

Concepto de Línea de Ensamble Mediante la Implementación del Diseño Modular para Mejorar la Flexibilidad y Escalabilidad

Ing. Israel Antonio Iñiguez Jiménez¹, M.C. Rodolfo Rivera Barbosa²

Resumen—Este artículo tiene como propósito presentar los resultados de la implementación de diseño modular aplicado en una línea de ensamble final para fabricar amortiguadores, no obstante, este concepto puede ser utilizado en cualquier línea de ensamble productiva para componentes ligeros. A través de un proceso de investigación se identificaron condiciones para lograr una mayor eficiencia y flexibilidad en la línea de ensamble final, dicha investigación refleja mejoras en la calidad, capacidad y eficiencia productiva de los productos terminados, además de tener la posibilidad de ser escalable de manera sencilla, mediante la integración de nuevos procesos de trabajo después de haber sido instalada. Mediante el uso de software se lograron simular las condiciones de proceso bajo el concepto de modularidad donde se reflejan las mejoras anteriormente mencionadas.

Palabras clave—Línea de ensamble, diseño modular, flexible.

Introducción

Una línea de producción la forman una serie de estaciones de trabajo ordenadas para que los productos pasen de una estación a otra y en cada estación se realice una parte del trabajo total. (Groover, 1997). Las líneas productivas están constituidas por varias estaciones automatizadas o semi automatizadas, donde se van agregando componentes o subensambles, ya sea por una persona, por una estación o mediante un robot, dependiendo la inversión de cada compañía. Adicionalmente cada estación de trabajo cuenta con sistemas de ajuste programables comandados por medio de un PLC, para asegurar la repetibilidad con el fin de fabricar diferentes productos de forma más ágil.

Actualmente en el sector de autopartes se presentan requerimientos que involucran una gran variedad de modelos a procesar, tiempos de respuesta cada vez más cortos y altos estándares de calidad, mediante los sistemas tradicionales es cada vez más complejo cumplir con dichos requerimientos, la implementación del concepto modular en líneas de ensamble logra mejoras en tiempo ciclo, eficiencia productiva, disponibilidad de máquina y la calidad del producto, OEE (Eficacia Global de Equipos Productivos). Dichos beneficios de la implementación del concepto de modularidad se obtienen mediante la flexibilidad de integrar nuevas estaciones de trabajo, permitiendo la escalabilidad de la línea.

En el presente documento se expone un concepto de línea de ensamble final para amortiguadores con diseño modular, la cual tiene la capacidad de reconfigurarse con la cantidad de estaciones de ensamble necesarias de acuerdo con la necesidad de cada planta manufacturera, dependiendo de los productos por fabricar y por cada cambio de modelo o diseño de amortiguador que se requiera. Estas líneas de ensamble modular son construidas sobre un sistema de alimentación automática (banda de rodillos motorizada) que transporta los amortiguadores sobre pallets (paletas) con dos piezas, para ensamblar sobre ellos los componentes finales. Este diseño de línea evita desplazamientos del operador y la fatiga por manipulación y movimiento de las piezas en proceso, asegurando tener un proceso productivo sistemático. El enfoque modular para el diseño del producto tiene aplicaciones en la manufactura y el servicio. (Heizer and Render, 2004).

El diseño modular se basa en el concepto de crear productos fácilmente separables los cuales ofrecen una alta flexibilidad, dicha flexibilidad es conveniente para la industria manufacturera debido a que, en la configuración de una línea de ensamble para fabricar un nuevo producto, es requerida una menor cantidad de movimientos, haciendo el cambio de producto en menor tiempo y mejorando la eficiencia de la línea. En la actualidad el diseño modular está siendo una solución para realizar modificaciones o cambios de configuración en productos, procesos y sistemas. Dicho concepto adaptado a las líneas de ensamble y máquinas productivas, se aplica con el fin de realizar cambios de forma más rápida, económica y efectiva, esto debido a las necesidades del mercado y la demanda de los clientes. La gama de productos que se ensamblan utilizando hardware de sistema modular es muy amplia, partes de automóviles, electrónica industrial y de consumo, computadoras, teléfonos móviles, etc. (Heilala and Voho, 2001).

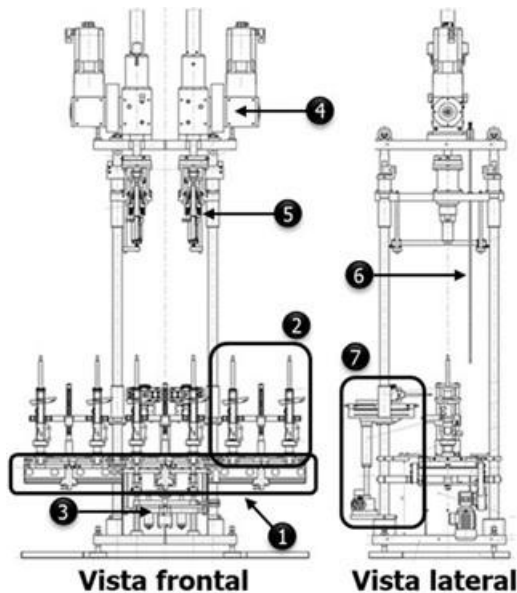
¹ El Ing. Israel Antonio Iñiguez Jiménez es maestrante del programa de Manufactura Avanzada del posgrado CIATEQ A.C., Zapopan, Jalisco. israelx7@hotmail.com (autor corresponsal).

² El M.C. Rodolfo Rivera Barbosa es Líder de proyectos, Área de Máquinas CIATEQ A.C. Centro de Tecnología Avanzada, Sede Aguascalientes, México rrivera@ciateq.mx

Descripción del Método

Diseño conceptual de una sección modular

Las máquinas para realizar los procesos de ensamble en la línea modular son integradas al centro de cada sección de banda (conveyor), y están diseñadas con una estructura principal de cuatro columnas y dos placas base. En la siguiente imagen se muestra la configuración típica de una estación de trabajo o sección modular para la línea de ensamble, los dispositivos y las herramientas de cada estación varían según sea el proceso requerido. En la figura 1 se muestra una sección modular para realizar el ensamble de capuchón (tapa plástica o metálica para cubrir la parte superior de los amortiguadores).



Máquina para ensamble de capuchón

1. Sección de banda de rodillos (conveyor).
2. Transportador doble de amortiguadores.
3. Sistema de elevación de pallet con sufridera para soportar la presión de ensamble.
4. Servo para realizar el ensamble de piezas.
5. Sistema de ensamble con sensor verificador de fuerza.
6. Regleta de medición para verificar distancia de ensamble.
7. Mordazas de sujeción para centrado de amortiguadores.

Figura 1. Diseño conceptual de sección modular para línea de ensamble.

La figura 2 muestra un amortiguador delantero y uno trasero con el capuchón ensamblado.

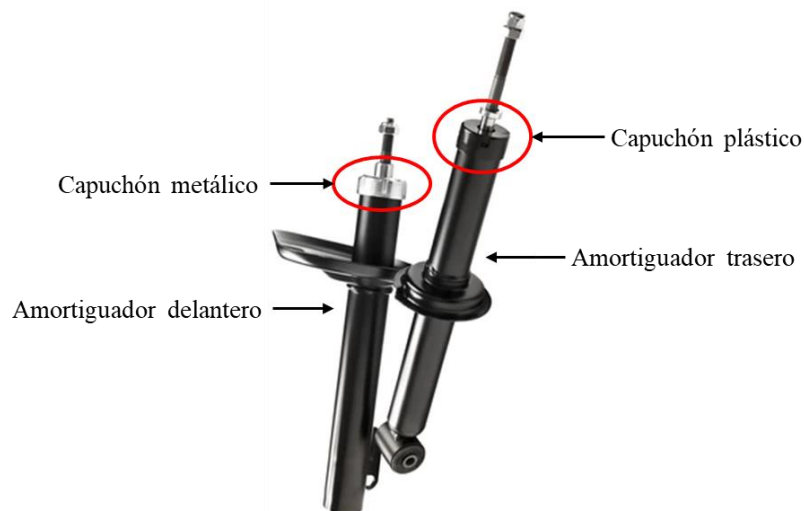


Figura 2. Amortiguador delantero y trasero con capuchón.

Flexibilidad en los módulos

Para la integración de las líneas modulares se conceptualizaron 3 diferentes tipos de módulos con diseño estandarizado. Cada tipo de modulo cuenta con conectividad eléctrica, neumática, hidráulica y electrónica además de ser programada su funcionalidad individualmente por medio de PLC. La figura 3 muestra en vista de planta, los 3 tipos de módulos estandarizados que se utilizan en la línea de ensamble modular, los cuales se enlistan a continuación:

1. Modulo simple para trasporte del producto en proceso y operaciones manuales.
2. Modulo semiautomático, máquina de ensamble con alimentación manual de componentes.
3. Modulo completamente automático con alimentación automática de componentes.

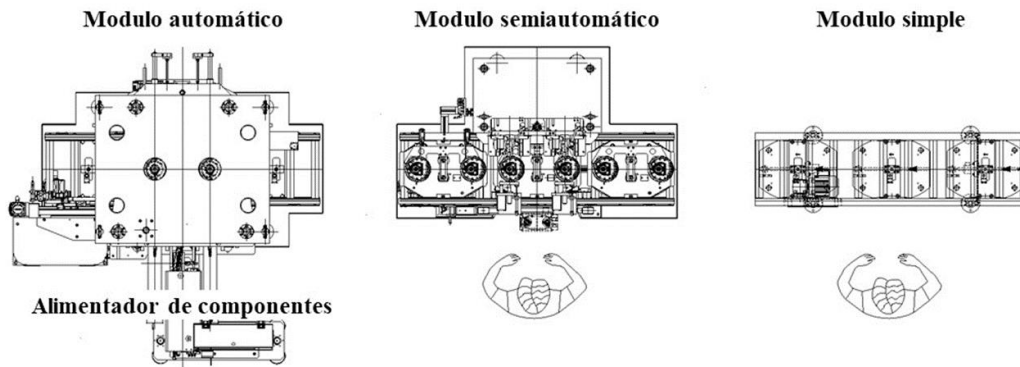


Figura 3. Tipos de módulos estándar para línea modular.

Diseño conceptual de línea de ensamble modular

El concepto modular de la línea que muestra la figura 4 en vista de planta, está basado en la unión de las secciones modulares, dichas secciones están compuestas por una banda de rodillos con dimensiones estandarizadas de 1.8 metros de longitud por 0.5 metros de ancho, cada sección se une mecánica, eléctrica, neumática y electrónicamente con conectores rápidos para suministrar la energía a cada sección modular y mantener la conexión de datos, unificando todas las estaciones con un panel principal, que conforma toda la línea en un conjunto.

Cada estación de trabajo modular es habilitada con un gabinete eléctrico y con un sistema PLC (Control Lógico Programable), los cuales se van adaptando conforme se instalan nuevas estaciones. El PLC instalado en cada gabinete eléctrico de cada estación de trabajo, gobierna los movimientos y funcionalidad de cada dispositivo dentro de cada máquina, no obstante, todas las estaciones de trabajo son conectadas a un PLC central que recibe los datos de cada estación y el cual controla la funcionalidad de la línea en su totalidad. También la línea cuenta con una PC central para grabar y resguardar los datos de trazabilidad de cada pieza producida por cada día y turno de trabajo.

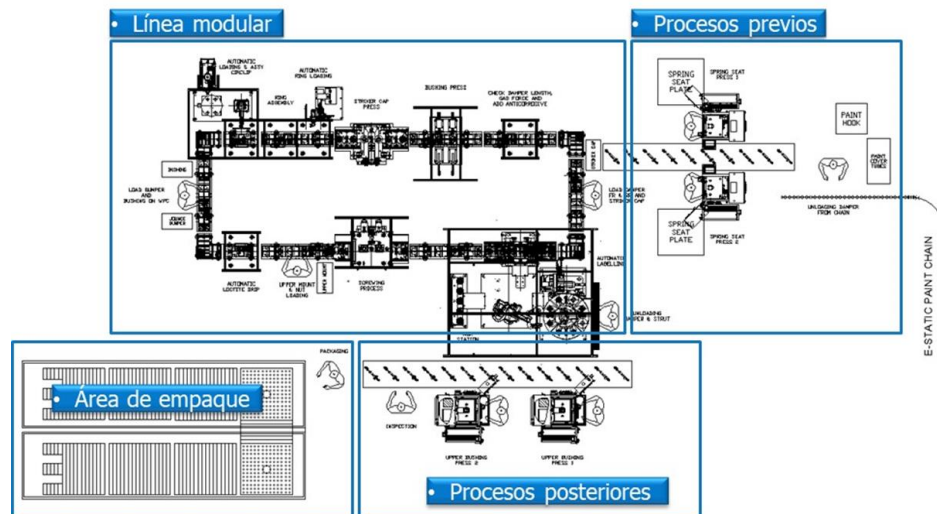


Figura 4. Diseño conceptual de línea de ensamble modular.

La figura 5 muestra una sección lateral de la línea modular, donde se ejemplifica la integración de una nueva estación de trabajo en la línea. Para retirar una estación obsoleta el proceso es de forma opuesta a la integración.

- Paso 1: Separación de las secciones de banda para generar espacio nuevo.
- Paso 2: Colocación de nueva estación de trabajo en la línea modular.
- Paso 3: Integración mecánica, eléctrica y neumática de nueva estación.

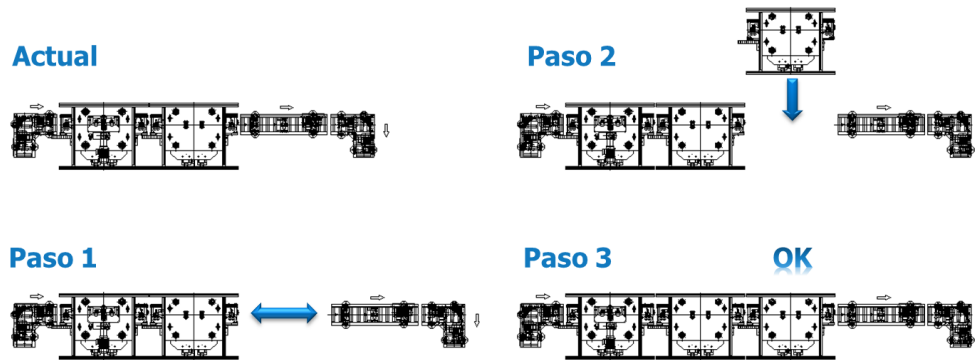


Figura 5. Integración de una nueva estación de trabajo en la línea modular.

Análisis de capacidad de la línea modular con simulación

Para conocer la capacidad productiva de la línea modular, se realizó un análisis por medio de simulación con el software FLEXIM. En este ejercicio se plasmó el lay-out de la línea modular seleccionado, sobre la superficie del software y se montaron sobre el mismo, modelos de máquinas genéricas, bandas de rodillos y áreas de almacenaje, tratando de replicar el área lo más cercano a lo real. Para el estudio de simulación se utilizaron solo los tiempos de producción con las consideraciones de cero defectos y una eficiencia optima de las máquinas; Se consideró un OEE al 100% de efectividad. El tiempo ciclo parametrizado por estación de trabajo fue de 5 segundos pieza, que resulta por mitad del tiempo de proceso por cada transportador doble de amortiguadores que recorre la línea de ensamble modular, que es de 10 segundos.

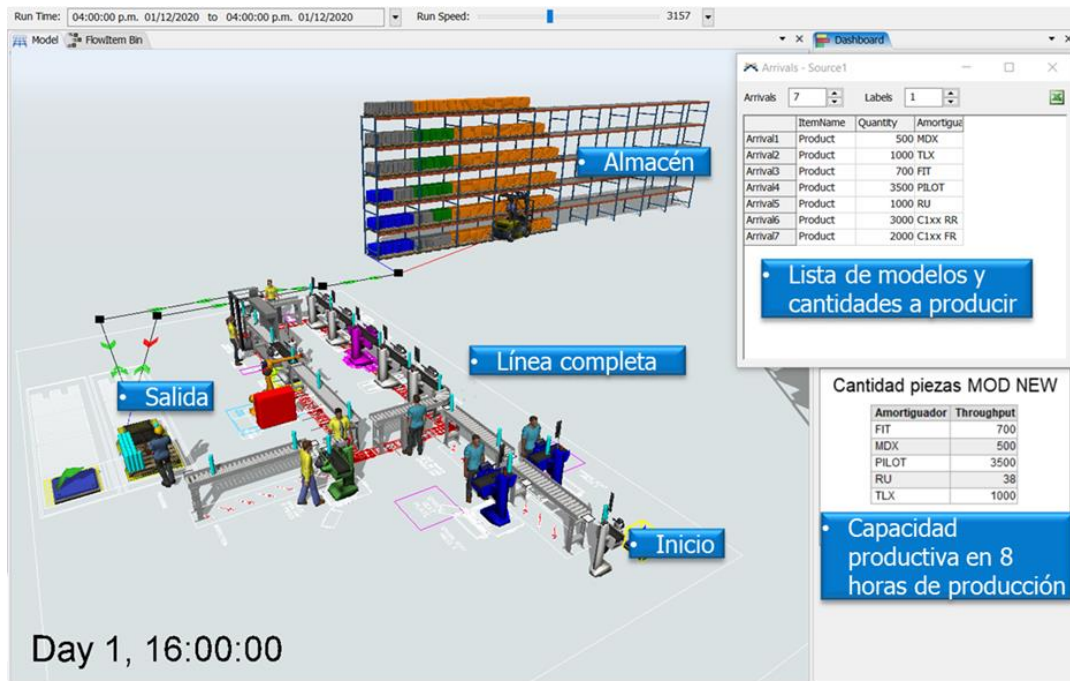


Figura 6. Simulación de línea modular en FLEXIM.

En el ejercicio de simulación mostrado en la figura 6 se consideraron ocho horas de trabajo para verificar la capacidad de producción, la cantidad de piezas producidas en este ejercicio fue de 5,738 piezas, lo que nos da 717.25 piezas por cada hora de producción. Al resultado obtenido de piezas por hora se le multiplica un OEE del 70%, proveniente de todas las concesiones estándar analizadas de las líneas actuales con diseño convencional (hombre máquina), y se le multiplica la cantidad de horas disponibles por año, con la finalidad de verificar la capacidad productiva comparada con las líneas actuales que es de 2,800,000 piezas aproximadamente.

$$\text{Capacidad} = \left(\frac{717.25 \text{ piezas}}{\text{hora}} \right) (70\% \text{ OEE}) \left(\frac{6075 \text{ horas}}{\text{año}} \right) = 3,050,105 \text{ piezas por año}$$

El diseño modular ofrece mejoras respecto a una línea de producción tradicional, de tal manera que para realizar el cálculo de capacidad se debe cambiar el porcentaje del OEE al 80%, para obtener una capacidad productiva más certera, donde tenemos como resultado:

$$\text{Capacidad} = \left(\frac{717.25 \text{ piezas}}{\text{hora}} \right) (80\% \text{ OEE}) \left(\frac{6075 \text{ horas}}{\text{año}} \right) = 3,485,835 \text{ piezas por año}$$

El resultado nos arroja un volumen mayor de piezas producidas comparado con el cálculo anterior donde se toma en cuenta un valor de OEE menor. El objetivo principal de este diseño de línea es obtener una mayor cantidad de piezas al año producidas con una menor utilización de recursos.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

El resultado de productividad obtenido con simulación demuestra que la línea de ensamble con diseño modular ofrece ventajas competitivas debido a su flexibilidad, simplicidad en los procesos de fabricación y la eliminación de la fatiga en los operadores, al reducir su carga de trabajo con la transportación automática de piezas, relacionado a la unión de sus estaciones de trabajo de forma consecutiva, con la opción de escalar la línea cuando sea necesario. En la tabla 1 se demuestran los resultados obtenidos del ejercicio de simulación con los diferentes criterios de evaluación, definiendo el dato más acertado de capacidad para la línea modular con un OEE del 80%.

Criterio de evaluación	% de OEE	Piezas por hora	Piezas por año
Capacidad sin interrupciones	100%	717.25	4,357,293
Capacidad de línea modular	80%	573.80	3,485,835
Capacidad con OEE de línea tradicional	70%	502.07	3,050,105

Tabla 1. Resultados de simulación calculados con diferencias de OEE.

Conclusiones

El concepto de líneas de ensamble con estructura modular permiten una mejor adaptación de los procesos productivos para la fabricación de bienes, esto es logrado con la sincronización de sus secciones de trabajo estandarizadas que reducen los esfuerzos sin valor agregado.

El punto de mayor relevancia del concepto modular es la posibilidad de reconfigurar la línea, integrando nuevos procesos de trabajo de forma sencilla para la fabricación de nuevos productos, evitando inversiones que afectan a las ganancias de las compañías. Una ventaja adicional se da por la integración de las máquinas con un sistema de transporte automático, el cual ofrece ventajas productivas contra las líneas tradicionales “hombre máquina”, debido a la reducción del tiempo ciclo, ya que la alimentación de los amortiguadores dentro de las máquinas se realiza de forma automática, sin depender de la manipulación del operador; La fabricación de amortiguadores es sistemática y sin ninguna interrupción.

Cada planta productiva puede determinar el tamaño de línea modular que necesite dependiendo del proyecto y la cantidad de estaciones que sus productos demanden, además de seleccionar el nivel de automatización más adecuada para sus procesos en relación con los costos de mano de obra, ya que fuera de México son altos, por ejemplo, en Alemania y Corea.

Referencias

Bourn, W. (2001) 'Modular assembly: more a process than an engineering technique', *Assembly Automation*, 21(1), pp. 51–54.
doi:10.1108/01445150110381736.

Groover, M.P. (1997) *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Pearson Educación.

Heilala, J. and Voho, P. (2001) 'Modular reconfigurable flexible final assembly systems', *Assembly Automation*, 21(1), pp. 20–30.
doi:10.1108/01445150110381646.

Heizer, J. and Render, B. (2004) *Principios de administración de operaciones*. Pearson Educación.

Jordan, S. (1997) 'Modular assembly: a process not an engineering technique', *Assembly Automation*, 17(4), pp. 282–286.
doi:10.1108/01445159710191534.

Orejuela Cabrera, J.P. and Flórez González, A. (2019) 'Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas', *INGE CUC*, 15(1), pp. 109–122.

Qué es el OEE y cómo se calcula (no date) *Gemba Academy*. Available at: <https://www.gembaacademy.com/es/blog/2020/01/10/que-es-el-oe-y-como-se-calcula> (Accessed: 14 July 2021).