

## Unidad IV

### Monitoreo y Control de Operaciones

#### 4.1. Balanceo de Líneas.

El análisis de las líneas de producción es el foco central del análisis de disposiciones físicas por productos. El diseño del producto y la demanda del mercado para los productos es la que finalmente determina los pasos de procesos tecnológicos y la capacidad requerida de las líneas de producción.

El Balanceo de la línea es el análisis de las líneas de producción que divide prácticamente por igual el trabajo a realizarse entre estaciones de trabajo, de forma que sea mínima la cantidad de estaciones de trabajo requeridas en la línea de producción.

#### Actividades Complementarias.

Páginas electrónicas de consulta de Balanceo de Líneas:

**Administración de producción y operaciones**, Escrito por Norman Gaither, Greg Frazier.

<http://books.google.com.mx/books?id=9PIKMphlixEC&pg=PA280&dq=Balanceo+de+l%C3%ADneas#v=onepage&q=Balanceo%20de%20l%C3%ADneas&f=false>

**A partir de los artículos de consulta realice las siguientes actividades:**

- 1) Investigue cual es la capacidad que tiene el balanceo de líneas en la dinámica de la organización de producción.
- 2) Realice una clasificación más detallada del balanceo de líneas que tienen las organizaciones productivas.

#### 4.1.1. Objetivo

El objetivo del balanceo de las líneas de producción es determinar cuantas estaciones de trabajo se deben tener. Asignar tareas a las estaciones de trabajo para disminuir el tiempo ocioso, mediante la asignación de tareas a estaciones y centros de trabajos de forma que se complete un producto terminado de manera muy cercana, pero sin exceder, el tiempo del ciclo.

Otro objetivo reside en establecer cuantas tareas se asignarán a cada una de las estaciones de trabajo, de forma que se utilice el mínimo de trabajadores y de máquinas de acuerdo a la capacidad requerida.

Las líneas de producción tienen estaciones y centros de trabajo organizados en secuencia a lo largo de una línea recta o curva.

Una estación de trabajo es el área física donde un trabajador con herramientas, con una o más máquinas o una máquina sin atención, como un robot, efectúa un conjunto particular de tareas.

Un centro de trabajo es el agrupamiento pequeño de estaciones de trabajo idénticas con cada una de las estaciones de trabajo ejecutando el mismo conjunto de tareas.

### **Actividades Complementarias.**

Conteste las siguientes preguntas:

- 1) Mencione objetivo del balanceo de líneas:
- 2) Mencione como están compuestas las líneas de producción:
- 3) ¿Que es una estación de trabajo?

#### **4.1.2. Método Típico**

El procedimiento típico de balanceo de líneas, se establece a partir de los siguientes criterios:

- Determinar las tareas que deben hacerse para completar una unidad de un producto en particular.
- Determinar el orden o secuencia en la que deben llevarse a cabo las tareas.
- Graficar un diagrama de procedencia, que se trata de un diagrama de flujo, en que los círculos representan tareas y las flechas que las interconectan representan las procedencias.
- Estimación de los tiempos de las tareas.
- Calcular el tiempo del ciclo.
- Calcular el tiempo mínimo de las estaciones de trabajo

Por ejemplo una organización necesita un producto que debe salir del extremo de una línea de producción cada cinco minutos; entonces, el tiempo del ciclo es de cinco minutos, lo que significa que debe salir un producto de cada estación de trabajo cada cinco minutos o menos.

### **Actividades Complementarias.**

Conteste el siguiente Test. De las siguientes opciones, seleccione el inciso con la respuesta correcta.

- 1) ¿Mencione tres criterios para establecer el procedimiento típico?
  - a) Estimación de los tiempos de las tareas. Calcular el tiempo del ciclo. Calcular el tiempo mínimo de las estaciones de trabajo
  - b) Heurística de la Utilización Incremental, Heurística del Tiempo de la Tarea más Larga, heurística de la utilización incremental
  - c) La Maximización de la utilización del centro de trabajo. Menor costo de producción. La Maximización de utilidades.

### 4.1.3. Método Heurístico

En las investigaciones del balanceo de línea se utilizan modelos matemáticos, como es, la programación lineal, la programación entera y la programación dinámica para definir las situaciones que se presentan.

El método heurístico, es decir el método basado en reglas simples, se utiliza para desarrollar buenas soluciones a las situaciones que se presentan, tal vez no las óptimas, pero si muy buenas soluciones.

Entre los métodos heurísticos que se ocupan se encuentran la **Heurística de la Utilización Incremental** (IU, por sus siglas en inglés) y la **Heurística del Tiempo de la Tarea más Larga** (LTT, por sus siglas en inglés).

La **heurística de la utilización incremental**, simplemente va agregando tareas a una estación de trabajo según su orden de procedencia (una a la vez), hasta que se observa una utilización del 100 por ciento o ésta se reduce. Entonces se repite el procedimiento en la siguiente estación de trabajo con las tareas que quedan.

La heurística de la utilización incremental es apropiada cuando uno o más tiempos de tarea es igual o mayor que el tiempo del ciclo.

La **heurística del tiempo de tareas más largo**, agrega una tarea a la vez a una estación de trabajo, en el orden de procedencia de las tareas. Esto tiene el efecto de asignar muy rápidamente las tareas más difíciles y de ajustar las tareas dentro de una estación. Las tareas con tiempos más cortos se guardan para afinar la solución.

#### Actividades Complementarias.

*Consulte el libro electrónico de consulta que se encuentra en el sitio electrónico de consulta y realice un diagrama con el balanceo de líneas utilizando el método heurístico.*

Artículo se encuentra en el libro electrónico que se localiza en la siguiente página electrónica de consulta:

**Estudios de tiempos y movimientos**, Escrito por Fred E. Meyers.

<http://books.google.com.mx/books?id=cr3WTuK8mn0C&pg=PA72&dq=Balanceo+de+l%C3%ADneas&lr=#v=onepage&q=Balanceo%20de%20l%C3%ADneas&f=false>

### 4.1.4. Método de Peso Posicional

El balanceo de la línea a través del Método de Peso Posicional, se conoce también como **estación del cien por ciento**, que se caracteriza por realizar tareas o trabajos más grandes y por lo tanto las necesidades de tiempo son mayores.

En estas estaciones se limita el caudal de producción de la línea de balanceo.

Si el responsable del área pretende mejorar la línea de producción con la reducción de costos, es necesario conocer la tasa de producción, mediante la cuál es posible calcular el tiempo del ciclo y este valor es el que impulsa el peso posicional y se determina la cantidad de estaciones de trabajo que se requieren.

Los cambios en la demanda de los productos y las modificaciones en las máquinas pueden hacer cambiar este método y que se presente la falta de capacidad para producir o se acumule un exceso en la demanda.

### **Actividades Complementarias.**

Conteste el siguiente Test. De las siguientes opciones, seleccione el inciso con la respuesta correcta.

1) ¿Cómo se conoce el método de peso posicional?

- a) La Maximización de utilidades.
- b) heurística del tiempo de tareas más largo
- c) Estación del cien por ciento.

2) ¿Por qué se caracteriza el método de peso posicional?

- a) Por la estimación de los tiempos de las tareas y calcular el tiempo del ciclo.
- b) Por realizar tareas o trabajos más grandes y por lo tanto las necesidades de tiempo son mayores.
- c) Calcular el tiempo mínimo de las estaciones de trabajo.

3) ¿Qué es necesario para mejorar la línea de producción?

- a) Es necesario conocer la tasa de producción.
- b) Cambiar este método.
- c) Disminuir el exceso en la demanda.

### **4.2. Secuenciación**

La programación proporciona una base para asignar tareas a los centros de trabajo. La técnica de cargas de trabajo sirve para controlar la capacidad y destacar el exceso o la falta de carga.

La secuenciación específica es el orden en que deben realizarse los trabajos en cada centro de trabajo.

Los métodos de secuenciación proporcionan la prioridad de atención de los trabajos y se conocen como reglas de prioridad para enviar trabajos a los centros de trabajo.

Objetivos de la secuenciación de trabajos esta encaminada a:

- Terminar los productos en la fecha de entrega.
- Minimizar el tiempo de producción.
- Minimizar el trabajo en proceso.
- La Maximización de la utilización del centro de trabajo.

- Menor costo de producción.
- La Maximización de utilidades.

La secuenciación tiene que considerar la demanda de un conjunto de clientes que requieren un producto conocido y/o algún tipo de servicios.

La secuenciación se debe programar para satisfacer la demanda de productos o servicios.

### **Actividades Complementarias.**

*Consulte el libro electrónico de consulta que se encuentra en el sitio electrónico de consulta y realice lo siguiente:*

- a) Un diagrama con las reglas de prioridad para asignar tareas.
- b) Un análisis de la regla de secuenciación llamada Razón Crítica

Artículo se encuentra en el libro electrónico que se localiza en la siguiente página electrónica de consulta:

**Principios de administración de operaciones**, Escrito por Barry Render, Jay H Heizer

<http://books.google.com.mx/books?id=jVlwSsVHUfAC&pg=PA568&dq=Secuenciacion&lr=#v=onepage&q=&f=false>

#### **4.2.1. Medidas de eficiencia**

**La eficiencia**, es la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada.

Por ejemplo: si la producción de una maquina fue de 120 piezas/hr mientras que la tasa estándar es de 180 piezas/hr. Se dice que la eficiencia de la maquina fue de:

$120/180 = 0.6667$  ó 66.67 por ciento de eficiencia.

Las medidas que más se ocupan para medir la eficiencia son las siguientes:

- **Productividad**

La productividad es la medida de la eficiencia que se define como la calidad del producto conseguido por la unidad de entrada o insumo se que se ocupa para producir.

O también se define como: "que es el cociente que se obtiene de dividir la producción por uno de los factores de la producción".

- **Medición del desempeño**

Para medir correctamente el desempeño de una empresa debemos usar dos conjuntos de medidas: uno desde el punto de vista de las finanzas y el otro desde el de las operaciones.

- **Medidas de las finanzas**

Las medidas de la capacidad de la empresa para generar riqueza y capital son tres:

1. La utilidad neta: una medida absoluta en divisas.
2. El rendimiento de la inversión: una medida relativa basada en la inversión.
3. La liquidez: es la posibilidad de cubrir las deudas.

### **Medidas de las operaciones**

El nivel de las operaciones, se mide a partir de las siguientes medidas:

1. Salidas: velocidad a la cual el sistema genera capital por medio de las ventas.
2. Inventario: capital que el sistema ha invertido en adquirir bienes que generaran productos que en el futuro venderá.
3. Gastos de operación: capital que el sistema gasta para convertir el inventario en rendimiento.

### **Actividades Complementarias.**

Conteste las siguientes preguntas:

- 1) ¿Que es la eficiencia?
- 2) ¿Que es la productividad?
- 3) ¿Cuáles son las medidas para medir el desempeño?

### **4.2.2. Secuenciación de n trabajos en un centro de trabajo**

La secuenciación de trabajos en un centro de trabajo, esta determinada por la programación de la producción a través de la razón crítica que concede prioridad a los trabajos que se deben realizar para cumplir con el programa.

Para la secuenciación en una sola máquina, se establece una regla basada en un factor numérico o razón que determinará el orden de entrada de los pedidos. Las reglas de prioridad pueden ser estáticas o dinámicas. Las reglas estáticas buscan seleccionar un orden de entrada de los pedidos, mediante un indicador numérico, el cual no se compara con el tiempo, sino que depende de la regla de prioridad seleccionada.

En el centro de trabajo se debe hacer la programación en función de los siguientes puntos en el programa de producción:

- Determinar la situación del trabajo específico.
- Establecer la prioridad relativa de los trabajos partiendo de una base común.
- Relacionar los trabajos para inventario y los que se hacen por pedido
- Ajustar automáticamente las prioridades (y revisar los programas) según la demanda el avance de los trabajos
- Dar seguimiento dinámico al avance de los trabajos.

### **Actividades Complementarias.**

Conteste las siguientes preguntas:

- 1) ¿Cómo esta determinada la secuenciación de n de trabajos?
- 2) Las reglas de prioridad son:
- 3) ¿Qué buscan las reglas estáticas?
- 4) Para la secuenciación en una sola máquina se establece lo siguiente:
- 5) Menciona tres puntos en el programa de producción:

#### **4.2.3. Secuenciación de n trabajos en múltiples centros de trabajo**

Es determinar el orden en que se debe realizar los trabajos en dos o más centros de trabajo.

El proceso de secuenciación de la producción esta determinado por los pasos:

- Los trabajos se procesan en 2 máquinas con el mismo orden.
- Este problema se conoce como N/2.
- Se utilizan para minimizar el tiempo de procesamiento de la secuencia de un grupo de trabajos que pasan por dos centros de trabajo para ello se disponen de la regla de Johnson.
- Si es el tiempo de proceso del trabajo en la primera máquina, hay que seleccionar el mínimo y si éste corresponde a la máquina uno, hay que asignarlo a la primera posición de la secuencia.
- Si corresponde a la máquina dos, el trabajo se asigna a la última posición de la secuencia.
- Eliminar el trabajo asignado al set, se tiene repetir el procedimiento con los trabajos no asignados.

Si esto se refiere a un número de trabajos para múltiples maquinas en serie, se realiza la secuenciación o se ordena como llegan los trabajos a las diferentes máquinas o centro de trabajo, la producción se consigue aplicando las reglas de despacho o de prioridades que son las siguientes:

- Primeras en llegar primeras en ser atendidas.
- Menor tiempo de procesamiento.
- Menor tiempo de entrega

### **Actividades Complementarias.**

Conteste las siguientes preguntas:

- 1) ¿Que es la secuenciación de n trabajos en múltiples centros de trabajo?
- 2) Mencione tres pasos del proceso de secuenciación:
- 3) Mencione las reglas de despacho o de prioridades:

#### 4.2.3.1. Algoritmo de Johnson

El algoritmo de Johnson, es un enfoque que minimiza el tiempo de procesamiento para establecer la secuencia de un grupo de trabajos en dos centros de trabajo al mismo tiempo que minimiza el tiempo muerto total en los centros de trabajo.

El algoritmo consiste primeramente en la división de los trabajos en dos conjuntos. El conjunto **Uno** contiene todas las tareas y el conjunto **Dos** tiene todas las tareas.

Posteriormente las tareas en el conjunto **Uno** se ordenan de forma creciente (regla **SPT Shortest processing time**) y las tareas del conjunto **Dos** van en orden decreciente (regla **LPT Largest processing time**). La unión de estas dos subsecuencias (las del conjunto Uno más las del conjunto Dos) proporciona la secuencia óptima al problema.

La regla de Johnson sigue 4 pasos:

**Paso 1.** Todos los trabajos se deben colocar en una lista, así como el tiempo que requiere cada uno en cada máquina.

**Paso 2.** Se selecciona el trabajo con menor tiempo de actividad. Si el menor tiempo corresponde a la primera máquina, el trabajo se programa primero. Si el menor tiempo cae con la segunda máquina, el trabajo se programa el último.

**Paso 3.** Una vez que el trabajo está programado, se debe eliminar de la lista.

**Paso 4.** Aplicar los pasos 2 y 3 para los trabajos restantes, trabajando hacia el centro de la secuencia.

#### Actividades Complementarias.

*Investigue en páginas de internet y resuelva el Algoritmo de Johnson para buscar un equilibrio en la secuenciación.*

#### 4.2.3.2. Métodos Heurísticos

En esencia una heurística es un procedimiento que no garantiza obtener la solución óptima global del problema de secuenciación en programación de producción de las máquinas de un centro de trabajo, sin embargo, si se hace de forma inteligente, es capaz de encontrar buenas soluciones en tiempos razonablemente pequeños.

En estos procedimientos heurísticos existen dos métodos que son frecuentemente utilizados, estos son:

**Método CDS**, propuesto por Cambell, Dudek y Smith.

Este método consiste de dos etapas. En primer lugar se transforma el problema original en uno de dos máquinas mediante una partición en dos conjuntos. En la segunda etapa se calculan los tiempos de procesamiento del problema transformado de acuerdo a esa partición para cada tarea.

Una vez que se tiene la transformación se emplea el algoritmo de Johnson para dos máquinas obteniendo una secuencia de tareas.

**Método MPS** (Modified Palmer Sequence) propuesto por Hundal y Rajgopal.



Este método intenta también reducir el problema a una de dos máquinas para posteriormente utilizar la regla de Johnson para obtener una secuencia. La lógica de éste método es secuenciar las tareas de tal forma que las tareas vayan de tiempos menores a mayores en la secuencia de operaciones y se procesen más rápido.

### **Actividades Complementarias.**

Conteste el siguiente Test. De las siguientes opciones, seleccione el inciso con la respuesta correcta.

1) ¿Qué es una heurística?

- a) Es un procedimiento que no garantiza obtener la solución óptima.
- b) Es un modelo matemático
- c) Estación del cien por ciento.

2) ¿En los procedimientos heurísticos existen dos métodos que son frecuentemente utilizados?

- a) Medición del desempeño y medidas de las finanzas.
- b) Método CDS y Método MPS
- c) Regla SPT y regla LPT.

3) ¿Qué es el Método MPS?

- a) Es la programación lineal con restricción adicional.
- b) Es la heurística del tiempo de tareas más largo
- c) Es la reducción del problema a una de dos máquinas.

### **4.2.3.3. Programación Entera**

La programación entera es un modelo matemático, es análogo al de programación lineal con restricción adicional que las variables deben ser enteras.

La utilidad de la técnica de programación en enteros debe ser evidente, porque hay muchos recursos indivisibles, tales como maquinaria, camiones y la asignación de trabajadores a las tareas.

El redondeo en este caso implica aproximación. Por ejemplo, si el óptimo continuo indica que el "número" de máquinas requeridas es 10.1 esto puede aproximarse a 10. No existe garantía, sin embargo, de que la solución redondeada siempre satisfaga las restricciones. Para destacar además lo inadecuado del redondeo en general, hay que observar que aunque las variables enteras comúnmente se piensa que representan un número discreto de objetos (máquinas, hombres, tareas), otros tipos representan cuantificaciones de algunos códigos.

Este tipo de problemas de optimización de carácter entero puede darse en dos versiones. En la primera se proporciona un cierto espacio con determinado volumen o capacidad, y este debe ser llenado con objetos de valor y volumen o

capacidad especificados. La segunda versión consiste en dividir a un objeto en varias porciones de diferente valor.

### **Actividades Complementarias.**

*Consulte el libro electrónico de consulta que se encuentra en el sitio electrónico de consulta y realice lo siguiente:*

- a) Un diagrama con la programación entera.
- b) Un análisis de de la programación lineal.

Artículo se encuentra en el libro electrónico que se localiza en la siguiente página electrónica de consulta:

**Investigación operativa: modelos y técnicas de optimización**, escrito por Concepción Maroto Álvarez, Javier Alcáraz Soria, Rubén Ruiz García

[http://books.google.com.mx/books?id=pgkQPu7jhV0C&pg=PA161&lpg=PA161&dq=Programaci%C3%B3n+Entera+en+la+secuenciaci%C3%B3n&source=bl&ots=XtKe8lcamt&sig=Brp9m6-Bk6wipw09LdW7styuQFw&hl=es&ei=XBvOSouHLc7S8Aa7yZjzAw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=10#v=onepage&q=Programaci%C3%B3n%20Entera%20en%20la%20secuenciaci%C3%B3n&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=pgkQPu7jhV0C&pg=PA161&lpg=PA161&dq=Programaci%C3%B3n+Entera+en+la+secuenciaci%C3%B3n&source=bl&ots=XtKe8lcamt&sig=Brp9m6-Bk6wipw09LdW7styuQFw&hl=es&ei=XBvOSouHLc7S8Aa7yZjzAw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10#v=onepage&q=Programaci%C3%B3n%20Entera%20en%20la%20secuenciaci%C3%B3n&f=false)

### **4.3. Asignación de n trabajos a m máquinas**

Si la asignación de m máquinas es igual o mayor a tres máquinas de trabajo, no existe ninguna regla simple que proporcione una solución óptima a esta situación.

Para resolver algunos casos se utiliza la regla de Johnson Ampliada, que es la: Programación de n pedidos en tres o más maquinas

Condiciones para obtener la solución óptima:

- a) El tiempo de proceso más corto en la máquina 1 es  $\geq$  tiempo más largo en la máquina 2.
- b) El tiempo de proceso más corto en la máquina 3 es  $\geq$  tiempo más largo en la máquina 2.
- c) Si no se cumplen estas condiciones la solución es cercana a la óptima.

### **Actividades Complementarias.**

Conteste las siguientes preguntas:

- 1) ¿Que es la asignación de n trabajos a m máquinas?
- 2) ¿Cuál es la regla que se utiliza en la programación de n pedidos en tres o más maquinas?