

Nombre: **ALEJANDRO JORGE PISTARELLI**

Mail: alejandro.pistarelli@gmail.com

Página: <http://www.pistarelli.com.ar>

Profesión: Ingeniero de Mantenimiento e Investigador.

Síntesis de Antecedentes

Título de grado: Ingeniero Aeronáutico – UTN FRH (Argentina)

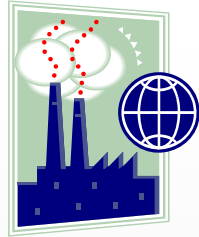
Desde 1990 se desempeña en empresas industriales de distintos rubros: químico, metalmecánico, alimentos, consumo masivo y servicios.

Dedicado a mejorar procesos y metodologías de Gestión de Activos y Confiabilidad de Sistemas Productivos.

Autor de: **MANUAL DE MANTENIMIENTO. Ingeniería, Gestión y Organización.**

ISBN: 978-987-05-8420-9.

Jefe de Mantenimiento, Ingeniería de Mantenimiento e Ingeniería de Confiabilidad en Empresa Química Multinacional.



TIPOS DE INDICADORES

Por su estructura

Indicador Absoluto:

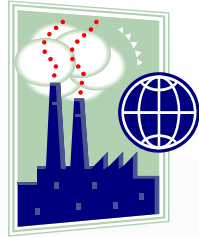
- Valor que toma una variable de un sistema (en un periodo)
- Ej.: Toneladas producidas [Tn]

Indicador de Eficacia:

- Relación entre lo obtenido y el máximo posible a obtener (en un periodo)
- Ej.: Toneladas producidas / Cap. máxima de producción en Tn [%]

Indicador de Eficiencia:

- Relación entre lo obtenido y lo que costó obtenerlo (en un periodo)
- Ej.: Toneladas producidas / Gastos de Operación [Tn/\$]



TIPOS DE INDICADORES

Por su nivel de información

Indicador Primario:

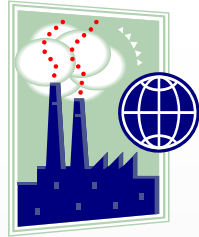
- Muestra el impacto total en la organización, del desempeño local que se quiere evaluar.

Indicador Secundario:

- Muestra el impacto, en algún parámetro importante de la organización, del desempeño local que se quiere evaluar.

Indicador Terciario ó Superfluo:

- Muestra el impacto, en algún parámetro simbólico de la organización, del desempeño local que se quiere evaluar.



CONFLICTO ENTRE INDICADORES

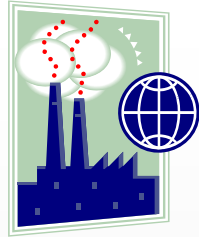
Ejercicio

- Una Planta Industrial trabaja en un sólo turno de 8 hs.
- La máquina E (empacadora) tiene saturada su capacidad semanal de producción más allá de las 80 Tn, operándola un oficial.
- Dicha máquina podría producir 100 Tn por semana si le agregáramos la colaboración de un ayudante.
- Calcule el valor para los dos indicadores siguientes:

Productividad de Máquina: [Tn/hm]

Productividad de Mano de Obra: [Tn/hh]

- ¿Cuál tiene más peso?



CONFLICTO ENTRE INDICADORES

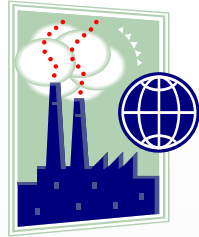
Ejercicio

- Productividad de la Máquina E = 2 Tn/hm
- Productividad de la Mano de Obra = 2 Tn/hh

Con un ayudante más...

- Productividad de la Máquina E = 2,5 Tn/hm
- Productividad de la Mano de Obra = 1,25 Tn/hh

¿Estaríamos mejor o peor?

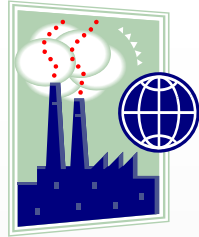


CONFLICTO ENTRE INDICADORES

Ejercicio (datos adicionales):

- La empresa puede vender hasta 160 Tn más por mes de los productos que pasan por la máquina E.
- El Margen Bruto por Tn es de \$ 5.000.
- El incremento en el gasto de Mano de Obra por un ayudante es de \$ 4.000 por mes.

¿Cómo se relaciona este impacto con los indicadores anteriores?

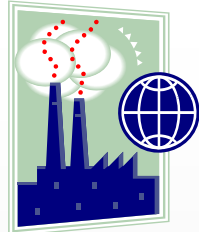


CONFLICTO ENTRE INDICADORES

Ejercicio (datos adicionales):

- Marginal = 20 Tn/semana = 80 Tn/mes.
- El Margen Bruto Mensual = 80 Tn x \$ 5.000/Tn = \$ 400.000
- Incremento gasto de Mano de Obra Mensual = \$ 4.000

\$ 400.000 vs. \$ 4.000



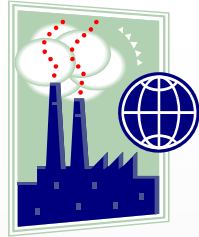
CONFLICTO ENTRE INDICADORES

Ejercicio

- **Determinar la productividad de la mano de obra para un Centro de Trabajo (CT) que produce clavos a partir de rollos de alambre.**

Datos:

VARIABLES OPERATIVAS	UNIDAD	MES 1
Producción por Máquina	Tn/hm	0,6
Cantidad de Máquinas	#	20
Disponibilidad Promedio	%	85%
Cant. Operarios por Turno	Oper/t	5
Cant. de Turnos por Día	t/día	3



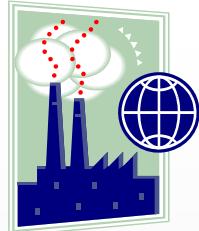
CONFLICTO ENTRE INDICADORES

Ejercicio

- Para el caso anterior, se realizó un estudio que demostró que el nivel efectivo de utilización de la mano de obra era de un 30%.
- Un 30% del tiempo en promedio, cada operario estaba realizando alguna tarea activa como ser:
 - Reposición de rollos y enhebrado
 - Retiro de recipientes con clavos
 - Verificación de variables de proceso
 - Verificación de variables de entrada y salida
 - Corrección de desvíos

Con el fin de incrementar la productividad y bajar costos, se decidió la reducción de un operario por turno.

Determinar el impacto de esta medida, considerando que el costo de la mano de obra es de 11 \$/hh.



CONFLICTO ENTRE INDICADORES

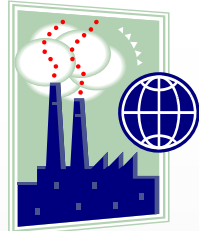
Datos y Cálculo

VARIABLES OPERATIVAS	UNIDAD	MES 1	MES 2	VAR	%VAR
Producción por Máquina	Tn/hm	0,6	0,6		
Cantidad de Máquinas	#	20	20		
Disponibilidad Promedio	%	85%	84%	-1%	-1%
Cant. Operarios por Turno	Oper/t	5	4	-1	-20%
Cant. de Turnos por Día	t/día	3	3		
Producción Total Mes	Tn/mes	7.344,0	7.257,6	-86,40	-1,2%
Productividad Mano de Obra	Tn/hh	2,04	2,52	0,48	23,5%

VARIABLES ECONÓMICAS	UNIDAD	MES 1	MES 2	VAR	%VAR
Costo Unitario Mano de Obra	\$/hh	11	11		
Costo Mensual Mano de Obra	\$/mes	39.600	31.680	-7.920	-20,0%
Productividad Mano de Obra	Tn/\$	0,19	0,23	0,04	23,5%

Precio de Venta	\$/Tn	3.000	3.000		
Costo Materias Primas e Insumos	\$/Tn	2.000	2.000		
Margen Bruto Unitario	\$/Tn	1.000	1.000		
Margen Bruto Mensual	\$/mes	7.344.000	7.257.600	-86.400	-1,2%
Impacto Económico Total	\$/mes	7.304.400	7.225.920	-78.480	-1,1%

Conflicto entre Flujo y Productividad



CONFLICTO ENTRE INDICADORES

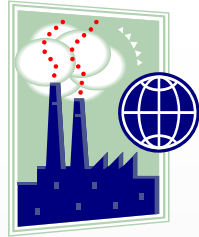
Datos y Cálculo

VARIABLES OPERATIVAS	UNIDAD	MES 1	MES 2	VAR	%VAR
Producción por Máquina	Tn/hm	0,6	0,6		
Cantidad de Máquinas	#	20	20		
Disponibilidad Promedio	%	85%	84%	-1%	-1%
Cant. Operarios por Turno	Oper/t	5	4	-1	-20%
Cant. de Turnos por Día	t/día	3	3		
Producción Total Mes	Tn/mes	7.344.0	7.257.6	-86.40	-1,2%

¡La productividad local es un indicador peligroso!

Costo Unitario Mano de Obra	\$/hh	11	11		
Costo Mensual Mano de Obra	\$/mes	39.600	31.680	-7.920	-20,0%
Productividad Mano de Obra	Tn/\$	0,19	0,23	0,04	23,5%
Precio de Venta	\$/Tn	3.000	3.000		
Costo Materias Primas e Insumos	\$/Tn	2.000	2.000		
Margen Bruto Unitario	\$/Tn	1.000	1.000		
Margen Bruto Mensual	\$/mes	7.344.000	7.257.600	-86.400	-1,2%
Impacto Económico Total	\$/mes	7.304.400	7.225.920	-78.480	-1,1%

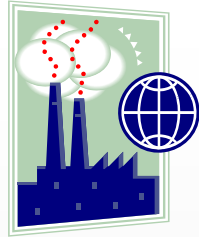
Conflicto entre Flujo y Productividad



CONFLICTO ENTRE INDICADORES

¿Supuestos o realidades?

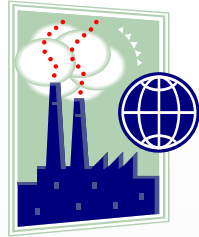
- Altos desperdicios comprometen el cuadro de resultados de P y G.
- Los empleados no reducirán voluntariamente el desperdicio.
- Un recurso ocioso es un gran desperdicio.
- Debemos utilizar al máximo nuestros recursos (evitar que estén ociosos).
- Los indicadores de eficiencias locales aseguran máxima utilización de recursos.



CONFLICTO ENTRE INDICADORES

¿Supuestos o realidades?

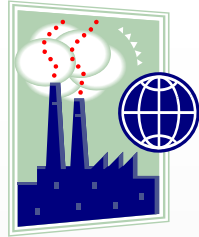
- Hay tres caminos para los recursos ociosos:
 - Echarlos.
 - Darles trabajo.
 - Expeditarlos a la restricción.



CONFLICTO ENTRE INDICADORES

Compromiso

- Círculo viciosos: La búsqueda de eficiencia en todos los centros de trabajo (CT) genera largos Lead Times de fabricación que, a su vez, provoca la necesidad de expedir con más frecuencia. Se pierde el control continuamente.
- Círculo viciosos: Para evitarlo debemos resolver el conflicto. Para disolver el conflicto es necesario invalidar algunos de los supuestos que lo sustentan.

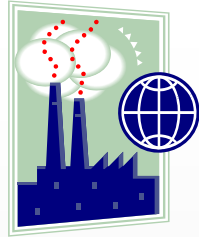


CONFLICTO ENTRE INDICADORES

Compromiso

- Los tres primeros supuestos quedarían invalidados si logramos invalidar el primero:

“Un recurso ocioso es un gran desperdicio”

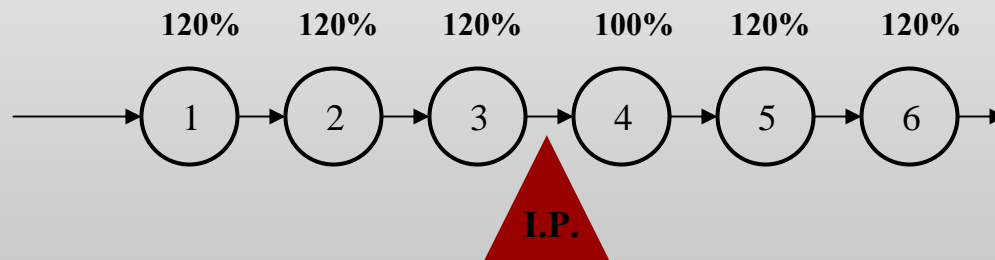


¿RECURSO OCIOSO = DESPERDICIO?

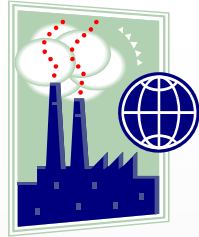
Capacidad, flujo y utilización

¿Cómo lograr la máxima utilización de todos los recursos?

Intentaremos trabajar sin desperdicios: utilizaremos todos los recursos a su máxima capacidad.



- Para mantener 100% ocupado a un recurso es necesario un banco de trabajo frente a él.
- Los recursos aguas arriba, deben tener una razonable capacidad en exceso, para que las perturbaciones del sistema no agoten ese banco de trabajo.

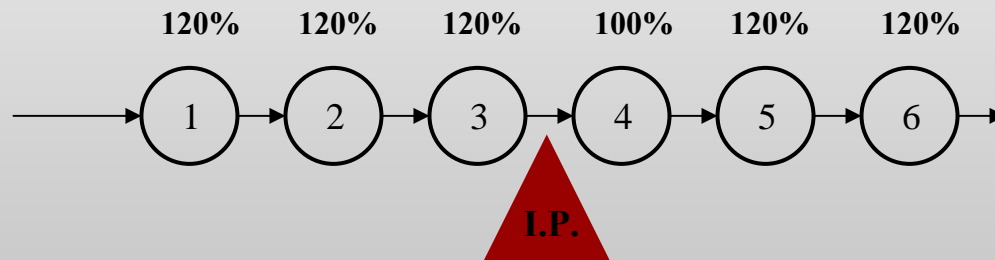


¿RECURSO OCIOSO = DESPERDICIO?

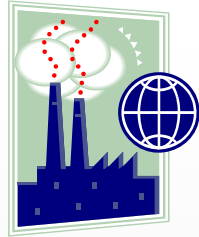
Capacidad, flujo y utilización

¿Cómo lograr la máxima utilización de todos los recursos?

Intentaremos trabajar sin desperdicios: utilizaremos todos los recursos a su máxima capacidad.



- Pero nuestro objetivo era la utilización plena, sin desperdicio, de todos los recursos.
- ¿Qué sucederá entonces?

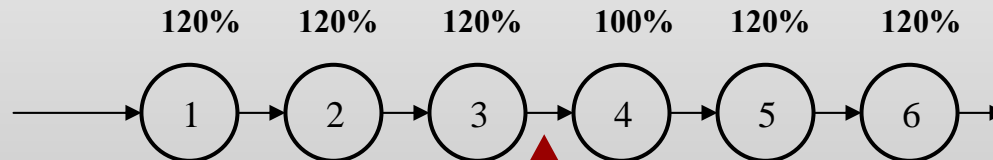


¿RECURSO OCIOSO = DESPERDICIO?

Capacidad, flujo y utilización

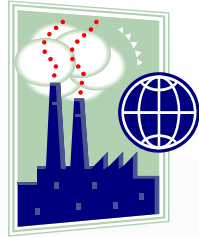
¿Cómo lograr la máxima utilización de todos los recursos?

Intentaremos trabajar sin desperdicios: utilizaremos todos los recursos a su máxima capacidad.



- Pero nuestro objetivo era la utilización plena, sin desperdicio, de todos los recursos.
- ¿Qué sucederá entonces?

I.P.

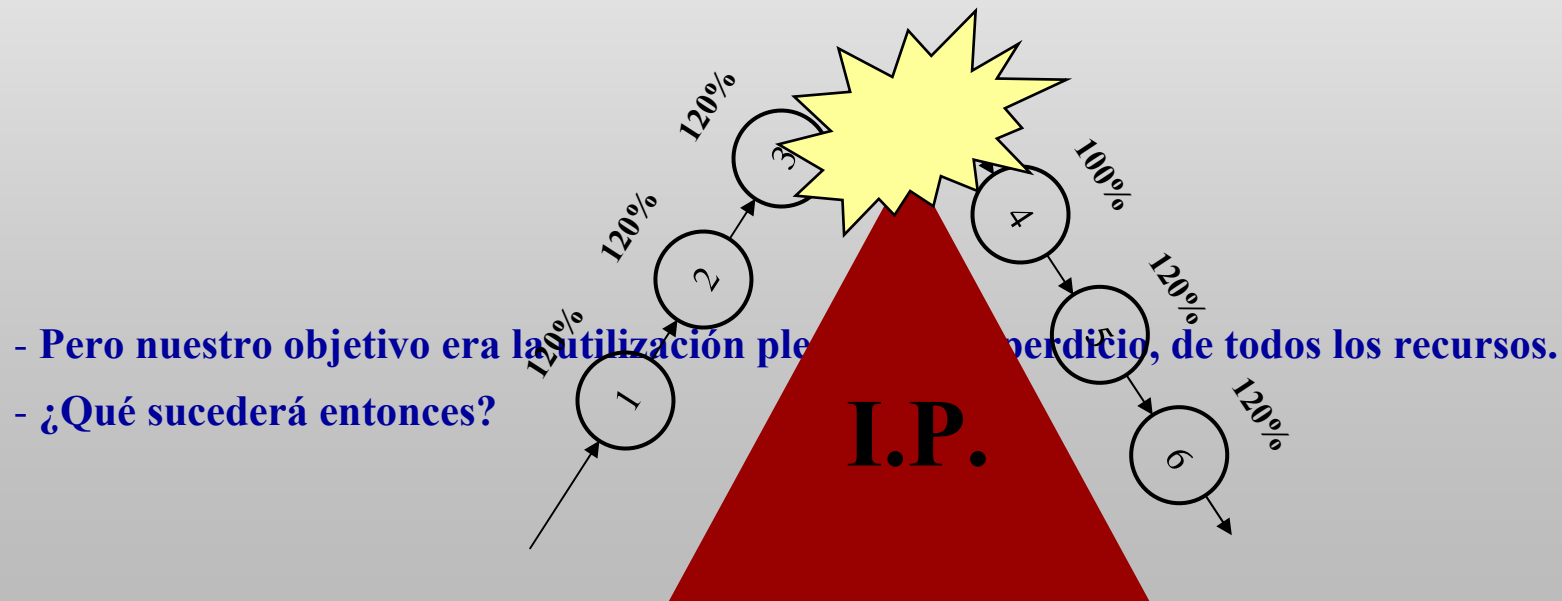


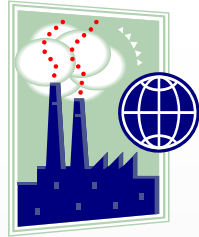
¿RECURSO OCIOSO = DESPERDICIO?

Capacidad, flujo y utilización

¿Cómo lograr la máxima utilización de todos los recursos?

Intentaremos trabajar sin desperdicios: utilizaremos todos los recursos a su máxima capacidad.





¿RECURSO OCIOSO = DESPERDICIO?

Capacidad, flujo y utilización

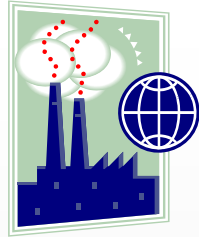
Intentaremos trabajar sin desperdicios: utilizaremos todos los recursos a su máxima capacidad.

¡Gestionar un proceso tratando que ningún recurso esté ocioso traerá una acumulación incontrolable de los inventarios!

La acumulación de inventario traerá:

- Más horas extras y más gastos de supervisión
- Más movimientos erráticos
- Más necesidad de espacio
- Más errores y re-procesos
- Más necesidad de administración
- Más obsolescencia y roturas

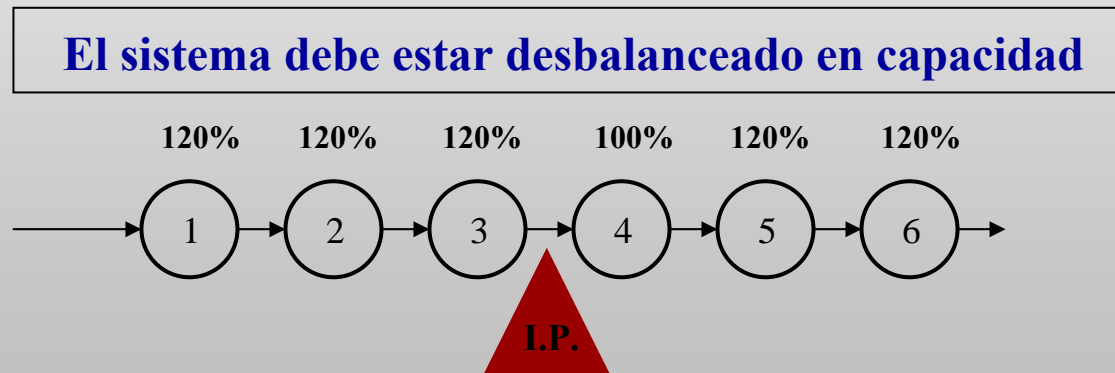
¡Mayor desperdicio!



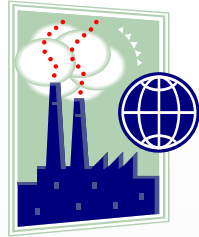
¿RECURSO OCIOSO = DESPERDICIO?

Capacidad, flujo y utilización

- Los recursos ociosos no son, necesariamente, un desperdicio para el sistema.
- Muchas veces, la mayor causa de desperdicio es la política de mantener a todos los recursos siempre ocupados.
- Si queremos controlar los gastos, cuando el banco de protección está lleno, debemos detener a los recursos que lo alimentan.



Lo que debe balancearse, en todo momento, es el flujo

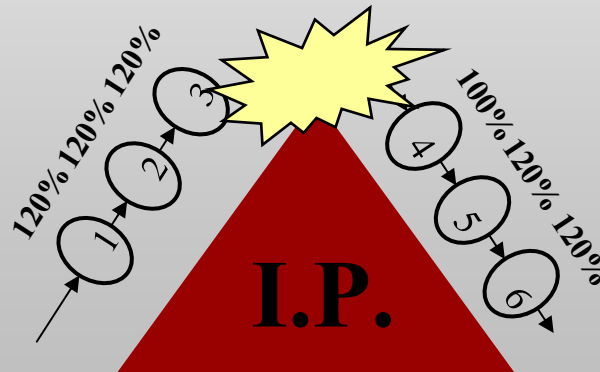


¿RECURSO OCIOSO = DESPERDICIO?

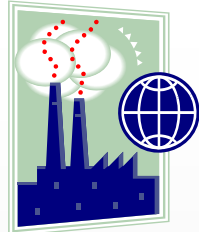
Perseguir eficiencia en todas las partes de un sistema, no da como resultado
una mejora global del mismo...

... en general lo empeora

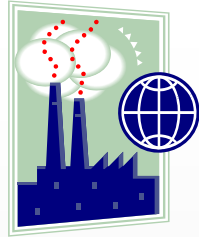
... y si se persiste...



... lo destruye.



INDICADORES DE GESTIÓN DE EQUIPOS (Activos Físicos)



Indicadores de Gestión de Equipos

Confiabilidad:

$$C(t) = e^{-t / \text{MTBF}}$$

- MTBF: Periodo promedio entre fallas
- MTBF: Tiempo de operación / Número total de fallas

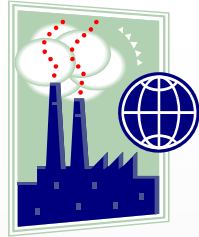
Mantenibilidad:

$$M(t) = 1 - e^{-t / \text{MTTR}}$$

- MTTR: Tiempo medio de reparación (reposición)
- MTTR: Tiempo total en espera de reposiciones / Cantidad de reposiciones

Disponibilidad:

$$D = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$



Indicadores de Gestión de Equipos

Confiabilidad: $C(t) = e^{-t / \text{MTBF}}$

Mantenibilidad: $M(t) = 1 - e^{-t / \text{MTTR}}$

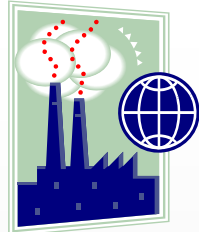
Disponibilidad: $D = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$

Disponibilidad: $D = \text{Hs. de marcha} / (\text{Hs. de marcha} + \text{Hs. detención})$

Por su estructura: ¿Son indicadores Absolutos, de Eficiencia o Eficacia?

Por su nivel de información: ¿Son indicadores Primarios, Secundarios o Terciarios?

Nota: Las horas de detención incluyen los estados de avería en correctivo o sin atención, y los mantenimientos pro-activos

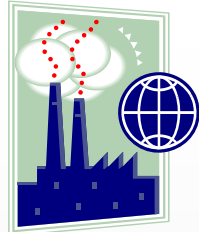


Indicadores de Gestión de Equipos

Ejercicio

Trimestre	Horas Calendario	Horas Máquina en Marcha	Cantidad de Paradas por Mantenimiento	Horas Máquina en Mantenimiento
	Hr.	Hr.	#	Hr.
1	2160	1920	8	240
2	2160	1980	6	180
3	2160	2045	4	115
4	2160	2090	3	70
5	2160	2120	4	40

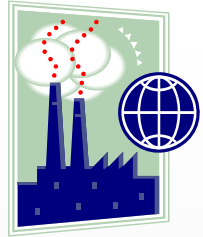
Calcular los valores de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad para cada trimestre, suponiendo que el equipo funciona 24 horas al día, todos los días y que las únicas interrupciones son por mantenimiento.



Indicadores de Gestión de Equipos

Ejercicio

Trimestre	Horas Calendario	Horas Máquina en marcha	Cantidad de Paradas por Mantenimiento	Horas Máquina en Mantenimiento	MTBF	Confiabilidad a 1 Mes	Confiabilidad a 1 Semana	Confiabilidad a 1 día	MTTR	Mantenibilidad para 5 horas	Mantenibilidad para 10 horas	Mantenibilidad para 30 horas	Disponibilidad
	Hr.	Hr.	#	Hr.	Hr.	%	%	%	Hr.	%	%	%	%
1	2160	1920	8	240	240	5%	50%	90%	30	15%	28%	63%	89%
2	2160	1980	6	180	330	11%	60%	93%	30	15%	28%	63%	92%
3	2160	2045	4	115	511	24%	72%	95%	29	16%	29%	65%	95%
4	2160	2090	3	70	697	36%	79%	97%	23	19%	35%	72%	97%
5	2160	2120	4	40	530	26%	73%	96%	10	39%	63%	95%	98%



Indicadores de Gestión de Equipos

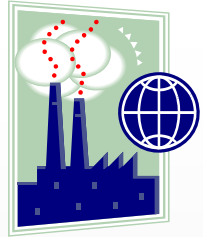
Confiabilidad de un sistema de equipos en línea (serie):



$$C_s = \prod (C_i)$$

$$C_s = C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4$$

Válido cuando el valor del parámetro t es el mismo para todos los C_i .

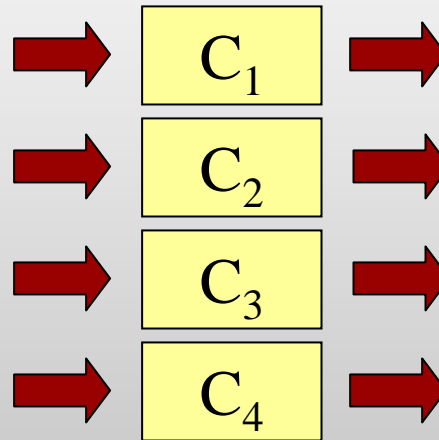


Indicadores de Gestión de Equipos

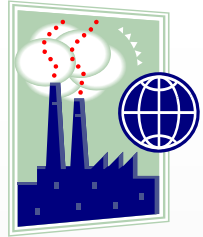
Confiabilidad de un sistema de equipos paralelos independientes:

$$C_S = \text{Promedio } (C_i)$$

$$C_S = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}{4}$$



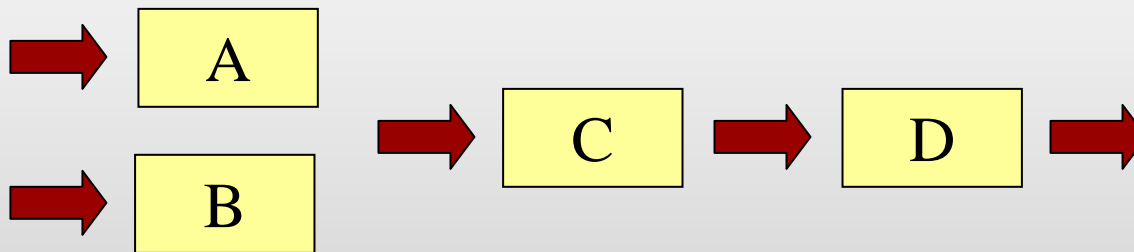
Válido cuando el valor del parámetro t es el mismo para todos los C_i .



Indicadores de Gestión de Equipos

Ejercicio

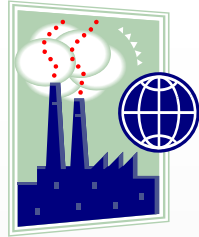
Confiabilidad de un sistema de equipos serie - paralelo:



- La confiabilidad de cada equipo es del 90%
- A genera una parte y B otra parte que ensamblan en C
- ¿Cuál será la confiabilidad del sistema?

$$C_S = C_A \times C_B \times C_C \times C_D = 0,9 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,9 = 66\%$$

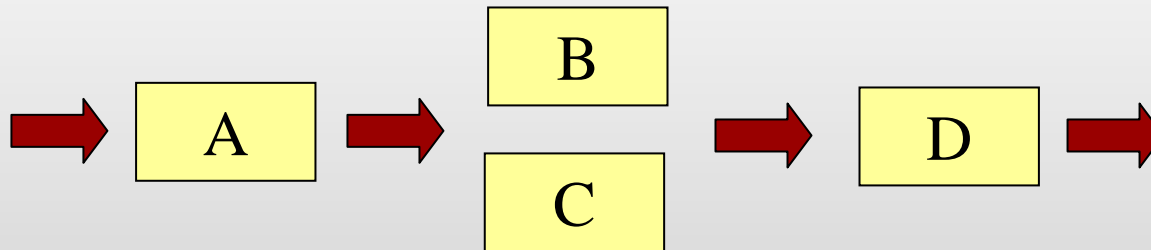
Los sucesos son independientes.



Indicadores de Gestión de Equipos

Ejercicio

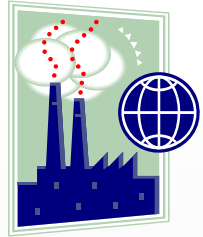
Confiabilidad de un sistema de equipos serie - paralelo:



Si la confiabilidad de cada equipo es del 90%:

¿Cuál será la confiabilidad del sistema?

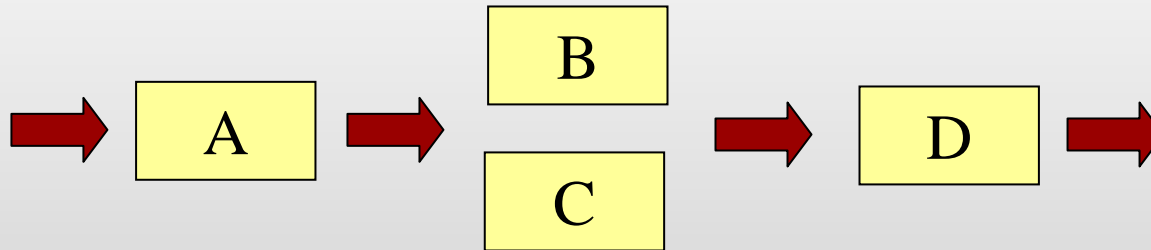
- 1. Si B y C deben funcionar siempre en paralelo.**
- 2. Si C es sólo un equipo stand-by de B.**
- 3. Si B y C funcionan en paralelo, tienen la misma capacidad y el sistema admite reducción de flujo.**



Indicadores de Gestión de Equipos

Ejercicio

Confiabilidad de un sistema de equipos serie - paralelo:

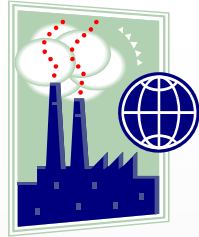


Si la confiabilidad de cada equipo es del 90%:

¿Cuál será la confiabilidad del sistema?

1. Si B y C deben funcionar siempre en paralelo:

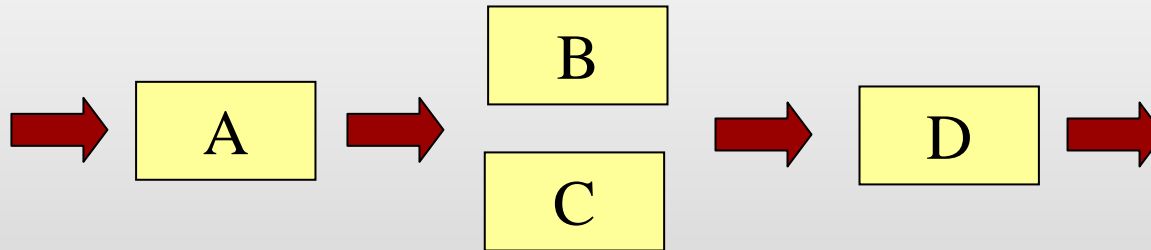
$$C_S = C_A \times C_B \times C_C \times C_D = 0,9 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,9 = 66\%$$



Indicadores de Gestión de Equipos

Ejercicio

Confiabilidad de un sistema de equipos serie - paralelo:

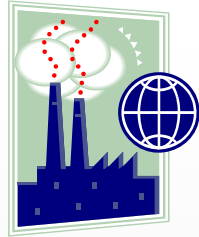


Si la confiabilidad de cada equipo es del 90%:

¿Cuál será la confiabilidad del sistema?

2. Si C es sólo un equipo stand-by de B.

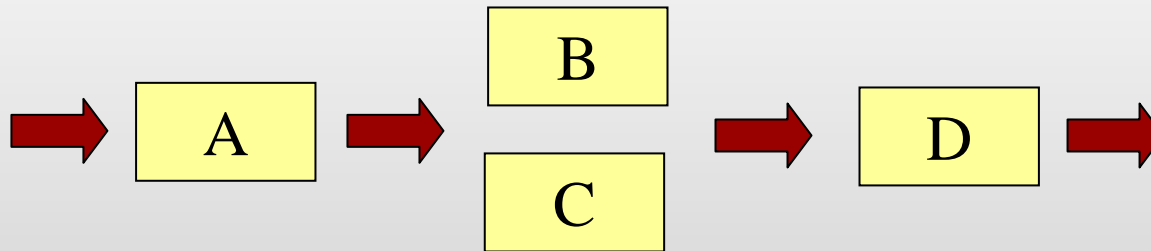
$$C_S = C_A \times \{1 - [(1 - C_B) \times (1 - C_C)]\} \times C_D = 80,2\%$$



Indicadores de Gestión de Equipos

Ejercicio

Confiabilidad de un sistema de equipos serie - paralelo:



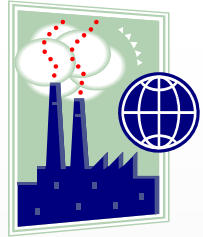
Si la confiabilidad de cada equipo es del 90%:

¿Cuál será la confiabilidad del sistema?

3. Si B y C funcionan en paralelo, tienen la misma capacidad y el sistema admite reducción de flujo.

$$C_S = C_A \times [\text{Prom } (C_B ; C_C)] \times C_D = 72,9\%$$

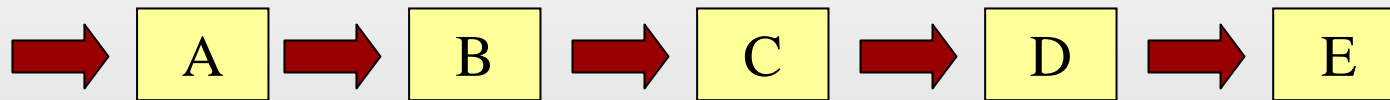
La confiabilidad deja de tener sentido para medir el desempeño del sistema, ya que no tiene en cuenta el perjuicio eventual de la disminución de flujo.



Indicadores de Gestión de Equipos

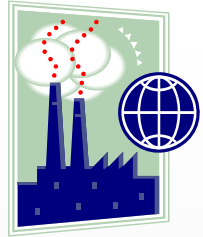
Ejercicio

5 equipos activos en línea:



EQUIPO	MTBF
	Horas
A	200
B	150
C	330
D	220
E	300

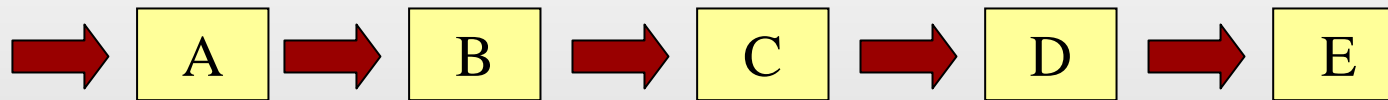
- Calcular el MTBF del sistema.
- Calcular la Confiabilidad del sistema a las 24 horas.



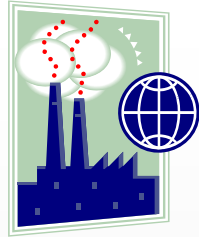
Indicadores de Gestión de Equipos

Ejercicio

5 equipos activos en línea:



EQUIPO	MTBF	$C_{(24 \text{ horas})}$
	Horas	%
A	200	89%
B	150	85%
C	330	93%
D	220	90%
E	300	92%
SISTEMA	44	58%



Sistemas Continuos de Flujo Variable

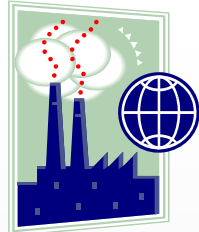
Aquí, la Disponibilidad por sí sola no es suficiente para evaluar la gestión de un equipo o de una línea.

Se acostumbra usar indicadores del tipo:

$$EGE = D \times R \times Ic$$

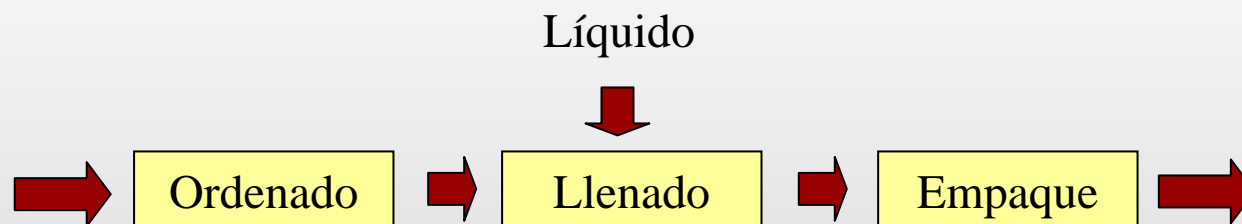
Donde:

- **EGE: Efectividad Global de Equipo**
- **D: Disponibilidad**
- **R: Rendimiento (Veloc. de prod. prom. / Veloc. de prod. máx.)**
- **Ic: Índice de Calidad (% producido dentro de estándares de calidad)**



Sistemas Continuos de Flujo Variable

Ejercicio

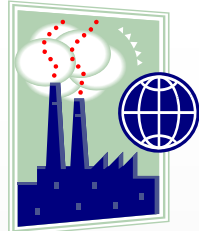


Registros de la última semana:

Funcionamiento: tres turnos diarios de 8 h c/u, 7 días a la semana.

- Paradas de línea: 40
- Tiempo total de paradas: 480 min.
- Producción semana: 1.200.000 u
- Capacidad de la línea: 10.000 u/h
- Rechazos: 20.000 u

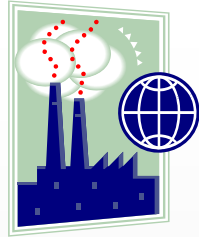
Calcular Confiabilidad (a 1 turno), Disponibilidad y Efectividad Global de Línea



Sistemas Continuos de Flujo Variable

Ejercicio

Magnitud	Símbolo	Fuente	Valor	Unidad
Turnos por día de trabajo	t	dato	3	turno
Horas por turno de trabajo	h	dato	8	hora
Días por semana de trabajo	d	dato	7	día
Horas disponibles por semana	hd	$t \cdot h \cdot d$	168	
Minutos de paradas	mp	dato	480	min
Horas de historia	hr	$hd - mp / 60$	160	hr
Número de fallas	f	dato	40	
Periodo promedio entre fallas	MTBF	hr/f	4	hr
Confiabilidad a 1 turno	C(8)	$e^{-(8/MTBF)}$	14%	
Minutos totales	mt	hr*60	10.080	min
Disponibilidad	D	$(mt - mp) / mt$	95%	
Producción Total	Pp	dato	1.200.000	unid.
Producción máxima horaria	Pm	dato	10.000	unid./hr
Producción máxima posible	PM	$Pm \cdot hr$	1.600.000	unid.
Rendimiento	R	Pp / PM	75%	
Rechazos	S	dato	20.000	unid.
Índice de Calidad	Ic	$(Pp - S) / Pp$	98%	
Efectividad Global de Equipo	EGE	$D \cdot R \cdot Ic$	70%	



Sistemas Continuos de Flujo Variable

Ejercicio

Estándares de Desempeño Múltiples

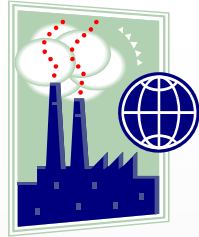
By John Moubray

Si una función de un equipo tiene múltiples estándares de desempeño, es tentador desarrollar una única medida de efectividad para toda la función. Por ejemplo, la función primaria de una máquina que desempeña una operación de manufactura usualmente incorpora tres estándares de desempeño, como sigue:

- *Debe trabajar*
- *Debe trabajar al ritmo correcto*
- *Debe producir la calidad requerida*

La efectividad, para que continúe alcanzando cada una de estas expectativas, se mide con la disponibilidad, el rendimiento y el índice de calidad. Esto sugiere que una medida compuesta de la efectividad para que la máquina satisfaga su función primaria en forma continua, puede ser determinada multiplicando estas tres variables conocidas:

$$EGE = D \times R \times Ic$$



Sistemas Continuos de Flujo Variable

Ejercicio

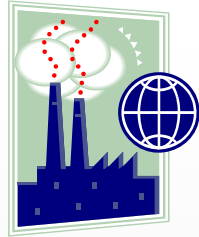
Estándares de Desempeño Múltiples

By John Moubray

Por ejemplo, la función primaria de una máquina herramienta podría ser:

Mecanizar 101 +/- 1 piezas por hora a una profundidad de 11 +/- 0,1 mm. Si la máquina está fuera de servicio por (digamos) 5% del tiempo, su disponibilidad es 95%. Si sólo es capaz de producir 96 piezas por hora cuando está operando, su rendimiento es 96%. Si el 2% de su producción es rechazada, su índice de calidad es 98%. Aplicando la fórmula anterior se obtiene una efectividad global de $0,95 \times 0,96 \times 0,98 = 89,4\%$

El uso de tres variables en la misma ecuación implica que las tres tienen el mismo peso. Esto puede no ser el caso en la práctica.



Sistemas Continuos de Flujo Variable

Ejercicio

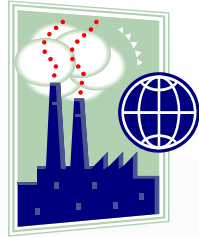
Estándares de Desempeño Múltiples

By John Moubray

Supóngase que en la máquina herramienta anterior, las piezas tienen un valor de trabajo en proceso de \$200 en ese punto. La organización podría estar logrando un beneficio bruto de \$100 sobre el precio del producto final (por ejemplo \$500). Esto significa que un 1% de tiempo de parada ó 1% de pérdida de rendimiento le cuesta a la compañía una venta por hora – una pérdida de beneficios de \$100 por hora. Por otro lado, el 1% de rechazo significa que la organización debe descartar 1 pieza por hora, lo que representa \$200 (valor del trabajo en proceso) que sumado a la pérdida de beneficio de \$100, implica una pérdida total de \$300 por hora. Consecuentemente, la máquina en el ejemplo anterior está perdiendo:

$$(5 \times 100) + (4 \times 100) + (2 \times 300) = \$ 1.500 \text{ por hora.}$$

... debido a tiempo de parada, operación lenta y rechazos.



Sistemas Continuos de Flujo Variable

Ejercicio

Estándares de Desempeño Múltiples

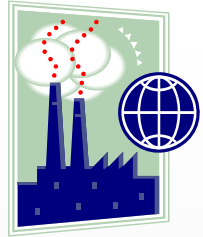
By John Moubray

Sin embargo, una máquina IDÉNTICA produciendo el mismo producto podría sufrir un 4% de tiempo de parada, operar a 98% de su velocidad establecida y producir 4% de rechazos. En este caso la “efectividad global” sería de $0,96 \times 0,98 \times 0,96 = 90,3\%$

*Esto es aparentemente un mejor desempeño que la primera máquina. Sin embargo, esta máquina **ESTA PERDIENDO**:*

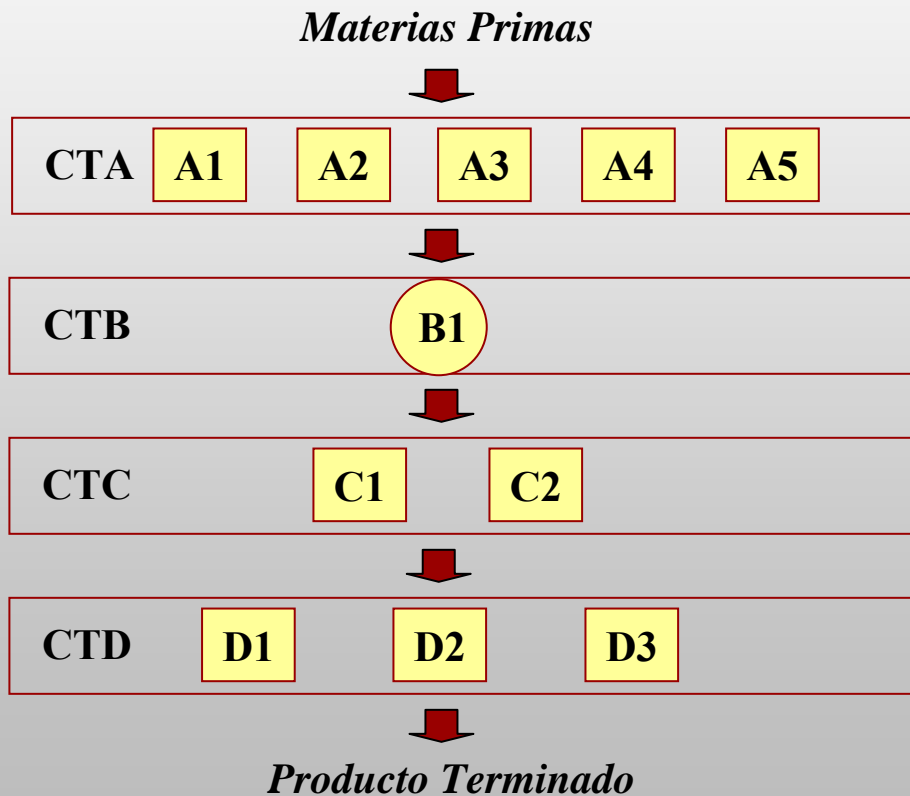
$$(4 \times 100) + (2 \times 100) + (4 \times 300) = \$1.800 \text{ por hora}$$

*... que es realmente un desempeño significativamente **PEOR** que la primera máquina!!*



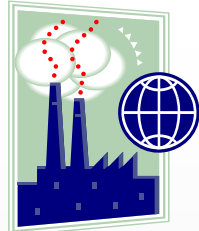
Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial



Los programas de producción se realizan semanalmente en función de la demanda y de la disponibilidad de los equipos de cada Centro de Trabajo (CT).

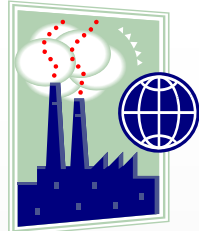
A continuación se exponen los datos correspondientes al mismo trimestre en dos años consecutivos.



Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

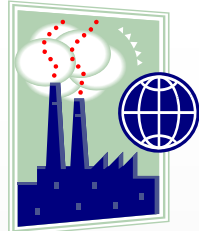
DATOS DEL TRIMESTRE X														
Equipo	Capacidad en Tn/Hr	Cantidad de Paradas por Mantenimiento	Horas Máq. Calendario	Horas Máq. Programadas	Horas Máq. en Marcha	Horas Máq. en espera de Materiales	Horas Máq. en Correctivo	Horas Máq. en Preventivo	Horas Hombre Correctivo	Horas Hombre Preventivo	Horas Hombre Predictivo	Horas Hombre Totales	Gastos en Materiales (\$)	Sueldos (\$)
A1	3	3	2160	1671	1671	60	180	48	320	96	48	464	24.000	9.200
A2	3	2	2160	1671	1671	70	150	48	260	96	48	404		
A3	3	3	2160	1671	1671	70	120	48	220	96	48	364		
A4	3	2	2160	1671	1671	70	210	48	380	96	48	524		
A5	3	2	2160	1671	1671	50	60	48	100	96	48	244		
B1	18	2	2160	1392	1392	80	120	48	240	96	48	384		
C1	6	1	2160	2088	2050	0	38	72	76	144	144	364		
C2	6	1	2160	2088	2050	0	30	72	60	144	144	348		
D1	8	2	2160	1025	1025	60	90	48	180	96	72	348		
D2	8	2	2160	1025	1025	60	66	48	132	96	72	300		
D3	8	2	2160	1025	1025	60	90	48	180	96	72	348		
Totales		22	23760	16998	16922	580	1154	576	2148	1152	792	4092	24.000	9.200



Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

DATOS DEL TRIMESTRE Y														
Equipo	Capacidad en Tn/Hr	Cantidad de Paradas por Mantenimiento	Horas Máq. Calendario	Horas Máq. Programadas	Horas Máq. en Marcha	Horas Máq. en espera de Materiales	Horas Máq. en Correctivo	Horas Máq. en Preventivo	Horas Hombre Correctivo	Horas Hombre Preventivo	Horas Hombre Predictivo	Horas Hombre Totales	Gastos en Materiales (\$)	Sueldos (\$)
A1	3	1	2160	1671	1671	0	60	72	120	144	72	336	15.000	8.300
A2	3	1	2160	1671	1671	0	50	72	100	144	72	316		
A3	3	1	2160	1671	1671	0	40	72	80	144	72	296		
A4	3	2	2160	1671	1671	0	70	72	140	144	72	356		
A5	3	1	2160	1671	1671	0	20	72	40	144	72	256		
B1	18	1	2160	1392	1392	40	40	72	80	144	72	296		
C1	6	4	2160	1830	1800	60	180	72	360	144	72	576		
C2	6	4	2160	1820	1800	50	210	72	420	144	72	636		
D1	8	2	2160	900	900	120	30	72	60	144	72	276		
D2	8	1	2160	900	900	110	22	72	44	144	72	260		
D3	8	2	2160	900	900	140	30	72	60	144	72	276		
Totales		20	23760	16097	16047	520	752	792	1504	1584	792	3880	15.000	8.300



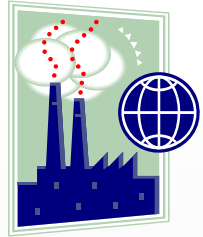
Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

COMPARACIÓN DE DATOS												
TOTALES	Cantidad de Paradas por Mantenimiento	Horas Máq. Programadas	Horas Máq. en Marcha	Horas Máq. en espera de Materiales	Horas Máq. en Correctivo	Horas Máq. en Preventivo	Horas Hombre Correctivo	Horas Hombre Preventivo	Horas Hombre Predictivo	Horas Hombre Totales	Gastos en Materiales (\$)	Sueldos (\$)
TOTALES TR. X	22	16.998	16.992	580	1.154	576	2.148	1.152	792	4.092	24.000	9.200
TOTALES TR. Y	20	16.097	16.047	520	752	792	1.504	1.584	792	3.880	15.000	8.300
RELACIÓN TRY/TRX	90,9%	94,7%	94,4%	89,7%	65,2%	137,5%	70,0%	137,5%	100,0%	94,8%	62,5%	90,2%

Se pueden solicitar más datos...

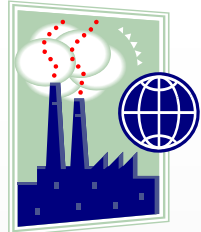
Se pide: comparar la Gestión de Mantenimiento de ambos trimestres a través de la aplicación de uno o más indicadores.



Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

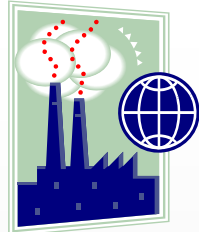
CONFIABILIDAD						
TRIMESTRE	TOTAL HORAS MÁQ. EN MARCHA	CANTIDAD TOTAL PARADAS POR MANTENIMIENTO	MTBF	CONFIABILIDAD A 1 MES	CONFIABILIDAD A 1 SEMANA	CONFIABILIDAD A 1 DÍA
	HORAS	#	HORAS	%	%	%
X	16.922	22	769	39,2%	80,4%	96,9%
Y	16.047	20	802	40,8%	81,1%	97,1%



Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

MANTENIBILIDAD						
TRIMESTRE	TOTAL HORAS MÁQ. EN MANTENIMIENTO	CANTIDAD TOTAL PARADAS POR MANTENIMIENTO	MTTR	MANTENIBILIDAD A 5 HORAS	MANTENIBILIDAD A 10 HORAS	MANTENIBILIDAD A 30 HORAS
	HORAS	#	HORAS	%	%	%
X	1.730	22	79	6,2%	11,9%	31,7%
Y	1.544	20	77	6,3%	12,1%	32,2%



Sistemas Discontinuos

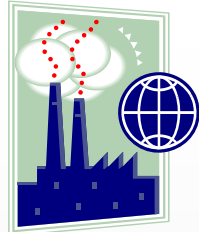
Ejercicio: Planta Industrial

TRIMESTRE	TOTAL HORAS MÁQ. EN MARCHA	HORAS EN CORRECTIVO	HORAS EN PREVENTIVO	TOTAL HORAS	DISPONIBILIDAD
X	16.922	1.154	576	18.652	90,7%
Y	16.047	752	792	17.591	91,2%

$$D = \text{HM en Marcha} / (\text{HM en Marcha} + \text{HM en Mnto.})$$

Las horas máquina en mantenimiento incluyen todos los casos de máquina detenida por:

- Estado de avería, en correctivo o sin atención.
- Mantenimiento Pro-activo (si requiere detención de máquina).



Sistemas Discontinuos

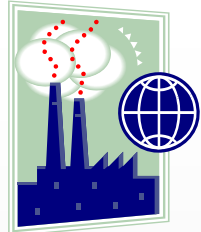
Ejercicio: Planta Industrial

INDICADORES INDIRECTOS DE CONFIABILIDAD				
TRIMESTRE	HORAS MÁQ. CORRECTIVO	HORAS MÁQ. PREVENTIVO	HORAS MÁQ. TOTALES EN MANTENIMIENTO	CONFIABILIDAD PREV./TOTAL
X	1.154	576	1.730	33,3%
Y	752	792	1.544	51,3%

TRIMESTRE	HORAS HOMBRE CORRECTIVO	HORAS HOMBRE PREVENTIVO	HORAS HOMBRE PREDICTIVO	CONFIABILIDAD PROGRAM./TOTAL
X	2.148	1.152	792	47,5%
Y	1.584	1.584	792	60,0%

Horas máq. Preventivo
Hm. Prev. + Hm. Correc.

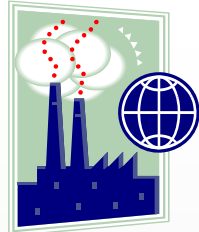
Hh Prev. + Hh Predic.
Hh Prev. + Hh Predic. + Hh Cor.



Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

TRIMESTRE	TOTAL HORAS MÁQ. PROGRAMADAS	TOTAL HORAS MÁQ. FUNCIONANDO	CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA
X	16.998	16.922	99,6%
Y	16.097	16.047	99,7%



Sistemas Discontinuos

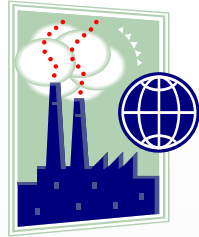
Ejercicio: Planta Industrial

TRIMESTRE	COSTO MATERIALES	COSTO SUELDOS	PRODUCCIÓN EN TONELADAS	COSTO MANTENIMIENTO POR TONELADA DE PRODUCTO
X	24.000	9.200	24.600	1,35
Y	15.000	8.300	21.600	1,08

TRIMESTRE	COSTO MATERIALES	COSTO SUELDOS	VALOR DE LA PRODUCCIÓN EN \$	INDIC. DE COSTO DE MANTENIMIENTO
X	24.000	9.200	2.460.000	1,35
Y	15.000	8.300	2.160.000	1,08

PRECIO PROMEDIO POR TN DE PRODUCTO \$100

En este caso, los valores de ambos indicadores coinciden, porque se trabajó con precios promedio de toneladas de producto.



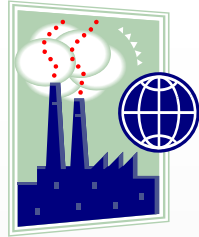
Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

- **Costo de Mantenimiento por Tn de producto.**
- **Indicador de Costo de Mantenimiento.**

Por su estructura: ¿Son indicadores Absolutos, de Eficacia, o de Eficiencia?

Por su nivel de información: ¿Son indicadores Primarios, Secundarios o Terciarios?

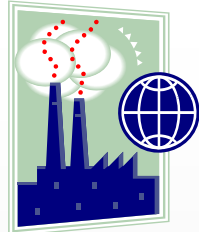


Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

¿Qué gestión fue mejor?

- ¿Trimestre X
- ¿Trimestre Y
- ¿Por qué?



Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

CUENTA DE RESULTADOS DE LA EMPRESA					
TRIMESTRE	VENTAS*	COSTO TOT. Y ABSOL. VARIABLE**	GASTOS OPERATIVOS MANTENIMIENTO	RESTO DE GASTOS OPERATIVOS DE LA EMPRESA	BENEFICIO NETO
X	2.460.000	738.000	33.200	600.000	1.088.800
Y	2.160.000	648.000	23.300	600.000	888.700

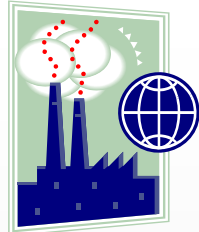
* PRECIO PROMEDIO POR TN DE PRODUCTO = \$100

** COSTO VARIABLE POR TN VENDIDA = \$30

La Empresa disminuyó sus beneficios en un 18,4%.

Los Gastos Operativos no aumentaron.

¿Por qué disminuyeron los beneficios?



Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

CUENTA DE RESULTADOS DE LA EMPRESA					
TRIMESTRE	VENTAS*	COSTO TOT. Y ABSOL. VARIABLE**	GASTOS OPERATIVOS MANTENIMIENTO	RESTO DE GASTOS OPERATIVOS DE LA EMPRESA	BENEFICIO NETO
X	2.460.000	738.000	33.200	600.000	1.088.800
Y	2.160.000	648.000	23.300	600.000	888.700

* PRECIO PROMEDIO POR TN DE PRODUCTO = \$100

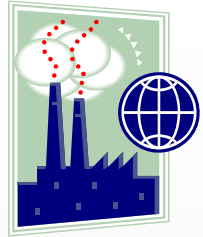
** COSTO VARIABLE POR TN VENDIDA = \$30

Las ventas disminuyeron y provocaron la caída de los beneficios.

¿Tuvo algo que ver la Gestión de Mantenimiento?

¿A favor o en contra?

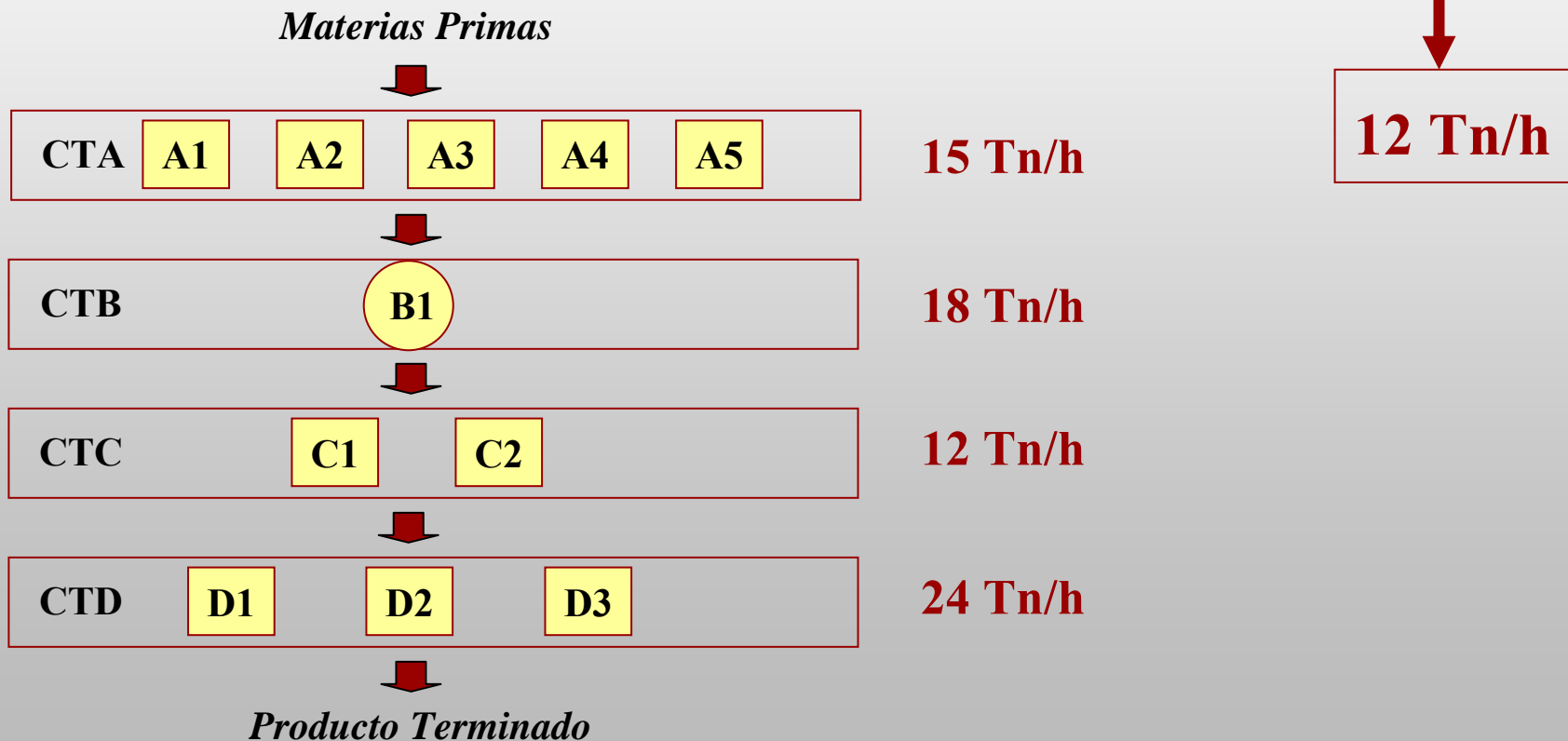
¿En qué medida?

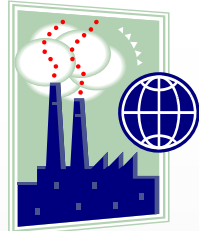


Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

¿Cuál es la capacidad de producción de la planta?

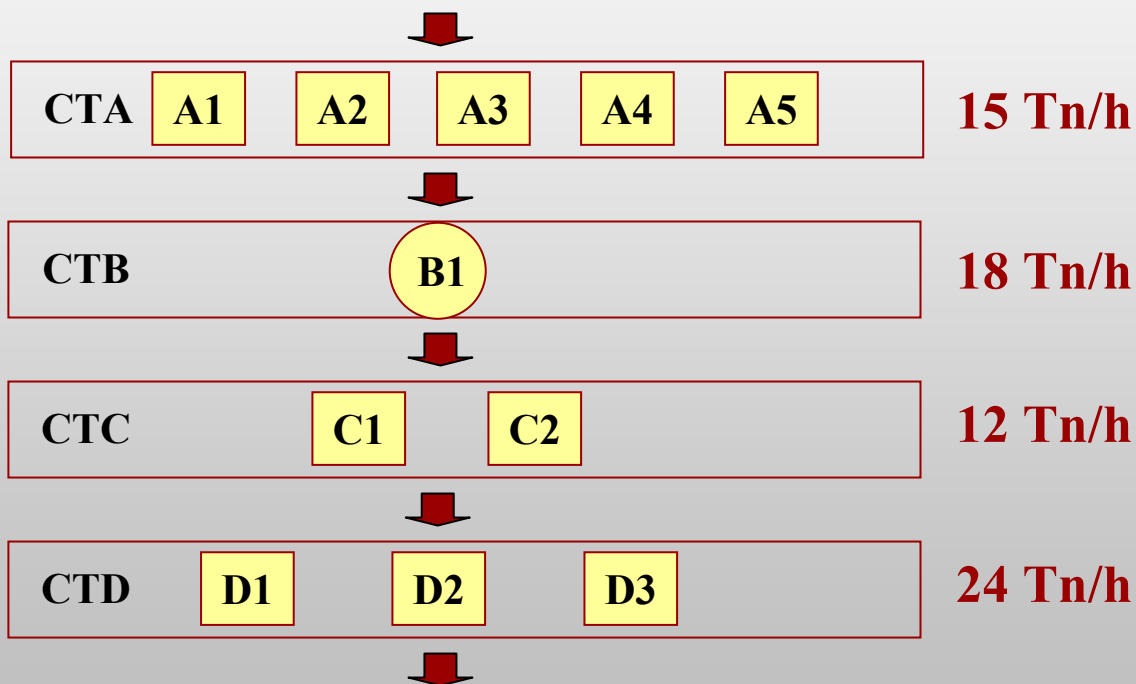




Programación del Trimestre X

Máx. capacidad posible = $12 \times 24 \times 90 = 25.920$ Tn/Trim.

Materias Primas



Producto Terminado

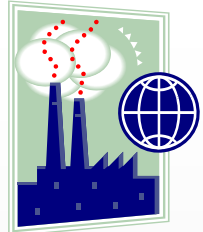
Restando 72 hs. máquina de mantenimiento preventivo en CTC:
 $(24 \times 90) - 72 = 2.088$ hs.
 $2.088 \text{ hs./tr.} \times 12 \text{ Tn/h} = 25.056 \text{ Tn/tr.}$

Aplicando al CTA:
 $25.056 \text{ Tn} / 15 \text{ Tn/h} = 1.670$ horas
que coincide con lo programado

Aplicando al CTB:
 $25.056 \text{ Tn} / 18 \text{ Tn/h} = 1.392$ horas
que coincide con lo programado

Aplicando al CTD:
 $25.056 \text{ Tn} / 24 \text{ Tn/h} = 1.044$ horas

¿Por qué se programaron sólo 1.025 horas para el CTD?



Programación del Trimestre X

¿Por qué se programaron sólo 1.025 horas para el CTD?



Los programas de producción se realizaron semanalmente en función de la demanda y de la disponibilidad de los equipos de cada Centro de Trabajo.

Materias Primas



CTA A1 A2 A3 A4 A5

15 Tn/h



CTB



B1

18 Tn/h



CTC

C1

C2

12 Tn/h



CTD

D1

D2

D3

24 Tn/h

Producto Terminado



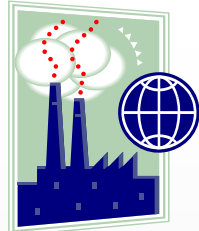
A CTD sólo se le pudo programar la cantidad de Tn que salieron del cuello de botella CTC:

$$2.050 \text{ h.} \times 12 \text{ Tn/h} = 24.600 \text{ Tn}$$

Para CTD:

$$24.600 \text{ Tn} / 24 \text{ Tn/h} = 1.025 \text{ horas}$$

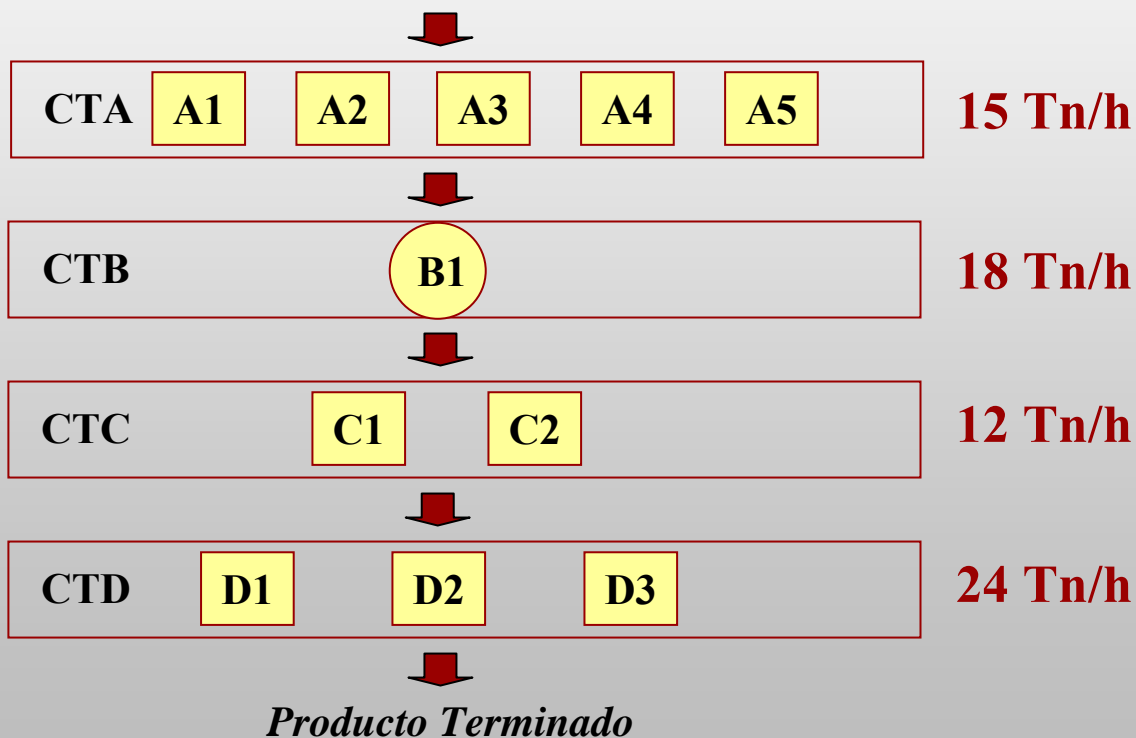
¿Qué fue lo que limitó la producción (y la venta) del trimestre X a 24.600 Tn?



Programación del Trimestre Y

Máx. capacidad posible = $12 \times 24 \times 90 = 25.920$ Tn/Trim.

Materias Primas



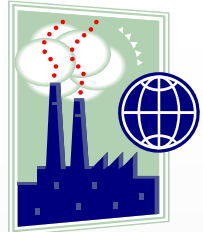
Restando 72 hs. máquina de
mantenimiento preventivo en CTC:
 $(24 \times 90) - 72 = 2.088$ hs.
 $2.088 \text{ hs./tr.} \times 12 \text{ Tn/h} = 25.056 \text{ Tn/tr.}$

Aplicando al CTA:
 $25.056 \text{ Tn} / 15 \text{ Tn/h} = 1.670 \text{ horas}$
que coincide con lo programado

Aplicando al CTB:
 $25.056 \text{ Tn} / 18 \text{ Tn/h} = 1.392 \text{ horas}$
que coincide con lo programado

Aplicando al CTD:
 $25.056 \text{ Tn} / 24 \text{ Tn/h} = 1.044 \text{ horas}$

¿Por qué se programaron sólo 900 horas para el CTD?



Programación del Trimestre Y

¿Por qué se programaron sólo 900 horas para el CTD?



Los programas de producción se realizaron semanalmente en función de la demanda y de la disponibilidad de los equipos de cada Centro de Trabajo.

Materias Primas



CTA A1 A2 A3 A4 A5

15 Tn/h



CTB



B1

18 Tn/h



CTC

C1

C2

12 Tn/h



CTD

D1

D2

D3

24 Tn/h

Producto Terminado



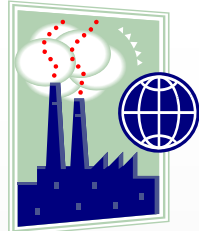
A CTD sólo se le pudo programar la cantidad de Tn que salieron del cuello de botella CTC:

$$1.800 \text{ h.} \times 12 \text{ Tn/h} = 21.600 \text{ Tn}$$

Para CTD:

$$21.600 \text{ Tn} / 24 \text{ Tn/h} = 900 \text{ horas}$$

¿Qué fue lo que limitó la producción (y la venta) del trimestre Y a 21.600 Tn?

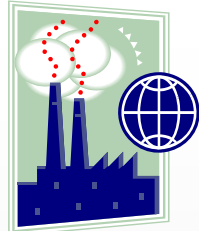


Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

PRODUCCIÓN POR CENTRO DE TRABAJO					
CENTRO DE TRABAJO	CAPACIDAD	TRIMESTRE X		TRIMESTRE Y	
		HORAS DE MARCHA	PRODUCCIÓN	HORAS DE MARCHA	PRODUCCIÓN
		TN/H	HS	HS	TN
CTA	15	1.671	25.065	1.671	25.065
CTB	18	1.392	25.056	1.392	25.056
CTC	12	2.050	24.600	1.800	21.600
CTD	24	1.025	24.600	900	21.600

Los programas de producción se realizaron semanalmente en función de la demanda y de la disponibilidad de los equipos de cada Centro de Trabajo.

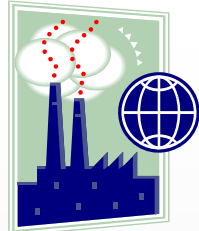


Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

Concentrémonos en el CT que limita la capacidad del Sistemas

TRIMESTRE	EQUIPO	CANTIDAD EN TN/H	CANTIDAD DE PARADAS POR MANTENIMIENTO	HORAS MÁQ. CALENDARIO	HORAS MÁQ. PROGRAMADAS	HORAS MÁQ. EN MARCHA	HORAS MÁQ. EN ESPERA DE MATERIALES	HORAS MÁQ. EN CORRECTIVO	HORAS MÁQ. EN PREVENTIVO	HORAS HOMBRE CORRECTIVO	HORAS HOMBRE PREVENTIVO	HORAS HOMBRE PREDICTIVO	HORAS HOMBRE TOTALES
X	C1	6	1	2160	2088	2050	0	38	72	76	144	144	364
	C2	6	1	2160	2088	2050	0	30	72	60	144	144	348
Y	C1	6	4	2160	1830	1800	60	180	72	360	144	72	576
	C2	6	4	2160	1820	1800	50	210	72	420	144	72	636
X	CTC	12	2	4320	4176	4100	0	68	144	136	288	288	712
Y	CTC	12	8	4320	3650	3600	110	390	144	780	288	144	1212
DIFERENCIA		0	6	0	-526	-500	110	322	0	644	0	-144	500



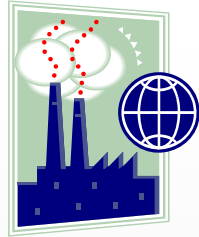
Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

TRIMESTRE	EQUIPO	CANTIDAD EN TN/H	CANTIDAD DE PARADAS POR MANTENIMIENTO	HORAS MÁQ. CALENDARIO	HORAS MÁQ. PROGRAMADAS	HORAS MÁQ. EN MARCHA	HORAS MÁQ. EN ESPERA DE MATERIALES	HORAS MÁQ. EN CORRECTIVO	HORAS MÁQ. EN PREVENTIVO	HORAS HOMBRE CORRECTIVO	HORAS HOMBRE PREVENTIVO	HORAS HOMBRE PREDICTIVO	HORAS HOMBRE TOTALES
X	C1	6	1	2160	2088	2050	0	38	72	76	144	144	364
	C2	6	1	2160	2088	2050	0	30	72	60	144	144	348
Y	C1	6	4	2160	1830	1800	60	180	72	360	144	72	576
	C2	6	4	2160	1820	1800	50	210	72	420	144	72	636
X	CTC	12	2	4320	4176	4100	0	68	144	136	288	288	712
Y	CTC	12	8	4320	3650	3600	110	390	144	780	288	144	1212
DIFERENCIA		0	6	0	-526	-500	110	322	0	644	0	-144	500

500 horas menos de marcha en el CTC, de las cuales:

- 322 hs. son debidas a un incremento del correctivo.
- 110 hs. por espera de materiales.
- 68 hs. por causas no reveladas.

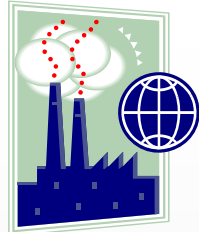


Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

Los indicadores utilizados habitualmente no siempre están alineados con las verdaderas necesidades de la empresa.

¿Podemos elaborar indicadores que sólo aumenten cuando se producen mejoras genuinas para todo el sistema y sólo disminuyan cuando se producen desmejoras reales?

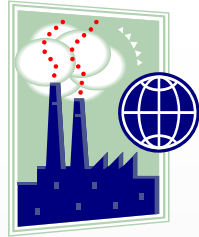


Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS RESTRICCIÓN					
TRIMESTRE	HORAS MÁQ. CTC EN MARCHA	HORAS MÁQ. CORRECTIVO CTC	HORAS MÁQ. PREVENTIVO CTC	TOTAL HORAS	DISPONIBILIDAD EN CTC
X	4.100	68	144	4.312	95,1%
Y	3.600	390	144	4.134	87,1%

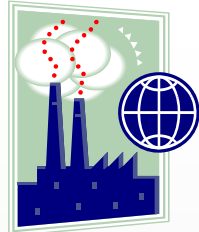
En este caso, los valores del indicador han variado en consonancia con el impacto real de la Gestión de Mantenimiento sobre los resultados de la empresa.



Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

- Este indicador se concentra en la Disponibilidad de los recursos restricción, que son los que controlan el Thruput del sistema.
- Dado que la protección del Thruput es el objetivo más importante de una empresa, es un buen indicador.
- Pero no es suficiente, dado que no tiene en cuenta, entre otras cosas, los Gastos de Mantenimiento que se han realizado en el periodo (que también impactan en los resultados de la empresa).
- En otras palabras: la Disponibilidad es un indicador de Eficacia y por lo tanto no da información sobre el esfuerzo asociado (eficiencia).



Sistemas Discontinuos

Ejercicio: Planta Industrial

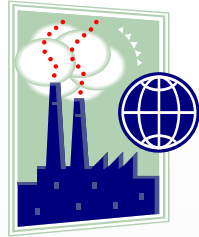
En nuestro ejercicio, habíamos calculado Indicadores de Costo (eficiencia)

TRIMESTRE	COSTO MATERIALES	COSTO SUELDOS	PRODUCCIÓN EN TONELADAS	COSTO MANTENIMIENTO POR TONELADA DE PRODUCTO
X	24.000	9.200	24.600	1,35
Y	15.000	8.300	21.600	1,08

... que ahora entran en conflicto con los de Disponibilidad en los RR (eficacia)

TRIMESTRE	HORAS MÁQ. CTC EN MARCHA	HORAS MÁQ. CORRECTIVO CTC	HORAS MÁQ. PREVENTIVO CTC	TOTAL HORAS	DISPONIBILIDAD EN CTC
X	4.100	68	144	4.312	95,1%
Y	3.600	390	144	4.134	87,1%

Los primeros muestran una importante mejora y los últimos un gran empeoramiento, ¿mejoramos o empeoramos?

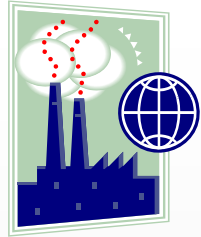


Para Reflexionar

“La Contabilidad de Costos fue muy útil en el pasado, lo cual es la razón por la que aún se utiliza en el presente. Sin embargo, como fue tan útil, cambió la realidad, lo que la hizo obsoleta. Hoy en día, la mentalidad de la Contabilidad de Costos es una de las mayores restricciones para la mayoría de las empresas.

Lo que sucedió fue que la gran solución del pasado se convirtió en el gran problema del presente, debido a que no hemos comprendido completamente que su tiempo ha pasado.

Nuestra resistencia a abandonar la Contabilidad de Costos, proviene de su gran utilidad en el pasado. Y lo que debemos darnos cuenta es que lo que mantiene competitivas a las empresas que usan la Contabilidad de Costos, es el hecho que sus competidores también la usan” (Tomas Corbett)



Fin!!!