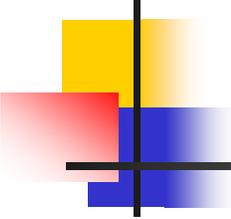


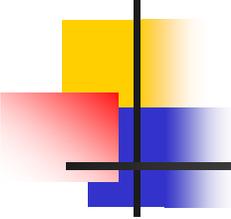
Gestión de Operaciones

Capítulo 8: Distribución de Instalaciones



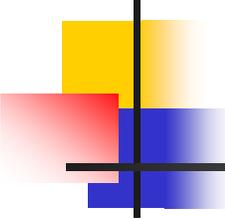
Introducción

- Definición:
 - La distribución se relaciona con el arreglo de las instalaciones físicas de procesamiento dentro de un tipo de proceso dado.
 - Las decisiones de distribución en servicios y manufactura se estudian dentro de un marco conceptual común.
 - Ejemplos: Supermercado, Multitienda.
 - Fábrica
 - Hotel
 - Fantasilandia
 - Banco
 - Universidad



Objetivos en Distribución

1. Minimizar inversión en equipos y local.
2. Minimizar tiempo de producción.
3. Utilización eficiente de espacios
4. Proveer seguridad, conveniencia, comodidad a empleados.
5. Mantener flexibilidad a futuros cambios.
6. Minimizar costo de manejo interno de materiales.
7. Facilitar el proceso productivo
8. Facilitar la estructura organizativa.
9. Facilitar utilización a clientes donde corresponda.

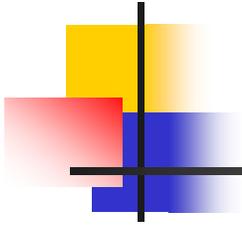


Formatos de Distribución

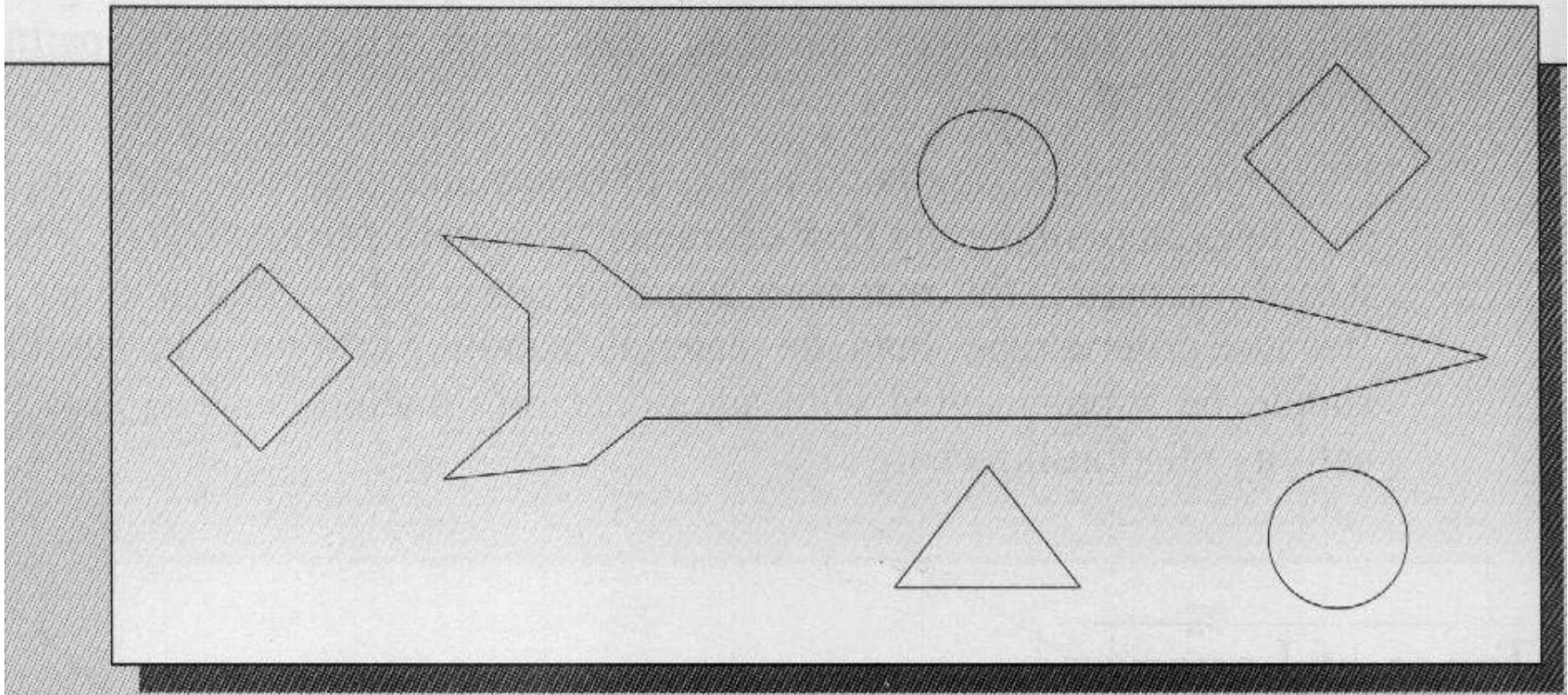
Distribución de Producción fija.

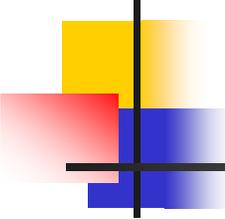
En producción de productos grandes. Se trabaja en torno a ellos.

Ejemplo: Edificio, avión.



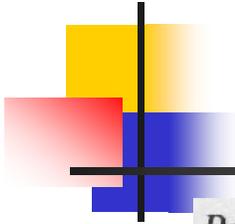
Fixed position layout



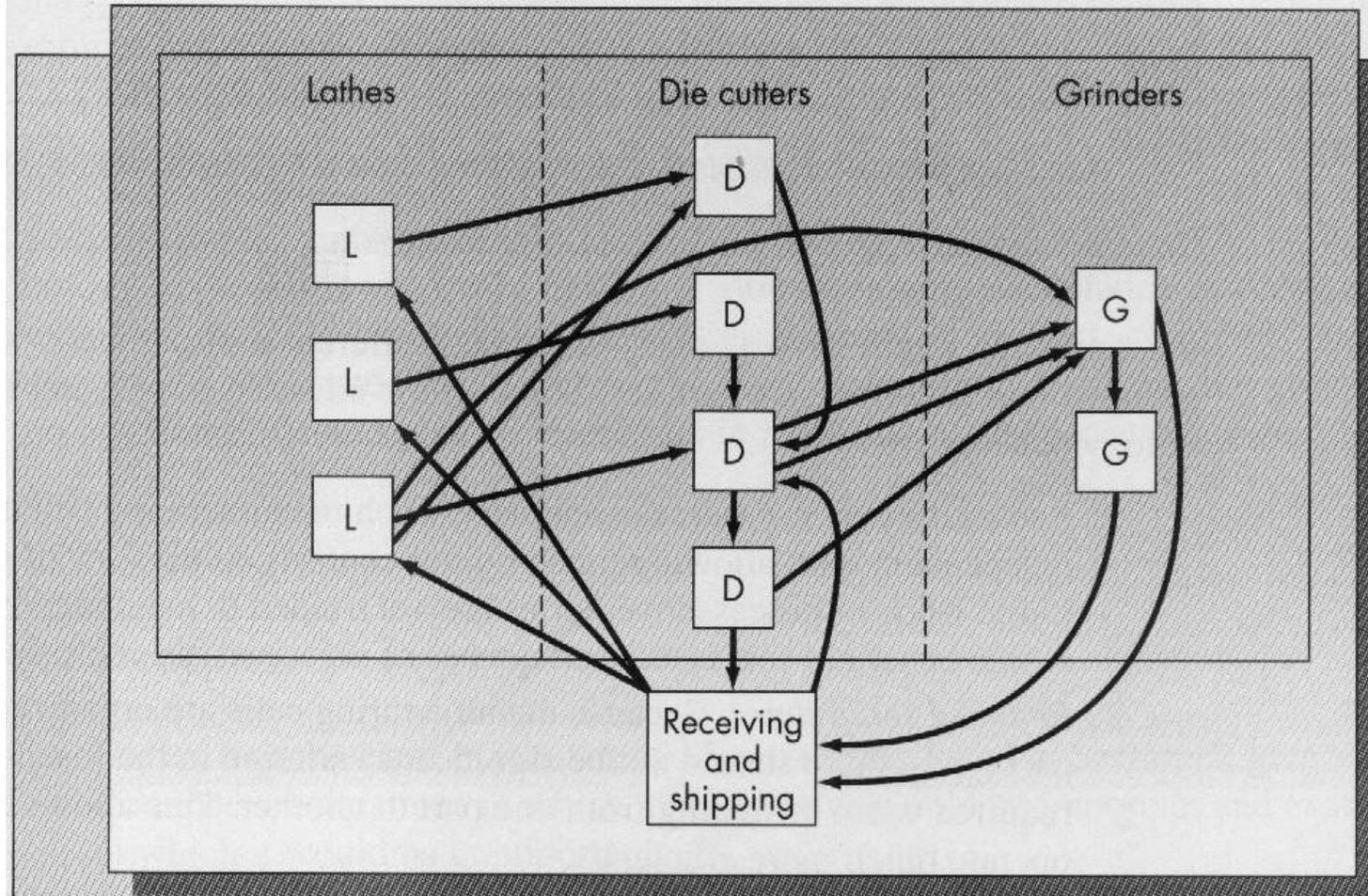


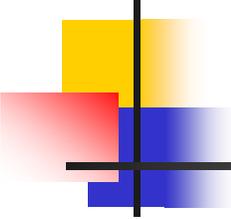
Formatos de Distribución

- 1.- Distribución por Proceso:
 - Equipos y gente se agrupa por funciones.
 - Ejemplos:
 - Textil: telares en una zona, estampado en otra.
 - Hospital: cirugía, cardiovascular, etc.



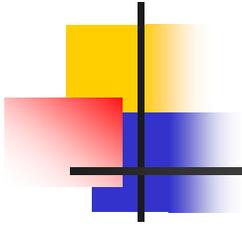
Process layout



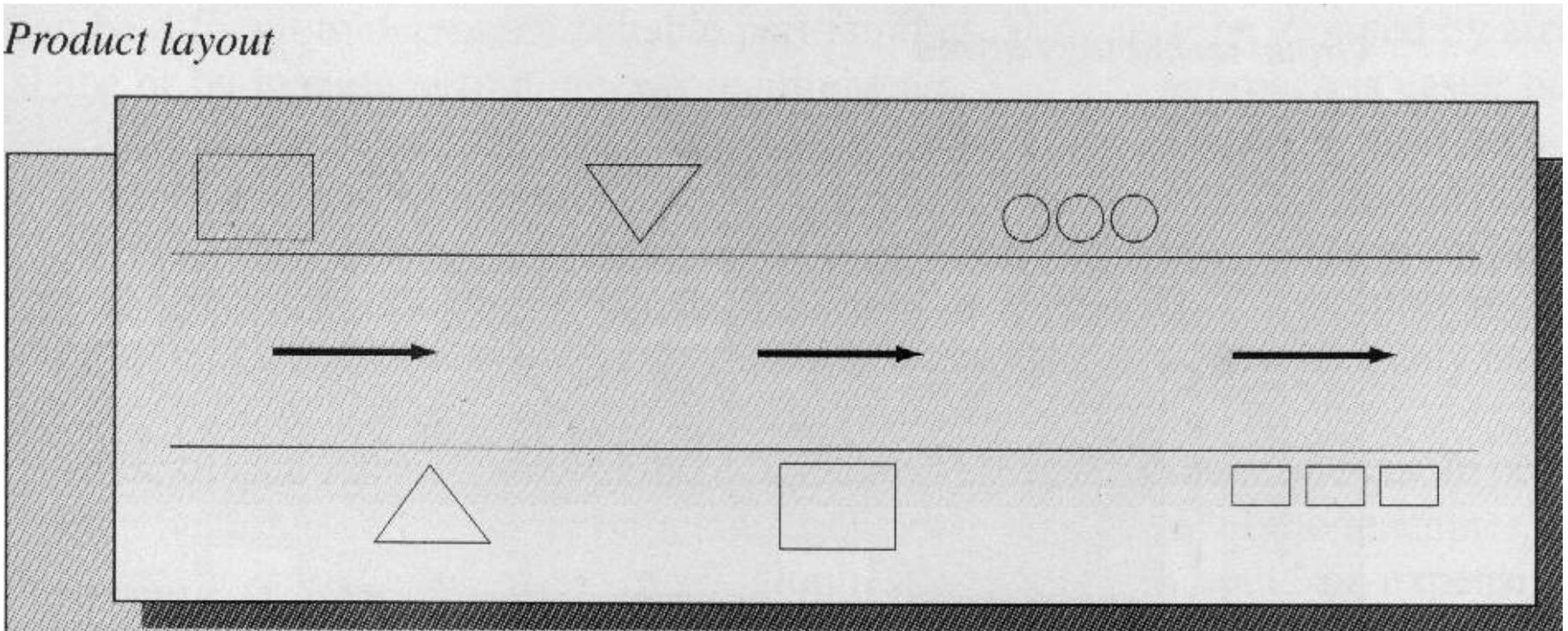


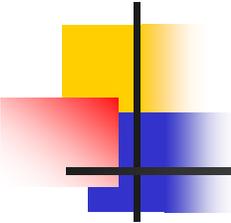
Formatos de Distribución

- 2.- Distribución por Producto:
 - Equipos y gente se ordenan de acuerdo a la secuencia en que se fabrica el producto.
 - Ejemplos:
 - Lavado de autos.
 - Línea de producción de zapatos.
 - Planta Química.



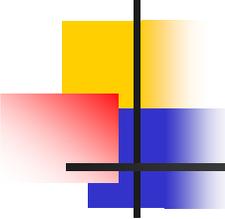
Product layout





Formatos de Distribución

- 3.- Distribución Celular, por Tecnología de Grupo:
Se agrupa producción por similitudes en funciones de manufactura o diseño.
- Grupos de máquinas en células de trabajo según procesos comunes a una familia de productos.
 - Formas y procedimientos de procesamiento similares.
 - Intermedio entre por producto y por proceso.



Formatos de Distribución

- Trabajo en equipos pequeños, mejores relaciones laborales, menores inventarios, menores tiempos de set-up, menores costos de manejo de materiales, mejor programación.

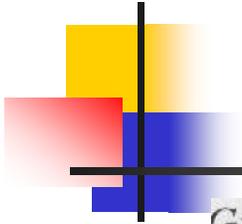
Desventajas : Agrupación puede ser complicada.

Posible duplicación de maquinaria.

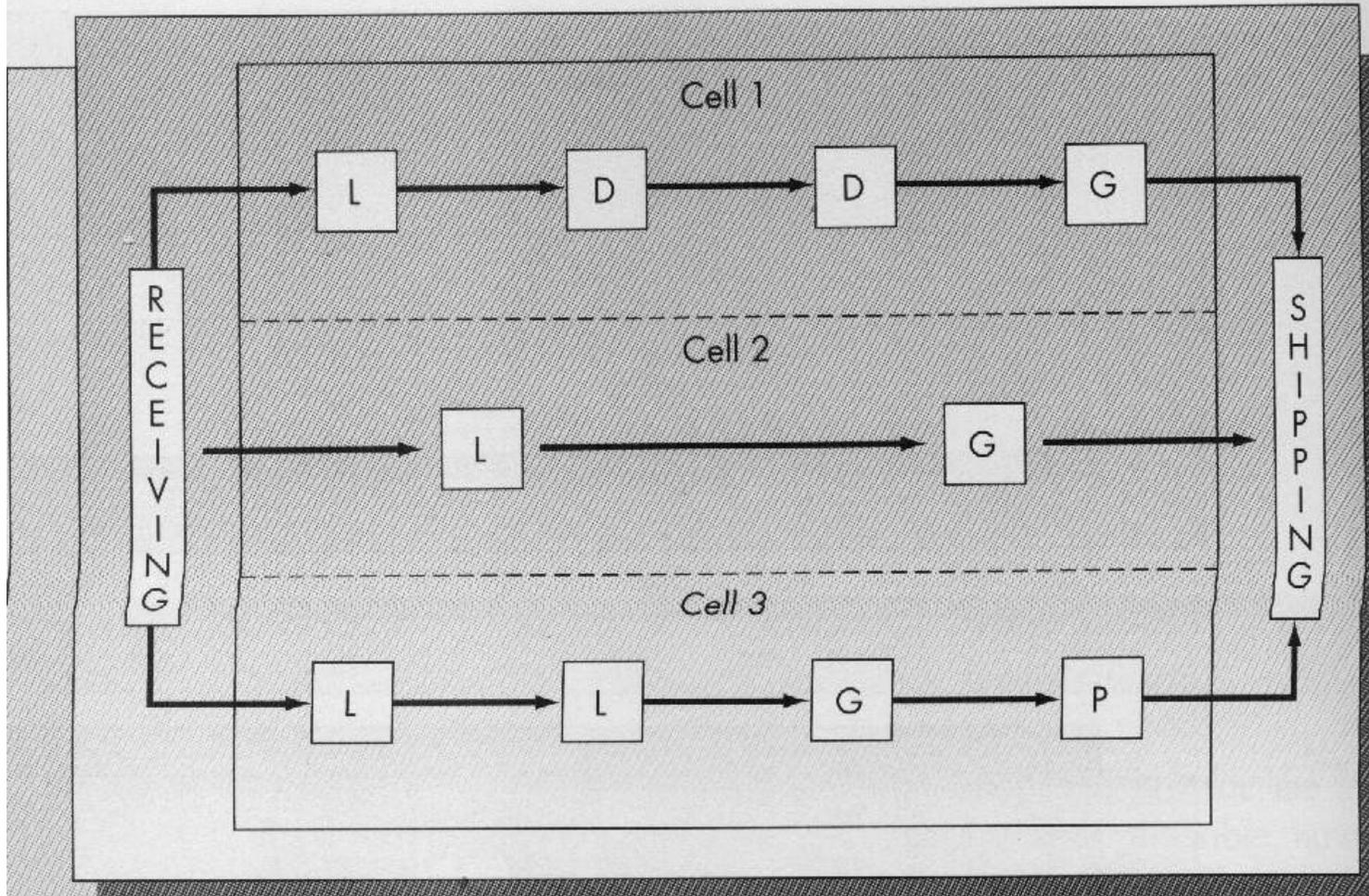
Requiere alineación muy cuidadosa.

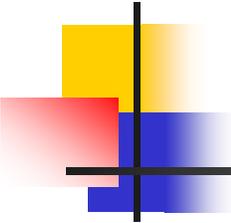
Ejemplo :

Manufactura electrónica.



Group technology layout





Criterios de Distribución

- 1.- Criterios Cuantitativos:
 - Parámetros:

N = número de departamentos y de localizaciones

T_{ij} = número de viajes entre los departamentos i y j .

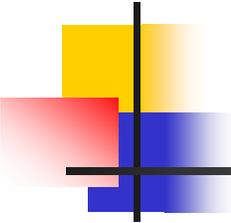
C_{ij} = costo por unidad de distancia de viaje entre los departamentos i y j

(depende del modo de transporte : cinta transportadora, carretilla, grúa, etc.).

D_{ij} Distancia entre localizaciones i, j

Variables

X_{kj} 1 si departamento k se asigna en localización j .



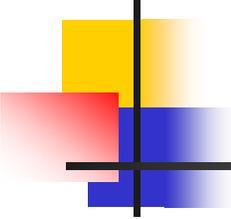
Criterios de Distribución

- Función Objetivo:

$$\text{Min } C = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N T_{ij} (C_{rk} D_{rk}) \cdot X_{ik} \cdot X_{jr}$$

$$s.a. \sum_{i=1}^N x_{ij} = 1 \quad (1)$$

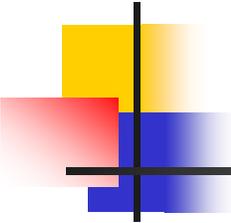
$$s.a. \sum_{j=1}^N x_{ij} = 1 \quad (2)$$



Criterios de Distribución

Función Objetivo: Minimizar costos de viajes al tener asignado departamento i a localización k y Departamento j a localización r , para todo i, j, k, r .

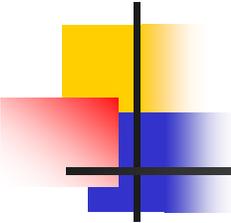
Restricciones (1) y (2) Cada departamento $(1, N)$ se asigna a algunas localización.



Criterios de Distribución

- Ejemplo: Departamentos de una fábrica que produce podadoras de pasto y limpiadoras de nieve:

Número de departamento	Nombre del departamento	Área (m2)
1	Pintura	500
2	Corte de metal	350
3	Soldadura	600
4	Pequeños motores	225
5	Herrería	600
6	Controles	275
7	Ruedas y llantas	500
8	Ensamble final	600



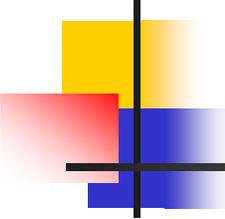
Criterios de Distribución

		Departamento							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Departamento	1		75	100	30	40	0	30	50
	2			100	0	150	0	0	0
	3				0	70	0	30	80
	4					30	70	0	100
	5						20	60	0
	6							0	0
	7								120
	8								

Matriz de Viajes

		Departamento							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Departamento	1		.05	.08	.04	.05	.10	.05	.04
	2			.04	.05	.06	.10	.05	.06
	3				.06	.05	.10	.05	.07
	4					.06	.10	.05	.06
	5						.10	.05	.05
	6							.05	.05
	7								.05
	8								

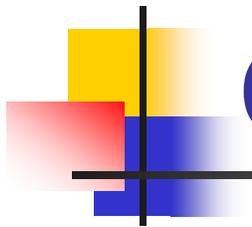
Costos Unitarios



Criterios de Distribución

Pintura 1	Motores pequeños 4	Herrería 5	Ruedas y llantas 7	Patio de recepción
Pasillo				
Corte de metal 2	Soldadura 3	Controles 6	Ensamble final 8	Patio de embarques

Diseño Inicial



Criterios de Distribución

		Departamento							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Departamento	1		30	50	30	60	80	80	100
	2			40	50	80	70	100	90
	3				30	50	40	70	60
	4					30	50	60	70
	5						30	40	50
	6							50	40
	7								30
	8								

Distancias Interdependientes Iniciales

		Departamento							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Departamento	1		112.5	400	36	120	0	120	200
	2			160	0	720	0	0	0
	3				0	175	0	105	336
	4					54	350	0	420
	5						60	120	0
	6							0	0
	7								180
	8								

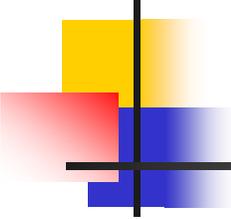
Costo total = \$3668.50 a la semana (\$190762 al año)

Matriz de Costo Total

Criterios de Distribución

		Departamento							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Departamento	1				72	60			
	2				0	450			
	3				0	105			
	4						210	0	300
	5						100	180	0
	6								
	7								
	8								

Costos ajustados debido al cambio del departamento 4 y el departamento 5.



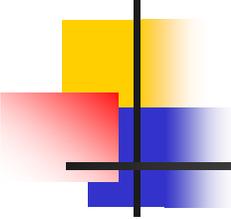
Criterios de Distribución

Hay paquetes comerciales que apoyan decisiones de distribución cuantitativas, basados en el modelo visto de minimizar costos totales.

Son básicamente heurísticas, de dos tipos

- 1) Partiendo de una solución factible, buscar modificaciones que mejoran la distribución.
- 2) Construir la distribución en forma secuencial, ubicando un departamento a la vez.

Se ha visto que cuando los flujos tienden a seguir la configuración de la distribución, un enfoque visual es suficiente. Cuando los flujos pueden ir en todas direcciones, los sistemas computacionales son útiles.



Criterios de Distribución

- 2.- Criterios Cualitativos:
 - Inspección visual.
 - Cercanía deseada.
 - Incompatibilidad.
 - Sistemas computacionales.
 - Algoritmos heurísticos.

- Ejemplo: Supermercado.

Criterios de Distribución

Departamento	Área [m²]
1 Carnes y productos	1900
2 Alimentos congelados	1700
3 Abarrotes secos	2300
4 Recepción	1000
5 Alimentos enlatados	1500
6 Área de cajas	1100
7 Panes/golosinas	900
8 No alimenticios	800

Clasif.	Definición de la relación	Símbolo
A	Absolutamente necesaria	=====
E	Especialmente importante	=====
I	Importante	=====
O	Cercanía normal está bien	-----
U	No importante	-----
X	Indispensable	-----

Código	Razón para la relación
a	Manejo de materiales
b	Facilidad de supervisión
c	Personal común
d	Comodidad de los clientes
e	Mejorar las ventas
f	Apariencia

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		U/	U/	E/a	U/	X/e	O/e	U/
2			U/	I/a	U/	I/d	U/	U/
3				O/a	O/d,c	O/b	U/	U/
4					E/a	X/f	U/	U/
5						O/d	U/	U/
6							A/d	A/b
7								U/
8								

Información Inicial

Criterios de Distribución

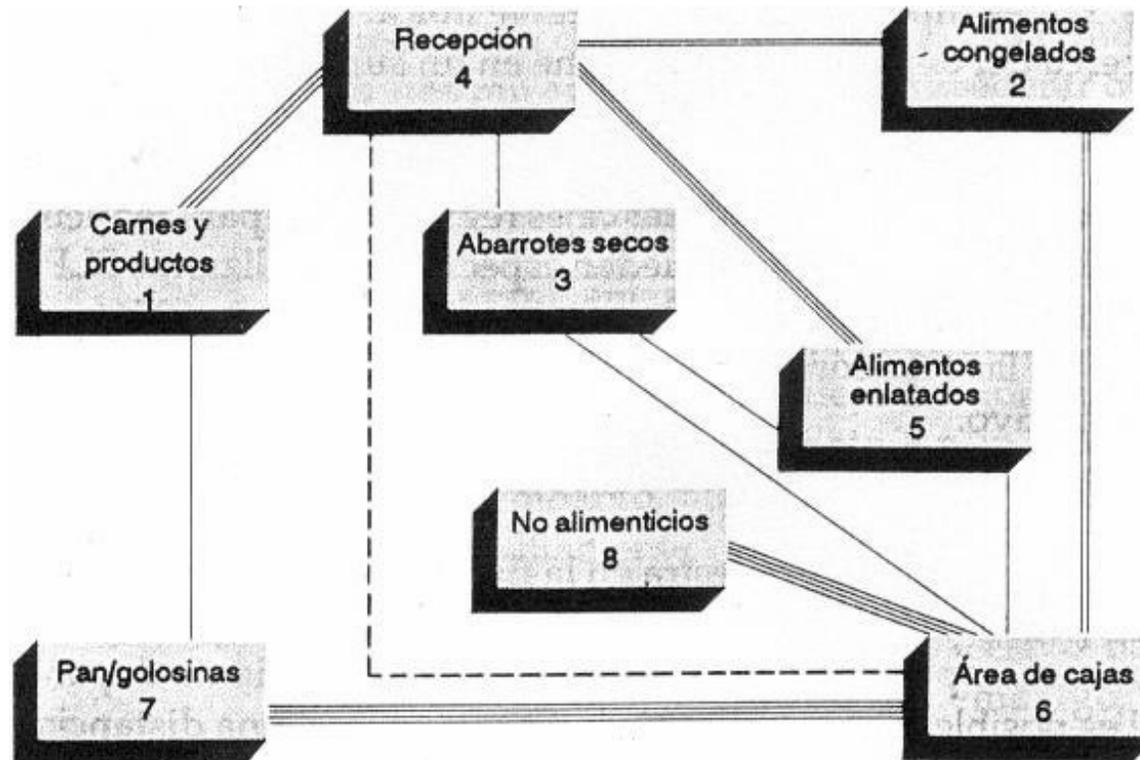


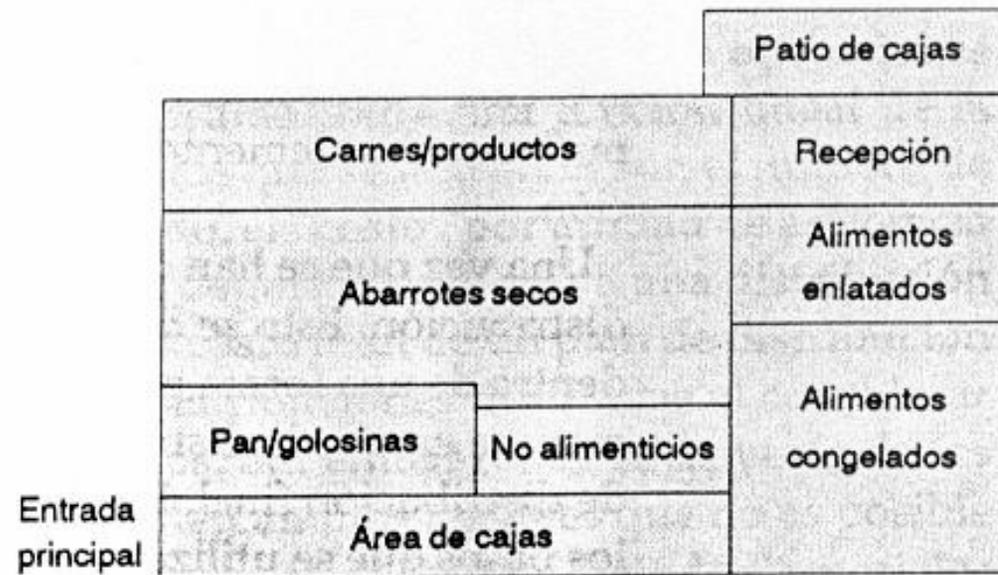
Diagrama de Relaciones

Criterios de Distribución

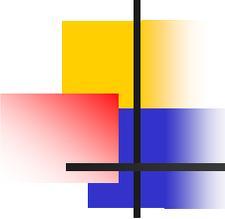


Diagrama de Bloques

Criterios de Distribución



Distribución Final



Distribución de Procesos en Línea

- **Balanceo de la Línea:**

- **Notación:**

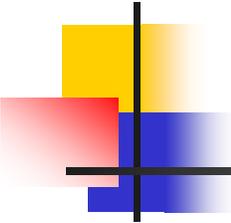
N = número de estaciones de trabajo.

C = tiempo de ciclo (tiempo entre la producción de dos unidades sucesivas).
= tiempo de la estación más lenta.

t_i = tiempo de estación i .

- **Indicadores:**

$$\text{Tiempo total de trabajo} = \sum_i t_i$$



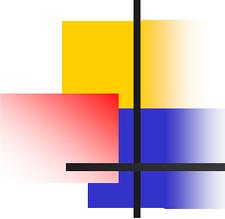
Distribución de Procesos en Línea

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum_i t_i}{NC}$$

$$\text{Mínimo de estaciones} = \left\lceil \frac{\sum_i t_i}{C} \right\rceil$$

Retraso del balance = $1 - \text{Eficiencia}$

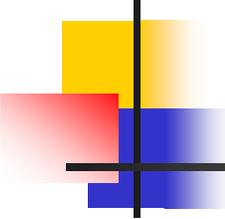
$$\text{Max}[t_i] \leq \text{tiempo de ciclo} \leq \sum_i t_i$$



Distribución de Procesos en Línea

- **Objetivo:**
 - Se busca balancear la línea, es decir, que todos los tiempos de trabajo (t_i) sean similares.

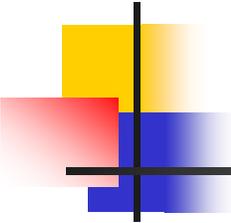
- **Consideraciones:**
 - 1.- Variabilidad de los tiempos de operación.
 - 2.- Múltiples productos.
 - 3.- Limitaciones espaciales u otros:
 - Motivos para juntar tareas por otros motivos: localización, habilidad, etc.



Distribución de Procesos en Línea

- 4.- Factores de comportamiento:
 - Ciclos cortos son aburridos.
 - Buscar otra forma de organizarse, con mayor variedad.
 - Generalmente se usan métodos manuales.

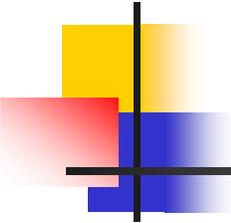
- Reglas Típicas:
 - 1.- Asignar primero tareas con mayor número de seguidoras.
 - 2.- Armar estaciones de trabajo con tareas compatibles, buscando acercarse al tiempo de ciclo en cada estación.
 - 3.- Ver eficiencia y reordenar si conviene.



Distribución de Procesos en Línea

- Para proyectos específicos Layout es especial:
 - Caso: Construcciones.
- Ejemplo: Balanceo de la línea de ensamblaje del wagon modelo J.
 - Producción diaria de 500 vagones.
 - Tiempo de producción de 420 minutos.
 - Tiempo de ciclo:

$$C = \frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Producción diaria}} = \frac{60 \times 420}{500} = 50,4 \frac{\text{seg.}}{\text{wagon}}$$

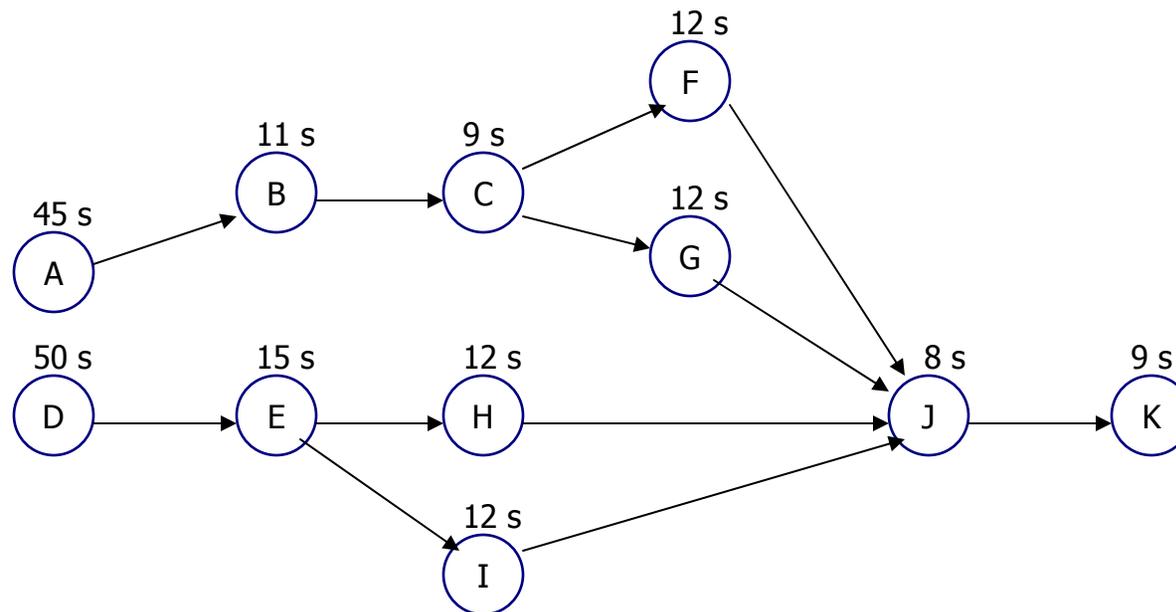


Distribución de Procesos en Línea

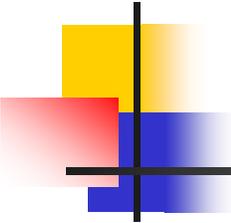
Pasos y tiempos de ensamblaje para el wagon modelo J:

Tarea	Tiempo de la tarea (en segundos)	Descripción
A	45	Colocar el apoyo del eje trasero y sujetar manualmente cuatro tornillos a las tuercas.
B	11	Insertar el eje trasero.
C	9	Apretar los tornillos de apoyo del eje trasero en las tuercas.
D	50	Colocar el ensamblaje del eje delantero y sujetar manualmente con cuatro tornillos en las tuercas.
E	15	Apretar los tornillos de ensamblaje del eje delantero.
F	12	Colocar rueda trasera No. 1 y sujetar eje.
G	12	Colocar rueda trasera No. 2 y sujetar eje.
H	12	Colocar rueda delantera No. 1 y sujetar eje.
I	12	Colocar rueda delantera No. 2 y sujetar eje.
J	8	Colocar el asta de agarre del wagon sobre el ensamblaje del eje delantero y sujetar manualmente perno y tuerca.
K	9	Apretar perno y tuerca.

Distribución de Procesos en Línea



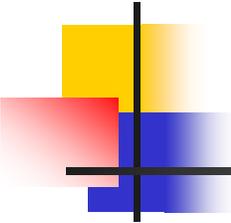
Gráfica de precedencia para el wagon de modelo J.



Distribución de Procesos en Línea

Número mínimo de estaciones:

$$N_{min} = \left\lceil \frac{T}{C} \right\rceil = \left\lceil \frac{\sum_i t_i}{C} \right\rceil = \left\lceil \frac{195}{50.4} \right\rceil = 4$$



Distribución de Procesos en Línea

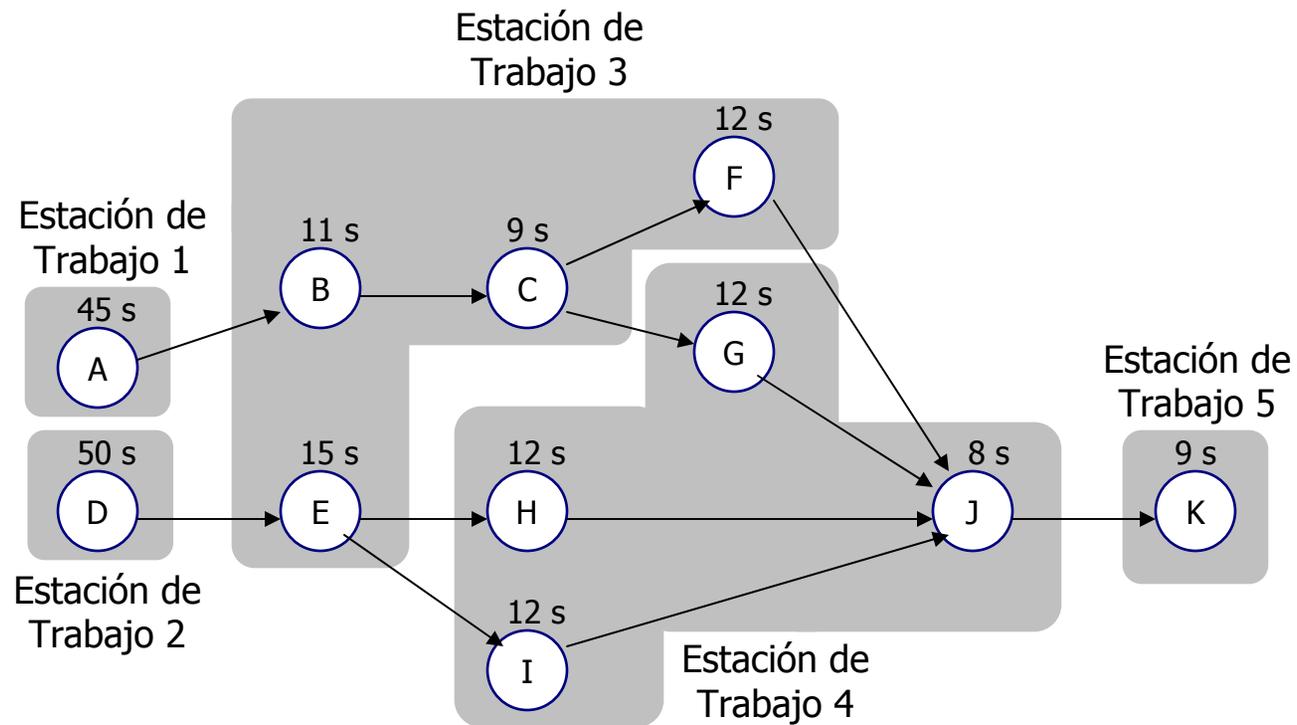
Balanceo logrado con la regla del número más grande de tareas que siguen ($C=50.4$):

	Tarea	Tiempo de la tarea (segundos)	Tiempo restante no asignado (segundos)
Estación 1	A	45	5,4 inactivo
Estación 2	D	50	0,4 inactivo
Estación 3	B	11	39,4
	E	15	24,4
	C	9	15,4
Estación 4	F*	12	3,4 inactivo
	G	12	38,4
	H*	12	26,4
	I	1	14,4
Estación 5	J	8	6,4 inactivo
	K	9	41,4 inactivo

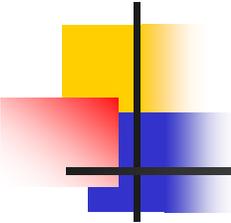
* Denota una tarea seleccionada de manera arbitraria cuando existe un nexo entre los tiempos de operación más largos.

Nota: La holgura en la última tarea de cada estación da el tiempo inactivo.

Distribución de Procesos en Línea



Gráfica de precedencia para el wagon modelo J.



Distribución de Procesos en Línea

- Eficiencia:

$$Eficiencia = \frac{T}{NC} = \frac{195}{(5)(50.4)} = .77 \text{ o } 77\%$$