

# Administración de la Producción

## Tema 5

# Selección del proceso y distribución de instalaciones

**Profesor:**

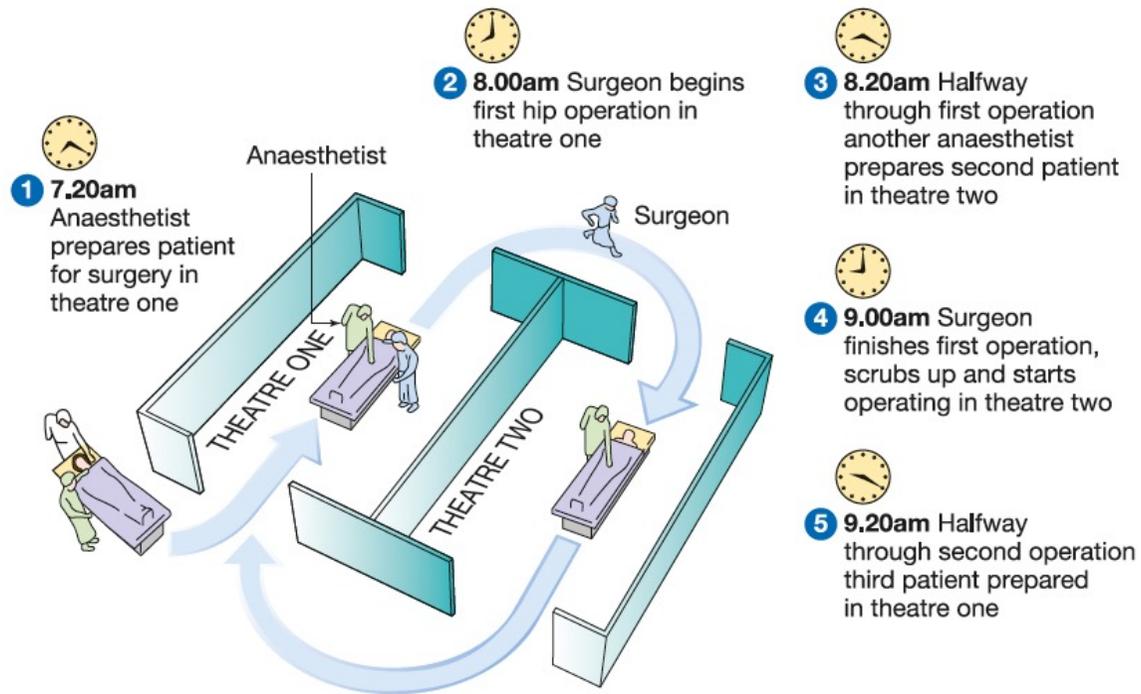
Ricardo Caballero, M.Sc.

✉ [ricardo.caballero@utp.ac.pa](mailto:ricardo.caballero@utp.ac.pa)



# Selección del proceso

- Una **estrategia de proceso** es el enfoque de una organización para transformar los recursos en bienes y servicios.
- El objetivo es crear un proceso que pueda producir ofertas que satisfagan los requisitos del cliente dentro de los costos y otras restricciones administrativas.

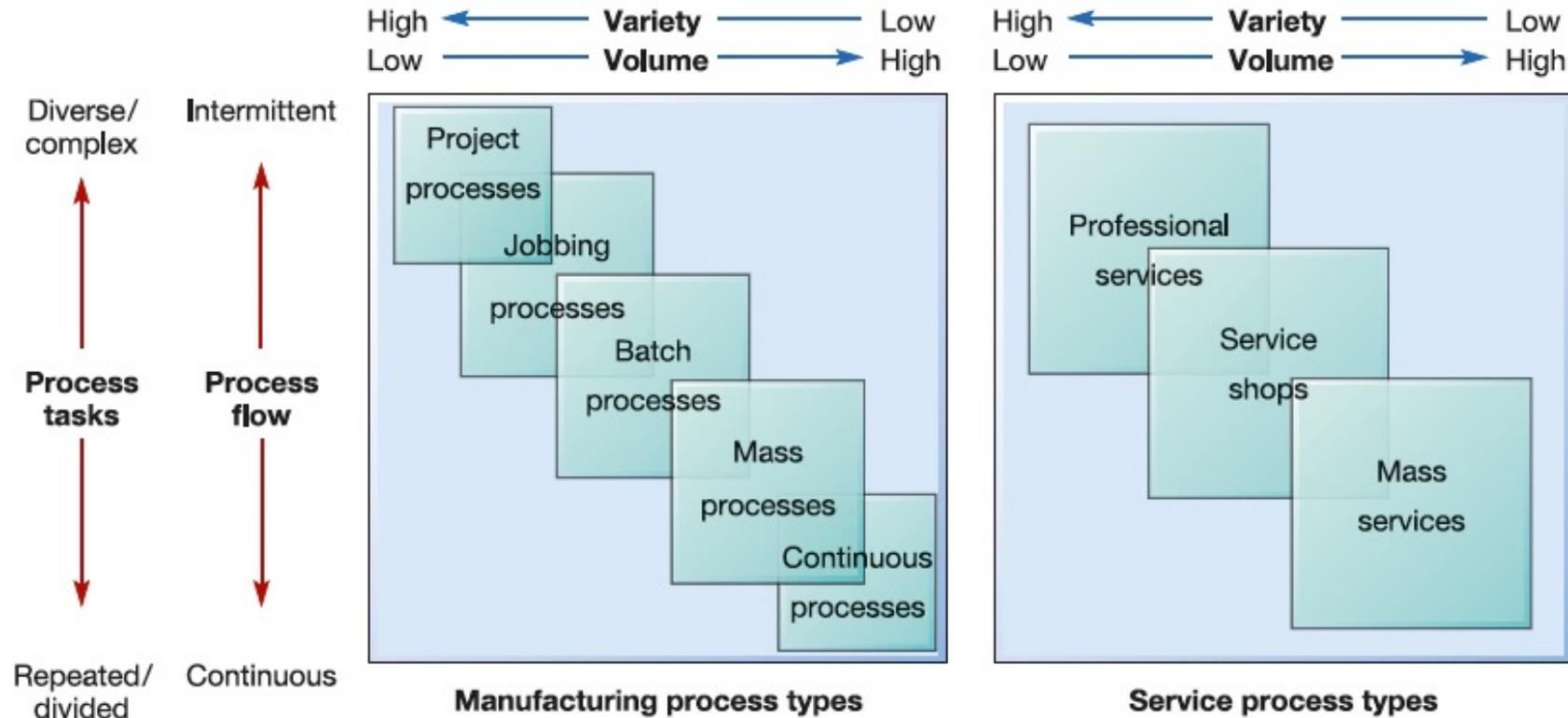


La elección del proceso depende de la demanda. Las dos preguntas clave en la selección de procesos son:

- ¿Cuánta variedad necesitará el proceso para ser capaz de manejar?
- ¿Cuánto volumen necesitará el proceso para ser capaz de manejar?

# Diferentes tipos de procesos implican diferentes características de variedad de volumen

- Diferentes estructuras de proceso proporcionan diferentes capacidades.
- La estructura del proceso determina cómo se organizan las entradas, actividades, flujos y salidas de un proceso.



## Matriz producto-proceso

Categoriza los procesos en estructuras basadas en el volumen de producción y la variedad.

# Comparación de tipos de procesos

Process Type	Output Characteristics	Example	Process Characteristics
Project	Unique One of a kind	Custom home Designing a video game	Unique sequencing High complexity Employees and equipment must be flexible Activities are often outsourced to specialists
Job shop	Customized, low volume	Auto repair Beauty salon Copy shop	High variety of inputs and process flows Job sequencing is challenging High work-in-process inventory Highly skilled, flexible workers General-purpose equipment
Batch	Moderate volume and variety	Bakery Automotive parts Cinema	Dominant flow patterns Some common inputs Setup time can be high Moderately flexible employees and equipment
Repetitive process	Standard products with a range of options	Appliances Automobiles Buffet restaurant	All products follow the same sequence Standard methods and materials are used Low-skilled workers specialize in completing a limited number of activities
Continuous process	Commodities with high volume, little variety	Aluminum cans Laundry detergent Gasoline	Products follow sequence Operations often run 24/7 Line stoppages are very costly Highly specialized equipment Low-skilled operators



Source: Shutterstock.com: Art Clausen

**Project**



**Job shop**



Don Tremain/Getty Images

**Batch process**



**Repetitive process**



vichie811238F

**Continuous process**

# Volume and variety influence process choice

	High variety	Moderate variety	Low variety	Very low variety
Low or very low volume	<b>Job Shop</b> repair shop emergency room			
Moderate volume		<b>Batch</b> commercial bakery classroom lecture		
High volume			<b>Repetitive</b> assembly line automatic car wash	
Very high volume				<b>Continuous Flow</b> petroleum refining water treatment

	Job Shop	Batch	Repetitive/ Assembly	Continuous
Description	Customized goods or services	Semi-standardized goods or services	Standardized goods or services	Highly standardized goods or services
Advantages	Able to handle a wide variety of work	Flexibility; easy to add or change products or services	Low unit cost, high volume, efficient	Very efficient, very high volume
Disadvantages	Slow, high cost per unit, complex planning and scheduling	Moderate cost per unit, moderate scheduling complexity	Low flexibility, high cost of downtime	Very rigid, lack of variety, costly to change, very high cost of downtime

Activity/ Function	Job Shop	Batch	Repetitive	Continuous	Projects
<b>Cost estimation</b>	Difficult	Somewhat routine	Routine	Routine	Simple to complex
<b>Cost per unit</b>	High	Moderate	Low	Low	Very high
<b>Equipment used</b>	General purpose	General purpose	Special purpose	Special purpose	Varied
<b>Fixed costs</b>	Low	Moderate	High	Very high	Varied
<b>Variable costs</b>	High	Moderate	Low	Very low	High
<b>Labor skills</b>	High	Moderate	Low	Low to high	Low to high
<b>Marketing</b>	Promote capabilities	Promote capabilities; semi-standardized goods and services	Promote standardized goods/services	Promote standardized goods/services	Promote capabilities
<b>Scheduling</b>	Complex	Moderately complex	Routine	Routine	Complex, subject to change
<b>Work-in-process inventory</b>	High	High	Low	Low	Varied

# Alineación de la estructura del proceso y la orientación del mercado

Hay cuatro orientaciones de marketing diferentes; cada uno ofrece un nivel diferente de servicio en términos de tiempo de entrega y personalización.

## Engineer to Order (ETO)

Productos únicos y personalizados que generalmente tienen largos plazos de entrega.

## Make to Order (MTO)

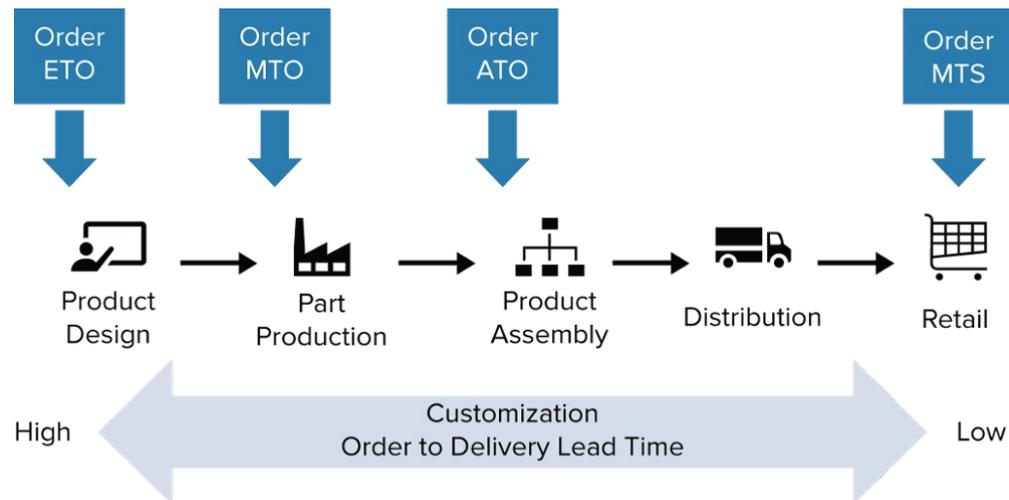
Productos que tienen diseños similares pero que se personalizan durante la producción.

## Assemble to Order (ATO)

Productos que se fabrican a partir de componentes y módulos estándar.

## Make to Stock (MTS)

Productos terminados que se mantienen en inventario antes de los pedidos de los clientes.



# Diseño de instalaciones

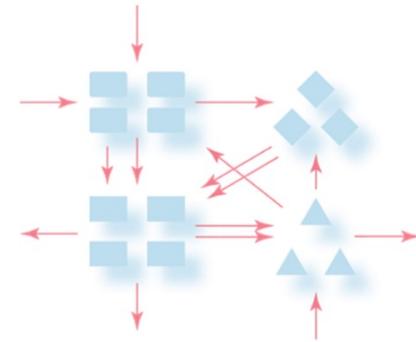
El **diseño** se refiere a la configuración de departamentos, centros de trabajo y equipos, con especial énfasis en el movimiento de trabajo (clientes o materiales) a través del sistema.

El objetivo básico del diseño de distribución es facilitar un flujo fluido de trabajo, material e información a través del sistema.

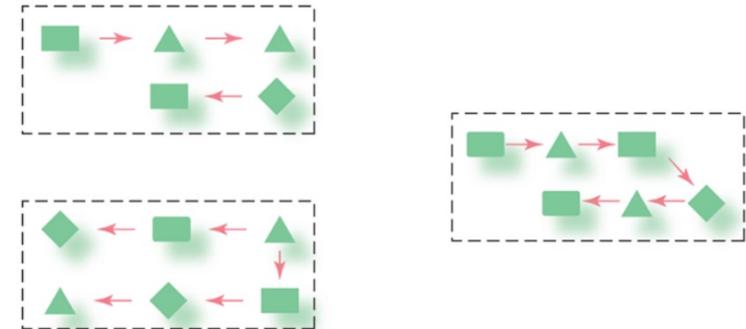
Objetivos generales de la planificación del diseño de instalaciones:

- Facilitar el logro de la calidad del producto o servicio.
- Para utilizar los trabajadores y el espacio de manera eficiente.
- Para evitar cuellos de botella.
- Para minimizar los costos de manejo de materiales.
- Eliminar movimientos innecesarios de trabajadores o materiales.
- Para minimizar el tiempo de producción o el tiempo de atención al cliente.
- Diseñar para la seguridad.

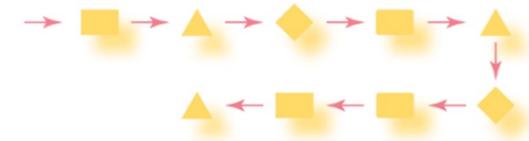
Functional Layout



Cellular Layout



Product Layout



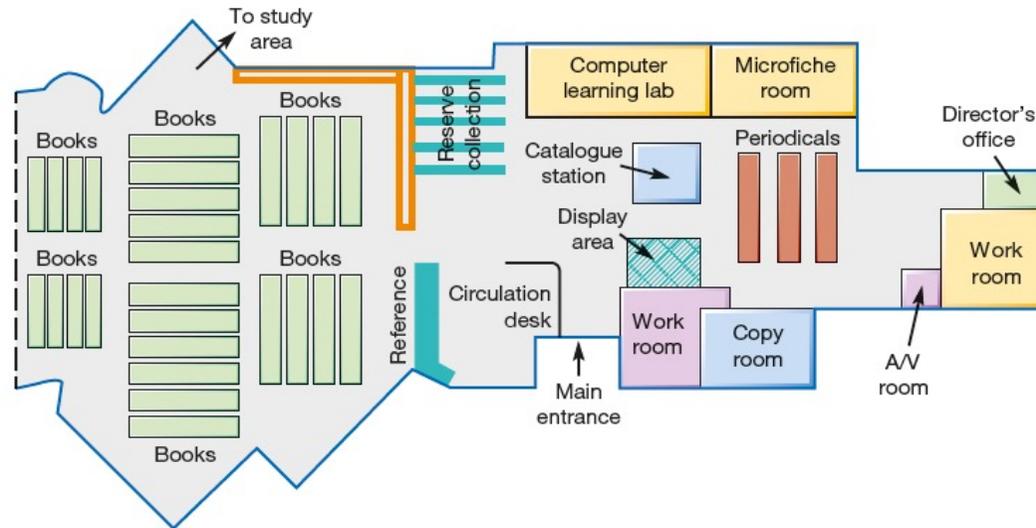
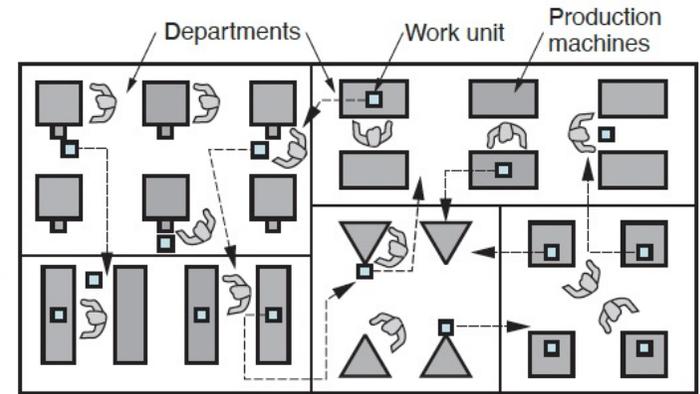
# Diseño de instalaciones: Diseño Funcional

Un diseño que agrupa recursos similares

A veces llamado diseño departamental

Algunos ejemplos son: gimnasios, centros de copiado, bibliotecas

En la fabricación, los talleres de trabajo y los procesos por lotes suelen utilizar un diseño funcional en el que se agrupan los centros de trabajo que utilizan los mismos tipos de equipos.



# Diseño de instalaciones: Célula de trabajo

Estaciones de trabajo dispuestas en pequeñas líneas de ensamblaje para fabricar familias de productos con necesidades de procesamiento similares.

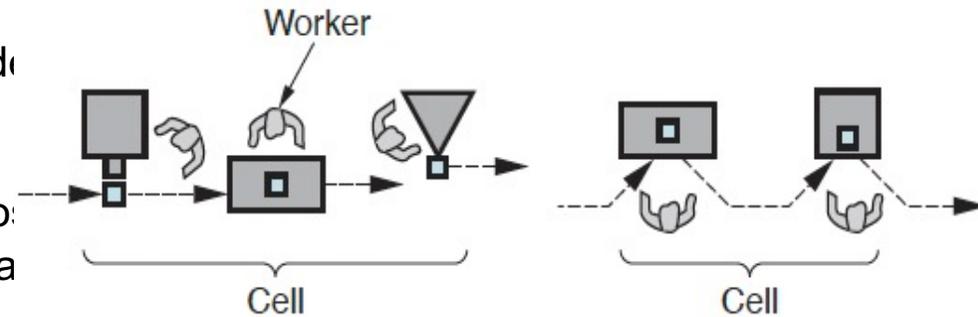
Diseño en el que las estaciones de trabajo se agrupan en una celda que puede procesar elementos que tienen requisitos de procesamiento similares

Las agrupaciones están determinadas por las operaciones necesarias para realizar el trabajo de un conjunto de artículos, **piezas o familias de productos** similares que requieren un procesamiento similar.

Las celdas se convierten, en efecto, en versiones en miniatura de diseños de productos.

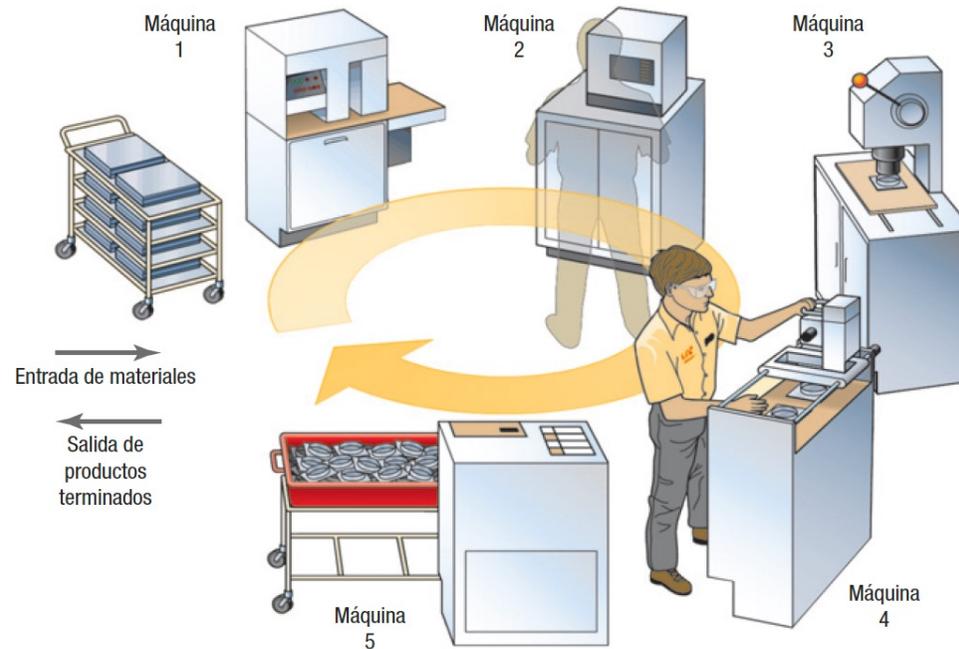
Permite a las empresas producir una variedad de productos con muy poco desperdicio.

Las celdas pueden hacer que los talleres o los procesos por lotes sean más eficientes, o aumenta la flexibilidad de los procesos repetitivos.



# Diseño de instalaciones: Célula de trabajo

Célula formada por una persona en la que un trabajador opera varias máquinas diferentes al mismo tiempo para producir un flujo en línea.



# Célula de trabajo: Tecnología de grupo

La agrupación en familias de artículos con diseño o características de fabricación similares.

## Características de diseño:

- Tamaño
- Forma
- Función

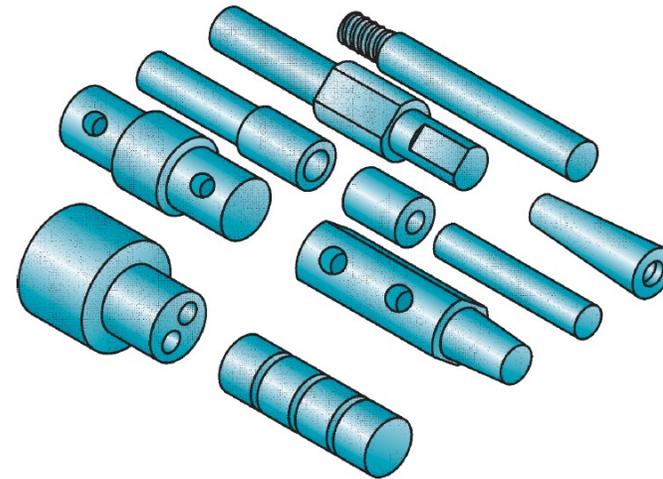
## Características de manufactura o proceso:

- Tipo de operaciones requeridas
- Secuencia de operaciones requerida

Requiere un análisis sistemático de las piezas para identificar las familias de piezas



Un grupo de piezas con requisitos de proceso de fabricación similares pero diferentes atributos de diseño.



Diez piezas que son diferentes en tamaño y forma, pero bastante similares en términos de fabricación. Todas las piezas se mecanizan a partir de material cilíndrico mediante torneado; algunas partes requieren perforación y/o fresado.

# Célula de trabajo: Balanceo de células de trabajo

---

## Takt time

- El tiempo de ciclo máximo permitido en cada estación de trabajo.
- Es el tiempo de ciclo necesario en un sistema de producción para hacer coincidir el ritmo de producción con la tasa de demanda.
- (similar al tiempo de ciclo) el tiempo entre los elementos que emergen de un proceso, por lo general se aplica a los procesos de 'ritmo'

## Cómo balancear una célula de trabajo?

1. Determinar el Takt Time
  - a. Determine el tiempo neto disponible por turno restando cualquier tiempo improductivo del tiempo total del turno.
  - b. Si hay más de un turno por día, multiplique el tiempo neto por turno por el número de turnos para obtener el tiempo neto disponible por día.
  - c. Calcule el tiempo takt dividiendo el tiempo disponible neto por la demanda.
2. Determinar el número de operadores necesarios

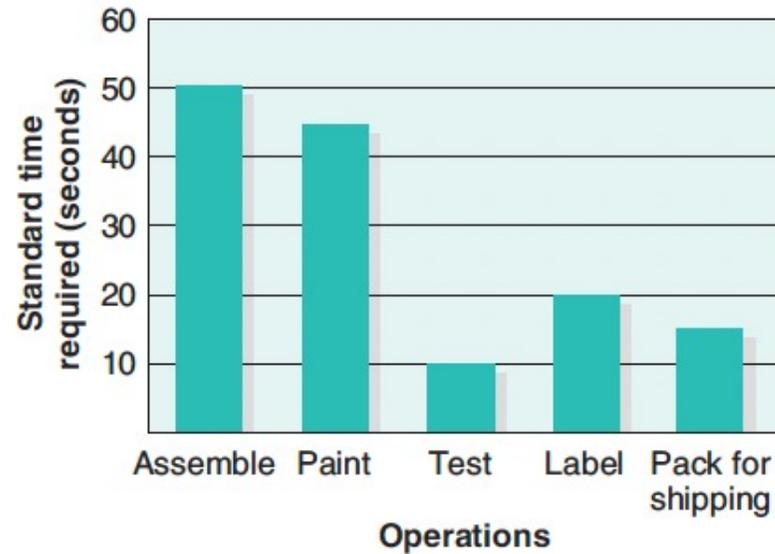
## Formulas

$$Takt\ Time = \frac{Total\ work\ time\ available\ (available\ production\ time\ per\ day)}{Units\ required\ to\ satisfy\ customer\ demand\ (output\ needed\ per\ day)}$$

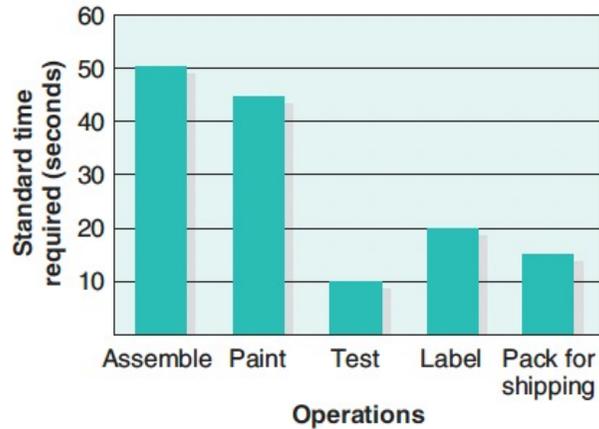
$$Workers\ required = \frac{Total\ operation\ time\ required}{Takt\ time}$$

## Ejemplo 1: Balanceo de células de trabajo

La empresa X fabrica espejos para automóviles. El principal cliente es la planta de Honda cercana. Honda espera que se entreguen 600 espejos diariamente, y la celda de trabajo que produce los espejos está programada para 8 horas. La empresa X desarrolla un gráfico de balanceo de trabajo y quiere determinar el tiempo takt y la cantidad de trabajadores necesarios.



# Ejemplo 1: Balanceo de células de trabajo



$$Takt\ Time = \frac{\text{available production time per day}}{\text{output needed per day}}$$

$$Takt\ Time = \frac{(8\ \text{hours} \times 60\ \text{minutes})}{600\ \text{units}}$$

$$Takt\ Time = 0.8\ \text{minutos} \rightarrow 48\ \text{segundos}$$

$$Nr.\ \text{trabajadores requeridos} = \frac{\text{Total operation time required}}{\text{Takt time}}$$

$$Nr.\ \text{trabajadores requeridos} = \frac{50 + 45 + 10 + 20 + 15}{48}$$

$$Nr.\ \text{trabajadores requeridos} = 2.92 \rightarrow 3$$

Para producir una unidad cada 48 segundos se requerirán 2,92 personas.

Con tres operadores esta celda de trabajo estará produciendo una unidad cada 46,67 segundos (140 segundos/3 empleados = 46,67) y 617 unidades por día (480 minutos disponibles X 60 segundos/46,67 segundos para cada unidad = 617).

## Ejemplo 2: Balanceo de células de trabajo

---

Dada la siguiente información, calcule el tiempo takt: El tiempo total por turno es de 480 minutos por día y hay dos turnos por día. Hay dos pausas de descanso de 20 minutos y una pausa para el almuerzo de 30 minutos por turno. La demanda diaria es de 80 unidades.

1. Calcule el tiempo neto disponible por turno::

Tiempo total	480 minutos
Descansos	- 40 minutos
Almuerzo	<u>- 30 minutos</u>
	410 minutos por turno

2. Calcule el tiempo neto disponible por día

$$410 \text{ minutos por turno} \times 2 \text{ turnos/día} = 820 \text{ minutos por día}$$

3. Calcular el tiempo takt

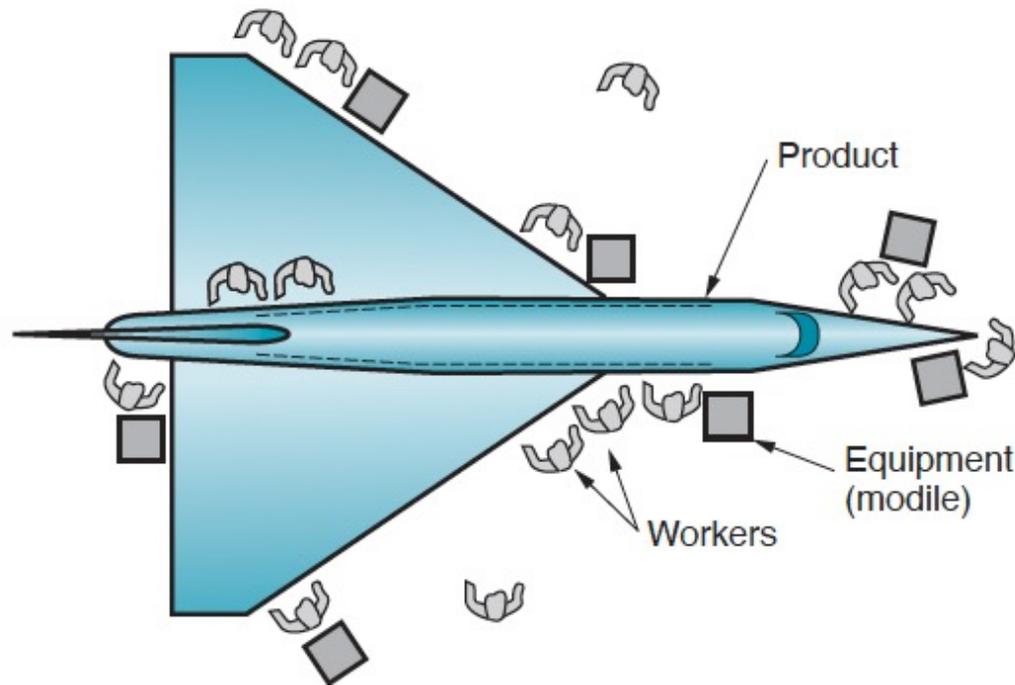
$$\text{Takt Time} = \frac{\text{tiempo disponible neto por día}}{\text{Demanda diaria}} = \frac{820 \text{ minutos por día}}{80 \text{ units por día}} = 10.25 \text{ minutos por ciclo}$$

# Diseño de instalaciones: Diseño de posición fijo

El diseño utilizado cuando el producto no se puede mover durante la producción

Los diseños de posición fija generalmente se usan para proyectos que involucran productos grandes como casas, edificios, puentes, barcos grandes, aviones y naves espaciales.

Producción de baja cantidad (1 – 100 unidades/año)



# Diseño de instalaciones: Diseño de producto (línea)

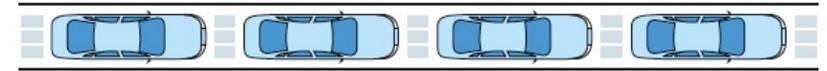
Diseño que utiliza operaciones de procesamiento estandarizadas para lograr un flujo fluido, rápido y de alto volumen

Un diseño en el que los recursos se organizan de acuerdo con una secuencia de actividades que ocurren regularmente.

El flujo de productos o clientes es visible y fácil de rastrear.

Algunos ejemplos: ensamblaje de automóviles, cafetería de autoservicio, programa de inmunización masiva.

Conventional lengthways assembly line



New Toyota sideways line



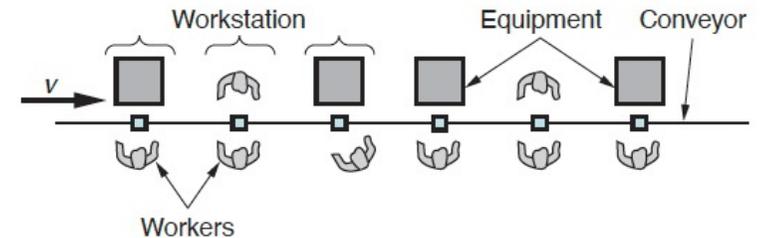
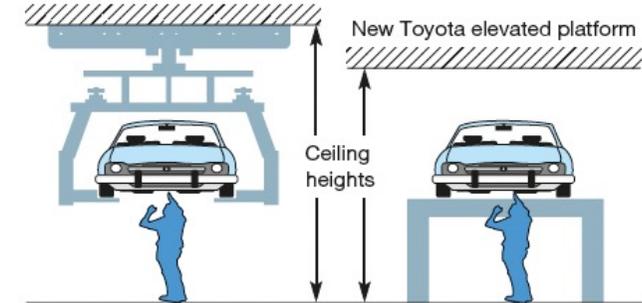
## Advantages

- Alta tasa de producción
- Bajo costo unitario
- Especialización laboral
- Bajo costo de manejo de materiales por unidad
- Alta utilización de mano de obra y equipo.
- Enrutamiento y programación establecidos
- Contabilidad de rutina, compras y control de inventario.

## Disadvantages

- Crea trabajos aburridos y repetitivos
- Es posible que los trabajadores poco calificados no mantengan el equipo o la calidad de la producción
- Bastante inflexible a los cambios en el volumen o en el diseño del producto o proceso
- Altamente susceptible a las paradas
- El mantenimiento preventivo, la capacidad de reparación rápida y los inventarios de repuestos son gastos necesarios
- Los planes de incentivos individuales no son prácticos

Conventional overhead chassis frame



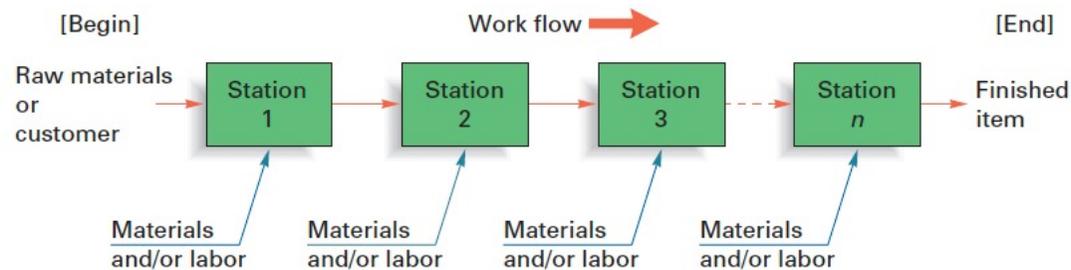
# Diseño de instalaciones: Diseño de producto (línea)

Los diseños de productos se utilizan para lograr un flujo fluido y rápido de grandes volúmenes de bienes o clientes a través de un sistema. Esto es posible gracias a bienes o servicios altamente estandarizados que permiten un procesamiento repetitivo altamente estandarizado. El trabajo se divide en una serie de tareas estandarizadas, lo que permite la especialización del equipo y la división del trabajo.

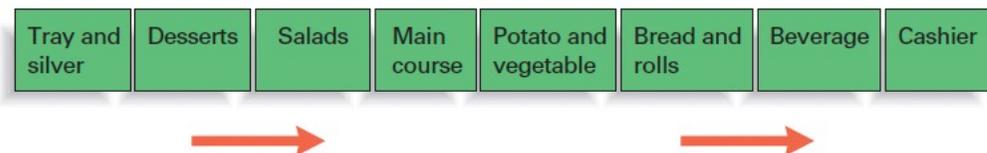
**Línea de producción** Diseño estandarizado dispuesto de acuerdo con una secuencia fija de tareas de producción.

**Línea de montaje** Disposición estandarizada dispuesta según una secuencia fija de tareas de montaje.

Una línea de flujo para producción o servicio.



Línea en una cafetería



# Comparación de los diseños de instalaciones

Manufacturing Process Type	Potential Layout Types		Service Process Type
Project	Fixed-position layout Functional layout	Fixed-position layout Functional layout Cell layout	Professional Service
Jobbing	Functional layout Cell layout		
Batch	Functional layout Cell layout	Functional layout Cell layout	Service Shop
Mass	Cell layout Product layout		
Continuous	Product layout	Cell layout Product layout	Mass Service

# Balaneo de línea

---

El objetivo del diseño de un producto es organizar a los trabajadores o máquinas en la secuencia en que se deben realizar las operaciones.

**Balaneo de línea:** el proceso de asignación de tareas a las estaciones de trabajo de tal manera que las estaciones de trabajo tengan requisitos de tiempo aproximadamente iguales.

## Objetivo:

Obtener una agrupación de tareas que represente requisitos de tiempo aproximadamente iguales, ya que esto minimiza el tiempo de inactividad a lo largo de la línea y da como resultado una alta utilización de equipos y mano de obra

## Por qué es importante?

1. Nos permite utilizar la mano de obra y el equipo de manera más eficiente.
2. Para evitar problemas de equidad que surgen cuando una estación de trabajo debe trabajar más que otra

## Pasos

1. Desarrollar un diagrama de precedencia para la línea de montaje.
2. Calcular el tiempo del ciclo
3. Calcular el número mínimo teórico de estaciones de trabajo
4. Balancee la línea usando una de las heurísticas de balanceo de línea

## Ejemplo 3: Balanceo de línea

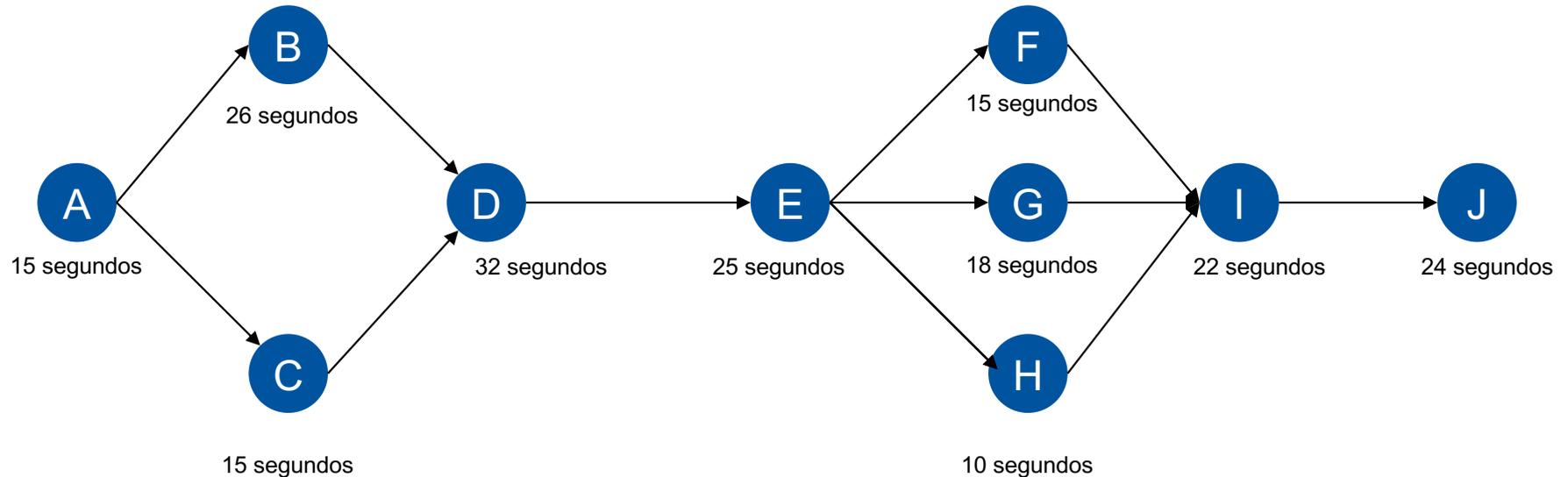
Un pequeño fabricante por contrato, Empresa A, acaba de firmar un contrato para ensamblar, probar y empaquetar productos para otra empresa. El contrato establece que debe producir 500 unidades por jornada de ocho horas. La lista de tareas, incluidos los requisitos de tiempo y los predecesores inmediatos, es la siguiente

TAREA	TIEMPO (en seg)	PREDECESOR INMEDIATO
A	15	-
B	26	A
C	15	A
D	32	B, C
E	25	D
F	15	E
G	18	E
H	10	E
I	22	F, G, H
J	24	I
Tiempo total	202	

## Ejemplo 3: Balanceo de línea

Ahora que la empresa ganó el negocio, Fulanito, el fundador de la empresa, decidió montar una línea para fabricar las unidades. Sabe que tendrá que dotar de personal a cada estación de trabajo con uno de sus empleados. Por lo tanto, no quiere tener más estaciones de trabajo de las necesarias y le gustaría reducir al mínimo su tiempo de inactividad.

Como primer paso, Fulanito dibuja el diagrama de precedencia para las distintas tareas.



## Ejemplo 3: Balanceo de línea

---

A continuación, Fulanito calcula el tiempo de ciclo máximo permitido, o takt time, para la línea propuesta.

$$Takt\ time = \frac{\text{tiempo de producción disponible}}{\text{tasa de producción requerida}} = \frac{28,800\ \text{segundos}}{500\ \text{unidades por día}} = 57.6\ \text{segundos}$$

Con esta información, Fulanito calcula el número mínimo teórico de estaciones de trabajo

$$W_{min} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{Takt\ time} = \frac{202\ \text{segundos}}{57.6\ \text{segundos}} = 3.51 \rightarrow 4\ \text{estaciones de trabajo}$$

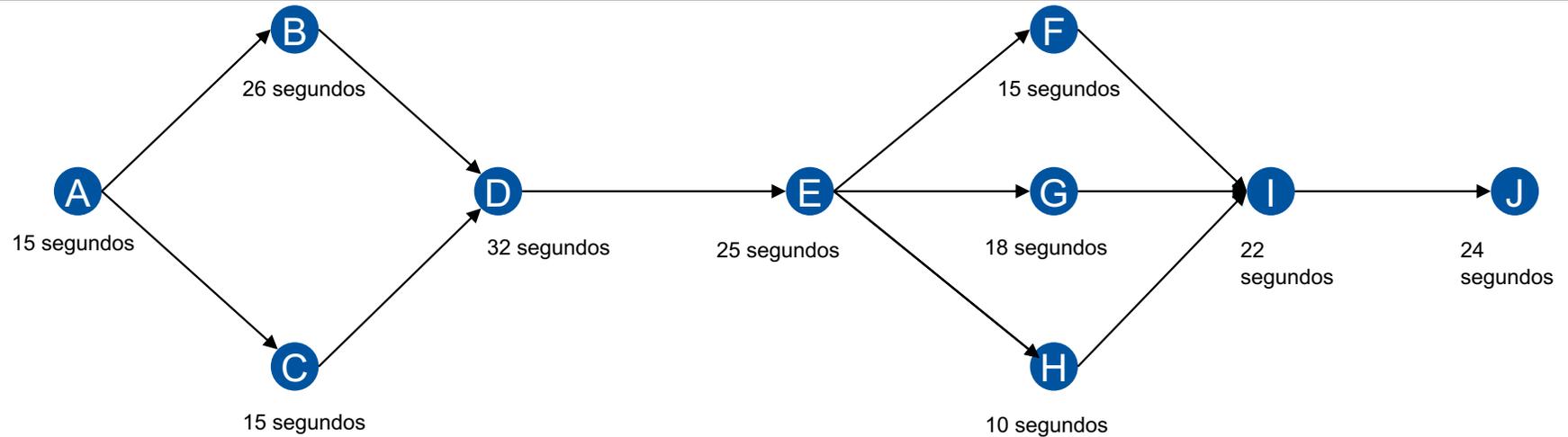
## Ejemplo 3: Balanceo de línea

---

Ahora que Fulanito conoce el takt time y el número mínimo teórico de estaciones de trabajo que se necesitarán, comienza a asignar tareas a las estaciones de trabajo. Ha decidido utilizar las siguientes reglas de decisión:

1. Asigne la tarea elegible más grande que se pueda agregar a la estación de trabajo sin exceder el tiempo takt.
2. Si hay un empate, asigne la tarea elegible con la mayor cantidad de tareas directamente dependientes de ella.
3. Si todavía hay empate, elegir al azar entre cualquiera de las tareas que cumplan con los dos criterios anteriores

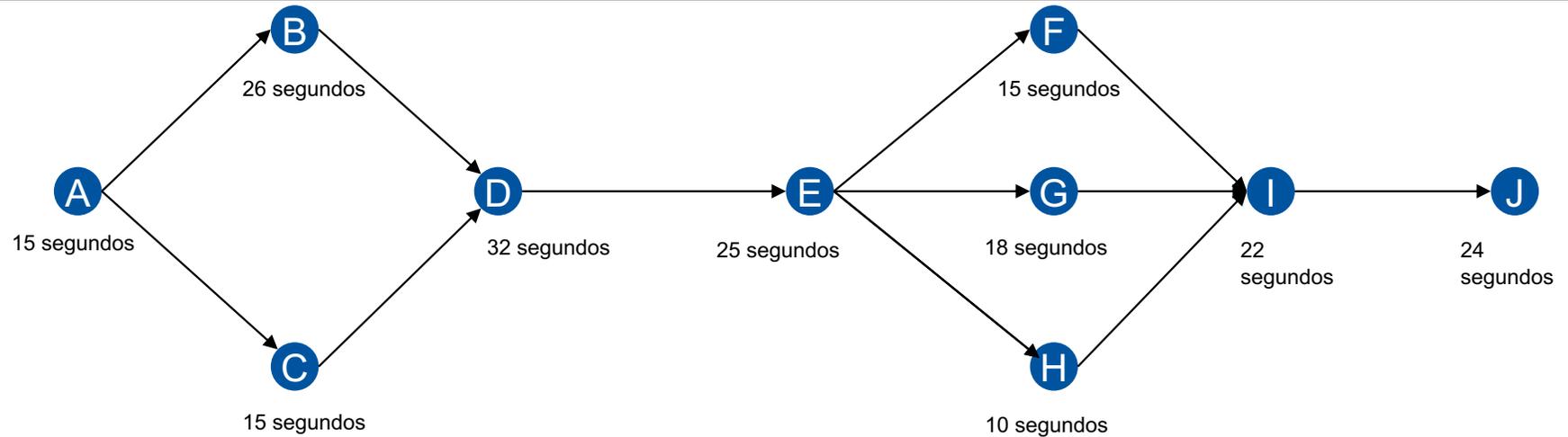
## Ejemplo 3: Balanceo de línea



ESTACIÓN DE TRABAJO 1	
A	15 segundos
B	26 segundos
C	15 segundos
Total	56 segundos

- Siguiendo las reglas, Fulanito comienza a asignar tareas a la primera estación de trabajo. Asigna la tarea A, primero sigue la tarea B y la tarea C. En este punto, la primera estación de trabajo tiene una carga de trabajo total de 56 segundos.

## Ejemplo 3: Balanceo de línea



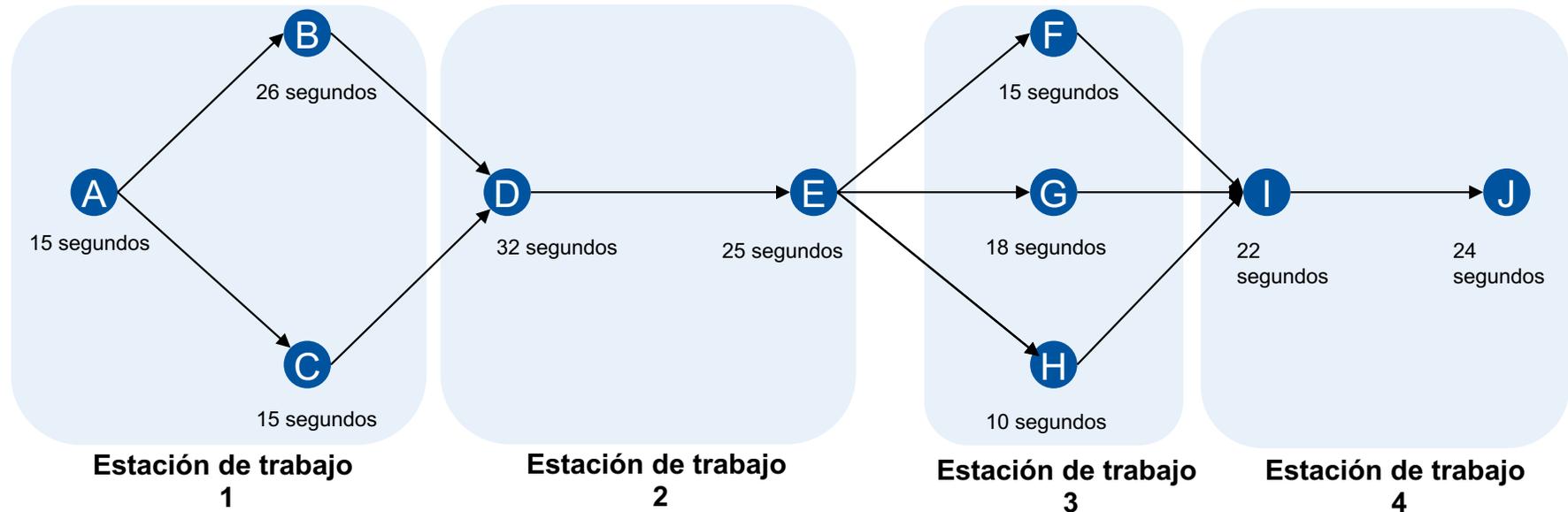
ESTACIÓN DE TRABAJO 2	
D	32 segundos
E	25 segundos
Total	57 segundos

ESTACIÓN DE TRABAJO 3	
G	18 segundos
F	15 segundos
H	10 segundos
Total	43 segundos

ESTACIÓN DE TRABAJO 4	
I	22 segundos
J	24 segundos
Total	46 segundos

- Debido a que no hay más tareas que se puedan agregar a la estación de trabajo 1 sin exceder el tiempo de tarea de 57,6 segundos, Fulanito cierra la estación de trabajo 1 a cualquier asignación adicional y comienza a asignar tareas a la estación de trabajo 2.
- En última instancia, Fulanito termina con las siguientes asignaciones a los cuatro estaciones de trabajo.

## Ejemplo 3: Balanceo de línea



- Con 57 segundos, la estación de trabajo tiene el mayor tiempo de tarea de cualquier estación de trabajo.
- Debido a que las unidades deben pasar de una estación de trabajo a la siguiente, las unidades no pueden moverse a través de la línea más rápido que la estación de trabajo más lenta.
- La estación de trabajo 2 dicta efectivamente que el tiempo de ciclo para toda la línea será de 57 segundos

## Ejemplo 3: Balanceo de línea

El número real de estaciones de trabajo es el mismo que el número mínimo teórico, lo que hace pensar a Fulanito que ha desarrollado una buena situación.

Sin embargo, calcula el tiempo de inactividad (idle time), el porcentaje de tiempo de inactividad y la demora de eficiencia para la línea propuesta:

$$\text{Tiempo de inactividad}(IT) = W_{\text{actual}} - \sum_{i=1}^n T_i$$

$$\text{Tiempo de inactividad}(IT) = 4 \text{ estaciones} \times 57 \text{ segundos} - 202 \text{ segundos} = 26 \text{ segundos}$$

$$\text{Porcentaje de inactividad}(PI) = 100\% \left[ \frac{IT}{W_{\text{actual}}CT} \right]$$

$$\text{Porcentaje de inactividad}(PI) = 100\% \left[ \frac{IT}{W_{\text{actual}}CT} \right] = 100\% \left[ \frac{26 \text{ segundos}}{228 \text{ segundos}} \right] = 11.4\%$$

Interpretando los números, la línea tiene un tiempo de inactividad de 26 segundos porque no todas las estaciones de trabajo tienen cargas de trabajo iguales al tiempo de ciclo de 57 segundos. De hecho, los tiempos de inactividad para las cuatro estaciones de trabajo son los siguientes:

ESTACIÓN	CT - TIEMPO REAL =	TIEMPO INACTIVO
1	57 - 56	1
2	57 - 57	0
3	57 - 43	14
4	57 - 46	11
TOTAL		26 segundos

- Al observar los tiempos de inactividad de cada estación de trabajo, Fulanito se da cuenta de que la línea resultante no está perfectamente equilibrada.
- Probablemente necesitará rotar a sus empleados en las estaciones de trabajo para asegurarse de que nadie se sienta menospreciado.
- Los números de tiempo de inactividad y demora de eficiencia nos dicen que una unidad que pasa por el proceso está inactiva el 11,4% del tiempo.
- Por el contrario, la eficiencia nos dice que una unidad que pasa por la línea está trabajando el 88,6% del tiempo.

# Asignación de ubicaciones de departamento en diseños funcionales

**Objetivo:** organizar las diferentes áreas funcionales, o departamentos, de tal manera que los departamentos que deben estar cerca uno del otro lo estén, mientras que los departamentos que no necesitan o no deben estar cerca uno del otro no

Cuando se diseña la distribución de un proceso, la táctica más común es arreglar los departamentos o centros de trabajo de tal forma que se minimice el costo por manejo de materiales.

Los departamentos con grandes flujos de partes o personas entre ellos deben colocarse cercanos uno de otro. Bajo este enfoque, el costo por manejo de materiales depende de:

1. el número de cargas (o personas) que deben desplazarse entre dos departamentos durante cierto periodo,
2. los costos relacionados con la distancia que se trasladan las cargas (o personas) entre departamentos.

Se supone que el costo es una función de la distancia que hay entre los departamentos.

$$\text{Minimizar el costo} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij}$$

$n$  = número total de centros de trabajos o departamento

$i, j$  = departamentos individuales

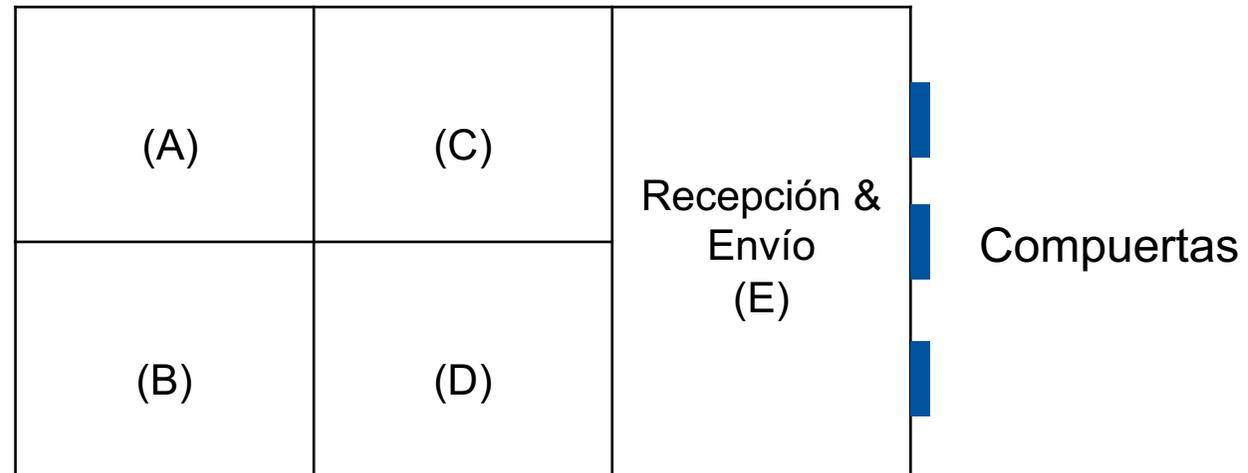
$X_{ij}$  = número de cargas transportadas del departamento  $i$  a departamento  $j$

$C_{ij}$  = costo de transportar una carga del departamento  $i$  al departamento  $j$

## Ejemplo 4: Asignación de ubicaciones de departamento

La empresa A ha tenido tanto éxito que su fundador Fulanito ha decidido trasladar la empresa a unas nuevas instalaciones. Fulanito cuenta con cinco departamentos que deben estar ubicados dentro de la instalación. Contabilidad, Marketing, Ingeniería, Producción y Recepción & Envío.

La siguiente figura muestra el diseño de la nueva instalación. La instalación tiene cinco áreas diferentes, cualquiera de las cuales es lo suficientemente grande como para albergar los distintos departamentos. debido a que Recepción & Envío necesita acceso a las compuertas, Fulanito ya ha asignado este departamento al área E. Además, Fulanito ha determinado que Producción deberá estar en el área C o en el área D debido al flujo significativo de materiales entre Producción y Pastoreo y recepción. Más allá de esto, sin embargo, Fulanito no ha decidido dónde ubicar los cuatro departamentos no asignados.



## Ejemplo 4: Asignación de ubicaciones de departamento

Debido a que el flujo de materiales se asignará ubicando Producción al lado de Recepción & Envío, Fulanito ha decidido basar el diseño final en el número de viajes que el personal tiene que hacer entre departamentos. Específicamente, le gustaría minimizar la distancia total recorrida por día. Para lograr esto, Fulanito crea dos tablas.

La primera tabla muestra la distancia entre las cinco áreas mostradas en la figura anterior.

AREA	A	B	C	D	E
A	-				
B	30	-			
C	40	50	-		
D	50	40	30	-	
E	70	70	35	35	-

La segunda tabla muestra el número de viajes que hace el personal entre departamentos cada día

AREA	Contabilidad	Marketing	Producción	Ingeniería	Recepción & Envío
Contabilidad	-				
Marketing	80	-			
Producción	35	110	-		
Ingeniería	60	40	55	-	
Recepción & Envío	10	25	90	5	-

## Ejemplo 4: Asignación de ubicaciones de departamento

Después de ordenar los datos de viajes interdepartamentales de la Tabla 2 de mayor a menor, Fulanito observa que la mayor cantidad de viajes interdepartamentales se realizan entre:

- Producción y Comercialización (110 viajes) y
- entre Envíos y Producción (90).

Además, la menor cantidad de viajes se realizan entre

- Envíos y Contabilidad (10) y
- entre Envíos e Ingeniería (5). Con base en esta información,

Fulanito decide ubicar Producción y Comercialización en las áreas C y D, respectivamente, y Contabilidad e Ingeniería en las áreas A y B, respectivamente.

DEPARTAMENTO	VIAJES PROMEDIO POR DIA
Producción – Marketing	110
Envío – Producción	90
Marketing – Contabilidad	80
Ingeniería – Contabilidad	60
Ingeniería – Producción	55
Ingeniería – Marketing	40
Producción – Contabilidad	35
Envío – Marketing	25
Envío – Contabilidad	10
Envío – Ingeniería	5

## Ejemplo 4: Asignación de ubicaciones de departamento

Fulanito evalúa la solución propuesta multiplicando el número de viajes entre departamentos por la distancia entre departamentos.

La tabla muestra la solución propuesta en distancia total recorrida.

Contabilidad (A)	Producción (C)	Recepción & Envío (E)	Compuertas
Ingeniería (B)	Marketing (D)		

DEPARTAMENTO	VIAJES PROMEDIO POR DIA X DISTANCIA ENTRE DEPARTAMENTOS	DISTANCIA RECORRIDA POR DÍA (M)
Producción – Marketing	110 X 30	3,300
Envío – Producción	90 X 35	3,150
Marketing – Contabilidad	80 X 50	4,000
Ingeniería – Contabilidad	60 X 30	1,800
Ingeniería – Producción	55 X 50	2,750
Ingeniería – Marketing	40 X 40	1,600
Producción – Contabilidad	35 X 40	1,400
Envío – Marketing	25 X 35	875
Envío – Contabilidad	10 X 70	700
Envío – Ingeniería	5 X 70	350
<b>DISTANCIA TOTAL RECORRIDA</b>		<b>19,925 METROS</b>

## Ejemplo 4: Asignación de ubicaciones de departamento

Revisando la solución, Fulanito se da cuenta que el departamento de Producción tiene más de una interacción con Ingeniería que de lo que lo tiene Marketing, mientras que Marketing tiene más interacciones con Contabilidad de lo que lo tiene Producción. Fulanito se pregunta si pudiese mejorar sus resultados cambiando la ubicación de los departamentos de Contabilidad e Ingeniería.



La tabla muestra la solución propuesta en distancia total recorrida.

DEPARTAMENTO	VIAJES PROMEDIO POR DIA X DISTANCIA ENTRE DEPARTAMENTOS	DISTANCIA RECORRIDA POR DÍA (M)
Producción – Marketing	110 X 30	3,300
Envío – Producción	90 X 35	3,150
Marketing – Contabilidad	80 X 40	3,200
Ingeniería – Contabilidad	60 X 30	1,800
Ingeniería – Producción	55 X 40	2,200
Ingeniería – Marketing	40 X 50	2,000
Producción – Contabilidad	35 X 50	1,750
Envío – Marketing	25 X 35	875
Envío – Contabilidad	10 X 70	700
Envío – Ingeniería	5 X 70	350
<b>DISTANCIA TOTAL RECORRIDA</b>		<b>19,325 METROS</b>

## Ejemplo 4: Asignación de ubicaciones de departamento



**Opción 1**

**Distancia Total Recorrida = 19,925 metros**



**Opción 2**

**Distancia Total Recorrida = 19,325 metros**

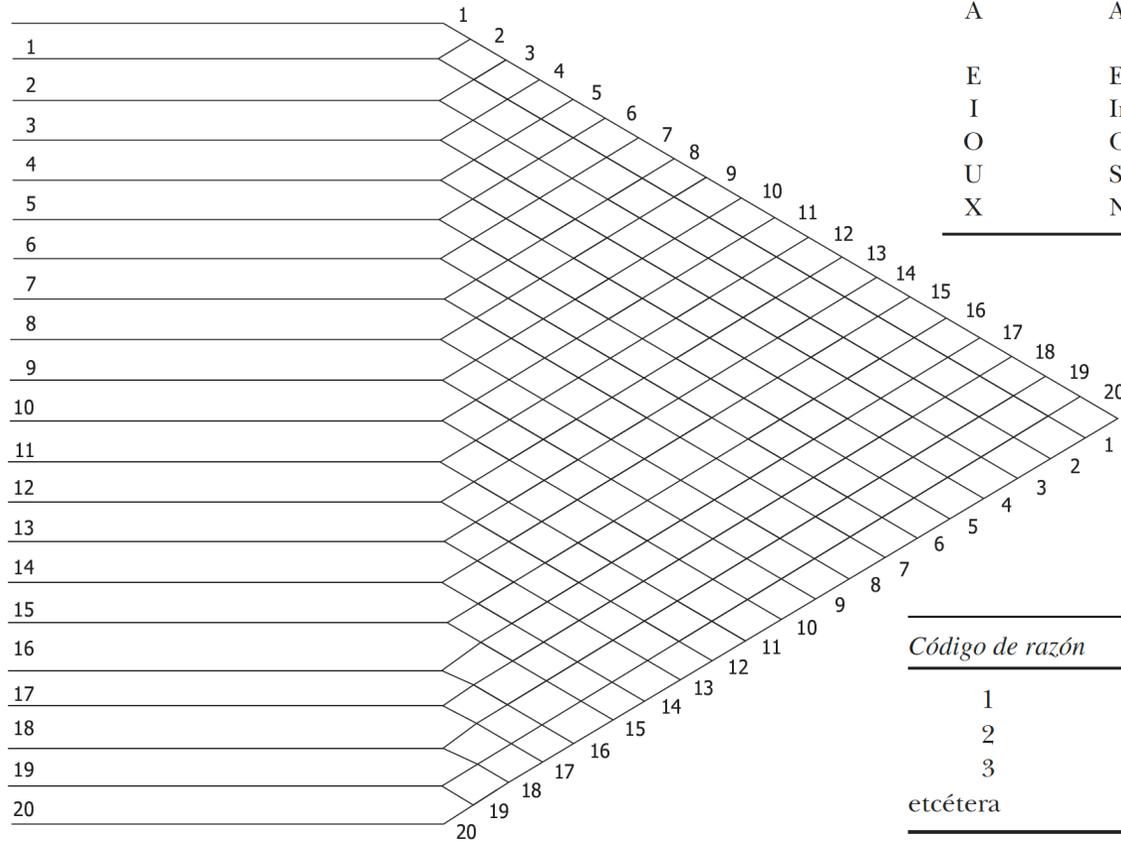
Se puede observar que la opción 2, opción revisada, la distancia recorrida es menor. Fulanito se da cuenta que el cambio corta la distancia total recorrida por 600 metros

$19,925 - 19,325 = 600$  metros,

Lo que se traduce en una reducción de distancia del 3%

# Distribución de oficina: Diagrama de relación de actividades

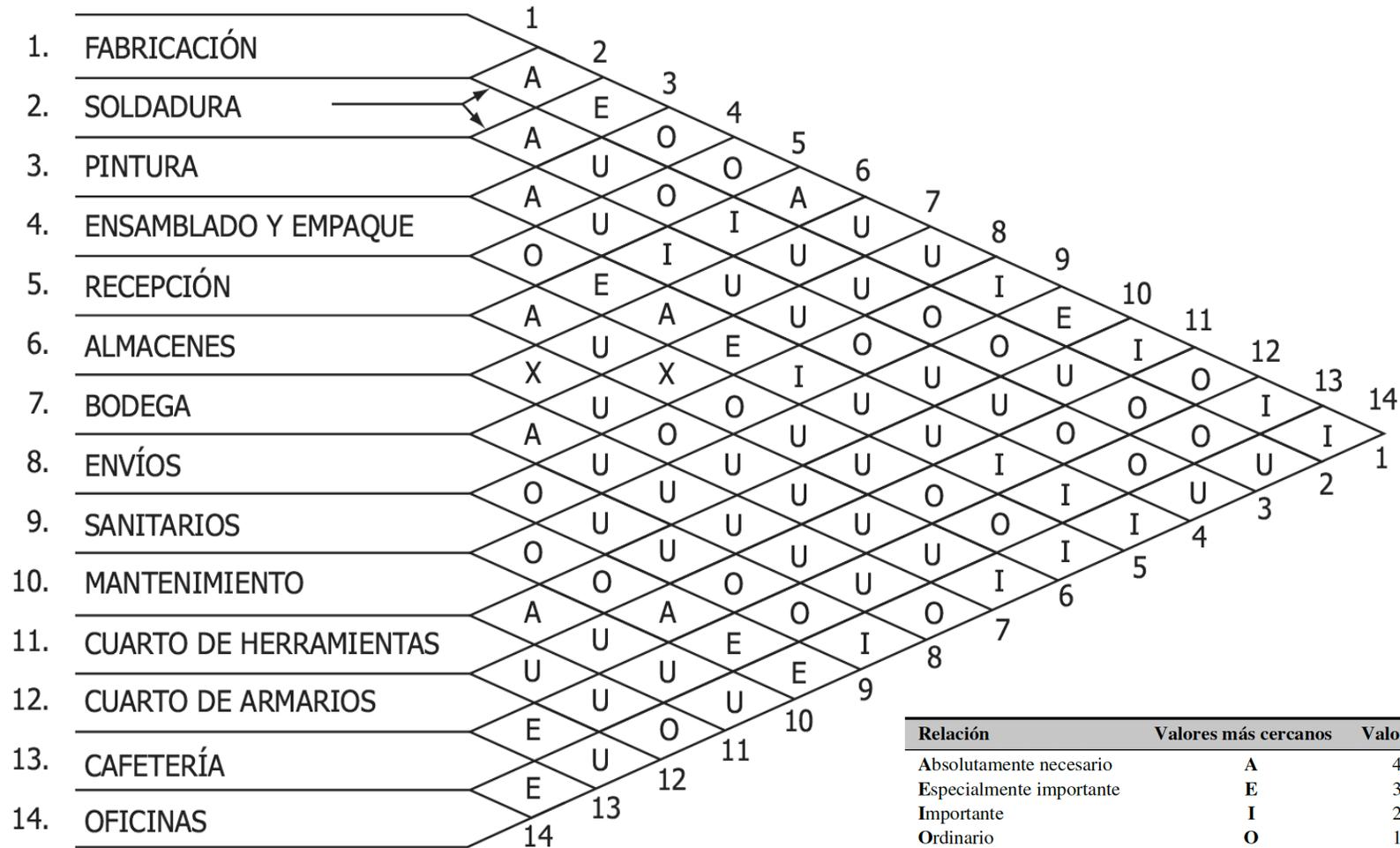
Muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios, con cualquier otro departamento y área



Código	Definición
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Código de razón	Razón
1	Para un flujo mejor
2	Todo el material se mueve entre estos dos departamentos
3	Movimiento de personas
etcétera	etcétera

## Ejemplo 5: Diagrama de relación de actividades



$$N = \frac{n(n-1)}{2}$$

Relación	Valores más cercanos	Valor	Líneas en el diagrama	Color
Absolutamente necesario	A	4	≡≡≡≡	Rojo
Especialmente importante	E	3	≡≡≡	Amarillo
Importante	I	2	≡≡	Verde
Ordinario	O	1	≡	Azul
Sin importancia	U	0	—	
No deseable	X	-1	∧∧∧∧	Café

## Distribución de oficina: Hoja de trabajo

- Reemplazará al diagrama de relación de actividades.
- También interpreta éste y obtiene los datos básicos para elaborar el diagrama adimensional de bloques.

<i>Actividades</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>I</i>	<i>O</i>	<i>U</i>	<i>X</i>
1. Fabricación	2, 6	3, 10	9, 11, 13, 14	4, 5, 12	7, 8	
2. Soldadura	1, 3		6	9, 10, 12, 13, 5	7, 8, 4, 11, 14	
3. Pintura	2, 4	1	6	12, 13, 9	5, 7, 8, 10, 11, 14	
4. Ensamblado y empaque	3, 7	6, 8	9, 12, 13, 14	1, 5	2, 10, 11	
5. Recepción	6		14	4, 2, 1, 9, 12, 13	3, 7, 10, 11	8
6. Almacenes	5, 1	4	3, 2, 14	9	8, 10, 11, 12, 13	7
7. Bodega	4, 8			14	5, 3, 2, 1, 9, 10, 11, 12, 13	6
8. Envíos	7	4	14	9, 12, 13	6, 3, 2, 1, 10, 11	5
9. Sanitarios	12	13, 14	4, 1	8, 6, 5, 11, 3, 2, 10	7	
10. Mantenimiento	11	1		9, 2	8, 7, 6, 5, 4, 3, 12, 13, 14	
11. Cuarto de herramientas	10		1	9, 14	8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 12, 13	
12. Cuarto de armarios	9	13	4	8, 5, 3, 2, I	11, 10, 7, 6, 14	
13. Cafetería		14, 12, 9	4, 1	8, 5, 3, 2	10, 11, 7, 6	
14. Oficina		13, 9	8, 6, 5, 4, 1	11, 7	12, 10, 2, 3	

# Distribución de oficina: Diagrama adimensional de bloques

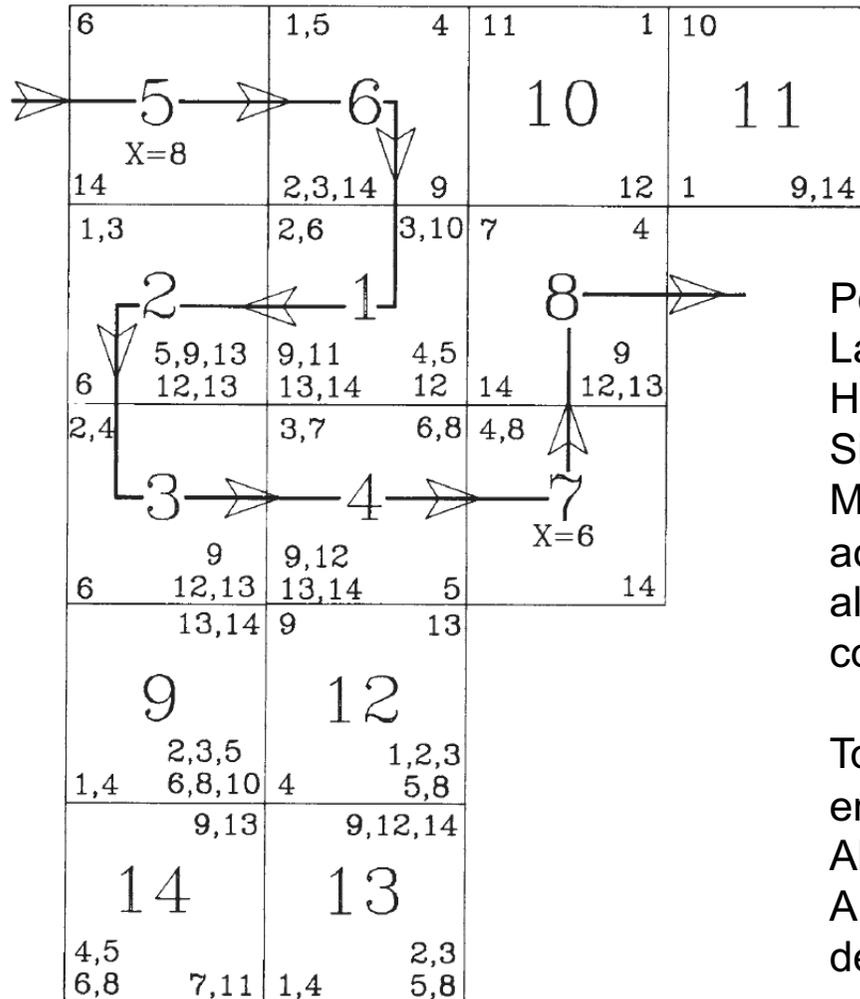
- Intento de distribución resultado de la gráfica de actividades y la hoja de trabajo

Procedimiento:

- Utilice una hoja de papel y recorte cuadros que representaran cada centro de actividad
- Dentro de cada cuadro coloque el número de actividad
- La plantilla del cuadro para cada actividad debe tener los códigos de relación como se muestra en la figura
- Una vez enlistada las plantillas, colocar el arreglo que satisfaga tantos códigos de actividad como sea posible, empezando con los códigos de cercanía más importantes

A _____ E _____  X _____ _____			
I _____ O _____			
A _____ E _____  X _____ _____			
I _____ O _____			
A _____ E _____  X _____ _____			
I _____ O _____			

# Distribución de oficina: Diagrama adimensional de bloques



Por ejemplo:

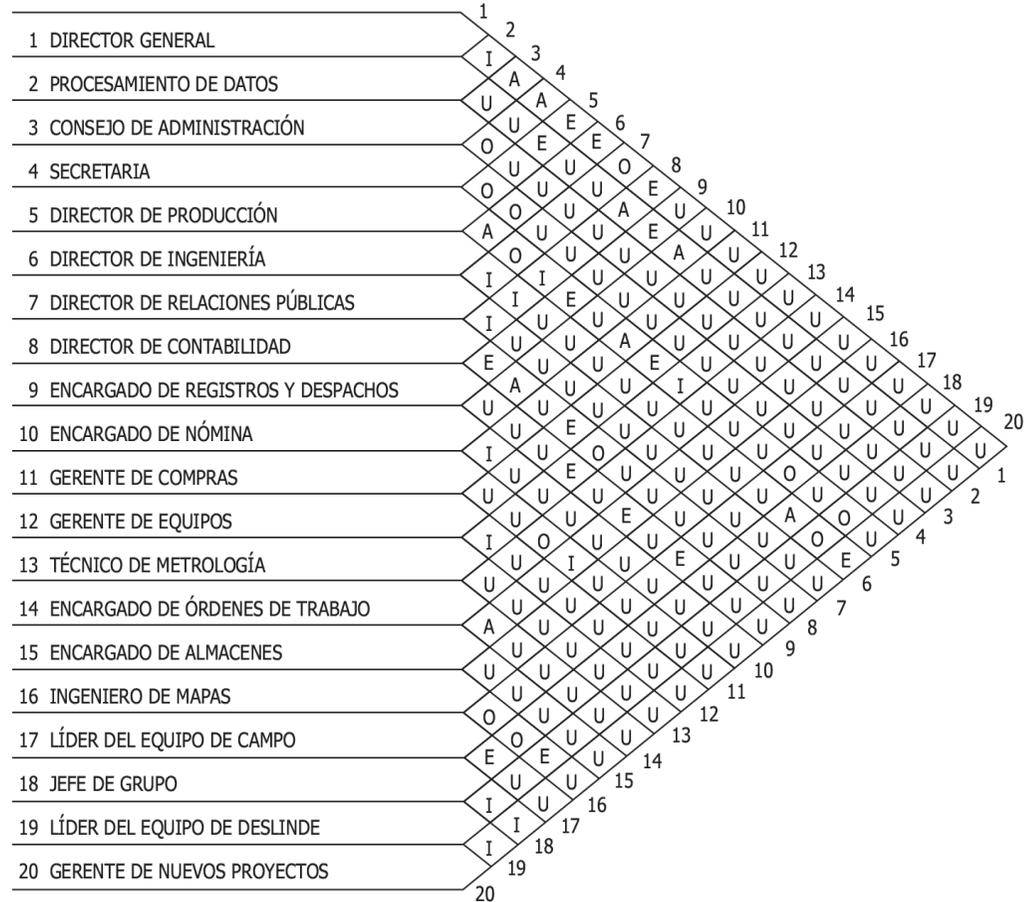
Las actividades 1 y 4 tienen dos códigos A y dos códigos E. Hay que comenzar con cualquiera de esas actividades. Sitúe la plantilla que elija en medio de su área de trabajo. Mire los códigos A, encuentre las plantillas de dichas actividades que tengan código A y colóquelas adyacentes al cuadrado que representa la primera, con un lado en contacto con éste.

Tome la plantilla de la actividad 1 (fabricación) y colóquelo en medio de su área de trabajo.

Ahora tome las plantillas 2 y 6 (porque tienen una relación A con 1). Coloque la plantilla 2 en cualquiera de los lados de la plantillas 1, y asegúrese que sus lados estén en contacto.

# Distribución de oficina: Ejemplo

ACTIVIDAD	GRADO DE CERCANÍA					
	A	E	I	O	U	X
1. DIRECTOR GENERAL	3, 4	5, 6, 8	2	7		
2. PROCESAMIENTO DE DATOS	8, 10	5, 9	1	—		
3. CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN	1	—	—	4		
4. SECRETARIA	1	—	—	3, 5, 6		
5. DIRECTOR DE PRODUCCIÓN	6, 11	1, 2, 9, 12	8, 13	4, 7, 17, 19		
6. DIRECTOR DE INGENIERÍA	5, 18	1, 20	7, 8	4, 19		
7. DIRECTOR DE RELACIONES PÚBLICAS	—	—	6, 8	1, 5		
8. DIRECTOR DE CONTABILIDAD	2, 10	1, 9, 12	5, 6, 7	13		
9. ENCARGADO DE REGISTROS Y DESPACHOS	—	2, 5, 8, 13, 14, 17	—	—		
10. ENCARGADO DE NÓMINA	2, 8	—	11	—		
11. GERENTE DE COMPRAS	5	—	10, 14	15		
12. GERENTE DE EQUIPOS	—	5, 8	13	—		
13. TÉCNICO DE METROLOGÍA	—	9	5, 12	8		
14. ENCARGADO DE ÓRDENES DE TRABAJO	15	—	11	—		
15. ENCARGADO DE ALMACENES	14	9	—	11		
16. INGENIERO DE MAPAS	—	19	—	17, 18		
17. LÍDER DEL EQUIPO DE CAMPO	—	9, 18	—	5, 16		
18. JEFE DE GRUPO	6	17	19, 20	16		
19. LÍDER DEL EQUIPO DE DESLINDE	—	16	18, 20	5, 6		
20. GERENTE DE NUEVOS PROYECTOS	—	6	18, 19	—		



# Distribución de oficina: Ejemplo

		6	
	6, 11		1, 2, 9, 12
11		5 Director de producción	1
	8, 13		4, 7, 17, 19
12		8	
			4



	19 <b>16</b> INGENIERO DE MAPAS 17, 18	16 <b>19</b> EQUIPO DE DESLINDE 18, 20	6 <b>20</b> GERENTE DE NUEVOS PROYECTOS 18, 19	
	9, 18 <b>17</b> SUPERVISOR DEL EQUIPO DE CAMPO 5, 16	6 <b>18</b> JEFE DE GRUPO 19, 20	17 <b>6</b> DIRECTOR DE INGENIERÍA 7, 8	1 <b>3</b> CONSEJO DE DIRECTORES 4
9 <b>13</b> TÉCNICO DE METROLOGÍA 5, 12	2, 5, 8, 13, 14, 17 <b>9</b> REGISTROS Y DESPACHOS 8	5 <b>11</b> COMPRAS 10, 14	6, 11 <b>5</b> DIRECTOR DE PRODUCCIÓN 4, 7, 17, 19	1, 2, 9, 12 <b>1</b> DIRECTOR GENERAL 2
	14 <b>15</b> ENCARGADO DE ALMACENES 11	9 <b>12</b> GERENTE DE EQUIPOS 13	5, 8 <b>8</b> DIRECTOR DE CONTABILIDAD 5, 6, 7	1 <b>4</b> SECRETARIA 3, 5, 6
	15 <b>14</b> ENCARGADO DE ÓRDENES DE COMPRA 11	8, 10 <b>2</b> PROCESAMIENTO DE DATOS 1	5, 9 <b>10</b> NÓMINA 11	2, 8 <b>7</b> DIRECTOR DE RELACIONES PÚBLICAS 6, 8

# Libros de referencia

---

- Slack, N., et al. (2016) . *Operations Management*. Pearson
- Stevenson, W. (2015). *Operations Management*. McGraw-Hill
- Schroeder et al. (2018). *Operations Management in Supply Chain*. McGraw-Hill
- Render, B. & Heizer, J. (2014). *Principios de administración de operaciones*. Pearson
- Render, B. & Heizer, J. (2017). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson
- Krajewski et al.(2013). *Administración de operaciones, procesos y cadena de suministro*. Pearson
- Chase, R. & Jacobs, F. (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministro*. McGraw – Hill
- Slack & Lewis (2016). *Operations Strategy*. Pearson
- Collier & Evans (2016). *Administración de operaciones*. Cengage
- Ulrich, K. & Eppinger S. (2013) . *Diseño y Desarrollo de productos*. McGraw-Hill
- Schuh, G. (2012). *Innovationsmanagement - Handbuch Produktion und Management*. Springer Verlag
- Meyers, F. & Stephens, M.. *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Pearson.
- Christopher (2016). *Logistics and Supply Chain Management*. Pearson
- Dumas, M. et al. (2018). *Fundamentals of Process Management*. Springer
- Peña & Rivera. (2016). *Administración de procesos*. Pearson
- Lovelock, C. et al. *Administración de servicios*. Pearson
- Johnston et al. *Service Operations Management*. Pearson
- Kumar, S. & Suresh, N. (2008). *Production and Operations Management*. New Age International Limited Publishers
- Cuatrecasas, L. (2012). *Organización de la producción y dirección de operaciones*. Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Gupta, S & Star, M. (2014). *Production and operations – management systems*. Taylor and Francis Group
- Fritzsimmmons, J. & Fritzsimmmons, M. *Service Management*. McGraw-Hill
- Swink et al. (2014). *Managing operations across the supply chain*. McGraw-Hill

# Libros de referencia

---

- Freivalds, A. & Niebel, B. *Ingeniería Industrial – métodos estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill
- Kalpakjian, S. & Schmid, S. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson
- Groover, M. *Fundamentos de manufactura moderna*. McGraw-Hill
- Render, B. (2016). *Métodos cuantitativos para los Negocios*. Editorial Pearson.
- Anderson, D. & Sweeny, D. (2019). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. Cengage
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la Producción y las Operaciones*. McGraw-Hill
- Schlick, C. *Arbeitswissenschaft*. Springer Verlag
- Rees, M. (2015). *Business Risk and Simulation Modeling in Practice*. John Wiley & Sons Ltd
- Winston, W. (2017) *Microsoft Excel 2016 – Data Analysis and Business Modeling*. Microsoft press



## Ricardo Caballero, M.Sc.

Docente Tiempo Completo

**Facultad de Ingeniería Industrial**

**Universidad Tecnológica de Panamá | Centro Regional de Chiriquí**

E-Mail: [ricardo.caballero@utp.ac.pa](mailto:ricardo.caballero@utp.ac.pa)

Social: [LinkedIn](#) | [ResearchGate](#)

Website: <https://www.academia.utp.ac.pa/ricardo-caballero>



Project Manager



Grupo de Investigación  
en Ingeniería Industrial



Website: [www.giii.utp.ac.pa](http://www.giii.utp.ac.pa)

