



Junio 2018 - ISSN: 1696-8352

LINEAS DE ENSAMBLE Y BALANCEO Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA

Raquel Murillo Garcia

Estudiante de la Universidad Técnica de Babahoyo

Ing. Fabian Peñaherrera-Larenas, Mae

Docente de la Universidad Técnica de Babahoyo

mpenaherrera@utb.edu.ec

Ing. Ely Borja Salinas

Docente de Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil

ely.borjas@ug.edu.ec

Ing. Valentino Vanegas

Docente de la Universidad Técnica de Babahoyo

vvanegas@utb.edu.ec

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Raquel Murillo Garcia, Fabian Peñaherrera-Larenas, Ely Borja Salinas y Valentino Vanegas (2018): "Líneas de ensamble y balanceo y su impacto en la productividad de los procesos de manufactura.", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (junio 2018). En línea: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/06/ensamble-balanceo-productividad.html>

Resumen

Las líneas de ensamble tradicionalmente han sido utilizadas para producir grandes cantidades de un único modelo. Para aprovechar las ventajas de estas en ambientes de manufactura flexibles, se pueden implementar líneas de modelos mixtos las cuales permiten ensamblar diferentes productos de una familia en una misma línea; sin embargo, su balanceo requiere técnicas diferentes de las tradicionales. En esta investigación se hizo una revisión bibliográfica para analizar los factores que afectan las líneas de modelos mixtos y con base en esto se desarrolló un modelo de optimización matemática que estabiliza las cargas de trabajo, facilitando la decisión sobre las secuencias de producción que se programan en la línea. El modelo se corrió en varios escenarios y se obtuvieron resultados significativamente mejores que los obtenidos con un método tradicional de balance. (Durango Cruz & Orejuela)

Palabras clave: balance de línea, modelos mixtos, balance horizontal, manufactura.

Abstract.

Assembly lines have traditionally been used to produce large quantities of a single model. To take advantage of these in flexible manufacturing environments, mixed model lines can be implemented which allow to assemble different products of a family in the same line; however, its balancing requires techniques different from the traditional ones. In this research a bibliographic review was made to analyze the factors that affect the lines of mixed models and based on this a mathematical optimization model was developed that stabilizes the workloads, facilitating the decision on the production sequences that are programmed in the line. The model was run in several scenarios and significantly better results were obtained than those obtained with a traditional balance method.

Keywords: line balance, mixed models, horizontal balance, manufacturing.

INTRODUCCIÓN

Las líneas de ensamble originalmente fueron diseñadas para producir grandes cantidades de un único modelo, estas son ideales para las fábricas que compiten en mercados tradicionales de consumo masivo y deben elaborar altos volúmenes de bienes estandarizados, ya que permiten alcanzar altos indicadores de productividad aprovechando al máximo la utilización de los recursos. (Durango Cruz & Orejuela)

Las líneas de montaje, elemento fundamental en muchos sistemas productivos, están compuestas por un conjunto finito de estaciones de trabajo y de tareas, que tienen asignado un tiempo de proceso, y un conjunto de relaciones de precedencias, que especifican el orden de proceso permitido de las tareas. Básicamente, el problema de equilibrado de líneas consiste en asignar las tareas a la secuencia ordenada de las estaciones, de tal manera que se satisfagan las relaciones de precedencia y se optimice una función objetivo, como por ejemplo minimizar el número de estaciones. (Capacho Betancourt & Pastor Moreno, 2004)

Sin embargo, los mercados actuales son globalizados y despiertan en los clientes diferentes tipos de gustos que se renuevan constantemente. Para responder a estos patrones

de demanda modernos es indispensable que las empresas ofrezcan un amplio portafolio de productos que puedan ser elaborados en bajas cantidades y en cortos tiempos de suministro; por lo tanto, es necesario que sus sistemas productivos sean lo suficientemente flexibles como para producir una combinación de productos que fuese requerida por los clientes, pero al mismo tiempo deben tener alta eficiencia. En estos casos se pueden utilizar líneas de ensamble para aprovechar sus ventajas, pero es necesario considerar nuevas técnicas de balance que permitan tener un mayor grado de flexibilidad. En este sentido la implementación de líneas de ensamble de modelos mixtos se presenta como una buena alternativa para afrontar esta problemática. (Durango Cruz & Orejuela)

El concepto de modelos mixtos hace referencia a una familia que se compone por un conjunto de productos que se diferencian entre sí solamente por características menores, pero cuyas funciones principales son básicamente las mismas. Generalmente estos productos se ensamblan después de que el cliente defina sus requerimientos personales, y a pesar de que son diferentes, se desea que el proceso productivo sea similar para todos ellos; por lo tanto, es razonable pensar que cualquier combinación de estos se puede ensamblar en una misma línea, siempre y cuando los tiempos de alistamiento al pasar de un modelo a otro sean despreciables. (Durango Cruz & Orejuela)

Cuando en una línea de ensamble los productos no son completamente homogéneos, el tiempo de proceso de una misma tarea puede variar para cada uno de estos; por lo tanto, el tiempo de ciclo en las estaciones dependerá en gran medida del modelo específico que esté siendo ensamblado en cada momento. Si una línea de estas ha sido balanceada con técnicas tradicionales se pueden evidenciar ciertos problemas, pues probablemente esta no se encuentre en capacidad de producir de manera eficiente cualquier secuencia de órdenes de trabajo; estos problemas surgen cuando una estación trabaja en varios modelos que requieren un alto tiempo de proceso, seguido uno de otro, lo que hace que el tiempo de ciclo pueda ser excedido, produciendo una sobrecarga de trabajo que debe ser compensada por alguna medida correctiva que generalmente genera costos adicionales o deterioros en la calidad del producto, el problema del balance es interdependiente con el problema de la programación de operaciones, conocido como *scheduling*; por lo tanto, las sobrecargas podrían evitarse si se

encuentra una secuencia de trabajo en la cual los modelos que requieren altos tiempos en una estación se alternan con los que requieren menos tiempo; sin embargo, si se balancean las cargas de trabajo dentro de cada estación para todos los modelos, el *scheduling* será un problema de menor importancia porque así cualquier secuencia podría tener una eficiencia aceptable en todas las estaciones. (Durango Cruz & Orejuela)

DESARROLLO

Líneas de producción

Las líneas de producción son sistemas de manufactura de tipo III con múltiples estaciones y un sistema fijo de ruta, pueden ser manuales, automáticas o híbridas. Es decir, las operaciones de manufactura se realizan en forma secuencial de estación de trabajo a estación de trabajo y el tipo de producto es idéntico o muy similar. Las líneas de producción son usadas ya sea para operaciones de procesamiento o ensamble de materiales o productos semi-terminados. Es inusual que ambas operaciones se realicen en la misma línea. (Dominguez, 2011)

Líneas de producción manuales

Son sistemas de manufactura del tipo III M, múltiples estaciones manuales que requieren de un operador dedicado en cada estación de trabajo. Factores que promueven el uso de líneas de ensamble manual son:

- La demanda por el producto es alta o media
- Los productos hechos en la línea son idénticos o similares
- El trabajo total requerido para el ensamble del producto puede ser dividido en pequeñas unidades de trabajo.
- Es tecnológicamente imposible o económicamente inviable la automatización de dichas operaciones. (Dominguez, 2011)

Estaciones de trabajo de ensamble

Una estación de trabajo en una línea de ensamble manual es una locación diseñada a lo largo de la trayectoria del flujo de trabajo en la cual una o mas operaciones de trabajo son

realizados por uno o mas trabajadores. Estos elementos de trabajo representan pequeñas porciones del trabajo total que debe ser completado para el ensamble del producto. (Dominguez, 2011)

Operaciones típicas de una línea de ensamble manual

- Aplicación de adhesivos
- Aplicación de selladores
- Soldadura de arco
- Ribeteo
- Aplicaciones de ajustes
- Costura
- Engrapado
- Atornillado
- Unión justa de dos partes
- Soldadura de partes electrónicas
- Punteado de soldadura
- Ensamble ajustado
- Inserción de componentes

La posición del trabajador puede variar para cada estación de trabajo, en algunas están de pie, otras sentado. Al estar de pie, permite al trabajador moverse en el área de la estación y realizar la tarea asignada. Esto es común en el ensamble de productos de geometrías grandes como autos, grandes electrodomésticos, maquinaria, etc. (Dominguez, 2011)

Otro caso típico es cuando las partes se mueven en una banda transportadora y el trabajador realiza su tarea de ensamble mientras la parte se mueve a través de la estación. Para tareas de precisión es común que el trabajador(a) esté sentado(a).

Por ejemplo en el ensamble de componentes electrónicos, conexión de cables o tuberías, sub-ensambles de precisión, etc. (Dominguez, 2011)

Ensamble por equipos de trabajadores

Involucra a múltiples trabajadores asignados para realizar una tarea común. El ritmo de trabajo es controlado por los trabajadores mismos en lugar de algún mecanismo transportador. Una variedad del método es tener al equipo de trabajadores seguir al producto en diferentes estaciones de trabajo hasta terminar un ensamble. La compañía sueca Volvo fue pionera en este método. Este método permite que se realicen operaciones paralelas con diferentes modelos en la línea de fabricación. (Dominguez, 2011)

Diseño para el ensamble

- Usa el menor número de partes posibles para reducir la cantidad de ensamble requerido.
- Reduce el número de tornillos requeridos
- Utiliza sujetadores estándares
- reduce partes en diferentes orientaciones
- evita partes confusa y complejas (Dominguez, 2011)

Análisis de modelos simples de líneas de ensamble

La línea de ensamble puede ser diseñada para alcanzar ritmos de producción R_p para satisfacer la demanda. La demanda del producto a menudo es expresada en una cantidad anual, la cual puede ser reducida a un ritmo por hora. La administración debe decidir cuantos turnos por semana debe de operar la línea y cuantas horas por turno. (Dominguez, 2011)

Análisis de modelos simples de líneas de ensamble

Asumiendo que la planta opera 50 semanas al año, el ritmo de producción por hora está dada por donde R_p es la producción promedio (unidades/), D_a es la demanda de un solo producto para fabricarse en la línea (unidades/año), S es el número de turnos por semana, y H es el número de horas por turno. 50 es el número de semanas anuales en operación de la línea. (ADMONAPUNTES, 2013)

$$R_p = \frac{D_a}{50 SH}$$

DISTRIBUCIÓN DE UNA LÍNEA DE ENSAMBLE

- En una línea de ensamble, el producto generalmente se mueve en forma automatizada, tal como una banda de transportación, a través de una serie de estaciones de trabajo hasta que se complete. (ADMONAPUNTES, 2013)
- Esta es la manera en que se ensamblan los automóviles, y se producen los aparatos de televisión y los hornos, o las hamburguesas de comida rápida. (ADMONAPUNTES, 2013)

La línea de producción es reconocida como la principal forma de producir grandes cantidades de elementos normalizados a costos bajos. (Capacho Betancourt & Pastor Moreno, 2004)

TIPOS DE LÍNEAS DE MONTAJE.

Las líneas de montaje se pueden clasificar de la siguiente manera: a. De acuerdo al tipo de producto que procesan:

Simples: se procesa un solo tipo de producto y las estaciones ejecutan repetidamente las mismas tareas.

Mixtas: se producen variantes de un producto básico, la producción no implica tiempos de setup entre una variante y otra, dado que se requieren las mismas operaciones básicas para producir todas las variantes; por tanto, se producen unidades de diferentes modelos en una secuencia mixta arbitraria. TM

Multi-modelos: se pueden fabricar diferentes tipos de productos en una misma línea, pero en este caso, los procesos de producción entre un tipo de producto (o modelo) y otro varían significativamente por lo que se producen secuencias de lotes; además, se consideran tiempos de setup entre lotes. (Capacho Betancourt & Pastor Moreno, 2004)

De acuerdo a los tiempos de duración de las tareas: TM

Determinísticas: todos los tiempos de proceso de las tareas son conocidos con certeza. TM

Estocásticas: la duración de una o más tareas es aleatoria o probabilística dado que la variabilidad en su tiempo de proceso es significativa. TM **Dependientes:** el tiempo de duración de una tarea depende, por ejemplo, del tipo de estación a la que ha sido asignada, del tipo de operador o de la secuencia.

De acuerdo a la arquitectura de la línea: TM

Línea serial: se tienen estaciones simples colocadas en serie, en donde las tareas pasan consecutivamente de una estación a la próxima, por ejemplo, a través de una cinta transportadora. TM

Línea con estaciones en paralelo: es una sola línea en la que se permiten estaciones en paralelo esto es, se tiene dos o más estaciones idénticas que realizaran en paralelo las mismas tareas, por tanto, los equipos requeridos para ejecutar las tareas deben instalarse tantas veces como estaciones en paralelo.

Estaciones en paralelo pueden ser usadas para solucionar el problema que se presenta cuando el tiempo de alguna tarea es mayor que el tiempo de ciclo, ya que el valor promedio de la duración de la tarea se reduce proporcionalmente al número de estaciones.

Líneas paralelas: son varias líneas colocadas en paralelo este tipo de configuración puede ser muy útil para el caso de modelos múltiples, en el que se asigna una línea para cada modelo o para cada familia de modelos. En el caso de líneas en paralelo se tiene un problema de diseño adicional: decidir cuántas líneas serán instaladas y cómo será distribuido el equipo y la fuerza de trabajo entre dichas líneas. (Capacho Betancourt & Pastor Moreno, 2004) TM

Líneas de dos lados: consisten en dos líneas seriales en paralelo; en donde, en lugar de una estación simple, se tienen pares de estaciones opuestas en cada lado de la línea (estación derecha y estación izquierda) que procesan simultáneamente una misma pieza. Aunque puede ser usado para cualquier tipo de producto, las líneas de dos lados suelen implantarse para productos grandes en los que se requieren desarrollar tareas en ambos lados, un ejemplo clásico se presenta en la industria automovilística, en donde se deben realizar las mismas tareas en ambos lados del automóvil (ej. colocar las puertas, ruedas y espejos), tal como se muestra en la figura 1.8. De esta manera, algunas tareas pueden ser asignadas a un lado de línea, otras pueden ser asignadas de manera indiferente a cualquiera de los lados y otras deben ser asignadas a ambos simultáneamente. (Capacho Betancourt & Pastor Moreno, 2004)

Líneas circulares/cerradas, se puede tener una cinta circular/cerrada que sirva a todas las estaciones, en dicha cinta las piezas están circulando mientras son tomadas por los operadores (humanos o robots), quienes, una vez han terminado de procesar las piezas, las liberan de vuelta sobre la cinta, excepto quien realiza la última tarea que las deposita fuera de la cinta TM

Línea en forma de U: es una línea dispuesta en forma de U son una consecuencia de la introducción del principio de producción justo-a-tiempo dado que esta disposición de las estaciones hace más flexible el sistema de producción: las estaciones pueden trabajar en dos segmentos de la línea de manera que estén de frente una a la otra. Esta configuración puede resultar en un mejor balance en la carga de las estaciones, dado que el número de combinaciones tareas-estación es más grande. (Capacho Betancourt & Pastor Moreno, 2004)

De acuerdo al tipo de flujo de las piezas: TM

Sincrónicas. Todas las estaciones tienen un tiempo ciclo común y por tanto las piezas pasan de una estación a otra al mismo tiempo; de esta forma, no hay buffers entre estaciones. TM

Líneas asincrónicas. Las estaciones están relacionadas a través de buffers que se colocan entre pares de estaciones para almacenar piezas que se han procesado en las estaciones precedentes, en este caso las estaciones tienen velocidades de proceso diferentes. En este tipo de línea se tiene el problema de decisión acerca de dónde colocar los buffers y el tamaño que tendrán. (Capacho Betancourt & Pastor Moreno, 2004)

De acuerdo al tipo de operador

Manuales: Estas líneas constan de operadores humanos y pueden ser o no ser automatizadas.

Robotizadas: Procesos totalmente automatizadas, en los cuales se deben programar tanto a los robots como a las estaciones. (operaciones)

De acuerdo a la disciplina de entrada de las piezas

Entrada Fija:

El ingreso de las piezas al proceso se realiza de manera regular en intervalos de tiempo regular.

Entrada Variable:

El ingreso de las piezas al proceso se realiza de manera variable (operaciones)

DIVISIÓN DE LAS TAREAS

Muchas veces el tiempo más largo requerido para una tarea constituye el tiempo más breve del ciclo de la estación de trabajo de la línea de producción. Este tiempo de la tarea representa el límite más bajo de tiempo, a no ser que sea posible dividir la tarea entre dos o más estaciones de trabajo. (B.Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

Existen varias formas de poder acomodar una tarea:

1. **Dividir la tarea.-** ¿Se puede dividir la tarea de modo que dos estaciones de trabajo procesen unidades completas?
2. **Compartir la tarea.-** Es posible compartir la tarea de modo que una estación de trabajo contigua desempeñe parte del trabajo? Esta solución es diferente de la división de la tarea

de la primera opción porque la estación contigua interviene para ayudar y no para hacer algunas unidades que abarcan la tarea entera. (B.Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

3. **Utilizar estaciones de trabajo paralelas.-** Tal vez sea necesario asignar la tarea a dos estaciones de trabajo que operarían en paralelo.
4. **Recurrir a un trabajador más capacitado.-** Dado que esta tarea excede el tiempo del ciclo de la estación de trabajo tan sólo 11%, un trabajador más veloz quizá pueda cumplir el tiempo de 36 segundos.
5. **Trabajar horas extra.-** La producción a un ritmo de una unidad cada 40 segundos daría 675 por día, o 75 menos de los 750. El tiempo extra necesario para producir las 75 adicionales suma 50 minutos ($75 \times 40 \text{ segundos} / 60 \text{ segundos}$).
6. **Rediseñar.-** Tal vez sea posible rediseñar el producto de modo que disminuya ligeramente el tiempo de la tarea. (B.Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

Otras posibilidades para reducir el tiempo de la tarea son actualizar el equipamiento, un ayudante itinerante que apoye la línea, un cambio de materiales y trabajadores con múltiples habilidades que operen la línea en forma de equipo y no como trabajadores independientes. (B.Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

OPTIMIZACIÓN DE LAS LÍNEAS DE ENSAMBLE

La optimización de las líneas de ensamble se traduce en productividad y en un ahorro significativo de tiempo y costos de producción, además de garantizar elevados y estables niveles de calidad. (GIEICOM, 2015)

A continuación te presentamos algunos consejos para optimizar las líneas de ensamble:

a) Revisa los conceptos usados para ensamblar, diseñando un layout eficaz

Dependiendo de la tipología de productos a ensamblar puede ser más conveniente un ensamble en línea constante, otro flexible, o bien, por células, entre otras alternativas. Si los ensambles son de fácil manipulación y no son demasiados, lo que podría funcionar son las celdas de trabajo, pero si se tratara de elementos pesados, las líneas flexibles serían lo más propicio. (GIEICOM, 2015)

Sin importar el concepto del que se trate, el diseño de un esquema fluido y congruente en cargas por operador, que inserte con calidad los componentes hasta llegar a producto o subproducto esperado, resulta fundamental.

Debe procurarse que las distancias por caminar sean mínimas, de tal forma que el producto vaya hacia el operario y no viceversa. (GIEICOM, 2015)

Existen diversos métodos de balanceo de cargas de trabajo, simplemente haz lo necesario para que se cumplan los tiempos estándar con calidad y seguridad. (GIEICOM, 2015)

b) Balancea la producción de los procesos colaterales al ensamble

Las líneas de ensamble conjuntan componentes previamente manufacturados, algunos internamente y otros adquiridos de forma externa. Sea cual sea el caso, deben almacenarse o producirse en las cantidades correctas para no manejar sobre inventarios, ni parar el flujo de producción y ensamble. (GIEICOM, 2015)

Si la línea de ensamble es muy eficiente, pero no se incluyen los elementos técnicos de balanceo, terminará siendo una línea ineficaz. Debes garantizar, en coordinación con ingeniería industrial, los ritmos propicios para lograr un conjunto armónico. Para lograrlo, recuerda que cuentas con herramientas de TI y el MES para manejar toda la logística interior con eficacia y eficiencia. (GIEICOM, 2015)

c) Revisa los tiempos estándar de las operaciones

Establece una rutina anual para revisar los tiempos estándar sobre los que basas tu programación. Con el paso del tiempo, ciertos procesos cambian o se optimizan, provocando ineficiencias generales con trabajadores que operan a un ritmo bajo. (GIEICOM, 2015)

También puede ocurrir que ciertas máquinas se deterioren y se haga costumbre el hacer las cosas a un ritmo más lento, en vez de arreglar el problema de raíz. Lo recomendable en estos casos es analizar y comparar los tiempos de los diversos procesos con los tiempos preestablecidos o internacionales. Lo que no mides, no lo puedes controlar. (GIEICOM, 2015)

d) Genera un ambiente productivo

Si lo que buscas es mayor productividad, sin sacrificar calidad, en un entorno donde se ve involucrada la mano de obra como ingrediente primordial, el crear una atmósfera productiva, incorporar descansos con cierta actividad física, ofrecer un comedor adecuado y hasta poner música, cuando es prudente, resultan acciones que impactan positivamente ambos conceptos: productividad y calidad. (GIEICOM, 2015)

En el concepto de calidad, construirla es más relevante que controlarla. Con personal bien atento y conocedor de medidas mediante estándares, se verán claros incrementos en cuanto a productividad y calidad. Así que recuerda suministrar los elementos de seguridad, protección y confort que requiera tu personal. (GIEICOM, 2015)

e) Estandariza, mejora y automatiza

Todos los procesos se deben respetar y estandarizar, trabajando con apego a los mismos, o bien, mejorarlos si es posible. Estate atento a las oportunidades de mejora de tus procesos actuales y una vez optimizados, estandarízalos. Recuerda automatizar los procesos que demuestren un sano retorno de inversión. (GIEICOM, 2015)

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

VENTAJAS

Velocidad:

- Los productos que se fabrican con las líneas de montaje pueden llegar al mercado más rápido que aquellos que no lo hacen. De acuerdo con Henry Ford y la línea de montaje, se estima que los productos manufacturados de largo plazo, como automóviles, computadoras y aviones se pueden producir en una fracción del tiempo con el proceso. A partir de 2011, muchos fabricantes han instalado los robots a lo largo de sus cadenas de montaje para aumentar aún más la velocidad de producción y reducir los residuos. (Ford, 2013)

Costos del producto

- Velocidades de fabricación mejoradas conducen a una producción más eficiente de los productos. Esto, a su vez, conduce a productos más baratos. Por ejemplo, antes de que Henry

Ford introdujo la línea de montaje, el precio de un automóvil modelo T fue de \$ 825. Fue prolijamente hechos a mano por los trabajadores. Después de que Ford introdujo la línea en 1908, bajó el precio del vehículo hasta \$ 575. La velocidad de la línea de montaje permitió a Ford construir coches más rápidamente y aumentar las ventas de la fabricación de vehículos más asequibles. (Ford, 2013)

DESVENTAJAS

Una de las metodologías de la manufactura esbelta posee una serie de desventajas que de alguna manera pueden afectar el buen nombre de la herramienta desventajas como lo son:

La producción tiene su propia debilidad, como las horas de trabajo ilimitados, esto debido a la cultura de entregar al cliente en los tiempos pactados los productos encargados, Es decir, los administradores tienen un control total sobre las horas de trabajo lo que significa que si no se cumplen las cuotas de producción, luego los trabajadores tienen que trabajar tiempo extra sin importar cuál fue la causa de este retraso. (Ford, 2013)

A la luz de lo anterior esto hace que el estrés y la sensación de urgencia que se siente por parte de los trabajadores sean constantes y con el tiempo puede dar lugar a problemas sociales. (Ford, 2013)

· En segundo lugar, el entorno de trabajo implica hacer tareas repetitivas que pueden conducir a problemas de salud y seguridad, especialmente si se combina con largas horas de trabajo y el ritmo intenso. (Ford, 2013)

Otra desventaja que produce la herramienta es que el proceso en si mismo continuamente saca a los trabajadores con una fuerte presión de su zona de confort bajo la premisa de eliminar pérdidas para agregar valor a lo que se hace. (Ford, 2013)

EL BALANCEO DE LÍNEAS

El Balanceo de Líneas de Ensamble consiste en agrupar actividades u operaciones que cumplan con el tiempo de ciclo determinado con el fin de que cada línea de producción tenga continuidad, es decir que en cada estación o centro de trabajo, cuente con un tiempo de proceso uniforme o balanceado, de esta manera las líneas de producción pueden ser continuas y no tener cuellos de botella. (Medina Chacón & Illada García, 2015)

En su estado más refinado, la producción en línea es una disposición de áreas de trabajo en el cual las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, en

donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten efectividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonable directo. Este total refinamiento en el proceso no es, sin embargo, absolutamente necesario. (Medina Chacón & Illada García, 2015)

Los obstáculos a los que no enfrentaremos al tratar de balancear una línea de producción serán:

- Líneas con diferentes tasas de producción
- Inadecuada distribución de planta
- Variabilidad de los tiempos de operación.

Para remediar esta situación debemos nivelar las cargas de trabajo, de tal manera que los operarios tengan una misma cantidad de trabajo en un tiempo determinado, de modo que se pueda reducir al máximo el tiempo ocioso de las estaciones de trabajo mediante una secuencia tecnológica predeterminada. (Medina Chacón & Illada García, 2015)

- Descripción de las actividades
- Determinación de la precedencia de cada operación o actividad
- Determinar el tiempo de cada actividad u operación.
- Tener un diagrama de proceso.
- Determinar el tiempo ciclo,
- Determinar el número de estaciones.
- Determinar el tiempo de operación
- Determinar el tiempo ciclo.
- Determinar el tiempo muerto
- Determinar el número de estaciones
- Determinar la eficiencia
- Determinar el retraso del balance
- Determinar que operaciones quedan en cada estación de trabajo
- Determinar el contenido de trabajo en cada estación
- Determinar el contenido total de trabajo

La idea fundamental de una línea de ensamble es que un producto se arma progresivamente a medida que es transportado, pasando frente a estaciones de trabajo relativamente fijas, por un dispositivo de manejo de materiales, por ejemplo una cinta transportadora. (Medina Chacón & Illada García, 2015)

Los principios básicos en línea son los siguientes:

- Principio de la mínima distancia recorrida
- Principio del flujo de trabajo
- Principio de la división del trabajo
- Principio de la simultaneidad o de las operaciones simultáneas
- Principio de operación conjunta
- Principio de la trayectoria fija
- Principio del mínimo tiempo y de material en proceso
- Principio de la intercambiabilidad. (Medina Chacón & Illada García, 2015)

El **balance o balanceo de línea** es una de las herramientas más importantes para el control de la producción, dado que de una línea de fabricación equilibrada depende la optimización de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, variables tales como los son los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción. (Linea)

El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso.

Establecer una línea de producción balanceada requiere de una juiciosa consecución de datos, aplicación teórica, movimiento de recursos e incluso inversiones económicas. Por ende, vale la pena considerar una serie de condiciones que limitan el alcance de un balanceo de línea, dado que no todo proceso justifica la aplicación de un estudio del equilibrio de los tiempos entre estaciones. (Linea)

Tales condiciones son:

- **Cantidad:** El volumen o cantidad de la producción debe ser suficiente para cubrir la preparación de una línea. Es decir, que debe considerarse el costo de preparación de

la línea y el ahorro que ella tendría aplicado al volumen proyectado de la producción (teniendo en cuenta la duración que tendrá el proceso).

- **Continuidad:** Deben tomarse medidas de gestión que permitan asegurar un aprovisionamiento continuo de materiales, insumos, piezas y sub-ensambles. Así como coordinar la estrategia de mantenimiento que minimice las fallas en los equipos involucrados en el proceso. (Linea)

MÉTODOS PARA SOLUCIONAR EQUILIBRADO DE LÍNEAS.

MODELOS HEURÍSTICOS. Los métodos heurísticos se clasifican según su propósito y se describen a continuación. (SEBASTIÁN PINZÓN SALAZAR, 2013)

Heurísticas de una sola pasada. Son las que usan reglas de decisión simples, entre las que destacan: Moodie y Young (1965, p.23-29), Tongue (1960, p.21-39) y Helgeson y Birnie (1961, p.394-398). (SEBASTIÁN PINZÓN SALAZAR, 2013)

Heurísticas de composición. Se basan en la composición de reglas de decisión. Entre estas heurísticas destaca el algoritmo COMSOAL de Arcus (1966, p.259-278). (SEBASTIÁN PINZÓN SALAZAR, 2013)

Reglas de back tracking (retroceso). Entre éstas destaca el algoritmo MALB de Dar-El (1973, p.343-356) y la heurística de Hoffman (1963, p.551-562) De lo anterior se puede extraer la aplicación de modelos heurísticos en la solución de problemas de balanceo de línea con estaciones en paralelo según sea el caso a aplicar, teniendo como referencia teórica ejemplos de algunos autores que estudiaron diferentes casos de aplicación.

Aproximación partiendo de algoritmos exactos. Éstas heurísticas parten de un procedimiento exacto al cual se le limita el tiempo de ejecución. En éste grupo destacan las de Talbot y Patterson (1984) y el algoritmo de Held, Kart y Shreshian (1963, p.442-459). (SEBASTIÁN PINZÓN SALAZAR, 2013)

Método Heurístico Helgeson and Birnie: Método que utiliza la priorización de la asignación de tareas, según su peso de duración teniendo en cuenta las relaciones de precedencia establecidas por el proceso. El método se efectúa según la siguiente estructura lógica a aplicar: **Paso 1:** Calcular los pesos posicionales de cada tarea y organizarlos en forma

descendente. (SEBASTIÁN PINZÓN SALAZAR, 2013) **Paso 2:** Asignar el elemento de mayor peso posicional a la primera estación a abrir. (SEBASTIÁN PINZÓN SALAZAR, 2013)

Paso 3: Seguir asignando tareas de mayor peso posicional, si y solo si, su tiempo acumulado no supera el tiempo ciclo hallado y la tarea que la antecede ya ha sido asignada. (SEBASTIÁN PINZÓN SALAZAR, 2013)

Paso 4: Si no se puede seguir asignando tareas a la estación actual, a razón de que el paso 3 no se cumple, se pueden encontrar dos particularidades:

a) La asignación de tareas ha sobrepasado el tiempo ciclo, por lo tanto se deberá abrir una nueva estación. Esto se da si el tiempo acumulado es mayor que el tiempo ciclo.

b) Cuando una tarea es mayor al tiempo ciclo, teniendo la característica de ser indivisible, se deberá abrir una estación de trabajo dentro de la misma operación, para que esta se pueda reproducir en un tiempo menor que al tiempo ciclo. A ésta particularidad se le denomina “estaciones en Paralelo” dentro de un módulo de producción y se utiliza para igualar el tiempo de duración de una tarea con el del tiempo ciclo. (SEBASTIÁN PINZÓN SALAZAR, 2013)

El cálculo se efectúa con la siguiente formula: Siendo T11, el tiempo de la tarea 1 en la maquina 1, y T12 el tiempo de la tarea 1 en la maquina 2; da como resultado el tiempo total de la tarea hecha en dos estaciones compartidas. Si se supone que cada estación hace la tarea en el mismo valor de tiempo, se puede decir que $T11 = T12$, por lo tanto el tiempo total de una operación, la cual superaba el tiempo ciclo, ahora es de la mitad, pero con la característica de que ahora no es una estación de trabajo la que la realiza si no dos. (SEBASTIÁN PINZÓN SALAZAR, 2013)

Paso 5: Al abrirse una nueva estación se volverá a proceder desde el paso 2, hasta terminar con las tareas que interviene en la producción. Al terminar con ellas se finalizará el método. (SEBASTIÁN PINZÓN SALAZAR, 2013)

CONCLUSIONES

Las líneas de ensamble son una parte fundamental de las empresas de manufactura donde se realiza el ensamblaje de productos formados por varias piezas, esto ayuda a que

Minuto Total del Operario	$\sum_{i=1} (\min x Op)$	Sumatoria del producto entre el tiempo de cada operación y la cantidad de operarios que la realizan.
Ciclo de Control	$\min >$	Es el tiempo mayor entre los tiempos de cada operación.
N° de Operarios	$\sum Op$	Sumatoria de los operarios que ejecutan las operaciones.
Total Minutos por Línea	$Ciclo\ de\ Control \times N^{\circ}\ de\ Op$	Tiempo que toma la línea en relación a su ciclo de control.
% de Balance	$\frac{Minuto\ Total\ del\ Operario}{Total\ del\ minutos\ por\ línea} \times 100$	% del Balance de la línea. Este es mayor a medida que los tiempos de las distintas operaciones se aproximan.
Ciclo de Control Ajustado	$\frac{Ciclo\ de\ Control}{Desempeño\ de\ la\ línea} \times 100$	Ciclo de control ajustado según el desempeño de la línea
Unidades / Hora	$\frac{60\ minutos}{Ciclo\ de\ Control\ Ajustado}$	Cantidad de unidades por cada hora de trabajo.
Unidades / Turno	$(Unidades\ /\ Hora) \times (Horas\ /\ Turno)$	Cantidad de Unidades por cada turno de trabajo.
Costo x Unidad	$\frac{(N^{\circ}\ de\ Op) \times (Salario\ diario)}{Unidades/Turno}$	Costo de mano de obra por cada unidad producida
Desempeño de la línea	$1 - \left(\frac{Tolerancias\ Hombre}{Tiempo\ por\ turno} \right) + \left(\frac{Tolerancias\ Máquina}{Tiempo\ por\ turno} \right)$	

tengan una mayor facilidad para cumplir con lo que las personas demandan

El balance de las línea de modelos mixtos es un proceso complejo debido a la interdependencia que tiene con el problema de scheduling; esto se dificulta aún más en ambientes donde hay aleatoriedad en el orden de llegada de los pedidos lo cual hace que generalmente no se tengan muchas opciones para decidir sobre las secuencias de producción, y estas quedan estas al azar. El modelo propuesto contribuye a solucionar este problema, configurando la línea para que cualquier secuencia de producción tenga un desempeño aceptable en cuanto a tiempos ociosos, sobrecargas y tiempo requerido para elaborar un lote completo de modelos.

Los objetivos de la teoría de balance de líneas de ensamble, el cual corresponde a la minimización del riesgo a lesiones músculo esqueléticas dada la importancia que reviste la salud de los trabajadores como parte esencial de la empresa y para lo cual, tanto las jefaturas

como los trabajadores deben participar activamente en pro de las actividades que se emprendan para ello.

Trabajos citados

- ADMONAPUNTES. (06 de 2013). Obtenido de <https://admonapuntes.files.wordpress.com/2013/06/balanceo-de-lc3adnea-de-produccic3b3n.pdf>
- B.Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administracion de Operaciones*. Mexico, D. F.: INTEROAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Capacho Betancourt, L., & Pastor Moreno, R. (abril de 2004). Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/509/IOC-DT-P-2004-04.pdf>
- Dominguez, H. (2011). Obtenido de <https://sistemasmanufactura.files.wordpress.com/2011/08/sesion-9-02-2011.pdf>
- Durango Cruz, L. F., & Orejuela, J. P. (s.f.). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v14n26/v14n26a09.pdf>
- Ford, S. (18 de NOBIEMBRE de 2013). <http://sistemadeproduccionford.blogspot.com>. Obtenido de <http://sistemadeproduccionford.blogspot.com/2013/11/ventajas-y-desventajas-del-fps.html>
- GIEICOM. (29 de OCTUBRE de 2015). Obtenido de <http://blog.gieicom.com/como-optimizar-las-lineas-de-ensamble>
- Medina Chacón, E., & Illada García, R. (2015). Obtenido de file:///C:/Users/alvar_000/Downloads/Dialnet-HeuristicaParaElBalanceDeLineasDeEnsambleConConsid-5163629.pdf
- operaciones, A. d. (s.f.). Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11264/7/tesis.pdf>
- SEBASTIÁN PINZÓN SALAZAR, M. S. (13 de JUNIO de 2013). Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3462/65854P661.pdf?sequence=1>