# ASIGNACION

# DE

# CARGAS

# DE TRABAJO.

En un proceso productivo es muy probable que se presenten situaciones en que un operario está asignado a un puesto de trabajo.

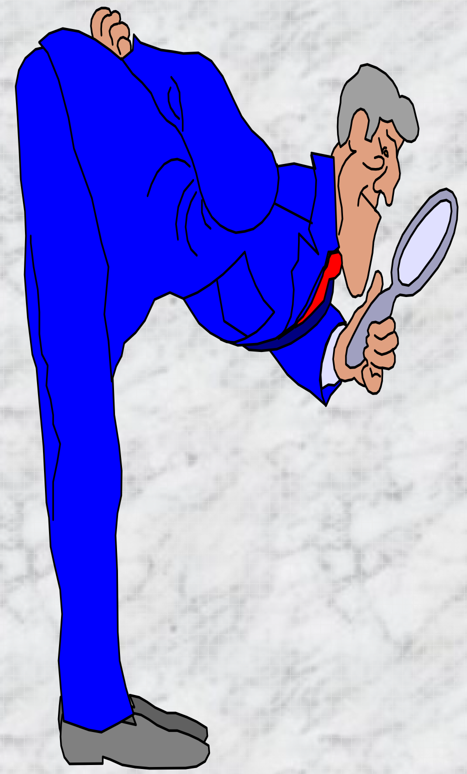
En este puesto se puede establecer:

- Qué el trabajo dependa directamente del operario.
- El trabajo del operario está en función de una o varias máquinas.

# Trabajo depende del operario.

**Se puede estudiar con el propósito de mejorar. Se utilizan técnicas como:**

- **estudio de movimientos.**
- **diagrama Bimanual.**
- **principios economía movimientos**
- **ergonomía**
- **mejores condiciones de trabajo**



## Trabajo en función de máquinas.

Es decir se establece una relación entre el hombre y la máquina.

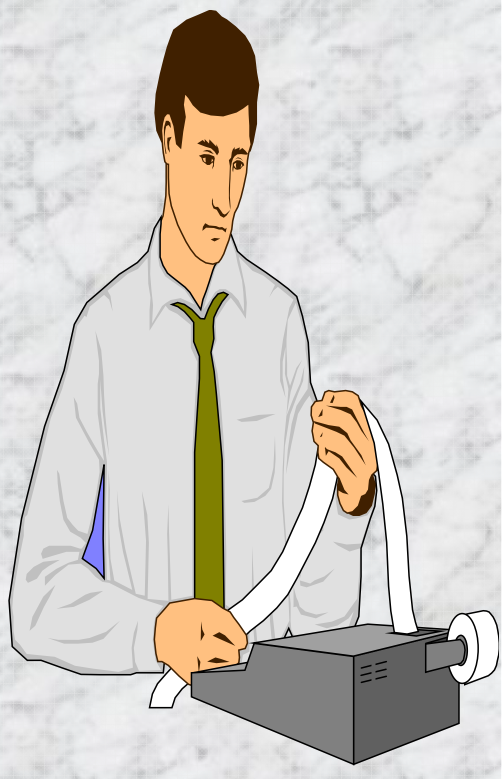
Se hace necesario estudiar esta relación, es aquí donde el **diagrama HOMBRE - MAQUINA**, entre otros, se emplea para:

- Estudiar
- Analizar
- Mejorar

Una sola estación, puesto o máquina

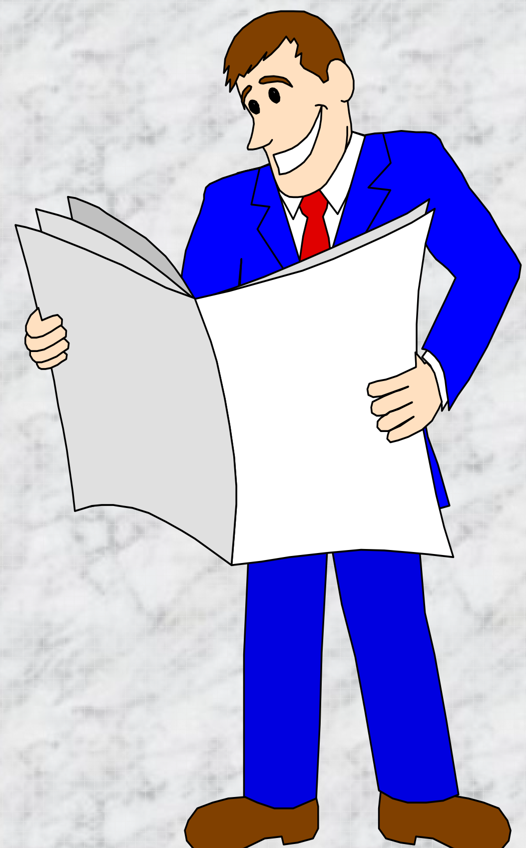
Este diagrama indica la relación exacta en tiempo entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de la máquina.

De acuerdo a lo anterior, existen posibilidades de una utilización completa de los tiempos de hombre y máquina y un mejor equilibrio del ciclo de trabajo.



En la actualidad muchas máquinas herramientas están completamente automatizadas.

- Control Numérico.
- Llenadoras
- Costura Industrial
- Cad / CAM / CIM
- Robot



En este tipo de operaciones, el operario frecuentemente permanece inactivo durante una porción del ciclo de trabajo.

## DIAGRAMA HOMBRE- MAQUINA

**Este diagrama indica la relación exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de su máquina, relacionados con una escala de tiempos común.**

**Un diagrama de este tipo, muestra los tiempos muertos de operario o máquina.**

**La utilización de este tiempo de inactividad puede aumentar:**

- **el ingreso del operario**
- **la eficiencia de producción**

## DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINAS.

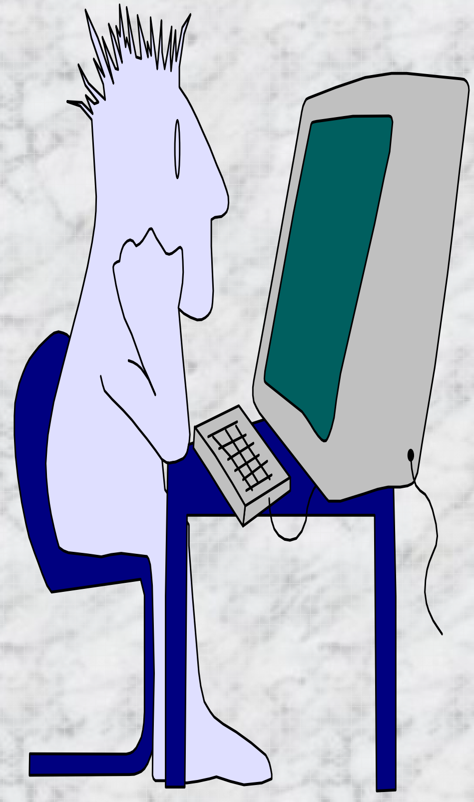
Este diagrama indica la relación exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de las máquinas asignadas a su cargo, relacionados con una escala de tiempos común.

Un diagrama de este tipo, muestra los tiempos muertos de operario y de las máquinas.

En muchos casos es más conveniente o económico que un operario esté inactivo durante una parte sustancial de un ciclo, que lo esté un equipo o proceso costoso, aún durante una pequeña porción de un ciclo.

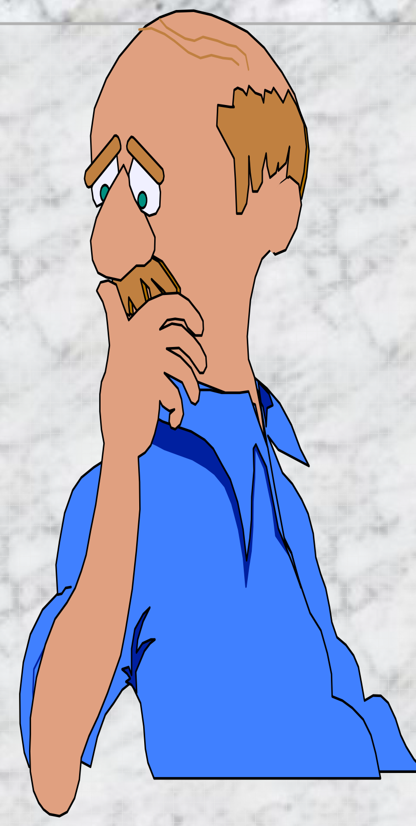
Es necesario conocer:

- Costo de inactividad de la máquina.
- Costo inactivo del operario.



Se debe considerar el **COSTO TOTAL**.

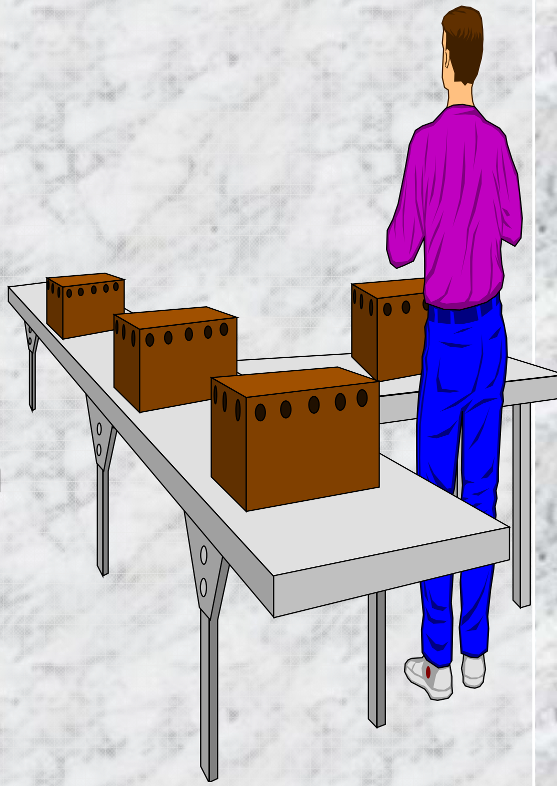
**Un analista elaborará un diagrama hombre máquina, cuando su investigación preliminar revele que el *ciclo de trabajo del operario* es algo más corto que el *ciclo de operación de la máquina.***



**Después de realizar el diagrama, el sitio más lógico para considerar mejoras es la porción de inactividad del operario.**

Considerando el monto de este tiempo, se debe investigar la posibilidad de asignar al trabajador la responsabilidad de:

- Operar una segunda máquina durante este tiempo muerto.
- Ejecutar alguna operación adicional o labores de calidad, en dicho período inactivo.



La práctica de hacer que un operario atienda más de una máquina se conoce como **ACOPLAMIENTO DEL TRABAJO DE MAQUINAS.**

**Algunas veces puede obtenerse más tiempo disponible del operario reduciendo la velocidad y la alimentación de la máquina.**

**Esto podría permitir *el acoplamiento del trabajo de máquinas*, donde no sería posible de otra manera y en esta forma reducir el COSTO TOTAL.**

**No siempre es aconsejable practicar el acoplamiento u operación múltiple de máquinas, pues el tiempo muerto de máquina introducido, podría exceder con mucho al tiempo inactivo ahorrado del operario.**

**La única forma para hacer el análisis es sobre la base del Costo Total.**

## DIAGRAMA ACTIVIDADES MULTIPLES.

**Es un diagrama en que se registran las respectivas actividades de varios objetos de estudio:**

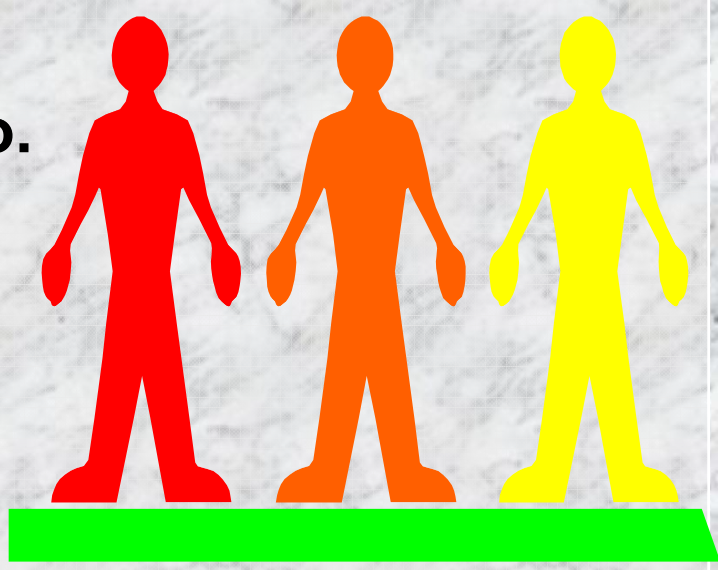
- **Operario**
- **Máquina**
- **Equipo.**

**Según una escala de tiempos común, para mostrar la correlación entre ellas.**

Varios procesos y máquinas son de tal magnitud que no es cuestión de:

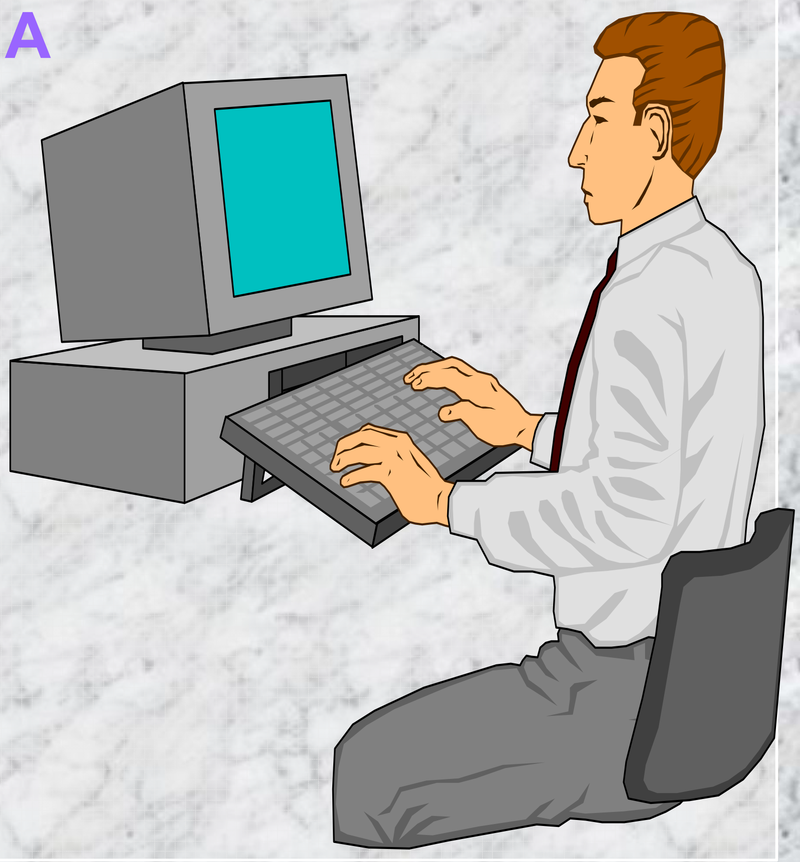
- CUANTAS máquinas debe operar un trabajador,
- sino de CUANTOS operarios se necesitan para operar eficientemente una máquina o realizar algún trabajo.

Se hace un diagrama de cuadrilla cuando la investigación inicial de una operación indica que el número de los trabajadores utilizado es mayor que la cantidad necesaria para operar una máquina proceso.



# INTERFERENCIA DE LAS MAQUINAS.

ASIGNACION DE MAQUINAS A OPERARIOS.



€ Un operario tiene a su cargo varias máquinas similares.

€ Periódicamente una máquina deja de funcionar y no vuelve a producir mientras no la repare el mecánico o el operario.

€ Si dos o más máquinas se dañan ( quedan ociosas ) al mismo tiempo, solo se puede dar servicio a una de ellas.

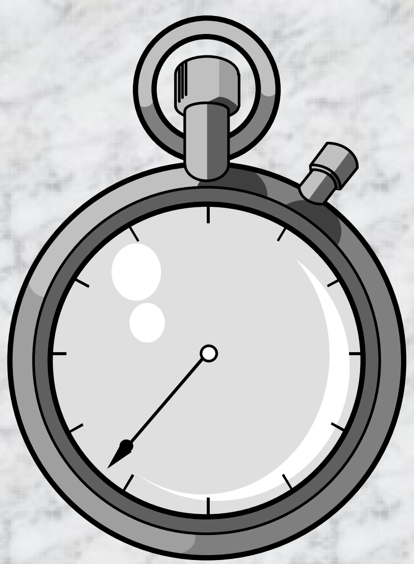
€ Como las otras tienen que esperar a que las reparen, no son productivas,

€ A este tiempo se la llama.

***TIEMPO DE INTERFERENCIA*****.**

Cuando se presenta esta situación se pierde producción debido a:

- Tiempo de reparación ( servicio )
- Tiempo de interferencia.

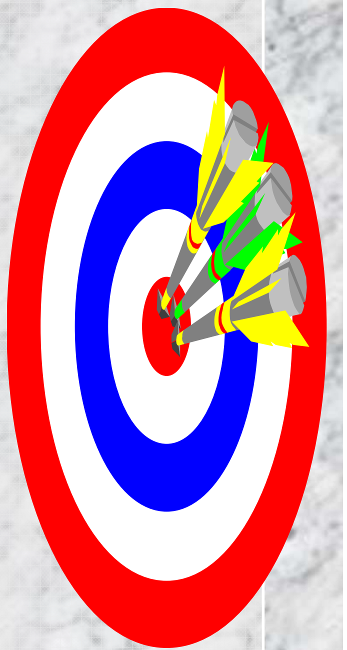


*Entonces el ritmo de producción tanto de máquinas y del operario están en función de :*

- La distribución del tiempo entre los daños.
- La distribución del tiempo de las reparaciones.
- La distribución del tiempo que requiere el mecánico o el operario para ir de una a otra máquina.
- El número de máquinas asignadas al trabajador.

*El problema básico de interferencia de las máquinas consiste en:*

- **Decidir cual es el número más adecuado de máquinas que se le debe asignar a un operario.**
- **Determinar el número de mecánicos de mantenimiento que sean necesarios para cierto número de máquinas.**

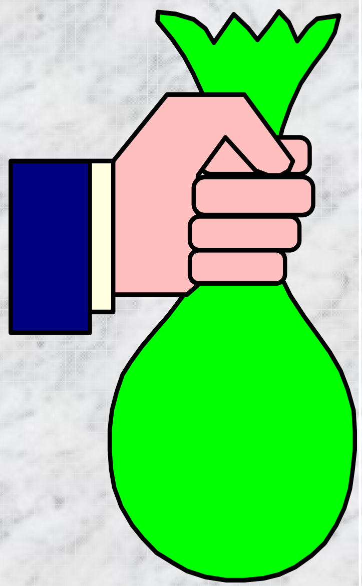


*De modo que se optimice alguna medición o combinación de objetivos.*

*Algunos de esos objetivos son:*

- **Maximizar producción.**
- **Minimizar las pérdidas debidas a las máquinas y trabajadores ociosos.**
- **Minimizar los costo.**

**Sujetándose a restricciones tales como:**



- **Satisfacer la demanda.**
- **No exceder el presupuesto**

# Importancia del problema:

- Demasiadas Máquinas.
- Pocas Máquinas.

## DEMASIADAS MAQUINAS.

•El operario trabaja con exceso y a veces tiene un número apreciable de máquinas ociosas pendientes. Se fatiga y el ritmo de trabajo disminuye con lo cual se agrava el problema.

•No se logra la producción que la gerencia esperaba.

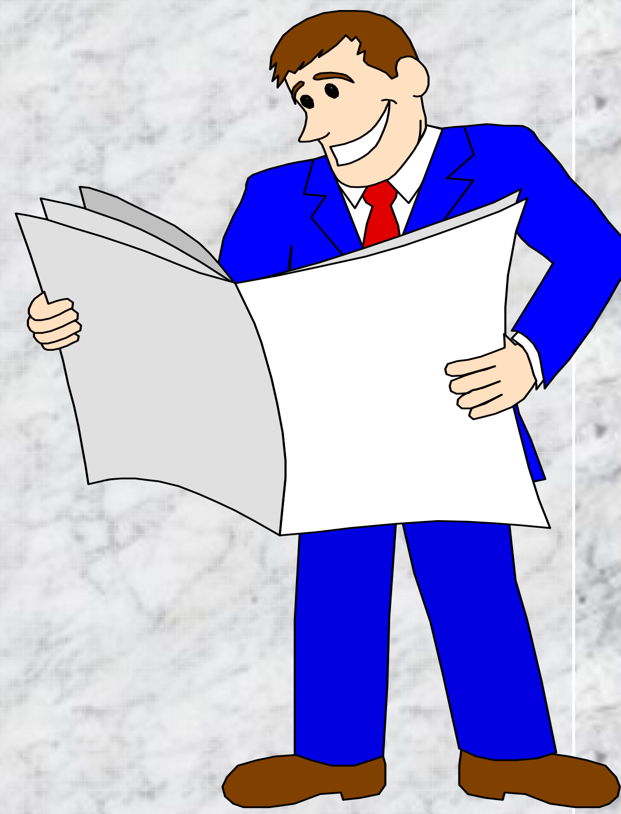
•Si hay un plan de incentivos que permite ganar dinero trabajando horas extras, rara vez se podrá alcanzar

•A medida que las máquinas se descomponen y baja la productividad, el operario rinde menos.

# POCAS MAQUINAS.

- El esfuerzo que se requiere entonces para matener las máquinas operando con la eficiencia prevista es mínima.

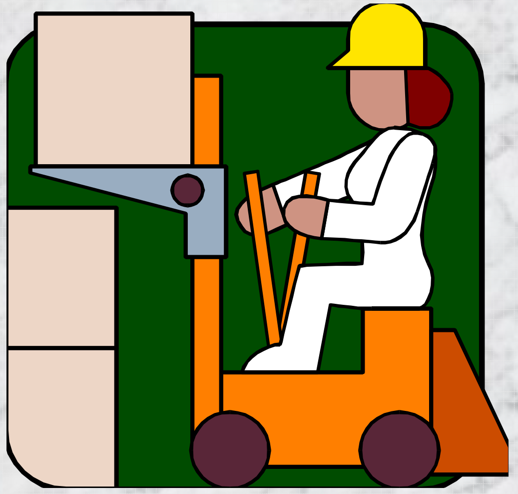
- Sin trabajo suficiente para estar ocupado, el operario se aburre y tal vez se dedique a “ soñar despierto “ y no prestará atención.



TECNICAS CUANTITATIVAS PARA

EVALUAR LAS RELACIONES ENTRE

HOMBRE Y MAQUINA.



# Modelo de Interferencia de las Máquinas.

Tiempo entre daños y tiempo de servicio constante. → SISTEMA REGULAR.

No se conoce el tiempo entre daños o el de servicio. → SISTEMA ALEATORIO.

# ATENCION SINCRONICA.

**La asignacón de más de una máquina a un operario rara vez da como resultado el caso ideal, en que tanto el trabajador como la máquina que atiende, estén ocupados durante todo el ciclo.**

**Casos ideales como éste se denominan de “ *atención sincrónica* “ y el número de máquinas a asignar se calcula:**

$$N = \frac{L + M}{L}$$

Donde:

N = Número de máquinas asignadas al operario.

L = Tiempo total de atención del operario a la máquina.

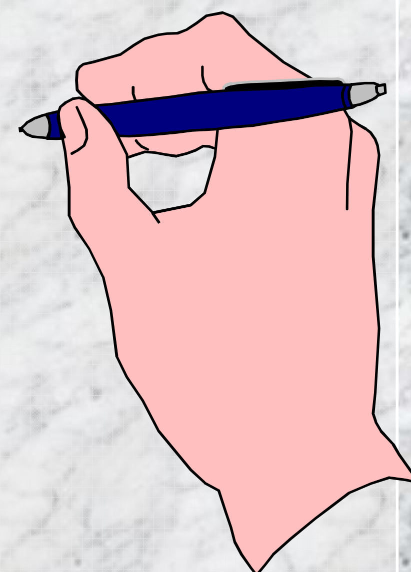
M = Tiempo total de operación de la máquina ( suministro de potencia )

**Ejemplo.**

**Si el tiempo total de atención o servicio del operario es de un minuto y el tiempo de servicio de la máquina es de cuatro minutos.**

**La atención sincrónica daría por resultado:**

$$N = \frac{1 + 4}{1} = 5 \text{ máquinas}$$



Graficamente.

M1 ........../////////////////////////////////////////////////..........

M2 ........../////////////////////////////////////////////////..........

M3 ........../////////////////////////////////////////////////...........

M4 ........./////////////////////////////////////////////..........

M5 ........./////////////////////////////////////////////////////.........

....... Tiempo de servicio.

//////// Tiempo de ciclo de la máquina.

ATENCION AL AZAR.

Si el número de máquinas en el ejemplo anterior *se aumenta*, ocurriría interferencia entre máquinas y se tendría una situación en la que una o más de las máquinas estarían inactivas durante una parte del ciclo de trabajo.

Si el número de máquinas *se reduce* a una cantidad menor que cinco, entonces el operario estará inactivo durante una parte del ciclo.

En tales casos, el cisto total mínimo por pieza, representa el criterio para la asignación óptima.

El mejor método para asignar estas máquinas, debe establecerse tomando en cuenta:

Costo de cada máquina ociosa.

Salario por hora del operario.

El procedimiento consiste:

- Estimar el número de máquinas que debería ser asignado al operario.
- Calcular el costo total esperado para la asignación del número de máquinas.

## ESTIMACION DEL NUMERO DE MAQUINAS.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$N = \frac{L + M}{L + W}$$

Donde.

N = Número de máquinas a asignar.

L = Tiempo total de atención del operario por máquina ( carga y descarga ).

M = Tiempo total de la operación de la máquina, suministro de potencia.

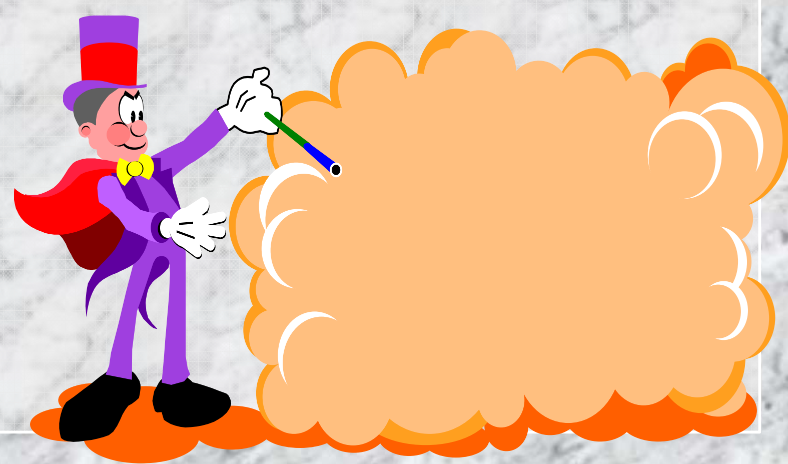
W = Tiempo normal para ir a la siguiente máquina, en horas.

## CALCULO DEL COSTO TOTAL.

**Cuando N no es entero, el número de máquinas asignadas puede ser N o N+1máquinas, siendo:**

**N N N+1**

**La asignación real ( de N o de N+1 máquinas ) depende de los resultados de un análisis económico.**



**EJEMPLO**

**En este análisis se supone que las máquinas son iguales.**

**Un operario tarda 0.15 minutos en cargar o descargar una pieza en o de una máquina, 0.05 minutos en inspeccionar la máquina y pasar a la siguiente.**

**Una vez cargada, la máquina opera durante 0.35 minutos.**

**Solución.**

$$N = \frac{0.15 + 0.35}{0.15 + 0.05} = 2{,}5 \text{ máquinas}$$

**CUANTAS MAQUINAS SE DEBEN ASIGNAR.**

**2 máquinas**

**?**

**3 máquinas**

**ANALISIS ECONOMICO.**

## Si se asignan 2 máquinas.

Si el operario atiende dos máquinas, el tiempo de ciclo de cada máquina será:

TC = M + L + I

Donde.

M = 0.35 minutos

L = 0.15

I = 0,00

Todo el traslado de una máquina a otra se puede hacer mientras las máquinas están trabajando.

Hay que encontrar el número de piezas producidas por hora y por máquina, el ritmo de producción por máquina es:

$$\text{Pm} = \frac{\text{Tiempo}}{\text{TC.}}$$

$$\text{Pm} = \frac{\text{60 min / hora}}{\text{0.50 min / hr / máquina.}}$$

Pm = 120 piezas / horas / máquina.

La cantidad real de producción lograda con dos máquinas será de:

240 piezas / hora - máquinas.

**Suponga que:**

**ST = salario del operario ¢ 290,00 hora**

**CM = costo de operación de la máquina**
**¢ 450,00 hora.**

**Costo del Operario por Pieza.**

**¢ 290,00 / 240 piezas = ¢ 1. 21 / pieza.**

**Costo de Máquina por Pieza.**

**¢ 450, 00 * 2 / 240 piezas = ¢ 3. 75 / pieza.**

***El costo total por pieza es*:**

**¢ 1. 21 + ¢ 3. 75 = ¢ 4, 96 / pieza.**

Si se asignan 3 máquinas.

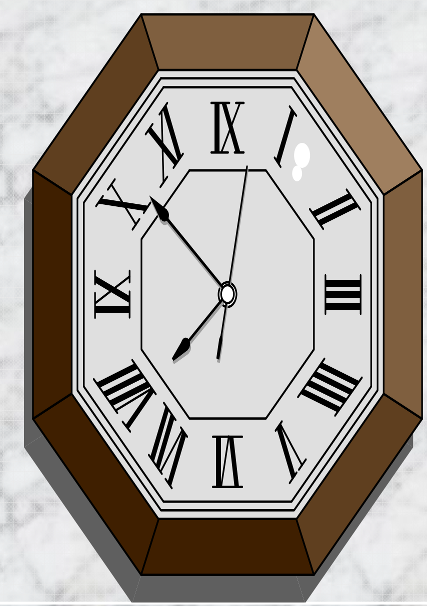
En este caso, el operario está siempre trabajando pero las máquinas quedan ociosas periodicamente.

Como antes el operario se traslada mientras la máquina está trabajando, ahora el tiempo de traslado da lugar a tiempo ocioso o interferencia.

En este caso, el tiempo de ciclo es:

TC = M + L + I

TC = 0. 35 + 0. 15 + 0. 10



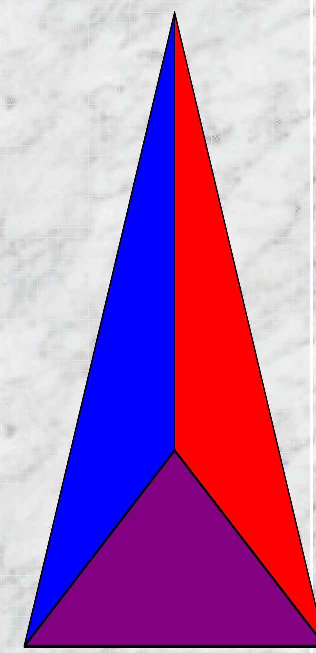
TC = 0.60 minutos

Hay que encontrar el número de piezas producidas por hora y por máquina, el ritmo de producción por máquina es:

$$Pm = \frac{\text{Tiempo}}{\text{TC.}}$$

$$Pm = \frac{60 \text{ min / hora}}{0.\ 60 \text{ min / hr / máquina.}}$$

Pm = 100 piezas / horas / máquina.



La cantidad real de producción lograda con tres máquinas será de:

300 piezas / hora - máquinas.

**Costo del Operario por Pieza.**

**¢ 290,00 / 300 piezas = ¢ 0. 96 / pieza.**

**Costo de Máquina por Pieza.**

**( ¢ 450 x 3 ) / 300 piezas = ¢ 4. 50 / pieza.**

***El costo total por pieza es*:**

**¢ 0. 96 + ¢ 4. 50 = ¢ 5, 46 / pieza.**

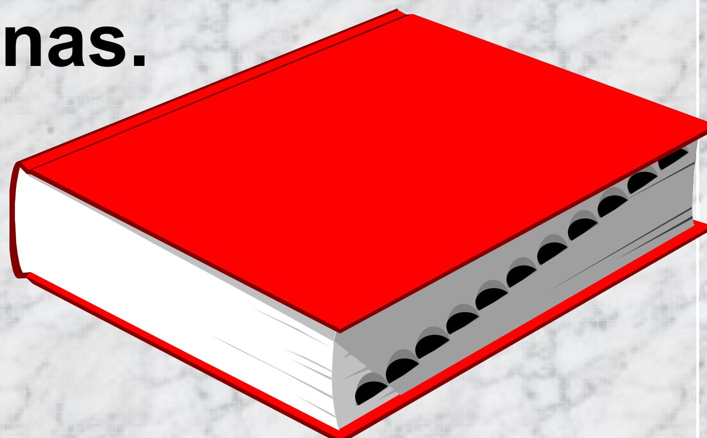
## Regla de decisión.

- Si costo N / costo N + 1 es mayor que 1,

  Es mejor asignar **N + 1 máquinas.**

- Si costo N / costo N + 1 es menor que 1,

  Es mejor asignar **N máquinas.**



## RESUMIENDO

- Costo de N máquinas. ¢ 4. 96
- Costo de N + 1 máquinas. ¢ 5. 46

Según la regla.

¢ 4. 96 / ¢ 5. 46 = 0. 908

Al ser menor que 1 , eso implica:

**La mejor asignación es 2 máquinas.**

- El costo  del operario por pieza es mayor con dos máquinas.

2 máquinas ¢ 1. 21 / pieza

3 máquinas ¢ 0. 96 / pieza.

- El costo por máquina por pieza es mayor con tres máquinas, porque aunque se producen más piezas, se requieren más máquinas.

2 máquinas ¢ 3 . 75 / pieza.

3 máquinas ¢ 4 . 50 / pieza.

# El costo total esperado por pieza.

**Se puede usar la siguiente fórmula.**

**C.T. E = K1 + N x K2 / piezas por hora de N máquinas.**

**Sustituyendo:**

**N = 2** CTE= ¢ 290 + 2 x ¢ 450 / 240 = **¢ 4.95**

**N = 3** CTE= ¢ 290 + ( 3 x ¢ 450 ) / 300 = **¢ 5.46**

## ATENCION O SERVICIO COMPLETAMENTE AL AZAR.

**Se refieren a los casos en que no se sabe cuando haya que atender una máquina o cuánto tiempo se necesitará para hacerlo.**

**Los valores medios generalmente se conocen o se pueden determinar, con estos promedios las leyes de probabilidad sirven para determinar el número de máquinas a asignar a un operario.**

**Los términos sucesivos del desarrollo del Binomio, darán una aproximación útil de la probabilidad de que 0,1,2,3,...... n máquinas estén sin trabajar ( siendo n relativamente pequeño ), considerando que cada máquina esté inactiva durante tiempos indeterminados o al azar durante el día y que la probabilidad de tiempo productivo sea p y la probabilidad de tiempo muerto sea q.**

**Ejemplo:**

**Determine la proporción mínima de tiempo perdido de máquina para diversos números de tornos asigandos a un solo operario, cuando producto de un muestreo de trabajo se ha estimado que en promedio las máquinas funcionan un 60 % sin que sean atendidas.**

**El tiempo de atención del operario a intervalos irregulares es de 40 % en promedio.**

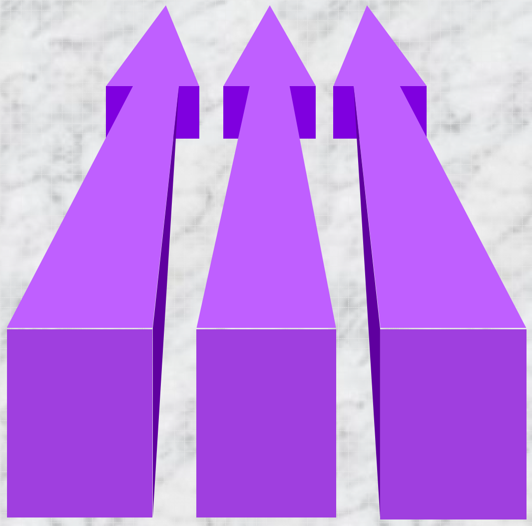
**Se determina también que en esta clase de trabajo se deben asignar tres tornos por operario.**

Este problema se puede solucionar de tres maneras:

Desarrollo del Binomio.

Por medio de Diagrama de Arbol.

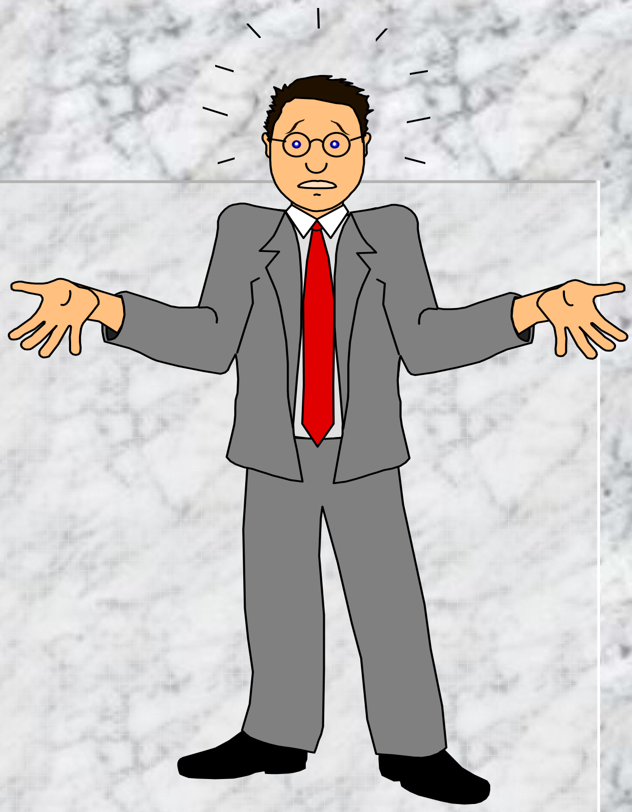
Por tablas de probabilidad.



# Desarrollo del Binomio.

$$( p + q )^n$$

Como n = 3, eso implica:



$$p^3 + 3p^2 q + 3pq^2 + q^3$$

Sustituyendo:

$$( 0.60 + 0.40 )^3$$

Entonces:

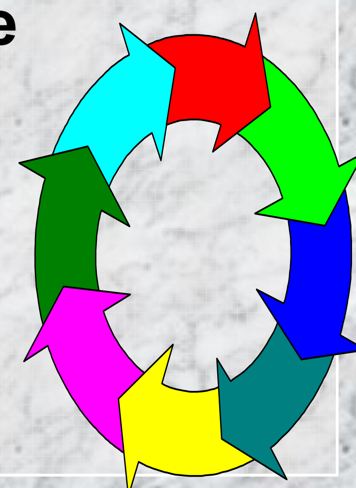
$$( 0.60 )^3 + 3 ( 0.60 )^2 ( 0.40 ) + 3 ( 0.60 ) ( 0.40 )^2 + ( 0.40 )^3$$

$$0.216 + 0.432 + 0.288 + 0.064$$

**El Triángulo de Pascal.**

**Los coeficientes binomiales se pueden obtener mediante el *triángulo de Pascal,* el cual se construye de modo que cada término equivalga a la suma de los dos términos qué están inmediatamente arriba y a uno y otro lado.**

**El segundo término de cada línea corresponde al valor de $n$ en $( q + p )^{n}$ y la de los coeficientes en cualquier línea es igual a $2^{n}$.**



*Triángulo de Pascal.*

| | |
|---|---|
| 1 | n = 0 |
| 1 1 | n = 1 |
| 1 2 1 | n = 2 |
| 1 3 3 1 | n = 3 |
| 1 4 6 4 1 | n = 4 |
| 1 5 10 10 5 1 | n = 5 |
| 1 6 15 20 15 6 1 | n = 6 |
| 1 7 21 35 35 21 7 1 | n = 7 |

*Triángulo de Pascal.*

| | |
|---|---|
| 1 | n = 0 |
| 1 1 | n = 1 |
| 1 2 1 | n = 2 |
| 1 3 3 1 | n = 3 |
| 1 4 6 4 1 | n = 4 |
| 1 5 10 10 5 1 | n = 5 |
| 1 6 15 20 15 6 1 | n = 6 |
| 1 7 21 35 35 21 7 1 | n = 7 |

# Diagrama de Árbol.

| Maq.1 | Maq. 2 | Maq. 3 | |
|---|---|---|---|
| | | 0. 60 (p) | ppp |
| | 0. 60 ( p ) | | |
| 0. 60 ( p ) | | 0. 40 ( q ) | ppq |
| | 0. 40 ( q ) | 0. 60 ( p ) | pqp |
| | | 0. 40 ( q ) | pqq |
| | | 0. 60 (p) | qpp |
| | 0. 60 ( p ) | | |
| 0. 40 ( q ) | | 0. 40 ( q ) | qpq |
| | 0. 40 ( q ) | 0. 60 ( p ) | qqp |
| | | 0. 40 ( q ) | qqq |

## Diagrama de Árbol.

| | | |
|---|---|---|
| ppp | ( 0. 60 ) ( 0. 60 ) ( 0. 60 ) | = 0. 216 |
| ppq | ( 0. 60 ) ( 0. 60 ) ( 0. 40 ) | = 0. 144 |
| pqp | ( 0. 60 ) ( 0. 40 ) ( 0.60 ) | = 0. 144 |
| pqq | ( 0. 60 ) ( 0. 40 ) ( 0. 40 ) | = 0. 096 |
| qpp | ( 0. 40 ) ( 0. 60 ) ( 0. 60 ) | = 0. 144 |
| qpq | ( 0. 40 ) ( 0. 60 ) ( 0. 40 ) | = 0. 096 |
| qqp | ( 0. 40 ) ( 0. 40 ) ( 0. 60 ) | = 0. 096 |
| qqq | ( 0. 40 ) ( 0. 40 ) ( 0. 40 ) | = 0. 064 |
| | | 1,00 |

## Relación entre Desarrollo del Binomio y el Diagrama de Arbol.

**Según el desarrollo del binomio, se tiene**

$$3\,p^{2}q = 0.432$$

**Eso indica que tres veces se puede presentar la situación en que dos máquinas estén productivas y una improductiva.**

**De acuerdo al diagrama, esta situación, se tiene:**

$$\left.\begin{array}{lcl} ppq & = & 0.144 \\ pqp & = & 0.144 \\ qpp & = & 0.144 \end{array}\right] \rightarrow 0.432$$

# Tablas de Probabilidad. Binomial.

| | | p | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n | x | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 |
| | 0 | | | | | | | | |
| 2 | 1 | | | | | | | | |
| | 0 | | | | | | | | 0.216 |
| 3 | 1 | | | | | | | | 0.6480 |
| | 2 | | | | | | | | 0.9360 |

**Cómo usar las tablas ?.**

**En este caso las tablas están acumuladas.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Máquinas. | 0.2160 | - | 0,0000 | = | 0. 2160 |
| 1 | Máquina | 0.6480 | - | 0. 2160 | = | 0. 4320 |
| 2 | Máquinas | 0.9360 | - | 0. 6480 | = | 0. 2880 |
| 3 | Máquinas | 1.000 | - | 0. 9360 | = | 0. 0640 |

**Con cualquier método se puede determinar la proporción del tiempo que algunas máquinas permanecerán paradas y se podrá calcular fácilmente el tiempo perdido resultante de un operario por cada tres máquinas.**

| Nº máquinas Inactivas | Probabilidad. | | Horas Máquina Perdidas. |
|---|---|---|---|
| 0 | 0.216 | | 0 |
| 1 | 0.432 | | 0 * |
| 2 | 0.288 | ( 1 x 0. 288 x 8 ) = | 2.304 |
| 3 | 0.064 | ( 2 x 0. 064 x 8 ) = | 1.028 |
| | 1.00 | | 3. 328 |

*** puesto que solo una máquina está inactiva a la vez, el operario puede estar atendiendo la maquina parada.**

El porcentaje de tiempo perdido de las máquinas es:

$$\frac{3.\ 328\ \text{horas}}{24\ \text{horas}} = 13.\ 9\ \%$$

Pueden hacerse cálculos similares para mayor o menor número de asignaciones de máquinas a fin de determinar la asignación que resulte con el menor tiempo muerto de máquinas.

Se tienen 12 máquinas.

1 máquina por persona.

12 máquinas por persona.

IMPLICACIONES.

Estas implicaciones tienen que ver con:

- Costo por tiempo ocioso.
- Costo por funcionamiento de máquina.
- Costo de mano de obra.

**COSTO UNITARIO POR PIEZA.**