



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENSAMBLE EN LA
LÍNEA CHASIS PARA AUTOMÓVILES MODELO M4 EN LA
EMPRESA AUTOPARTISTA *CIAUTO CIA. LTDA.* EN LA CIUDAD
DE AMBATO”**

ELVIS ALCIVAR ALTAMIRANO SAMPEDRO

**TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO INDUSTRIAL

Riobamba- Ecuador

2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2017-04-27

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

ELVIS ALCIVAR ALTAMIRANO SAMPEDRO

Titulado:

**“MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENSAMBLE EN LA LÍNEA CHASIS
PARA AUTOMÓVILES MODELO M4 EN LA EMPRESA AUTOPARTISTA
CIAUTO CIA. LTDA. EN LA CIUDAD DE AMBATO”.**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
VICEDECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jaime Iván Acosta Velarde
DIRECTOR

Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ELVIS ALCIVAR ALTAMIRANO SAMPEDRO

TRABAJO DE TITULACIÓN:

“MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENSAMBLE EN LA LÍNEA CHASIS PARA AUTOMÓVILES MODELO M4 EN LA EMPRESA AUTOPARTISTA CIAUTO CIA. LTDA. EN LA CIUDAD DE AMBATO”.

Fecha de examinación: 15-02-2018

RESULTADOS DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE LA DEFENSA			
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde TUTOR			
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano ASESOR			

*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES

El presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Elvis Alcivar Altamirano Sampedro

Cedula de Identidad: 060443332-6

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Elvis Alcivar Altamirano Sampedro, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados de los mismos son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente se encuentran debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Elvis Alcivar Altamirano Sampedro

Cedula de Identidad: 060443332-6

AGRADECIMIENTO

A mis padres Alcivar Altamirano e Isabel Sampedro quienes han forjado día a día mi camino y me han dirigido por el sendero correcto para así, alcanzar esta meta tan anhelada, muchos de mis logros se los debo a ustedes incluyendo este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente a conseguir mis metas.

Agradezco a Dios por estar conmigo en todo momento ayudándome a aprender de mis errores y no cometerlos otra vez, es quien ha guiado mi camino.

Agradezco al Ing. Juan Carlos Escobar por su apoyo y apertura para realizar el estudio en la empresa Ciauto Cía. Ltda.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial y a sus maestros por haber entregado sus conocimientos que son de gran importancia para una nueva vida profesional.

Elvis Alcivar Altamirano Sampedro

DEDICATORIA

Desde el momento que nací e incluso antes, ya estaban buscando maneras de ofrecerme lo mejor. Han trabajado duro, y el cumplimiento de esta meta la dedico a mis padres Alcivar Altamirano y Clara Isabel Sampedro y a mis hermanos Fabricio y Annabella que han entregado lo mejor de ellos para que pueda alcanzar mis deseos, ya que son un ejemplo de dedicación y perseverancia, y me han brindado su mano cuando más lo he necesitado.

Elvis Alcivar Altamirano Sampedro

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL.

1.1.	Antecedentes.	1
1.2.	Problema	2
1.3.	Justificación.	2
1.4.	Objetivos	3
1.4.1.	<i>Objetivo general.</i>	3
1.4.2.	<i>Objetivos específicos.</i>	3

CAPITULO II

MARCO CONCEPTUAL.

2.1.	Ingeniería de métodos.	4
2.2.	Producción en serie.	5
2.3.	Trabajo estandarizado en áreas de soporte.	5
2.3.1.	<i>¿Cuál es la importancia de implementar el trabajo estándar?</i>	6
2.3.2.	<i>¿Cuándo utilizar el trabajo estándar?</i>	6
2.4.	Las cinco S (5s).	7
2.5.	Componentes del trabajo estandarizado.	8
2.5.1.	<i>Takt time.</i>	8
2.6.	Etapas del trabajo estandarizado.	8
2.6.1.	<i>Selección de los procesos para mejoramiento.</i>	8
2.6.2.	<i>Medición de tiempos.</i>	9
2.6.3.	<i>Balanceo de operaciones o líneas.</i>	9
2.6.4.	<i>Pasos para el balance de una línea de ensamble.</i>	10
2.7.	Hoja de trabajo estándar.	11
2.8.	Instrucciones de operación.	11

2.9.	Estadística de calidad.....	11
2.10.	Diagramas de trabajo	12
2.11.	Diagrama de recorrido.	13
2.12.	Diagrama de análisis del proceso.....	13
2.13.	Registro de tiempos.....	13
2.13.1.	<i>Tiempo normal</i>	13
2.13.2.	<i>Tiempo estándar</i>	14
2.13.3.	<i>Determinación del tiempo estándar</i>	14
2.13.3.	<i>Sistema Westinghouse</i>	14
2.14.	Productividad	17
2.15.	Capacidad.....	17
2.16.	Costos.....	18
2.17.	Competitividad.....	18

CAPITULO III

SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE ENSAMBLE.

3.1.	Información General	20
3.1.1.	<i>Misión</i>	20
3.1.2.	<i>Visión</i>	20
3.2.	Situación actual del proceso de ensamblaje de automóviles M4.....	21
3.2.1.	<i>Principales Productos</i>	21
3.3.	Análisis de la situación actual de las Cinco S'.....	22
3.4.	Estudio del cumplimiento del trabajo estandarizado.	22
3.5.	Estadística de calidad.	23
3.6.	Área de estudio.....	23
3.8.	Diagramas de trabajo	23
3.8.1.	Descripción del proceso productivo.	23
3.8.2.	<i>Estación de ensamblaje 1</i>	25
3.8.3.	<i>Estación de ensamblaje 2</i>	25
3.8.4.	<i>Estación de ensamblaje 3</i>	26
3.8.5.	<i>Estación de ensamblaje 4</i>	26
3.8.6.	<i>Estación de ensamblaje 5</i>	27

3.8.7.	<i>Estación de ensamble 6.</i>	27
3.8.8.	<i>Estación de ensamble 7.</i>	28
3.8.9.	<i>Estación de ensamble 8.</i>	28
3.8.10.	<i>Estación de ensamble 9.</i>	29
3.8.11.	<i>Estación de ensamble 10.</i>	29
3.9.	Diagramas de análisis del proceso de las subestaciones en estudio.	30
3.9.1.	<i>Diagramas de recorrido.</i>	30
3.10.	Análisis de tiempos de trabajo.	31
3.10.	Balanceo de línea del proceso de ensamble actual en la línea de chasis.	37

CAPITULO IV

PROPUESTA DE MEJORA PARA LA LÍNEA DE ENSAMBLE DE AUTOMÓVILES.

4.1.	Propuesta de trabajo estandarizado para las subestaciones es estudio.	39
4.2.	Diagramas de trabajo.	40
4.2.1.	<i>Diagrama de análisis de proceso.</i>	40
4.2.2.	<i>Diagramas de recorrido.</i>	40
4.3.	Determinación del tiempo estándar propuesto.	41
4.3.1.	<i>Determinación del tiempo estándar de la subestación de trabajo E5-1.</i>	41
4.4.	Balanceo de la línea de ensamble de automóviles M4.	42
4.4.1.	<i>Balanceo actual de la línea de chasis.</i>	42
4.4.2.	<i>Balanceo propuesto de la línea de chasis.</i>	44

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1.	Resultados	47
5.2.	Productividad	48
5.2.1.	<i>Productividad actual</i>	48
5.2.2.	<i>Productividad propuesta</i>	49
5.2.3.	<i>Índice de productividad</i>	50
5.2.4.	<i>Comparación de la producción actual y la producción propuesta.</i>	51
5.3.	Capacidad de producción.	52

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1.	Conclusiones	56
6.2.	Recomendaciones.....	57

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2: Representaciones gráficas de las actividades.	12
Tabla 2-3: Datos de la empresa	20
Tabla 3-3: Productos ensamblados por CIAUTO CIA Ltda.	21
Tabla 4-3: Características Del Automóvil M4.....	23
Tabla 5-3: Tiempos De Ciclo.	30
Tabla 6-3: Número De Ciclos A Cronometrar General Electric Company.....	31
Tabla 7-3: Calificación Actuación Del Operario.....	33
Tabla 8-3: Tiempo Normal de las Subestaciones en Estudio.	34
Tabla 9-3: Tabla De Ciclos Recomendados General Electric Company.....	34
Tabla 10-3: Suplementos De Las Subestaciones.	36
Tabla 11-3: Tiempo Estándar Actual.....	37
Tabla 12-4: Problemas en la Línea de Ensamble.....	39
Tabla 13-4: Tiempo de Ciclo Propuestos	40
Tabla 14-4: Tiempo Estándar Propuesto	41
Tabla 15-4: Tiempo Estándar Actual.....	43
Tabla 16-4: Tiempo Actual vs. Tiempo Propuesto.....	46
Tabla 17-5: Tiempo Propuesto.	47
Tabla 18-5: Producción Actual.....	49
Tabla 19-5: Producción Propuesta.....	49
Tabla 20-5: Indicadores De Productividad	49
Tabla 21-5: Índice de Productividad.....	50
Tabla 22-5: Producción Actual Vs. Producción Propuesta	51
Tabla 23-5: Reducción de Número de Actividades, Tiempo Y Distancia	54
Tabla 24-5: Utilización De Los Operarios.....	55
Tabla 25-5: Utilización de Estaciones de Trabajo.....	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2: Balanceo de líneas.	9
Figura 2-2: Dos formas en que la calidad mejora la rentabilidad.....	12
Figura 3-2: Habilidad.	15
Figura 4-2: Esfuerzo.	16
Figura 5-2: Condiciones.	16
Figura 6-2: Consistencia.....	17
Figura 7-3: Diagrama de flujo del proceso de ensamble.	24
Figura 8-3: Preparación de la cabina en la línea de ensamble TRIM.....	25
Figura 9-3: Instalación de componente en la cabina.	26
Figura 10-3: Instalación de componentes de las ventanas.....	26
Figura 11-3: Instalación de asientos y espaldares.	27
Figura 12-3: Motor del modelo M4 para instalar.	27
Figura 13-3: Instalación de la consola central.	28
Figura 14-3: Llenado del líquido de frenos y de dirección.	28
Figura 15-3: Llenado de fluidos.	29
Figura 16-3: Inspección de calidad.....	29
Figura 17-3: Suplementos OIT.	35
Figura 18-3: Tiempos de las Subestaciones En Estudio.....	37
Figura 19-4: Balanceo de línea Actual.	42
Figura 20-4: Balanceo de Línea Propuesto.	46
Figura 21-5: Indicadores de Productividad	50
Figura 22-5: Productividad Actual Vs. Productividad Propuesta.	51
Figura 23-5: Producción Actual Vs Producción Propuesta.....	52

LISTA DE ABREVIACIONES

CIAUTO CÍA. LTDA.	Ciudad del Auto Compañía Limitada.
SALBP	Simple Line Balancing Problem.
GALBP	General Assembly Line Balancing Problem.
TPH	Tiempo Promedio Hora.
TPN	Tiempo Promedio Número.

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A1:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-1. Hoja 1.
- Anexo A1:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-1. Hoja 2.
- Anexo A2:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-2. Hoja 1.
- Anexo A2:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-2. Hoja 2.
- Anexo A3:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-3. Hoja 1.
- Anexo A3:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-3. Hoja 2.
- Anexo A4:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-4. Hoja 1.
- Anexo A4:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-4. Hoja 2.
- Anexo A5:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-5. Hoja 1.
- Anexo A5:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-5. Hoja 2.
- Anexo A6:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-1. Hoja 1.
- Anexo A6:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-1. Hoja 2.
- Anexo A7:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-2. Hoja 1.
- Anexo A7:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-2. Hoja 2.
- Anexo A8:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-3. Hoja 1.
- Anexo A8:** Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-3. Hoja 2.
- Anexo B1:** Diagrama de recorrido de la subestación E5-1.
- Anexo B2:** Diagrama de recorrido de la subestación E5-2.
- Anexo B3:** Diagrama de recorrido de la subestación E5-3.
- Anexo B4:** Diagrama de recorrido de la subestación E5-4.
- Anexo B5:** Diagrama de recorrido de la subestación E5-5.
- Anexo B6:** Diagrama de recorrido de la subestación E6-1.
- Anexo B7:** Diagrama de recorrido de la subestación E6-2.
- Anexo B8:** Diagrama de recorrido de la subestación E6-3.
- Anexo C1:** Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-1. Hoja 1.
- Anexo C1:** Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-1. Hoja 2.
- Anexo C1:** Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-1. Hoja 3.
- Anexo C2:** Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-2. Hoja 1.
- Anexo C2:** Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-2. Hoja 2.

Anexo C2: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-2. Hoja 3.
Anexo C2: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-2. Hoja 4.
Anexo C3: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-3. Hoja 1.
Anexo C3: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-3. Hoja 2.
Anexo C3: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-3. Hoja 3.
Anexo C3: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-3. Hoja 4.
Anexo C4: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-4. Hoja 1.
Anexo C4: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-4. Hoja 2.
Anexo C4: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-4. Hoja 3.
Anexo C5: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-5. Hoja 1.
Anexo C5: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-5. Hoja 2.
Anexo C5: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-5. Hoja 3.
Anexo C5: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E5-5. Hoja 4.
Anexo C6: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E6-1. Hoja 1.
Anexo C6: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E6-1. Hoja 2.
Anexo C6: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E6-1. Hoja 3.
Anexo C7: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E6-2. Hoja 1.
Anexo C7: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E6-2. Hoja 2.
Anexo C7: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E6-2. Hoja 3.
Anexo C7: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E6-2. Hoja 4.
Anexo C8: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E6-3. Hoja 1.
Anexo C8: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E6-3. Hoja 2.
Anexo C8: Hoja de observación de ciclos y tiempo normal E6-3. Hoja 3.
Anexo D1: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-1. Hoja 1.
Anexo D2: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-2. Hoja 1.
Anexo D2: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-2. Hoja 2.
Anexo D3: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-3. Hoja 1.
Anexo D3: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-3. Hoja 2.
Anexo D4: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-4. Hoja 1.
Anexo D4: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-4. Hoja 2.
Anexo D5: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-5. Hoja 1.
Anexo D5: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E5-5. Hoja 2.

Anexo D6: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-1. Hoja 1.

Anexo D6: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-1. Hoja 2.

Anexo D7: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-2. Hoja 1.

Anexo D7: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-1. Hoja 2.

Anexo D8: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-3. Hoja 1.

Anexo D8: Diagrama de análisis del proceso de la subestación E6-3. Hoja 2.

Anexo E1: Diagrama de recorrido de la subestación E5-1.

Anexo E2: Diagrama de recorrido de la subestación E5-2.

Anexo E3: Diagrama de recorrido de la subestación E5-3.

Anexo E4: Diagrama de recorrido de la subestación E5-4.

Anexo E5: Diagrama de recorrido de la subestación E5-5.

Anexo E6: Diagrama de recorrido de la subestación E6-1.

Anexo E7: Diagrama de recorrido de la subestación E6-2.

Anexo E8: Diagrama de recorrido de la subestación E6-3.

RESUMEN

En el presente estudio se realizó la optimización del proceso de ensamble de automóviles modelo M4 en la empresa Ciauto Cía. Ltda. En la ciudad de Ambato, que tiene como objetivo reducir los tiempos y balancear la línea de ensamble por medio de la estandarización de los procesos. Se realizó el levantamiento de la información mediante el estudio de métodos y tiempos con el cronometraje y por medio de la observación directa en la planta; se realizaron los respectivos diagramas de proceso obteniendo los tiempos de ensamble en cada una de las subestaciones en estudio y a la vez se identificaron los cuellos de botella que impiden el flujo continuo del proceso de producción. La información obtenida, indica el tiempo promedio de producción de un automóvil modelo M4, que es 39.53 minutos, esto indica que no se cumple con el takt time planificado que es de 30 minutos consiguiendo una producción diaria de 11 a 12 autos. La información obtenida, determinó en base a los resultados obtenidos que las subestaciones con los tiempos más elevados son E5-1, E5-3 y E5-5, considerándose como críticas. Se desarrolló una propuesta de optimización utilizando diagramas de proceso y balanceo de la línea de chasis eliminando o combinando actividades consideradas como innecesarias y que no generan valor. Además; la estandarización de los procesos, reorganización de sus recursos y evaluando la mejora con el uso del software Promodel. Complementando el estudio se determinó índices de productividad, que fueron comparados en base a la producción actual y la propuesta, obteniendo una mejora del 25% y una producción diaria de 15 autos. Se recomienda aplicar el presente estudio, para así conseguir un equilibrio en toda la línea de ensamble de automóviles modelo M4, tiempos similares en las subestaciones, mayor productividad que generará una mejor rentabilidad para Ciauto.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ><MÉTODOS Y TIEMPOS>, <ENSAMBLE DE AUTOS>, <PRODUCTIVIDAD>, <BALANCEO DE LÍNEA>, <TAKT TIME>, <ESTANDARIZACIÓN>, <AMBATO(CANTON)>.

SUMMARY

The proposal for optimization of the M4 model car assembly process carried out at the company Ciauto Cia. Ltda, in Ambato in order to achieve reduction working times and maintain a control in the production with the desired quality in the final product. In order to optimize the production process, the information was collected by using method engineering techniques. Through these tools, the respective process analytical programs were obtained, getting assembly times in each of the substations under study, with an average production time of 39.53 minutes for each model car M4, substations E5-1, E5-3 and E5-5 have the highest times considered critical or bottlenecks that impede the continuous flow of the production process. The information obtained indicates that the planned takt time of 30 minutes is not accomplished, resulting in a daily production of 11 to 12 cars. The proposal for improvement was made by optimizing production processes, achieving eliminating delays, transports and unnecessary activities that produced losses in the company, in addition it was achieved to significantly reduce the total assembly time, resulting in a balanced production line more efficient. The proposal was simulated with the Promodel software, contrasting results; The indices of productivity indicate an improvement of 25% and a daily production of 15 cars, as well as increasing the percentage of utilization of the facilities from 80% to 93%. When applying the present study to achieve a balance in the whole assembly line of model M4 cars, similar times in the substations, which will allow the company to adapt easily to the increase in future demands.

Keywords: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <METHODS AND TIME>, <CAR ASSEMBLY>, <PRODUCTIVITY>, <LINE BALANCE>, <TAKTIME>, <STANDARDIZATION>, <AMBATO (CANTON)>

INTRODUCCIÓN

Las industrias manufactureras en general como el de las bebidas gaseosas, calzado, construcción, automotriz, textil, maderera, lácteos, molinera, farmacéutica, tabacalera, alimenticia contribuyen significativamente en la economía del Estado ecuatoriano y el crecimiento se determina por factores como; un índice elevado de la productividad, el incremento de valor agregado de los productos de fabricación nacional. El presente estudio se enfoca en el sector automotriz del Ecuador que según la CINAE “Cámara de la Industria Automotriz ecuatoriana” inicia en el año 1950 cuando las empresas comienzan con la fabricación de carrocerías y algunas partes metálicas de autos.

La industria “CIAUTO Ambato” con transferencia de tecnología entre Great Wall Motors y productores nacionales, en el año 2013 inaugura la primera planta ensambladora de chasis y componentes en la ciudad de Ambato primera en su género en Ecuador generando encadenamientos productivos con empresas autopartistas del sector, de la región y del país promoviendo el crecimiento de pequeñas y medianas empresas, actualmente en sus instalaciones ensambla el automóvil M4, la camioneta Wingle a gasolina, Haval H5 con el 22% de producto ecuatoriano incorporado.

El motivo por el cual surgió el tema del “MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENSAMBLE EN LA LÍNEA CHASIS PARA AUTOMÓVILES MODELO M4 EN LA EMPRESA AUTOPARTISTA CIAUTO CIA. LTDA. EN LA CIUDAD DE AMBATO”, es para dar solución a problemas y dificultades inmersas en el proceso productivo en la línea de ensamble de automóviles M4, estandarizando tiempos y procedimientos en cada una de las subestaciones analizadas.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL.

1.1. Antecedentes.

La Ingeniería de Métodos implica la utilización de la capacidad tecnológica. Principalmente porque debido a la ingeniería de métodos, el mejoramiento de la productividad es un procedimiento sin fin. (Ingeniería Industrial, s.f.)

En Formfit de Colombia S.A., específicamente en el área de terminados de la planta N°1 se realizó un estudio de métodos, demostrando que un mayor control y supervisión del cumplimiento de estos tiempos el área de terminados lograría aumentar su producción en un 19% (321 unid/día)

En otro estudio se realizó la Optimización del Proceso de Ensamble de Rieles y Chasis en Vehículos de la Empresa Metaltronic S.A. de la ciudad de Quito, este tiene como finalidad reducir los tiempos y generar la optimización de los recursos utilizado obteniendo un aumento en la producción de 13,7%.

El nacimiento de Great Wall Motors tuvo una gran importancia en la industria automotriz China, en el año de 1996 la empresa lanzó por primera vez al mercado el modelo de camioneta pick up, siendo estas una de las mejores en el mercado logró poner a la empresa en la cima como una de las mejores, alcanzó un liderazgo que se viene manteniendo hasta el día de hoy, conservando el título de líder.

Ambato es una de las ciudades escogidas por la empresa Great Wall Motors para ubicar la ensambladora de vehículos CIAUTO CIA. LTDA., fue inaugurada en el año 2013, esta planta de producción ensambla marcas de vehículos como: ZOTYE Y Great Wall que se comercializan a nivel nacional por la empresa AMBACAR.

Como objetivo principal de la empresa CIAUTO CIA. LTDA., es generar encadenamientos productivos en las industrias, promoviendo fuentes de trabajo para pequeñas y medianas industrias de la zona para que sean los proveedores de partes necesarias para cada vehículo.

La empresa dinamizó la industria local de fabricación de componentes ecuatorianos. En el primer año 2014, el porcentaje de integración nacional era del 18%, el mismo que se incrementa en años posteriores. El proceso de transferencia de tecnología de Great Wall Motors hacia CIAUTO CÍA. LTDA. y los proveedores locales, empezó hace más de un año con el diseño de la distribución de los procesos productivos, la capacitación de ingenieros ecuatorianos en la China, el proceso de aprobación de los componentes locales que serán instalados en los automóviles GWM y la presencia de ingenieros chinos en la planta de CIAUTO CÍA. LTDA.

1.2. Problema.

En la empresa CIAUTO CÍA. LTDA. existe la necesidad de incrementar el número de unidades en el área de ensamble, producto de cambios en la planta de producción y por la adaptación a las nuevas exigencias del mercado, en ocasiones la planificación diaria de automóviles modelo M4 no se logra cumplir, por problemas como es el desbalanceo en la línea de chasis, tiempos muertos, operaciones y transportes innecesarios, acciones que no agregan valor y la ubicación de las estaciones de trabajo de manera que alteran la fluidez lo que lleva a retrasar al proceso en general, como consecuencia de esto el incremento del takt time planificado (tiempo disponible de producción de cada subestación), las cargas de trabajo al no estar distribuidas adecuadamente generan tiempos muertos y un desequilibrio en las subestaciones analizadas, por esto la reducción de las unidades producidas diariamente en la línea de ensamble para automóviles M4.

De acuerdo a estos antecedentes el estudio de métodos y tiempos va orientado a mejorar el proceso de ensamble para automóviles modelo M4, tomando como base el balanceo de línea, técnica que hace referencia a equilibrar las cargas en los puestos de trabajo cumpliendo a la vez las metas planteadas por el coordinador de producción.

1.3. Justificación.

La investigación realizada en Ciauto permite mejorar el proceso de ensamble de automóviles modelo M4 mediante una propuesta, la misma que optimiza las subestaciones consideradas como críticas que alteran el flujo productivo, alcanzando así niveles de eficiencia óptimos ya que la empresa quiere cubrir con los requerimientos de su demanda actual y sus potenciales consumidores.

Para Ciauto se diseñó una propuesta que mejora el proceso de producción y a la vez incrementa el número de unidades de 11 a 15 en el área de ensamble de automóviles modelo M4, cumpliendo con la planificación diaria, satisfaciendo y superando la demanda. La propuesta de optimización del proceso en la línea de ensamble ayuda a la toma de decisiones que permita equilibrar apropiadamente los recursos y controlar de manera acertada el flujo productivo.

Las empresas manufactureras para mantenerse en el mercado deben invertir en conocimientos sobre métodos y tiempos para dominar el manejo de procesos productivos mediante la aplicación de los mismos; que les permita mejorar los procesos de producción de manera más eficiente que determinan cuellos de botella y factores improductivos existentes que impiden el flujo normal del proceso productivo, como en la propuesta de optimización de la línea de ensamble de automóviles modelo M4 se logró una mejora de productividad del 25% y una utilización del 100% de la capacidad instalada.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Diseñar una propuesta de optimización del proceso de ensamble en la línea de chasis para automóviles modelo M4 en la empresa autopartista CIAUTO CIA. LTDA.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Realizar el estudio de la situación actual del proceso de ensamble de los automóviles modelo M4, utilizando herramientas como diagramas de procesos, diagramas de recorrido, cronometraje de las tareas de cada subestación a estudiar.
- Analizar los procesos de producción que se desarrollan en las subestaciones de trabajo consideradas como críticas en el proceso productivo en la línea de chasis del modelo M4.
- Determinar el tiempo estándar de las subestaciones en estudio.
- Elaborar y evaluar una propuesta de mejora para el proceso de ensamble de automóviles modelo M4 utilizando fundamentos de balanceo de línea.

CAPITULO II

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Ingeniería de métodos.

Según (Revista Ingeniería Industrial, 2015) y (Acosta, 2012) El padre de la Dirección Científica y de la Ingeniería Industrial es Frederick W. Taylor (1856-1915), un ingeniero mecánico, que, al principio de su carrera en la industria del acero, inició investigaciones sobre los mejores métodos de trabajo y desarrollo el concepto de “tarea”, que proponía que la administración se encargue de la planificación del trabajo y fue el primer especialista que desarrolló una teoría integrada de los principios y metodología de la Dirección.

Esta técnica desarrollada por Taylor ha ayudado a solucionar problemas de producción reduciendo costos y reorganizando los recursos de las empresas.

El Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos es una de las más importantes técnicas del Estudio del Trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada, para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo. La evolución del Estudio de Métodos consiste en abarcar en primera instancia lo general para luego abarcar lo particular, de acuerdo a esto el Estudio de Métodos debe empezar por lo más general dentro de un sistema productivo, es decir "El proceso" para luego llegar a lo más particular, es decir "La Operación". (López, 2016).

Según (Durán, 2007) la ingeniería de métodos es definida como “la técnica que somete cada actividad de una determinada tarea a un delicado y minucioso análisis tendiente a eliminar toda actividad innecesaria, y en aquellas que sean necesarias, hallar la mejor y más rápida manera de ejecutarlas”. La misma que incluyen la normalización del equipo u de las condiciones de trabajo.

En muchas ocasiones se presentan dudas acerca del orden de la aplicación, tanto del Estudio de Métodos como de la Medición del Trabajo. En este caso el Estudio de Métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una tarea u operación, a su vez que la Medición del Trabajo se relaciona con la investigación de tiempos improductivos asociados a un método en particular. Por ende podría deducirse que una de las funciones de la Medición del Trabajo consiste en formar parte de la etapa de evaluación dentro del algoritmo del Estudio de Métodos, y esta medición debe realizarse una vez se haya implementado el Estudio de Métodos; sin embargo, si bien el Estudio de Métodos debe preceder a la medición del trabajo cuando se fijan las normas de producción, en la práctica resultará muy útil realizar antes del Estudio de Métodos una de las técnicas de la Medición del Trabajo, como lo es el muestreo del trabajo. (López, 2016).

2.2. Producción en serie.

El concepto producción en serie se utiliza para describir el método por el cual se fabrican grandes cantidades de un solo artículo estandarizado. La producción en serie no es simplemente la producción de cantidad, ni producción mecánica. La producción en serie es la aplicación de los principios de potencia, precisión, economía, método, continuidad y velocidad a un proceso de fabricación. La primordial tarea de la dirección consiste en la interpretación de estos principios a través del estudio de operaciones y desarrollo de maquinaria, y su coordinación. Y el resultado lógico es una organización productiva que proporciona gran cantidad de artículos de material, mano de obra y diseño estándar al mínimo costo. (Muriel, 2012)

2.3. Trabajo estandarizado en áreas de soporte.

Indica que los procesos y prácticas exitosas se adoptan como estándar y luego se las transfiere a las líneas de producción y a los trabajadores, quienes una vez que lo incorporan, lo realizan siempre igual. Está basado en la idea de que la calidad, la seguridad y el aumento de eficiencia deben ser comprendidos y ejercidos con claridad por parte de los colaboradores. (Calderón, s.f.).

Es un enfoque para un grupo de personas que tienen un objetivo en común, y es realizado con secuencias continuas. Método para lograr un flujo de trabajo más eficiente, considerando la seguridad, calidad, cantidad y costo.

El trabajo estándar se compone de tres elementos: (Socconini, 2008)

- Tiempo TAKT (rapidez de demanda).
- Secuencia estándar de las operaciones.
- Inventario estándar en proceso.

2.3.1. ¿Cuál es la importancia de implementar el trabajo estándar?

Al estandarizar las operaciones se establece la línea base para evaluar y administrar los procesos y evaluar su desempeño, lo cual será el fundamento de las mejoras de los procesos productivos. (Socconini, 2008)

La documentación del trabajo estándar sirve para lo siguiente:

- Asegura que la secuencia de las acciones del operador sea repetible.
- Apoya el control visual, creando así un ambiente para detectar anomalías fácilmente.
- Ofrece una ayuda para comparar la documentación con los procesos actuales. Es una herramienta para iniciar acciones de mejora.
- Facilita el método de documentación de las mejoras.
- Establece un banco invaluable de información que se puede consultar cuando es necesario.
- Ayuda a mantener un alto nivel en repetitividad.
- Asegura operaciones más seguras y efectivas.
- Mejora la productividad.

2.3.2. ¿Cuándo utilizar el trabajo estándar?

La documentación de las operaciones estándar se utiliza desde que se obtiene información relevante de los procesos como los tiempos de operaciones, cuando se requiere conocer la secuencia de las operaciones y su relación con el tiempo TAKT (rapidez de la demanda) y una vez que se ha mejorado el proceso para documentar los nuevos métodos establecidos y para capacitar al personal en su nuevo puesto. (Socconini, 2008)

2.4. Las cinco S (5s).

Las cinco S' ayudan a identificar desperdicios para lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza. Esto se logra incrementando cambios en los procesos en cinco etapas, cada una de las cuales servirá de fundamento a la siguiente, para así mantener beneficios a largo plazo. (Socconini, 2008).

- Seri (Seleccionar).

En el lugar de trabajo es necesario establecer que es obligatorio y que no lo es, de esta forma se establece un lugar apropiado y fijo.

- Suito (Organizar).

Es una forma de encontrar las cosas que se necesita de una manera rápida, esto con previo conocimiento de la ubicación, de la misma manera es la forma rápida de volver a su sitio lo que se ocupó.

- Seis (Limpiar).

Cada persona en una empresa debe tener un pequeño espacio personal, de manera que debe ser mantenido en condiciones limpias, evitando malos aspectos.

- Seiketsu (Estandarizar).

Es un estado permanente de la limpieza en un sitio de trabajo esto se refiere a la higiene y el buen aspecto de la persona que está ocupando cierto espacio, de esta manera se promueve seguridad en el área,

- Shitsuke (Seguimiento).

Es la permanencia, la voluntad de hacer bien las cosas y que no pierda fuerza las cosas que se han aplicado con el tiempo.

2.5. Componentes del trabajo estandarizado.

2.5.1. Takt time.

El cliente es quien marca el ritmo, decide la manera y forma en la que se le entregaran los productos o servicios que desea; por lo tanto, de la información que se tenga de la demanda del cliente, se debe determinar el takt time, o el ritmo de producción que marca el cliente. “TAKT” es una palabra en alemán que significa “ritmo”. (Villaseñor, 2007).

Para el takt time se calcula el tiempo de producción disponible (o el tiempo disponible de trabajo por turno) entre la cantidad total requerida (o la demanda del cliente por turno). Se calcula en unidades de tiempo, en este caso se aplica los segundos.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo de Producción Disponible}}{\text{Cantidad Total Requerida}} \quad (1)$$

2.6. Etapas del trabajo estandarizado.

Para el desarrollo del trabajo estandarizado se debe cumplir las siguientes etapas:

- Seleccionar un proceso específico o una operación de un proceso para el mejoramiento.
- Realizar las mediciones de tiempo correspondientes Balancear las operaciones (Balanceo de línea) Calcular la capacidad de operación.
- Diseñar o documentar la secuencia optimizada de la capacidad de operación. Dibujar el proceso (hoja de trabajo estándar).
- Documentar las instrucciones de operación. (Socconini, 2008)

2.6.1. Selección de los procesos para mejoramiento.

Los procesos seleccionados deben ser aquellos en los cuales la gerencia y/o los clientes no estén satisfechos. Uno o más de los siguientes síntomas le da la razón para seleccionar un proceso para mejoramiento:

- Problemas y/o quejas de los clientes externos.
- Problemas y/o quejas de los clientes internos.

- Procesos de alto costo.
- Procesos con tiempo de ciclos prolongados.
- Dirección de la gerencia con base en el interés de un gerente que desea aplicar la metodología o involucrar un área que, de lo contrario, no se comprometería. (Asesoría en S.I.G. de Calidad, Salud y Seguridad, 2008)

2.6.2. *Medición de tiempos.*

La medición de los tiempos se identifica el momento en que inicia un elemento del trabajo, así como el momento en que termina. Se mide cada actividad de trabajo y se establece tiempos estándar para cada operación del proceso.

2.6.3. *Balaneo de operaciones o líneas.*

Típicamente, algunas operaciones toman más tiempo que otras, dejando a los operadores sin nada que hacer mientras esperan la siguiente parte. Por otro lado, algunas operaciones tal vez necesiten más de un operador. El balaneo de la línea es un proceso a través del cual, con el tiempo, se van distribuyendo los elementos del trabajo dentro del proceso en orden, para que alcancen el takt time. El balaneo de línea ayuda a la optimización del uso de personal. Al balancear la carga de trabajo, se evitará que algunos trabajen de más y que otros no hagan nada. Considerando que la demanda del consumidor fluctuó, cambie el takt time y, entonces, rebalanceo la línea cada vez que esto ocurra. (Villaseñor, 2007).

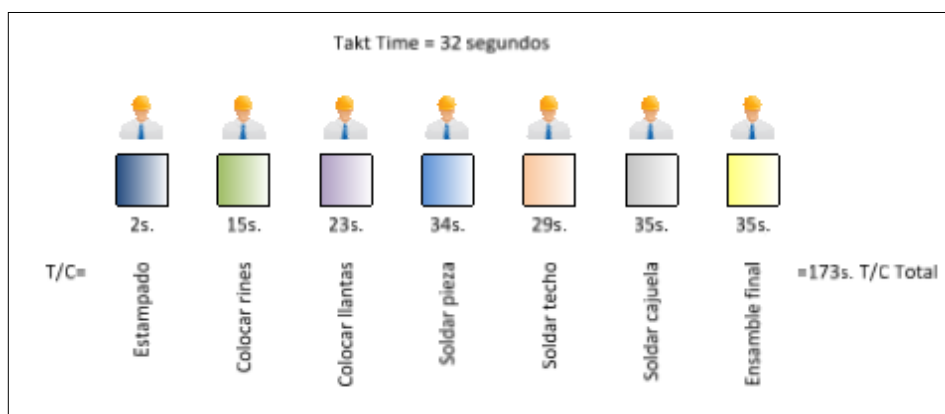


Figura 1-2: Balanceo de líneas.

Fuente: (Villaseñor, 2007)

Existen varias clasificaciones de los problemas de balanceo de línea, los más reconocidos son las propuestas por Baybars que son dos tipos clásicos de problemas: SALBP (Simple

line balancing problema- problema simple de equilibrado de líneas) y GALBP(General assembly line balancing problema-Problema general de equilibrado de líneas), los SALBP son los problemas más simple y se caracterizan por: consideran líneas simples, se consideran restricciones de precedencia, las tareas son individuales, los tiempo de proceso de las tareas son considerados independientes de la estación y del orden del proceso. (Cruz, 2006)

Se distinguen cuatro casos de SALBP

- SALBP-1: consiste en asignar un conjunto de tareas a las estaciones de tal forma que se minimice el número de estaciones, dado un tiempo de ciclo.
- SALBP-2: busca minimizar el tiempo de ciclo, dado un número de estaciones fijo.
- SALBP-E: maximiza la eficiencia de la línea, esto es, minimiza el producto de m (número de estaciones) por c (tiempo de ciclo).
- SALBP-F: consiste en determinar si existe alguna solución factible para la combinación de un número m de estaciones y un tiempo de ciclo c; es decir, se quiere conocer si la línea puede operar con m estaciones y un tiempo de ciclo c dados. (Cruz, 2006)

2.6.4. *Pasos para el balance de una línea de ensamble.*

- Especificar las relaciones secuenciales entre las tareas utilizando un diagrama de precedencia.
- Determinar el tiempo de ciclo requerido.

$$C = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producción diaria requerida (unidades)}} \quad (2)$$

- Determinar el número de estaciones de trabajo (N) requeridas para satisfacer la limitación de ciclo.

$$N = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas(T)}}{\text{Tiempo de ciclo (C)}} \quad (3)$$

- Seleccionar las reglas de asignación de las tareas en las diferentes estaciones de trabajo.
- Asignar las tareas, una a la vez, a la primera estación de trabajo hasta que la suma de los tiempos sea igual al trabajo de ciclo.
- Evaluar la eficiencia de equilibrio de la estación. (Criollo, 1998)

$$E = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}}{\text{Número de estaciones de trabajo}(N) \times \text{Tiempo de ciclo } (C)} \quad (4)$$

2.7. Hoja de trabajo estándar.

Presenta el diseño del proceso (layout) con el operador y el flujo del material, para establecer los movimientos más eficientes de acuerdo con las operaciones estáticas y dinámicas; se pueden observar las distancias; y, en general se analizan las operaciones en grupo. (Socconini, 2008).

2.8. Instrucciones de operación.

Estas instrucciones deben ser elaboradas por los líderes de equipo y operadores de manera que cada paso del proceso se entienda adecuadamente y que cualquier operador entienda rápida y claramente cada paso de su operación. La generación de instructivos fortalece la estandarización de los procesos porque con ayudas visuales puede darse a entender cualquier proceso. Para la creación de los instructivos del proceso se recomienda que participen operadores, ingenieros y personal de calidad y de recursos humanos para que, en equipo, consideren todos los aspectos pertinentes en el desarrollo del proceso. (Socconini, 2008).

2.9. Estadística de calidad.

El objetivo del líder de operaciones es montar un sistema de administración de la calidad total que nivele y satisfaga las necesidades del cliente. La administración de la calidad total atiende los requerimientos del cliente. En consecuencia, aceptamos la definición de calidad adoptada por la Sociedad Estadounidense para la Calidad: “La totalidad de rasgos y características de un producto o servicio que respaldan su habilidad para satisfacer necesidades establecidas o implícitas”. (Heizer, 2009).

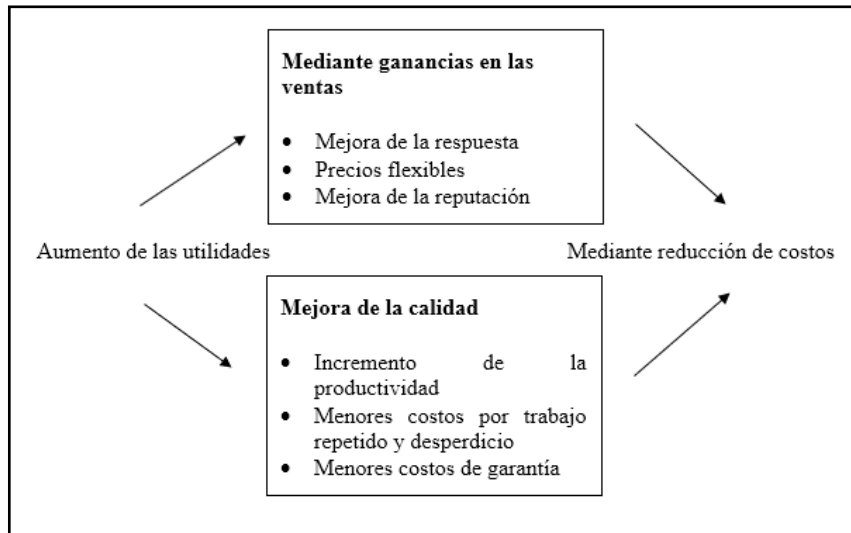


Figura 2-2: Dos formas en que la calidad mejora la rentabilidad.

Fuente: (Heizer, 2009)

2.10. Diagramas de trabajo

Estos diagramas son representaciones gráficas del método de trabajo que se va a utilizar para el desarrollo de la producción dentro de una empresa. Las actividades están representadas por símbolos que se describen a continuación en la siguiente tabla: (Criollo, 1998).

Tabla 1-2: Representaciones gráficas de las actividades.

N.º	Nombre	Símbolo	Definición
1	Operación		Se llama operación cuando se modifica de forma intencionada cualquiera de las características físicas o químicas de un objeto como taladrar, cortar, esmerilar, etc.
2	Inspección		Se denomina inspección, cuando un objeto es examinado para fines de identificación o para comprobar la cantidad o calidad de cualquiera de sus propiedades.
3	Transporte Traslado		Se llama transporte, cuando un objeto es llevado de un lugar a otro, salvo cuando el traslado es parte de la operación, es decir efectuado por los operarios en su lugar de trabajo, en el curso de una operación o inspección.
4	Demora		Se denomina espera o demora con relación a un objeto cuando, las condiciones (salvo las que modifiquen intencionalmente las características físicas o químicas del objeto) no permitan o requieran de la ejecución de la acción siguiente prevista.
5	Almacenamiento		Existe almacenamiento cuando un objeto es guardado y protegido contra el traslado no autorizado del mismo.

Fuente: (Criollo, 1998).

2.11. Diagrama de recorrido.

Es un esquema de distribución de planta en un plano bidimensional, que muestra dónde se realizan todas las actividades que aparecen en el diagrama de análisis del proceso. La ruta de los movimientos se señala dibujando líneas que representan el camino recorrido. Estos diagramas de recorrido nos sirven para poder mejorar o cambiar la distribución de las máquinas, puestos de trabajo, almacenes y oficinas para obtener un menor tiempo de producción o una mejor distribución del trabajo, también se puede cambiar las rutas que recorren las piezas, el producto o los hombres, así como también montacargas, elevadores y máquinas de este tipo. (Fuertes, 2011)

2.12. Diagrama de análisis del proceso.

Los diagramas de análisis del proceso representan gráficamente las fases que atraviesa la ejecución de un trabajo, mediante los símbolos convencionales ya conocidos, de todas las acciones de operación, transporte, inspección, demora y almacenaje. Generalmente el diagrama inicia con la entrada de materia prima para que luego de una serie de actos sea convertida en una unidad convertida o terminada que, en este diagrama incluyen los tiempos requeridos para cada acción y las distancias recorridas. (Fuertes, 2011)

2.13. Registro de tiempos.

En la actualidad, el estudio de tiempos con cronometro es el método de medida del trabajo que se emplea con mayor frecuencia se basa en realizar registro de los ciclos de trabajo o de las operaciones para determinar un tiempo medio necesario para ejecutar dichas actividades. El estudio de tiempos se utiliza para medir el trabajo y su resultado es el tiempo en minutos que necesitará una persona adecuada a la tarea. (Fuertes, 2011)

2.13.1. Tiempo normal.

Tiempo que se requiere un operario estándar para que realice una operación cuando trabaja a paso estándar considerando el factor de valoración. (Niegel, 2009)

$$TN = TO * \frac{C}{100} \quad (5)$$

Donde:

TN= Tiempo normal

TO= Tiempo observado

C= Calificación del desempeño.

2.13.2. Tiempo estándar.

Un tiempo estándar es definido como el tiempo requerido para una operación bajo tres condiciones básicas:

- El operario debe estar calificado y capacitado.
- La velocidad de trabajo debe hacerse a “ritmo normal”
- La operación debe estar normalizada. (Verbel, 2007)

2.13.3. Determinación del tiempo estándar.

Para determinar el tiempo estándar de una operación, es necesario seguir los siguientes pasos: (Niebel, 2009).

- Obtener y registrar información sobre la operación y, operario que se estudia, (Determinar o conocer el paso del operario a cronometrar).
- Dividir la operación en elementos y anotar una descripción completa del método.
- Observar y registrar el tiempo empleado por el operario. d) Determinar el número de ciclos que deben cronometrarse. e) Valorar la actuación del operario.
- Comprobar que se han cronometrado un número suficiente de ciclos.
- Determinar los suplementos.
- Determinar el tiempo estándar para la operación. (Niebel, 2009).

$$TS = TN * (1 + Suplementos)$$

(6)

2.13.3. Sistema Westinghouse.

Uno de los sistemas de calificación que se han usado por más tiempo, que en sus inicios fue llamado de nivelación, fue desarrollado por la Westinghouse Electric Corporation (Lowry, Maynard y Stegemerten, 1940). Este sistema de calificación Westinghouse

considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. (Niebel, 2009)

El sistema define la **habilidad** como “la destreza para seguir un método dado” y después la relaciona con la experiencia que se demuestra mediante la coordinación adecuada entre la mente y las manos. La habilidad de un operario es el resultado de la experiencia y las aptitudes inherentes de coordinación natural y ritmo. (Niebel, 2009)

Existen seis grados de habilidad: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y superior. En la figura 3-2 se ilustran las características de los distintos grados, con sus valores porcentuales equivalentes. Después se traduce la calificación de la habilidad a su valor porcentual equivalente, que va desde +15% para la habilidad superior a -22% para la mala. Luego, este porcentaje se combina algebraicamente con las calificaciones de esfuerzo, condiciones y consistencia, para llegar a la calificación final, o factor de calificación del desempeño. (Niebel, 2009)

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Figura 3-2: Habilidad.

Fuente: (Niebel, 2009)

Este método para calificar define el **esfuerzo** como una “demostración de la voluntad para trabajar de manera eficaz”. El esfuerzo es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad que, en gran medida, puede ser controlada por el operario. Al evaluar el esfuerzo del operario, el observador debe calificar sólo el esfuerzo “eficaz”, debido a que ocasionalmente el operario aplica un esfuerzo rápido mal dirigido para incrementar el tiempo de ciclo del estudio. Para propósitos de calificación, las seis clases de esfuerzo son malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y excesivo. El esfuerzo excesivo tiene un valor de +13% y el esfuerzo malo -17%. (Niebel, 2009)

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Figura 4-2: Esfuerzo.

Fuente: (Niebel, 2009).

Las **condiciones** que se consideran en este procedimiento de calificación del desempeño, que afectan al operario y no a la operación, incluyen la temperatura, la ventilación, la luz y el ruido. De esta forma, si la temperatura en una determinada estación de trabajo es de 60°F, pero se acostumbra mantenerla entre 68 y 74°F, las condiciones se califican por debajo de lo normal. Los factores que afectan la operación, como herramientas o materiales deficientes, no se consideran al aplicar el factor de desempeño a las condiciones de trabajo. Las seis clases generales de condiciones de trabajo con valores que van desde +6% hasta -7% son ideal, excelente, bueno, promedio, aceptable y malo. En la Figura 5-2 se proporcionan los valores respectivos de estas condiciones. (Niebel, 2009).

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Figura 5-2: Condiciones.

Fuente: (Niebel, 2009).

El último de los cuatro factores que influyen en la calificación del desempeño es la **consistencia** del operario. A menos que el analista use el método de regresos a cero, o que realice y registre las restas sucesivas durante el estudio, este factor debe evaluarse mientras está trabajando. Los valores de tiempos elementales que se repiten en forma constante tendrán una consistencia perfecta. Esta situación ocurre con muy poca frecuencia, puesto que siempre tiende a haber alguna variabilidad debida a la dureza del material, el filo de la herramienta de corte, los lubricantes, las lecturas de cronómetro erróneas y los elementos extraños. Los elementos que operan bajo un control mecánico

también tendrán una consistencia casi perfecta y se califican con 100. Las seis clases de consistencia son: perfecta, excelente, buena, promedio, aceptable y mala. La consistencia perfecta se califica con +4% y la mala con -4%, mientras que las otras clases oscilan entre estos dos valores. En la figura 6-2 se resumen estos valores. (Niebel, 2009)

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Figura 6-2: Consistencia.

Fuente: (Niebel, 2009).

2.14. Productividad

Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema, el objetivo es la fabricación de artículos a un menor costo, a través del empleo eficiente de los recursos. (Criollo, 1998).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Recursos utilizados}} \quad (7)$$

$$\text{Indice de Productividad} = \frac{\text{Productividad observada o propuesta}}{\text{Productividad base o anterior}} \times 100\% \quad (8)$$

2.15. Capacidad

La capacidad es el “volumen de producción” (throughput) o número de unidades que puede alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un periodo de tiempo específico de tiempo. A menudo, la capacidad determina los requerimientos de capital y, por consiguiente, una gran parte del costo fijo. La capacidad también determina si se

cumplirá la demanda o si las instalaciones estarán desocupadas. Si la instalación es demasiado grande, algunas de sus partes estarán ociosas y agregarán costos a la producción existente. Si la instalación es demasiado pequeña, se perderán clientes y quizá mercados completos. (Heizer, 2009)

$$\text{Utulización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad de diseño}}$$

(9)

2.16. Costos.

El coste o costo es el valor que se da a un consumo de factores de producción dentro de la realización de un bien o un servicio como actividad económica. Los procesos de producción suponen el desgaste o utilización de factores que suponen la creación de costes o costos se incluyen el pago a trabajadores, gastos derivados de la actividad económica como servicios de marketing o la compra de mercaderías. Durante un proceso de producción o en la prestación de un servicio por parte de una empresa se desgasta o utiliza un factor productivo o varios. Este hecho y el cambio que se realiza en los mismos con el objetivo de obtener un resultado dan lugar al concepto de coste o costo que conocemos en el ámbito productivo y de la economía. De hecho, una correcta contabilización de costes es básica a la hora de establecer proyectos empresariales y su viabilidad futura. (Sánchez, 2015)

2.17. Competitividad.

En el ámbito nacional predomina la idea de que para que las empresas logren una mayor competitividad se requiere simplemente de un incremento de inversión y de la apertura comercial en relación a sus competidores. Una auténtica competitividad sostenible a través del tiempo exige de la implementación de una diversidad de políticas que permitan la superación de los obstáculos existentes para lograrla. (Suñol, 2006)

La competitividad depende de la relación entre el valor y la cantidad del producto ofrecido y los insumos necesarios para obtenerlo (productividad), y la productividad de los otros oferentes del mercado. Por ejemplo, si la empresa, es capaz de obtener una rentabilidad elevada debido a que utiliza técnicas de prestación de servicios más eficientes que las de

sus competidores, que le permiten obtener ya sea más cantidad y/o calidad de servicios, o tener costos de producción menores por unidad de producto. La empresa, es competitiva en precios cuando tiene la capacidad de ofrecer sus servicios a un precio que le permite cubrir los costos de servicios y obtener un rendimiento sobre el capital invertido. (Hernández, 2016)

CAPÍTULO III

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE ENSAMBLE.

3.1. Información General

Tabla 2-3: Datos de la empresa

Nombre:	CIAUTO CIA. LTDA.
RUC:	1891748376001
Dirección:	Camino Real S/N sector El Conde.
Teléfonos:	0999909314 / 0982717307
Representante Legal:	Ing. Pietro Pilo País
Correo electrónico:	ciauto@ciauto.ec

Fuente: Autor.

3.1.1. Misión

Somos una empresa dedicada al ensamblaje de partes y vehículos automotores de calidad. Fomentamos el desarrollo de la industria automotriz en el centro del país, así como también el crecimiento de nuestra gente generando al mismo tiempo la rentabilidad necesaria para asegurar la continuidad y desarrollo de nuestra organización. (Ciauto., 2013)

3.1.2. Visión

Nuestra cultura organizacional impulsa la búsqueda de la excelencia en un ambiente acogedor que facilita el desarrollo de nuestro equipo humano. Fomentamos el desarrollo de la industria a través del crecimiento paulatino del número de unidades que ensamblamos y del tipo de partes locales que instalamos en nuestros vehículos, lo que nos permite adoptar y transferir tecnología, generando nuevos y mejores negocios para todas las partes involucradas con nuestra organización. Gestionamos nuestros procesos de acuerdo a los requisitos establecidos en la norma ISO 9001, lo que nos brinda las herramientas y los recursos necesarios para trabajar ordenadamente y con calidad, facilitándonos el logro de la satisfacción de nuestros clientes internos y externos. (Ciauto., 2013)

3.2. Situación actual del proceso de ensamble de automóviles M4.

CIAUTO CIA. Ltda., es una empresa autopartista que ensambla diferentes tipos de modelos vehículos, entre ellos está el modelo M4 es un vehículo familiar compacto que pasa por diferentes tipos de proceso de producción como el área de soldadura, pintura, ensamble y el área de pruebas dinámicas y estáticas.

El estudio se centra en el área de ensamble que consta de línea TRIM y la línea CHASIS, son las dos líneas que comprenden el proceso. La línea CHASIS consta de cinco estaciones, cada una ella está compuesta por subestaciones, las mismas que están abastecidas con herramientas, máquinas y materiales, suficientes para cumplir el proceso de producción establecido.

En la línea chasis se identificó un desbalance de operaciones que tenía como efecto que no se cumpliera con las unidades planificadas diariamente, por lo que cada subestación no cumplía con el takt time establecido por el coordinador de ensamble. El proceso de ensamble de la línea CHASIS se encontraba estandarizado pero el no cumplimiento de las obligaciones establecidas para el personal en el tiempo establecido para cada uno.

3.2.1. Principales Productos.

Los Productos ensamblados por CIAUTO son vehículos con chasis de la marca GREAT WALL; estos vehículos son:

Tabla 3-3: Productos ensamblados por CIAUTO CIA Ltda.

PRODUCTO	HAVAL H5	WINGLE 5 GASOLINA	WINGLE 5 DIESEL	M4
Marca	Great Wall	Great Wall	Great Wall	Great Wall
Imagen				

Fuente: Autor.

3.3. Análisis de la situación actual de las Cinco S'.

Etapa 1. Seleccionar.

En el análisis de las estaciones en estudio de la línea de ensamble de automóviles modelo M4 se pudo evidenciar que en los puestos de trabajo se encuentran las herramientas y elementos que son necesarios, los cuales han sido seleccionados después de un proceso de calidad.

Etapa 2. Ordenar.

Se verifico que para las herramientas y materiales se encuentran establecidos los lugares en cada estación de trabajo, y el etiquetado de los mismos contribuye a que no se produzcan demoras significativas para las operaciones en planta.

Etapa 3. Limpiar.

Al finalizar la jornada laboral, se constató que en cada estación de trabajo cada operario se encarga de limpiar su puesto de trabajo, que es supervisada por el líder de equipo.

Etapa 4. Estandarizar.

Actualmente en la línea de ensamble de automóviles modelo M4 cumple con esta etapa, los procedimientos de las cinco S' se realizan de forma regular.

Etapa 5. Seguimiento.

El seguimiento en la línea de ensamble realizado por los responsables debería ser más riguroso ya que en ocasiones por falta de disciplina, causa inconformidades en los productos de parte del área de calidad, se debería realizar capacitaciones para evitar inconvenientes y tener productos de calidad.

3.4. Estudio del cumplimiento del trabajo estandarizado.

Para el análisis del cumplimiento del trabajo estandarizado se analizó los principales aspectos y más relevantes que son los procesos y tiempos. En la línea de ensamble el trabajo estandarizado no se cumple por el desarrollo de métodos nuevos que son aporte de los trabajadores por su experiencia laboral.

El no cumplimiento del trabajo estandarizado da como resultado una alta variación en los tiempos de trabajo de cada operario, debido a los métodos no estandarizados que se han adoptado.

3.5. Estadística de calidad.

En CIAUTO Cía. Ltda. Se maneja la política de mejora continua, el departamento de calidad en la empresa juega un papel importante en la gestión de todos los aspectos relacionados con calidad que va directamente relacionada con el incremento de la productividad. Esto puede lograrse con la estandarización de los métodos y con el balanceo de la línea de ensamble con el cual se asegura la calidad en todos los productos.

3.6. Área de estudio.

La línea de ensamble para vehículos modelo M4 en CIAUTO Cía. Ltda. consta de tres partes denominadas Línea Trim, Línea Chasis y Línea de Liberación, el estudio a realizarse se enfoca a la línea Chasis en las subestaciones de trabajo más influyentes que son E5-1, E5-2, E5-3, E5-4, E5-5, E6-1, E6-2 y E6-3 que están a cargo de los siguientes trabajadores respectivamente que son: Eduardo B., Iván V., Edgar Ch., Carlos G., Alejandro S., Víctor C., Israel P. y Holger C.

Tabla 4-3: Características Del Automóvil M4.

VEHICULO GREAT WALL M4	
Motor	1.5 L 16 válvulas, 4 cilindros en línea con tecnología VVT
Potencia (HP/RPM)	105/6000
Torque (NM/RPM)	138/4200
Transmisión	4x2 Mecánica
Suspensión delantera.	Independiente McPherson con barra estabilizadora.
Suspensión trasera.	Eje de torsión con barra estabilizadora
Frenos	De disco autoventilados en las 4 ruedas
Neumáticos	205/60 R16
Largo X Ancho X Alto (mm)	3961 x 1728 x 1617

Fuente: Autor.

3.8. Diagramas de trabajo

3.8.1. Descripción del proceso productivo.

La secuencia de actividades para el ensamble de automóviles modelo M4 inicia con el ingreso de la cabina a la Línea Trim, luego pasando por la Línea Chasis y finalmente por

la Línea de Liberación, para después de este proceso someterse a diferentes pruebas dinámicas y estáticas, las líneas de ensamble se encuentran conformadas por diferentes estaciones y estas a su vez por subestaciones que representan cada operario.

En la representación de la figura 8-3 muestra el flujo del proceso de ensamble a lo largo de la planta de producción, las estaciones de trabajo conformada por personal cuidadosamente seleccionado de acuerdo a su perfil laboral, para elaborar en las estaciones respectivas dotados de equipos de protección personal para su óptimo desenvolvimiento, cada operario es de vital importancia durante el proceso ya que cada uno cuenta con actividades que son importantes en cada unidad producida.

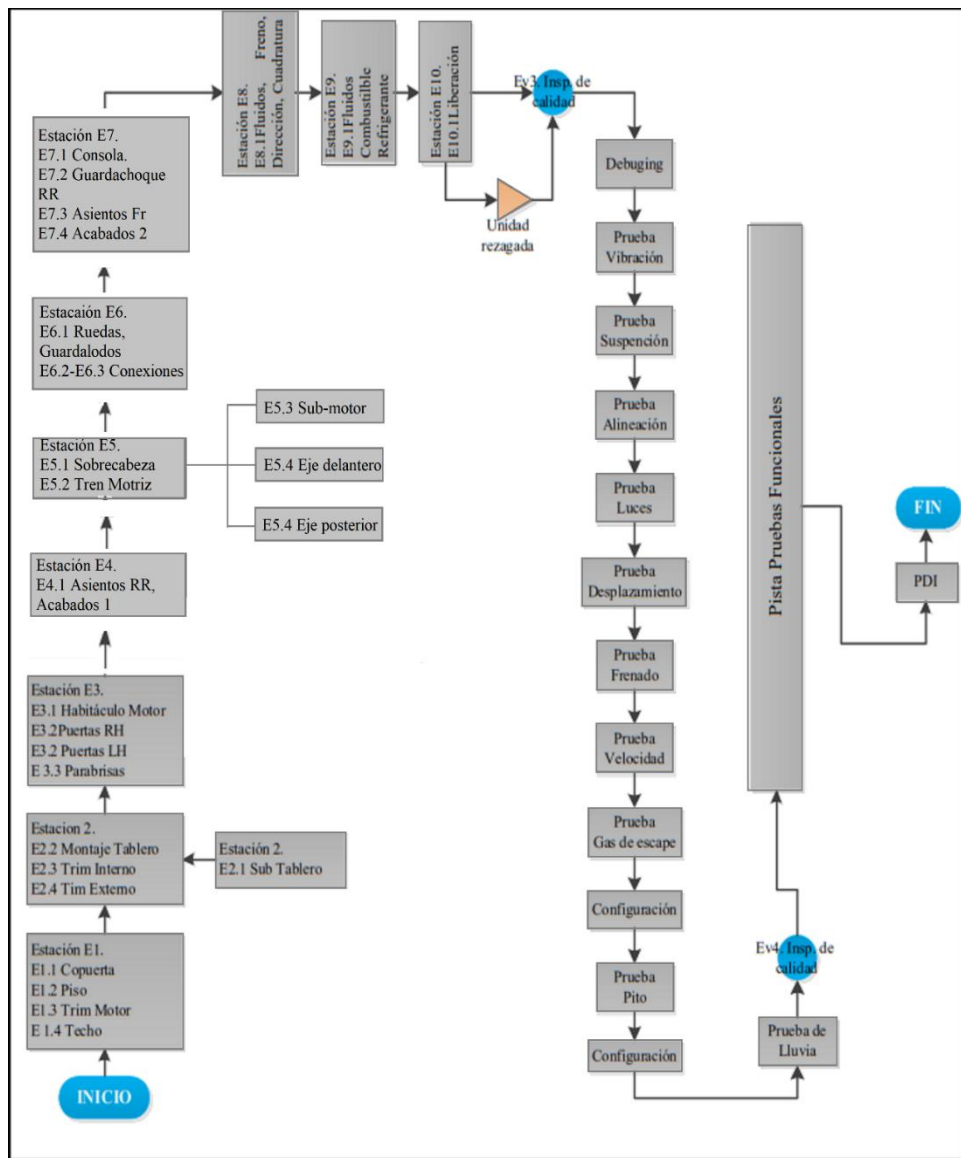


Figura 7-3: Diagrama de flujo del proceso de ensamble.

Fuente: Autor.

Para el cumplimiento de cada actividad asignada para el personal, las instalaciones de CIAUTO cuentan con herramientas y equipos como: pistolas neumáticas, torquímetros, pinzas, elevadores neumáticos, maquinas automatizadas entre otros. Que garantizan el cumplimiento de los estándares que exige el manual de calidad vigente en la empresa.

3.8.2. Estación de ensamble 1.

Una vez ingresada la cabina a la línea de ensamble (Línea Trim) las sub-estaciones E1.1, E1.2, E1.3, E1.4 se encargan de la instalación de componentes que van el piso y en el techo como son alfombras, componentes del compartimiento del motor, amortiguadores delanteros y elementos que componen la compuerta del vehículo, una vez realizada la instalación de los diferentes componentes se realiza la inspección para continuar a la siguiente estación.



Figura 8-3: Preparación de la cabina en la línea de ensamble TRIM.

Fuente: Autor.

3.8.3. Estación de ensamble 2.

En esta fase las sub-estaciones E2-1, E2-2, E2-3 y E2-4 se encargan de instalar componentes como el tablero de instrumentos, bomba de embrague, aisladores de calor del motor, pedal de freno, arnés de puertas y molduras que cubren los cinturones de seguridad. Una vez realizada la instalación de los diferentes componentes se realiza la inspección para continuar a la siguiente estación.



Figura 9-3: Instalación de componente en la cabina.

Fuente: Autor.

3.8.4. Estación de ensamble 3.

En esta fase las subestaciones E3-1, E3-2, E3-3 y E3-4 se encargan de instalar componentes como son ventanas, sistemas para los vidrios eléctricos, manijas de puertas, protectores plásticos de puertas, parabrisas, retrovisores, faros posteriores, tapicería de puertas, cañerías de freno y embrague. Una vez realizada la instalación de los diferentes componentes se realiza la inspección para continuar a la siguiente estación.



Figura 10-3: Instalación de componentes de las ventanas.

Fuente: Autor.

3.8.5. Estación de ensamble 4.

En esta fase la sub-estación E4-1, se encarga de ensamblar los asientos y espaldares posteriores, la rueda de emergencia, cobertor y cortina de baúl y estribos. Una vez realizada la instalación de los diferentes componentes se realiza la inspección para continuar a la siguiente estación.



Figura 11-3: Instalación de asientos y espaldares.

Fuente: Autor.

3.8.6. Estación de ensamble 5.

En esta fase las sub-estaciones E5-1, E5-2, E5-3, E5-4 y E5-5, se encargan de sub-ensamblar el motor, ensamblar los ejes delantero y posterior, instalar los componentes de sobre cabeza, sistema de escape, ejes posterior y delantero y por último el tren motriz, consiguiendo así matrimoniar la cabina con el motor, esta estación y la siguiente son nuestra área de estudio. Una vez realizada la instalación de los diferentes componentes se realiza la inspección para continuar a la siguiente estación.



Figura 12-3: Motor del modelo M4 para instalar.

Fuente: Autor.

3.8.7. Estación de ensamble 6.

En esta fase las sub-estaciones E6-1, E6-2 Y E6-3 se encargan de realizar las conexiones eléctricas del motor, conexiones del ECU motor, conexión de cañerías de aire acondicionado y embrague, instalación de radiador, instalación de batería, instalación de faros, llenado de caja de cambios, instalación de guardachoque delantero y ruedas delanteras y posteriores, esta estación también entra en nuestra área de estudio del presente proyecto. Una vez realizada la instalación de los diferentes componentes se realiza la inspección para continuar a la siguiente estación.

3.8.8. Estación de ensambles 7.

En esta fase las sub-estaciones se encargan de instalar la consola central, el radio, palanca de cambios, volante, el guardachoque posterior, la guantera, asientos delanteros, plumas, logos GWM, logo M4, cuadratura de compuerta, el ensamble del guardachoque frontal para que sea instalado en la estación 6. Una vez realizada la instalación de los diferentes componentes se realiza la inspección para continuar a la siguiente estación.



Figura 13-3: Instalación de la consola central.

Fuente: Autor.

3.8.9. Estación de ensamble 8.

En esta fase la sub-estación E8-1, se encarga del llenado del líquido de frenos, liquido de dirección, y con la intervención de la sub-estación E7-4 se realiza la cuadratura de puertas y tapizado de compuerta. Una vez realizada la instalación de los diferentes componentes se realiza la inspección para continuar a la siguiente estación.



Figura 14-3: Llenado del líquido de frenos y de dirección.

Fuente: Autor.

3.8.10. Estación de ensamble 9.

En esta fase la sub-estación E9-1, se encarga del llenado de combustible, llenado de A/C, llenado de refrigerante, llenado de limpiaparabrisas, aceite de motor, colocación de etiquetas de calefacción y A/C y la codificación de llaves.



Figura 15-3: Llenado de fluidos.

Fuente: Autor.

3.8.11. Estación de ensamble 10.

Fase final en la que el inspector de calidad se encarga de inspeccionar minuciosamente cada componente instalado y ensamblado para así en el caso de haber algún defecto notificar a las sub-estaciones correspondientes para que sean corregidos en ese mismo momento y así cumplir los estándares de calidad establecidos por la empresa. Una vez liberada la unidad continuara a la fase de pruebas para que finalmente la unidad producida ingrese al mercado.

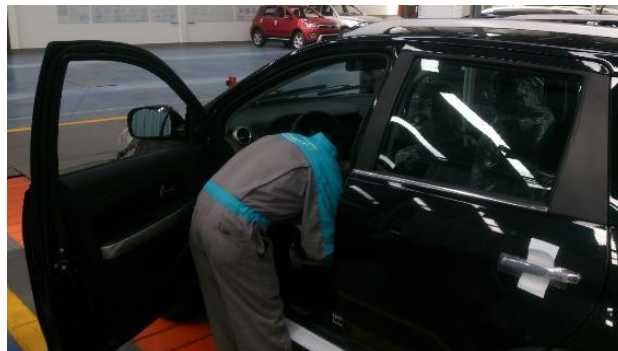


Figura 16-3: Inspección de calidad.

Fuente: Autor.

3.9. Diagramas de análisis del proceso de las subestaciones en estudio.

Luego de haber descrito el proceso de ensamble de un automóvil modelo M4 a nivel macro, el diagrama de análisis de proceso nos muestra el ensamble que ocurre en cada subestación en estudio de una forma detallada mediante operaciones, transportes, demoras, inspecciones y almacenamientos que describen las actividades a seguir de cada sub-estación incluyendo en el mismo la distancia recorrida en metros (m) y los tiempos requeridos en segundos (s) para el cumplimiento de las actividades designadas, diagramas de las subestaciones ver Anexo A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8.

En los diagramas de análisis del proceso de cada subestación, los tiempos de ciclo de los operarios deben ser similares para concluir las actividades de forma simultánea y así comenzar el nuevo ciclo de la misma forma, pero al tener una diferencia notable en los tiempos de cada estación se producen tiempos de espera como indica la tabla 5-3, el objetivo es eliminar esos tiempos de espera y analizar las sub-estaciones con exceso de tiempo y actividades innecesarias.

Tabla 5-3: Tiempos De Ciclo.

Estaciones de Trabajo	Demanda Diaria	Tiempo de Ciclo (min)	Horas por Turno	Tiempo Disponible (min)	Paradas Diarias (min)	Tiempo Disponible (real)	Tack Time Planificado (min)
E5-1	15	39,53	8	480	30	450	30
E5-2	15	28,75	8	480	30	450	30
E5-3	15	32,43	8	480	30	450	30
E5-4	15	22,58	8	480	30	450	30
E5-5	15	34,17	8	480	30	450	30
E6-1	15	25,57	8	480	30	450	30
E6-2	15	30,45	8	480	30	450	30
E6-3	15	20,80	8	480	30	450	30

Fuente: Autor.

3.9.1. Diagramas de recorrido.

Utilizando un esquema del lugar de trabajo de cada sub-estación analizada se describe las actividades de ensamble de automóviles que se detalló en los diagramas de análisis del proceso, para lo cual se utiliza líneas para describir los movimientos de los operarios a lo largo del proceso de ensamble, para simplificar este diagrama se realizó la agrupación de actividades para así poder identificar la actividad y ubicarlas en los diagramas con su

respectivo símbolo que la representa, diagramas de recorrido de las otras subestaciones ver anexo B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7 y B8

3.10. Análisis de tiempos de trabajo.

Luego de realizar un análisis en el proceso de ensamble de automóviles se han determinado para cada subestación de trabajo en estudio, los tiempos mediante el cronometraje de los ciclos de operación.

Para el cálculo del tiempo que necesitara una persona adecuada a la tarea, e instruida en el método, para ejecutar dicha tarea si trabaja a ritmo normal procedemos al cálculo del tiempo estándar, y se sigue los siguientes pasos:

1. Obtener y registrar información sobre la operación y, operario que se estudia, las tomas se realizan en la mañana y en la tarde para garantizar la exactitud, cada trabajador cuenta con la experiencia necesaria para realizar el proceso.
2. Dividir la operación en elementos y anotar una descripción completa del método, los diagramas de análisis del proceso nos brindan esta información.
3. Observar y registrar el tiempo empleado por el operario, a continuación, se presenta las respectivas tablas con los ciclos cronometrados para cada subestación de trabajo.
4. Determinar el número de ciclos que deben cronometrarse, para determinar el número de ciclos a cronometrarse utilizaremos la tabla 6-3 como una guía para un estudio de tiempos, dicha tabla establecida por General Electric Company.

Tabla 6-3: Número De Ciclos A Cronometrar General Electric Company.

Tiempos de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
40,00 o más	3

Fuente: (Niebel, 2009).

5. Valorar la actuación del operario, para valorar la actuación del operario se utilizará la metodología Westinghouse, es un sistema de calificación más antiguo y ampliamente utilizado hasta la actualidad, el cual considera cuatro factores para evaluar la actuación del operario que son: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

Para el cálculo del tiempo normal (TN) luego de establecer los factores de calificación de la actuación del trabajador utilizando la metodología Westinghouse, el promedio de los ocho registros de los ciclos cronometrados de cada una de las subestaciones en estudio serán multiplicados por el factor de actuación de los operarios. En las tablas de registros de los ciclos cronometrados a continuación contiene la siguiente terminología:

$$TN = T_p * F \tag{10}$$

$$F = 1 + f \tag{11}$$

$$f = H + E + C + Cons \tag{12}$$

Donde:

TN: Tiempo normal.

T_p: Tiempo promedio de ciclos cronometrados.

F: Factor de actuación del trabajador de acuerdo a la metodología Westinghouse.

f: Sumatoria de factores de la valoración.

H: Habilidad.

E: Esfuerzo.

C: Condiciones.

Cons: Constancia.

A continuación, se describirá la manera en la que se obtuvo el Tiempo Normal de cada una de las subestaciones en estudio.

- Una vez cronometrado los ciclos se suma dicho tiempo y se divide para el número de muestras en este caso para ocho, el tiempo promedio obtenido se transforma a formato número realizando la operación (HH: MM: SS*1440).
- Se evalúa la actuación del operario considerando los cuatro factores, y para obtener el factor de calificación F se suma los valores asignados a la actuación del operario y se suman más uno ($F=1+\Sigma f$).
- Finalmente, para la obtención del tiempo normal se multiplica el factor de calificación F por el promedio de los ciclos cronometrados en formato número.

Tabla 7-3: Calificación Actuación Del Operario.

Estaciones de Trabajo	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia
E5-1	-0,05	-0,04	0,02	0,01
E5-2	0,03	0,00	0,02	0,01
E5-3	-0,05	-0,05	0,02	0,01
E5-4	-0,05	-0,04	0,02	0,01
E5-5	-0,05	-0,08	0,02	0,01
E6-1	-0,05	0,02	0,02	0,01
E6-2	-0,05	-0,04	0,02	0,01
E6-3	-0,05	0,02	0,02	0,01

Fuente: (Autor).

El valor asignado a las condiciones y consistencia fueron de 0.02 y 0.01 respectivamente, dichos valores fueron el mismo para todas las subestaciones. Todas las valoraciones de cada uno de los operarios se efectuaron durante la ejecución de la tarea, mediante el uso de esta metodología se determina si el operario es apto o no para la tarea asignada, o si necesita materiales o herramientas que faciliten la ejecución de actividades y así cumplir en el tiempo establecido las tareas asignadas, tablas de los tiempos cronometrados de las subestaciones ver Anexo C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 y C8.

A continuación, se muestra en la tabla 8-3 el resumen del tiempo normal de cada subestación de trabajo.

Tabla 8-3: Tiempo Normal de las Subestaciones en Estudio.

Estaciones	Ciclos Calculados	Ciclos Cronometrados	Tiempo Normal (min)
E5-1	8	8	36,93
E5-2	8	8	30,79
E5-3	8	8	30,35
E5-4	8	8	20,87
E5-5	8	8	30,75
E6-1	8	8	24,00
E6-2	8	8	30,38
E6-3	8	8	20,80

Fuente: Autor.

Comprobar que se han cronometrado un número suficiente de ciclos, según la tabla de General Electric Company sugiere cinco tomas de ciclos para que el estudio tenga un nivel de confianza del 95% y una precisión de $\pm 5\%$, podemos decir que las tomas realizadas son suficientes para que el estudio cumpla con los estándares.

Según la tabla 9-3 nos sugiere realizar cinco y para mayor confiabilidad del estudio se realizó ocho tomas del proceso de ensamble de cada una de las subestaciones en estudio.

Tabla 9-3: Tabla De Ciclos Recomendados General Electric Company.

Tiempos de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
40,00 o más	3

Fuente: (Niebel, 2009).

6. Comprobar que se han cronometrado un número suficiente de ciclos, según la tabla de General Electric Company sugiere cinco tomas de ciclos para que el estudio tenga un nivel de confianza del 95% y una precisión de $\pm 5\%$, podemos

decir que las tomas realizadas son suficientes para que el estudio cumpla con los estándares. Según la figura 9-3 nos sugiere realizar cinco y para mayor confiabilidad del estudio se realizó ocho tomas del proceso de ensamble de cada una de las subestaciones en estudio.

- Determinar los suplementos, para la valoración de cada operario se tomó en cuenta los suplementos por descanso que establece la OIT (Organización Internacional del Trabajo), que se describe en la figura 17-3, en donde se puede apreciar que estos se dividen en constantes y variables.

Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos ¹					
1. SUPLEMENTOS CONSTANTES					
		Hombres	Mujeres		
A. Suplemento por necesidades personales		5	7		
B. Suplemento base por fatiga		4	4		
2. SUPLEMENTOS VARIABLES					
		Hombres	Mujeres		Hombres Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie		2	4	4	45
B. Suplemento por postura anormal				2	100
Ligeramente incómoda		0	1		
incómoda (inclinado)		2	3		
Muy incómoda (echado, estirado)		7	7		
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)					
Peso levantado [kg]					
2,5		0	1		
5		1	2		
10		3	4		
25		9	20		
35,5		22	máx		
D. Mala iluminación					
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0		
Bastante por debajo		2	2		
Absolutamente insuficiente		5	5		
E. Condiciones atmosféricas					
Índice de enfriamiento Kata					
16		0			
8		10			
				F. Concentración intensa	
				Trabajos de cierta precisión	0 0
				Trabajos precisos o fatigosos	2 2
				Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5 5
				G. Ruido	
				Continuo	0 0
				Intermitente y fuerte	2 2
				Intermitente y muy fuerte	5 5
				Estridente y fuerte	
				H. Tensión mental	
				Proceso bastante complejo	1 1
				Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4 4
				Muy complejo	8 8
				I. Monotonía	
				Trabajo algo monótono	0 0
				Trabajo bastante monótono	1 1
				Trabajo muy monótono	4 4
				J. Tedio	
				Trabajo algo aburrido	0 0
				Trabajo bastante aburrido	2 1
				Trabajo muy aburrido	5 2

¹ Introducción al Estudio del trabajo – segunda edición, OIT. **Ejemplo sin valor normativo**

03-cl-suplementos-040325.doc 1/1

Figura 17-3: Suplementos OIT.

Fuente: (Kanawaty, 1996)

Tabla 10-3: Suplementos De Las Subestaciones.

Estaciones de Trabajo	Suplementos Constantes		Suplementos Variables		Suplementos%
	Necesidades personales	Fatiga	Trabajo a Pie	Uso de fuerza	
E5-1	5	4	2	0	11
E5-2	5	4	2	2	13
E5-3	5	4	2	0	11
E5-4	5	4	2	2	13
E5-5	5	4	2	2	13
E6-1	5	4	2	2	13
E6-2	5	4	2	0	11
E6-3	5	4	2	0	11

Fuente: (Autor).

8. Determinar el tiempo estándar para la operación, El tiempo estándar se determina mediante el producto del tiempo normal por uno más los suplemento u holguras presentes en las sub-estaciones analizadas tales como: por necesidades personales, demoras inevitables en el trabajo, por fatiga, por trabajo de pie y por el uso de fuerza y/o energía muscular, determinadas mediante la observación del analista a cargo del estudio.

$$TS = TN * (1 + Suplementos)$$

(13)

Donde:

TS: Tiempo estándar

TN: Tiempo normal

SUPLEMENTOS: Descanso u holguras

Este valor es el requerido para que un operario calificado y capacitado realice una actividad a ritmo normal.

Tabla 11-3: Tiempo Estándar Actual.

Estaciones de Trabajo	Tiempo Normal(min)	(1+%Suplementos)	Tiempo Estandar(min)	Tack Time (min)
E5-1	36,93	1,11	40,99	30
E5-2	30,79	1,13	34,79	30
E5-3	30,35	1,11	33,69	30
E5-4	20,87	1,13	23,57	30
E5-5	30,75	1,13	34,75	30
E6-1	24,00	1,13	27,12	30
E6-2	30,38	1,11	33,73	30
E6-3	20,80	1,11	23,08	30

Fuente: (Autor).

En la tabla 11-3 se muestra la obtención del tiempo estándar actual de cada una de las subestaciones analizadas. Como se puede apreciar los tiempos de las subestaciones E5-1, E5-2, E5-3, E5-5 y E6-2, sobrepasan el takt time.

3.10. Balanceo de línea del proceso de ensamble actual en la línea de chasis.

En ocasiones algunas operaciones ocupan más tiempo que otras dejando a operadores sin nada que hacer mientras esperan, el balanceo de línea es una herramienta con la cual se distribuye equitativamente el tiempo para que el proceso esté dentro del takt time, según los resultados del análisis actual del proceso de ensamble se obtiene la figura 18-3.

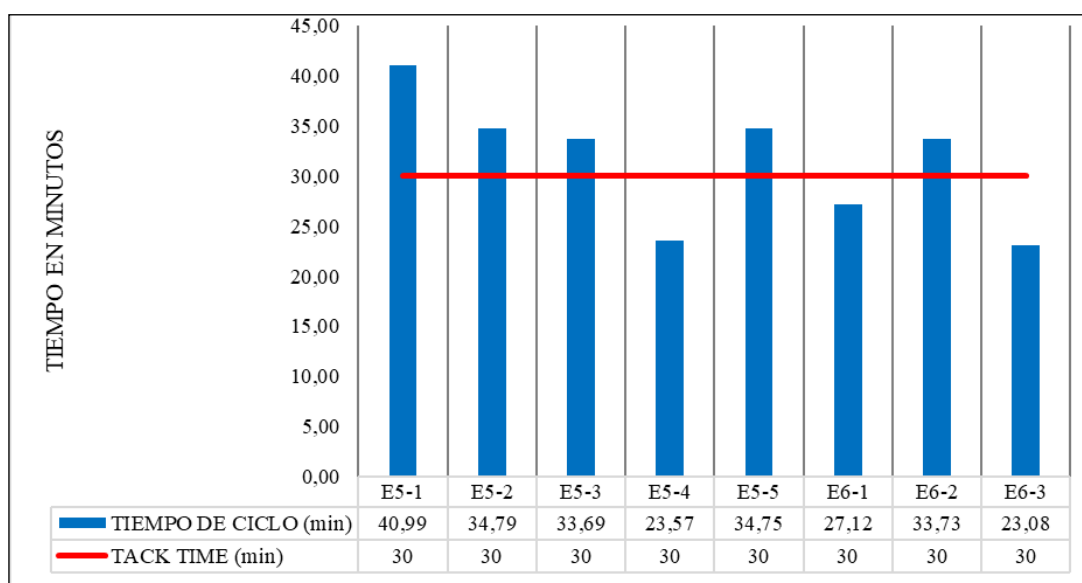


Figura 18-3: Tiempos de las Subestaciones En Estudio.

Fuente: (Autor).

Después de realizarse un análisis en los tiempos de ensamble de automóviles modelo M4 se han determinado los tiempos de cada sub-estación de trabajo mediante el cronometraje de ciclos de operación, por eso a lo cual identificamos que las estaciones E5-1, E5-3 y E5-5 son los cuellos de botella en la línea, para lo cual se analizara de manera minuciosa las estaciones conflictivas.

El takt time planificado por el departamento de producción es de 30 minutos por cada subestación, dentro del estudio realizado E5-1, E5-3 y E5-5 tienen los tiempos de ciclo más elevados que las otras subestaciones y además sobrepasan el takt time planificado.

La subestación E5-1 con un tiempo de 2376 segundos equivalentes a 39 minutos con 36 segundos evidentemente sobrepasa en takt time establecido de igual manera en la subestación E5-3 y E5-5, los aumentos de tiempo al momento de ensamblar las unidades se originan por diversas causas que pueden ser por la sobre carga de actividades, demoras y transportes innecesarios, la capacitación y experiencia del operario.

Una de las actividades que realizan en todas las sub-estaciones es llenar el manifiesto de cada una de ellas, el manifiesto es la hoja donde se registra cada actividad realizada por los operarios a lo largo de la línea de ensamble de cada unidad o vehículo, en dicha actividad los operarios tienen un tiempo muy elevado la misma se tomara en cuenta para mejorar el tiempo.

En el estudio realizado en la línea de ensamble se han detectado cuellos de botella en el proceso de producción de automóviles M4; por lo cual se ha realizado un estudio minucioso de las subestaciones en estudio. Estos resultados se utilizarán para desarrollar una propuesta de optimización de la línea de ensamble.

CAPITULO IV

4. PROPUESTA DE MEJORA PARA LA LÍNEA DE ENSAMBLE DE AUTOMÓVILES.

4.1. Propuesta de trabajo estandarizado para las subestaciones es estudio.

Los resultados obtenidos del análisis de la situación actual del proceso de ensamble para automóviles modelo M4, serán utilizados para el desarrollo de la propuesta del trabajo estandarizado para lo cual se inicia con el mejoramiento de los diagramas de proceso, ordenando y reasignando las actividades para así tener una línea de ensamble balanceada con tiempos de ciclo similares en cada subestación de trabajo analizada.

Tabla 12-4: Problemas en la Línea de Ensamble.

Automóviles modelo M4			
Estación	Problema Encontrado	Efecto	Propuesta
E5-1	Desbalanceo y sobrecarga de actividades	Retraso al liberar la unidad en proceso	Balanceo de actividades y proceso estandarizado.
E5-2	Demoras	Retraso al liberar la unidad en proceso	Balanceo de actividades y proceso estandarizado.
E5-3	Desbalanceo y sobrecarga de actividades	Retraso al liberar la unidad en proceso	Balanceo de actividades y proceso estandarizado.
E5-4	Tiempo inactivo y desbalanceo de actividades	Disponibilidad de tiempo	Balanceo de actividades y proceso estandarizado.
E5-5	Desbalanceo, sobrecarga de actividades y transportes innecesarios	Retraso al liberar la unidad en proceso	Balanceo de actividades y proceso estandarizado.
E6-1	Demoras	Retraso al liberar la unidad en proceso	Balanceo de actividades y proceso estandarizado.
E6-2	Demoras	Retraso al liberar la unidad en proceso	Balanceo de actividades y proceso estandarizado.
E6-3	Tiempo inactivo y desbalanceo de actividades	Disponibilidad de tiempo	Balanceo de actividades y proceso estandarizado.

Fuente: (Autor)

4.2. Diagramas de trabajo.

4.2.1. Diagrama de análisis de proceso.

Para proponer los diagramas de análisis del proceso mejorado reorganizamos y reasignamos las actividades en las subestaciones en estudio de acuerdo a la disponibilidad de tiempo maquinaria y mano de obra, para así obtener un trabajo estandarizado en cada una las subestaciones de trabajo como se puede observar a continuación, diagramas de las subestaciones ver Anexo D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 y D8.

Tabla 13-4: Tiempo de Ciclo Propuestos.

Estaciones de Trabajo	Demanda Diaria	Tiempo de Ciclo (min)	Horas por Turno	Tiempo Disponible (min)	Paradas Diarias (min)	Tiempo Disponible (real)	Tack Time Planificado (min)
E5-1	15	28,65	8	480	30	450	30
E5-2	15	24,77	8	480	30	450	30
E5-3	15	28,62	8	480	30	450	30
E5-4	15	27,10	8	480	30	450	30
E5-5	15	27,65	8	480	30	450	30
E6-1	15	24,22	8	480	30	450	30
E6-2	15	25,05	8	480	30	450	30
E6-3	15	26,60	8	480	30	450	30

Fuente: (Autor).

Los diagramas de análisis del proceso propuestos presentados, son el resultado del mejoramiento de la línea de ensamble de chasis, con lo cual obtenemos tiempos propuestos para cada subestación de trabajo y de cada actividad. A continuación, en la tabla 13-4 se presenta un resumen de los tiempos de ciclo propuestos de cada subestación en estudio. Luego de haber obtenido el tiempo de ciclo propuesto de cada subestación de trabajo procedemos a realizar el cálculo del tiempo estándar mediante la metodología Westinghouse para ejemplarizar se realiza el cálculo del tiempo estándar de la subestación E5-1.

4.2.2. Diagramas de recorrido.

Con el mejoramiento del método de ensamble se evitan transportes innecesarios disminuyendo los tiempos utilizados para el ensamble de automóviles modelo M4., diagramas de recorrido de las subestaciones ver Anexo E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 y E8.

4.3. Determinación del tiempo estándar propuesto.

4.3.1. Determinación del tiempo estándar de la subestación de trabajo E5-1.

Para el cálculo del tiempo normal se toma como factor de valoración 0.94 que es el mismo que se obtuvo al analizar la situación actual.

TN= Tiempo promedio* Factor valoración

TN= 28,65*0,94

TN= 26,93

Para el cálculo del tiempo estándar propuesto o mejorado, incluyendo los suplementos, valores que fueron considerados en el cálculo del tiempo estándar actual.

TS= Tiempo Normal * (1 + suplementos)

TS= 26,93 * 1.11

TS= 29,89 ≈ 29 minutos con 53 segundos.

Tabla 14-4: Tiempo Estándar Propuesto.

Estaciones de Trabajo	Tiempo promedio (min)	Factor de Valoración	Tiempo Normal (min)	(1+ % suplementos)	Tiempo Estándar (min)
E5-1	28,65	0,94	26,93	1,11	29,89
E5-2	24,77	1,06	26,26	1,13	29,67
E5-3	28,62	0,94	26,90	1,11	29,86
E5-4	27,10	0,94	25,47	1,13	28,79
E5-5	27,65	0,90	24,89	1,13	28,12
E6-1	24,22	0,94	22,77	1,13	25,73
E6-2	25,05	1,00	25,05	1,11	27,81
E6-3	26,60	1,00	26,60	1,11	29,53
Tiempo de ciclo estándar					229,39

Fuente: (Autor).

Como se puede apreciar en la tabla 14-4 se presenta el cálculo del tiempo estándar propuesto o mejorado de cada una de las subestaciones en estudio, que corresponde a los ocho operadores que integran las estaciones de trabajo E5 y E6, tiempos que están por debajo del takt time planificado por el departamento de ensamble.

4.4. Balanceo de la línea de ensamble de automóviles M4.

4.4.1. Balanceo actual de la línea de chasis.

La finalidad de balancear la operaciones en una línea de producción es equilibrar las cargas en cada uno de los puestos de trabajo, en CIAUTO las subestaciones de trabajo analizadas cada tiempo de ciclo deben estar lo más próximo posible al takt time, la producción diaria esperada en la línea de ensamble de automóviles modelo M4 son 15 unidades debido a la planificación, los tiempos de ciclo obtenidos mediante el análisis de los procesos reflejan la sobrecarga de operaciones en unas subestaciones y en otras no, la figura 19-4 nos muestra el estado actual de la línea de ensamble, en la que claramente se nota la diferencia de los tiempos de ciclo de los puestos de trabajo o subestaciones, y como resultado del desbalance de la línea se obtiene una producción diría de 11 a 12 unidades, dejando en claro que para el estudio se excluyó al líder de línea que es el que se encarga de diversas actividades a lo largo de la línea de chasis, el líder de línea se encarga de colaborar en la estación que presenta cuellos de botella y demoras excesivas.

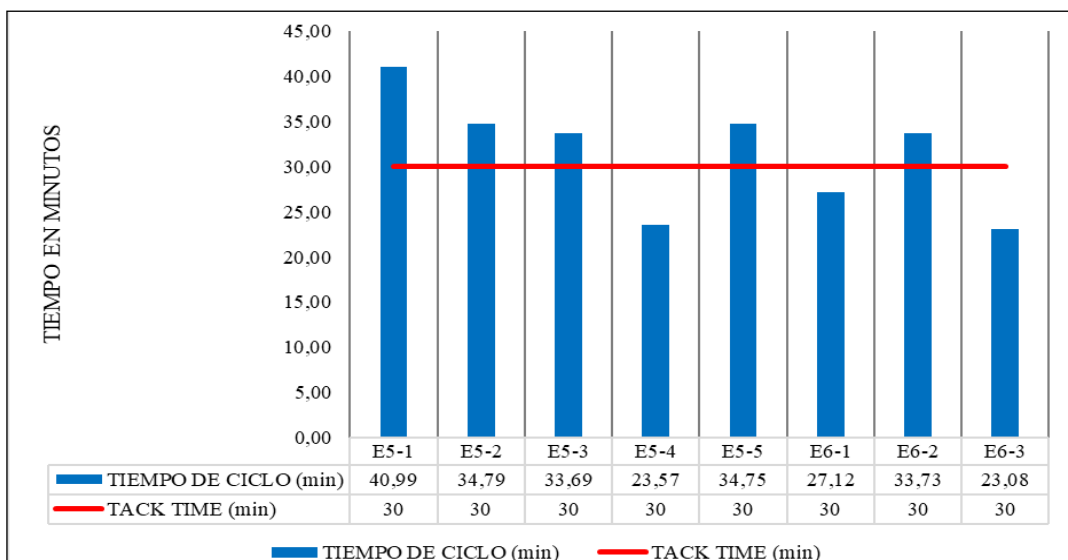


Figura 19-4: Balanceo de línea Actual.

Fuente: (Autor).

El takt time para cada subestación de trabajo es de 30 minutos en el cual es el resultado de la división del tiempo disponible de producción diario que en este caso es 450 minutos entre el número de unidades planificadas que son 15 unidades. La ecuación (1) nos demuestra el resultado ya dicho.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo disponible de trabajo}}{\text{Unidades diarias planificadas}} = \frac{450 \text{ min}}{15 \text{ unidades}} = 30 \text{ minutos}$$

Para determinar el número de operarios se divide la suma del tiempo de ciclo de las subestaciones entre el takt time.

Tabla 15-4: Tiempo Estándar Actual

SUBESTACIONES	TIEMPO DE CICLO (min)	TACK TIME (min)
E5-1	40,99	30
E5-2	34,79	30
E5-3	33,69	30
E5-4	23,57	30
E5-5	34,75	30
E6-1	27,12	30
E6-2	33,73	30
E6-3	23,08	30
TOTAL	251,72	

Fuente: (Autor).

$$\text{Número de operarios} = \frac{251,72 \text{ min}}{30 \text{ min}} = 8,3 \approx 8 \text{ operarios}$$

Se requieren 8,3 operarios que equivalen a 8, que nos quiere decir que se cuenta con el número necesario de personas, para que puedan manejar el proceso de ensamble. En el proceso de mejora de la línea de ensamble de chasis para automóviles modelo M4 cada operario dirá lo que necesita, se le asignará o retirará actividades tomando en cuenta la disponibilidad de mano de obra calificada, herramientas y tiempo. Para mejorar el tiempo de ciclo que debe estar dentro de los 30 minutos entonces el tiempo ciclo de cada una de las subestaciones de trabajo debe estar por debajo del takt time establecido para que el proceso funcione de manera equilibrada y se cumpla con la planificación diaria.

4.4.2. Balanceo propuesto de la línea de chasis.

El mejoramiento del proceso de ensamble en las subestaciones analizadas implica que las cargas sean distribuidas equitativamente, para así conseguir un balanceo que satisfaga a la producción planificada, mejoramiento que contribuirá a la toma de decisiones por parte del coordinador de producción para así conseguir el equilibrio del proceso de ensamble.

- Subestación E5-1

Se elimina la demora al ubicar la unidad en el elevador neumático, el sistema de escape será asignado a otra estación que es E6-3 ya que dispone de la misma maquinaria, herramientas, mano de obra y área de trabajo para efectuar la instalación del sistema de escape sin que afecte el equilibrio del mismo, de tal manera que cumpla el tiempo estandarizado y esté dentro del takt time establecido.

- Subestación E5-2

El retraso por abastecimiento de motor afecta directamente a esta subestación, el mejoramiento y re asignación de actividades en la estación E5-3 que implica ensamblar el motor, ayudara a que el abastecimiento de motores no sea un problema y que el ensamble del tren motriz no se vea afectado de tal manera que cumpla el tiempo estandarizado y esté dentro del takt time establecido.

- Subestación E5-3

El exceso de actividades en esta subestación provocaba que no se abasteciera a tiempo el motor ensamblado para que la subestación E5-2 no tenga retrasos al ensamblar el tren motriz, en este caso se le asigno a E5-4 ciertas actividades ya que dicha subestación tenía tiempo disponible y mano de obra calificada para que las actividades que se le asignaron sean cumplidas sin ningún problema, de tal manera que cumpla el tiempo estandarizado y esté dentro del takt time establecido.

- Subestación E5-4

En esta subestación se encontró gran disponibilidad de tiempo, motivo por el cual se le asigno actividades de la estación E5-4 y E5-5, actividades que aumentan su carga diaria,

pero equilibra la línea para el proceso sin que afecte la continuidad del mismo, de tal manera que cumpla el tiempo estandarizado y esté dentro del takt time establecido.

- Subestación E5-5

Los transportes innecesarios y la mala ubicación de las auto partes utilizadas para el proceso de ensamble del eje posterior hacían que sobrepase el tiempo asignado o su takt time, el cambio de lugar de ciertas autopartes y la eliminación de actividades ayudo a que esta subestación cumpla el tiempo estandarizado y esté dentro del takt time establecido.

- Subestación E6-1

En esta subestación no se encontró mayor dificultad, la demora encontrada es inevitable ya que debe esperar la instalación del guardachoque para continuar con sus actividades, pero se redujo el tiempo de 138 a 45 segundos ya que es el tiempo que tarda en instalar E6-3 el guardachoque.

- Subestación E6-2

El problema encontrado al analizar esta subestación fue que existía una demora innecesaria ya que al re organizar las actividades se logra eliminar la espera de tal manera que cumpla el tiempo estandarizado y esté dentro del takt time establecido.

- Subestación E6-3

En esta subestación se encontró gran disponibilidad de tiempo, motivo por el cual se le asigno actividades de la estación E5-1 que es la instalación del sistema de escape debido a esto aumenta la carga diaria en esta subestación, pero equilibra la línea para el proceso sin que afecte la continuidad del mismo, de tal manera que cumpla el tiempo estandarizado y esté dentro del takt time establecido.

Los cambios que se realizaron en cada una de las subestaciones no alteran el orden ni la secuencia de las operaciones, la finalidad de estos cambios es equilibrar las cargas y que todos los tiempos de ciclo de cada una de las subestaciones estén más próximos al takt time establecido por el coordinador de producción, pero sin sobrepasar el mismo.

En la tabla 16-4 se muestra el resultado del mejoramiento del proceso en cada una de las subestaciones comparándolo con el estado actual de la línea de ensamble.

Tabla 16-4: Tiempo Actual vs. Tiempo Propuesto.

Estaciones de Trabajo	TIEMPO ACTUAL		TIEMPO PROPUESTO	
	Tiempo de Ciclo (min)	Tiempo Estándar (min)	Tiempo de Ciclo (min)	Tiempo Estándar (min)
E5-1	39,53	40,99	28,65	29,89
E5-2	28,75	34,79	24,77	29,67
E5-3	32,43	33,69	28,62	29,86
E5-4	22,58	23,57	27,10	28,79
E5-5	34,17	34,75	27,65	28,12
E6-1	25,57	27,12	24,22	25,73
E6-2	30,45	33,73	25,05	27,81
E6-3	20,80	23,08	26,60	29,53
TOTAL	234,28	251,72	212,66	229,39

Fuente: (Autor).

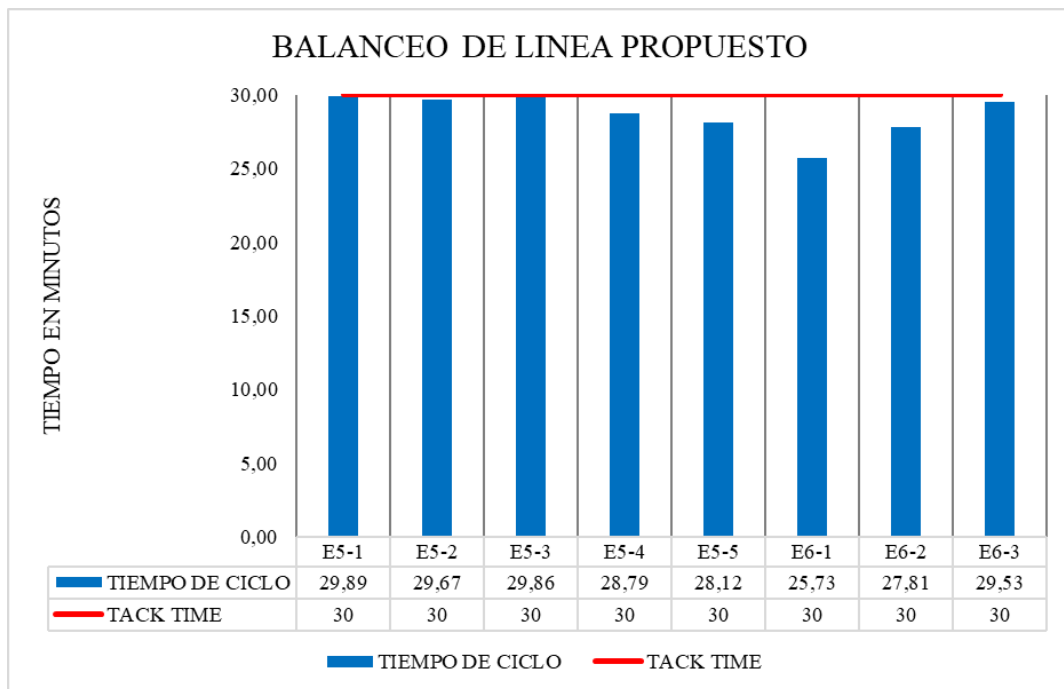


Figura 20-4: Balanceo de Línea Propuesto.

Fuente: (Autor).

Se muestra la figura 20-4 de la propuesta de balanceo de las operaciones de las subestaciones analizadas, se puede apreciar un equilibrio en cada una de ella y los tiempos de estas están por debajo del takt time.

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

Con el mejoramiento del proceso de ensamble de automóviles modelo M4 de las subestaciones analizadas se consigue disminuir los tiempos de ciclo como se aprecia en la tabla 17-5. Con la estandarización propuesta que se muestra en los diagramas de análisis del proceso se los considera necesarios para una correcta aplicación de las actividades en la línea de ensamble.

Tabla 17-5: Tiempo Propuesto.

Estaciones de Trabajo	Demanda Diaria	Tiempo de Ciclo (min)	Horas por Turno	Tiempo Disponible (min)	Paradas Diarias (min)	Tiempo Disponible (real)	Tack Time Planificado (min)	Tiempo Estándar
E5-1	15	28,65	8	480	30	450	30	29,89
E5-2	15	24,77	8	480	30	450	30	29,67
E5-3	15	28,62	8	480	30	450	30	29,86
E5-4	15	27,10	8	480	30	450	30	28,79
E5-5	15	27,65	8	480	30	450	30	28,12
E6-1	15	24,22	8	480	30	450	30	25,73
E6-2	15	25,05	8	480	30	450	30	27,81
E6-3	15	26,60	8	480	30	450	30	29,53
Tiempo de ciclo								229,39

Fuente: (Autor).

El ritmo de trabajo de la línea es el tiempo de ciclo más alto de las subestaciones, en este caso 29,89 minutos. El tiempo total de ensamble en las subestaciones hasta cumplir sus actividades es 229.39 minutos.

Una vez conocidos los ritmos de trabajo actual y mejorado, determinamos el porcentaje de mejora en la línea de ensamble.

$$\text{Mejora} = \frac{(\text{ritmo de trabajo actual} - \text{ritmo de trabajo mejorado})}{\text{ritmo de trabajo actual}} \times 100$$

$$\text{Mejora} = \frac{(40.99 - 29.89)}{40.99} \times 100 = 27.08 \%$$

Determinar la capacidad de la línea de producción con la mejora de sus procesos se tiene los siguientes datos: ritmo de trabajo 29,39 minutos y 450 minutos disponibles por turno.

$$\text{Automoviles por turno} = \frac{450 \text{ min}}{29,39 \text{ min}}$$

$$\text{Automoviles por turno} = 15,3 \approx 15 \text{ unidades}$$

El balanceo de las subestaciones analizadas da como resultado el cumplimiento de la planificación de producción diaria que es de 15 automóviles diarios.

La eficiencia de la línea se calcula utilizando la ecuación (5) donde se la suma de los tiempos de ciclo de cada subestación se dividen entre el número de estaciones y el takt time.

$$\text{Eficiencia de la línea (\%)} = \frac{\text{Suma de tiempos de ciclo}}{\text{Numero de estaciones} * \text{Takt time}}$$

$$\text{Eficiencia de la línea (\%)} = \frac{229.39 \text{ min}}{8 * 30 \text{ min}} * 100\%$$

$$\text{Eficiencia de la línea (\%)} = 96\%$$

5.2. Productividad

5.2.1. Productividad actual

A partir de los datos obtenidos de la situación actual del Capítulo III servirán como base para calcular la productividad.

El horario de trabajo en la línea de ensamble es de 07:00 a 16:00, que disponen de 540 minutos, 15 minutos para el refrigerio y 45 minutos para el almuerzo, quedando 480 minutos, es decir que dispone de 480 minutos del cual se utiliza 20 minutos para la reunión diaria al inicio de la jornada y 10 minutos al finalizar el día de trabajo para realizar la limpieza, quedando un tiempo disponible de 450 minutos al día o 7,5 horas.

Tabla 18-5: Producción Actual

Producto	Producción actual-por turno
Automóviles M4	12

Fuente: (Autor).

$$\text{Productividad actual} = \frac{12 \text{ automóviles}}{7,5 \text{ horas}}$$

$$\text{Productividad actual} = 1.6 \text{ automóviles/hora}$$

5.2.2. Productividad propuesta

A partir de los datos obtenidos del Capítulo IV servirán como base para calcular la productividad propuesta, se cuenta con el mismo número de operarios en el proceso de ensamble.

Tabla 19-5: Producción Propuesta

Producto	Producción propuesta-por turno
Automóviles M4	15

Fuente: (Autor).

$$\text{Productividad propuesta} = \frac{15 \text{ automóviles}}{7,5 \text{ horas}}$$

$$\text{Productividad propuesta} = 2 \text{ automóviles/hora}$$

Tabla 20-5: Indicadores De Productividad

Producto	Indicadores de Productividad automóviles/hora	
	Actual	Propuesta
Automóviles M4	1,6	2

Fuente: (Autor).

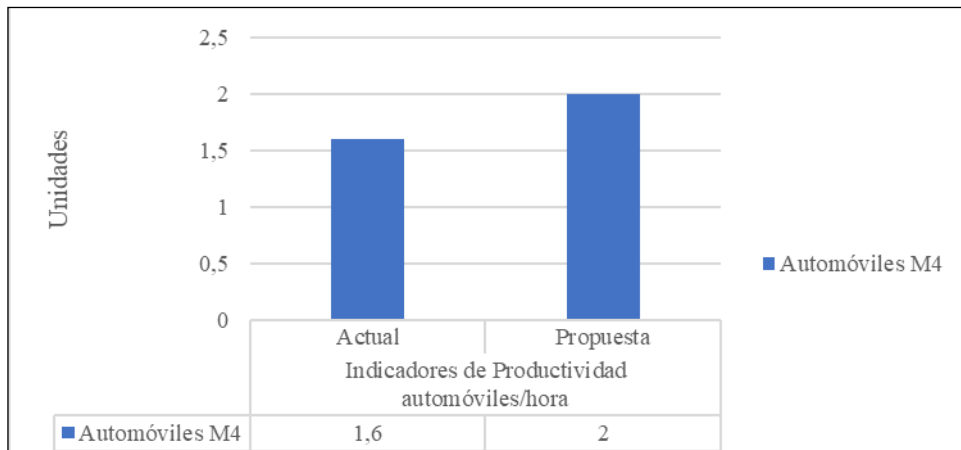


Figura 21-5: Indicadores de Productividad

Fuente: (Autor).

En la figura 21-5 se puede apreciar el aumento de la productividad, con la aplicación del método propuesto de mejoramiento de la línea de chasis de las subestaciones analizadas.

5.2.3. Índice de productividad

Calculo del índice de productividad actual:

$$P = \frac{\text{Producción actual}}{\text{Cantidad de operarios}} = \frac{12 \text{ unidades}}{8 \text{ operarios}}$$

$$P = 1.5 \text{ unidades/operarios}$$

Calculo del índice de productividad propuesta

$$P = \frac{\text{Producción propuesta}}{\text{Cantidad de operarios}} = \frac{15 \text{ unidades}}{8 \text{ operarios}}$$

$$P = 1.88 \text{ unidades * minuto}$$

El nuevo índice indica que ha habido un incremento notable de un 25% en la productividad de la empresa, el estudio realizado en la Ciauto, es totalmente factible.

$$\frac{1.88 - 1.5}{1.5} \times 100\% = 25\%$$

Tabla 21-5: Índice de Productividad

Producto	P1	P2	Incremento
Automóviles M4*operario	1,5	1,88	25%

Fuente: (Autor).

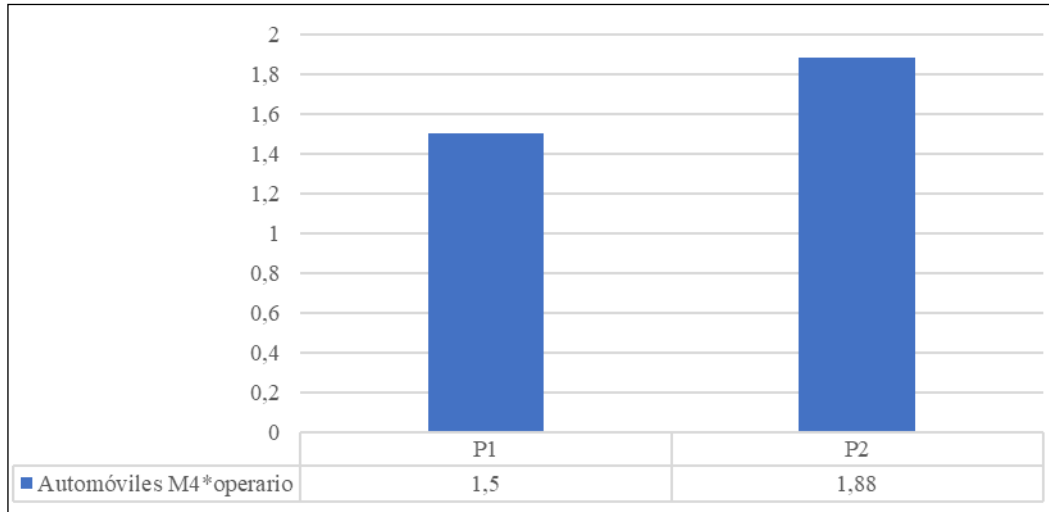


Figura 22-5: Productividad Actual Vs. Productividad Propuesta.

Fuente: (Autor).

En la figura 22-5 se puede observar la diferencia entre la situación actual de la línea de chasis en las estaciones analizadas y la propuesta de mejoramiento del proceso de ensamble de automóviles modelo M4, presentando un incremento en la productividad equivalente al 25% lo cual indica que el estudio realizado es totalmente óptimo.

5.2.4. Comparación de la producción actual y la producción propuesta.

Tabla 22-5: Producción Actual Vs. Producción Propuesta

Producto	Comparación de la producción		
	Actual	Propuesta	Diferencia
Automóviles M4/Día	12	15	3
Automóviles M4/Semana	60	75	15
Automóviles M4/Mes	240	300	60
Automóviles M4/Año	2280	3600	1320

Fuente: (Autor).

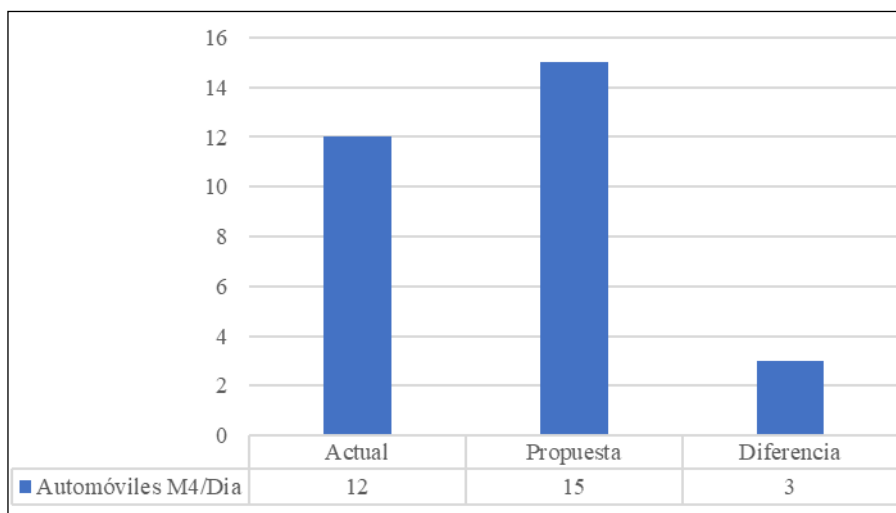


Figura 23-5: Producción Actual Vs Producción Propuesta

Fuente: (Autor).

La productividad se elevará un 25% con el mejoramiento del proceso de ensamble en la línea de chasis en las subestaciones analizadas cumpliendo con el objetivo diario de las 15 unidades, obteniendo una diferencia significativa al estado del propuesto, como resultado un beneficio económico que reflejará dentro del aumento de las ventas de automóviles modelo M4.

5.3. Capacidad de producción.

El tiempo disponible de producción diario es de 450 min, cabe recalcar que en este tiempo se disminuye el tiempo de reuniones y el tiempo de limpieza que son 30 minutos en total, el tiempo para producir una unidad es de 29,89 minutos, en este caso es el tiempo propuesto más alto de las subestaciones de trabajo analizadas, tiempo importante que puede determinar capacidad de las instalaciones, costos de mano de obra. La capacidad la podemos determinar mediante una simple regla de tres, como se muestra a continuación.

$$CI = \frac{480 \text{ min} \times 1 \text{ unidad}}{29,89 \text{ min}}$$

$$CI = 15,05 \approx 15 \text{ unidades}$$

En el tiempo disponible de 450 minutos a nivel teórico la producción diaria máxima es de 15 unidades, la capacidad de producción actual es de 12 unidades, en la propuesta yendo a la realidad va a haber factores que van a retrasar el proceso, se considera el 91%

como porcentaje de merma al proceso de producción, que la mayoría de administradores de producción consideran.

Con estos datos podemos hallar la utilización de la capacidad de producción actual y la propuesta del estudio realizado.

Producción diaria (actual): 12 unidades.

Capacidad de diseño (actual): 15 unidades

Producción diaria (propuesto)91%: 14 unidades.

Capacidad de diseño (propuesto): 15 unidades

$$\text{Utilización (actual)} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad de producción}} = \frac{12 \text{ unidades}}{15 \text{ unidades}} = 80 \%$$

$$\text{Utilización (propuesta)} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad de producción}} = \frac{14 \text{ unidades}}{15 \text{ unidades}} = 93\%$$

Estos datos obtenidos se los deben tomar en cuenta al momento de emprender estrategias para modificar la capacidad. Al tener una utilización cercana al 80% se puede considerar que no es bueno trabajar ya que es sinónimo de improductividad y lo que se requiere es tener una utilización de la capacidad cercana al 100%, para así cumplir con el trabajo diario planeado y satisfacer las la demanda diaria de automóviles modelo M4.

La optimización del proceso de ensamble en la línea de chasis implica cambios que puede ser complicado debido a que pueden generar molestias en los trabajadores por el hecho de adaptarse a nuevos métodos y a nuevas tareas asignadas durante este proceso análisis de los métodos de trabajo, en el estudio realizado se puede evidenciar mejoras como la reducción de actividades, tiempo y distancia en unas estaciones y aumento en otras, esto se debe al reordenamiento del proceso y el balanceo de línea. En la siguiente tabla se muestra los porcentajes que se aumentó o se disminuyó en cada una de las estaciones.

Tabla 23-5: Reducción de Número de Actividades, Tiempo Y Distancia

Estaciones de Trabajo	Número de actividades		%	Tiempo total (min)		%	Distancia recorrida (m)		%
	Antes	Después		Antes	Después		Antes	Después	
E5-1	38	24	36,8	39,6	28,65	27,65	61,3	24,3	60,36
E5-2	49	49	0,0	28,75	24,8	13,74	60	57,5	4,167
E5-3	51	45	11,8	32,4	28,6	11,73	33,2	22,6	31,93
E5-4	32	48	-50,0	22,6	27,1	-19,9	30,8	50	-62,3
E5-5	47	47	0,0	34,17	27,7	18,93	37	14,3	61,35
E6-1	41	37	9,8	25,6	24,2	5,469	65,4	57,4	12,23
E6-2	53	52	1,9	30,5	25,1	17,7	57,8	57,8	0
E6-3	36	46	-27,8	20,8	26,6	-27,9	49,3	76,4	-55

Fuente: (Autor).

En la tabla 23-5 nos indica el porcentaje de actividades, tiempo y distancia que unos casos aumento y en otros disminuyo, en las subestaciones E5-4 y E6-3 el número de actividades aumento ya que tenían disponibilidad de tiempo o tiempo muerto de 19,9% y 27,9% respectivamente, por lo tanto, la distancia también tuvo un incremento ya que si tienen más actividades deben realizar más recorridos para cumplir con las actividades asignadas.

De acuerdo a los análisis realizados tanto actual como propuesto del proceso de ensamble en la línea de chasis, como resultado del balaceo de línea se obtuvo la reducción y aumento de actividades en las subestaciones como se muestra en la siguiente tabla.

Como podemos evidenciar en las subestaciones descritas en la tabla 26-5, se redujo las actividades consideradas como factores no productivos o desperdicios en un proceso productivo principalmente los transportes, las demoras y las inspecciones que retrasan el proceso de ensamble, en la subestación E5-1 se redujo el número de operaciones de 22 a 16 y en transportes de 13 a 7 reducción que tiene como impacto un equilibrio de los tiempos de ciclo en cada una de las subestaciones. Consiguiendo así un balanceo óptimo de la línea de ensamble de automóviles modelo M4.

Al evaluar la propuesta de mejora mediante el uso de software Promodel del proceso de ensamble, se obtiene que se cumple con las 15 unidades como se demostró en el estudio realizado, obteniendo resultados similares.

Esto indica que no va a ser necesario la utilización de recurso extras ya que se aprovecha la mano de obra al máximo como muestra la tabla 24-5, que a la vez significa horas extras, que implica gastos y costos adicionales, que significan factores perjudiciales que afectan a la productividad de la empresa.

Tabla 24-5: Utilización De Los Operarios

Nombre	Unidades	Tiempo de Ttrabajo (Min)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Min)	% Utilización
OPERARIO 1	1,00	468,07	15,00	31,20	91,78
OPERARIO 2	1,00	454,32	15,00	30,29	89,08
OPERARIO 3	1,00	411,98	14,00	29,43	80,78

Fuente: (Autor).

Las estaciones con la propuesta de optimización van a tener un mayor porcentaje de utilización como muestra la tabla 25-5 llegando a niveles altos de eficiencia con la reducción de tiempos inactivos, los tiempos de espera y el porcentaje de bloqueo, consiguiendo producir mayor cantidad de unidades dentro del tiempo disponible, que es un beneficio significativo de 3 unidades diarias.

Tabla 25-5: Utilización de Estaciones de Trabajo.

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
E4	1,00	18,00	28,31	1,00	1,00	1,00	99,94
E5	1,00	15,00	32,04	0,94	1,00	1,00	94,25
E6	1,00	14,00	29,43	0,81	1,00	1,00	80,78
L1	1,00	16,00	31,35	0,98	1,00	1,00	98,37
L2	1,00	16,00	31,40	0,99	1,00	1,00	98,51
L3	1,00	15,00	33,46	0,98	1,00	1,00	98,41

Fuente: (Autor).

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

En la línea de ensamble de chasis para automóviles modelo M4 se verifico que no cumplen con el trabajo estandarizado vigente, debido a los métodos que se han adoptado de acuerdo a la experiencia adquirida en los procesos de ensamble. La variación de tiempos de ciclo de cada uno de los operarios en los procesos es el resultado de no cumplir con el trabajo estandarizado establecido por la empresa.

La situación actual de la línea de ensamble de chasis determino cuellos de botella, demoras, transportes innecesarios y sobrecarga de actividades en las subestaciones E5-1, E5-3 y E5-5, estas subestaciones son las que tienen mayor tiempo de ciclo por lo tanto manejan el ritmo de la línea de chasis. Los tiempos de cada uno de los operarios de las subestaciones deben tener similitud para que puedan terminar las actividades al mismo tiempo y así iniciar el siguiente ciclo, pero al tener una diferencia notable entre tiempos se producen retrasos y tiempos de espera.

Se obtuvo el tiempo estándar de cada una de las subestaciones analizadas obteniendo como resultado las estaciones E5-1, E5-2, E5-3, E5-5 y E6-2 consideradas como críticas o cuellos de botella, siendo la subestación E5-1 la que tiene un tiempo de ciclo mayor con 40, 99 minutos que equivale a 40 minutos con 59 segundos.

Los diagramas de proceso propuestos son consecuencia del proceso de mejoramiento de la línea de ensamble de chasis de las subestaciones, con lo que se obtuvo tiempos propuestos para cada uno de los operarios. La mejora de los tiempos y eliminación de tiempos muertos se evidencia a continuación.

El balanceo de la línea de ensamble de chasis para automóviles modelo M4 se realizó mediante la reorganización de las actividades del proceso en cada una de las subestaciones, para así tener tiempos de ciclo de operación similares y que están por debajo del takt time.

Se determinó la capacidad productiva con el mejoramiento de los procesos teniendo como resultado 15 unidades al día cumpliendo así con la planificación. El análisis de la situación actual y la propuesta elaborada de la línea de ensamble de chasis se obtiene un índice creciente de producción del 25% lo cual recalca que el estudio ejecutado es totalmente óptimo.

Los objetivos planteados al inicio del estudio han sido cumplidos en su totalidad obteniendo una propuesta de mejora de la línea de ensamble de chasis para automóviles modelo M4 en las subestaciones analizadas, determinando el incremento de producción diaria eliminando así tiempos muertos del método de trabajo anterior.

6.2. Recomendaciones

Aplicar la propuesta de mejora de la línea de ensamble de chasis para lograr el incremento de la producción diaria y aprovechar al máximo los tiempos disponibles en cada una de las subestaciones.

Capacitar y dar seguimiento a los operarios para lograr una eficaz realización del método de trabajo mejorado, teniendo en cuenta a las subestaciones descritas como cuellos de botella.

Dotar de estanterías gavetas, racks, herramientas y tomas de aire necesarios con el fin de identificar los componentes y realizar las actividades de ensamble de una manera más rápida y oportuna y así contribuir al cumplimiento de los tiempos de ciclo propuestos.

Dar seguimiento a la aplicación de las 5 s', puesto que es una herramienta que requiere el compromiso del personal y del trabajo en equipo, que garantiza la calidad del producto y la mejora continua en la línea de ensamble de automóviles modelo M4

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Genesis. *Estudio de tiempos y movimientos.* [En línea] 04 de 11 de 2012. [Consultado el: 20 de 12 de 2017.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/GennAcosta/36419702-estudiodetiemposymovimientos>.

ASESORIA EN SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTION DE CALIDAD, SALUD Y SEGURIDAD. *Mejora Continua.* [En línea] ASIG, 01 de 08 de 2008. [Consultado el: 07 de 12 de 2017.] Disponible en: <http://orlandoboada.comunidadcoomeva.com/blog/index.php?/archives/19-MEJORA-CONTINUA.html>.

SUÑOL, Sandra. *Aspectos teóricos de la competitividad.* 2, Ciencia y Sociedad, 2006, Vol. XXXI. pp. 180-182.

CALDERON, Alejandro, etal. *Trabajo estandarizado-standardized work.* [En línea] [Consultado el: 12 de 2017] Disponible en: <https://standardizedwork.wordpress.com/page/2/>.

CIAUTO., Coordinador de Calidad.. *Manual de Calidad CIAUTO.* Ambato: 2013. pp. 3-10

CRIOLLO, Roberto GARCÍA. *Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y medición del Trabajo.* México: Mc Graw-Hill, 1998. pp: 413-421

DÚRAN, Freddy. *Ingeniería de Métodos-Globalización: Técnicas para el manejo eficiente de recursos en organizaciones fabriles, de servicios y hospitalarias.* Guayaquil : s.n., 2007. pp. 6-10.

VERBEL, Aníbal. *El tiempo estandar controlado bajo la perspectiva de un análisis multivariado.* 1, PROSPECTIVA, 2007, Vol. 5.

FUERTES, Marcelino. *Apuntes de Métodos y Tiempos.* Riobamba: ESPOCH, 2011. pp. 7-10.

HEIZER, Jay & RENDER, Barry. *Principios de administración de operaciones.* México : PEARSON EDUCACIÓN, 2009. pp. 287-290

HERNÁNDEZ, Domingo. *Competitividad empresarial. Gestipolis.* [En línea] 12 de 12 de 2016. [Consultado el: 07 de 12 de 2017.] Disponible en: <https://www.gestipolis.com/competitividad-empresarial/>.

KANAWATY, George. *Introducción al estudio del trabajo OIT.* Ginebra : s.n., 1996. pp. 321-344

LOPEZ, Brayan Salazar. *INGENIERÍA DE MÉTODOS*. [En línea] Creative Commons, 2016. [Consultado el: 07 de Diciembre de 2017.] Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingenier%C3%ADa-de-metodos/>.

MURIEL, Yolanda. *YolandaMuriel's Blog*. [En línea] 01 de 06 de 2012. [Consultado el: 07 de 12 de 2017.] Disponible en: <https://yolandamuriel.com/2012/01/06/henry-ford-el-concepto-de-produccion-en-serie/>.

NIEBEL, Benjamil y FREIVALS, Andris. *Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. . México, DF : Mc. Graw Hill, 2009. pp. 327-383

GONZÁLES, Jaime, etal. *Revista Ingeniería Industrial*. Maracay : INSTITUTO UNIVERSITARIO POLITÉCNICO “SANTIAGO MARIÑO” EXTENSIÓN MARACAY, 2015. pp. 5-8.

SÁNCHEZ, Javier. *Economipedia*. [En línea] 2015. [Consultado el: 07 de 12 de 2017.] Disponible en: <http://economipedia.com/definiciones/coste-costo.html>.

SOCCONINI, Luis. *LEAN MANUFACTURING PASO A PASO: EL SISTEMA DE GESTION EMPRESARIAL JAPONES QUE REVOLUCIONO LA MANUFACTURA Y LOS SERVICIOS*. España : Grupo Editorial Norma, 2008. pp. 127-147.

CRUZ TREJOS, Eduardo Arturo, RESTREPO CORREA, Jorge Hernan y SARACHO ARMADA, Carlos. *Una heurística de balanceo de línea de producción aplicada a una malla curricular*. 30, Pereira : Scientia Et Technica, 2006, Vol. XII. pp. 267-268.

VILLASEÑOR, Alberto & GALINDO, Edber. *MANUAL DE LEAN MANUFACTURING. Guía Básica*. México : Limusa, 2007. pp. 35-56.