

**CURVA DE APRENDIZAJE COMO FACTOR CLAVE EN EL DESARROLLO DEL SECTOR  
CARROCERO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

***(LEARNING CURVE AS A KEY FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF THE BODY SECTOR  
OF THE PROVINCE OF TUNGURAHUA)***

Mariela Cristina Chango Galarza

**RESUMEN**

**INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**

Las curvas de aprendizaje, se entienden como un proceso orientado hacia la adquisición de conocimientos y experiencias por parte de la organización, lo cual es un mecanismo que induce al alcance de mayores niveles de eficiencia y eficacia en las operaciones realizadas y concretamente a nivel del proceso productivo. En tal sentido, la intencionalidad del artículo consistió en evaluar la incidencia de las curvas de aprendizaje en los procesos productivos del sector carrocerero localizado en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua (Ecuador), seleccionándose como caso de estudio la empresa Carrocerías Alme por su alta trayectoria en la producción carrocera a nivel nacional. El componente metodológico del trabajo se fundamentó en la articulación de los postulados de la investigación cuantitativa y cualitativa, pues se desarrolló en los términos de un estudio correlacional orientado a la determinación del grado de relación existente entre las dos variables seleccionadas como objeto de estudio: curvas de aprendizaje y productividad. Los resultados de la investigación, demostraron la incidencia de las curvas de aprendizaje/experiencia en el desarrollo del proceso de producción. Específicamente, en el caso de la empresa seleccionada como objeto de investigación, se encontró que la acumulación de experiencia por parte de organización conducía a una reducción en la mano de obra requerida para realizar del proceso productivo, pues luego de la etapa orientada hacia la capacitación del recurso humano, se presentó un ahorro estándar en el proceso de fabricación de las carrocerías (de 27 días a 12 días), arrojando en consecuencia un ahorro aproximado de tiempo de un 66%.

**Palabras clave:** curvas de aprendizaje, experiencia, productividad, costos.

**Mariela Cristina Chango Galarza\***  
Ingeniera, Docente Investigador de la  
Universidad de las Fuerzas Armadas. Extensión  
Latacunga  
mcchango@espe.edu.ecu

## ABSTRACT

The learning curves, are understood as a process oriented towards the acquisition of knowledge and experiences by the organization, which is a mechanism that induces the reach of higher levels of efficiency and effectiveness in the operations carried out and specifically at the level of the process productive. In this sense, the purpose of the article was to evaluate the incidence of learning curves in the production processes of the bodybuilding sector located in Canton Ambato, Province of Tungurahua (Ecuador), selecting as a case study the company Carrocerías Alme for its high trajectory in the bodywork production at national level. The methodological component of the work was based on the articulation of the postulates of quantitative and qualitative research, since it was developed in the terms of a correlational study aimed at determining the degree of relationship between the two variables selected as the object of study: curves of learning and productivity. The results of the research showed the incidence of the learning / experience curves in the development of the production process. Specifically, in the case of the company selected as the object of research, it was found that the accumulation of experience by the organization led to a reduction in the labor required to carry out the productive process, since after the training-oriented stage of the human resource, there was a standard saving in the manufacturing process of the bodies (from 27 days to 12 days), resulting in an approximate saving of 66% of time.

**Keywords:** learning curves, experience, productivity, costs.

## Introducción

Una de las herramientas para evaluar la productividad de las organizaciones es la curva de aprendizaje. Este método fue desarrollado en el año 1936 por Wrigth, para establecer la relación

entre el tiempo y el costo de producción cuando se alcanza un nivel de especialización, en los procedimientos de elaboración de bienes. A la curva de aprendizaje se la conoce en el campo administrativo como curva de experiencia, la cual tiene un campo de aplicación en áreas tácticas y operacionales en la producción de bienes y en la formulación e implementación de estrategias administrativas.

Del trabajo de investigación “Aprendizaje en microempresas de Baja California”, desarrollado por Taxis, Mungaray Ramírez, y Ramírez. (2011) se concluye que el aprendizaje influye directamente en el desempeño de la empresa, permitiendo optimizar los recursos y obtener mejores resultados mediante la acumulación de conocimientos individuales y grupales como estrategia competitiva de mercado.

La concepción de curva de experiencia se gesta a inicios de la década de los años setenta, cuando los científicos del Boston Consulting Group ampliaron el concepto de aprendizaje para revelar que “todos los costos asociados al diseño, la producción y la comercialización de un producto evolucionaban con el número total de unidades acumuladas, producidas en forma similar a lo que ocurre con la curva de aprendizaje” (Carro y Gonzales, 2012, 14).

Al fenómeno descrito se denominó experiencia y, por ende la curva de aprendizaje se comenzó a formular en los mismos términos que la curva de experiencia. De este modo, cuando por ejemplo se afirma que un producto presenta una curva de experiencia de un 75%, este resulta ser un indicador que revela cómo al duplicar el volumen acumulado de producción, el costo unitario del producto se reduce en un 25%.

En tal sentido, a partir de la revisión de literatura especializada se establece una diferenciación entre la curva de aprendizaje y la curva de experiencia. Desde la postura de Sullivan, Wicks y Luxhoj (2004) la primera se configura

como un modelo matemático empleado para explicar las relaciones que se establecen durante la producción de un producto o servicio, entre el incremento de la eficacia de un trabajador y la mejora del rendimiento de una organización. Por otro lado para Krajewski y Ritzman (2000), la segunda hace referencia a la producción acumulada de un producto, revelando al mismo tiempo cómo los actores que hacen parte de la organización, aprenden a cumplir con mayor eficiencia sus actividades y funciones basándose en la idea que la experiencia genera destreza.

Los profesionales interesados en el estudio del comportamiento humano reconocen que el aprendizaje depende del tiempo. Aún la operación más sencilla puede tomar horas para dominarla. El trabajo complicado toma días o semanas antes de que el operario logre la coordinación física y mental que le permitan proceder de un elemento a otro sin duda o demora. Este periodo y el nivel relacionado de aprendizaje forman la curva de aprendizaje (Alvarado, 2003, 26).

Sobre la base de la definición expuesta, los elementos que fundamentan la curva de aprendizaje, se relacionan directamente tanto con el período de tiempo como con el nivel de aprendizaje alcanzado por el trabajador para el desarrollo de una determinada actividad. La principal diferencia entre la curva de aprendizaje y la curva de experiencia, es que en la primera se evidencia como los costos medios por unidad varían en función de la experiencia; mientras que en la segunda, se incluyen los costos fijos y representan los cambios experimentados por los costos medios, cuando se tiene en cuenta todos los factores de la producción, es decir se refiere al valor agregado total por unidad y no a las horas de trabajo. (Cruelles, 2013).

## **Fundamentos Teóricos**

### **Caracterización del sector carroceros tungurahuese**

En la provincia de Tungurahua se localiza una parte importante de las empresas del sector carroceros de Ecuador, las cuales se destacan por la producción de carrocería para buses de transporte de pasajeros, carros blindados y carrocerías para furgones. Algunas de estas organizaciones, iniciaron planes para la reconversión productiva, con lo cual se evidencia una notable mejoría en la producción del sector, además obtuvieron certificaciones ISO 9001 edición 2008. Esta normativa, certifica la calidad de los procesos productivos de las empresas y, constituye la base para el ingreso al mercado internacional, compitiendo en este escenario bajo criterios de calidad y precio.

El estudio realizado por Gallegos en el año 2011, revela que en la ciudad de Ambato se realizaron varios intentos para promover el desarrollo de la economía, sin embargo las exportaciones del sector carroceros bordearon el 10 % de la producción total. Esta situación, demostró la necesidad de conformar alianzas estratégicas como base para el mejoramiento de la competitividad del sector carroceros frente a la eliminación de aranceles en la importación de automotores destinados al servicio de transporte público.

El sector carroceros ecuatoriano se encuentra representado por la Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías (CANFAC) tiene definido objetivos como: apoyar al desarrollo de la industria mediante el suministro de servicios oportunos que responden a criterios de eficiencia y eficacia; implantar procesos de innovación y desarrollo tecnológico; y vigilar el cumplimiento de las normas relacionadas con los estándares de calidad de los bienes ofertados (CANFAC, 2014<sup>a</sup>). El diagnóstico de este sector realizado por CANFAC en el año 2014b revela que la

producción se orienta en un 100% al mercado nacional, de los cuales un 95% se dirige al mercado local. Por otro lado, los insumos provienen en un 93% de producción nacional y un 7% son originarios de mercados internacionales.

En lo referente a los sistemas de gestión de calidad del sector, se evidencia que el 68% de las empresas no han conseguido la certificación internacional ISO 9001, tan solo el 24% disponen de esta certificación, mientras que un 7% se encuentran en el proceso de implementación de la norma.

En cuanto al proceso de certificación a nivel nacional, se evidencia que 41 empresas cuentan con la aprobación de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT); mientras que el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) calificó a 36 empresas.

Del mismo informe (CANFAC, 2014b) se desprende que la infraestructura y maquinaria que poseen las empresas del sector carrocerero se encuentran en muy buen estado, sin embargo apenas el 60% de la capacidad instalada es utilizada para producir, aproximadamente 127 carrocerías mensuales. Razón por la cual, una política de apoyo a la producción nacional basada en la reducción de importaciones, podría inducir al mejoramiento de la situación del sector, generando mayores niveles de producción, empleo e ingresos, los cuales son variables clave para incrementar el bienestar de la población en términos de desarrollo económico y social.

En el Sector Carrocerero de la Provincia de Tungurahua la inadecuada organización de los procesos de producción; la subutilización de la maquinaria; el exceso de tiempos muertos a causa de métodos de trabajo incorrectos; la poca conciencia por parte de los trabajadores sobre la correcta utilización de los materiales; los desperdicios; la escasa motivación de los colaboradores; la carencia de capacitación laboral;

entre otros aspectos, inciden en los elevados costos de producción, lo que limita la competitividad en el mercado nacional, en el cual tiene que competir con la importación de buses provenientes de China y Brasil. Estos buses son comercializados a menores precios, debido al nivel de productividad alcanzado por los fabricantes extranjeros, además de la experiencia acumulada en el proceso de producción evidenciando una curva de aprendizaje con menores unidades de trabajo y mayor producción.

### **Metodología**

El proceso de la obtención de datos se desarrolló desde una postura que integra las bases de los métodos cualitativo y cuantitativo. En el aspecto cualitativo, la intencionalidad del estudio se orientó a demostrar la importancia del conocimiento y la experiencia en el desarrollo de los procesos productivos; mientras que en relación al aspecto cuantitativo, se encaminaron acciones para cuantificar en términos de tiempo y dinero las variables que fundamentaron el desarrollo de la investigación.

Para la realización del estudio, se seleccionó a las empresas que conforman el sector carrocerero de la Provincia de Tungurahua, La muestra es de tipo intencional, se seleccionó únicamente a las empresas domiciliadas en Ambato, porque en esta ciudad se concentran los mayores fabricantes de carrocerías del país. La información que se obtuvo fue referente al número de procesos, costos de producción y capacitación del talento humano. Para la aplicación de la curva de aprendizaje se realizó un estudio de caso con los datos obtenidos de “Carrocerías Alme” debido a la apertura brindada por los propietarios para la aplicación de esta herramienta que permite la medición de la productividad.

La investigación permitió medir en diferentes dimensiones la curva de aprendizaje y la productividad. Los aspectos que se estudiaron

fueron: tiempo y tolerancia en cada proceso, experiencia individual y grupal del talento humano para la fabricación de buses para transporte urbano de pasajeros.

La población objeto de estudio quedó conformada por 33 empresas fabricantes de carrocerías de las cuales 8 se ubicaban en la categoría de Microempresas y 25 son Pymes. En función de la información de la Tabla 1, al momento del desarrollo de la investigación se constató que: tres microempresas no se encontraban en funcionamiento, una de ellas fue absorbida por Carrocerías MIRAL y las dos restantes, cambiaron de actividad económica orientándola a la reparación de buses. En base a los antecedentes expuestos, el instrumento de recolección de datos fue aplicado a 25 Pymes, por a la importancia económica que poseen en la zona centro del país y por aspectos como: volumen de ventas y producción, nivel de empleo generado, y utilización de tecnología.

**Tabla 1.** Estructura de la población

Tamaño de la empresa	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Micro empresas	8	24.24%
Pymes	25	75.76%
Total	33	100.00%

**Fuente:** Base de datos del Servicio de Rentas Internas al 2014.

Es importante señalar que el instrumento de evaluación fue aplicado a los trabajadores a fin de recopilar información sobre: a) Los procesos productivos del sector carrocerero a través de la medición de tiempos, tecnología y mano de obra y b) Funcionamiento del sector carrocerero para medir los niveles de productividad y competitividad.

Para el procesamiento de información se utilizó el programa estadístico SPSS el cual permitió correlacionar las variables y calcular el estadístico

de prueba chi-cuadrado para la comprobación de hipótesis.

### **Análisis y Discusión de los Resultados**

Los resultados de la investigación se agrupan en cuatro dimensiones: a) aprendizaje en relación al tiempo, b) planificación de producción de carrocerías, c) herramientas y tecnologías empleadas, y d) manejo de competencias.

En la primera dimensión, aprendizaje en relación al tiempo, en la Tabla 2 se determina que el 92% de las empresas no desarrollan acciones para controlar el tiempo empleado en cada proceso de producción; y el 8% restante asegura mantener registros sobre el uso del tiempo por proceso. Los resultados resaltan la importancia de considerar esta dimensión, pues su ausencia incide negativamente en los niveles de producción, y ocasiona que los empresarios tomen decisiones poco confiables que ponen en riesgo la competitividad de la empresa en el mercado. Por otro lado, las empresas que consideran el aprendizaje en relación al tiempo obtienen mejores resultados, entregan a tiempo del producto, ganan credibilidad en el mercado y reducen costos.

**Tabla 2.** Aprendizaje en relación al tiempo

Medición de Tiempo	Nivel de productividad			Total
	Alto	Media	Bajo	
Si	2			2
No	3	5	15	23
<b>Total</b>	5	5	15	25

**Fuente:** Investigación de Campo. Elaborado por: Chango (2017)

En lo que respecta a la dimensión de planificación de la producción, en la Tabla 3, se obtiene que el 68% de las empresas no cuentan con un plan de producción, por tanto desarrollan sus procesos empíricamente; por el contrario el 32% restante planifica su sistema productivo. Esta

situación, demuestra la necesidad de introducir estrategias de programación de la producción con el objetivo de mejorar el desempeño empresarial, es decir incrementar los niveles de producción, productividad, rendimiento, ventas y competitividad.

**Tabla 3.** Planificación de producción de carrocerías

Variables	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
Sí	8	32%	32%
No	17	68%	100%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	

**Fuente:** Investigación de Campo. Elaborado por: Chango (2017)

Por otra parte en la dimensión de herramientas y tecnología empleada, los resultados de la Tabla 4, indican que el 24% de las empresas utilizan herramientas automáticas por tanto la tecnología empleada es adecuada para el desarrollo del proceso productivo; el 64% emplea herramientas semiautomáticas generando mayor uso de unidades de tiempo por proceso; y el resto de las empresas trabajan con herramientas manuales por tanto utilizan mano de obra de forma intensiva en la producción. Esta situación muestra la necesidad que existe de realizar inversiones en tecnología que permita la reducción de costos, para el mejoramiento de la competitividad empresarial.

En tal sentido, también destaca la necesidad de considerar por parte del gobierno la importancia que tiene el sector carrocerero Tungurahense en la industria metalmecánica nacional, a fin de implementar estrategias de financiamiento e innovación de tecnológica.

**Tabla 4.** Herramientas y tecnología empleada

Variables	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
Automática	6	24%	24%

Semi-Automática	16	64%	88%
Manual	3	12%	100%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	

**Fuente:** Investigación de Campo. Elaborado por: Chango (2017)

En la dimensión manejo de competencias del recurso humano, en la Tabla 5, se evidencia que el 80% de las empresas no aplican un adecuado proceso para la selección y contratación de personal; y el 20% tiene definido un proceso adecuado de reclutamiento y selección del talento humano, con la finalidad de contratar al personal idóneo y con las características necesarias para desempeñarse en las distintas áreas del proceso de producción. Esta situación, revela la necesidad que tienen las empresas del sector carrocerero de establecer directrices claras para la contratación del recurso humano, precisando las competencias por departamento, para el mejor rendimiento del sistema productivo y el cumplimiento de los estándares de calidad nacionales e internacionales.

**Tabla 5.** Manejo de competencias

Variables	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
Sí	5	20%	20%
No	20	80%	100%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	

**Fuente:** Investigación de Campo. Elaborado por: Chango (2017)

Sobre la base de los resultados expuestos, se puede afirmar que el sector carrocerero de Tungurahua presenta problemas en la organización del sistema de producción como: existencia de tiempos muertos a causa de métodos de producción inadecuados; escasa concientización de los trabajadores sobre la correcta utilización de los materiales y manejo de desperdicios; y carencia de planes de capacitación laboral, entre otros aspectos, elevando los costos de producción, y limitando la capacidad de competir en el mercado.

Ante esta situación se propone la implementación de planes de capacitación y acompañamiento como proceso de aprendizaje, para incrementar los niveles de producción a través de la reducción de tiempo y número de procedimientos necesarios para completar una unidad de producción. Esta herramienta denominada “Curva de aprendizaje” mide el mejoramiento de la competitividad empresarial, y promueve el desarrollo de competencias en el recurso humano. El aprendizaje organizacional tanto individual como grupal mejora los proceso de producción incidiendo de manera positiva en el nivel de productividad de la empresa, debido a que se emplea menor tiempo en realizar una tarea, e incluso incide en los niveles de calidad.

El proceso de aprendizaje beneficia la consolidación de la empresa, a través de la repetición y el desarrollo de procedimientos, disminuyendo tiempos e incrementando la calidad en la realización de tareas, lo cual incide en los niveles de productividad y costos, además favorece el incremento de beneficios y crea una nueva dinámica de aprendizaje. (Taxis Flores, M., et al. 2011).

La aplicación de la curva de aprendizaje se realizó como estudio de caso en “Carrocerías Alme”, se determinaron los tiempos antes y después del desarrollo de un programa de capacitación. La fórmula para el cálculo del tiempo de los ciclos de fabricación de la carrocería se expresa en horas.

$$Y = Kxn$$

Donde Y es el tiempo de ciclo, X representa el número de ciclos o unidades producidas, n representa la pendiente y k es el valor del primer tiempo de ciclo.

Aplicando la fórmula, el porcentaje de aprendizaje es entonces igual a:  $2n = \frac{K(2x)n}{Kxn}$

Tomando logaritmos Z en ambos lados de la ecuación, se tiene:

$$n = \log_{10}(\text{porcentaje de aprendizaje}) / \log 2$$

Al aplicar las fórmulas expuestas se obtuvo la pendiente de la curva de la empresa carrocería Alme como lo señala la Tabla 6, en la cual se indica que mientras más se aleja la pendiente de la curva de los valores negativos de x, existirá un mayor nivel de conocimiento y, mientras más se aleja del origen menor será el conocimiento adquirido.

**Tabla 6.** Relación entre la pendiente de la Curva de Aprendizaje y el porcentaje de la curva de aprendizaje Carrocería ALME

% De la curva aprendizaje	Pendiente
54%	-0,889
55%	-0,862
56%	-0,837
57%	-0,811
60%	-0,737
63%	-0,667
66%	-0,599
67%	-0,578
68%	-0,556
69%	-0,535
70%	-0,515
71%	-0,494
72%	-0,474
75%	-0,415
78%	-0,358
79%	-0,340
80%	-0,322
81%	-0,304
82%	-0,286
83%	-0,269
84%	-0,252
87%	-0,201
90%	-0,152
91%	-0,136
92%	-0,120
93%	-0,105
94%	-0,089
98%	-0,029
99%	-0,014
100%	0,000

**Fuente:** Barnes, M. Ralph, Estudio de tiempos y movimientos

Posteriormente, se procedió a la determinación de la curva de aprendizaje que abarca los procesos de Carrocerías Alme durante la etapa uno, para lo cual se calculó la pendiente de la curva de aprendizaje considerando los once procesos desarrollados en la producción de carrocerías, porque éstos constituyen la referencia de 2 tiempos diferentes de órdenes de producción, se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(\log_{10} y_1 - \log_{10} y_2)}{(\log_{10} x_1 - \log_{10} x_2)}$$

Donde:

x = será la orden de trabajo # (00925 y 00930),

y= será el número de proceso.

$x_2 = 2, x_5 = 5, Y_2 = 40$  horas,  $Y_5 = 24$  horas,  $\log_{10} 2 = 0.3010$ ,  $\log_{10} 5 = 0.6989$ ,

$\log_{10} 40 = 1.6020, \log_{10} 24 = 1.3802$

$$n = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(\log_{10} y_2 - \log_{10} y_5)}{(\log_{10} x_2 - \log_{10} x_5)}$$

$$n = \frac{1.6020 - 1.3802}{0.3010 - 0.6989}$$

$$n = \frac{0.2218}{-0.3979}$$

$n = -0.55$

Al contrastar el valor de n con los valores expuestos en la Tabla N° 7, se aprecia que una pendiente igual a (- 0.55), es un indicador de una curva de aprendizaje de 68%. Este cálculo, se aplicó a los once procesos realizados por Carrocerías Alme en la etapa uno y posteriormente, también se aplicó en el caso de la etapa dos. Los cálculos de la etapa 1 se precisan en la Tabla N° 8, en la cual el tiempo (1) es el tiempo empleado en los procesos realizados para el desarrollo de las ordenes de producción comprendidas entre la número 00925 y la número 00930; mientras el tiempo (2), representa el tiempo de los procesos ejecutados para el desarrollo de las ordenes de trabajo comprendidas entre la orden número 00933 y la número 00934.

**Tabla 7.** Comportamiento de la Curva de Aprendizaje etapa 1

Procesos	T2	T5	Log 2	Log 5	Log2-Log5	Log T2	Log T5	log T1-Log T2	Pendiente	Curva	%
					A	B	C	D	E		
					B-C	D	D/A				
1	3,00	2,00	0,301	0,699	-	0,477	0,301	0,176	-0,443	0,74	74%
2	40,00	24,00	0,301	0,699	0,398	1,602	1,380	0,222	-0,557	0,68	68%
3	136,00	74,00	0,301	0,699	0,398	2,134	1,869	0,264	-0,664	0,63	63%
4	132,50	112,50	0,301	0,699	0,398	2,122	2,051	0,071	-0,179	0,89	89%
5	124,50	114,00	0,301	0,699	-	2,095	2,057	0,038	-0,096	0,94	94%
6	98,20	83,50	0,301	0,699	0,398	1,992	1,922	0,070	-0,177	0,89	89%
7	97,50	88,00	0,301	0,699	0,398	1,989	1,944	0,045	-0,112	0,93	93%
8	205,50	165,00	0,301	0,699	0,398	2,313	2,217	0,095	-0,240	0,85	85%
9	60,00	52,00	0,301	0,699	0,398	1,778	1,716	0,062	-0,156	0,90	90%
10	11,00	8,00	0,301	0,699	0,398	1,041	0,903	0,138	-0,348	0,79	79%
11	55,00	53,00	0,301	0,699	0,398	1,740	1,724	0,016	-0,040	0,97	97%

**Fuente:** Barnes, M. Ralph, Estudio de tiempos y movimientos

Los valores de la Tabla N° 8 muestran como cada proceso de la etapa uno presentan su propio comportamiento en relación a su curva de aprendizaje, lo cual pudiera ser una consecuencia de la existencia de diferentes obreros para realizar el proceso y por lo tanto de diferentes ritmos y competencias para el trabajo, así como también diferentes grados de complejidad y tolerancia dentro del proceso. A partir de los resultados de la etapa uno, puede calificarse en la práctica el desempeño de los obreros antes del proceso de capacitación realizado por la empresa Carrocerías Alme.

Siguientemente, se procedió a determinar la curva de aprendizaje para los procesos correspondientes a la etapa dos. De igual manera, se obtuvo la pendiente de la curva de aprendizaje considerando los 11 procesos, realizados para las órdenes de trabajo número 00933 y la número 00934. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(\log_{10} y_1 - \log_{10} y_2)}{(\log_{10} x_1 - \log_{10} x_2)}$$

Dónde:

x = Orden de trabajo Número 00933 y Número 00934



y= Numero de proceso.

$x_1 = 1, x_2 = 2, Y_1 = 48 \text{ horas}, Y_2 = 44 \text{ horas},$

$\log_{10} 1 = 0.3010, \log_{10} 2 = 0.6989,$

$\log_{10} 48 = 1.6020, \log_{10} 44 = 1.3802$

$$n = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(\log_{10} y_2 - \log_{10} y_1)}{(\log_{10} x_2 - \log_{10} x_1)}$$

$$n = \frac{1.6812 - 1.6434}{0.00 - 0.3010}$$

$$n = \frac{0.0378}{-0.3010}$$

$n = -0.13$

**Tabla 8.** Comportamiento de la Curva de Aprendizaje etapa 2

PROCESOS	T1	T2	Log 1	Log 2	Log1-Log2	Log T1	Log T2	log T1-Log T2	Pendiente Curva		Porcentaje
									B-C	E	
			A	B	C	D	D/A				
1	3,00	2,00	0,000	0,301	0,301	0,477	0,301	0,176	-0,585	0,66	66%
2	48,00	44,00	0,000	0,301	0,301	1,681	1,643	0,038	-0,126	0,91	68%
3	19,00	18,00	0,000	0,301	0,301	1,279	1,255	0,023	-0,781	0,58	58%
4	125,50	105,00	0,000	0,301	0,301	2,099	2,021	0,077	-0,257	0,84	84%
5	73,00	71,00	0,000	0,301	0,301	1,863	1,851	0,012	-0,040	0,94	94%
6	87,00	81,50	0,000	0,301	0,301	1,940	1,911	0,028	-0,094	0,89	89%
7	74,00	70,00	0,000	0,301	0,301	1,869	1,845	0,024	-0,080	0,94	94%
8	200,50	155,00	0,000	0,301	0,301	2,302	2,190	0,112	-0,371	0,96	77%
9	45,50	42,00	0,000	0,301	0,301	1,658	1,623	0,035	-0,115	0,93	93%
10	9,50	7,50	0,000	0,301	0,301	0,978	0,875	0,103	-0,341	0,79	79%
11	57,00	56,00	0,000	0,301	0,301	1,756	1,748	0,008	-0,026	0,98	98%

Fuente: Investigación de Campo. Chango (2017)

Al contrastar el valor de la pendiente con los datos expuestos en la Tabla N° 9, se aprecia que una pendiente de - 0.13 representa una curva de aprendizaje de 91%. En la Tabla mencionada, el tiempo (1) es el tiempo empleado en la orden de producción número 00933; mientras que el tiempo (2), es el tiempo empleado en la orden de trabajo número 00934.

Así mismo, cada proceso de la etapa dos presenta su propio comportamiento referente a su curva de aprendizaje, pues existen diferentes obreros que realizan el proceso productivo, diferentes ritmos de trabajo para el desarrollo de la

actividad, y al mismo tiempo existen diversos niveles de complejidad y tolerancia en las actividades que conforman el proceso. Los resultados de esta etapa, permitirán mejorar los tiempos de trabajo empleados en el campo empírico por la empresa para el desarrollo del proceso productivo.

A partir de las etapas uno y dos, se procedió a la determinación de las curvas de aprendizaje para ambas fases. Se calculó el tiempo total utilizado para la elaboración de una carrocería, lo cual se obtuvo sumando los tiempos de los 11 procesos para cada uno de los tiempos muestrales de la dos etapas y, concretamente en este caso para las seis unidades elaboradas.

**Tabla 9.** Tiempo total promedio de procesos en horas (Referencia Tablas N° 5.11 y 5.15)

DESCRIPCIÓN	ETAPA 1	ETAPA 2
1	2,33	2,50
2	56,92	46,00
3	55,67	18,50
4	297,92	115,25
5	356	71,50
6	402,93	84,25
7	94,67	72,50
8	286,5	177,75
9	57,5	41,00
10	11,36	8,50
11	53,33	46,00
<b>TOTAL</b>	<b>1.675,13</b>	<b>683,75</b>

Fuente: Investigación de Campo. Chango (2017)

Para realizar el análisis de las curvas de aprendizaje, se tomaron como referentes dos órdenes de producción de la etapa uno y de la etapa dos, considerando al mismo tiempo el proceso de fabricación posterior a la capacitación recibida por los trabajadores de la empresa.

**Tabla 10.** Comportamiento Curva de Aprendizaje etapa 1 y 2

Etapa	T1	T2	Log 1	Log 2	Log1-Log2	Log T1	Log T2	log T1-Log T2	Pendiente	Curva	Porcentaje
1	1124,00	925,50	0,000	0,301	0,301	3,051	2,966	0,084	-0,280	0,82	82%
2	998,50	644,00	0,000	0,301	0,301	2,999	2,809	0,190	-0,633	0,64	64%

Fuente: Investigación de Campo. Chango (2017)



**Figura 1.** Curvas de Aprendizaje Etapa 1 y 2

Fuente: Investigación de Campo. Chango (2017)

En la figura N° 1 se muestra que la curva de aprendizaje de los procesos productivos del sector carrocero de la empresa Carrocerías Alme. Se observó que al acumular experiencia en la empresa, se disminuye el requerimiento de mano de obra necesaria para la producción. En este caso, luego de haber recibido las capacitaciones, la fabricación pasó de un ahorro estándar de 27 días a 12 días de fabricación, existiendo un ahorro aproximado del 66% de tiempo. Tales resultados, demuestran el incremento experimentado por la producción, empleando el mismo personal operativo.

En relación a la curva de Aprendizaje y los costos de producción (mano de obra), destaca que para la elaboración de una carrocería se han necesitado la colaboración de 12 operarios. En tal sentido se consideraron los siguientes datos para proceder al cálculo de la curva de aprendizaje:

Sueldo promedio por operario: \$508.33 USD.

Sueldo promedio: Operativo 1 + Operativo 2 / 12 operarios

Sueldo promedio: 4.500 + 1.600 / 12 operarios

Sueldo promedio: \$508.33 USD

Costo hora: \$3.177 USD

Costo Hora: Sueldo promedio / 160 horas

Costo Hora: \$508.33 USD / 160 horas

Costo Hora: \$3.177 USD.

Tiempo Promedio etapa 1: 1.675.13 horas

Valor curva de aprendizaje primera etapa: 82%

Tomando en cuenta los valores de las variables mencionadas se procedió a determinar el costo unitario de la mano de obra en la producción de una carrocería, a través de la curva de aprendizaje, para lo cual se aplicó la ecuación general de la curva de aprendizaje:

$$Y_n = Kx^n = Kx^{\log p / \log 2}$$

Donde:

$Y_n$  = Tiempo requerido para producir una unidad (x)

$K$  = Sumatoria de tiempos medidos 11 procesos utilizados para la elaboración de la primera unidad e la etapa 1.

$x$  = El número de unidades que se pretende producir (x)

$n$  = Coeficiente relacionado con la pendiente de la curva

Al reemplazar los valores en la ecuación, se definió el tiempo requerido para la fabricación de una carrocería en los siguientes términos:

Datos:

$K$  = 1675.13 horas

$X$  = 2 unidades

$$P = 82\% = 0.82$$

$$Y_2 = (1675,13) * 2^{\log 0,92 / \log 2}$$

$$n = \log 0.82 / \log 2$$

$$n = -0.2863$$

Sobre la base del cálculo de la pendiente de la curva, la cual se ubicó en (0.286), se derivó una curva de aprendizaje del 82%.

$$Y = kx^n$$

$$Y_2 = (1675.13) * 2^{-0.2863}$$

$$Y_2 = 1373.6105 \text{ horas}$$

Así mismo, como un mecanismo para evaluar la eficiencia, resultó de interés calcular el tiempo estándar para la etapa uno y relacionarlo con el tiempo estándar de la misma:

Donde:

$$K = 2616.54 \text{ horas}$$

$$X = 2 \text{ unidad}$$

$$P = 82\% = 0.82$$

$$Y_2 = (2616.54) * 2^{\log 0,82 / \log 2}$$

$$n = \log 0.82 / \log 2$$

$$n = -0.2863$$

$$Y = kx^n$$

$$Y_2 = (2616.54) * 2^{-0.2863}$$

$$Y_2 = 2145.57 \text{ horas}$$

De los cálculos realizados, se deriva que el tiempo normal para la fabricación de un buses es 1373.61 horas. Pero estimando el tiempo estándar, aumenta a 2145.57 horas, lo cual revela un incremento de 64.02%. Siguientemente, se relacionó el tiempo estándar de la etapa uno para

establecer su relación con el costo unitario de fabricación y el salario fijo percibido en el área operativa:

$$Y_n = Kx^n$$

Donde:

$$K = 2616.54 \text{ horas}$$

$$X = 1-2-3-4-5-6$$

$$n = -0.28$$

**Tabla 11.** Aplicación de la Curva de Aprendizaje para determinar niveles de producción

X	K	n	Z	Yn
1	2616,54	-0,28	1,000	2616,54
2	2616,54	-0,28	0,824	2154,96
3	2616,54	-0,28	0,735	1923,68
4	2616,54	-0,28	0,678	1774,80
5	2616,54	-0,28	0,637	1667,31
6	2616,54	-0,28	0,606	1584,33
7	2616,54	-0,28	0,580	1517,40
8	2616,54	-0,28	0,559	1461,71
9	2616,54	-0,28	0,541	1414,29
10	2616,54	-0,28	0,525	1373,18

x= Número de unidades que se pretende producir

K= Tiempo estándar etapa 1

n= Coeficiente relacionado con la pendiente de la curva 82%

Z=X elevada a la potencia n

Yn= Tiempo requerido para producir x unidades

**Fuente:** Investigación de Campo. Chango (2017)

Finalmente para la obtención del tiempo unitario de producción, se dividieron los tiempos de fabricación entre el número de unidades producidas y, para calcular los costos unitarios de producción se consideraron las horas de trabajo empleadas en el proceso productivo (Tabla N° 13). Los resultados presentados en la columna D de la tabla referenciada, muestran el decrecimiento total de la mano de obra según el incremento del número de carrocerías a fabricar, mientras que los resultados en la columna F demuestran un decrecimiento del valor promedio del sueldo

percibido por los doce (12) empleados que conforman el sector carrocerero.

**Tabla 12.** Costo Unitario por Mano de Obra

A	B	C	D	E	F
1	2616,54	3,177	8312,75	12,00	692,73
2	2154,63	3,177	6845,26	12,00	570,44
3	1923,39	3,177	6110,61	12,00	509,22
4	1774,53	3,177	5637,69	12,00	469,81
5	1667,05	3,177	5296,23	12,00	441,35
6	1584,09	3,177	5032,64	12,00	419,39
7	1517,17	3,177	4820,04	12,00	401,67
8	1461,49	3,177	4643,15	12,00	386,93
9	1414,08	3,177	4492,52	12,00	374,38
10	1372,97	3,177	4361,93	12,00	363,49

A= Unidades producidas

B= Tiempo de ejecución

C= Costo de mano de obra por hora

D= B\*C = Costo directo mano de obra

E = Número de operarios

F= D/E= Costo total de mano de obra fabricación de una carrocería

**Fuente:** Investigación de Campo. Chango (2017)

## Evaluación de Resultados

### A. Impacto Social

Con la aplicación de las Curvas de Aprendizaje las empresas carroceras podrán permanecer en el Mercado y competir con los buses provenientes de China y Brasil ya que entregarán productos de calidad y a menores costos generando empleo para muchas familias las cuales alcancen mejores estándares de vida y cumplan con el buen vivir fortaleciendo la matriz productiva nacional.

### B. Impacto Económico

La producción de carrocerías es uno de los pilares en la economía de Tungurahua. Sin embargo, en el 2012 se vió afectada por la importación de buses terminados provenientes de China y Brasil. El presidente de la Asociación de Carroceros, Luis Jácome, asegura que ese año el Gobierno autorizó la importación de 600 unidades, pero llegaron 25000 unidades y eso perjudicó a los fabricantes nacionales; además la situación económica poco satisfactoria por la que atraviesan se debe a una falta de organización en el proceso de producción de las carrocerías; la existencia de

demasiados tiempos muertos por causa de métodos de trabajo inadecuados, la falta de concientización por parte de los trabajadores sobre la correcta utilización de los materiales, los desperdicios, la falta de motivación en los colaboradores, la carencia de una adecuada capacitación laboral, etc., generando carrocerías a elevados costos de producción lo que hace mucho más difícil competir en el mercado.

Por lo tanto el beneficio que se espera obtener al desarrollar la investigación es contrarrestar este fenómeno mediante la aplicación de Curvas de aprendizaje, que implica la disminución de costos y la optimización de la entrega de producto mediante el recurso humano mejorando las habilidades y destrezas en los procesos productivos para finalmente incrementar la productividad.

### C. Comprobación de Hipótesis

Las curvas de aprendizaje si inciden en los procesos productivos de las empresas del Sector carrocerero ya que al aplicarlas se mejora considerablemente la productividad de las mismas.

### D. Perfil de Usuario.

Para la definición del perfil del usuario de la industria carrocerera en la ciudad Ambato, Provincia de Tungurahua se ha establecido a través del uso de técnicas de investigación social aplicado por medio de encuestas a los gerentes y jefes operativos de las 33 empresas carroceras existentes en la localidad.

El perfil del usuario determina el comportamiento del recurso humano en los procesos productivos, previo a un estudio de calificación de la actuación, índice tolerancia, medición de tiempos en cada uno de los procesos que forman parte de la construcción de las carrocerías.

## Conclusiones

La Curva de Aprendizaje sirve para medir el desempeño de los colaboradores mediante el estudio de tiempos y movimientos.

A medida que una empresa aumenta experiencia en la fabricación de un producto existe la oportunidad de mejorar la productividad, en el estudio de campo realizado, aplicando la Curva de Experiencia la Etapa 1 es igual al 82%, posteriormente a la capacitación en la Etapa 2 se obtuvo un porcentaje del 64%, existiendo un incremento de productividad del 18%.

Para concluir toda investigación que se realice con la finalidad de mejorar y mantener a una organización o sector en el mercado es significado de estudio y crecimiento socio – económico que a futuro permitirá alcanzar mejores estándares de vida y encaminarnos a formar parte de la matriz productiva.

## REFERENCIAS

- Alvarado, S. E. (2003). Aplicación de curvas de aprendizaje en la Fábrica de Confecciones Vargas. Quito, Ecuador. Cámara nacional de Fabricantes de Carrocerías. (2014 a). Plan Estratégico. Ecuador. Disponible: <http://www.canfacecuador.com/Informe-Final-Diagnostico-Sector-Carrocerero.pdf>[Consulta: 2017, enero 10].
- Cámara nacional de Fabricantes de Carrocerías. (2014 b). Informe diagnóstico del sector carrocerero. Ecuador.

Disponible: <http://www.canfacecuador.com/Informe-Final-Diagnostico-Sector-Carrocerero.pdf>[Consulta: 2017, enero 10].

- Carro, R.; González, D. (2012). Productividad y competitividad. Argentina: Universidad Nacional de Mar de Plata. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Disponible: [http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02\\_productividad\\_competitividad.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf)[Consulta: 2017, enero 8].
- Chase, J. (2005). Administración de la producción y operaciones. Décima Edición. México: McGraw Hill Interamericana.
- Cruelles, J. (2012). Productividad e Incentivos: Como hacer que los tiempos de fabricación se cumplan. Primera Edición. Barcelona: Editorial Marcombo.
- Krajenski, L.; Ritzman, L. (2000). Administración de Operaciones, Estrategia y Análisis. Quinta Edición. México Editorial Pearson.
- Sullivan, W.; Wicks, E.; Luxhoj, J. (2004). Ingeniería Económica. Duodécima Edición. México: Editorial Pearson.
- Terrazas, L.; Aldape, A.; Tarango, L. (2009). La Curva del aprendizaje como estrategia para la reducción de costos. Memorias del Segundo Congreso Internacional de Investigación en Delicias Chiguagua, México. Recuperado de: [http://cipitech.mx/sistema/memorias/2009/articulos%20finales/area5/27\\_TerrazasyAldape.pdf](http://cipitech.mx/sistema/memorias/2009/articulos%20finales/area5/27_TerrazasyAldape.pdf)
- Texis Flores, M., Mungaray Lagarda, A., Ramírez Urquidy, M., & Ramírez Angulo, N. (2011). Aprendizaje en microempresas de Baja California. Estudios fronterizos, 12(23), 95-116.