

UNIDAD 2

SISTEMA DE PRODUCCIÓN CONTINUA - BALANCEO DE LÍNEAS

Expositor: **Ing. Nicolás De Simone**

Institución: **Facultad de Ingeniería – U.N.Cuyo**

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

➤ **Por qué son tan importante.....**

La importancia de los sistemas de producción, y lógicamente de su selección, radica en cómo afectan:

- Costos.
- Calidad.
- Tiempos.
- Confiabilidad.
- Flexibilidad de las operaciones y productos obtenidos.

➤ **“¿Qué son las Prioridades Competitivas Estratégicas?”**

Representan el énfasis o foco estratégico que una empresa le otorga a sus procesos dentro de su cadena de valor.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

1. Costo
2. **Calidad**
3. Tiempo
4. **Flexibilidad**
5. Innovación



Las empresas hacen foco en 1 o 2 dimensiones claves

1. **Costo**
2. Calidad
3. Tiempo
4. Flexibilidad
5. Innovación



SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

➤ Estrategias de Operaciones

Implica la determinación de cómo producir un producto o cómo proporcionar un servicio.

□ Objetivos:

- Hallar el camino para satisfacer los requerimientos de los clientes.
- Satisfacer los objetivos de producción y gestión según las prioridades competitivas.

Las estrategias de operaciones tienen efectos a largo plazo dado que las mismas se generan definiendo los siguientes parámetros:

- ✓ Volumen de producción.
- ✓ Eficiencia de procesos.
- ✓ Flexibilidad del producto/servicio.
- ✓ Costo y calidad.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

➤ Tipos de Estrategias de Procesos

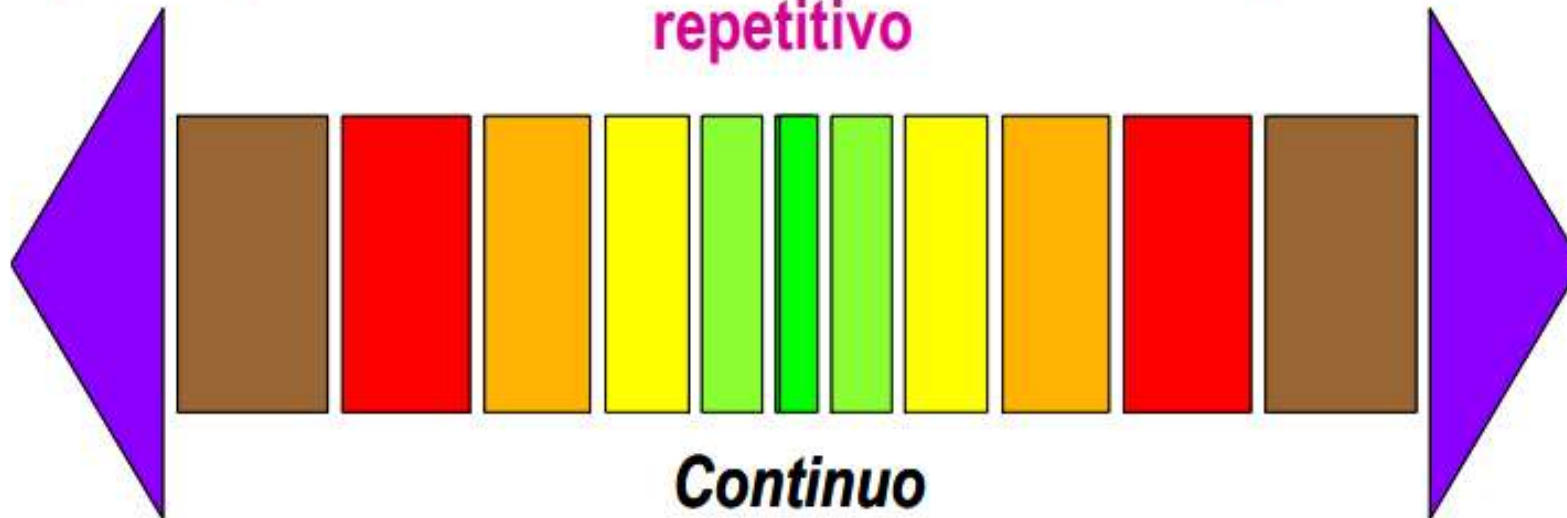
Dentro de las Estrategias de Operaciones, se deben definir las Estrategias de Procesos.

En el interior de una determinada instalación, se pueden utilizar varias estrategias. Las mismas pueden ser clasificadas de la siguiente forma:

Enfoque de proceso

Enfoque
repetitivo

Enfoque de producto

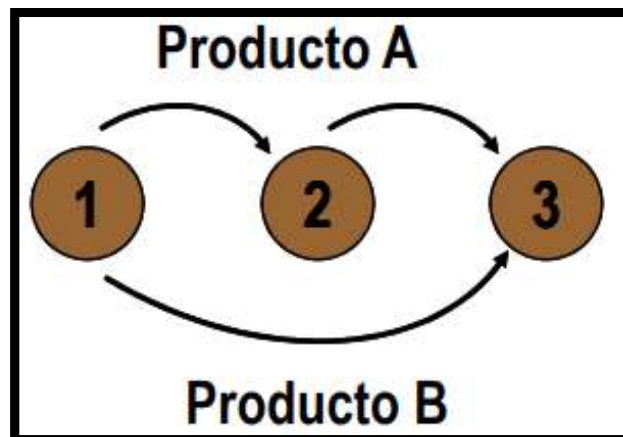


Cabe destacar que, además de los enfoques arriba mencionados, en la bibliografía encontrarán también un Enfoque por Proyectos o de Flujo Nulo.

PROCESOS INTERMITENTES

➤ Estrategias de Enfoque de Proceso

- ✓ Esta estrategia es también conocida como Procesos Intermitentes.
- ✓ Las instalaciones se organizan para realizar un proceso.
- ✓ Los centros de trabajo similares suelen estar juntos. Por ejemplo, los tornos suelen estar cercanos unos de otros; las máquinas agujereadoras también, etc.
- ✓ La fabricación consiste en poca cantidad con mucha variedad.
- ✓ Ejemplos: IMPSA, talleres metalúrgicos, etc.



PROCESOS INTERMITENTES

➤ Estrategias de Enfoque de Proceso



PROCESOS INTERMITENTES

➤ **Pros y Contras de la Estrategias de Enfoque de Proceso**

☐ Ventajas:

- Mayor flexibilidad del producto.
- Equipamiento con utilidad más general.
- Baja inversión de capital inicial.

☐ Desventajas:

- Mayor formación de sus empleados.
- Compleja planificación y control de las operaciones.
- Escasa utilización de los equipos (del 5% al 25%).

PROCESOS CONTINUOS

➤ Operaciones de Flujo Continuo

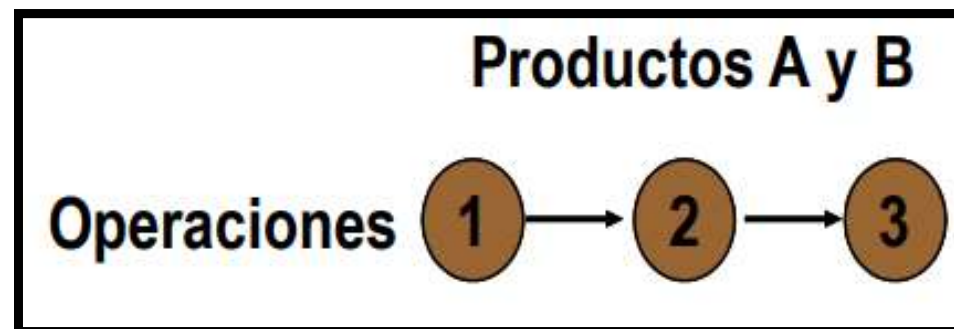
Las operaciones de flujo continuo se dividen en 2 tipos de producción:

- ✓ **Línea de Montaje o Ensamble (enfoque repetitivo):** se refiere a un tipo de producción donde los componentes se van incorporando al producto en forma continua. Ejemplo: industria automotriz.
- ✓ **Proceso Continuo (enfoque de producto):** se refiere a las llamadas industrias químicas de flujo continuo. Ejemplo: industria cementera, alimenticia, papelera, destilación de petróleo, etc.

PROCESOS CONTINUOS

➤ Estrategias de Enfoque de Producto

- ✓ Esta estrategia es también conocida como Procesos Continuos o Producción en Línea.
- ✓ Las instalaciones se organizan en torno al producto.
- ✓ Las estaciones de trabajo se ordenan de manera de buscar balancear la línea de producción, reduciendo tiempos muertos por cuellos de botella.
- ✓ La fabricación consiste en gran cantidad de producto con poca variedad.
- ✓ Ejemplos: Holcim, Techint, etc.



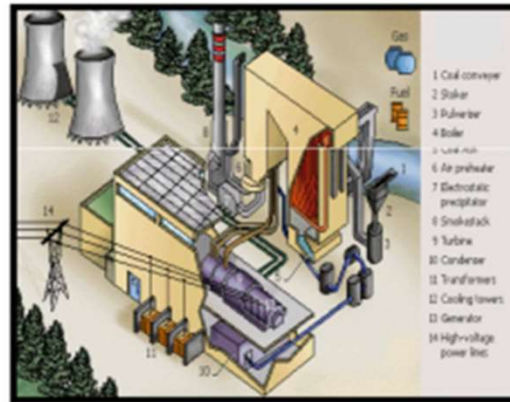
PROCESOS CONTINUOS

➤ Estrategias de Enfoque de Producto

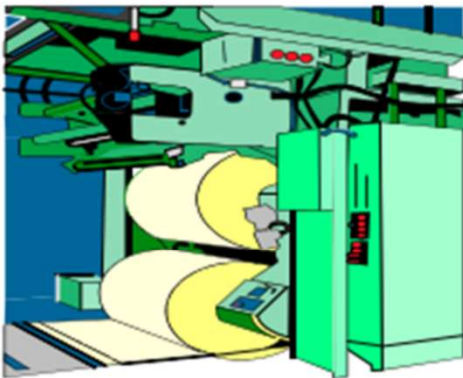
Refrescos
(discreto)



Central eléctrica
(continuo)



Bombillas
(discreto)



Papel
(continuo)



Campaña de
vacunación
contra la gripe
(discreto)

PROCESOS CONTINUOS

➤ **Pros y Contras de la Estrategias de Enfoque de Producto**

☐ Ventajas:

- El costo total por unidad es más bajo.
- Menos aptitudes laborales pero más especializadas.
- Planificación y control de las operaciones más sencilla.
- Alta utilización de los equipos (entre el 70% y 90%).

☐ Desventajas:

- La flexibilidad del producto es muy baja.
- El equipamiento suele ser muy especializado.
- Inversión muy alta en Capital Físico.

☐ Riesgos:

- Obsolescencia del producto.
- Insatisfacción laboral.

LÍNEA DE MONTAJE O DE ENSAMBLE

➤ Estrategias de Enfoque de Repetitivo

- ✓ Esta estrategia es también conocida como Línea de Montaje o Línea de Ensamble.
- ✓ Suele hacer uso de producción modular. Estos es, emplea partes o componentes previamente preparados.
- ✓ Los módulos se combinan para conseguir diferentes productos.
- ✓ Al utilizar producción modular, goza de la ventaja económica de ser un proceso continuo, como así también de la ventaja de que con poca cantidad de insumos se consigue una gran variedad de productos.
- ✓ Tiene una estructura más grande que el enfoque de proceso, pero menor que el enfoque de producto.
- ✓ Permite la cuasi-personalización.

CADENA DE MONTAJE O DE PRODUCCIÓN

➤ Estrategias de Enfoque de Repetitivo



CADENA DE MONTAJE O DE PRODUCCIÓN

➤ **Pros y Contras de la Estrategias de Enfoque Repetitivo**

☐ Ventajas:

- Flexibilidad del producto.
- Personalización de la producción.
- Diseño modular.

☐ Desventajas:

- Elevada cantidad de módulos.
- Cierta complejidad planificación y control de las operaciones.
- Media utilización de los equipos (en torno al 40% o 50%).
- Inversión relativamente elevada en Capital Físico.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

➤ Resumen de los Diferentes Procesos

REPETITIVIDAD DEL PROCESO	PLANIFICACIÓN	ORGANIZACIÓN PROGRAMACIÓN	DIRECCIÓN EJECUCIÓN	CONTROL
ÚNICO	<ul style="list-style-type: none"> •A pedido del cliente •Proyectos de factibilidad •Alta inversión 	<ul style="list-style-type: none"> •Procesos únicos •Tiempos de ejecución aproximados •Sujetos a muchas variaciones 	<ul style="list-style-type: none"> •Maximización de beneficios •Alta flexibilidad •Variedad en especialización 	<ul style="list-style-type: none"> •Supervisión externa •Auditoria final •Comparar la planeación con lo ejecutado
INTERMITENTE	<ul style="list-style-type: none"> •Demanda motivada •Planes anuales sujetos a variaciones 	<ul style="list-style-type: none"> •Procesos semiestandarizados •Tiempos de ejecución definidos •Variaciones de acuerdo con necesidades 	<ul style="list-style-type: none"> •Minimización de costos •Flexibilidad intermedia 	<ul style="list-style-type: none"> •Supervisión en línea •Control de calidad •Informes diarios
CONTINUO	<ul style="list-style-type: none"> •Planes anuales repetitivos 	<ul style="list-style-type: none"> •Procesos estandarizados •Altos volúmenes de producción •Pocas variaciones 	<ul style="list-style-type: none"> •Minimización de costos •Poca flexibilidad •Economías de escala 	<ul style="list-style-type: none"> •Supervisión con línea automatizada •Control de calidad •Informes diarios •Monitoreo constante de las operaciones

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

➤ Selección del sistema productivo o proceso

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS			
CARACTERÍSTICAS	LINEA	INTERMITENTE	PROYECTO
Proceso			
Lay out	Distribución en secuencia	Agrupadas por tipo	Varía según el avance de la obra
Tipo de máquina	Específica	Uso general	Uso general
Carga de equipos	Balanceda. Ef ~ 1	No balanceada. Eq. ociosos. Ef << 1	No balanceda equ. Ociosos Ef <<<1
Producto			
Tipo de pedido	Lotes grandes	Lote	Una sola unidad
Flujo del producto	En secuencia	Desordenado	Ninguno
Variedad del producto	Baja	Alta	Muy alta
Tipo de mercado	Masivo	Por cliente	Unico
Volumen	Alto	Medio	Una sola unidad
Mano de obra			
Habilidades	Bajas	Altas	Altas
Tipo de tarea	Repetitiva	No rutinaria	No rutinaria
Salario	Bajo	Alto	Alto
Capital			
Inversión	Alta	Media	Baja
Inventario	Bajo	Alto	Medio
Equipo	Propós. Especiales	Propós. Generales	Propós. Generales

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

➤ Selección del sistema productivo o proceso

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS			
CARACTERÍSTICAS	LINEA	INTERMITENTE	PROYECTO
Objetivos			
Flexibilidad	Baja	Media	Alta
Costo	Bajo	Medio	No Bajo
Calidad	Consistente	Variable	Variable
Servicio	Alto	Medio	No alto
Control y Planeación			
Ctrol de la producción	Fácil	Difícil	Difícil
Ctrol de calidad	Fácil	Difícil	Difícil
Ctrol de inventario	Fácil	Difícil	Difícil
Eficiencia			
Nivel alcanzado	Alto	Bajo	Medio-Bajo
Objetivos	Mantener Stock mínimo	Cumplir el mayor número de órdenes	Cumplir el plazo de entrega

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ “¿Qué estudia el Balanceo de Líneas?”

Se entiende por balanceo de líneas de montaje al cálculo que permite efectuar el armado total de un producto, con la menor cantidad de gente posible, el mínimo tiempo muerto y la mejor distribución del trabajo entre todas las personas que lo ejecutan.

➤ “¿Cuál es su propósito?”

- Alcanzar el ritmo de producción deseado, con el mínimo de personal disponible.
- Distribuir el trabajo entre el personal necesario, de modo tal que cada uno trabaje en igual proporción que los demás.

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Metodología

En general, hay 2 clases de problemas de balanceo de líneas:

- Minimizar el número de estaciones de trabajo para un tiempo de ciclo dado.
- Minimizar el tiempo de ciclo para un número dado de estaciones.

Para tratar estos problemas, se han desarrollado modelos estrictamente matemáticos y métodos heurísticos (basados en la experiencia), tales como los de Helgeson y Birnie, Kilbridge y Wester, etc.

Los métodos heurísticos, si bien no aseguran que la solución hallada sea la óptima, suministran una muy buena aproximación con un esfuerzo comparativamente pequeño.

BALANCEO DE LÍNEAS

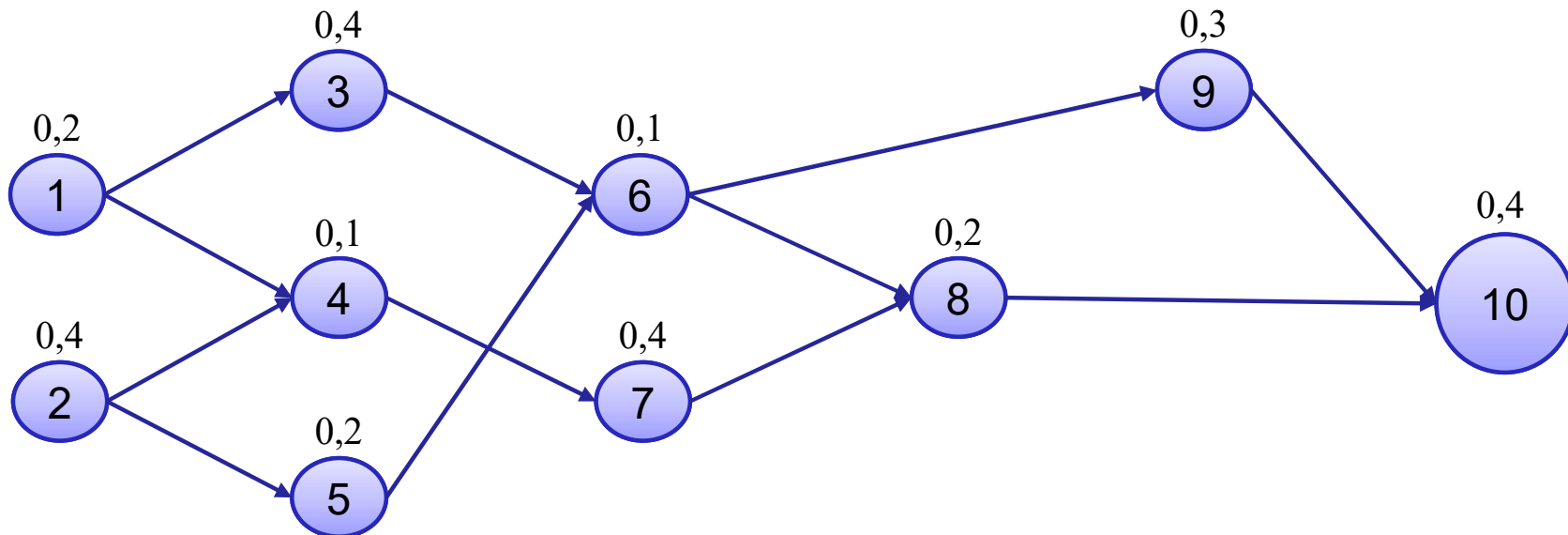
➤ Método de Helgeson y Birnie

▣ ***Tc = dato; nro estaciones = ?***

Se cuenta con la siguiente información:

- ***La lista de tareas y relaciones de precedencias entre ellas.***
- ***Tiempo asignado empleado para desarrollar cada tarea.***
- ***Tiempo de ciclo (Tc).***

Confección del diagrama de flechas o precedencias



BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Helgeson y Birnie

- Cada nodo representa una tarea determinada.
- El nodo final indica el conjunto armado.
- Las flechas indican las relaciones de precedencia.
- Sobre cada nodo se ha colocado un número. El mismo indica el tiempo empleado para ejecutar la operación.

Se construye una matriz unitaria donde se señalan con 1 las operaciones que deben realizarse sucesivamente después del nodo considerado:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1		1	1		1	1	1	1	1
2		1		1	1	1	1	1	1	1
3			1			1		1	1	1
4				1			1	1		1
5					1	1		1	1	1
6						1		1	1	1
7							1	1		1
8								1		1
9									1	1
10										1

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Helgeson y Birnie

Construida la matriz, se asigna a cada nodo el peso/ponderación/influencia que le corresponde, de acuerdo con la mayor o menor cantidad de nodos que lo siguen, y a la importancia de cada uno de éstos.

Para ello, al valor propio del nodo analizado se suman los valores correspondientes a los nodos a los cuales precede directamente e indirectamente. También se agregan las precedencias de cada nodo:

Nodo	Valor Ponderado	Precedido por:
1	2,1	-
2	2,1	-
3	1,4	1
5	1,2	2
4	1,1	1-2
6	1,0	3-5
7	1,0	4
9	0,7	6
8	0,6	6-7
10	0,4	8-9

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Helgeson y Birnie

Sea el tiempo de ciclo $T_c=0,7$, se ubican los valores de la siguiente manera:

Nodo	Precedido por:	Tiempo Asignado	Tiempo Acumulado	Tiempo Muerto
2	-	0,4	0,4	0,3
1	-	0,2	0,6	0,1
3	1	0,4	Rechazado. La sumatoria excede el T_c .	
5	2	0,2		
4	1-2	0,1	0,7	0,0
6	3-5	0,1		
7	4	0,4		
9	6	0,3		
8	6-7	0,2		
10	8-9	0,4		

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Helgeson y Birnie

Por lo que finalmente queda:

Nodo	Precedido por:	Tiempo Asignado	Tiempo Acumulado	Tiempo Muerto	
1	-	0,4	0,4	0,3	I
2	-	0,2	0,6	0,1	
4	1-2	0,1	0,7	0,0	
3	1	0,4	0,4	0,3	II
5	2	0,2	0,6	0,1	
6	3-5	0,1	0,7	0,0	
7	4	0,4	0,4	0,3	III
9	6	0,3	0,7	0,0	
8	6-7	0,2	0,2	0,5	IV
10	8-9	0,4	0,6	0,1	

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Helgeson y Birnie

▣ **$T_c = ?$; nro estaciones = dato**

Se ha estudiado también el problema cuando varían los tiempos de ciclo en función del número de estaciones y que permite determinar cuál es el mínimo valor del T_c que puede alcanzarse con un número dado de estaciones. Dicho en otras palabras, *cuál es el mínimo T_c que asegura la máxima producción, para un número de estaciones de trabajo.*

Suponer tener un cuadro en el cuál se ve que para un $T_c=2,31$, existen 5 estaciones de trabajo.

Para conocer cuál es el mínimo valor de T_c que permite el empleo de 5 estaciones, se toma el mayor de los tiempos acumulados y se le resta un infinitésimo de tiempo para ver si se pueden reacomodar las tareas manteniendo las 5 estaciones para ese nuevo T_c , o si es necesario incorporar una nueva estación.

Este procedimiento se repite hasta que necesariamente se debe incorporar una nueva estación.

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Helgeson y Birnie

Tc = 2,31

Nodo	Precedido por:	Tiempo Asignado	Tiempo Acumulado	Tiempo Muerto	
2	-	0,94	0,94		I
1	-	0,74	1,68	0,63	
3	1	0,94	0,94		II
5	2	0,74	1,68	0,63	
4	1-2	0,64	0,64		III
6	3-5	0,64	1,28		
7	4	0,94	2,22	0,09	
9	6	0,84	0,84		IV
8	6-7	0,74	1,58	0,73	
10	8-9	0,94	0,94	1,37	V

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Helgeson y Birnie

Restando un infinitésimo al mayor de los tiempos acumulados y adoptando este como nuevo T_c , luego:

$T_c = 2,21$

Nodo	Precedido por:	Tiempo Asignado	Tiempo Acumulado	Tiempo Muerto	
2	-	0,94	0,94		I
1	-	0,74	1,68	0,53	
3	1	0,94	0,94		II
5	2	0,74	1,68	0,53	
4	1-2	0,64	0,64		III
6	3-5	0,64	1,28		
9	6	0,84	2,12	0,09	
7	4	0,94	0,94		IV
8	6-7	0,74	1,68	0,53	
10	8-9	0,94	0,94	1,27	V

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Helgeson y Birnie

Repitiendo lo mismo.....restando un infinitésimo al mayor de los tiempos acumulados y adoptando este como nuevo T_c , luego:

$T_c = 2,11$

Nodo	Precedido por:	Tiempo Asignado	Tiempo Acumulado	Tiempo Muerto	
2	-	0,94	0,94		I
1	-	0,74	1,68	0,43	
3	1	0,94	0,94		II
5	2	0,74	1,68	0,43	
4	1-2	0,64	0,64		III
6	3-5	0,64	1,28	0,83	
7	4	0,94	0,94		IV
9	6	0,84	1,78	0,33	
8	6-7	0,74	0,74		
10	8-9	0,94	1,68	0,43	V

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Helgeson y Birnie

Repitiendo lo mismo.....restando un infinitésimo al mayor de los tiempos acumulados y adoptando este como nuevo T_c , luego:

$T_c = 1,77$

Nodo	Precedido por:	Tiempo Asignado	Tiempo Acumulado	Tiempo Muerto	
2	-	0,94	0,94		I
1	-	0,74	1,68	0,09	
3	1	0,94	0,94		II
5	2	0,74	1,68	0,09	
4	1-2	0,64	0,64		III
6	3-5	0,64	1,28	0,49	
7	4	0,94	0,94		IV
8	6-7	0,74	1,68	0,09	
9	6	0,84	0,84	0,93	V
10	8-9	0,94	0,94	0,83	VI

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Helgeson y Birnie

Veamos qué ocurrió con la Eficiencia:

$$Eficiencia (Tc = 2,31) = \frac{8,10}{5 * 2,31} * 100\% = 70,13\%$$

$$Eficiencia (Tc = 2,21) = \frac{8,10}{5 * 2,21} * 100\% = 73,30\%$$

$$Eficiencia (Tc = 2,11) = \frac{8,10}{5 * 2,11} * 100\% = 76,78\%$$

$$Eficiencia (Tc = 1,78) = \frac{8,10}{5 * 1,78} * 100\% = 91,01\%$$

$$Eficiencia (Tc = 1,77) = \frac{8,10}{6 * 1,77} * 100\% = 76,27\%$$

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Kilbridge y Wester

📄 ***T_c = dato; nro estaciones = ?***

- a. Se presenta en una lista el número de operaciones necesarias para realizar el producto, con una descripción de las operaciones y con sus respectivos tiempos de operación.

Nro Operaciones	Descripción	Tiempo
1	Colocar	10"
2	Ajustar	18"
3	Poner	15"
.	.	.
.	.	.
.	.	.
20	Terminación	0"

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Kilbridge y Wester

b. Cálculo del tiempo de ciclo T_c :

Este se puede calcular conociendo la demanda mensual de unidades. Por ejemplo:

Demanda mensual = 20.000 unidades/mes.

$$R_p = 20.000 \frac{\text{unid}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{22 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ hs}} * \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 0,03 \frac{\text{unid}}{\text{s}}$$

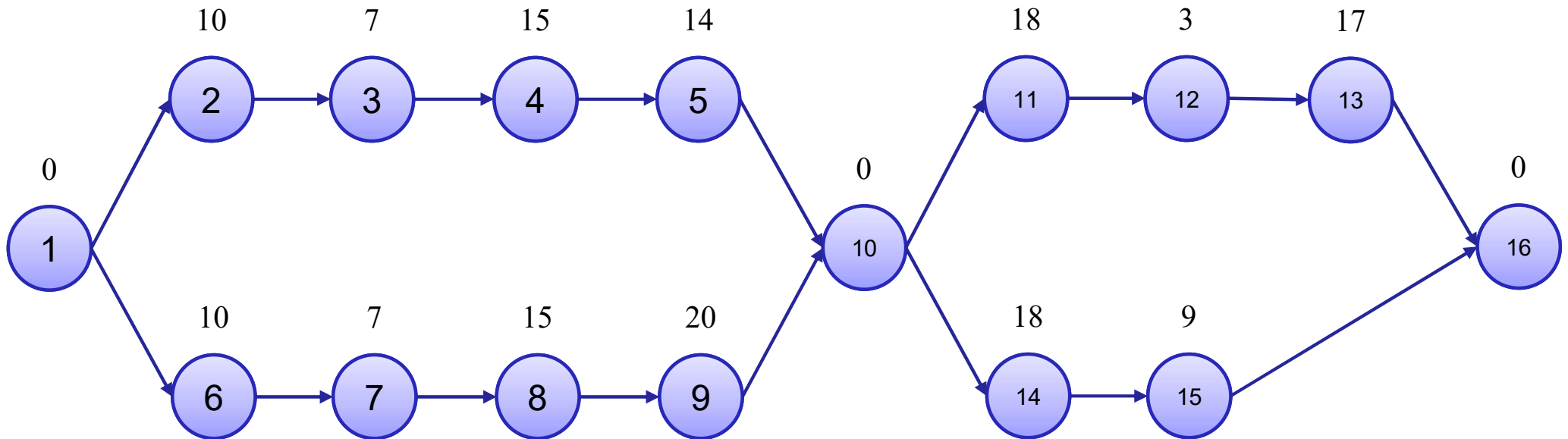
Conociendo el “ritmo de producción (R_p)”, se calcula el T_c :

$$T_c = \frac{1}{R_p} = 33,3 \text{ s}$$

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Kilbridge y Wester

c. Realizar el diagrama de precedencias del producto:



BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Kilbridge y Wester

d. Asignación de estaciones:

Con el T_c , los tiempos de cada operación t_i y el diagrama de precedencias, se pueden asignar operaciones a las estaciones de trabajo para minimizar el número de éstas que se requiere.

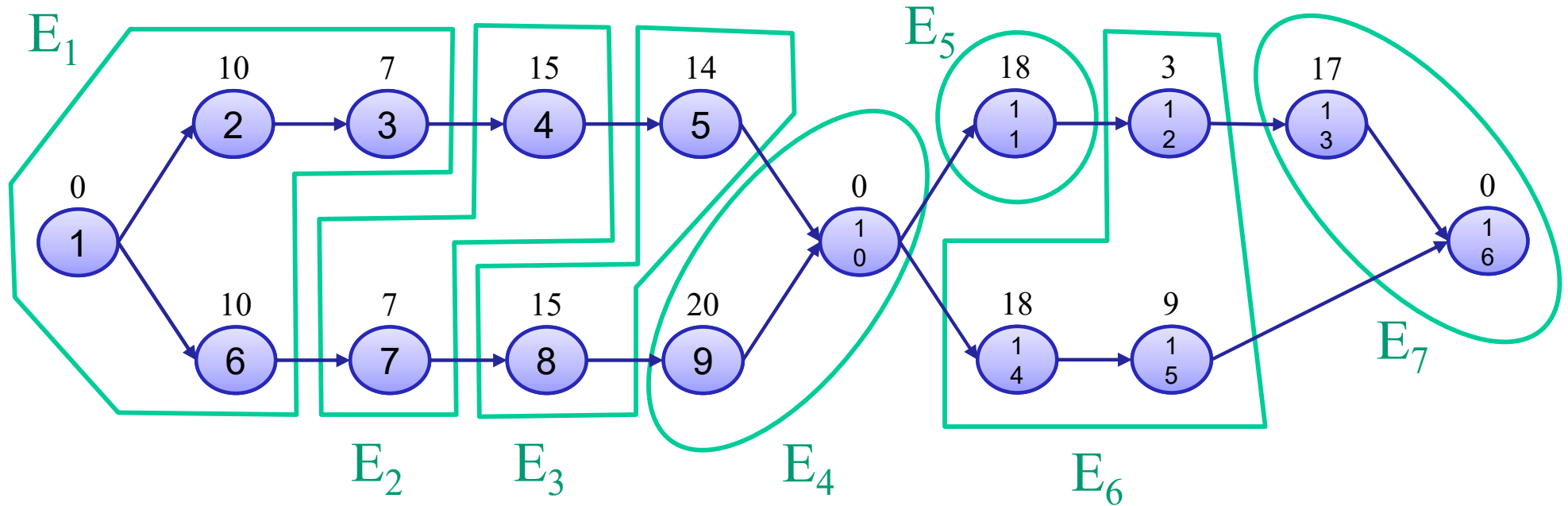
El método de Kilbridge y Wester, es un método heurístico, por lo que no se encuentra el número óptimo de estaciones, pero sí uno cercano al óptimo.

$$Eficiencia = \frac{\sum t_i}{n * T_c} = \frac{169 s}{7 * 33,3 s} = 72,5\%$$

Nro Operaciones	Cant. de Predecesoras	Tiempo	
1	0	0"	E1
2	1	10"	
6	1	10"	
3	2	7"	E2
7	2	7"	
4	3	15"	E3
8	3	15"	
5	4	14"	E4
9	4	20"	
10	9	0"	E5
11	10	18"	
14	10	18"	E6
12	11	3"	
15	11	9"	
13	12	17"	E7
16	15	0"	

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Kilbridge y Wester



BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Kilbridge y Wester

e. Análisis de los tiempos muertos de cada una de las estaciones:

Estaciones	Tiempo Ciclo	Tiempo total de Estación	Tiempo muerto total de Estación
E1	33,3"	27"	6,3"
E2	33,3"	22"	11,3"
E3	33,3"	29"	4,3"
E4	33,3"	20"	13,3"
E5	33,3"	18"	15,3"
E6	33,3"	30"	3,3"
E7	33,3"	17"	16,3"

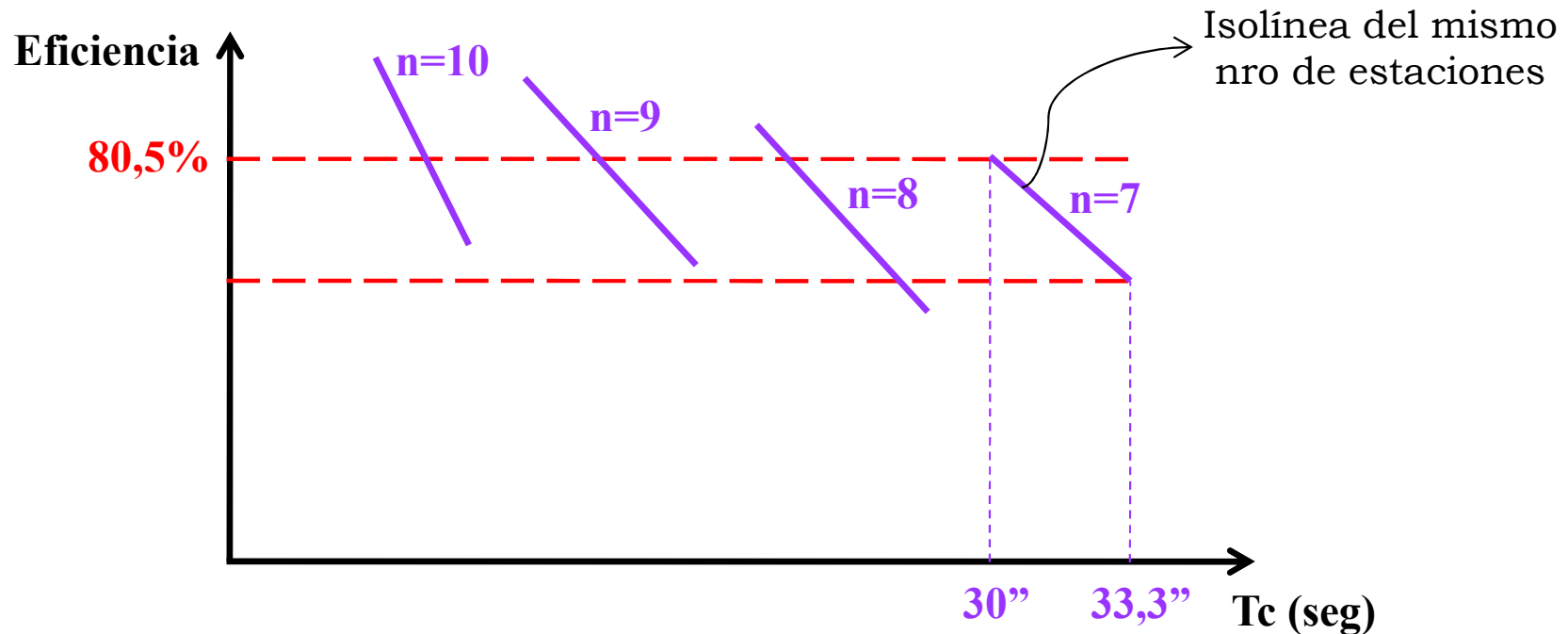
Dado que ningún Tiempo Muerto es 0, se puede achicar el Tc y de esta forma mejorar la eficiencia. Si empleamos un Tc=30", luego:

$$Eficiencia = \frac{\sum t_i}{n * T_c} = \frac{169 s}{7 * 30 s} = 80,5\%$$

BALANCEO DE LÍNEAS

➤ Método de Kilbridge y Wester

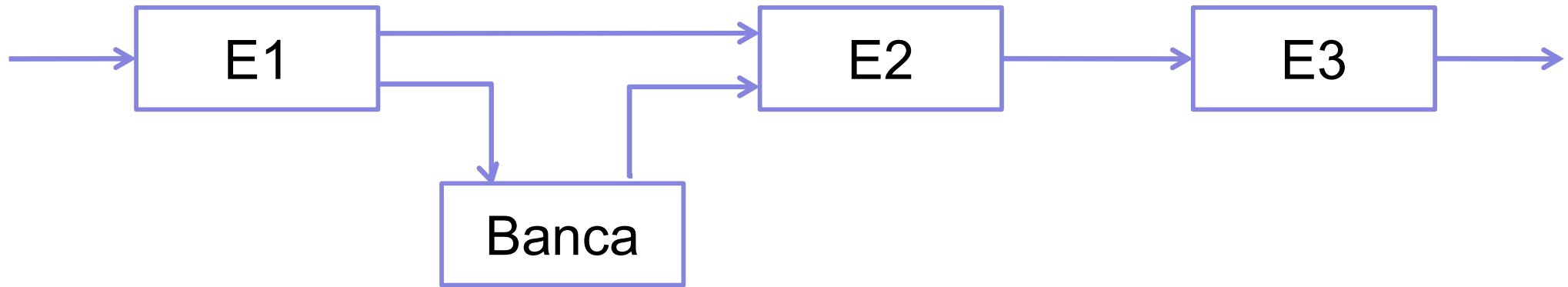
Reordenando mejor las operaciones en las estaciones, puede continuarse reduciendo el T_c y aumentando la eficiencia para $n=7$. Habrá un momento, que para poder seguir achicando más el T_c , se deberá aumentar obligadamente el número de estaciones de trabajo.



Podría pensarse que el T_c puede reducirse hasta el valor de la operación más larga ($t_{im\acute{a}x}$). Sin embargo, el T_c puede achicarse aún mas:

BALANCEO DE LÍNEAS

✓ Primera forma:

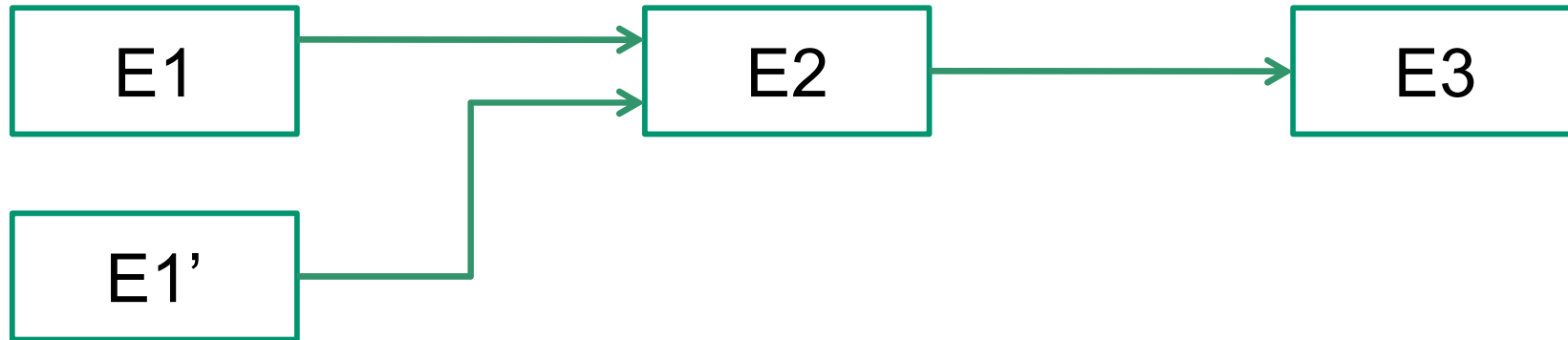


La banca permite que se acumule el producto saliente de la E1. La E1, deberá trabajar un mayor número de horas que las demás, para poder acumular en la BANCA y así, sumado a lo que produce al otro día durante 8 hs laborales, poder abastecer la E2.

Luego de las 8 hs laborales, deberán trabajar hs extras para dejar un determinado volumen acumulado para el día siguiente, y así sucesivamente.

BALANCEO DE LÍNEAS

✓ Segunda forma:



Se incorpora una estación paralela para producir el volumen requerido por las demás estaciones.

*Muchas Gracias por su
atención!!!*