

## Balanceo de la Línea de Ensamble de M4 de Great Wall mediante manufactura esbelta



*(Great Wall M4 Assembly Line Balancing through Lean Manufacturing)*

Franklin Geovanny Tigre Ortega.<sup>1</sup>, Sandra Lucrecia Carrillo Ríos.<sup>2</sup>, Edith Elena Tubón Núñez.<sup>3</sup>, Carlos Humberto Sánchez Rosero.<sup>4</sup> César Aníbal Rosero Mantilla<sup>5</sup> & Andres David Manobanda Bosque<sup>6</sup>

Recibido: 10-02-2019 / Revisado: 25-02-2019 / Aceptado: 14-03-2019 / Publicado: 05-04-2019

### Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v9i2.267>

The company CIAUTO located in Ambato city, Province of Tungurahua – Ecuador dedicated to the assembly of vehicles of the mark Great Walls. It has installed the Model M4 production line and wants to implement the lean manufacturing philosophy. The purpose of the project was to determine the standard time of the activities of the process and the unnecessary movements made by the operator, leisure time and scrap using tools such as: study of times and movements. To accomplish this, the activities of this production line were timed to establish the standard time for each operator. Then the takt time was calculated to balance the line based on the latter, finally the production capacity is calculated. By reassigning activities, the total previous standard time with

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Ambato, Ecuador. fg.tigre@uta.edu.ec

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Ambato, Ecuador. sandralcarrillor@uta.edu.ec

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Ambato, Ecuador. ee.tubon@uta.edu.ec

<sup>4</sup> Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Ambato, Ecuador. carloshsanchez@uta.edu.ec

<sup>5</sup> Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Ambato, Ecuador. cesararosero@uta.edu.ec

<sup>6</sup> Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Ambato, Ecuador. damb.dandy@gmail.com

respect to the improved one is reduced in 10 minutes and according to the production plan that are of 11 units in a working day a total of 110 minutes would be optimized, obtaining from this one way a balanced assembly line.

**Keywords:** Takt Time; Assemble; Productivity; Installed Capacity; Process.

### **Resumen.**

La empresa CIAUTO, localizada en la ciudad Ambato de la Provincia de Tungurahua – Ecuador dedicada al ensamblaje de vehículos de la marca Great Walls. Ha instalado la línea de producción del Modelo M4 y quiere implementar la filosofía de manufactura esbelta. La finalidad del proyecto fue determinar el tiempo estándar de las actividades del proceso y los movimientos innecesarios realizados por el operario, tiempo de ocio y el scrap mediante la utilización de herramientas como: estudio de tiempos y movimientos. Para realizar esto se cronometraron las actividades de las que consta esta línea de producción para establecer el tiempo estándar a cada operario. Luego se calculó el takt time para balancear la línea en base a este último, finalmente se calcula la capacidad de producción. Mediante la reasignación de actividades, se logra que el tiempo estándar total anterior con respecto al mejorado se reduzca en 10 minutos y de acuerdo al plan de producción que son de 11 unidades en una jornada laboral se optimizaría un total de 110 minutos, obteniendo de esta manera una línea de ensamble equilibrada.

**Palabras clave:** Takt Time; Ensamble, Productividad, Capacidad Instalada, Proceso.

### **Introducción.**

A principios de los años noventa, la importancia de la producción ajustada como un sistema de coordinación productiva y organizacional se difundió rápidamente en la industria automotriz y en otras ramas manufactureras. La reducción de la competitividad de las empresas automotrices norteamericanas y el posicionamiento global de las empresas japonesas que se observó, desde fines de los años setenta, obligaron a los investigadores, administradores y economistas a tratar de entender las claves del éxito de las empresas asiáticas. Los sistemas de justo a tiempo, la diferenciación del producto, los métodos de control de calidad, la búsqueda de cero desperdicios e inventarios, así como la flexibilidad laboral se convirtieron en temas de estudio y se compararon con los tradicionales sistemas de trabajo que durante muchos años se adoptaron en la industria automotriz. La dicotomía fordismo-taylorismo versus producción ajustada o toyotista (Coriat, 2000).

Durante los últimos años, y en un marco de globalización, la industria automotriz ha iniciado un proceso de reestructuración productiva y administrativa que afecta directamente las formas de coordinación inter e intra-empresa. La relocalización de las plantas tiene como fin abaratar costos, localizar nuevos mercados, descentralizar la producción y afrontar la

competencia. Al igual que otras empresas ensambladoras, ha flexibilizado sus procesos productivos y también ha ampliado la oferta y variedad de sus productos mediante la integración de distintas plataformas automotrices flexibles a fin de elevar su competitividad mejorando las economías de escala, garantizando la calidad, reduciendo los costos, diversificando la producción, mejorando los procesos (García Garnica, 2008).

A nivel mundial el crecimiento de la industria automotriz tiene un promedio anual de 4.5 % entre el año 2015 y 2016. En ese período la producción de vehículos pasó de 90.843.939 unidades a 94.976.569 unidades (OICA, 2017). El sector del automóvil se caracteriza por plazos de entrega cada vez más breves y un tipo de producto cada vez más sofisticado y personalizado. Por ello, es importante conseguir tiempos de producción cortos, con estándares de calidad y disminuyendo los costos, la optimización de los recursos y del proceso se convierte en una herramienta clave para lograr estos objetivos (Vieyra Medrano, 2000).

Para una correcta ejecución de los procesos de manufactura se necesita de un equilibrio entre los recursos materiales, energéticos, humanos, tecnológicos y físicos, así como de la interacción entre ellos. Por tal razón, las organizaciones se enfocan en integrarlos y, con base en estudios de medición de los procesos, tomar referentes para comparar, analizar, decidir y aplicar cambios necesarios tendientes a incrementar la eficiencia en la producción, para mantenerse competitivos (Richard B. Chase, 2014).

El estudio de trabajo está basado en técnicas de análisis de métodos y medición del trabajo, utilizadas para examinar el desempeño laboral, analizar los factores que influyen en la eficiencia de la actividad estudiada, con el objetivo de implementar acciones de mejora en las condiciones de operación (Richard B. Chase, 2014). El procedimiento para el desarrollo de un estudio del trabajo es el siguiente: 1) seleccionar el trabajo o proceso a estudiar; 2) registrar o recolectar todos los datos relevantes acerca de la tarea o proceso, utilizando las técnicas más apropiadas; 3) examinar los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que se hace, según el propósito de la actividad; 4) determinar el método más económico; 5) evaluar los resultados con el nuevo método; 6) definir el nuevo método y el tiempo correspondiente, presentarlo a todas las personas a quienes concierne; 7) Implementar el nuevo método, formando a las personas interesadas; 8) Controlar la aplicación de la nueva norma siguiendo los resultados obtenidos y comparándolos con los objetivos (O.I.T., 1996).

El problema de determinar el número ideal de operadores que se deben asignar a una línea de producción es análogo al que se presenta cuando se desea calcular el número de operadores que se deben asignar a una estación de trabajo; el diagrama de procesos de grupo resuelve ambos problemas. Quizá la situación de balanceo de línea más elemental, que se encuentra muy a menudo, es uno en el que varios operadores, cada uno de los cuales lleva a cabo

operaciones consecutivas, trabajan como si fueran uno solo. En dicha situación, la velocidad de producción depende del operador más lento (Mauricio López, 2011).

Uno de los cambios para que un negocio o empresa pueda crecer y aumentar su rentabilidad (o sus utilidades) es aumentando su productividad. El instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de métodos adecuados en cuanto al estudio de tiempos y movimientos aplicados a las operaciones que conforman una determinada línea de producción dentro de una organización (Espinoza Fuentes, 2014). La determinación de tiempos se hace necesaria en todos los niveles de planificación de la empresa y supone una información muy valiosa para la gestión de recursos y capacidades (Sempere Ripoll, Pérez Bernabeu, & Poler Escoto, 2011).

El presente estudio se llevó a cabo en una ensambladora de vehículos, en donde se hizo la determinación de los tiempos estándar y de los movimientos innecesarios realizados por el operario durante el proceso de ensamblaje, con el objeto de optimizar el trabajo. Con esta información, se formularon propuestas para mejorar los métodos de trabajo, puesto que la carencia de registros por ser un modelo nuevo no permitió hacer una evaluación y corrección de las deficiencias existentes en la planta de proceso (L. Rivera, 2015).

El aspecto más interesante en el diseño de una línea de producción o montaje consiste en repartir las tareas de modo que los recursos productivos estén utilizados de la forma más ajustada posible, a lo largo de todo el proceso. El inconveniente del equilibrado de líneas de producción consiste en subdividir todo el proceso en puestos de trabajo donde se realizan un conjunto de tareas, de modo que la carga de trabajo de cada puesto se encuentre lo más ajustada y equilibrada posible a un tiempo de ciclo. Se dirá que una cadena está bien equilibrada cuando no hay tiempos de espera entre una estación y otra (Albert Suñé Torrents, 2004).

### **Metodología.**

Para la evaluación del proceso de ensamble de vehículos, para analizar sus procesos y métodos de trabajo, fue considerado el Modelo Great Wall M4 producido por la empresa CIAUTO, como se indica en la Figura 1.



Figura 1. Vehículo Modelo M4

### **Estudio piloto de métodos**

Con base en el reporte de (L. Rivera, 2015), se realizó una descripción y análisis de las actividades y de los métodos utilizados por los operarios en el área de ensamblaje de cabina para optimizar tiempos de producción, mediante la utilización del cursograma analítico para encontrar la secuencia de las operaciones, los transportes, las esperas, los almacenamientos e inspecciones, las distancias recorridas y los tiempos empleados, movimientos de retroceso y cargas movilizadas.

### **Estudio de tiempos**

Se aplica el método propuesto por (Hodson, 1996) cronometraje vuelta a cero, haciendo la distinción por cada ciclo, para determinar el tiempo estándar con base en el tiempo promedio, factor de desempeño y suplementos. Se realizó un estudio piloto con la utilización de 10 muestras a cada uno de los procesos para obtener el orden de las actividades a las cuales se les tomó el tiempo. Para mayor exactitud en la medición, el proceso se dividió en elementos (en una o varias actividades) para observar y medir al trabajador durante varios ciclos considerando: procesos repetitivos ejecutados sobre una operación en particular, también se separa los procesos manuales y mecanismos para evaluar el trabajo realizado por el trabajador y por la máquina.

### **Factor de desempeño**

Se calificó el desempeño del operario con el método que se compara la eficacia del operador con el concepto de un operario calificado que hace el mismo trabajo, y después asigna un porcentaje para iniciar la razón del desempeño observado sobre el desempeño estándar, en donde 100 fue la calificación para una actuación normal, valores inferiores correspondieron a situaciones deficientes con bajo desempeño y valores superiores fueron los óptimos. El factor de suplemento se refiere a los tiempos de retraso que se agregan al tiempo normal, para lo cual se utilizó el procedimiento propuesto por Westinghouse que considera cuatro factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

### **Tiempo estándar**

Para ello se utilizaron el tiempo normal, el factor de desempeño y suplementos. Teniendo en cuenta que los elementos del proceso estudiado el tiempo oscilan entre los 20 minutos, se decidió tomar muestras de 8 ciclos y obtener el tiempo estándar de cada proceso. (Benjamin W. Niebel, 2009) Hace referencia a la tabla de número recomendado de ciclos de observación. El tiempo normal define con la ecuación 1 y el tiempo estándar se determina con la ecuación 2 (Richard B. Chase, 2014, pág. 143)

$$TN = \frac{\text{Tiempo trabajado}}{\text{Cantidad de unidades producidas}} \times \text{Índice del desempeño} \quad (1)$$

Donde:

*TN* Tiempo Normal

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal} + (\text{Tolerancias} \times \text{Tiempo normal}) \quad (2)$$

### Balaceo de la línea de ensamble

El método utilizado por CIAUTO para balancear una línea de producción es el siguiente:

1. Especificar la secuencia de las relaciones de las tareas con un diagrama de precedencia, compuesto por círculos y flechas. Los círculos representan tareas individuales, y las flechas, el orden para desempeñarlas. (2)
2. Determinar el tiempo del ciclo (C) que requieren las estaciones de trabajo con la ecuación 3 (Richard B. Chase, 2014, pág. 183).  
$$C = (\text{Tiempo de producción por día}) / (\text{Producto requerido por día (en unidades)}) \quad (3)$$
3. Calcular el Takt Time (un número de referencia que da una sensación del ritmo al que hay que producir), como se indica en la ecuación 4 (Juan C. Hernández Matías, 2013, pág. 70).  
$$\text{Takt Time} = (\text{Tiempo operativo por periodo en segundos}) / (\text{Demanda cliente por periodo en unidades}) \quad (4)$$
4. Determinar la cantidad mínima de estaciones de trabajo (N<sub>t</sub>) que en teoría se requiere para cumplir el límite de tiempo del ciclo de la estación de trabajo mediante la siguiente fórmula (advierta que se debe redondear al siguiente entero más alto obtiene con la ecuación 5 (Richard B. Chase, 2014, pág. 183).  
$$N_t = (\text{Suma de tiempos de las tareas (T)}) / (\text{Tiempo del ciclo (C)}) \quad (5)$$
  
Balancear la línea asignando tareas de ensamble específicas a cada estación de trabajo. Un balanceo eficiente permite completar el ensamble requerido, seguir la secuencia especificada, y mantener al mínimo el tiempo muerto en cada estación de trabajo.

## **Productividad**

En la actualidad toda organización realiza estudios y aplicaciones para aumentar su productividad, se obtiene cuantitativa entre lo que producimos y los recursos que utilizamos. Si hablamos de productividad de mano de obra, entonces estamos desarrollando un número de unidades de producción por hora trabajada, el valor se obtiene con la ecuación 6 (Meyers, 2000, pág. 30).

$$\text{Productividad} = \text{Resultados} / \text{Entrada} \quad (6)$$

La determinación de los tiempos estandarizados para el análisis de la capacidad de producción instalada se lo hace en el área de ensamble de la línea productiva de vehículos compactos, conformada por diez estaciones de trabajo denominadas: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, distribuidas en las tres líneas de ensamble que la constituyen siendo estas: Línea TRIM, Línea Chasis, Línea Liberación. Cada estación de trabajo está conformada por personal capacitado y calificado para ejecutar las diferentes operaciones de ensamblaje, a través de un adecuado equipamiento personal, más la oportuna dotación de equipos y herramientas de trabajo, todo con el objetivo de cumplir el plan de producción establecido concerniente a 60 vehículos por cada lote, obteniendo de esta manera como producto final el automóvil Modelo M4 totalmente ensamblado dentro del tiempo determinado.

Se plantearon propuestas de distribución de las instalaciones conducentes a minimizar el número de desplazamientos de los operarios y de los materiales dentro de las diferentes estaciones, mediante el siguiente procedimiento: se determinaron las distancias recorridas y la frecuencia de los desplazamientos entre las áreas, con el fin de establecer medidas que mejoren el nivel de ejecución de las tareas de producción por parte de los empleados, elaboración del diagrama de flujo identificando las actividades que generan retrasos en la producción, realizar un balance de líneas para que todas las operaciones que se ejecutan en cada estación de ensamble estén dentro del takt time establecido, establecer la capacidad de producción de la línea de ensamblaje.

## **Resultados.**

### **Identificación de las operaciones que se ejecutan en cada área de ensamble**

Los procesos de ensamble se ejecutan en base a una secuencia establecida descrita en el instructivo de trabajo presente en cada estación, por lo cual se detalla a continuación las operaciones que se realizan en cada área de trabajo: El Proceso de ensamble se encuentra dividido en tres líneas de ensamble que son las siguientes: Línea TRIM, Línea Chasis y Línea Liberación, más la Línea de Pruebas controlada por el Departamento de Calidad, cada una de las líneas consta de varias estaciones de trabajo, como se puede visualizar en la figura 2 correspondiente al diagrama de flujo de ensamble del Modelo M4.

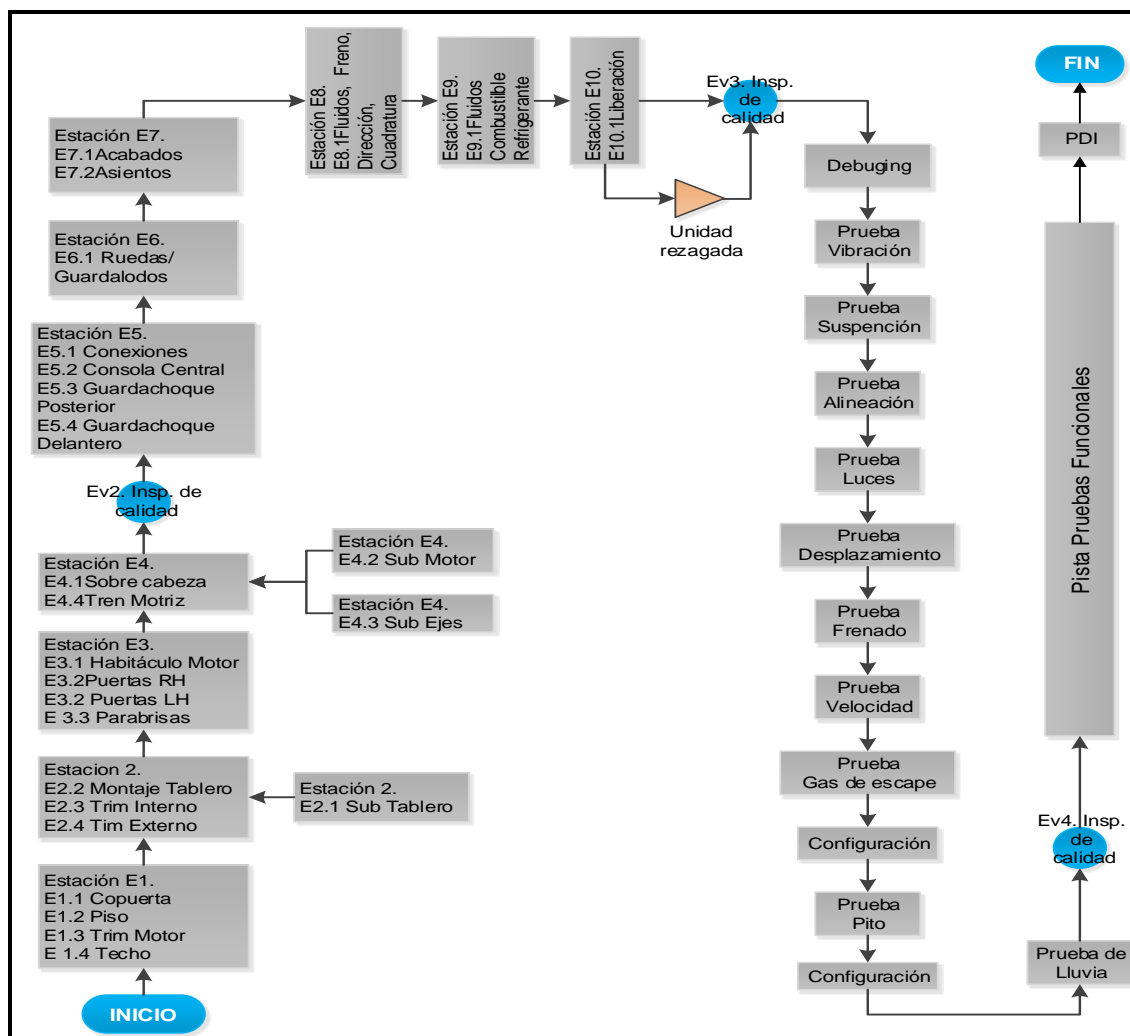


Figura 2. Diagrama de Flujo CIAUTO

### 3.2. Obtención del Tiempo Estándar (TS)

El registro de los tiempos normales de cada uno de los puestos de trabajo es el promedio de los ocho tiempos cronometrados, mismos que son multiplicados por el factor de valoración de desempeño tomados según la escala de estimación de las diferentes tablas que establece Westinghouse, determinar los suplementos presentes en la organización teniendo de esta manera holguras: por necesidades personales, por demoras inevitables en el trabajo, por fatiga del trabajador, este valor es el tiempo que requiere un trabajador calificado y capacitado en realizar una actividad a ritmo normal que llegan al 11%, generando de esta manera los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 1:



**Tabla 1. Registro del Tiempo Estándar de cada estación**

Línea	Estación	Sub-Estación	Operación	TS	
<b>TRIM</b>	E1	E 1.1	Compuerta	0:46:44	
		E 1.2	Piso	0:44:39	
		E 1.3	Trim Habitáculo Motor	0:25:30	
		E 1.4	Techo	0:23:56	
	TN Total de E1				2:20:50
	E2	E 2.1	Sub-Tablero	0:25:01	
		E 2.2	Montaje Tablero	0:46:35	
		E 2.3	Trim Interno	0:46:35	
		E 2.4	Trim Externo	0:44:52	
	TN Total de E2				2:43:04
	E3	E 3.1	Habitáculo Motor	0:34:27	
		E 3.2 RH	Puertas RH	1:06:36	
		E 3.2 LH	Puertas LH	1:04:53	
		E 3.3	Parabrisas	0:54:18	
	TN Total de E3				3:40:14
<b>CHASIS</b>	E4	E 4.1	Sobre Cabeza	0:49:05	
		E 4.2	Sub-Motor	0:45:27	
		E 4.3	Sub-Ensambl. de ejes	0:36:27	
		E 4.4	Tren Motriz	0:49:10	
	TN Total de E4				3:00:08
	E5	E 5.1	Conexiones	0:43:48	
		E 5.2	Consola Central	0:29:52	
		E 5.3	Guarda ch. Posterior	0:27:09	
		E 5.4	Guard ach. Delantero	0:26:18	
	TN Total de E5				2:07:07
	E6	E 6.1	Ruedas	0:26:18	
	TN Total de E6				0:26:18
	E7	E 7.1	Acabados	0:42:35	
		E 7.2	Asientos	0:27:18	
	TN Total de E7				1:09:53
<b>LIBERACIÓN</b>	E8	E 8.1	Fluidos 1/Cuadratura	0:55:18	
	TN Total de E8				0:55:18
	E9	E 9.1	Fluidos 2	0:36:44	
	TN Total de E9				0:36:44
	E10	E 10.1	Liberación	0:47:27	
	TN Total de E10				0:47:27
<b>TN Total de la Línea de Ensamble</b>				<b>17:47:02</b>	

## **Balance de las Líneas de Producción**

Con el fin de equilibrar las cargas de trabajo en las estaciones del área de ensamble de la empresa CIAUTO, se realiza el balance de las líneas productivas desarrollando en primera instancia el cálculo del takt time y el número de estaciones, para mediante esto realizar el diagrama de equilibrio de la línea de ensamble.

### **Cálculo del Takt Time**

De acuerdo a la jornada laboral a la que se acopla el personal de la empresa se tiene que el tiempo disponible es de 7 horas con 40 minutos correspondiente a 460 minutos utilizables por el operario de cada sub-estación para cumplir el ensamble de 11 unidades, para ello se emplea la ecuación siguiente:

$$Takt\ Time = \frac{460\ min}{11\ unidades}$$

$$Takt\ Time = 41,82\ min/unidad$$

El Takt Time calculado indica que el ritmo de producción de los automóviles modelo M4 demandado por el cliente debe finalizar en una duración de 42 minutos, es decir en este ciclo de tiempo debe salir un auto completamente ensamblado.

### **Determinación teórica del número de estaciones de trabajo**

Para el cálculo teórico del número de estaciones se parte del valor conocido del tiempo estándar total de la línea de ensamble del vehículo modelo M4, con este dato se procede a realizar el cálculo del número de estaciones empleando la ecuación siguiente:

$$Nt = \frac{1067\ min/unidad}{42\ min/unidad}$$

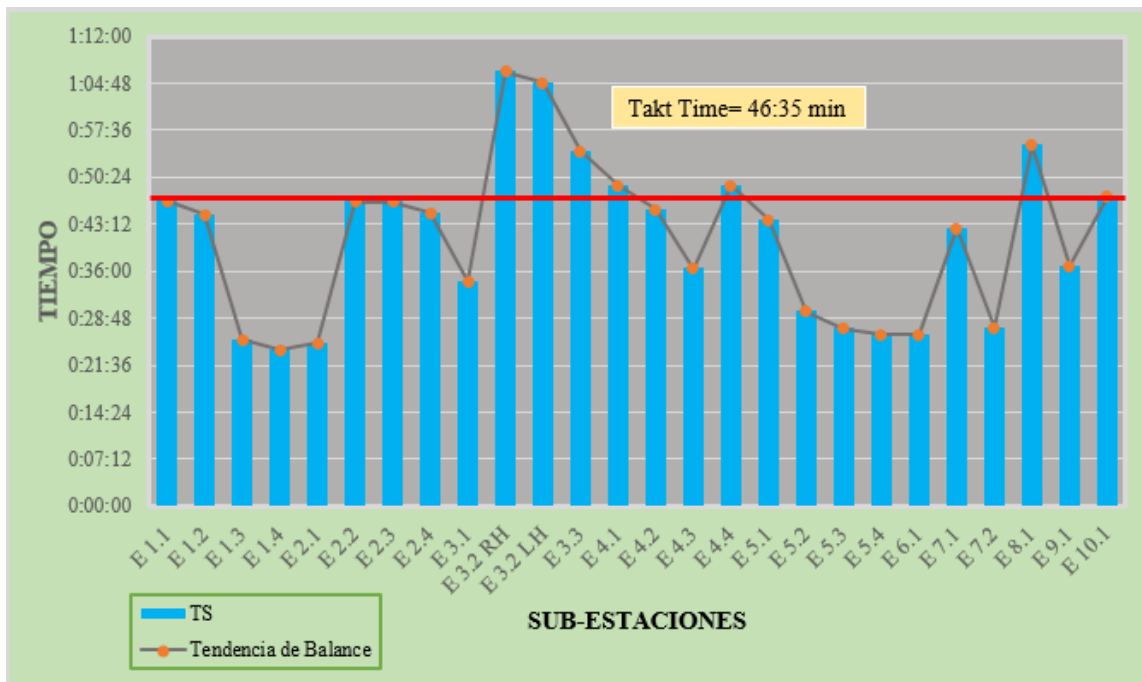
$$Nt = 25,41\ estaciones\ por\ lo\ tanto\ Nt = 26$$

El valor corresponde a 26 estaciones, ratifica que el análisis de tiempos realizado es el adecuado, pues en su totalidad se analizaron 26 sub-estaciones de trabajo, por ende se confirma que la distribución de las estaciones de trabajo en el área de ensamble de la empresa CIAUTO planteadas desde el inicio está bien diseñada.

### **Diagrama de equilibrio en la Línea de ensamble del Modelo M4.**

Con el fin de identificar de mejor manera la fluctuación de los tiempos en cada una de las sub-estaciones de ensamblaje, se realiza un diagrama de barras (ver Figura 3) mediante el cual se refleja el tiempo que requiere cada área de trabajo para ejecutar sus actividades de

ensamble, para ello también se establece el Takt Time en el que la línea productiva debe moverse agregándole a este el valor de suplementos establecidos, de la operación aplicada se obtiene como resultado un Takt Time de 46 minutos con 35 segundos como se muestra en figura 3.



**Figura 3. Tiempos consumidos en cada sub-estación de ensamble.**

### Cálculo de la Productividad

Para proceder a realizar el respectivo análisis de productividad se toma el valor del número de operarios reales que están presentes en el área de ensamble del Modelo M4, esto con el fin de establecer un dato verídico con respecto al aprovechamiento que se le da a sus recursos existentes en las instalaciones de la organización.

$$Productividad = \frac{11 \text{ vehículos/día}}{25 \text{ operarios}}$$

$$Productividad = 0,44 \frac{\text{vehículos}}{\text{día} * \text{operario}}$$

### Discusión

Al realizar la medición de tiempos, se pudo identificar las estaciones que tardaban más en ejecutar sus actividades, mostrando inicialmente un desequilibrio en el balance de la línea de ensamble, por esta razón se opta como acción correctiva mejorar la organización y distribución de las actividades, con el propósito de equilibrar las cargas de trabajo en las estaciones de ensamble, para que de esta manera todo el recurso humano ejecute operaciones de ensamble en el takt time establecido, en donde a las sub-estaciones en las cuales los

tiempos de producción están por debajo del fijado se les asigna nuevos procesos tomados de las sub-estaciones que tienen tiempos de ensamble elevados, con el objetivo de lograr equilibrar la línea productiva y cumplir el plan de producción diario. A través de los cambios realizados en la reasignación de operaciones, los resultados obtenidos se los puede visualizar de mejor manera en la Tabla 2 que se muestra a continuación:

**Tabla 2. Tiempos mejorados en las sub-estaciones de ensamble.**

Línea	Estación	Sub-Estación	Operación	TSA	TSM
TRIM	E1	E 1.1	Compuerta	0:46:44	0:46:44
		E 1.2	Piso	0:44:39	0:44:39
		E 1.3	Trim Habitác. Motor	0:25:30	0:25:30
		E 1.4	Techo	0:23:56	0:23:56
	E2	E 2.1	Sub-Tablero	0:25:01	0:46:01
		E 2.2	Montaje Tablero	0:46:35	0:46:35
		E 2.3	Trim Interno	0:46:35	0:46:35
		E 2.4	Trim Externo	0:44:52	0:44:52
	E3	E 3.1	Habitáculo Motor	0:34:27	0:45:27
		E 3.2 RH	Puertas RH	1:06:36	0:46:36
		E 3.2 LH	Puertas LH	1:04:53	0:44:53
		E 3.3	Parabrisas	0:54:18	0:47:18
	CHASIS	E4	E 4.1	Sobre Cabeza	0:49:05
E 4.2			Sub-Motor	0:45:27	0:45:27
E 4.3			Sub-Ensamb. de ejes	0:36:27	0:43:27
E 4.4			Tren Motriz	0:49:10	0:46:10
E5		E 5.1	Conexiones	0:43:48	0:43:48
		E 5.2	Consola Central	0:29:52	0:43:52
		E 5.3	Guardach. Posterior	0:27:09	0:25:09
		E 5.4	Guardach. Delantero	0:26:18	0:22:18

	E6	E 6.1	Ruedas	0:26:18	0:22:18
	E7	E 7.1	Acabados	0:42:35	0:45:35
		E 7.2	Asientos	0:27:18	0:25:18
<b>LIBERACIÓN</b>	E8	E 8.1	Fluidos 1/Cuadratura	0:55:18	0:55:18
	E9	E 9.1	Fluidos 2	0:36:44	0:36:44
	E10	E 10.1	Liberación	0:47:27	0:47:27
<b>TOTAL</b>				17:47:02	17:37:04

En la tabla expuesta se puede observar claramente la variación del Tiempo Estándar Anterior (TSA) versus el Tiempo Estándar Mejorado (TSM), cambios que están relacionados con la reasignación de actividades, en donde a las estaciones que tenían un tiempo de producción por encima del establecido se les redujo ciertas operaciones, otorgándoseles a las áreas de trabajo que tenían tiempos menores al fijado, de esta manera se obtiene un mejor equilibrio de la línea de ensamble ajustados al Takt Time dispuesto.

Además para generar una mejor idea de los cambios resultantes en la fluctuación de los tiempos en cada una de las sub-estaciones de ensamblaje se presenta la figura 4 siguiente:

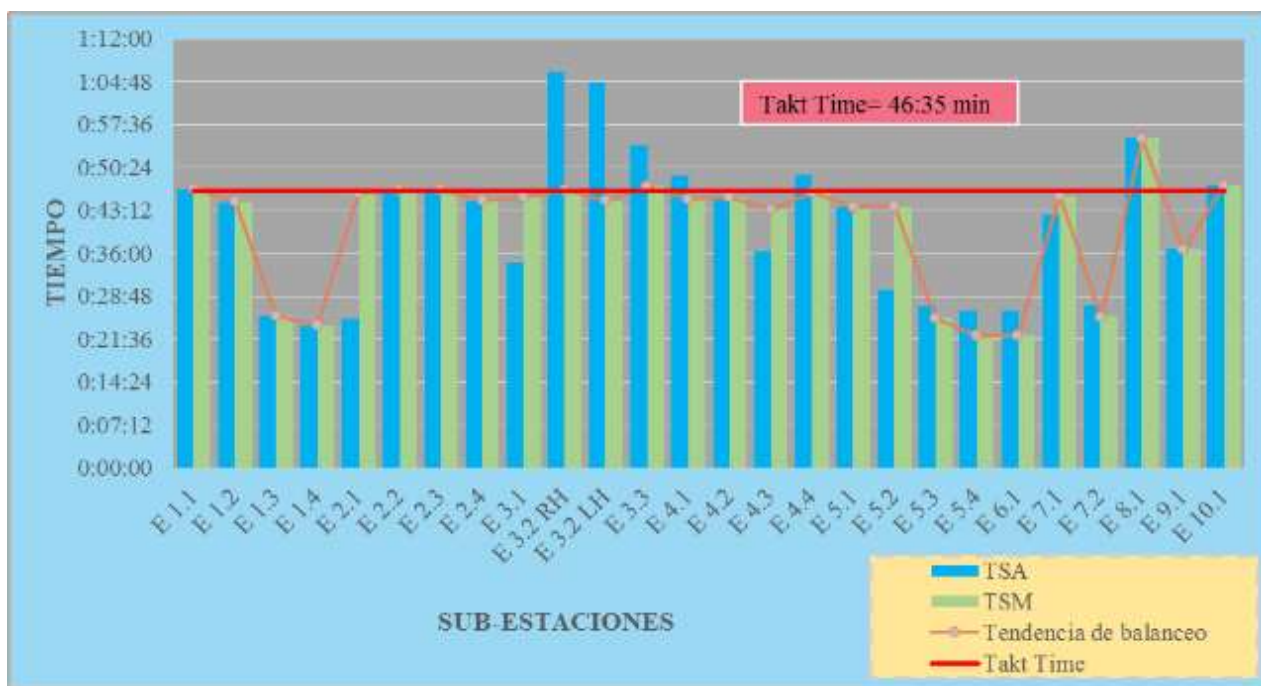


Figura 4. Balance de las Líneas de ensamble (mejorado).

Mediante la gráfica se puede deducir que las acciones tomadas ayudaron a que los tiempos de operación en cada sub-estación de ensamble se ajusten al takt time determinado, haciendo de esta manera que la línea de ensamble se muestre más equilibrada y eficiente todo con el objetivo de cumplir el plan de producción.

### Conclusiones.

- A través del estudio de tiempos se pudo identificar claramente que las sub-estaciones de trabajo que consumían mayor cantidad de tiempo con respecto al Takt Time de 46 minutos con 35 segundos establecidos eran: E 3.2 RH-Puertas derechas con un tiempo estándar inicial de 1 hora con 6 minutos 36 segundos, E 3.2 LH-Puertas izquierdas con 1 hora con 4 minutos 53 segundos, E 3.3-Parabrisas con 54 minutos 18 segundos, E 4.1-Sobre cabeza con 49 minutos 5 segundos, E 4.4-Tren Motriz con 49 minutos 10 segundos, y E 8,1-Fluidos 1/Cuadratura con 55 minutos 18 segundos.
  - Las acciones correctivas se realizó mediante la reasignación de actividades, en donde a los operarios de estaciones con tiempos inferiores, se les designo ciertas actividades de las áreas de trabajo que usaban tiempos por encima del dispuesto, con el objetivo de lograr equilibrar la línea y cumplir el plan de producción diario, de estos cambios realizados en los diagramas de procesos se logró reducir los tiempos a los siguientes valores: E 3.2 RH-Puertas derechas con un tiempo estándar mejorado de 46 minutos 36 segundos, E 3.2 LH-Puertas izquierdas con 44 minutos 53 segundos, E 3.3-Parabrisas con 47 minutos 18 segundos, E 4.1-Sobre cabeza con 45 minutos 5 segundos, E 4.4-Tren Motriz con 46 minutos 10 segundos, en el caso de E 8,1-Fluidos 1/Cuadratura se mantiene los 55 minutos 18 segundos puesto a que este es un valor general de las operaciones que se ejecutan allí, pero para que esto no sea un limitante en el flujo de producción el operario que realiza la cuadratura de la carrocería empieza sus operaciones a partir de E 7 generando así que el proceso de ensamble se realice de manera continua sin ningún contratiempo.
- Mediante la reasignación de operaciones también se obtiene, que a más de comparar y reducir el tiempo estándar entre las diferentes sub-estaciones se logra que el tiempo estándar total anterior con respecto al mejorado se reduzca en 10 minutos, esto hace referencia a que por cada auto que anteriormente se ensamblaban se ahorran 10 minutos y de acuerdo al plan de producción que son de 11 unidades en una jornada laboral se optimizaría un total de 110 minutos, obteniendo de esta manera una línea de ensamble equilibrada y ajustada al Takt Time determinado, con igual carga de trabajo, eficiente uso del talento humano y de los recursos con los que cuenta la empresa.

### Referencias bibliográficas.

Albert Suñé Torrents, F. G. (2004). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2004.

Basurto Alvarez, R. (2013). Estructura y recomposición de la industria automotriz mundial. Oportunidades y perspectivas para México. *Economía UNAM*, 10(30), 75-92. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-952X2013000300005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2013000300005&lng=es&tlng=es).

Benjamin W. Niebel, A. F. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D. F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Coriat, B. (2000). *PENSAR AL REVÉS Trabajo y organización en la empresa japonesa*. México: Siglo veintiuno editores, s.a. de c.v.

Espinoza Fuentes, F. (2014). *Analisis y Mejoras de Metodos de Trabajo*. Talca-Chile: Universidad de Talca.

García Garnica, A. (2008). Trayectorias de coordinación entre Volkswagen y sus proveedores: las plantas de Brasil, Argentina y México. *Análisis Económico*, vol. XXIII(núm. 53), 173-200.

Hodson, W. K. (1996). *Manual del Ingeniero Industrial*. México: Mc. Graw Hill, México.

Juan C. Hernández Matías, A. V. (2013). *Lean manufacturing - Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: EOI ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL. Obtenido de <http://www.eoi.es/savia/documento/>

L. Rivera, E. V. (2015). *ESTUDIO DE PUESTOS DE TRABAJO EN EL ÁREA DE ENSAMBLAJE DE CABINA, PARA OPTIMIZAR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA CIAUTO*. Tesis Ingeniero Mecánico, Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

Mauricio López, G. M. (Octubre de 2011). Balanceo de Líneas utilizando herramientas de manufactura esbelta. *El Buzón de Pacioli*(74).

Meyers, F. E. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos Para la manufactura ágil*. México: PEARSON EDUCACIÓN DE MEXICO, S.A. DE C.V.

Mosquera, S., Duque , R., & Villada , D. (2010). *Estudio de Métodos y Tiempos en una planata de alimentos*. Córdoba-España: Universidad de Córdoba.

O.I.T., K. G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo / publicado con la dirección de George Kanawaty*. Suiza: GINEBRA[-]JOIT.

OICA. (30 de 08 de 2017). *OICA - Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles*. Obtenido de <http://www.oica.net/category/production-statistics/>

Richard B. Chase, F. R. (2014). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros*. México, D. F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Rivera, L. (2015). *Estudio de puestos de trabajo en el área de ensamblaje de cabina, para optimizar tiempos de producción en la Empresa CIAUTO*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Sempere Ripoll, F., Pérez Bernabeu, E., & Poler Escoto, R. (2011). Diseño e Implementación de aplicaciones informáticas para la medición de tiempos. *Software para la medición de tiempos*. Alicante-España.

Silvio A. Mosquera, R. A. (2008). ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS. *TEMAS AGRARIOS*, 13(2), 45-55.

Vieyra Medrano, J. A. (2000). Reconversión industrial, gran empresa y efectos territoriales: El caso del sector automotriz en México. *EURE (Santiago)*, 26(77), 25-47. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612000007700002>



**Para citar el artículo indexado.**

Tigre F., Carrillo S., Tubón E., Sánchez C. Rosero C. & Manobanda A.. (2019) Balanceo de la Línea de Ensamble de M4 de Great Wall mediante manufactura esbelta. *Revista electrónica Ciencia Digital* 3(2), 289-305. Recuperado desde: <http://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/267/901>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

