máximo disponible por unidad para cumplir la demanda.
Puestos/operarios registrados	13 operarios	Cantidad de puestos operativos considerados en el procesamiento.
Tiempo muerto estándar total tradicional	27:09 min	Carga improductiva acumulada antes de la mejora.
Tiempo muerto estándar total con KIT CAR	19:1 min	Carga improductiva acumulada después de la mejora.
Reducción total de tiempo muerto estándar	7:57 min (31,23%)	Ahorro acumulado obtenido con el nuevo método.

Los datos generales evidencian que el nuevo método redujo el tiempo muerto estándar total de 27:09 a 19:1 minutos. Esto representa una disminución acumulada de 7:57 minutos por unidad equivalente de análisis y una mejora global del 31.23%. en el día.

3.30 Análisis de los tiempos muertos del método tradicional

En la condición inicial, el tiempo muerto promedio observado por puesto fue de 1:50 minutos y el tiempo muerto estándar promedio fue de 2:05 minutos. El tiempo muerto estándar total acumulado de la línea alcanzó 27:09 minutos. Estos valores reflejan la presencia de desplazamientos, búsquedas, esperas y actividades de abastecimiento que no agregan valor directo al ensamble.

TABLA XXI
PROCESAMIENTO DE TIEMPOS MUERTOS POR PUESTO OPERATIVO EN EL MÉTODO TRADICIONAL

Nº	Estación / operario	T.P muerto (min:s)	T.E. muerto (min:s)	T. Efectivo de operación (min:s)
1	C1 - Operario 1	0:01:03	0:01:11	0:11:27
2	C2 - Operario 2	0:01:14	0:01:24	0:11:06
3	C2 - Operario 3	0:01:34	0:01:47	0:10:28
4	C3 - Operario 4	0:01:20	0:01:32	0:11:01
5	C3 - Operario 5	0:02:17	0:02:36	0:09:41
6	C4 - Operario 6	0:00:58	0:01:06	0:11:27
7	C5 - Operario 7	0:01:59	0:02:16	0:10:12
8	C5 - Operario 8	0:01:23	0:01:33	0:10:46
9	C6 - Operario 9	0:02:13	0:02:32	0:09:52
10	C7 - Operario 10	0:02:11	0:02:30	0:09:57
11	C7 - Operario 11	0:02:41	0:03:03	0:09:13
12	C8 - Operario 12	0:03:55	0:04:28	0:07:51
13	C9 - Operario 13	0:01:02	0:01:11	0:11:49
	Promedio	0:01:50	0:02:05	0:10:22

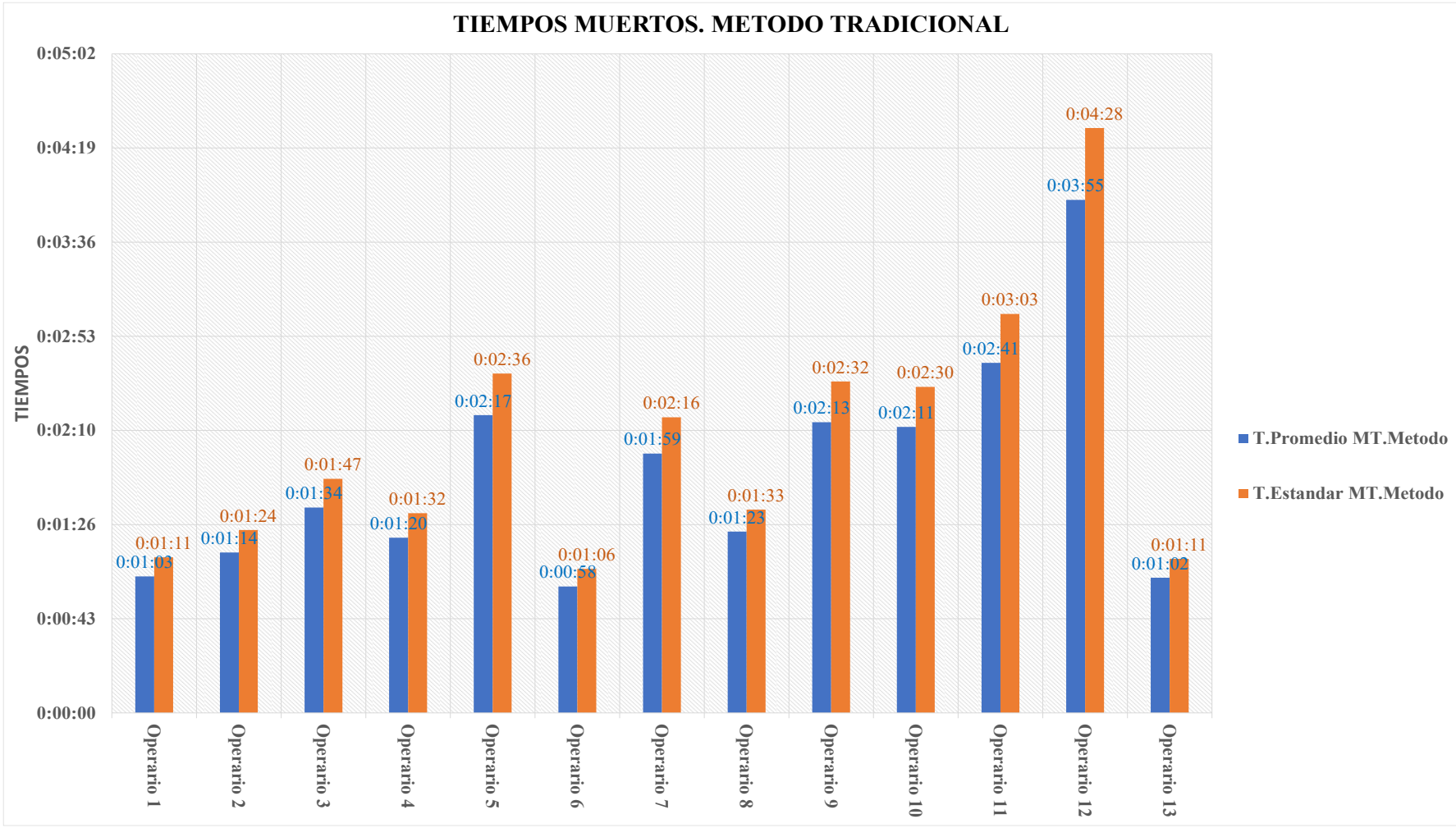


Fig. 28. Tiempos muertos método tradicional

Como su muestra en la Fig. 28 el mayor tiempo muerto estándar del método tradicional se presentó en C8 - Operario 12, con 4:28 minutos como se muestra en la figura anterior. Este puesto constituye el principal punto crítico de la situación inicial, porque concentra la mayor carga improductiva dentro de la línea.

3.31 Análisis de los tiempos muertos con el nuevo método KIT CAR

Con la puesta a prueba del nuevo método, la fig. 29 muestra el tiempo muerto promedio observado disminuyó a 1:18minutos por puesto, mientras que el tiempo muerto estándar promedio se redujo a 1:29 minutos. El tiempo muerto estándar total acumulado fue de 19:12 minutos, lo que demuestra una disminución clara respecto al método tradicional.

TABLA XXII
PROCESAMIENTO DE TIEMPOS MUERTOS POR PUESTO OPERATIVO CON EL PROTOTIPO KIT CAR

Nº	Estación / operario	T.P muerto nuevo (min:s)	T.E muerto nuevo (min:s)	T. Efectivo de operación (min;s)
1	C1 - Operario 1	0:00:41	0:00:47	0:12:13
2	C2 - Operario 2	0:00:44	0:00:50	0:12:10
3	C2 - Operario 3	0:00:50	0:00:57	0:12:03
4	C3 - Operario 4	0:00:53	0:01:01	0:11:59
5	C3 - Operario 5	0:01:34	0:01:47	0:11:13
6	C4 - Operario 6	0:00:31	0:00:36	0:12:24
7	C5 - Operario 7	0:01:27	0:01:39	0:11:21
8	C5 - Operario 8	0:00:43	0:00:49	0:12:11
9	C6 - Operario 9	0:01:38	0:01:51	0:11:09
10	C7 - Operario 10	0:01:38	0:01:51	0:11:09
11	C7 - Operario 11	0:01:56	0:02:12	0:10:48
12	C8 - Operario 12	0:03:15	0:03:42	0:09:18
13	C9 - Operario 13	0:01:02	0:01:11	0:11:49
	Promedio	0:01:18	0:01:29	0:11:31

Un hallazgo relevante que emerge del análisis comparativo es que la estación C8 responsable del sistema de escape, el montaje de ruedas y operaciones complementarias continuó siendo el cuello de botella principal de la línea tras la implementación del método KIT CAR, si bien su tiempo muerto estándar se redujo de

4:28 min a 3:42 min (17,16 %). Este resultado indica que el nuevo método de suministro logra atenuar el impacto improductivo de la estación, pero no elimina el desbalance estructural originada por la alta densidad de actividades asignadas al Operario 12. La persistencia del cuello de botella en C8 sugiere que una intervención integral sobre esta estación debería contemplar, además de la optimización logística ya aplicada, un rediseño del balanceo de línea que redistribuya actividades hacia estaciones con capacidad ociosa, o el refuerzo operativo puntual en los momentos de mayor demanda de la estación.

3.32 Determinación de tiempos muertos promedio y estándar

En la tabla se muestra los tiempos muertos que se obtuvo mediante cálculos mencionados en la metodología.

TABLA XXIII
DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MUERTO PROMEDIO Y ESTÁNDAR POR PUESTO OPERATIVO

Nº	Estación / operario	Suplemento	T.P trad. (min:s)	T.E trad. (min:s)	T.P nuevo (min:s)	T.E nuevo (min:s)
1	C1 - Operario 1	14,00%	0:01:03	0:01:11	0:00:41	0:00:47
2	C2 - Operario 2	14,00%	0:01:14	0:01:24	0:00:44	0:00:50
3	C2 - Operario 3	14,00%	0:01:34	0:01:47	0:00:50	0:00:57
4	C3 - Operario 4	14,00%	0:01:20	0:01:32	0:00:53	0:01:01
5	C3 - Operario 5	14,00%	0:02:17	0:02:36	0:01:34	0:01:47
6	C4 - Operario 6	14,00%	0:00:58	0:01:06	0:00:31	0:00:36
7	C5 - Operario 7	14,00%	0:01:59	0:02:16	0:01:27	0:01:39
8	C5 - Operario 8	14,00%	0:01:23	0:01:33	0:00:43	0:00:49
9	C6 - Operario 9	14,00%	0:02:13	0:02:32	0:01:38	0:01:51
10	C7 - Operario 10	14,00%	0:02:11	0:02:30	0:01:38	0:01:51
11	C7 - Operario 11	14,00%	0:02:41	0:03:03	0:01:56	0:02:12
12	C8 - Operario 12	14,00%	0:03:55	0:04:28	0:03:15	0:03:42
13	C9 - Operario 13	14,00%	0:01:02	0:01:11	0:01:02	0:01:11
	Promedio		0:01:50	0:02:05	0:01:18	0:01:29

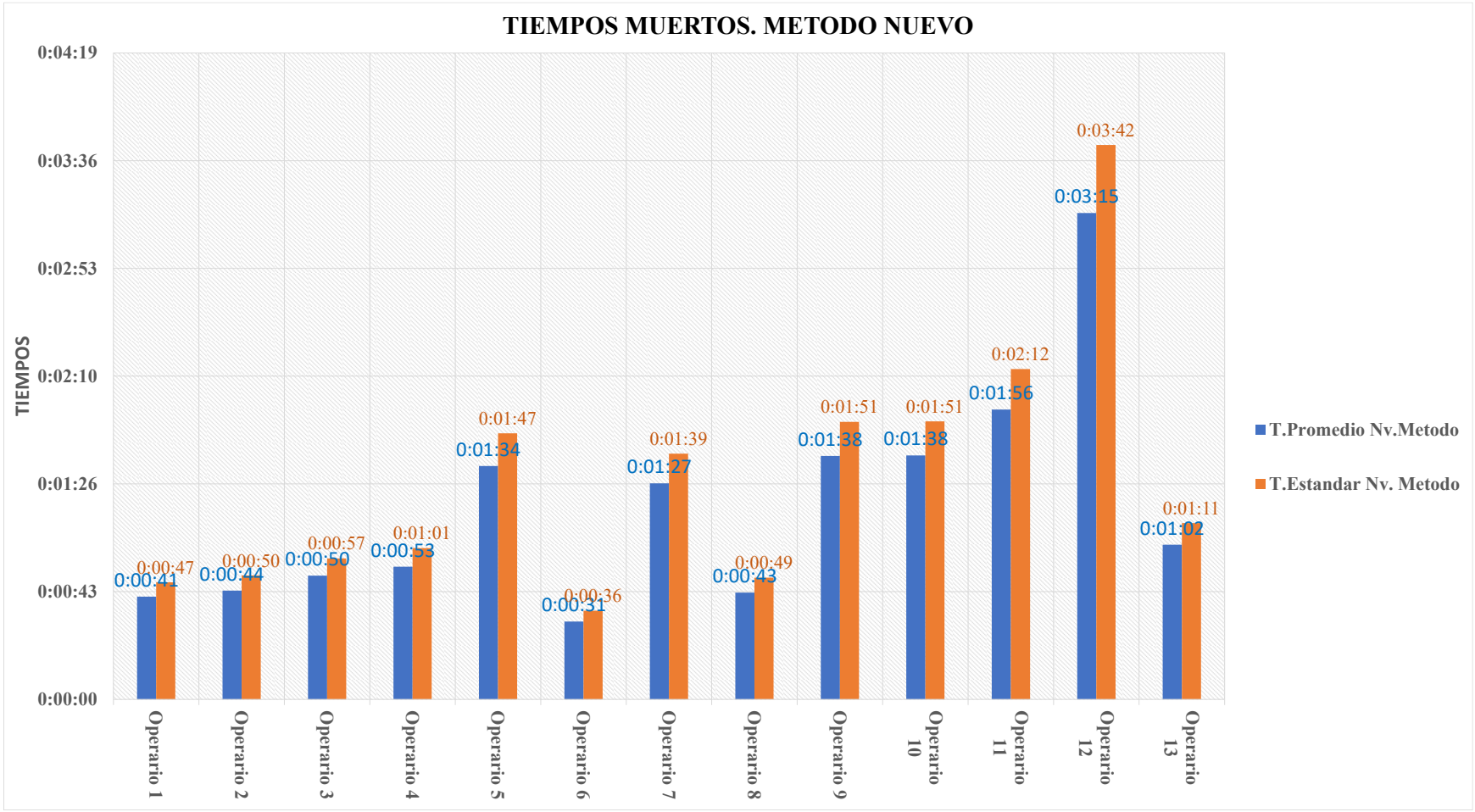


Fig. 29. Tiempos promedio muerto. Nuevo método

3.33 Comparación de tiempos muertos antes y después de la implementación

La comparación entre ambos métodos permitió identificar una reducción promedio del tiempo muerto estándar de 32:00 minutos por puesto equivalente a una mejora global del 31,28%. En términos acumulados, la línea redujo 7:00 minutos de tiempo muerto estándar.

TABLA XXIV
COMPARACIÓN DE TIEMPOS MUERTOS ESTÁNDAR ANTES Y DESPUÉS DEL PROTOTIPO KIT CAR

Nº	Estación / operario	T.E trad. (min:s)	T.E nuevo (min:s)	Reducción (min:s)	Reducción	Resultado
1	C1 - Operario 1	0:01:11	0:00:47	0:00:24	34,19%	Mejora
2	C2 - Operario 2	0:01:24	0:00:50	0:00:34	40,76%	Mejora
3	C2 - Operario 3	0:01:47	0:00:57	0:00:51	47,35%	Mejora
4	C3 - Operario 4	0:01:32	0:01:01	0:00:31	33,83%	Mejora
5	C3 - Operario 5	0:02:36	0:01:47	0:00:49	31,48%	Mejora
6	C4 - Operario 6	0:01:06	0:00:36	0:00:31	46,21%	Mejora
7	C5 - Operario 7	0:02:16	0:01:39	0:00:37	27,37%	Mejora
8	C5 - Operario 8	0:01:33	0:00:49	0:00:44	47,69%	Mejora
9	C6 - Operario 9	0:02:32	0:01:51	0:00:41	26,84%	Mejora
10	C7 - Operario 10	0:02:30	0:01:51	0:00:38	25,46%	Mejora
11	C7 - Operario 11	0:03:03	0:02:12	0:00:51	27,65%	Mejora
12	C8 - Operario 12	0:04:28	0:03:42	0:00:46	17,16%	Mejora
13	C9 - Operario 13	0:01:11	0:01:11	0:00:00	0,00%	Sin variación
	Total / promedio	0:27:09	0:19:12	0:07:57	31,23%	Mejora global

La mayor reducción absoluta se registró en C2 - Operario 3, con una disminución de 0:51 minutos. En términos porcentuales, la mayor mejora se presentó en C5 Operario 8, con una reducción del 47,69%. La estación C9 - Operario 13 no presentó variación, por lo que su tiempo muerto no dependió directamente del nuevo sistema de suministro como se muestra en la fig. 30.

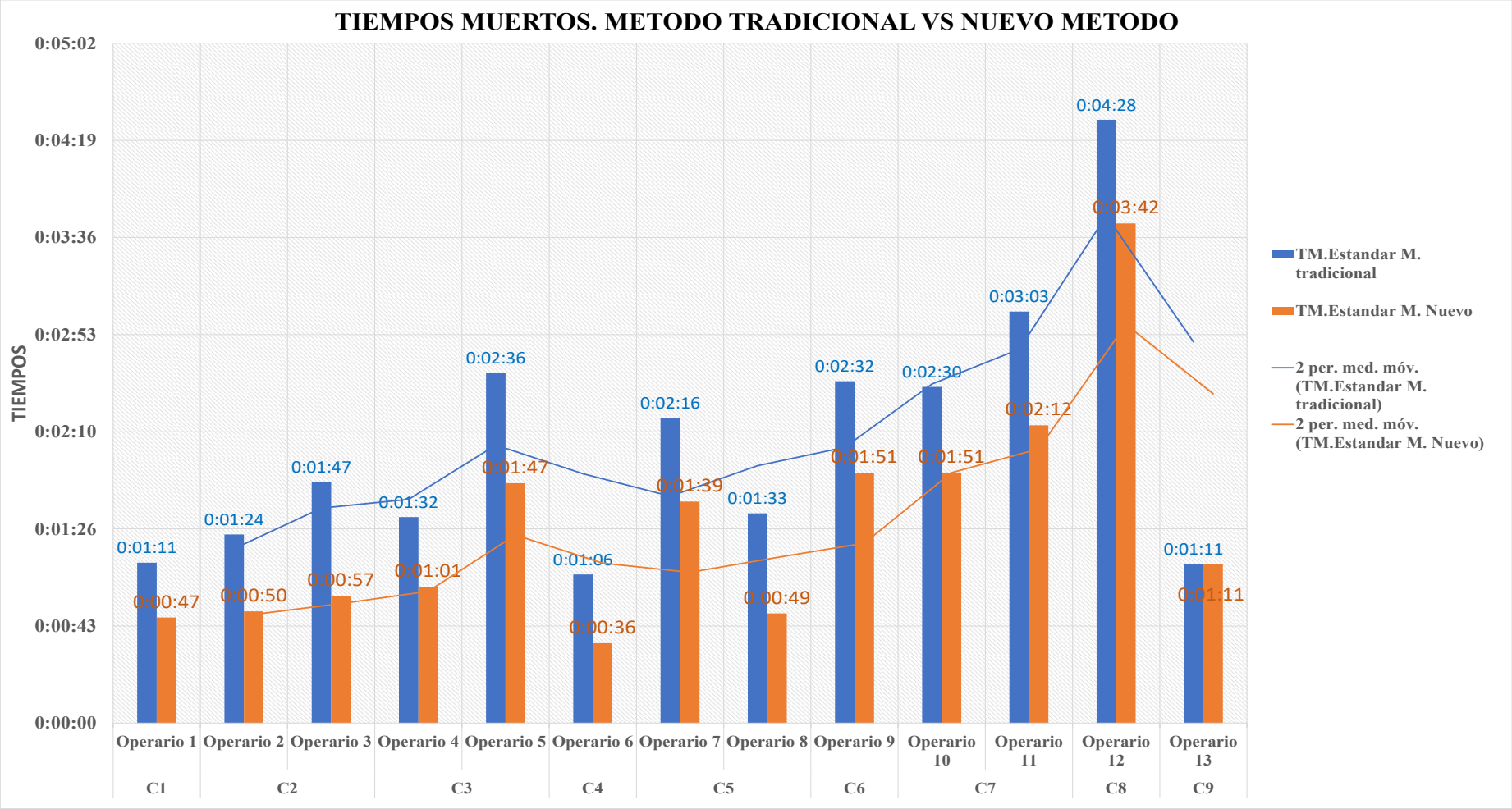


Fig. 30. Tiempos muertos método tradicional vs nuevo método

3.34 Registro de tiempos muertos Promedio de método tradicional vs nuevo método

TABLA XXV
REGISTRO DE TIEMPOS MUERTOS PROMEDIO OBSERVADOS POR PUESTO OPERATIVO

Nº	Estación / operario	T.P tradicional (min:s)	T.P nuevo método (min:s)	Reducción (min:s)	Reducción
1	C1 - Operario 1	0:01:03	0:00:41	0:00:21	34,19%
2	C2 - Operario 2	0:01:14	0:00:44	0:00:30	40,76%
3	C2 - Operario 3	0:01:34	0:00:50	0:00:45	47,35%
4	C3 - Operario 4	0:01:20	0:00:53	0:00:27	33,83%
5	C3 - Operario 5	0:02:17	0:01:34	0:00:43	31,48%
6	C4 - Operario 6	0:00:58	0:00:31	0:00:27	46,21%
7	C5 - Operario 7	0:01:59	0:01:27	0:00:32	27,23%
8	C5 - Operario 8	0:01:23	0:00:43	0:00:40	48,56%
9	C6 - Operario 9	0:02:13	0:01:38	0:00:36	26,84%
10	C7 - Operario 10	0:02:11	0:01:38	0:00:33	25,46%
11	C7 - Operario 11	0:02:41	0:01:56	0:00:44	27,65%
12	C8 - Operario 12	0:03:55	0:03:15	0:00:40	17,16%
13	C9 - Operario 13	0:01:02	0:01:02	0:00:00	0,00%
	Promedio	0:01:50	0:01:18	0:00:32	31,28%

La tabla anterior y fig. 31 muestra que el tiempo muerto promedio observado disminuyó de 1:50 a 1:18 minutos por puesto operativo. La reducción promedio fue de 0:32, equivalente a una mejora global del 31,28% sobre el tiempo muerto observado durante la jornada laboral.

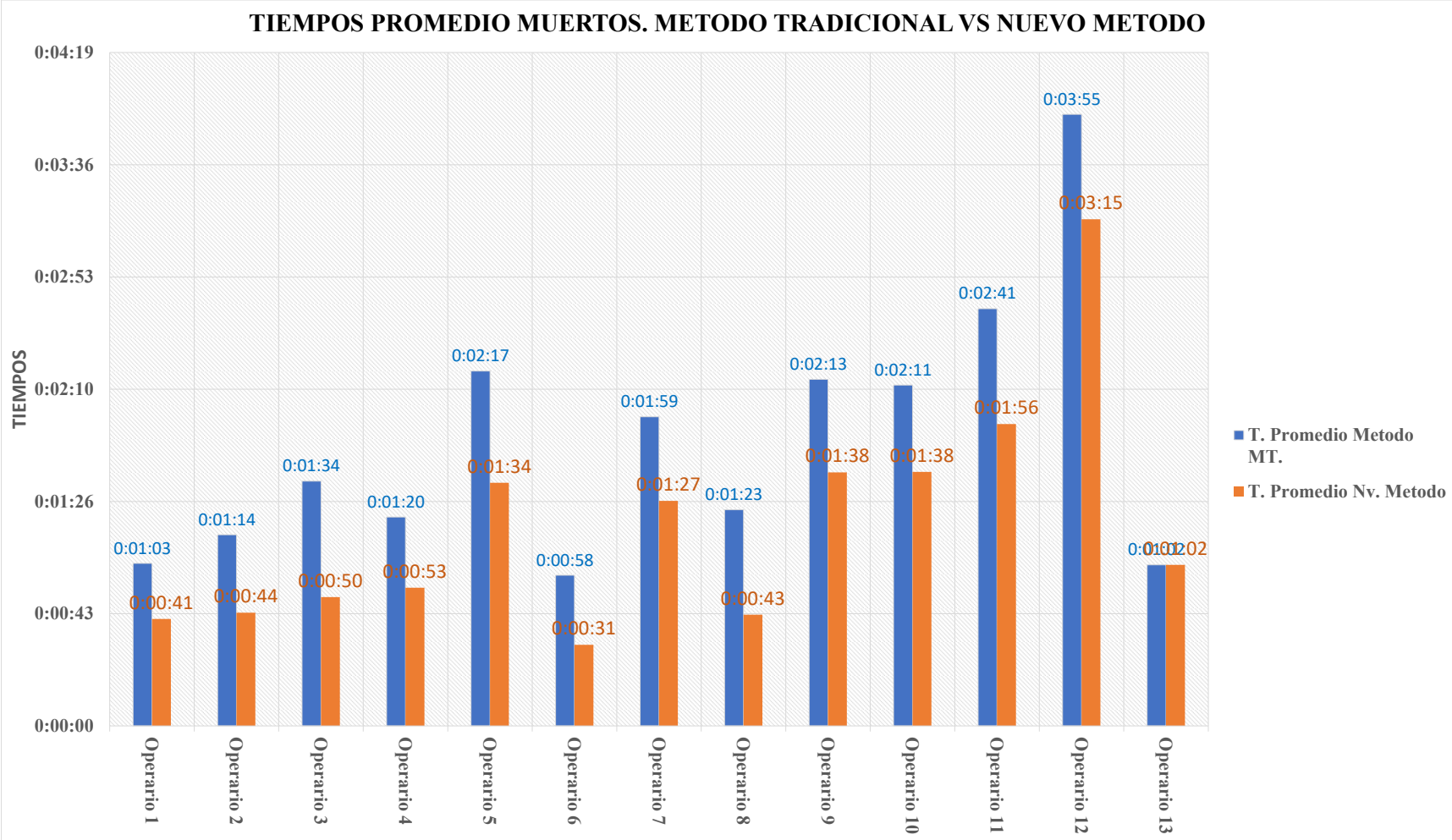


Fig. 31. Tiempos promedio por estación MT vs NM

3.35 Calculo de la capacidad de producción aplicando el nuevo método

Tiempo muerto entre estaciones que se puede reducir:

- T. Promedio Estación: 21segundo
- T. Estándar Estación: 24 segundo

Tiempo de estación que sufre menos impacto (Tsm).

Estacion que sufre menos impacto C1

- **(Tsm)P.** T. Promedio Estación: 12:40 min
- **(Tsm)E.** T. Estándar Estación: 12:36 min

Tiempo de producción diaria con nuevo método (Tp)

Datos:

Unidades producidas al dia: 35 U (Up)

- T. Promedio Estación:

$$Tp = Up * Tp$$

$$Tp = 35\ U * 12{:}40 min\text{utos}$$

$$Tp = 7{:}23{:}20\ h$$

- T. Estándar Estación:

$$Tp = Up * Tp$$

$$Tp = 35 * 12{:}36$$

$$Tp = 7{:}21{:}00\ h$$

Tiempo sobrante para producción (Ts)

T. producción diaria: 8:00 h (Td)

- T. Promedio Estación:

$$Ts = Td - Tp$$

$$Ts = 8{:}00{:}00 - 7{:}23{:}20$$

$$Ts = 36{:}40\ min$$

- T. Estándar Estación:

$$Ts = Td - Tp$$

$$Ts = 8{:}00{:}00 - 7{:}21{:}00$$

$$Ts = 39{:}00\ min$$

Unidades adicionales para producción

Datos:

(Tsm)P: 12:40 min

(Tsm)E: 12:36 min

(Ts)P: 23:40 min

(Ts)E: 39:00 min

- T. Promedio Estación:

$$Ua = (\boldsymbol{Ts})/(\mathbf{Tsm})$$

$$Ua = \frac{23{:}40\ min}{12{:}40\ min}$$

$$Ua = 2.89\ Unidades$$

- T. Estándar Estación:

$$Ua = (\boldsymbol{Ts})/(\mathbf{Tsm})$$

$$Ua = \frac{39{:}00\ min}{12{:}36\ min}$$

$$Ua = 3{,}09\ Unidades$$

3.36 Evaluación del impacto operativo del nuevo método

El impacto operativo del KIT CAR se refleja en la disminución del tiempo improductivo asociado al suministro de componentes. Al reducir la necesidad de recorridos extensos, búsqueda de materiales y retorno desordenado de contenedores, el proceso incrementa su margen operativo y mejora la continuidad de la línea.

En la proyección diaria del nuevo método, el tiempo de producción estimado fue de 7:21:00 h con base en el tiempo estándar, frente a una jornada nominal de 8:00:00 h. Esto generó un tiempo sobrante de 0:39:00 min, equivalente a una capacidad adicional

estimada de aproximadamente 3,09 unidades, que se redondea técnicamente a 3 unidades adicionales bajo condiciones de operación durante una jornada laboral.

TABLA XXVI
SÍNTESIS DE INDICADORES GLOBALES DEL ESTUDIO ACTUALIZADO

Indicador	Método tradicional	Método KIT CAR	Variación / interpretación
Tiempo muerto promedio observado total	23:50 min	16:50 min	7:00 min (31,28%)
Tiempo muerto estándar total	27:09 min	19:12 min	7:57 min (31,23%)
Tiempo muerto estándar promedio por puesto	2:05 min	1:11 min	37 s (31,23%)
Puesto crítico por tiempo muerto estándar	C8 - Operario 12	C8 - Operario 12	Se mantiene C8, pero con reducción de 46 s
Mayor reducción absoluta	-	C2 - Operario 3	51 s (47,35%)
Mayor reducción porcentual	-	C5 - Operario 8	47,69%
Tiempo de producción diaria con nuevo método	-	7:21:00 h	Proyección estándar del método KIT CAR
Tiempo sobrante para producción	-	0:39:00 min	Aproximadamente 3,09 unidades adicionales

3.37. Interpretación técnica de los resultados

Los resultados actualizados demuestran que el uso del KIT CAR incide de manera favorable en la reducción de tiempos muertos del proceso. La mejora no se explica por una mayor velocidad del operario, sino por una reorganización del suministro que acerca los componentes al punto de uso, reduce recorridos y permite un retorno más ordenado de los equipos vacíos.

Desde la perspectiva de manufactura esbelta, la disminución de los tiempos muertos se relaciona con la reducción de desperdicios por transporte, movimiento y espera. La mejora global del 31,23% en el tiempo muerto estándar evidencia que el nuevo método tiene un efecto técnico relevante sobre el desempeño operativo de la línea de chasis.

3.37.1 Diagrama de flujo aplicado el nuevo método

En la figura se muestra los resultados obtenidos de tiempos muertos mediante el análisis con el nuevo método

CIAUTO	DIAGRAMA DE FLUJO DE ENSAMBLE: VEHICULOS LINEA CHASIS GWM POER	Código:	0
		Versión:	00
	COP-02 REALIZACIÓN DEL PRODUCTO (ENSAMBLE)	Fecha Emisión:	2026-05-05

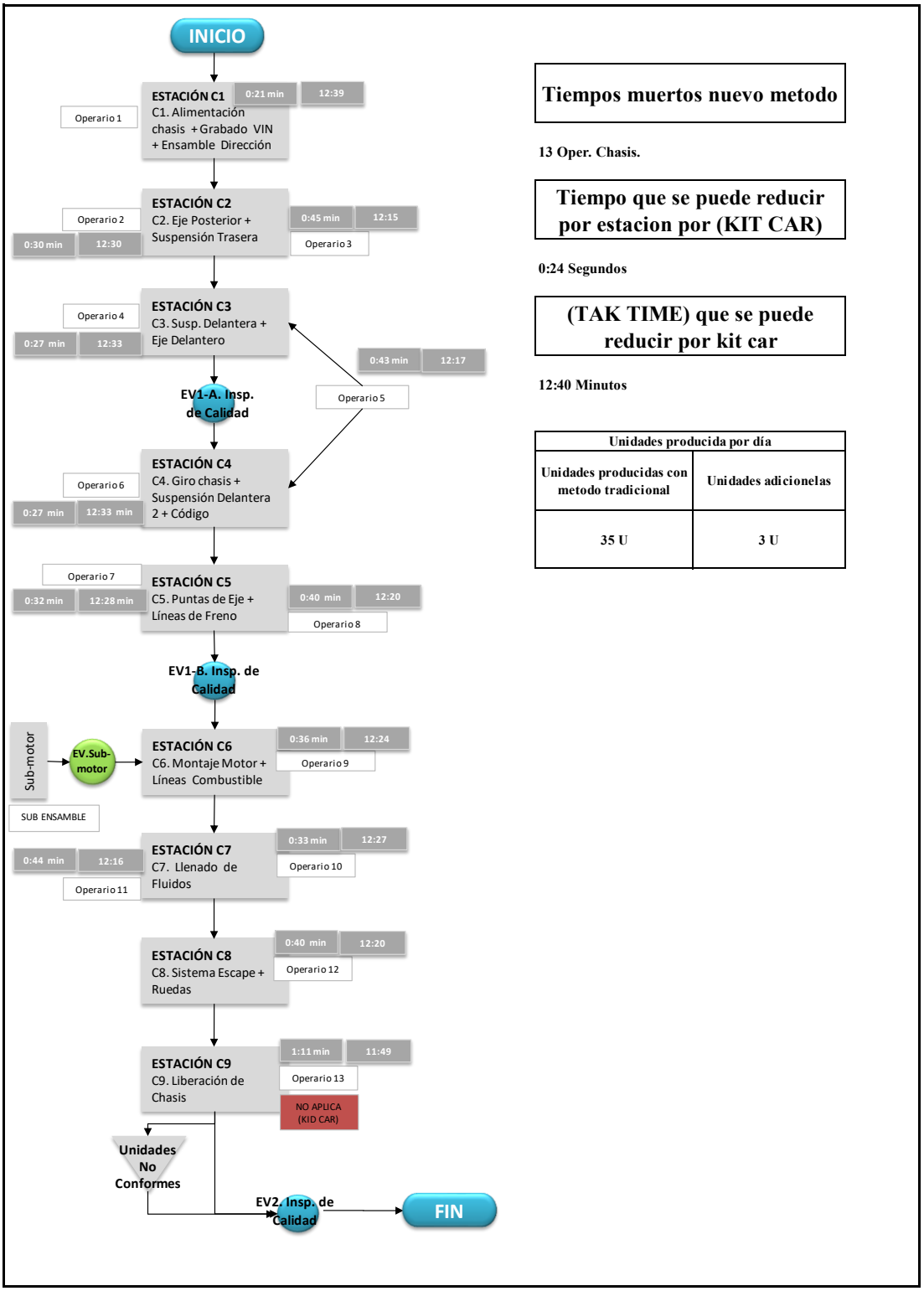


Fig. 32. Diagrama de flujo con nuevos tiempos aplicado el nuevo método

3.38 Evaluación cuantitativa de las pérdidas en la línea de montaje provocadas por la carga por lotes

3.38.1 Explicación de las pérdidas durante la carga de la línea

Se ha constatado que durante cada carga por lotes en la línea de fabricación del proceso de montaje de automóviles se producen pérdidas operativas equivalentes a tres unidades. Los tiempos de inactividad derivados de las operaciones de suministro la sincronización de materiales, la disposición de los componentes y la reanudación del flujo operativo de la línea son las principales causas de estas pérdidas.

En este estudio de caso, se constató que no se producen tres unidades por cada lote cargado ya que el operario tiene que detener parcialmente el proceso para llevar a cabo tareas complementarias de alimentación de material. Estas pérdidas tienen un efecto directo en el rendimiento general de la línea de montaje la consecución de objetivos y la eficiencia de la producción.



Fig. 33. Estaciones vacías por carga de línea

3.38.2 Justificación del análisis cuantitativo por carga de línea

El impacto de las pérdidas de producción en la cadena de montaje puede medirse cuantitativamente gracias al análisis cuantitativo. Este estudio permite determinar en qué medida la carga del lote afecta al rendimiento general de la operación y cómo influye en el cumplimiento del tiempo de tack time.

El tack time en la línea objeto de análisis es equivalente a:

$$Takt\ Time = 13\ min/unidad$$

3.38.3 Análisis de datos sobre pérdidas por lote:

Por cada lote se pierden: 3 unidades.

El tiempo de ciclo de producción: 13 minutos por unidad.

Fórmula para calcular las pérdidas por lote:

$$Tiempo\ perdido = Unidades\ perdidas \times Takt\ Time$$

Sustituyendo valores:

$$Tiempo\ perdido = 3\ U \times 13\ min/u$$

$$Tiempo\ perdido = 39\ min$$

Esto implica que la cadena de montaje pierde unos 39 minutos de tiempo efectivo de producción por cada carga de lote, lo que tiene una gran influencia en el rendimiento operativo.

3.38.4 Uso de la metodología con KIT CAR

Al introducir un nuevo mecanismo de suministro que utilice un sistema tipo KIT CAR para eliminar el tiempo de inactividad provocado por la carga por lotes, ya que los KIT CAR está en espera constante para poder ser enganchado al chasis y continuar con la línea productiva. Con el fin de evaluar su efecto sobre la productividad y la reducción de las pérdidas operativas, este enfoque se utilizará primero como prueba piloto en la cadena de montaje.

Uso de la nueva técnica:

$$\text{Unidades recuperadas} = 3\ \text{unidades/carga}$$

Al eliminar el tiempo de inactividad provocado por la reposición de material en la cadena de montaje se recuperaron tres unidades gracias al sistema KIT CAR. Debido a estas breves interrupciones en la línea de producción no se fabrican tres unidades con cada lote.



Fig. 34. KIT CAR en espera en la línea chasis

3.39 Diagnóstico de utilización del tiempo operativo.

Por medio del análisis podremos demostrar que la productividad en la línea de ensamble aumenta para ello se presenta la Tabla. En donde se demuestra el incremento de productividad

TABLA XXVII
PRODUCCIÓN MÉTODO TRADICIONAL VS NUEVO MÉTODO

	UNIDADES EN PRODUCCIÓN CON EL METODO TRADICIONAL	UNIDADES EN PRODUCCIÓN CON NUEVO METODO
UNIDADES PRODUCIDAS	35	38
	100,00%	108,57%
INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE ENSAMBLE	8.57%	

Este aumento de la productividad del 8,57 %, que puede lograrse sin aumentar los recursos físicos ni humanos de la línea, se traduce en una diferencia de 3 unidades por ciclo de producción. Este porcentaje es fundamental desde el punto de vista industrial, ya que pone de manifiesto un uso más eficaz del tiempo operativo disponible dentro de la jornada laboral.

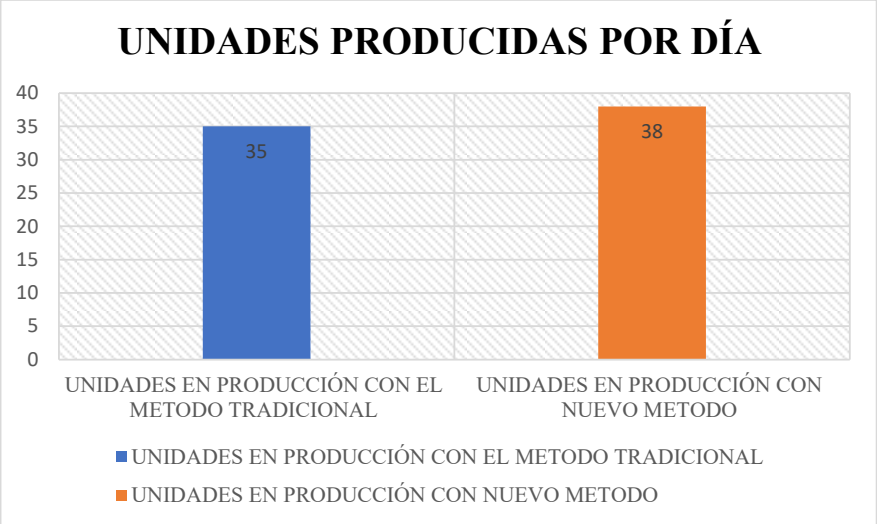


Fig. 35. Producción método tradicional vs método nuevo

3.40 Comprobación de hipótesis

Para la comprobación se aplicó la Prueba T de Student para muestras apareadas, ya que los 13 puestos operativos de la línea fueron medidos bajo las dos condiciones con método tradicional y método KIT CAR lo que implica muestras dependientes. Dado que n = 13 < 30 esta es la prueba paramétrica adecuada para muestras pequeñas.

3.41.1 Diferencias por puesto operativo

La siguiente tabla muestra caso a caso si el nuevo enfoque fue más rápido más lento o igual de rápido también recoge las reducciones individuales, así como los cálculos intermedios necesarios para determinar posteriormente la media y la variabilidad de dichas reducciones.

TABLA XXVIII
DIFERENCIA POR PUESTO OPERATIVO

N°	ESTACIÓN / OPERARIO	T.E TRAD. (SEG)	T.E NUEVO (SEG)	REDUCCIÓN (d)	MEDIA di-d	$(di - d)^2$
1	C1 - Operario 1	71	47	24	-12.6	158,76
2	C2 - Operario 2	84	50	34	-2.6	6,76
3	C2 - Operario 3	107	57	50	13.4	179,56
4	C3 - Operario 4	92	61	31	-5.6	31,36
5	C3 - Operario 5	156	107	49	12.4	153,76
6	C4 - Operario 6	66	36	30	-6.6	43,56

N°	ESTACIÓN / OPERARIO	T.E TRAD. (SEG)	T.E NUEVO (SEG)	REDUCCIÓN (d)	MEDIA di-d	$(di - d)^2$
7	C5 - Operario 7	136	99	37	0.4	0,16
8	C5 - Operario 8	93	49	44	7.4	54,76
9	C6 - Operario 9	152	111	41	4.4	19,36
10	C7 - Operario 10	150	111	39	2.4	5,76
11	C7 - Operario 11	183	132	51	14.4	207,36
12	C8 - Operario 12	268	222	46	9.4	88,36
13	C9 - Operario 13	71	71	0	-36.6	1339,56
SUMATORIA				476	0.2	2289,08

Desarrollo del cálculo paso a paso:

Media:

$$d = \frac{476}{13} = 36.62\ seg$$

Desviación estándar:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(di - d)^2}{12}} = 13.81 seg$$

Error estándar:

$$SE = \frac{13.81}{\sqrt{13}} = 3.8306\ seg$$

T calculado:

$$t = \frac{d}{(\frac{s}{\sqrt{n}})}$$

$$t = \frac{36.62}{3.8306} = 9.5586$$

Se muestra que los operadores evaluados tuvieron una media de 36,62 segundos y una desviación estándar de 13,81 segundos a partir de estas estadísticas se determinó que el error estándar era de 3,83 segundos.

Al restar uno del tamaño de la muestra los grados de libertad se establecen igualmente en 12, al final se determinó un nivel de significación de 0,05 que es el umbral de probabilidad considerado adecuado para la posibilidad de rechazar erróneamente la hipótesis nula.

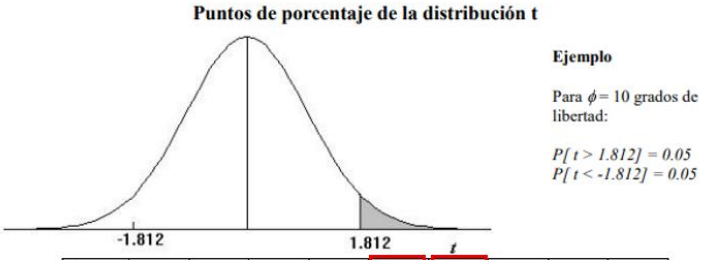
3.41.2 Cálculo del estadístico t

En la siguiente tabla se muestra que los operadores evaluados tuvieron una media de 36,62 segundos y una desviación estándar de 13,81 segundos. A partir de estas estadísticas se determinó que el error estándar era de 3,83 segundos. Al restar uno del tamaño de la muestra los grados de libertad se establecen igualmente en 12. Al final se determinó un nivel de significación de 0,05 que es el umbral de probabilidad considerado adecuado para la posibilidad de rechazar erróneamente la hipótesis nula.

TABLA XXIX
CALCULO ESTADÍSTICO

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
n	Número de pares (puestos operativos)	13	Operarios
$\bar{d}$	Media de diferencias	36.62	segundos
s	Desviación estándar de diferencias	13.81	segundos
SE	Error estándar ($s/\sqrt{n}$)	3.83	segundos
gl	Grados de libertad ($n - 1$)	12	
α	Nivel de significancia	0.05	

En función del nivel de confianza deseado y de los grados de libertad que se muestra en la tabla anterior, así que la siguiente figura se utiliza en la prueba t de Student para determinar el valor crítico que marca la línea divisoria entre aceptar y rechazar la hipótesis nula.



α / r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073

Fig. 36. T distribución t de studen

El valor crítico para α = 0.05 unilateral, con 12 grados de libertad, es 1.782; mientras que para α = 0.05 bilateral dado que el error del cinco por ciento se distribuye entre dos colas 2.5 % en cada lado, el valor crítico es más alto: 2.179.

TABLA XXX
RESULTADOS Y DECISIÓN ESTADÍSTICA

PARÁMETRO	PRUEBA UNILATERAL (>0)	PRUEBA BILATERAL (≠0)	RESULTADO
T CALCULADO	9.5586	9.5586	SE ACEPTA LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN
T CRÍTICO (A=0.05, GL=12)	1.782	2.179	
¿T_CALC > T_CRIT?	SÍ	SÍ	
DECISIÓN FINAL	SE RECHAZA H.N		

Con t. calculado = 9.56 > t. crítico = 1.782 y con α = 0.05, gl = 12, prueba se deduce que rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación.

La evidencia estadística y operativa demuestra con un nivel de confianza del 95 % que la implementación del método de suministro KIT CAR incide significativamente en la reducción de los tiempos improductivos de la línea de ensamble automotor.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La línea de montaje del chasis GWM POER 4X4 opera bajo producción por lotes, generando inactividad en sus 13 operarios en las 9 estaciones de: 1 min 50 s de tiempo muerto promedio por operario, un estándar medio de 2 min 5 s y un acumulado de 27 min 9 s por ciclo. La estación más crítica fue C8 (operador 12) con 4 min 28 s, causada por acumulación de materiales, conteo y clasificación de componentes, e interrupciones por desajustes en el suministro, con una pérdida de 3 unidades por lote (39 minutos).
- El enfoque KIT CAR responde a este diagnóstico preparando un kit personalizado por vehículo vinculado al número de chasis, que lo acompaña en carros de suministro a lo largo de toda la línea. Fue el único método frente a JIT, Kanban, Kitting, Full Kitting, Milk Run y otros en obtener puntuaciones altas en los 9 criterios evaluados, centralizando entregas en C1 y C5 y devoluciones en C4 y C9.
- El tiempo de inactividad estándar acumulado de la línea se redujo en un 31,23 % en el tiempo de inactividad acumulado 27 minutos 9 segundos a 19 minutos 12 segundos, con 32 segundos promedio por operador. Las mayores mejoras fueron C5-Operario.8 con una disminución porcentual del 47,69 %, C2-Operario.3 con la mayor reducción absoluta de 51 segundos y C4-Opperario.6 con una reducción del 46,21 %. La prueba t de Student ($n=13$, $\alpha=0,05$) validó los resultados con $t=9,56$ frente a un valor crítico de 1,782, rechazando la hipótesis nula con 95 % de confianza. En productividad, el método proyecta 3 unidades adicionales por turno, elevando la producción de 35 a 38 unidades y representa un incremento del 8,57 % en la productividad, alcanzable sin un aumento de los recursos humanos o físicos.

4.2 Recomendaciones

- Esta estación sigue siendo el principal cuello de botella de la línea a pesar de que la técnica KIT CAR ha reducido el tiempo de inactividad habitual de la C8-Operador 12 de 4 minutos y 28 segundos a 3 minutos y 42 segundos una

disminución del 17,16 %. Con el fin de encontrar oportunidades adicionales para la redistribución de la carga de trabajo la reorganización ergonómica de la estación o el apoyo operativo complementario que permita que su tiempo de ciclo se ajuste al tiempo takt de 13 minutos por unidad, se recomienda realizar un análisis específico y exhaustivo de las actividades en esta estación, incluyendo la instalación del sistema de escape, las ruedas, el repostaje de diésel y la retirada de los pernos temporales.

- Para los 13 operarios de la línea de chasis y los empleados del almacén se recomienda crear y poner en práctica un programa de formación estructurado que haga hincapié en los principios del método KIT CAR el uso adecuado de los carros de suministro la eliminación de tareas que no aportan valor añadido y la detección temprana de desviaciones en el suministro. La formación práctica los materiales de referencia visual procedimientos operativos estándar ilustrados en cada puesto de trabajo y las evaluaciones periódicas del rendimiento deben formar parte del programa para garantizar que los cambios introducidos sean sostenibles la formación es esencial.
- Se recomienda mantener un control continuo de indicadores como tiempos muertos, tiempo de ciclo y balanceo de línea, para identificar nuevas oportunidades de mejora y asegurar el correcto funcionamiento del método KIT CAR dentro del proceso productivo. La información recopilada debe utilizarse para examinar cómo se distribuyen las cargas de trabajo entre las estaciones prestando especial atención a cualquier desequilibrio que se detecte entre los operarios de una misma estación como entre el operario 4 y el operario 5 en C3 además se recomienda evaluar la viabilidad de aplicar la técnica KIT CAR a otras líneas de montaje de la planta.
- Se recomienda realizar un análisis más detallado en la estación C8, debido a que continúa siendo el principal cuello de botella de la línea aun después de la aplicación del método KIT CAR. Este análisis debe enfocarse en la redistribución de actividades y mejora de la secuencia operativa para reducir el tiempo de ciclo de la estación.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

[1] S. Mengistu, “Optimizing Vehicle Assembly Line Achievement via Lean Manufacturing: An Evaluation of the Bishoftu Automotive Manufacturing Industry,” *Industrial Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 60–69, Dec. 2025, doi: 10.11648/j.ie.20250902.14.

[2] A. Dahiya, S. Kadiyan, and R. Giri, “Kaizen and 5S: Productivity Improvement Tools for Automotive Assembly Line,” 2022, doi: 10.37591/NJORM.

[3] M. O. Carrim and K. Gupta, “Improving efficiency and productivity of a production line using lean manufacturing and DMAIC,” *International Research Journal of Science*, vol. 4, no. 3, pp. 1–14, 2024, doi: 10.5281/zenodo.13858698.

[4] S. N. Wahab, N. Othman, M. U. Hossain Uzir, and R. Yanamandra, “Revolutionizing Operational Excellence: Advancing the automotive industry through Lean Principles,” *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, vol. 9, no. 27, pp. 273–279, Feb. 2024, doi: 10.21834/e-bpj.v9i27.5568.

[5] “El cierre de la planta de General Motors en Ecuador atrae a otros actores.” Accessed: Mar. 08, 2026. [Online]. Available: https://www.expreso.ec/actualidad/economia/cierre-planta-general-motors-ecuador-atrae-otros-actores-210976.html

[6] “Vehículos ensamblados en Ecuador suman tres modelos más y esperan aumentar su participación en ventas totales del 14 % al 18 % | CEAP :: Centro de Estudios Asia-Pacífico.” Accessed: Mar. 08, 2026. [Online]. Available: https://ceap.espol.edu.ec/es/content/veh%C3%ADculos-ensamblados-en-ecuador-suman-tres-modelos-m%C3%A1s-y-esperan-aumentar-su-participaci%C3%B3n

[7] “Kia y Aymesa anuncian inversión de $ 62 millones para ensamblar en Ecuador cinco nuevos modelos de vehículos hasta el 2026 | Economía | Noticias | El Universo.” Accessed: Mar. 08, 2026. [Online]. Available: https://www.eluniverso.com/noticias/economia/ensamblaje-vehiculos-ecuador-2024-inversion-kia-aymesa-cinae-cheverolet-nota/

[8] R. da S. Maciel and L. Veraldo, “Intelligent 5S Audit: Application of Artificial Intelligence for Continuous Improvement in the Automotive Industry,” Sep. 2025, [Online]. Available: http://arxiv.org/abs/2510.00067

[9] A. Mayr *et al.*, “Lean 4.0-A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0,” in *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., 2018, pp. 622–628. doi: 10.1016/j.procir.2018.03.292.

[10] S. M. Ågren, R. Heldal, E. Knauss, and P. Pelliccione, “Agile Beyond Teams and Feedback Beyond Software in Automotive Systems,” Mar. 2022, doi: 10.1109/TEM.2022.3146139.

[11] V. Quinde Rosales, N. Vera Lucio, A. Ordeñana Proaño, and C. Silvera Tumbaco, “El Sector Automotriz en Ecuador: Antecedentes, situación actual y perspectivas,” *Universidad Ciencia y Tecnología*, vol. 25, no. 109, pp. 18–23, Jun. 2021, doi: 10.47460/uct.v25i109.443.

[12] P. Dias, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, L. P. Ferreira, and T. Santos, “Analysis and improvement of an assembly line in the automotive industry,” in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2019, pp. 1444–1452. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.143.

[13] H. Kurnia, A. A. Sulaeman, and V. S. Pasha, “Integration of lean and green manufacturing to speed up the automotive parts production process for sustainability orders from customers,” *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, vol. 8, no. 2, pp. 89–106, Dec. 2024, doi: 10.30656/jsmi.v8i2.8831.

[14] “Mejora Productividad con Metodología 5S | Artículo KAIZEN^{TM}.” Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://kaizen.com/es/insights-es/guia-definitiva-5s-formacion/

[15] S. Liao, “Review of Just-in-Time Material Distribution Scheduling for Mixed Flow Assembly Lines Considering Transfer Vehicle Handling Energy Consumption.”

[16] J. Gong, “A Review of COVID-19s Impact on Just-in-Time Production in Automotive Industry,” *Communications in Humanities Research*, vol. 42, no. 1, pp. 28–34, Jul. 2024, doi: 10.54254/2753-7064/42/2024ne0039.

[17] “Just in time, JIT o Justo a tiempo | IPEA Formación.” Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://www.ipeaformacion.com/herramientas-lean/just-in-time-jit-o-justo-a-tiempo/

[18] “Kanban: cómo funciona esta metodología en logística y producción.” Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://blog.toyota-forklifts.es/kanban-que-es-tipos-como-funciona

[19] N. Nasir, A. F. Sarimi, H. Rashid, and N. A. Azis, “Development and Simulation Via Flexsim for Kitting Trolley Design of Rear Car Seat Assembly Process,” *JOURNAL OF APPLIED ENGINEERING DESIGN AND SIMULATION*, vol. 3, no. 2, pp. 27–37, Sep. 2023, doi: 10.24191/jaeds.v3i2.70.

[20] E. Javier and P. Alomoto, “Metodología Lean Manufacturing en los procesos productivos de la empresa Discoint,” 2025. Accessed: May 11, 2026. [Online]. Available: https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/45171

[21] B. Escudero, “Mejora del lead time y productividad en el proceso Armado de pizzas aplicando herramientas de Lean Manufacturing,” *Ingeniería Industrial*, no. 039, pp. 51–72, Dec. 2020, doi: 10.26439/ing.ind2020.n039.4915.

[22] C. De *et al.*, “UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN.”

[23] D. Affydah, A. N. M. Rose, M. F. F. A. Rashid, and N. M. Z. N. Mohamed, “Review of Lean Manufacturing with IR4.0 in Automotive Industry,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Jun. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1874/1/012050.

[24] “Cómo el Sistema de Producción Toyota puede mejorar sus procesos empresariales - isixsigma.com.” Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://www.isixsigma.com/dictionary/toyota-production-system-tps/

[25] S. Fedtke, N. Boysen, and P. Schumacher, “In-line kitting for part feeding of assembly lines: workload balancing and storage assignment to reduce the workers’ walking effort,” *OR Spectrum*, vol. 45, no. 3, pp. 717–758, Sep. 2023, doi: 10.1007/s00291-023-00723-1.

[26] “Renault, Volvo y CMA-CGM producirán furgonetas eléctricas a través de una nueva empresa conjunta.” Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://www.cadenadesuministro.es/noticias/renault-volvo-y-cma-cgm-produciran-furgonetas-electricas-a-traves-de-una-nueva-empresa-conjunta_475091_102.html

[27] A. Chineme, G. Assefa, I. M. Herremans, B. Wylant, and M. Shumo, “African Indigenous Female Entrepreneurs (IFÉs): A Closed-Looped Social Circular Economy Waste Management Model,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 18, Sep. 2022, doi: 10.3390/su141811628.

[28] U. Fatima, D. Mohammed, and I. Shareef, “Manufacturing Letters A holistic approach to kitting cart optimization and steel receiving analysis for process improvement,” 2024. [Online]. Available: www.sciencedirect.com

[29] R. Yang, “Frontiers in Business, Economics and Management Research on Vehicle Routing Problem in Auto Parts Inbound Logistics Based on Milk Run Mode,” 2023.

[30] “Las 6 innovadoras técnicas de Renault para simplificar su producción.” Accessed: May 20, 2026. [Online]. Available: https://noticias.coches.com/noticias-motor/tecnicas-renault-simplificar-proceso-de-produccion/266200

[31] N. A. Mohd Salleh, S. F. Ahmad, M. R. Shaharudin, and S. A. Rahim, “Evaluation of transportation distance optimization route for milk run logistics

system," *International Journal of Supply and Operations Management*, vol. 10, no. 3, pp. 295–318, 2023, doi: 10.22034/ijsom.2022.109361.2347.

[32] B. W. Niebel and A. Freivalds, "Ingeniería industrial.Métodos, estánderes y diseño del trabajo, 12va Edición".

[33] Mtra. Anel Cristina Pérez Reyna, "Diagrama de flujo," 2014. Accessed: May 12, 2026. [Online]. Available: https://www.uanl.mx/utilerias/chip/descarga/diagrama_de_flujo.pdf

[34] E. Viramontes Anaya, O. Viramontes Campos, and A. Guevara Araiza, "Análisis cuantitativo en la investigación," *Revista Veritas de Difusão Científica*, vol. 6, no. 3, pp. 4669–4694, Dec. 2025, doi: 10.61616/rvdc.v6i3.1172.

[35] "WORK STUDY-workmeasurement_1_", Accessed: Mar. 12, 2026. [Online]. Available: https://rskr.irimee.in/sites/default/files/WORK%20STUDY-workmeasurement_1_.pdf

[36] M. M. Saxena and M. Tech, "WORK MEASUREMENT TIME STUDY." Accessed: Mar. 12, 2026. [Online]. Available: https://davuniversity.org/images/files/study-material/MEC763-%20Method%20Engineering%20and%20Ergonomics-%20Work%20Measurement.pdf

[37] "Guía Completa de Suplementos de Fatiga según la OIT." Accessed: Mar. 12, 2026. [Online]. Available: https://cronometras.com/es/blog/suplementos-fatiga-oit/

[38] "Work Measurement." Accessed: Mar. 12, 2026. [Online]. Available: https://coursecontent.indusuni.ac.in/wp-content/uploads/sites/8/2021/11/3.-Work-measurement_Time-study.pdf

[39] Palacios Acero Luis Carlos, *Ingeniería de Métodos movimiento y tiempos*. 2009.

ANEXOS

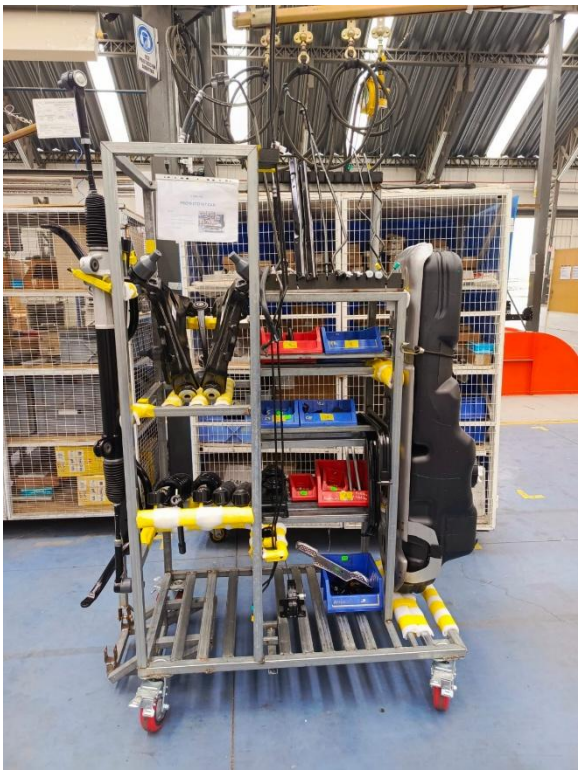
Anexo 1. Lianea de ensamble chasis



Anexo 2. Construcción de dispositivos destinado al nuevo método (KIT CAR)



Anexo 3. Dispositivo (KIT CAR) con componentes de estación C1 a C4



Anexo 4. Dispositivo (KIT CAR) con componentes de estación C5 a C9



Anexo 5. Pruebas piloto en la línea chasis



Anexo 6. Integración del dispositivo de suministro de componentes



Anexo 7. Prueba piloto para toma de tiempos



Anexo 8. Toma de tiempos e inspección del procedimiento



Anexo 9. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C1

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C1
Fecha: 18/3/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Inspección del chasis en el rack	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
2	P3011-8292-3101	Alimentación del chasis en la línea	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
3	S/C	Retirar tuercas y pernos del chasis+limpieza chasis	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
4	P3011-8292-31037-3155	Grabar VIN en el chasis	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
5	P3011-8292-3105	Instalar eje inferior de transmisión de dirección									
6	P3011-8292-3106	Instalar cremallera de direccion	0:00:34	0:00:35	0:00:32	0:00:34	0:00:35	0:00:34	1,00	0:00:34	0:00:39
7	P3011-8292-3104	Colocar las uniones de bolas en cremallera									
8	P3011-8292-3177	Instalar soporte anticolisión	0:00:08	0:00:08	0:00:07	0:00:07	0:00:08	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
9	P3011-8292-3176	Instalar viga anticolición	0:00:16	0:00:17	0:00:19	0:00:17	0:00:18	0:00:17	1,00	0:00:17	0:00:20
10	S/C	Sacar 3 improntas del número VIN del chasis	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:04	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:04
11	S/C	Autoinspección + Pintar chasis + Limpieza chasis									
12	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
13	S/C	Resgistro de unidad en el sistema									
14	S/C	Movimiento línea	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
		TOTAL MUESTRAS	0:01:01	0:01:04	0:01:01	0:01:02	0:01:05				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	61,00	64,00	61,00	62,00	65,00				
		T.ELEVADO ^2	3721,00	4096,00	3721,00	3844,00	4225,00				

TOTAL T.(S)	313,00
TOTAL T.(S)^2	19607,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	1,08
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	2,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:03
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL	0:01:11

Operario 1

Anexo 10. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C2

TABULACIÓN DE TIEMPOS

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C2
Fecha: 18/3/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	P3011-8292-3124	Colocar los pernos U en el dispositivo	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
2	P3011-8292-3124	Colocar platinas metalicas en el dispositivo									
3	S/C	Safar eje RR del rack	0:00:04	0:00:02	0:00:03	0:00:02	0:00:02	0:00:03	1,00	0:00:03	0:00:03
4	S/C	Inspeccionar el eje RR en el chasis + Retirar plastocos protectores									
5	S/C	Trasladar el eje RR a la mesa de trabajo									
6	P3011-8292-3124	Preeensamble eje RR	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
7	S/C	Mover el eje RR hacia chasis	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
8	S/C	Recolección de componentes	0:00:41	0:00:41	0:00:42	0:00:43	0:00:42	0:00:42	1,00	0:00:42	0:00:48
9	S/C	Colocar travador en los pernos y cauchos	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
10	P3011-8292-3107	Instalar el eje RR en chasis	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
11	P3011-8292-3108	Instalar amortiguador RR RH+trabador	0:00:04	0:00:04	0:00:05	0:00:04	0:00:03	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:05
12	P3011-8292-3168	Rutear cable freno estacionamiento RH	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
13	P3011-8292-3111	Instalar cañerias freno RR LH en el diferencial	0:00:11	0:00:15	0:00:12	0:00:11	0:00:14	0:00:13	1,00	0:00:13	0:00:14
14	P3011-8292-3111	Instalar cañerias freno RR RH en el diferencial									
15	P3011-8292-3110	Instalar manguera de freno RR RH	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
16	P3011-8292-3123	Instalar mangueras freno RR LH en el diferencial	0:00:11	0:00:12	0:00:14	0:00:12	0:00:14	0:00:13	1,00	0:00:13	0:00:14
17	P3011-8292-3123	Instalar mangueras freno RR RH en el diferencial									
18	S/C	Pintar fallas del diferencial	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
19	S/C	Autoinspección									
20	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
		TOTAL MUESTRAS	0:01:11	0:01:14	0:01:16	0:01:12	0:01:15				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	71,00	74,00	76,00	72,00	75,00				
		T.ELEVADO ^2	5041,00	5476,00	5776,00	5184,00	5625,00				

TOTAL T.(S)	368,00
TOTAL T.(S)^2	27102,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	1,02
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	2,00

$$N = \left[\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:14
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL	0:01:24

Operario 2

Anexo 11. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C2 Operario 3

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:32	0:00:32	0:00:31	0:00:29	0:00:30	0:00:31	1,00	0:00:31	0:00:35
2	P3011-8292-3102	Colocación de almohadillas FR LH	0:00:14	0:00:15	0:00:14	0:00:16	0:00:14	0:00:15	1,00	0:00:15	0:00:17
3	P3011-8292-3150	Colocación tecle de llanta de emergencia	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
4	P3011-8292-3176	Instalación del eje FR	0:00:05	0:00:05	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:06
5	S/C	Ajustar pernos laterales FR chasis	0:00:09	0:00:08	0:00:07	0:00:08	0:00:08	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
6	P3011-8292-3113	Pasar machuelo M10 en 4 roscas internas para barra estabilizadora	0:00:28	0:00:26	0:00:29	0:00:26	0:00:27	0:00:27	1,00	0:00:27	0:00:31
7	P3011-8292-3114	Pre ensamble de la barra estabilizadora									
8	P3011-8292-3176	Instalar la barra estabilizadora									
9	P3011-8292-3107	Instalar los bujes de paquete RR en el chasis	0:00:09	0:00:08	0:00:07	0:00:09	0:00:08	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
10	P3011-8292-3108	Instalar amortiguador RR LH +trabador	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
11	P3011-8292-3168	Rutear cable freno estacionamiento LH	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
12	P3011-8292-3110	Instalar manguera de freno RR LH	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
13	S/C	Torque del eje FR	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
14	S/C	Torque del cable de freno									
15	S/C	Toruqe de tecle de llanta de emergencia									
16	S/C	Autoinspección	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00

TOTAL MUESTRAS	0:01:37	0:01:34	0:01:34	0:01:33	0:01:33
TIEMPO EN SEGUNDOS	97,00	94,00	94,00	93,00	93,00
T.ELEVADO ^2	9409,00	8836,00	8836,00	8649,00	8649,00

TOTAL T.(S)	471,00
TOTAL T.(S)^2	44379,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,39
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:34
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL	0:01:47

Operario 3

Anexo 12. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C3 Operario4

TABULACIÓN DE TIEMPOS

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C3
Fecha: 18/3/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:27	0:00:26	0:00:29	0:00:28	0:00:25	0:00:27	1,00	0:00:27	0:00:31
2	P3011-8292-3115	Instalar la mesa inferior LH	0:00:07	0:00:05	0:00:07	0:00:06	0:00:07	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:07
3	P3011-8292-3115	Instalar la mesa inferior RH									
4	S/C	Torque de eje RR	0:00:17	0:00:17	0:00:15	0:00:16	0:00:16	0:00:16	1,00	0:00:16	0:00:18
5	S/C	Torque de amortiguador RR LH/RH									
6	S/C	Torque de cremallera									
7	S/C	Torque de eje FR									
8	S/C	Torque de viga anticolición									
9	S/C	Torque de barrra estabilizadora									
10	S/C	Torque de correas metalicas									
11	S/C	Torque de platina protectora									
12	S/C	Autoinspección	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:04
13	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
14	S/C	tiempo disponible	0:00:29	0:00:24	0:00:27	0:00:28	0:00:28	0:00:27	1,00	0:00:27	0:00:31
		TOTAL MUESTRAS	0:01:24	0:01:15	0:01:22	0:01:21	0:01:20				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	84,00	75,00	82,00	81,00	80,00				
		T.ELEVADO ^2	7056,00	5625,00	6724,00	6561,00	6400,00				

TOTAL T.(S)	402,00	
TOTAL T.(S)^2	32366,00	
Calcular el número de ciclos a cronometrar	2,24	$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	3,00	

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:20
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:32

Operario 4

Anexo 13. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C3 Operario 5

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	P3011-8292-3120	Preensamblar tanque de combustible	0:00:05	0:00:07	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:07
2	P3011-8292-3121	Montar el tanque de combustible	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
3	P3011-8292-3121	Instalar protector tanque de combustible	0:00:12	0:00:12	0:00:11	0:00:13	0:00:11	0:00:12	1,00	0:00:12	0:00:13
4	P3011-8292-3121	Instalar correas metalicas #2	0:00:15	0:00:14	0:00:15	0:00:14	0:00:15	0:00:12	1,00	0:00:12	0:00:14
5	P3011-8292-3121	Instalar platinas protector tanque #2	0:00:10	0:00:10	0:00:10	0:00:10	0:00:10	0:00:10	1,00	0:00:10	0:00:11
6	P3011-8292-3115	Instalar la mesa inferior LH	0:00:09	0:00:10	0:00:10	0:00:11	0:00:09	0:00:13	1,00	0:00:13	0:00:14
7	P3011-8292-3133	Instalar soporte de filtro de combustible	0:00:15	0:00:16	0:00:16	0:00:15	0:00:15	0:00:15	1,00	0:00:15	0:00:18
8	P3011-8292-3147	Instalar vinchas plásticas lineas de combustible									
9	P3011-8292-3179	Instalar soporte de arnés de chasis									
10	S/C	Autoinspección	0:00:07	0:00:08	0:00:09	0:00:07	0:00:08	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
11	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
12	S/C	Tiempo libre	0:00:10	0:00:12	0:00:12	0:00:10	0:00:11	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:13

TOTAL MUESTRAS	0:01:13	0:01:17	0:01:17	0:01:15	0:01:14
TIEMPO EN SEGUNDOS	73,00	77,00	77,00	75,00	74,00
T.ELEVADO ^2	5329,00	5929,00	5929,00	5625,00	5476,00

TOTAL T.(S)	376,00
TOTAL T.(S)^2	28288,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,72
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:27	Operario 5
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:39	

Anexo 14. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C4 Operario5

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C4
Fecha: 18/3/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:25	0:00:26	0:00:26	0:00:25	0:00:27	0:00:26	1,00	0:00:26	0:00:29
2	P3011-8292-3122	Instalar el amortiguador FR LH	0:00:17	0:00:18	0:00:16	0:00:18	0:00:16	0:00:17	1,00	0:00:17	0:00:19
3	P3011-8292-3122	Instalar el amortiguador FR RH									
4	P3011-8292-3130	Instalar la mesa superior FR LH	0:00:08	0:00:06	0:00:07	0:00:07	0:00:08	0:00:07	1,00	0:00:07	0:00:08
5	P3011-8292-3130	Instalar la mesa superior FR RH									
6	P3011-8292-3134	Instalar válvula ventilación eje RR/FR	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
7	S/C	Instalar válvula desfogue diferencial RR									
8	S/C	Limpiar + Pintar chasis partes corroidas y número correlativo	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
9	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
		TOTAL MUESTRAS	0:00:50	0:00:50	0:00:49	0:00:50	0:00:51				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	50,00	50,00	49,00	50,00	51,00				
		T.ELEVADO ^2	2500,00	2500,00	2401,00	2500,00	2601,00				

TOTAL T.(S)	250,00
TOTAL T.(S)^2	12502,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,26
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:27	**Operario 5 C3**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:39	

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:00:50	**Operario 5 C4**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:00:57	

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:02:17	**Operario 5**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:02:36	

Anexo 15. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C4 Operario 6

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:15	0:00:17	0:00:17	0:00:16	0:00:15	0:00:16	1,00	0:00:16	0:00:18
2	S/C	Colocar dispositivo de volteo de chasis RR	0:00:05	0:00:04	0:00:06	0:00:05	0:00:04	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:05
3	S/C	Fijar fajas para el volteo de chasis									
4	P3011-8292-3126	Volteo de chasis y retirar fajas									
5	S/C	Grabado de números correlativos LH y RH	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
6	P3011-8292-3131-3276	Instalar la válvula combinada de freno + 2 platinas de soporte de cañerías	0:00:11	0:00:11	0:00:10	0:00:12	0:00:10	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:12
7	P3011-8292-3135	Instalar la cañeria de la dirección hidraúlica	0:00:16	0:00:16	0:00:15	0:00:14	0:00:15	0:00:15	1,00	0:00:15	0:00:17
8	P3011-8292-3125	Instalar el protector de calor del motor	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
9	S/C	Instalar vinchas de las cañerías de frenos RR (diferencial)	0:00:13	0:00:11	0:00:10	0:00:12	0:00:10	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:13
10	S/C	Sacado de improntas y pegado en el manifiesto	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
11	S/C	Limpiar + Pintar chasis partes corroidas y número correlativo	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
12	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
		TOTAL MUESTRAS	0:01:00	0:00:59	0:00:58	0:00:59	0:00:54				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	60,00	59,00	58,00	59,00	54,00				
		T.ELEVADO ^2	3600,00	3481,00	3364,00	3481,00	2916,00				

TOTAL T.(S)	290,00
TOTAL T.(S)^2	16842,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	2,09
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	3,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:00:58	**Operario 6**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:06	

Anexo 16. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C5 Operario 7

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C5
Fecha: 18/3/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:23	0:00:22	0:00:24	0:00:24	0:00:22	0:00:23	1,00	0:00:23	0:00:26
2	P3011-8292-3137	Instalar semieje FR LH y RH en la punta de eje	0:00:17	0:00:17	0:00:18	0:00:18	0:00:17	0:00:17	1,00	0:00:17	0:00:20
3	P3011-8292-3137	Instalar la punta de eje FR LH									
4	P3011-8292-3137	Instalar la punta de eje FR RH									
5	P3011-8292-3137	Instalar el colgante FR LH	0:00:19	0:00:18	0:00:17	0:00:17	0:00:16	0:00:17	1,00	0:00:17	0:00:20
6	P3011-8292-3137	Instalar el colgante FR RH									
7	S/C	Torquear mesa superior LH/RH	0:00:07	0:00:07	0:00:07	0:00:08	0:00:09	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
8	S/C	Torquear perno inferior amortigiador FR	0:00:38	0:00:38	0:00:38	0:00:38	0:00:38	0:00:38	1,00	0:00:38	0:00:43
9	P3011-8292-3137	Toquear mesa y puntas									
10	P3011-8292-3137	Instalar seguro superior de la punta de eje FR LH	0:00:08	0:00:09	0:00:09	0:00:08	0:00:08	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:10
11	P3011-8292-3137	Instalar seguro superior de la punta de eje FR RH									
12	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria	0:00:07	0:00:07	0:00:06	0:00:07	0:00:09	0:00:07	1,00	0:00:07	0:00:08
		TOTAL MUESTRAS	0:01:59	0:01:58	0:01:59	0:02:00	0:01:59				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	119,00	118,00	119,00	120,00	119,00				
		T.ELEVADO ^2	14161,00	13924,00	14161,00	14400,00	14161,00				

TOTAL T.(S)	595,00
TOTAL T.(S)^2	70807,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,05
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:59
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR	0:02:16

Operario 7

Anexo 17. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C5 Operario 8

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:46	0:00:45	0:00:45	0:00:47	0:00:46	0:00:46	0,97	0:00:44	0:00:51
2	P3011-8292-3166	Instalar arnés de chasis	0:00:03	0:00:04	0:00:04	0:00:04	0:00:03	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:04
3	P3011-8292-3166	Conexión arnés de chasis									
4	P3011-8292-3255	Conectar el terminal LH de la direccion	0:00:09	0:00:12	0:00:08	0:00:10	0:00:09	0:00:10	1,00	0:00:10	0:00:11
5	P3011-8292-3255	Conectar el terminal RH de la direccion									
6	S/C	Comprimir punta de eje FR LH	0:00:11	0:00:12	0:00:13	0:00:11	0:00:10	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:13
7	S/C	Comprimir punta de eje FR RH									
8	P3011-8292-3145	Instalar tuercas eje FR LH/RH y torquear	0:00:03	0:00:04	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:04
9	P3011-8292-3137	Instalar manguera de freno FR LH en el chasis	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:04	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:04
10	P3011-8292-3139	Instalar el soporte sensor ABS rueda FR LH									
11	P3011-8292-3138	Instalar el sensor ABS rueda FR LH + ruteo									
12	P3011-8292-3118	Instalar soporte manguera del radiador									
13	P3011-8292-3137	Instalar manguera de freno FR LH en el chasis	0:00:05	0:00:06	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:06
14	P3011-8292-3139	Instalar el soporte sensor ABS rueda FR RH									
15	P3011-8292-3138	Instalar el sensor ABS rueda FR RH + ruteo									
16	S/C	Autoinspección	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
17	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									

TOTAL MUESTRAS	0:01:20	0:01:27	0:01:23	0:01:24	0:01:22
TIEMPO EN SEGUNDOS	80,00	87,00	83,00	84,00	82,00
T.ELEVADO ^2	6400,00	7569,00	6889,00	7056,00	6724,00

TOTAL T.(S)	416,00
TOTAL T.(S)^2	34638,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	1,24
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	2,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:23	**Operario 8**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:33	

Anexo 18. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C6 Operario 9

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C6
Fecha: 18/3/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:01:05	0:01:03	0:01:04	0:01:06	0:01:04	0:01:04	1,00	0:01:04	0:01:13
2	S/C	Inspección del aceite diferencial FR	0:00:07	0:00:08	0:00:08	0:00:09	0:00:09	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
3	P3011-8292-3147	Instalar cañerías de combustible	0:00:07	0:00:06	0:00:06	0:00:07	0:00:06	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:07
4	P3011-8292-3133	Instalar filtro de combustible	0:00:09	0:00:09	0:00:08	0:00:09	0:00:08	0:00:09	1,00	0:00:09	0:00:10
5	P3011-8292-3157	Instalar sensor presión de neumaticos									
6	P3011-8292-3151	Conectar cañerías de combustible									
7	S/C	Traslado del motor a chasis	0:00:22	0:00:21	0:00:22	0:00:21	0:00:22	0:00:22	1,00	0:00:22	0:00:25
8	P3011-8292-5017	Instalar motor en chasis									
9	P3011-8292-5017	Ajustar bases de motor									
10	P3011-8292-3128	Instalar depósto de hidráulico	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
11	P3011-8292-3160	Instalar perno de la cañeria del hidraúlico a la bomba	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
12	P3011-8292-3161	Instalar caja de resonancia	0:00:19	0:00:19	0:00:18	0:00:20	0:00:18	0:00:19	1,00	0:00:19	0:00:21
13	P3011-8292-3167	Autoinspección	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:05	0:00:05	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:06
14	P3011-8292-3119	Llenado de manifesto y lista diaria									
		TOTAL MUESTRAS	0:02:15	0:02:11	0:02:12	0:02:17	0:02:12				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	135,00	131,00	132,00	137,00	132,00				
		T.ELEVADO ^2	18225,00	17161,00	17424,00	18769,00	17424,00				

TOTAL T.(S)	667,00
TOTAL T.(S)^2	89003,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,45
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:02:13
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR	0:02:32

Operario 9

Anexo 19. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C7 Operario 10

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C7
Fecha: 18/3/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1		Recolección de componentes	0:00:25	0:00:26	0:00:26	0:00:25	0:00:25	0:00:25	1,00	0:00:25	0:00:29
2	P3011-8292-3151	Instalar ducto de llenado de combustible	0:00:21	0:00:20	0:00:19	0:00:20	0:00:21	0:00:20	1,00	0:00:20	0:00:23
3	P3011-8292-3109	Instalar cardan RR	0:00:15	0:00:15	0:00:16	0:00:16	0:00:15	0:00:15	1,00	0:00:15	0:00:18
4	P3011-8292-3109	Ajustar rodamiento central de cardan									
5	P3011-8292-3223	Instalar llanta de emergencia	0:00:35	0:00:35	0:00:34	0:00:35	0:00:34	0:00:35	1,00	0:00:35	0:00:39
6	P3011-8292-3141	Instalar manguera ventilación del tanque	0:00:12	0:00:12	0:00:13	0:00:10	0:00:10	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:13
7	S/C	Mover chasis de la linea	0:00:12	0:00:12	0:00:12	0:00:13	0:00:11	0:00:12	1,00	0:00:12	0:00:14
8	S/C	Autoinspección	0:00:15	0:00:09	0:00:15	0:00:10	0:00:12	0:00:12	1,00	0:00:12	0:00:14
9	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
		TOTAL MUESTRAS	0:02:15	0:02:09	0:02:15	0:02:09	0:02:08				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	135,00	129,00	135,00	129,00	128,00				
		T.ELEVADO ^2	18225,00	16641,00	18225,00	16641,00	16384,00				

TOTAL T.(S)	656,00
TOTAL T.(S)^2	86116,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,91
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:02:11
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR	0:02:30

Operario 10

Anexo 20. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C7 Operario 11

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1		Recolección de componentes	0:00:20	0:00:19	0:00:20	0:00:19	0:00:19	0:00:19	1,00	0:00:19	0:00:22
2	S/C	Inspección del aceite diferencial RR y FR	0:00:03	0:00:04	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:04
3	P3011-8292-3170	Instalar cardan FR	0:00:12	0:00:12	0:00:13	0:00:14	0:00:14	0:00:13	1,00	0:00:13	0:00:15
4	P3011-8292-5032	Llenar el aceite de caja	0:00:05	0:00:05	0:00:06	0:00:06	0:00:06	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:06
5	S/C	Llenar el aceite de motor									
6	P3011-8292-3174	Instalar bases de cabina n2,N4	0:00:48	0:00:48	0:00:49	0:00:47	0:00:49	0:00:48	1,00	0:00:48	0:00:55
7	S/C	Autoinspección	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
1		espera para llenado de aceite	0:01:12	0:01:00	0:01:15	0:01:12	0:01:15	0:01:11	1,00	0:01:11	0:01:21

TOTAL MUESTRAS	0:02:40	0:02:28	0:02:47	0:02:41	0:02:47
TIEMPO EN SEGUNDOS	160,00	148,00	167,00	161,00	167,00
T.ELEVADO ^2	25600,00	21904,00	27889,00	25921,00	27889,00

TOTAL T.(S)	803,00
TOTAL T.(S)^2	129203,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	2,99
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	3,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:02:41	Operario 11
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:03:03	

Anexo 21. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C8 Operario 12

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C8
Fecha: 18/3/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1		Recolección de componentes	0:00:12	0:00:11	0:00:11	0:00:10	0:00:11	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:13
2	P3011-8292-3058	Colocar cauchos de escape	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
3	P3011-8292-3058	Instalar tramo intermedio de escape	0:00:48	0:00:50	0:00:48	0:00:49	0:00:50	0:00:49	1,00	0:00:49	0:00:56
4	P3011-8292-3058	Instalar silenciador									
5	P3011-8292-3057	Instalar tramo final de escape									
6	S/N	Bajar e inspeccionar llantas	0:02:12	0:02:12	0:02:13	0:02:10	0:02:11	0:02:12	1,00	0:02:12	0:02:30
7	P3011-8292-3221	Instalar llantas FR Y RR									
8	P3011-8292-3248	Instalar tapacubos	0:00:11	0:00:12	0:00:10	0:00:11	0:00:10	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:12
9	P3011-8292-4206	Llenado de diesel	0:00:23	0:00:23	0:00:22	0:00:21	0:00:22	0:00:22	1,00	0:00:22	0:00:25
10	S/N	Retirar pernos de tierra	0:00:07	0:00:06	0:00:08	0:00:06	0:00:08	0:00:07	1,00	0:00:07	0:00:08
11	S/N	Autoinspección	0:00:03	0:00:04	0:00:05	0:00:04	0:00:03	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:04
12	S/N	Llenado de manifiesto y lista diaria									
		TOTAL MUESTRAS	0:03:56	0:03:58	0:03:57	0:03:51	0:03:55				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	236,00	238,00	237,00	231,00	235,00				
		T.ELEVADO ^2	55696,00	56644,00	56169,00	53361,00	55225,00				

TOTAL T.(S)	1177,00
TOTAL T.(S)^2	277095,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,17
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:03:55	**Operario 12**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:04:28	

Anexo 22. Registro de tiempos muertos línea chasis estación C9 Operario 13

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | Línea: Chasis | Modelo: POER 4X4

Estación: C9
Fecha: 18/3/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

Lote:	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1		Mover chasis a estación de entrada de A1									
2		Llevar soporte de chasis a C4									
3		Inspeccionar eje inferior de transmisión de dirección									
4		Inspeccionar cremallera de direccion									
5		Inspeccionar uniones de bolas en cremallera									
6		Inspeccionar almohadillas FR LH / RH									
7		Inspeccionar soporte anticolisión									
8		Inspeccionar tecle de llanta de emergencia									
9		Inspeccionar instalación de eje RR en chasis									
10		Inspeccionar amortiguador RR LH/RH									
11		Inspeccionar ruteo del cable freno estacionamiento LH/RH									
12		Inspeccionar cañerias freno RR LH/RH en el diferencial									
13		Inspeccionar manguera de freno RR LH									
14		Inspeccionar mangueras freno RR LH/RH en el diferencial									
15		Inspeccionar tanque de combustible									
16		Inspeccionar instalación de eje FR en chasis									
17		Inspeccionar viga anticolisión									
18		Inspeccionar mesas superior, inferior LH/RH									
19		Inspeccionar cañeria de la dirección hidraúlica									
20		Inspeccionar números correlativos	0:01:02	0:01:02	0:01:02	0:01:02	0:01:02	0:01:02	1,00	0:01:02	0:01:11
21		Inspeccionar puntas de eje FR LH/RH									
22		Inspeccionar manguera de freno FR LH en el chasis									
23		Inspeccionar sensor ABS									
24		Inspeccionar cañerías de combustible									
25		Inspeccionar filtro de combustible									
26		Inspeccionar montaje de motor									
27		Inspeccionar cañería de alta presión del compresor AC									
28		Inspeccionar ducto llenado de combustible									
29		Inspeccionar cardán RR/FR									
30		Inspeccionar manguera de hidráulico									
31		Inspeccionar escape									
32		Inspeccionar llantas									
33		Inspeccionar bases decabina n2,N4									
34		Inspeccionar kit de embrague									
35		Inspeccionar Sub ensamble del motor									
36		Inspeccionar VIN del motor en SM									
37		Autoinspección									
38		Manifiesto									
39		Lista Diaria									
		TOTAL MUESTRAS	0:01:02	0:01:02	0:01:02	0:01:02	0:01:02				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	62,00	62,00	62,00	62,00	62,00				
		T.ELEVADO ^2	3844,00	3844,00	3844,00	3844,00	3844,00				

TOTAL T.(S)	310,00
TOTAL T.(S)^2	19220,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,00
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	0,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum X2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:02
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:11

Operario 13

Anexo 23. Pared de balance método tradicional

BALANCEO DE LÍNEA

LÍNEA: CHASIS	
TIEMPO LABORAL (MÍN)	7:35:00
T.M.PROMEDIO	0:02:05
UNIDADES PLANIFICADAS	35,00

FECHA DE MUESTRAS	
INICIO	11/3/2026
FIN	18/3/2026

No.	LÍNEA	ESTACIÓN	OPERARIO	T.M. PROMEDIO	T.M. OPERADOR	UNIDADES	T. MUERTO VS T.PROMEDIO	PORCERTANJE TIEMPO EXTRA	eficiencia
1	CHASIS	C1	Operario 1	0:02:05	0:01:11	35	0:00:54	43,02%	143,02%
2		C2	Operario 2	0:02:05	0:01:24	35	0:00:41	33,01%	133,01%
3			Operario 3	0:02:05	0:01:47	35	0:00:18	14,26%	114,26%
4		C3	Operario 4	0:02:05	0:01:32	35	0:00:34	26,82%	126,82%
			Operario 5	0:02:05	0:02:36	35	-0:00:30	-24,34%	75,66%
5		C4	Operario 6	0:02:05	0:01:05	35	0:01:00	47,77%	147,77%
6		C5	Operario 7	0:02:05	0:02:16	35	-0:00:10	-8,32%	91,68%
7			Operario 8	0:02:05	0:01:33	35	0:00:32	25,52%	125,52%
8		C6	Operario 9	0:02:05	0:02:32	35	-0:00:27	-21,43%	78,57%
9		C7	Operario 10	0:02:05	0:02:30	35	-0:00:24	-19,42%	80,58%
10			Operario 11	0:02:05	0:03:03	35	-0:00:58	-46,18%	53,82%
11		C8	Operario 12	0:02:05	0:04:28	35	-0:02:23	-114,27%	-14,27%
12		C9	Operario 13	0:02:05	0:01:11	35	0:00:55	43,57%	143,57%
-		LÍDER	César Pantoja					0,00%	100,00%

TOTAL: Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%

	PROMEDIO	# DE MUESTRAS
2		
2		
1	1,75	2
3		
1		
3		
1		
2		
1		
1		
3		
1		

- 5 muestras → mínimo aceptable
- 10 muestras → recomendable
- 15-20 → estudio profesional

Anexo 24. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C1 Operario 1

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C1
Fecha: 1/4/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

Lote:	MUESTRAS 1	2	3	4	5	TOTAL
	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Inspección del chasis en el rack	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
2	P3011-8292-3101	Alimentación del chasis en la línea	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
3	S/C	Retirar tuercas y pernos del chasis+limpieza chasis	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
4	P3011-8292-31037-3155	Grabar VIN en el chasis	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
5	P3011-8292-3105	Instalar eje inferior de transmisión de dirección	0:00:28	0:00:27	0:00:27	0:00:28	0:00:29	0:00:28	1,00	0:00:28	0:00:32
6	P3011-8292-3106	Instalar cremallera de direccion									
7	P3011-8292-3104	Colocar las uniones de bolas en cremallera									
8	P3011-8292-3177	Instalar soporte anticolisión	0:00:05	0:00:05	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:05
9	P3011-8292-3176	Instalar viga anticolición	0:00:05	0:00:06	0:00:04	0:00:06	0:00:04	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:06
10	S/C	Sacar 3 improntas del número VIN del chasis	0:00:04	0:00:05	0:00:03	0:00:04	0:00:05	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:05
11	S/C	Autoinspección + Pintar chasis + Limpieza chasis	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
12	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
13	S/C	Resgistro de unidad en el sistema									
14	S/C	Movimiento línea	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
		TOTAL MUESTRAS	0:00:42	0:00:43	0:00:38	0:00:41	0:00:42				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	42,00	43,00	38,00	41,00	42,00				
		T.ELEVADO ^2	1764,00	1849,00	1444,00	1681,00	1764,00				

TOTAL T.(S)	206,00
TOTAL T.(S)^2	8502,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	2,79
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	3,00

$$N = \left[\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:00:41	**Operario 1**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL	0:00:47	

Anexo 25. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C2 Operario 2

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C2
Fecha: 1/4/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

Nº	Nº Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	P3011-8292-3124	Colocar los pernos U en el dispositivo	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
2	P3011-8292-3124	Colocar platinas metalicas en el dispositivo									
3	S/C	Safar eje RR del rack	0:00:02	0:00:03	0:00:05	0:00:03	0:00:04	0:00:03	1,00	0:00:03	0:00:04
4	S/C	Inspeccionar el eje RR en el chasis + Retirar plastocos protectores									
5	S/C	Trasladar el eje RR a la mesa de trabajo									
6	P3011-8292-3124	Preeensamble eje RR	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
7	S/C	Mover el eje RR hacia chasis	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
8	S/C	Recolección de componentes	0:00:28	0:00:29	0:00:30	0:00:28	0:00:30	0:00:29	1,00	0:00:29	0:00:33
9	S/C	Colocar travador en los pernos y cauchos	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
10	P3011-8292-3107	Instalar el eje RR en chasis	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
11	P3011-8292-3108	Instalar amortiguador RR RH+trabador	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
12	P3011-8292-3168	Rutear cable freno estacionamiento RH	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
13	P3011-8292-3111	Instalar cañerias freno RR LH en el diferencial	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
14	P3011-8292-3111	Instalar cañerias freno RR RH en el diferencial									
15	P3011-8292-3110	Instalar manguera de freno RR RH	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
16	P3011-8292-3123	Instalar mangueras freno RR LH en el diferencial	0:00:11	0:00:12	0:00:10	0:00:11	0:00:12	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:13
17	P3011-8292-3123	Instalar mangueras freno RR RH en el diferencial									
18	S/C	Pintar fallas del diferencial	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
19	S/C	Autoinspección									
20	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									

TOTAL MUESTRAS	0:00:41	0:00:44	0:00:45	0:00:42	0:00:46
TIEMPO EN SEGUNDOS	41,00	44,00	45,00	42,00	46,00
T.ELEVADO ^2	1681,00	1936,00	2025,00	1764,00	2116,00

TOTAL T.(S)	218,00
TOTAL T.(S)^2	9522,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	2,90
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	3,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:00:44
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL	0:00:50

Operario 2

Anexo 26. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C2 Operario 3

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:10	0:00:11	0:00:11	0:00:10	0:00:12	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:12
2	P3011-8292-3102	Colocación de almohadillas FR LH	0:00:04	0:00:04	0:00:05	0:00:04	0:00:05	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:05
3	P3011-8292-3150	Colocación tecle de llanta de emergencia	0:00:05	0:00:07	0:00:06	0:00:05	0:00:05	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:06
4	P3011-8292-3176	Instalación del eje FR	0:00:05	0:00:05	0:00:05	0:00:05	0:00:05	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:06
5	S/C	Ajustar pernos laterales FR chasis	0:00:08	0:00:07	0:00:08	0:00:07	0:00:08	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
6	P3011-8292-3113	Pasar machuelo M10 en 4 roscas internas para barra estabilizadora	0:00:08	0:00:09	0:00:09	0:00:08	0:00:07	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
7	P3011-8292-3114	Pre ensamble de la barra estabilizadora									
8	P3011-8292-3176	Instalar la barra estabilizadora									
9	P3011-8292-3107	Instalar los bujes de paquete RR en el chasis	0:00:08	0:00:07	0:00:08	0:00:10	0:00:07	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
10	P3011-8292-3108	Instalar amortiguador RR LH +trabador	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
11	P3011-8292-3168	Rutear cable freno estacionamiento LH	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
12	P3011-8292-3110	Instalar manguera de freno RR LH	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
13	S/C	Torque del eje FR	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
14	S/C	Torque del cable de freno									
15	S/C	Toruqe de tecle de llanta de emergencia									
16	S/C	Autoinspección	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00

TOTAL MUESTRAS	0:00:48	0:00:50	0:00:52	0:00:49	0:00:49
TIEMPO EN SEGUNDOS	48,00	50,00	52,00	49,00	49,00
T.ELEVADO ^2	2304,00	2500,00	2704,00	2401,00	2401,00

TOTAL T.(S)	248,00
TOTAL T.(S)^2	12310,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	1,20
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	2,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:00:50
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL	0:00:57

Operario 3

Anexo 27. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C3 Operario 4

TABULACIÓN DE TIEMPOS

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C3
Fecha: 1/4/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
2	P3011-8292-3115	Instalar la mesa inferior LH	0:00:05	0:00:05	0:00:06	0:00:07	0:00:06	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:07
3	P3011-8292-3115	Instalar la mesa inferior RH									
4	S/C	Torque de eje RR	0:00:16	0:00:18	0:00:16	0:00:17	0:00:18	0:00:17	1,00	0:00:17	0:00:19
5	S/C	Torque de amortiguador RR LH/RH									
6	S/C	Torque de cremallera									
7	S/C	Torque de eje FR									
8	S/C	Torque de viga anticolición									
9	S/C	Torque de barrra estabilizadora									
10	S/C	Torque de correas metalicas									
11	S/C	Torque de platina protectora									
12	S/C	Autoinspección	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:04	0:00:03	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:04
13	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
14	S/C	tiempo disponible	0:00:27	0:00:26	0:00:26	0:00:27	0:00:28	0:00:27	1,00	0:00:27	0:00:31

TOTAL MUESTRAS	0:00:52	0:00:52	0:00:52	0:00:55	0:00:55
TIEMPO EN SEGUNDOS	52,00	52,00	52,00	55,00	55,00
T.ELEVADO ^2	2704,00	2704,00	2704,00	3025,00	3025,00

TOTAL T.(S)	266,00	
TOTAL T.(S)^2	14162,00	
Calcular el número de ciclos a cronometrar	1,22	$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	2,00	

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:00:53	**Operario 4**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:01	

Anexo 28. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C3 Operario 5

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	P3011-8292-3120	Preensamblar tanque de combustible	0:00:08	0:00:08	0:00:07	0:00:08	0:00:07	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
2	P3011-8292-3121	Montar el tanque de combustible	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
3	P3011-8292-3121	Instalar protector tanque de combustible	0:00:06	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:05	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:06
4	P3011-8292-3121	Instalar correas metalicas #2	0:00:12	0:00:11	0:00:12	0:00:13	0:00:11	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
5	P3011-8292-3121	Instalar platinas protector tanque #2	0:00:05	0:00:04	0:00:05	0:00:04	0:00:05	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:05
6	P3011-8292-3115	Instalar la mesa inferior LH	0:00:05	0:00:05	0:00:04	0:00:04	0:00:04	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:07
7	P3011-8292-3133	Instalar soporte de filtro de combustible	0:00:08	0:00:09	0:00:08	0:00:07	0:00:07	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
8	P3011-8292-3147	Instalar vinchas plásticas lineas de combustible									
9	P3011-8292-3179	Instalar soporte de arnés de chasis									
10	S/C	Autoinspección	0:00:07	0:00:06	0:00:06	0:00:07	0:00:08	0:00:07	1,00	0:00:07	0:00:08
11	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
12	S/C	Tiempo libre	0:00:11	0:00:12	0:00:10	0:00:11	0:00:10	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:12
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:08	0:00:09	0:00:08	0:00:09	0:00:08	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:10
		TOTAL MUESTRAS	0:01:10	0:01:10	0:01:05	0:01:09	0:01:05				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	70,00	70,00	65,00	69,00	65,00				
		T.ELEVADO ^2	4900,00	4900,00	4225,00	4761,00	4225,00				

TOTAL T.(S)	339,00
TOTAL T.(S)^2	23011,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	1,87
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	2,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:06	**Operario 5**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:15	

Anexo 29. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C4 Operario 5

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C4
Fecha: 1/4/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:07	0:00:08	0:00:08	0:00:07	0:00:08	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
2	P3011-8292-3122	Instalar el amortiguador FR LH	0:00:09	0:00:09	0:00:09	0:00:09	0:00:09	0:00:09	1,00	0:00:09	0:00:10
3	P3011-8292-3122	Instalar el amortiguador FR RH									
4	P3011-8292-3130	Instalar la mesa superior FR LH	0:00:12	0:00:10	0:00:11	0:00:12	0:00:11	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:13
5	P3011-8292-3130	Instalar la mesa superior FR RH									
6	P3011-8292-3134	Instalar válvula ventilación eje RR/FR	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
7	S/C	Instalar válvula desfogue diferencial RR									
8	S/C	Limpiar + Pintar chasis partes corroidas y número correlativo	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
9	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
		TOTAL MUESTRAS	0:00:28	0:00:27	0:00:28	0:00:28	0:00:28				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	28,00	27,00	28,00	28,00	28,00				
		T.ELEVADO ^2	784,00	729,00	784,00	784,00	784,00				

TOTAL T.(S)	139,00
TOTAL T.(S)^2	3865,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,33
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:06	**Operario 5 C3**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:15	

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:00:28	**Operario 5 C4**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:00:32	

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:34	**Operario 5**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:47	

Anexo 30. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C4 Operario 6

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:05	0:00:04	0:00:05	0:00:06	0:00:05	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:06
2	S/C	Colocar dispositivo de volteo de chasis RR									
3	S/C	Fijar fajas para el volteo de chasis	0:00:05	0:00:04	0:00:06	0:00:05	0:00:05	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:06
4	P3011-8292-3126	Volteo de chasis y retirar fajas									
5	S/C	Grabado de números correlativos LH y RH	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
6	P3011-8292-3131-3276	Instalar la válvula combinada de freno + 2 platinas de soporte de cañerías	0:00:04	0:00:06	0:00:05	0:00:05	0:00:04	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:05
7	P3011-8292-3135	Instalar la cañeria de la dirección hidraúlica	0:00:05	0:00:05	0:00:05	0:00:05	0:00:05	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:06
8	P3011-8292-3125	Instalar el protector de calor del motor	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
9	S/C	Instalar vinchas de las cañerías de frenos RR (diferencial)	0:00:11	0:00:11	0:00:12	0:00:11	0:00:12	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:13
10	S/C	Sacado de improntas y pegado en el manifiesto	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
11	S/C	Limpiar + Pintar chasis partes corroidas y número correlativo	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
12	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
		TOTAL MUESTRAS	0:00:30	0:00:30	0:00:33	0:00:32	0:00:31				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	30,00	30,00	33,00	32,00	31,00				
		T.ELEVADO ^2	900,00	900,00	1089,00	1024,00	961,00				

TOTAL T.(S)	156,00
TOTAL T.(S)^2	4874,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	2,24
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	3,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:00:31	**Operario 6**
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:00:36	

Anexo 31. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C5 Operario 7

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C5
Fecha: 1/4/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0,97	0:00:05	0:00:06
2	P3011-8292-3137	Instalar semieje FR LH y RH en la punta de eje	0:00:18	0:00:17	0:00:16	0:00:18	0:00:17	0:00:17	1,00	0:00:17	0:00:20
3	P3011-8292-3137	Instalar la punta de eje FR LH									
4	P3011-8292-3137	Instalar la punta de eje FR RH									
5	P3011-8292-3137	Instalar el colgante FR LH	0:00:03	0:00:02	0:00:03	0:00:03	0:00:02	0:00:03	1,00	0:00:03	0:00:03
6	P3011-8292-3137	Instalar el colgante FR RH									
7	S/C	Torquear mesa superior LH/RH	0:00:08	0:00:07	0:00:08	0:00:08	0:00:07	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
8	S/C	Torquear perno inferior amortigiador FR	0:00:37	0:00:37	0:00:38	0:00:37	0:00:38	0:00:37	1,00	0:00:37	0:00:43
9	P3011-8292-3137	Toquear mesa y puntas									
10	P3011-8292-3137	Instalar seguro superior de la punta de eje FR LH	0:00:09	0:00:09	0:00:08	0:00:09	0:00:08	0:00:09	1,00	0:00:09	0:00:10
11	P3011-8292-3137	Instalar seguro superior de la punta de eje FR RH									
12	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria	0:00:08	0:00:08	0:00:08	0:00:07	0:00:07	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
		TOTAL MUESTRAS	0:01:29	0:01:25	0:01:27	0:01:28	0:01:24				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	89,00	85,00	87,00	88,00	84,00				
		T.ELEVADO ^2	7921,00	7225,00	7569,00	7744,00	7056,00				

TOTAL T.(S)	433,00
TOTAL T.(S)^2	37515,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,73
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:27	Operario 7
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:39	

Anexo 32. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C5 Operario 8

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:05	0:00:05	0:00:04	0:00:05	0:00:04	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:05
2	P3011-8292-3166	Instalar arnés de chasis	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:06	0:00:05	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:06
3	P3011-8292-3166	Conexión arnés de chasis									
4	P3011-8292-3255	Conectar el terminal LH de la direccion	0:00:08	0:00:10	0:00:08	0:00:09	0:00:09	0:00:09	1,00	0:00:09	0:00:10
5	P3011-8292-3255	Conectar el terminal RH de la direccion									
6	S/C	Comprimir punta de eje FR LH	0:00:10	0:00:11	0:00:12	0:00:12	0:00:11	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:13
7	S/C	Comprimir punta de eje FR RH									
8	P3011-8292-3145	Instalar tuercas eje FR LH/RH y torquear	0:00:03	0:00:03	0:00:03	0:00:03	0:00:03	0:00:03	1,00	0:00:03	0:00:03
9	P3011-8292-3137	Instalar manguera de freno FR LH en el chasis	0:00:03	0:00:04	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:04
10	P3011-8292-3139	Instalar el soporte sensor ABS rueda FR LH									
11	P3011-8292-3138	Instalar el sensor ABS rueda FR LH + ruteo									
12	P3011-8292-3118	Instalar soporte manguera del radiador									
13	P3011-8292-3137	Instalar manguera de freno FR LH en el chasis	0:00:07	0:00:06	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:07
14	P3011-8292-3139	Instalar el soporte sensor ABS rueda FR RH									
15	P3011-8292-3138	Instalar el sensor ABS rueda FR RH + ruteo									
16	S/C	Autoinspección	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
17	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									

TOTAL MUESTRAS	0:00:42	0:00:44	0:00:43	0:00:43	0:00:42
TIEMPO EN SEGUNDOS	42,00	44,00	43,00	43,00	42,00
T.ELEVADO ^2	1764,00	1936,00	1849,00	1849,00	1764,00

TOTAL T.(S)	214,00
TOTAL T.(S)^2	9162,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,49
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:00:43
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR	0:00:49

Operario 8

Anexo 33. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C6 Operario 9

TABULACIÓN DE TIEMPOS

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C6
Fecha: 1/4/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1	S/C	Recolección de componentes	0:00:25	0:00:25	0:00:24	0:00:25	0:00:24	0:00:25	1,00	0:00:25	0:00:28
2	S/C	Inspección del aceite diferencial FR	0:00:09	0:00:08	0:00:09	0:00:09	0:00:08	0:00:09	1,00	0:00:09	0:00:10
3	P3011-8292-3147	Instalar cañerías de combustible	0:00:05	0:00:06	0:00:07	0:00:05	0:00:06	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:07
4	P3011-8292-3133	Instalar filtro de combustible	0:00:07	0:00:08	0:00:07	0:00:08	0:00:09	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
5	P3011-8292-3157	Instalar sensor presión de neumaticos									
6	P3011-8292-3151	Conectar cañerías de combustible									
7	S/C	Traslado del motor a chasis	0:00:15	0:00:17	0:00:16	0:00:17	0:00:15	0:00:16	1,00	0:00:16	0:00:18
8	P3011-8292-5017	Instalar motor en chasis									
9	P3011-8292-5017	Ajustar bases de motor									
10	P3011-8292-3128	Instalar depósto de hidráulico	0:00:12	0:00:14	0:00:13	0:00:12	0:00:13	0:00:13	1,00	0:00:13	0:00:15
11	P3011-8292-3160	Instalar perno de la cañeria del hidraúlico a la bomba	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
12	P3011-8292-3161	Instalar caja de resonancia	0:00:17	0:00:18	0:00:16	0:00:16	0:00:17	0:00:17	1,00	0:00:17	0:00:19
13	P3011-8292-3167	Autoinspección	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:05	0:00:04	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:06
14	P3011-8292-3119	Llenado de manifesto y lista diaria									
		TOTAL MUESTRAS	0:01:36	0:01:41	0:01:38	0:01:37	0:01:36				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	96,00	101,00	98,00	97,00	96,00				
		T.ELEVADO ^2	9216,00	10201,00	9604,00	9409,00	9216,00				

TOTAL T.(S)	488,00
TOTAL T.(S)^2	47646,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,58
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:38
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:51

Operario 9

Anexo 34. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C7 Operario 10

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C7
Fecha: 1/4/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1		Recolección de componentes	0:00:08	0:00:08	0:00:07	0:00:09	0:00:07	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:09
2	P3011-8292-3151	Instalar ducto de llenado de combustible	0:00:18	0:00:17	0:00:19	0:00:18	0:00:20	0:00:18	1,00	0:00:18	0:00:21
3	P3011-8292-3109	Instalar cardan RR	0:00:09	0:00:08	0:00:10	0:00:09	0:00:08	0:00:09	1,00	0:00:09	0:00:10
4	P3011-8292-3109	Ajustar rodamiento central de cardan									
5	P3011-8292-3223	Instalar llanta de emergencia	0:00:34	0:00:32	0:00:33	0:00:34	0:00:32	0:00:33	1,00	0:00:33	0:00:38
6	P3011-8292-3141	Instalar manguera ventilación del tanque	0:00:06	0:00:06	0:00:06	0:00:06	0:00:06	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:07
7	S/C	Mover chasis de la linea	0:00:13	0:00:13	0:00:13	0:00:13	0:00:13	0:00:13	1,00	0:00:13	0:00:15
8	S/C	Autoinspección	0:00:11	0:00:12	0:00:12	0:00:09	0:00:10	0:00:11	1,00	0:00:11	0:00:12
9	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
		TOTAL MUESTRAS	0:01:39	0:01:36	0:01:40	0:01:38	0:01:36				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	99,00	96,00	100,00	98,00	96,00				
		T.ELEVADO ^2	9801,00	9216,00	10000,00	9604,00	9216,00				

TOTAL T.(S)	489,00
TOTAL T.(S)^2	47837,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,43
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left[\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:38
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:51

Operario 10

Anexo 35. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C7 Operario 11

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1		Recolección de componentes	0:00:05	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:07	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:07
2	S/C	Inspección del aceite diferencial RR y FR	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:04	0:00:03	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:04
3	P3011-8292-3170	Instalar cardan FR	0:00:17	0:00:19	0:00:16	0:00:18	0:00:18	0:00:18	1,00	0:00:18	0:00:20
4	P3011-8292-5032	Llenar el aceite de caja	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:06	0:00:05	0:00:06	1,00	0:00:06	0:00:06
5	S/C	Llenar el aceite de motor									
6	P3011-8292-3174	Instalar bases de cabina n2,N4	0:00:08	0:00:09	0:00:09	0:00:08	0:00:08	0:00:08	1,00	0:00:08	0:00:10
7	S/C	Autoinspección	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
	S/C	Llenado de manifiesto y lista diaria									
1		espera para llenado de aceite	0:01:16	0:01:17	0:01:15	0:01:14	0:01:14	0:01:15	1,00	0:01:15	0:01:26
		TOTAL MUESTRAS	0:01:56	0:01:59	0:01:55	0:01:56	0:01:55				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	116,00	119,00	115,00	116,00	115,00				
		T.ELEVADO ^2	13456,00	14161,00	13225,00	13456,00	13225,00				

TOTAL T.(S)	581,00
TOTAL T.(S)^2	67523,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,26
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:56	Operario 11
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:02:12	

Anexo 36. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C8 Operario 12

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C8
Fecha: 1/4/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1		Recolección de componentes	0:00:05	0:00:04	0:00:05	0:00:05	0:00:04	0:00:05	1,00	0:00:05	0:00:05
2	P3011-8292-3058	Colocar cauchos de escape	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1,00	0:00:00	0:00:00
3	P3011-8292-3058	Instalar tramo intermedio de escape	0:00:22	0:00:21	0:00:23	0:00:23	0:00:22	0:00:22	1,00	0:00:22	0:00:25
4	P3011-8292-3058	Instalar silenciador									
5	P3011-8292-3057	Instalar tramo final de escape									
6	S/N	Bajar e inspeccionar llantas	0:02:02	0:02:08	0:02:00	0:02:04	0:02:10	0:02:05	1,00	0:02:05	0:02:22
7	P3011-8292-3221	Instalar llantas FR Y RR									
8	P3011-8292-3248	Instalar tapacubos	0:00:09	0:00:10	0:00:09	0:00:09	0:00:10	0:00:09	1,00	0:00:09	0:00:11
9	P3011-8292-4206	Llenado de diesel	0:00:21	0:00:23	0:00:22	0:00:21	0:00:22	0:00:22	1,00	0:00:22	0:00:25
10	S/N	Retirar pernos de tierra	0:00:08	0:00:09	0:00:08	0:00:09	0:00:09	0:00:09	1,00	0:00:09	0:00:10
11	S/N	Autoinspección	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:04	0:00:04	1,00	0:00:04	0:00:04
12	S/N	Llenado de manifiesto y lista diaria									
		TOTAL MUESTRAS	0:03:10	0:03:19	0:03:10	0:03:15	0:03:21				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	190,00	199,00	190,00	195,00	201,00				
		T.ELEVADO ^2	36100,00	39601,00	36100,00	38025,00	40401,00				

TOTAL T.(S)	975,00
TOTAL T.(S)^2	190227,00
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,86
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	1,00

$$N = \left[\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2$$

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:03:15
SUPLEMENTOS	14%
TIEMPO ESTÁNDAR	0:03:42

Operario 12

Anexo 37. Registro de tiempos muertos, nuevo método línea chasis estación C9 Operario 13

CIAUTO

TABULACIÓN DE TIEMPOS

FICM

Planta: Ensamble | **Línea:** Chasis | **Modelo:** POER 4X4

Estación: C9
Fecha: 1/4/2026
Registrado por: Dany Moreano
Aprobado por:

	MUESTRAS					
	1	2	3	4	5	TOTAL
Lote:	CPB5003					-

N°	N° Control Plan	Operación	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	T. Promedio	Valoración	T. Normal	T. Estándar
1		Mover chasis a estación de entrada de A1									
2		Llevar soporte de chasis a C4									
3		Inspeccionar eje inferior de transmisión de dirección									
4		Inspeccionar cremallera de direccion									
5		Inspeccionar uniones de bolas en cremallera									
6		Inspeccionar almohadillas FR LH / RH									
7		Inspeccionar soporte anticolisión									
8		Inspeccionar tecle de llanta de emergencia									
9		Inspeccionar instalación de eje RR en chasis									
10		Inspeccionar amortiguador RR LH/RH									
11		Inspeccionar ruteo del cable freno estacionamiento LH/RH									
12		Inspeccionar cañerias freno RR LH/RH en el diferencial									
13		Inspeccionar manguera de freno RR LH									
14		Inspeccionar mangueras freno RR LH/RH en el diferencial									
15		Inspeccionar tanque de combustible									
16		Inspeccionar instalación de eje FR en chasis									
17		Inspeccionar viga anticolisión									
18		Inspeccionar mesas superior, inferior LH/RH									
19		Inspeccionar cañeria de la dirección hidraúlica									
20		Inspeccionar números correlativos	0:01:02	0:01:02	0:01:02	0:01:02	0:01:02	0:01:02	1,00	0:01:02	0:01:11
21		Inspeccionar puntas de eje FR LH/RH									
22		Inspeccionar manguera de freno FR LH en el chasis									
23		Inspeccionar sensor ABS									
24		Inspeccionar cañerías de combustible									
25		Inspeccionar filtro de combustible									
26		Inspeccionar montaje de motor									
27		Inspeccionar cañería de alta presión del compresor AC									
28		Inspeccionar ducto llenado de combustible									
29		Inspeccionar cardán RR/FR									
30		Inspeccionar manguera de hidráulico									
31		Inspeccionar escape									
32		Inspeccionar llantas									
33		Inspeccionar bases decabina n2,N4									
34		Inspeccionar kit de embrague									
35		Inspeccionar Sub ensamble del motor									
36		Inspeccionar VIN del motor en SM									
37		Autoinspección									
38		Manifiesto									
39		Lista Diaria									

TOTAL MUESTRAS	0:01:02	0:01:02	0:01:02	0:01:02	0:01:02	
TIEMPO EN SEGUNDOS	62,00	62,00	62,00	62,00	62,00	
T.ELEVADO ^2	3844,00	3844,00	3844,00	3844,00	3844,00	

TOTAL T.(S)	310,00	
TOTAL T.(S)^2	19220,00	
Calcular el número de ciclos a cronometrar	0,00	$N = \left[\frac{K/S \sqrt{n \sum Xi2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2$
Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%	0,00	

TOTAL TIEMPO ESTACIÓN	0:01:02	Operario 13
SUPLEMENTOS	14%	
TIEMPO ESTÁNDAR	0:01:11	

Anexo 38. Pared de balance línea chasis método Nuevo

BALANCEO DE LÍNEA

LÍNEA: CHASIS	
TIEMPO LABORAL (MÍN)	8:00:00
T.M. PROMEDIO TRADICIONAL	0:02:05
UNIDADES PLANIFICADAS	35,00

FECHA DE MUESTRAS	
INICIO	19/3/2026
FIN	1/4/2026

No.	LÍNEA	ESTACIÓN	OPERARIO	T.M. PROMEDIO TRADICIONAL	T.M. OPERADOR	UNIDADES	T. MUERTO VS T.PROMEDIO	PORCERTANJE TIEMPO EXTRA	eficiencia
1	CHASIS	C1	Operario 1	0:02:05	0:00:47	35	0:01:18	62,50%	162,50%
2		C2	Operario 2	0:02:05	0:00:50	35	0:01:16	60,31%	160,31%
3			Operario 3	0:02:05	0:00:57	35	0:01:09	54,85%	154,85%
4		C3	Operario 4	0:02:05	0:01:01	35	0:01:05	51,58%	151,58%
			Operario 5	0:02:05	0:01:47	35	0:00:19	14,80%	114,80%
5		C4	Operario 6	0:02:05	0:00:36	35	0:01:30	71,60%	171,60%
6		C5	Operario 7	0:02:05	0:01:39	35	0:00:27	21,33%	121,33%
7			Operario 8	0:02:05	0:00:49	35	0:01:16	61,04%	161,04%
8		C6	Operario 9	0:02:05	0:01:51	35	0:00:14	11,16%	111,16%
9		C7	Operario 10	0:02:05	0:01:51	35	0:00:14	10,98%	110,98%
10			Operario 11	0:02:05	0:02:12	35	-0:00:07	-5,77%	94,23%
11		C8	Operario 12	0:02:05	0:03:42	35	-0:01:37	-77,50%	22,50%
12		C9	Operario 13	0:02:05	0:01:11	35	0:00:55	43,57%	143,57%
-		LÍDER	César Pantoja					29,27%	129,27%

TOTAL: Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.NIVEL DE CONFIANZA 94,45%

	PROMEDIO	# DE MUESTRAS
2		
2	1,75	2
1		
3		
1		
3		
1		
2		
1		
1		
3		
1		

- 5 muestras → mínimo aceptable
- 10 muestras → recomendable
- 15-20 → estudio profesional

Anexo 39. Certificado de validación de trabajo de titulación

CIAUTO

CERTIFICADO DE APROBACIÓN Y

VALIDACIÓN DE PROYECTO TÉCNICO

Ambato, 12 de junio del 2026

Ing. Mg. Fidel Castro
Presidente de la Unidad de Titulación
Carrera de Mecánica
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Presente.

De mi consideración:

Ing. Carrillo Manobanda Deyby Xavier, en mi calidad de Coordinador del área de Ensamble de la empresa Ciudad del Auto CIAUTO CIA. LTDA., por medio del presente CERTIFICO que el proyecto experimental propuesto por el estudiante MOREANO PILASIG DANY STIVEN, portador de la Cédula de Ciudadanía No.0504364027, estudiante de la carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, como parte de su proyecto de titulación denominado: "ANÁLISIS CUANTITATIVO DE UN NUEVO MÉTODO DE SUMINISTRO PARA REDUCIR TIEMPOS MUERTOS Y MEJORAR PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS DE ENSAMBLE AUTOMOTOR.", ha sido evaluado técnicamente conforme a los criterios que se manejan de manera interna en planta de ensamble en nuestra empresa.

De acuerdo con la condición de aprobación definida en el cual establece un cumplimiento igual o superior al 95% de precisión global, se realizó la correspondiente evaluación y validación de analizar cuantitativamente del nuevo método de suministro verificando tiempos muertos y mejorando productividad en la línea de ensamble manteniendo las condiciones para el proceso de producción en la línea de CHASIS.
Con base en los resultados obtenidos durante el análisis cuantitativo del nuevo método de suministro, se certifica que la propuesta desarrollada cumple satisfactoriamente con el criterio de aprobación establecido.

Agradezco de antemano la atención prestada al presente documento. Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente.

Cía. Ltda.

.....
Ing. Carrillo Manobanda Deyby Xavier
Cédula de Ciudadanía: 1803202426
No. teléfono celular: 0958842604
Correo electrónico institucional: dcarrillo@ciauto.ec