

Resumen
de
Organización
Industrial

Capítulo nº 7

Estudio de los Tiempos de Trabajo

1. - Generalidades.

Esta técnica de Organización sirve para calcular el tiempo que necesita un operario calificado para realizar una tarea determinada siguiendo un método preestablecido. El conocimiento del tiempo que se necesita para la ejecución de un trabajo es tan necesario en la industria, como lo es para el hombre en su vida social. De la misma manera, la empresa, para ser productiva, necesita conocer los tiempos que permitan resolver problemas relacionados con los procesos de fabricación.

En relación con la maquinaria:

- Para controlar el funcionamiento de las máquinas, departamentos; para saber el % de paradas y sus causas, para programar la carga de las máquinas, seleccionar nueva maquinaria, estudiar la distribución en planta, seleccionar los medios de transporte de materiales, estudiar y diseñar los equipos de trabajo, determinar los costes de mecanizado, etc.

En relación con el personal.

- Para determinar el nº de operarios necesarios, establecer planes de trabajo, determinar y controlar los costes de mano de obra, como base de los incentivos directos, como base de los incentivos indirectos, etc.

En relación con el producto:

- Para comparar diseños, para establecer presupuestos, para programar procesos productivos, comparar métodos de trabajo, evitar paradas por falta de material, etc.

Otros:

- Para simplificar los problemas de dirección, aportando datos de interés que permiten resolver algunos de sus problemas, para mejorar las relaciones con los clientes al cumplirse los plazos de entrega, para determinar la fecha de : adquisición de los materiales, para eliminar los tiempos improductivos, etc.

El buen funcionamiento de las empresas va a depender en muchas ocasiones de que las diversas actividades enunciadas estén correctamente resueltas y esto de penderá de la bondad de los tiempos de trabajo calculados.

Además los tiempos calculados han de ser justos porque:

- De su duración depende lo que va a cobrar el operario, y lo que ha de pagar la empresa.
- Unos tiempos de trabajo mal calculados son el caldo de cultivo ideal para el nacimiento de la mayoría de los problemas laborales.

2.- Conceptos básicos

El procedimiento técnico empleado para calcular los tiempos de trabajo consiste en determina el denominado *tiempo tipo o tiempo standard*, entendiéndolo como tal, el que necesita un trabajador cualificado para ejecutar la tarea a medir, según un método definido. Este tiempo tipo, (Tp), comprende no sólo el necesario para ejecutar la tarea a un ritmo normal, sino además, las interrupciones de trabajo que precisa el operario para recuperarse de la fatiga que le proporciona su realización y para sus necesidades personales

- El tiempo de reloj (TR)

Es el tiempo que el operario está trabajando en la ejecución de la tarea encomendada y que se mide con el reloj. (No se cuentan los paros realizados por el productor, tanto para atender sus necesidades personales como para descansar de la fatiga producida por el propio trabajo) .

- El factor de ritmo (FR).

Este nuevo concepto sirve para corregir las diferencias producidas al medir el TR, motivadas por existir operarios rápidos, normales y lentos, en la ejecución de la misma tarea.

El coeficiente corrector, FR, queda calculado al comparar el ritmo de trabajo desarrollado por el productor que realiza la tarea, con el que desarrollaría un operario capacitado normal, y conocedor de dicha tarea.

- El tiempo normal (TX).

Es el TR que un operario capacitado, conocedor del trabajo y desarrollándolo a un ritmo «normal», emplearía en la ejecución de la tarea objeto del estudio.

Su valor se determina al multiplicar TR por FR:

$$TN = TR \times FR = Cte$$

y debe ser constante, por ser independiente del ritmo de trabajo que se ha empleado en su ejecución.

- Los suplementos de trabajo (K).

Como el operario no puede estar trabajando todo el tiempo de presencia en el taller, por ser humano, es preciso que realice algunas pausas que le permitan recuperarse de la fatiga producida por el propio trabajo y para atender sus necesidades personales. Estos períodos de inactividad, calculados según un K% del TN se valoran según las características propias del trabajador y de las dificultades que presenta la ejecución de la tarea.

En la realidad, esos períodos de inactividad se producen cuando el operario lo desea.

$$\text{Suplementos} = TN \times K = TR \times FR \times K$$

- El tiempo tipo (Tp)

Según la definición anteriormente establecida, el tiempo tipo está formado por dos sumandos: el tiempo normal y los suplementos

Es decir, es el tiempo necesario para que un trabajador capacitado y conocedor de la tarea, la realice a ritmo normal más los suplementos de interrupción necesarios, para que el citado operario descanse de la fatiga producida por el propio trabajo y pueda atender sus necesidades personales.

3.- Métodos de medición de tiempos.

Existen muchos procedimientos distintos para medir los TR, valorar los FR, y determinar los K, no nos debe extrañar que existan muchos sistemas para medir los tiempos tipo. El industrial elige el que le sea más económico, pues por un lado se encuentra el coste de su determinación y, por otro, la economía que le produce su exacta determinación.

Empleará un procedimiento de valoración rápido, sencillo y sin grandes pretensiones de exactitud, sí lo a de aplicar a la fabricación de una o muy pocas piezas. Utilizará el sistema más exacto posible, realizando gran número de observaciones, si ha de colaborar gran número de tareas iguales. En el primer caso, los errores cometidos al calcular el tiempo tipo, repercuten en una sola pieza y, en general, la economía de los resultados con la empresa con creces a los gastos producidos por su determinación. En el segundo caso le interesa realizar muchas mediciones para determinar el tiempo tipo con una gran exactitud, porque los beneficios económicamente producidos al trabajar sobre muchas piezas es superior a los gastos ocasionados por el cálculo de dicho tiempo.

Los sistemas más empleados por los industriales son: estimación, datos históricos, muestreo, tiempos predeterminados, empleo de aparatos de medida: el cronometraje. Datos tipo
Los dos primeros sistemas indicados son procedimiento no técnicos porque están basados en la experiencia profesional. su utilización es muy necesaria en la industria.

4.- Estimación.

El cálculo de tiempos tipo por este procedimiento es totalmente subjetivo. Sólo puede aplicarse en aquellos casos en los que el error de la medición tiene pequeñas repercusiones económicas, como ocurre al tener que establecer tiempos de trabajo para pocas piezas.

El tiempo tipo dado, para realizar una o pocas piezas, es un valor «estimado» por los mandos o por aquellos profesionales que poseen una gran experiencia en la ejecución de trabajos similares.

5.-Datos Históricos.

Hay empresas que tienen por costumbre anotar en una ficha determinada, una para cada tarea en particular, los tiempos empleados en ejecutar esa tarea. Al ir anotando los tiempos cada vez que se repiten los trabajos, se van recopilando en cada

ficha una serie de datos, que son los que sirven para calcular los tiempos tipo por este procedimiento.

Sabiendo que la distribución de consecuencias de los tiempos empleados en realizar una misma tarea, siguiendo siempre el mismo método de trabajo, se agrupan según indica la estadística, fácil será, con los datos obtenidos, determinar los parámetros que nos definen su curva de distribución. No obstante, y debido a que los datos recopilados no tienen una gran precisión, el cálculo del tiempo se realiza calculando una media ponderada. O sea:

$$T_p = \frac{T_o + 4 T_m + T_a}{6}$$

en la que:

T_p , es el tiempo tipo.

T_o , es el tiempo óptimo registrado

T_m , es el tiempo modal

T_a , es el tiempo más abultado.

Si el ciclo a estudiar corresponde a una tarea completamente nueva y por lo tanto no existen datos históricos, siempre existirá la posibilidad de compararla con otras parecidas.

6.- Muestreo.

Este sistema se utiliza cuando hay que calcular los tiempos de gran número de tareas hechas en puestos de trabajo diferentes. *Para* su ejecución práctica es preciso disponer de un reloj registrador de tiempo que nos indique la hora de comienzo de terminación de cada tarea.

La fórmula que nos determina el tiempo tipo por pieza es:

$$T_p = \frac{TE \times p \times FR \times (1 + K)}{n}$$

En efecto

TE: Si en un puesto de trabajo determinado se producen n piezas, y se ha anotado un reloj registrador, el comienzo y el fin de la tarea, la diferencia de esas dos lecturas nos indica el

$$\text{Tiempo empleado} = TE$$

p : Si el analista de tiempos, al observar cada puesto de trabajo (siguiendo las técnicas de muestreo que se verán en el capítulo 9) anota si el operario está trabajando o parado, el recuento de los datos tomados, nos permite calcular el % tiempo que está trabajando o parado.

p : es el % medio que el operario está trabajando determinado por muestreo.

(TE x p), se define como tiempo de reloj (TR). **FR:** se llama «factor de ritmo». **K:** es el suplemento de descanso. **n:** es el número de piezas que contiene el lote, cuyo tiempo se está midiendo. Resumiendo: El cálculo del tiempo tipo por pieza se reduce a

determinar los valores que en cada puesto de trabajo tienen los factores de la expresión siguiente:

$$T_p = \frac{TE \times p \times FR \times (1 + K)}{n}$$

7.- Tiempos predeterminados.

Los sistemas de medición de tiempos tipo, según valores predeterminados, se basan en analizar los movimientos elementales que constituyen el ciclo a medir, cuyos valores tipo aparecen en tablas, en función de su nivel de actuación.

Los diversos elementos en que se ha descompuesto la tarea no son otra cosa que micromovimientos similares a los therbligs y medidos en la unidad de tiempo denominada UMT (Unidad de medida de Tiempos), cuyo valor es:

$$\begin{aligned} 1\text{UMT} &= 0.00001 \text{ hora} = 1/1000.000 \text{ hora} \\ &= 0.0006 \text{ minutos} \\ &= 0.036 \text{ segundos} \end{aligned}$$

El proceso seguido por este sistema, para calcular valores tipo, es el siguiente:

- Descomponer la tarea en sus micromovimientos elementales. Valorar cada micromovimiento utilizando las tablas correspondientes. Determinar el tiempo tipo de la tarea por la suma de los tiempos elementales, deducidos de las tablas, de los diversos micromovimientos que constituyen el trabajo estudiado.

Aunque existen más de 200 sistemas de cálculo de tiempos tipo se diferencian unos de otros fundamentalmente en la clasificación de los elementos que constituyen el ciclo de trabajo. Los más conocidos por los industriales son los denominados:

MTM. (METHODS TIME MEASUREMENT)
MTA. (MOTION TIME ANALYSIS)
WORK FACTOR
BMT. (BASIC MOTION TIME STUDY)
DMT (DIMENSIONAL MOTION TIME)

resaltando entre ellos el MTM, y dentro de éstos, sus derivados:

N4TNI-1, MTM-2 y N'ITM-X, para su aplicación en talleres. LOC, MCD y STA, para su aplicación en la medición de trabajos administrativos.

MTM-1

Los 18 micromovimientos que se denominaron therblig, han sido sustituidos en este sistema, por los ocho elementos básicos siguientes:

- Alcanzar. Mover. Girar. Aplicar presión. Coger. Posicionar. Soltar. Desmontar, cuya cuantía, medida en LMT, y recogida en tablas, varía en función de la distancia recorrida, peso del objeto, enfoque ocular, etc.

MTM-2

Es, con mucho, el sistema de tiempos predeterminados más utilizado en la industria.

Los micromovimientos básicos del MTM-2 son conceptos básicos clasificados y definidos por categorías. Las tablas de los tiempos predeterminados, valorados en

IJTM, indican el símbolo, las distancias recorridas, la complejidad del concepto, el peso del objeto y los valores de cada micromovimiento dado en UMT.

Aunque el cálculo de los tiempos empleando los sistemas de tiempos predeterminados da resultados de una gran precisión, su aplicación solo puede ser realizada por aquellos operarios que siendo buenos profesionales, son también cronometradores y han sido formados teórica y prácticamente en estos sistemas de tiempos predeterminados.

La aplicación de Mejora de Métodos de Trabajo, junto con el carácter objetivo que posee la determinación de tiempos tipo por el sistema de tiempos predeterminados, son las razones fundamentales que justificarían su importancia.

8.- Cronometraje.

El cálculo de tiempos de trabajo por medio del cronómetro, es el sistemas más utilizado en las industrias.

Es preciso calcular los actores siguientes:

TR = Tiempo medido con el reloj, que en este caso será el cronómetro

FR = Factor de Ritmo, definido anteriormente

TN = Tiempo Normal, y

K Suplementos,

9.- Datos Tipo.

De una manera parecida a la explicada en los tiempos predeterminados, también se miden en la industria y se calculan tiempos tipo con la ayuda de tablas, elaboradas en la propia empresa, cuyos valores se han determinado realizando mediciones con un cronómetro. El tiempo tipo de una tarea es, también la suma de los tiempos tipo de cada uno de los elementos que la forman.

Este sistema de medición es muy empleado en las empresas que trabajan bajo pedido, ya que su aplicación permite predeterminar los tiempos de ejecución de las diversas tareas. Los cronometradores deben ser muy buenos.

10.- El Aprendizaje del trabajo.

El operario a medir debe ser: un trabajador capacitado, ha de conocer bien la tarea, debe seguir el método preestablecido. Para que cumpliéndose esas condiciones, los tiempos tipo calculados sean validos.

El periodo de aprendizaje suele ser muy corto para aquellas operaciones sencillas, ampliándose su duración, con la necesidad de aplicar conocimientos y destreza manual. Estos períodos se calculan en la industria de forma experimental Las razones apuntadas justifican el que no se deban establecer tiempos de trabajo hasta que no haya transcurrido el período de aprendizaje. Si se hiciese antes el operario carecería de la habilidad necesaria a la vez que iría mejorando, poco a poco, el método de trabajo.

Los tiempos tipo (Tp), han de calcularse siempre una vez haya transcurrido el período de aprendizaje, pues es entonces, cuando los tiempos necesarios para hace una tarea determinada permanecen estables y los operarios con conocimientos dominan la ejecución de la tarea y pueden seguir el método preestablecido.

Capítulo nº 8

EL Cronometraje.

8.1. Introducción.

El cronometraje es el procedimiento más utilizado por las industrias para calcular los tiempos tipo de las diversas tareas. Su determinación se realiza según la conocida expresión:

$$T_p = TR \times FR \times (1 + K)$$

siendo el significado de los diversos factores la explicada anteriormente, es decir:

T_p = tiempo tipo

TR = tiempo de reloj

FR = factor de ritmo

K = suplemento de trabajo.

Posteriormente emplearemos el factor

$$TN = \text{Tiempo Normal}$$

cuyo valor es:

$$TN = TR \times FR$$

como ya quedó definido en el capítulo anterior.

2.- Proceso del cronometraje

La técnica empleada para calcular el *tiempo tipo* de una tarea determinada consiste en descomponerla en las diversas partes que la forman, denominadas elementos y calcular cada uno de ellos. La suma de los tiempos tipo elementales determinan el valor del tiempo de la tarea.

Proceso de un cronometraje

1.- EN EL LUGAR DE TRABAJO

- Análisis de la tarea.
- Observación y anotación de la información.
- Identificación del trabajo

- Elección del operario a medir
 - Análisis de las condiciones del puesto Ambientales
 - Máquinas
 - Herramientas
 - Características del material
 - Características de la maquinaria
 - Croquis del puesto
 - Descripción del método y su descomposición en elemento
- Toma de datos.
- Valoración de ritmos.
 - Anotación de tiempos de reloj.
 - Cálculo del número de observaciones.

2.- EN EL DESPACHO

- Recuento de datos.
- Suplementos y concedidos.
- Frecuencias.
- Cálculo del tiempo tipo.

- 1.- La que se realiza en el *puesto de trabajo* al analizar la tarea que se va a cronometrar.
- 2.- La que se efectúa en la *oficina o despacho*, en la que los cronometradores deben realizar los estudios y cálculos necesarios para determinar el valor del tiempo tipo.

3.- Observación y anotación de la información.

Antes de comenzar a medir los elementos hay que definir bien el trabajo a cronometrar para que los tiempos tipo calculados sean verdaderos. Es necesario analizar el trabajo con el máximo detalle posible y definir con claridad los siguientes datos:

- La operación a medir, el operario que realiza el trabajo, el nombre del cronometrador, la pieza que se va a mecanizar, el material a trabajar, la herramienta que se utiliza, el proceso de trabajo empleado, las condiciones ambientales existentes, los elementos de transporte utilizados, el croquis del puesto de trabajo, los elementos que forman la tarea a cronometrar, etc.

La descripción del método empleado (a ser posible ya mejorado) es indispensable, puesto que el tiempo tipo calculado es para el proceso señalado y no para otro, que puede mejorarse posteriormente. Es decir, si por cualquier circunstancia se modificase el método de trabajo (por cambiarse el proceso, la maquinaria, las herramientas, el croquis del puesto, las condiciones ambientales, etc.). también variaría el valor del tiempo tipo porque los elementos que constituyen la tarea que se mide son distintos.

Si definimos por elemento a cada parte, en la que dividimos el trabajo a medir y por ciclo de trabajo al conjunto ordenado de los elementos cuya integración forma la unidad de trabajo especificada podemos encontrarnos con las siguientes clases de elementos:

CLASIFICACION DE LOS ELEMENTOS

1.- CICLO

- Regulares o repetitivos.
- Irregulares o de frecuencia.
- Casuales a extraños.
- Interiores.
- Exteriores.

2.- EJECUTANTE.

- Manuales.
- Mecánicos.

3.- DURACION.

- Constantes.
- Variables.

Regulares o repetitivos. Son los que aparecen una sola vez en cada ciclo de trabajo.

Irregulares o de frecuencia. Son los que aparecen cada cierto número de ciclos.

Extraños. Son los que no forman parte del ciclo de trabajo.

Interiores. Son los que realiza el operario cuando la máquina está trabajando con automático. Estos elementos no modifican la duración del ciclo de trabajo.

Exteriores. Son los que realiza el operario estando la maquina parada. Estos elementos forman parte del ciclo de trabajo.

Manuales. Son los que ejecuta el operario durante el ciclo de trabajo.

Mecánicos. Son los empleados por la máquina para ejecutar un elemento con *el* automático en funcionamiento.

Constantes. Son aquellos que su valor permanece invariable (o prácticamente tienen siempre el mismo valor).

Variables. Son aquellos que su duración es función del valor de un parámetro determinado.

Las condiciones que deben poseer los elementos que constituyen un ciclo de trabajo son las siguientes:

- Deben estar perfectamente definidos su comienzo y su final. Esta condición es indispensable para poder hacer la medición con exactitud

- Deben tener una duración comprendida entre 0,04 y 0,35 minutos. Es imposible que duren menos de 4 centésimas porque se necesita más tiempo que el señalado para poder anotar en la Hoja de Toma de Datos: el elemento, el tiempo y el ritmo

- Deben separarse los elementos manuales de los de la máquina. Los primeros pueden sufrir alguna variación, porque el operario puede variar el ritmo de trabajo , mientras que el segundo es siempre fijo, por depender únicamente de las velocidades y los avances establecidos para el mecanizado.

- Deben separarse los elementos manuales a máquina parada de los manuales a máquina en marcha.

- Deben separarse los elementos constantes, de los variables y de los extraños, pues cada uno de ellos se calcula de manera diferente e intervienen de distinta manera en la duración del ciclo.

- Deben separarse los elementos que precisan distinto coeficiente de descanso, porque este es un factor del tiempo normal y, por lo tanto, modifica el valor del tiempo tipo elemental.

- Deben analizarse todos y cada uno de los elementos que forman el ciclo de trabajo con objeto de mejorar el método de trabajo. Por ello, se estudiará durante varios ciclos, la posibilidad de cambiar herramientas, distancias recorridas, secuencias de los elementos, pasar a interiores algunos exteriores, etc, procurando siempre, disminuir la duración del ciclo de trabajo.

4.- Toma de datos.

La información recogida en la “ Hoja de Toma de Datos”, indispensable para el calculo del tiempo tipo.

A: Actividad o ritmo de trabajo.

TR: Tiempo de reloj, medido con un cronómetro

La actividad (A), o ritmo del trabajo, lo deduce el cronometrador al observar la *marcha* que lleva el operario, al compararla con la que llevaría un trabajador calificado que llevase el ritmo tipo. Cuando dividamos la actividad medida, por el ritmo tipo, se determinará el denominado Factor de Ritmo (FR).

$$\frac{A}{\text{ritmo tipo}} = \text{FR}$$

No se deben cronometrar los elementos una sola vez, porque podría resultar erróneo el tiempo calculado. A pesar de la buena voluntad que puedan poner el operario y el cronometrador para que se ejecuten los procesos de la misma manera, siempre pueden existir causas, que se pueden llamar naturales" que pueden modificarlos. Por ejemplo:

- Pequeños cambios, de posición de los materiales, pequeños cambios en la situación de las herramientas, pequeñas modificaciones en la calidad de los materiales, pequeñas variaciones en las creces de las piezas.

Por ello, como el objetivo es determinar un tiempo justo, es preciso registrar varias veces los datos de cada elemento y de esta manera, tener la posibilidad de compensar las pequeñas diferencias que puedan existir entre las mediciones anotadas.

El cálculo justo del tiempo tipo, exige por lo tanto:

- Medir con exactitud los tiempos de reloj, calcular con precisión las actividades o ritmos, realizar el número de mediciones necesarias

5.- Tiempos de reloj: TR.

Las unidades de medida de tiempos de reloj más utilizadas son:

- El segundo

- El minuto decimal, y dentro de este:

- La centésima de minuto = 0,0 minutos
- La milésima de minuto = 0.001 minutos
- La hora decimal, y dentro de ésta:
 - La diezmilésima de hora = 0,0001 hora
 - La cienmilésima de hora = 0,00001 hora = UMT (unidad utilizada en tiempos predeterminados).

Los cronómetros digitales electrónicos son los más exactos para medir los tiempos de reloj. En ellos no se producen el error de lectura, ni el de la retención de las agujas, circunstancias que siempre se presentan en los cronómetros mecánicos.

Los procedimientos de lectura normalmente utilizados en los cronometrajes son los de: Tiempo acumulado, vuelta a cero.

a) Tiempo acumulado. Se aplica este procedimiento de medición cuando se trata de:

- Ciclos de trabajo corto en los que no es posible dividirlo en sus elementos constitutivos, por su corta duración.
- Ciclos formados por dos elementos solamente: Uno manual y el otro, de máquina con automático.

b) Vuelta a cero. Este procedimiento es el normalmente utilizado en los **cronometrajes**. Su aplicación exige dividir el ciclo de trabajo en los diversos elementos que lo forman, de manera tal, que la terminación de cada uno de ellos coincida con el comienzo del siguiente.

6.- Factor de ritmo.

Si se tienen dos operarios que realizan la misma tarea y se les cronometra, probablemente se obtengan tiempos distintos para cada uno de ellos. Si se hace la suposición de que uno es rápido y el otro lento, ¿cuál sería el tiempo justo?. Ninguno, ya que el tiempo del operario rápido sería corto para los restantes operarios, y el tiempo del operario lento no sería justo para la Empresa. Se necesitará, por tanto, introducir alguna corrección para referir en ambos casos el tiempo empleado, al que precisaría un operario medio. A esta corrección se le denomina **Factor Ritmo**.

Operario medio, es aquél que posee una constitución normal, unas aptitudes normales para el trabajo, una cierta experiencia en su ejecución y un interés por realizar el trabajo, también medio.

La valoración del ritmo o *actividad*, es el procedimiento mediante el cual el cronometrador compara la actuación del operario que está observando, con el concepto que tiene formado como de actuación normal, del operario medio.

Esto exige establecer previamente lo que se considera como ritmo normal en cualquier clase de movimiento que se pueda realizar en un taller. Este concepto se adquiere realizando estudios sobre:

- Observación de trabajos de laboratorio, observación de películas o vídeos con trabajos de taller, observación de trabajos de taller

Los trabajos de laboratorio utilizados para el adiestramiento de cronometradores son más bien movimientos fundamentales y, en general elementos realizados a la velocidad y ritmo que se hayan considerado normales.

Hay muchos más elementos estudiados, que sirven para calcular la actividad normal de los mismos, elaborados por empresas especializadas, que completan los diversos movimientos fundamentales que se pueden presentar en los talleres.

Las *películas y los videos* utilizados para el adiestramiento de los cronometradores son verdaderos trabajos de taller, realizados por expertos en estas mediciones, en los que se han registrado sobre la cinta, elementos ejecutados a diversas actividades, conocidas por el que las proyecta.

Los *trabajos de taller* utilizados para el adiestramiento de los cronometradores son, en general, de ciclo corto y muy repetitivos, cuyos tiempos de trabajo se han comparado con los que se tardaría a ritmo normal, determinando este valor a través de las tablas de datos predeterminados, o por ser conocido por la empresa, por corresponder a trabajos cuyas producciones horarias son bien conocidas.

Es evidente que el cronometrador con su formación, adquiere el concepto de la actividad o ritmo normal y, con la práctica en estas apreciaciones, puede ir evaluando cuantitativamente las variaciones existentes entre la actividad que mide y la que se considera como normal al ejecutar ese movimiento.

De la misma manera que existen diversas escalas para medir la velocidad de los vehículos (Km./h, Millas/h, etc.), y existe una correlación entre ellas, existen también diversos *sistemas para valorar actividades o ritmos*. Entre las más utilizadas se encuentran las denominadas:

- *Centesimal*, que utiliza el 100 para valorar la actividad normal
- *Bedaux*, que denomina al ritmo normal por 60.

Una vez comentadas las actividades o ritmos desarrollados en los diversos trabajos, y definidos los ritmos o actividades normales, diremos que *factor de ritmo* es la relación existente entre la actividad desarrollada por el operario y la considerada como normal, es decir:

$$\text{Factor de ritmo} = \frac{\text{Actividad desarrollada}}{\text{Actividad normal}} = \text{FR}$$

7.- Cálculo del número de observaciones.

Como el objetivo de la medición es conocer un tiempo justo, será preciso tomar varias veces el tiempo de reloj de cada uno de los elementos para que entre los tomados de un mismo elemento, se puedan calcular el que represente a todos ellos. compensando las variaciones que puedan existir entre ellos.

Corno es natural, el número de veces que se debe tomar cada uno de los elementos depende de la precisión y del error con el que se desea calcular el tiempo representativo. Entre los procedimientos más utilizados se encuentran:

- Empleo de tablas, media aritmética, fórmulas estadísticas, triángulo de frecuencias, ordenador

8.- Recuento de datos.

El objetivo que se pretende conseguir con el recuento, es el de obtener el tiempo normal representativo de cada elemento, utilizando la masa de valores recocidos en la HOJA DE TOMA DE DATOS.

Según se vio el valor del tiempo normal:

$$TN = TR \times FR = Cte.$$

empleándose en la industria, para su cálculo, uno de estos tres procedimientos:

- La media aritmética.
- El triángulo – hipérbola.
- El ordenador.

a) Media Aritmética.

Es el único procedimiento que se puede utilizar cuando existen pocas mediciones. La expresión matemática que determina el valor del tiempo normal representativo, cuando existen “ n “ mediciones es:

$$TN = \frac{\sum_{i=1}^n TR_i \cdot FR_i}{n}$$

b) Triángulo – hipérbola.

Este procedimiento se basa en saber que, el lugar geométrico del producto de dos factores variables, cuando permanece constante, es una hipérbola.

Como en teoría, y por cada una de las mediciones que se hagan de un elemento determinado, el producto.

$$TR \times FR = TN = Cte.$$

si operamos con los tiempos de reloj y los factores de ritmo peresentativos, el producto obtenido al multiplicar ambos, nos determinará el tiempo normal representativo del elemento estudiado.

c) Ordenador

Es fácil comprender, que si se dispone de un ordenador o de una calculadora programable, los cálculos señalados anteriormente quedan enormemente simplificado.

Estos programas se pueden obtener en tarjetas magnéticas para las calculadores o en cassette para los miniordenadores, dándonos con gran precisión y rapidez: Los errores cometidos, los histogramas de frecuencias y los tiempos normales de cada elemento

9.- Suplementos y Concedidos.

a) Suplementos

Hasta ahora hemos considerado que el operario esta siempre trabajando y sólo se ha detectado que se encuentra parado cuando en la HOJA DE TOMAS DE DATOS, ha aparecido la actividad, 0. Estas paradas registradas en el cronometraje son totalmente necesarias en el trabajo porque el trabajador, por ser humano, necesita reponer de la fatiga que le produce el trabajo; precisa atender las necesidades personales; etc, y a veces, realizar una serie de tareas complementarias como son: rellenar hojas de trabajo, consultar planos, preparar herramientas, etc. Todas estas actividades. denominadas complementarias. aunque necesarias. son totalmente ajenas a la ejecución de la tarea en sí.

Por lo tanto, el tiempo necesario para hacer un trabajo esta formado por dos sumandos:

- El tiempo empleado en ejecutar el trabajo, corregido en su factor de actuación, y denominado "Tiempo Normal" (TN).
- El tiempo suplementario necesario para los descansos y tareas complementarias, que se valoran en un porcentaje (K) del tiempo normal ($TN \cdot K$)

La suma de esos dos tiempos forma el denominado Tiempo Tipo (T_p), cuyo valor es:

$$T_p = TN + TN \cdot K = TN (1 + K)$$

El tiempo tipo, según la expresión anterior, no es un tiempo cronometrado Es el tiempo empleado por un trabajador en hacer una tarea determinada desarrollando una actividad normal, más los tiempos empleados en recuperarse de la fatiga producida por el propio trabajo y por las actividades complementarias, que se vea obligado a realizar.

Los diversos suplementos que se deben considerar al cronometrar suelen dividirse en:

- Suplementos por fatiga, suplementos por necesidades personales, suplementos por ocupaciones accesorias

Las “ ocupaciones accesorias “ son verdaderos trabajos que hace el operario, pero que por ser ajenos al trabajo cronometrado, se les valora como si se tratase de verdaderos suplementos

Entre los principales suplementos por ocupaciones accesorias, podemos señalar como principales los siguientes:

- Preparar herramientas, ordenar y limpiar el puesto de trabajo, examinar planos, rellenar hojas de trabajo.

La forma más empleada en España para determinar el valor de los suplementos, es la que calcula el que corresponde a cada uno de los elementos que constituyen la tarea a cronometrar.

b) Concedidos

Cuando un operario está trabajando en una máquina cuyo proceso está automatizado e incluso si en la tarea existen elementos de trabajo automático, en ellos, el operario no puede desarrollar ninguna actividad. La producción está determinada por

el proceso automático y no se puede aumentar, por grande que sea el interés del trabajador en reducir la duración del ciclo.

En estos casos, la Empresa concede unos suplementos al operario, con objeto de que la prima que vaya a percibir por el rendimiento calculado en su "Hoja de Trabajo", sea similar a la de los restantes operarios, cuyo trabajo no está automatizado.

Dos procedimientos se emplean en la determinación de los concedidos:

- Cuando los elementos automáticos son de larga duración y el operario puede hacer otras tareas durante la ejecución del elemento máquina.
- Cuando la duración del elemento máquina es relativamente corto y el operario no puede desarrollar otras tareas durante su ejecución.

10.- Frecuencias.

Este concepto señala las veces que un elemento interviene en el ciclo de trabajo, dato necesario si se quiere determinar bien un tiempo de trabajo.

El tiempo total de un ciclo de trabajo viene dado por la suma de los tiempos parciales de cada uno de los elementos, multiplicados cada uno de ellos por un factor que tenga en cuenta su repetición o frecuencia dentro de dicho ciclo.

Indudablemente puede suceder que un elemento irregular o de frecuencia sólo se presente al cabo de un cierto número de ciclos de trabajo. En estos casos hay que valorar su peso o frecuencia, para incluirlo dentro de cada ciclo, y no pasar por alto esos elementos irregulares que deformarían el concepto de las producciones que se deben exigir a los operarios

11.- Cálculo del tiempo tipo.

Obtenidos los tiempos normales de cada uno de los elementos en que se ha dividido el trabajo, calculados los suplementos de trabajo (K) y determinada la frecuencia de cada elemento (F), respecto a la unidad que queremos medir, el tiempo tipo elemental viene dado por:

$$TP_{pi} = TN_i \cdot (1 + K_i) \cdot F_i$$

El tiempo tipo del ciclo de la unidad considerada, es la suma de los tiempos tipo elementales, debidamente ponderados, de cada uno de los n elementos en que se ha descompuesto.

Como es habitual señalar “*producciones exigibles*” y “*óptimas*” en los cronometrajes, indicaremos que:

Producción *exigible* o número de piezas que debe hacer como mínimo un operario en una hora, es la calculada dividiendo el número de unidades que tiene la hora, por la duración del ciclo (medido en esas mismas unidades).

Producción *óptima* es la máxima que puede realizar un operario, si sigue el método señalado en el cronometraje.

En el caso de ser libres todos los elementos de trabajo que forman el ciclo, puede llegar a valer 1,4 veces la exigible; pero si existen elementos máquina, su valor es variable, ya que depende de los concedidos a esos elementos y cuya duración depende del proceso de mecanizado.

Capítulo nº 9

Datos tipo y Muestreo.

1.- Introducción a los Datos tipo.

Las empresas que trabajan bajo pedido, caracterizadas por fabricar pocos productos iguales, no pueden calcular sus producciones exigibles por el procedimiento del cronometraje explicado en el capítulo anterior, por no disponer del número de mediciones necesarias que garanticen la exactitud de los tiempos tipo. En estos casos, las empresas, utilizando gráficos o tablas elaboradas para ellas mismas, pueden calcular sus tiempos tipo elementales, y de su suma, predeterminedar el de la tarea a medir.

Los Datos Tipo los establece la empresa a través de los valores obtenidos en los cronometrajes hechos en sus propios talleres.

Conviene recalcar la idea de buenos cronometradores (profesionales del oficio a cronometrar), porque han de establecer previamente el método de trabajo que se ha de seguir en el proceso a medir, y éste ha de ser el mejor posible, para que su ejecución sea la más corta posible.

También conviene advertir que si los gráficos, fórmulas o tablas establecidas en la empresa para el cálculo de los tiempos tipos elementales, se han elaborado por operarios de la propia empresa, es preciso recomendar que se responsabilice de los mismos a técnicos de alto nivel laboral, porque su utilización puede acarrear serios problemas.

9.2.- Gráficos , formulas y tablas tipo.

Si un taller descompone las diversas tareas que se puedan ejecutar en él, según elementos homogéneos y dispone de varios cronometrajes que señalen los valores de los tiempos tipo que corresponden a cada magnitud del elemento considerado, un estudio minucioso y ordenado de estas dos variables (valores de los tiempos tipo y magnitudes del elemento), nos permitirá establecer la ley que determine los tiempos tipo en función de los diversos valores que puedan presentar el elemento considerado.

3.- Elementos tipo.

Los elementos tipo que constituyen con su suma la tarea a medir, se pueden clasificar en:

a) *Elementos constantes.* Son aquellos cuyos valores varían ligeramente del que se ha establecido como representativo. Se calculan según la media aritmética de los valores obtenidos al cronometrar varias tareas en las que aparece el elemento considerado.

b) *Elementos variables.* Son los calculados a través de gráficos o de fórmulas.

4.- Calculo de tiempos tipo.

El cálculo del tiempo tipo de una tarea se basa en el principio de que ésta puede ser descompuesta en sus elementos constituyentes, propios de cada taller. y determinar el tiempo total de su ejecución, por la suma de los tiempos tipo de los diversos elementos que la forman.

El cronometrador, una vez establecido el proceso de trabajo que se ha de seguir, define los elementos que lo forman y determina la frecuencia con la que interviene cada uno de ellos. Posteriormente, haciendo uso de los gráficos, tablas y fórmulas correspondientes a los elementos que intervienen en el proceso, va determinando los valores tipo elementales, y anotándolos en el lugar que le corresponde. La suma de todos los tiempos tipo elementales nos determina el tiempo tipo para hacer esa tarea.

9.5. Muestreo de Datos.

El cálculo de tiempos tipo, aplicando las técnicas del muestreo, consiste en valorar el factor p, de la expresión:

$$T_p = \frac{TE \cdot p \cdot FR \cdot (1 + K)}{n}$$

ya que son medibles los restantes factores. Su significado es el siguiente:

TE = Tiempo medido, que indica el que se ha tardado realmente en hacer las n piezas.

p = medio, deducido por muestreo, del tiempo que el operario está trabajando.

FR = Factor de Ritmo.

K = Suplementos de descansos.

n = Número de piezas que ha realizado el operario en el TE.

La técnica de determinar tiempos tipo por muestreo, tiene su aplicación practica cuando se precisa determinar las producciones exigibles en varios puestos de trabajo y solo se puede aplicar en la medición de tiempos, el calculo en cada puesto del valor del p % que el operario se encuentra trabajando

Otra de las grandes aplicaciones del muestreo en la industria es determinar el valor de numerosas actividades, tanto de talleres como de oficinas, de gran interés para los mandos y cuyo conocimiento por otros procedimientos, sería prohibitivo.

9.6.- Muestras.

La técnica del muestreo se basa en la estadística descriptiva que permite conocer lo que ocurre en una población o universo, con sólo estudiar un número determinado de observaciones instantáneas obtenidas al azar, entresacadas de la propia población ó

universo. En otras palabras: Analizando un número suficiente de mediciones, hechas a través de observaciones instantáneas y al azar, se predice lo que ocurre en la población o universo a medir, con un error y un nivel de confianza determinado.

Se dice que se ha tomado una muestra al azar cuando el método seguido en la elección de los elementos que la componen, permite asegurar que todos los que forman parte del universo a medir, han tenido la misma probabilidad de pertenecer a la muestra. Dos sistemas suelen ser empleados para obtener muestras al azar:

- La lotería.
- Los números aleatorios

El procedimiento de la lotería exige la posibilidad de colocar un bombo todos los elementos o su representación, de lo que se desea controlar. Cuando no existe la posibilidad, se suele recurrir a la técnica de enumerar los elementos y escoger aquellos cuyos coincidan con los de unas tablas de números aleatorios y que han sido elegidos según una ley determinada

7.- Control estadístico por atributos.

El muestreo aplicado en la industria se centra en decir las actividades que se desean medir y en analizar en cada una de ellas, si se trabaja o no se trabaja en los momentos en los que se realiza la observación.

Cuando se quieren calcular tiempo tipo de las tareas que se están ejecutando en diversos puestos de trabajo la única actividad que se mide es la de anotar si el operario observado trabaja o no trabaja. Como el muestreo es por atributos, se recuerdan seguidamente los principales conceptos fundamentales:

- Distribución de frecuencias y curva de *Gauss*, niveles de confianza, número de observaciones necesarias, diagramas de control

8.- Ejemplo de muestreo.

Cualquier ejercicio de muestreo, que se debe realizar en un taller, ha de definir con claridad las siguientes etapas

- Fijar el objetivo del muestreo.
- Preparar los impresos necesarios.
- Determinar el nº de observaciones diarias.
- Calcular el momento de las mediciones.
- Hacer las mediciones instantáneas y al azar.
- Calcular el nº de observaciones necesarias y establecer los límites de control.
- Interpretar los resultados.

- FIN -