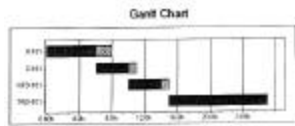


DISEÑO Y PROGRAMACION DE PROCESOS DISCONTINUOS (BATCH)



"Chemical Process Structures and Information Flows".
R.,S.H. Mah, Butterworths Publishers, USA, 1990.

TEMARIO

- Introducción
- Programación de Productos y Operaciones
- Modelos Simples
- Reglas Heurísticas

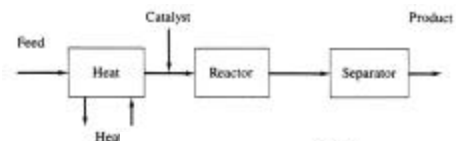
INTRODUCCION ANTECEDENTES DE UN PROCESOS DISCONTINUOS

- Volumen de producción < 10-50 Kton/año.
- Operación dinámica (discontinua, intermitente).
- Procesos que requieren alto tiempo de residencia.
- Rutas de síntesis complejas (fármacos, químicos, bioquímicos).
- Condiciones de control estrictas (reactor nuclear)

- Productos de calidad variable (lote a lote)
- **Equipos multifuncionales.**
- **Procesos flexibles** (multitarea, multiproducto).
- **Optimo uso de recursos** (materiales, energía, equipos, tiempo y recursos humanos).

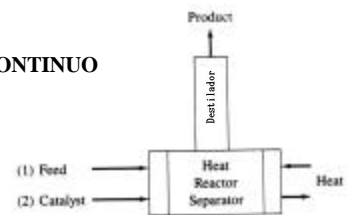
Comparación entre procesos continuos y discontinuos

PROCESO CONTINUO



PROCESO DISCONTINUO

Todas las operaciones se realizan en el mismo equipo



Ejemplos

- Alimentos (vinos, confites, lácteos, conservas).
- Producción de Biomasa
- Fármacos.
- Químicos finos y especiales.
- Polímeros, co-polímeros, resinas, fibras, etc.
- Detergentes, artículos de aseo
- Cosméticos, perfumes
- Materiales (cerámicos, plásticos, etc.).
- Aditivos (adhesivos, lubricantes, etc.).

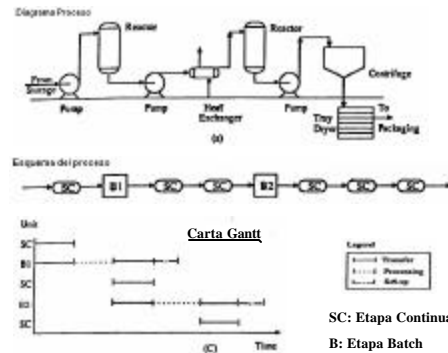
La producción en forma Batch conviene, pero....

Programas de Producción

Si se opera un proceso en forma batch, se debe tener un programa de producción de manera de optimizar el uso de los equipos.

Programa de Producción

Se debe programar la producción

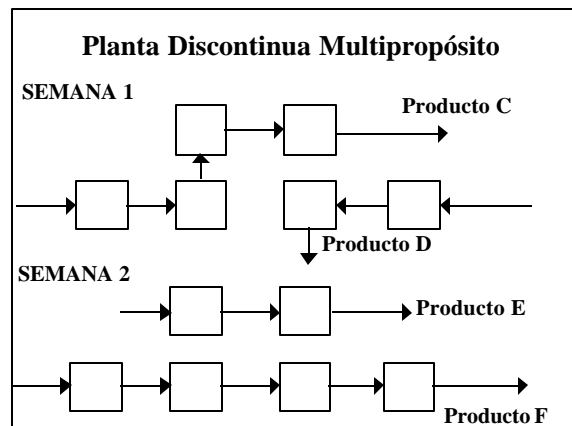
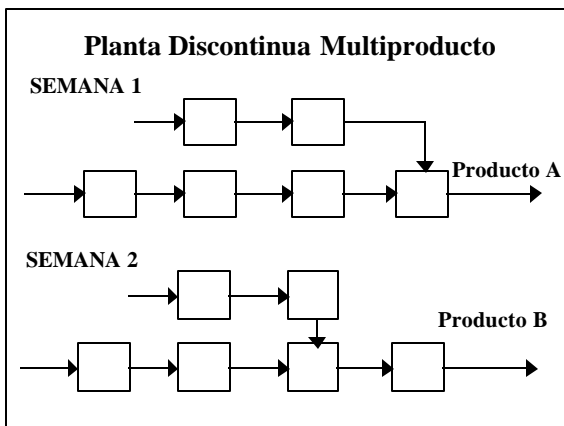
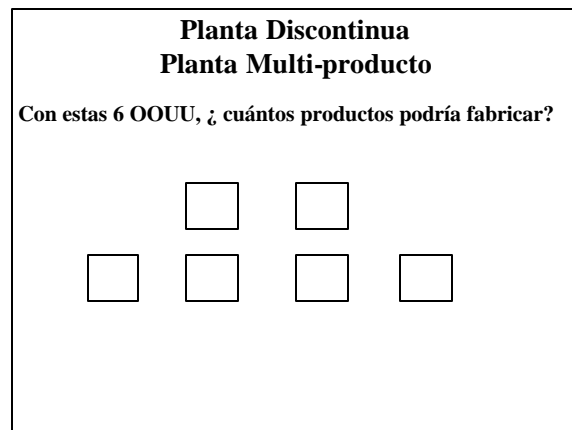
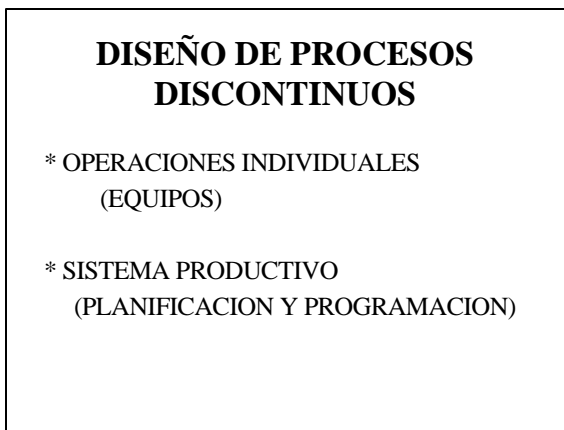
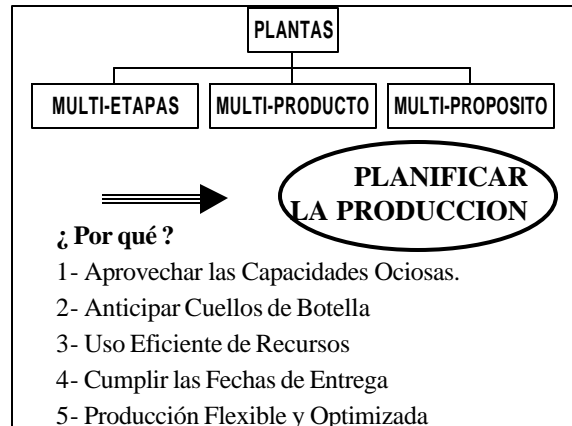
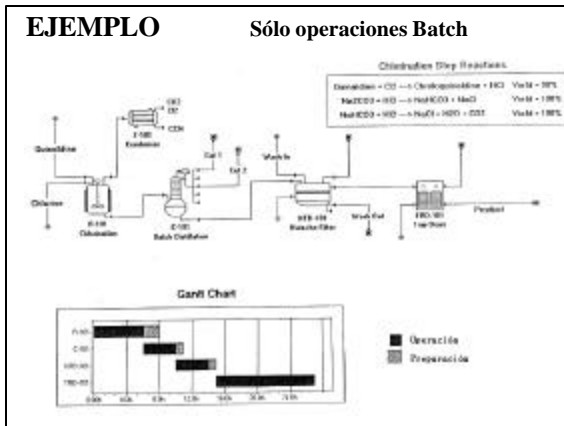


ELECCION DE PROCESOS DISCONTINUOS

- Flujo de Producción (pequeña escala).
- Fuerzas de Mercado (demanda temporal).
- Operación Flexible (múltiples productos).
- Problemas Operacionales (limpieza, síntesis compleja, control estricto, etc.).
- Uso Optimo de Recursos.
- Integración de Operaciones y Actividades.
- Equipos Multifuncionales.

DISEÑO DE PROCESOS DISCONTINUOS

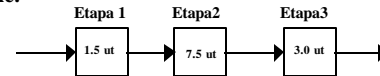
- 1- Diseñar el Proceso como si fuese Continuo.
- 2- Identificación de Equipos Discontinuos.
- 3- Identificación de Equipos Multi-tarea.
- 4- Determinar Etapas Paralelas.
- 5- Cuantificar el Almacenamiento Intermedio.
- 6- Planificar y Programar la Producción



Programación de la Operación

Ejemplo:

Programa de Operación para un Proceso Batch que Requiere Tres Etapas o Procesadores Conectados en Serie.

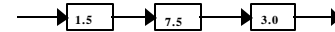


- Tiempo de Preparación de cada etapa = 0.5 u t

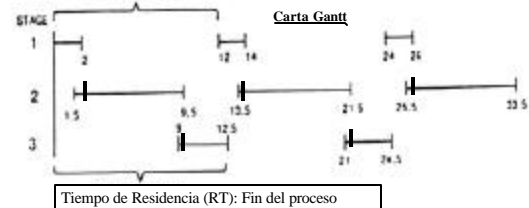
¿ Cómo se podrían programar las operaciones?

- Que no se traslapen, ie. se inicia la operación actual cuando se termina la predecesora.
- Que se traslapen.
- Que se traslapen con unidades en Paralelo.

a. Operación No Traslapada



Tiempo de proceso límite (LCT) : Suma de los tiempos de cada etapa



Tiempo de Residencia (RT): Fin del proceso

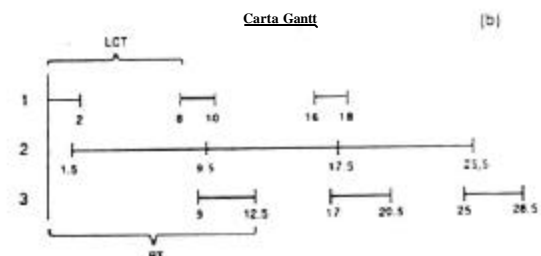
En 36.5 ut para procesar 3 batch

¿ Qué se podría hacer para minimizar el tiempo de proceso límite (TCL) ?

* Inicia antes la etapa 1, LCT sería más corto.

➔ Hacer un traslape de operaciones.

b. Operación Traslapada

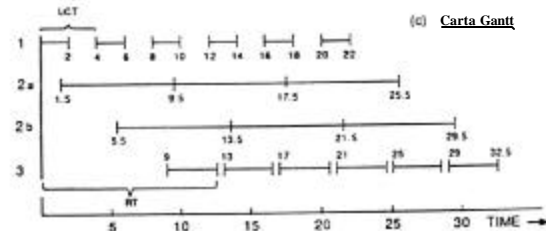


En 28.5 ut para procesar 3 batch, ahorro del 22% respecto a la configuración original.

¿ Qué se podría hacer para minimizar el tiempo de proceso límite (TCL) ?

- Equipos en paralelo, sobre todo en las etapas limitantes, etapa 2
- mayor inversión.

Operación Traslapada con Unidades en Paralelo



En 20.5 ut para procesar 3 batch, ahorro del 45% respecto a la configuración original.

Recomendaciones

- Conviene traslapar operaciones, de manera de minimizar los tiempos ociosos de los equipos, ¿COMO? →
- Políticas de almacenamiento intermedio**
- Se debe evaluar la posibilidad de tener unidades en paralelo, puede llegar a ser rentable.

POLITICAS DE ALMACENAMIENTO INTERMEDIO

IDEA: Programar la Producción Cuando hay Dependencia de la Cantidad de Insumos Precursores.

DEMORAS:

- Multas, Indemnizaciones, Garantías
- Interrupción del Proceso
- Material Fuera de Especificación

Entrega Anticipada:

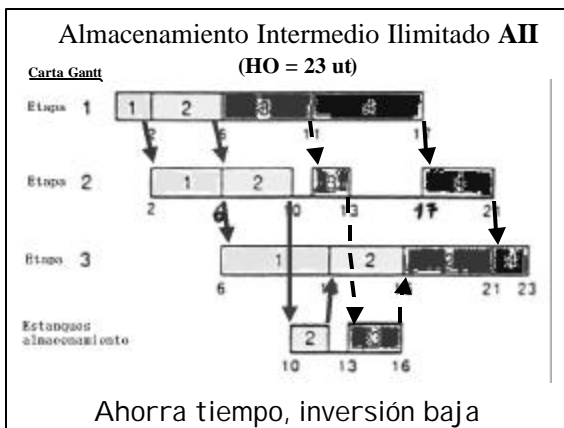
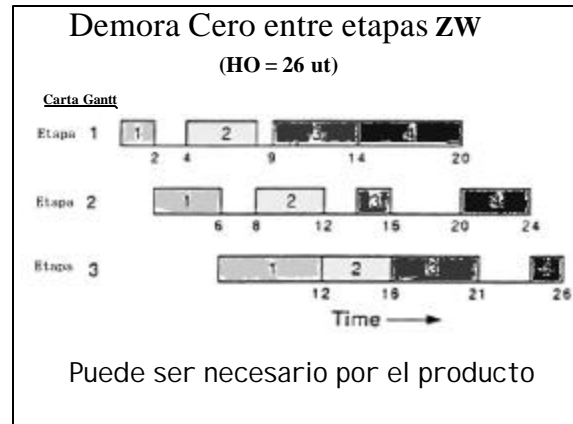
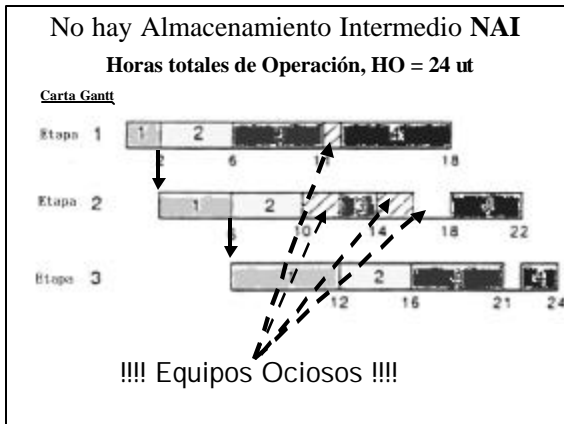
- Premios
- Bonificaciones

Tipos de Almacenamiento Intermedio

- No hay Almacenamiento Intermedio (NAI).
- Demora Cero, entre etapas (zero wait, ZW).
- Almacenamiento Intermedio
 - Ilimitado (AII).
 - Finito (AIF).
 - Mixto (AIM).

Ejemplo: Programas de Operación en una Planta Multiproducto (4) con 3 Etapas de Procesamiento en Serie.

ETAPA	Tiempos de Procesamiento			
	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4
1	2	4	5	6
2	4	4	2	4
3	6	4	5	2



- Recomendaciones**
- Conviene traslapar operaciones, de manera de minimizar los tiempos ociosos de los equipos.
 - Políticas de almacenamiento intermedio, si son factible, dado que las inversiones en estos casos son muy bajas.
 - Se debe evaluar la posibilidad de tener unidades en paralelo, puede llegar a ser rentable.

¿ Cómo se realiza la Programación de Productos y Operaciones?

Recursos Principales: Tiempo
 Equipos

Objetivo: Producción Demandada por el Mercado en el Tiempo Indicado



Factores que Afectan la Programación:

- N° de Productos (I)
- N° de Procesadores, Operaciones (J)
- Función Objetivo (Z)
- Tiempo Procesamiento (Tij)
- Restricciones Técnicas (secuencia procesamiento, precursores, disponibilidad tecnológica, etc.).

Supuesto:

Las tareas no son necesariamente consecutivas

Algoritmos de Solución para Minimizar Z

OBJETIVO TECNICO DE LA PLANIFICACION (Medidas de Eficiencia)

MINIMIZAR:

- Horizonte Operacional
- Demora Máxima
- Tiempo de Flujo Máximo
- Tiempo de Flujo Medio
- Demora Máxima
- Demora Media
- Costo de Producción Fuera de Especificación (cambio de producto)

Modelos Simples

i) Un Procesador o equipo (programación trivial)

ii) Trabajos en 1 etapa con procesadores o equipos en paralelo

- a) Regla de McNaughton (1959)
- b) Regla LPT (longest processing time)
- c) Regla SPT (shortest processing time)

Modelos Simples

a) Regla de McNaughton (1959)

Horizonte Operacional Mínimo

$$T_{operacional} = \max \left\{ \max_i (T_{i1}), \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{i1}}{m} \right) \right\}$$

T_{i1} : Tiempo de operación del producto i en la etapa 1

M: Número de procesadores o equipos

b) Regla LPT (longest processing time)

Hacer las tareas con tiempos de procesamiento más largas primero.

c) Regla SPT (shortest processing time)

Hacer las tareas con tiempos de procesamiento más cortas primero.

Ejemplo: Programas de Operación en una Planta Multiproducto (8) con 1 etapa y 3 Equipos en Paralelo.

Producto	1	2	3	4	5	6	7	8
Tiempo de Procesamiento, (ut)	8	7	6	5	4	3	2	1

Regla de McNaughton:

$$T_{operacional} = \max \left\{ \max_i (T_{i1}), \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{i1}}{m} \right) \right\}$$

T_{i1} : Tiempo de operación del producto i en la etapa i

Producto	1	2	3	4	5	6	7	8
Tiempo de Procesamiento, (ut)	8	7	6	5	4	3	2	1

$$\max(T_{i1}) = 8 \quad \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{i1}}{m} \right) = \frac{8+7+6+5+4+3+2+1}{3} = \frac{36}{3} = 12$$

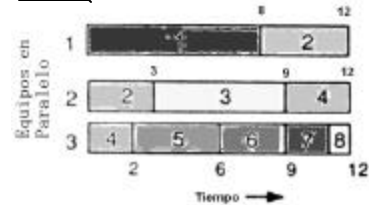
$$T_{operacional} = \max \{ 8, 36/3 \} = \max \{ 8, 12 \} = 12 \text{ ut}$$

Horizonte de operación 12ut

Hay que dividir en bloque de 12 ut

Alternativa 1 (Hay varias otras)

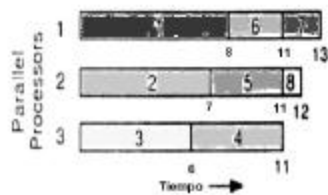
Carta Gantt



Regla LPT

Hacer las tareas con tiempos de procesamiento más largas primero.

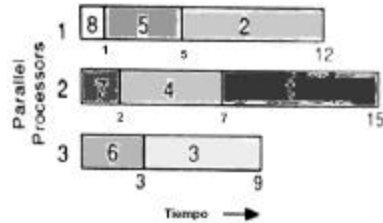
Carta Gantt



Regla SPT

Hacer las tareas con tiempos de procesamiento más cortas primero.

Carta Gantt



iii) Dos Procesadores en Serie

Regla de Johnson (1954):

Procedimiento para minimizar el Horizonte Operacional (se asume Almacenamiento Intermedio Ilimitado).

a) En una secuencia el trabajo i antecede al j si:

$$\min \{T_{i1}, T_{j2}\} \leq \min \{T_{i2}, T_{j1}\}$$

i, j = Producto ; 1,2: Etapa

b) Si un trabajo no requiere una de las etapas de procesamiento se le asigna un tiempo de procesamiento →

$$T_{ij} = 0 \text{ en esa etapa.}$$

Algoritmo de Johnson

- 1- De todos los trabajos por programar seleccione el que tenga el menor tiempo de procesamiento en cualquiera de las etapas.
- 2(a)- Si este tiempo corresponde a la Etapla 1, programe el trabajo en la 1ª posición disponible en la secuencia y continuar en el paso 3.
- 2(b)- Si este tiempo corresponde a la Etapla 2, programe el trabajo en la última posición disponible en la secuencia y continuar en el paso 3.
- 3- Remove de la lista el trabajo asignado y volver al primer paso hasta que la secuencia esté completa.

Ejemplo:

Programas de Operación en una Planta Multiproducto (5) con 2 Etapas de Procesamiento y 1 Equipo por Etapa .

Producto	1	2	3	4	5
Tiempos de Procesamiento					
T ₁₁ , (ut)	3	6	1	4	8
T ₁₂ , (ut)	7	2	3	4	3

Algoritmo de Johnson

- 1.- De todos los trabajos por programar seleccione el que tenga el menor tiempo de procesamiento en cualquiera de las etapas.

- 2(a)- Si este tiempo corresponde a la Etapla 1, programe el trabajo en la 1ª posición disponible en la secuencia y continuar en el paso 3.
- 2(b)- Si este tiempo corresponde a la Etapla 2 programe el trabajo en la última posición disponible en la secuencia y continuar en el paso 3.

Etapas	Trabajo					
	1	2	3	4	5	
	Tiempos de Procesamiento					
	T ₁₁ , (ut)	3	6	1	4	8
	T ₁₂ , (ut)	7	2	3	4	3

Paso	Trabajos no Programados	T _{ij} , mínimo	Asignación	Programa Parcial
1	1,2,3,4,5	T ₃₁	3 = [1]	3 X X X X
2	1,2,4,5			
3				
4				
5				

- 3 Remove de la lista el trabajo asignado y volver al primer paso hasta que la secuencia esté completa.

Trabajo	1	2	3	4	5
Tiempos de Procesamiento					
T ₁₁ , (ut)	3	6	X	4	8
T ₁₂ , (ut)	7	2	X	4	3

Repetir paso 1

Trabajo	1	2	3	4	5
Tiempos de Procesamiento					
T ₁₁ , (ut)	3	6		4	8
T ₁₂ , (ut)	7	2		4	3

Algoritmo de Johnson

Paso	Trabajos no Programados	T _{ij} , mínimo	Asignación	Programa Parcial
1	1,2,3,4,5	T ₃₁	3 = [1]	3 X X X X
2	1,2,4,5	T ₂₂	2 = [5]	3 X X X 2
3	1,4,5			
4				
5				

Repetir paso 1

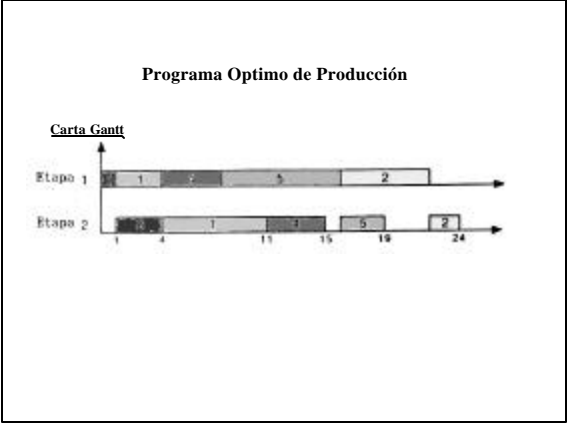
Trabajo	1	2	3	4	5
Tiempos de Procesamiento					
T ₁₁ , (ut)	3			4	8
T ₁₂ , (ut)	7	X		4	3

Algoritmo de Johnson

Paso	Trabajos no Programados	T _{ij} , mínimo	Asignación	Programa Parcial
1	1,2,3,4,5	T ₃₁	3 = [1]	3 X X X X
2	1,2,4,5	T ₂₂	2 = [5]	3 X X X 2
3	1,4,5	T ₅₂	5 = [4]	3 X X 5 2
4	1,4	T ₁₁	1 = [2]	3 1 X 5 2
5				

Finalmente					
Trabajo	1	2	3	4	5
Tiempos de Procesamiento					
T_{1i} (ut)	3	6	1	4	8
T_{2i} (ut)	7	2	3	4	3

Paso	Trabajos no Programados	T_{ii} mínimo	Asignación	Programa Parcial
1	1,2,3,4,5	T^{31}	3 = [1]	3 X X X X
2	1,2,4,5	T^{22}	2 = [5]	3 X X X 2
3	1,4,5	T^{52}	5 = [4]	3 X X 5 2
4	1,4	T^{11}	1 = [2]	3 1 X 5 2
5	4	$T^{41} = T^{42}$	4 = [3]	3 1 4 5 2



Propuesto

Estudiar

Diseño óptimo de una planta batch multi - propósito: Producción de proteínas recombinantes.

Montagna J.M., Vecchiotti A.R., Iribarren O.A., Pinto J.M., Asenjo J.A (2000)
"Optimal design of protein production plants with time and size factor process models" Biotechnol. Prog 2000, 16, 228-237.

Informe Final

Debe incluir:

- Programación de las operaciones batch**

Ciclo Continuo	1%
Examen Exponer	10%
Introducción y algebra	5%
Exámenes	
Automatización y Descripción del Proceso Global	5%
Diagrama IC y Balance de Masa y Energía, Unidad Procesal	5%
Diagrama de Bloques y Balance de Masa y Energía	10%
Diagrama de Flujo y Balance de Masa y Energía	20%
Diagrama de Instrumentación de Equipos Principales	3%
Programación y Planificación de la Producción	5%
Operaciones y Unidades	10%
Reflexión	5%
Muestreo de calidad en línea, en línea control	14%
Total Examen	100%