

# ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PROBLEMÁTICA TÁCTICO - OPERATIVA

---

## *6. Programación y control del taller*

Prof. Tomás Grubessich F.  
[tomas.grubessich@usm.cl](mailto:tomas.grubessich@usm.cl)



# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

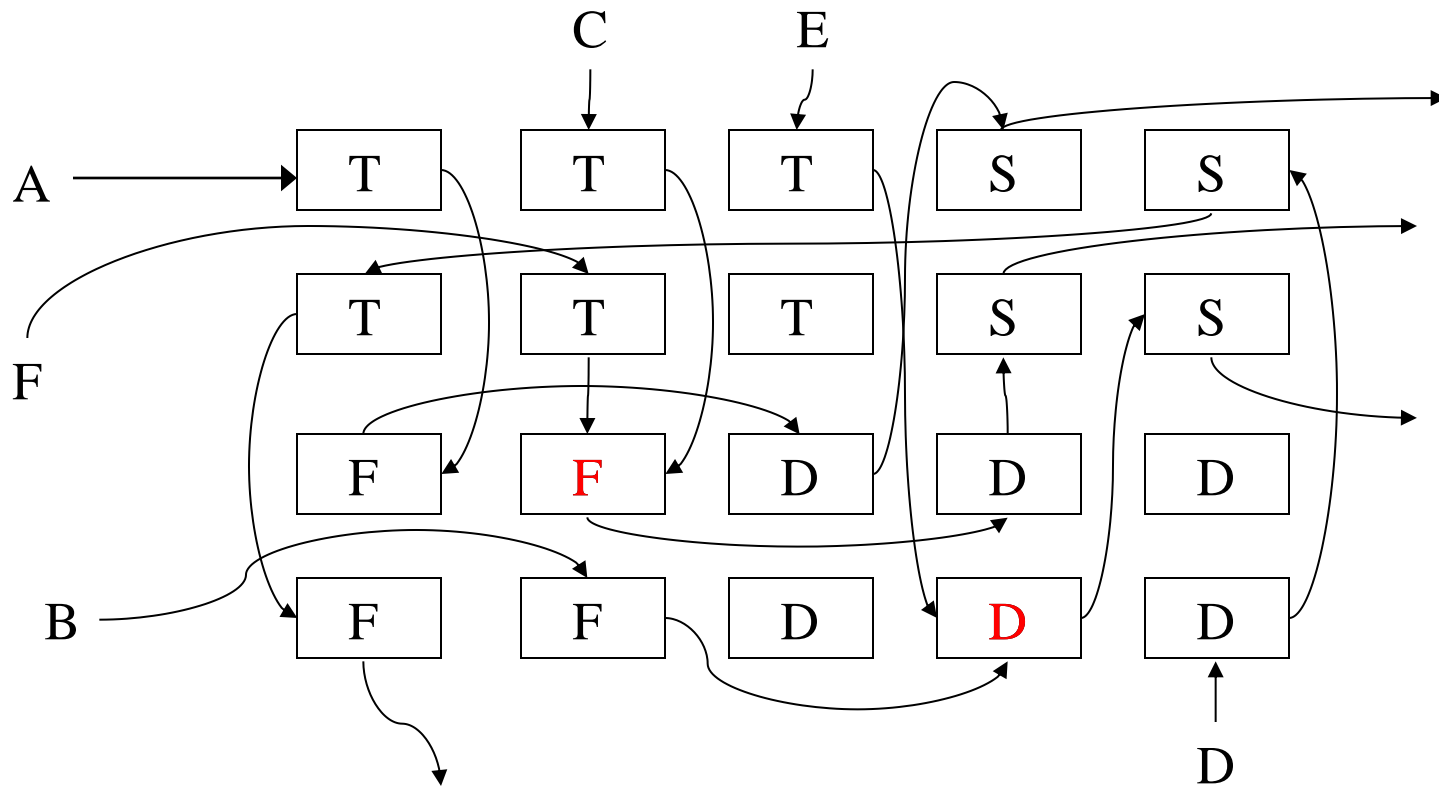
## Producción tipo taller.

Un sistema de producción tipo taller es una organización funcional cuyos centros de trabajo se organizan por tipos de equipos u operaciones (fresado, taladrado, ensamble, soldadura, etc.). Los productos fluyen por los centros de trabajo en lotes que corresponden a los pedidos funcionales.

- Taller de flujo (taller en línea).
- Taller de trabajo (Job shop).

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

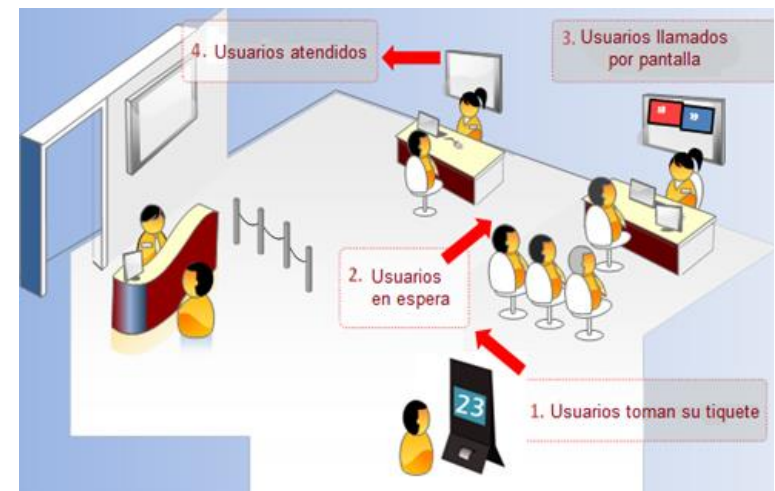
## Producción tipo taller.



# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Producción tipo taller.

En cada estación de trabajo, alguien debe determinar que trabajo convendrá procesar a continuación, porque con frecuencia el ritmo al cual llegan los trabajos a una estación es distinto del ritmo en que la propia estación es capaz de procesarlos, dando como resultado una fila de espera.



# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Programación y control en un sistema tipo taller.

El propósito de la programación de operaciones en el taller de trabajo es dividir el programa maestro de producción en actividades semanales, diarias o por hora, especificando en términos precisos la carga de trabajo planificada para el sistema a muy corto plazo.



# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Programación y control en un sistema tipo taller.

El control de operaciones implica supervisar el avance de los pedidos y cuando sea necesario ajustar la capacidad del sistema para asegurar que se cumpla con el programa maestro de producción.

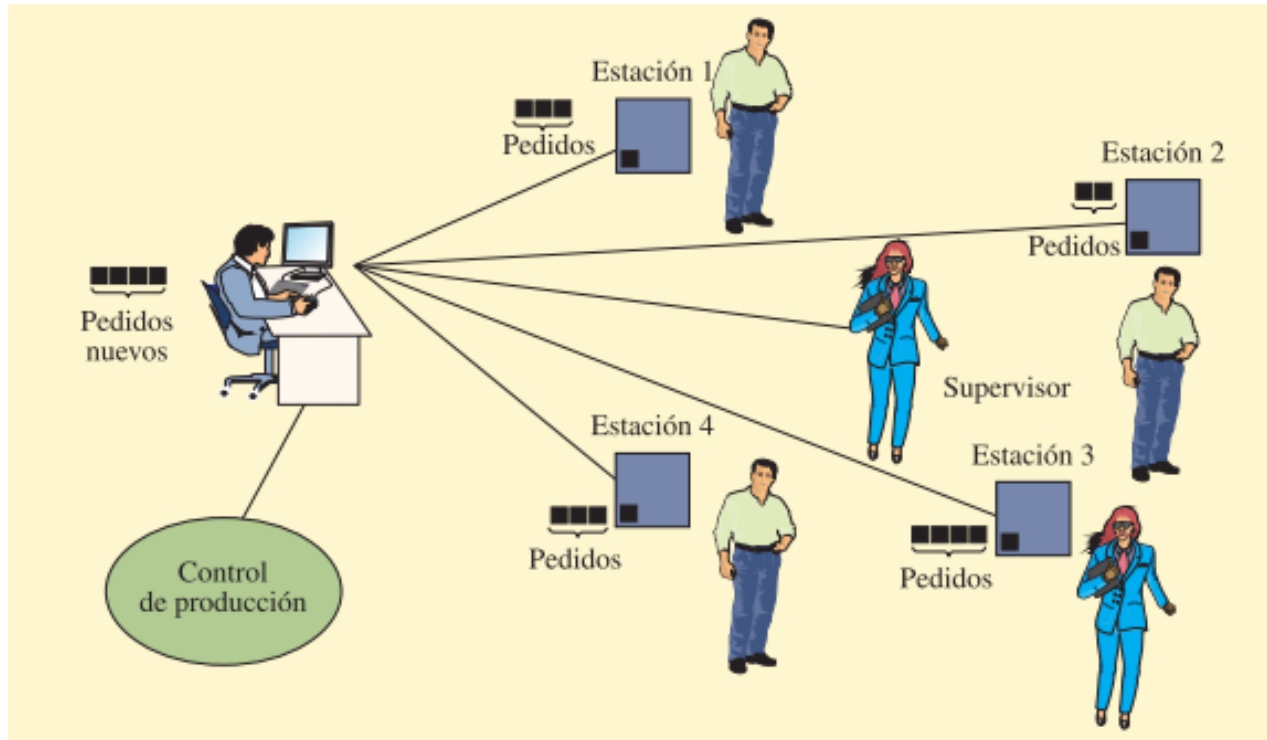
# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Programación y control en un sistema tipo taller.

La programación y control en un sistema tipo taller consiste en:

- Establecimiento de rutas.
- Asignar pedidos, equipos y personal a los centros de trabajo (asignación).
- Elegir la secuencia de tratamiento de los pedidos (programación).
- Ordenar que se inicie la ejecución de cada operación cuando llegue el momento oportuno (lanzamiento o despacho).
- Vigilar el avance de los pedidos a través del sistema (seguimiento).
- Adoptar medidas correctivas en particular para acelerar la producción de pedidos urgentes o retrasados (impulsión).
- Actualización de programas.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.



- **OBJETIVOS:** 1) Cumplir los plazos, 2) Minimizar las demoras, 3) minimizar tiempos o costos de preparación, 4) minimizar el inventario de los trabajos sin terminar, 5) maximizar el aprovechamiento de máquinas y trabajadores



# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Factores claves en la programación de la producción.

- Patrón de llegada de los pedidos (y pedidos retrasados).
- Número y variedad de máquinas del taller.
- Relación entre trabajadores y máquinas en el taller.
- Patrón de flujo de los trabajos por el taller.
- Reglas de prioridad para asignar trabajos.
- Medidas de desempeño para la evaluación del programa.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Patrón de llegada de los pedidos.

Corresponde al proceso de incorporación de un pedido al programa de producción.

- Estático: El pedido espera hasta el siguiente periodo de programación.
- Dinámico. El programa se actualiza de forma inmediata cada vez que llega un pedido, mientras el taller sigue funcionando.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Número y variedad de máquinas del taller.

Conforme aumenta el número y variedad de máquinas es más complejo el problema de programación de actividades.

En general, para  $n$  trabajos, cada uno de los cuales requiere  $m$  máquinas, existen  $(n!)^m$  programas posibles.

## Relación entre trabajadores y máquinas en el taller.

- Sistema limitado por máquinas.
- Sistema limitado por la fuerza de trabajo.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Patrón de flujo de trabajo en el taller.

El patrón de flujo de pedidos en un taller esta entre dos extremos:

- Taller en línea: cuando todos los trabajos siguen la misma ruta de una máquina a otra.
- Taller con rutas aleatorias: donde cada trabajo sigue una ruta específica diferente.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Reglas de prioridad para asignar trabajos - secuenciación.

Al proceso de determinar cual será el primer trabajo que se inicie en una máquina o centro de trabajo se le conoce como secuencia. Las reglas de prioridad son las reglas que se usan para obtener la secuencia de trabajos.

Las siguientes reglas para determinar la secuencia de prioridades se usan comúnmente en la práctica:

- **FCFS** (first come, first served); quien llega primero, se atiende primero. El trabajo que haya llegado primero a la estación de trabajo tendrá la más alta prioridad (también FIFO).

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Reglas de prioridad para asignar trabajos - secuenciación.

- **EDD** (earliest due date); fecha de vencimiento más próxima. El trabajo que tenga la fecha de vencimiento más próxima será programada a continuación.
- **SPT** (shortest processing time); el tiempo de procesamiento más corto. El trabajo que requiera el tiempo de procesamiento más corto en la estación de trabajo será procesado a continuación.
- **LPT** (longest processing time); el tiempo de procesamiento más largo. Los trabajos más largos, grandes o de mayor duración se seleccionan primero.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Reglas de prioridad para asignar trabajos - secuenciación.

### •Razón crítica (CR).

Tiempo que queda  
para entregar

Tiempo faltante  
para terminar

$$CR = \frac{\text{fecha de entrega} - \text{fecha de hoy}}{\text{tiempo total restante en la planta.}}$$

Una razón menor que 1 implica que el trabajo está retrasado con respecto al programa, y una razón mayor que 1 implica que el trabajo está adelantado con respecto al programa. El trabajo con CR más bajo debe programarse como el siguiente en el orden de procesamiento.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Reglas de prioridad para asignar trabajos - secuenciación.

### •Holgura por operaciones restantes (S/RO).

$$S/RO = \frac{(\text{fecha de vencimiento} - \text{fecha de hoy}) - \text{tiempo total restante en planta}}{\text{Número de operaciones restantes}}$$

El trabajo que tenga la S/RO más baja será programado a continuación (dando así prioridad a los trabajos que deben de ser entregados antes y que tienen un mayor número de operaciones restantes).



# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Medidas de desempeño para la evaluación del programa.

Se utilizan las siguientes medidas de desempeño para evaluar un programa de operación.

• **Tiempo del flujo de trabajo.** La cantidad de tiempo de taller que se requerirá para realizar el trabajo.

Tiempo del Flujo de trabajo = Tiempo del Terminación – Tiempo que el trabajo estuvo disponible para la primera operación del procesamiento

Independiente de si comenzó la operación en ese momento o no

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Medidas de desempeño para la evaluación del programa.

•**Lapso de fabricación.** El tiempo necesario para completar un grupo de trabajos.

$$\text{Lapso de fabricación} = \text{Tiempo de Terminación del último trabajo} - \text{Tiempo de inicio del primer trabajo}$$

•**Retraso.** Cantidad de tiempo por la cual un trabajo no fue entregado en la fecha convenida.

•**Inventario de trabajo en proceso (WIP).** Cualquier trabajo que esté en una fila de espera, en tránsito de una operación a la siguiente, rezagado por alguna razón o en proceso, se considera WIP.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Medidas de desempeño para la evaluación del programa.

- **Inventario total.**

- **Utilización.** El porcentaje del tiempo de trabajo empleado productivamente por una máquina o un trabajador.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{tiempo de trabajo productivo}}{\text{tiempo total de trabajo disponible}}$$

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Técnicas y reglas para establecer prioridades.

- Programación de  $n$  trabajos en una sola máquina.

Reglas de prioridad.

- Programación de  $n$  trabajos en 2 máquinas.

Regla de Johnson.

Regla de Jackson. Taller con rutas aleatorias.

- Programación de  $n$  trabajos en  $m$  máquinas.

Simulación.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Técnicas y reglas para establecer prioridades.

El método más utilizado en la industria metalmecánica y metalúrgica nacional para determinar cuál será el primer trabajo que se inicie en una máquina o centro de trabajo, es el método de regla de prioridad (75%).



# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

Ejemplo. Programación de n trabajos en una sola máquina.

Cinco trabajos están esperando ser asignados en el centro de trabajo de un taller metalmecánico. Sus tiempos de proceso y fecha de entrega se muestra en la siguiente tabla.

| Trabajo | Tiempo de procesamiento<br>del trabajo<br>(hr) | Hora programada de entrega del<br>trabajo<br>(hrs hábiles a partir de este momento) |
|---------|--|---|
| A       | 8  | 10  |
| B       | 6  | 12  |
| C       | 15   | 20  |
| D       | 3  | 18  |
| E       | 12   | 22  |

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Ejemplo. Programación de n trabajos en una sola máquina.

Determine la secuencia de procesamiento de acuerdo a las reglas SPT; EDD; LPT. Para cada caso calcular el tiempo promedio del flujo de trabajo (o de tránsito), horas promedio de adelanto, horas promedio de retraso, WIP y el inventario total promedio.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

Ejemplo. Programación de n trabajos en una sola máquina.

Regla:

| Secuencia de trabajos | Inicio del trabajo<br>(hr) | Tiempo de procesamiento<br>(hr) | Tiempo del flujo de trabajo<br>(hr) | Tiempo programado para entrega al cliente<br>(hr) | Tiempo real de entrega al cliente<br>(hr) | Horas de anticipación | Horas de retraso |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---|---|-----------------------|------------------|
|                       |                            |                                 |                                     |   |   |                       |                  |
|                       |                            |                                 |                                     |   |   |                       |                  |
|                       |                            |                                 |                                     |   |   |                       |                  |
|                       |                            |                                 |                                     |   |   |                       |                  |
|                       |                            |                                 |                                     |   |   |                       |                  |

Tiempo promedio del flujo de trabajo =

Horas promedio de adelanto =

Horas promedio de retraso =

WIP promedio =

Inventario total promedio =



# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

Ejemplo. Programación de n trabajos en una sola máquina.

| Regla | Tiempo promedio del flujo de trabajo | Horas promedio de adelanto | Horas promedio de retraso | Wip promedio | Inventario total promedio |
|-------|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| FCFS  |                                      |                            |                           |              |                           |
| SPT   |                                      |                            |                           |              |                           |
| EDD   |                                      |                            |                           |              |                           |
| LPT   |                                      |                            |                           |              |                           |

En general, SPT es mejor que otras reglas en cuanto a tiempo promedio de flujo de trabajo. Su principal inconveniente es que nunca se inician los trabajos grandes si siguen llegando pequeños. Para solucionarlo se utiliza el SPT *truncado*.

**SPT-T scheduling rule.**

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

Regla de Johnson: programar n trabajos en dos máquinas.

Este método se utiliza cuando se tienen que procesar dos o más trabajos en dos máquinas en secuencia común. El objetivo de este procesamiento es minimizar el *lapso de fabricación*, desde el inicio del primer trabajo hasta la conclusión del último.



# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

Regla de Johnson: programar  $n$  trabajos en dos máquinas.

La regla de Johnson consiste en:

**Paso 1.** Todos los trabajos deben registrarse en una lista, así como los tiempos de proceso en cada máquina.

**Paso 2.** Se selecciona el trabajo con el menor tiempo de actividad. Si el menor tiempo cae con la primera máquina, el trabajo se programa primero. Si el menor tiempo cae con la segunda máquina, el trabajo se programa al final. Los empates se pueden romper en forma arbitraria.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

Regla de Johnson: programar n trabajos en dos máquinas.

**Paso 3.** Una vez que el trabajo esta programado, se debe eliminar.

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

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Ejemplo. Regla de Johnson

En un taller de juguetes se deben procesar 5 trabajos específicos a través de dos centros de trabajo (ensamble y empaque). El tiempo para procesar cada trabajo se muestra a continuación.

| Tiempo de procesamiento (en horas) |                                   |                                  |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Trabajo                            | Centro de trabajo 1<br>(ensamble) | Centro de trabajo 2<br>(empaque) |
| A                                  | 5                                 | 2                                |
| B                                  | 3                                 | 6                                |
| C                                  | 8                                 | 4                                |
| D                                  | 10                                | 7                                |
| E                                  | 7                                 | 12                               |

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Ejemplo. Regla de Johnson

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

|                  |  |  |  |  |  |
|------------------|--|--|--|--|--|
| Centro trabajo 1 |  |  |  |  |  |
| Centro trabajo 2 |  |  |  |  |  |

|                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Centro de trabajo 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Centro de trabajo 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

Taller de rutas aleatorias, con 2 máquinas y n pedidos ( Jackson).

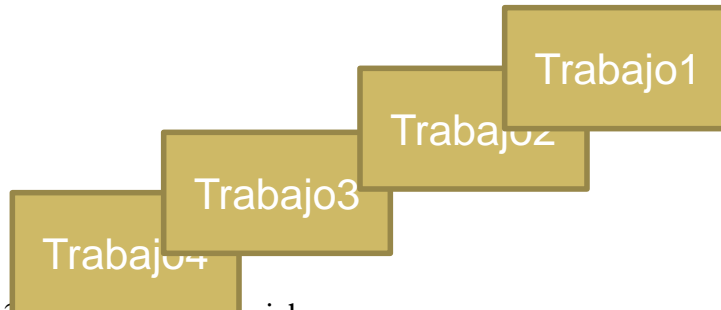
Este método se utiliza cuando se tiene que procesar dos o más trabajos en dos máquinas en secuencia aleatoria. El objetivo de este procesamiento es minimizar el *lapso de fabricación*, desde el inicio del primer trabajo hasta la conclusión del último.



A



B



# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

Taller de rutas aleatorias, con 2 máquinas y n pedidos ( Jackson).

El método de Jackson consiste en:

**Paso 1.** Todos los trabajos deben registrarse en una lista, así como los tiempos de proceso en cada máquina y el orden que deben seguir en las máquinas.

**Paso 2.** Ordenar los pedidos de (AB) y los de (BA) por el método Johnson.

**Paso 3.** Ordenar los pedidos de (A) y de (B) arbitrariamente.



# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

Taller de rutas aleatorias, con 2 máquinas y n pedidos ( Jackson).

**Paso 4.** Programar en la máquina A, en primer lugar los pedidos de (AB), en segundo lugar los pedidos de (A), en tercer lugar los pedidos de (BA).

**Paso 5.** Programar la máquina B, en primer lugar los pedidos de (BA), en segundo lugar los pedidos de (B), en tercer lugar los pedidos de (AB).

# Ejemplo

**En la tabla se presentan los tiempos de proceso para cada trabajo y el orden que deben seguir en las máquinas A y B.**

| <b>Trabajo</b> | <b>Máquina A</b> | <b>Máquina B</b> | <b>Orden</b> |
|----------------|------------------|------------------|--------------|
| 1              | 20               | 0                | A            |
| 2              | 70               | 40               | A-B          |
| 3              | 30               | 60               | A-B          |
| 4              | 0                | 70               | B            |
| 5              | 10               | 30               | A-B          |
| 6              | 30               | 10               | B-A          |
| 7              | 20               | 70               | B-A          |
| 8              | 0                | 40               | B            |
| 9              | 40               | 0                | A            |

# Ejemplo

**Siguen el proceso A-B**

| <b>Trabajo</b> | <b>A</b> | <b>B</b> |
|----------------|----------|----------|
| 2              | 70       | 40       |
| 3              | 30       | 60       |
| 5              | 10       | 30       |

**Ordenando utilizando Johnson, el orden óptimo es : 5 - 3 – 2**

**Para los que siguen B-A**

| <b>Trabajo</b> | <b>A</b> | <b>B</b> |
|----------------|----------|----------|
| 6              | 10       | 30       |
| 7              | 70       | 20       |

**Ordenando utilizando Johnson, el orden óptimo es: 6 - 7**

# Ejemplo

- Para los que siguen solo la máquina A la secuencia es:  
 $1 - 9$
- Para los que siguen solo la máquina B la secuencia es:  
 $4 - 8$
- La óptima secuencia para la máquina A es:  
 $(5 - 3 - 2) - (1 - 9) - (6 - 7)$
- La óptima secuencia para la máquina B es:  
 $(6 - 7) - (4 - 8) - (5 - 3 - 2)$

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Ejemplo: Jackson.

Un taller metalmecánico debe procesar 10 trabajos específicos a través de 2 centros de trabajo (soldadura y fresa). El tiempo para procesar cada trabajo y su orden de procesamiento se muestra a continuación.

| Trabajo | Centro de trabajo A<br>(soldadura) | Centro de trabajo B<br>(fresado) | Orden |
|---------|------------------------------------|----------------------------------|-------|
| 1       | 20                                 | 0                                | A     |
| 2       | 70                                 | 40                               | A-B   |
| 3       | 30                                 | 60                               | A-B   |
| 4       | 0                                  | 70                               | B     |
| 5       | 10                                 | 30                               | A-B   |
| 6       | 30                                 | 10                               | B-A   |
| 7       | 20                                 | 70                               | B-A   |
| 8       | 0                                  | 40                               | B     |
| 9       | 40                                 | 0                                | A     |

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

Ejemplo: Jackson.

Paso 2. Secuencia de trabajos A-B.

Paso 2. Secuencia de trabajo B-A

Paso 3. Secuencia de trabajos A.

Paso 3. Secuencia de trabajos B.

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

Ejemplo: Jackson.

Paso 4. Programa centro trabajo A.

Paso 5. Programa centro trabajo B.

|                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Centro de trabajo B |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Centro de trabajo A |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# PROGRAMACION Y CONTROL DE TALLER.

## Observaciones:

- La cantidad de programas factibles será  $(n!)^m$  si  $n$  es la cantidad de pedidos o trabajos y  $m$  las máquinas por las que tienen que pasar éstos.
- Las horas y días de programación pueden estar sujetos a horas y días hábiles solamente
- Una buena forma de evaluar programas es contabilizar multas por incumplimientos con clientes
- Puede contabilizarse el % de disminución del lapso de fabricación con mejores programas
- La utilización vs tiempo muerto de cada máquina respecto a su lapso de fabricación.