



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Facultad Regional Córdoba

Asignatura: Estudio del Trabajo

Ingeniería Industrial



Página 1 de 156



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA



INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESTUDIO DEL TRABAJO

Emisión 3/2017 – Revisión 6 II (10/2021)



INDICE

1 Unidad Temática: PRODUCTIVIDAD

1.1 Introducción	4
1.2 Estudio del Trabajo y Productividad	8

2 Unidad Temática: ORGANIZACIÓN FÍSICA DEL TRABAJO

2.1 Conceptos	16
2.2 Tipos de Organización Física del abajo.....	16
2.2.1 Producción Discontinua.....	16
2.2.2 Producción Continua	21
2.2.3 Producción por Puesto Fijo	23

3 Unidad Temática: ESTUDIO DE MÉTODOS

3.1 Introducción – Sistema Laboral.....	25
3.2 Definición	27
3.3 Metodología del Estudio de Métodos	39

4 Unidad Temática: ERGONOMÍA

4.1 Definición	34
4.2 Sistema Laboral	35
4.3 Trabajo y Rendimiento	37
4.4 Consideraciones ergonómicas del trabajo predominantemente muscular	43
4.5 Análisis ergonómico del trabajo predominantemente no muscular	47
4.6 Efectos de las Influencias Físicas del Medio Ambiente sobre el hombre ..	48
4.7 Antropometría	49
4.7 Conformación del puesto de trabajo	54

5 Unidad Temática: ESTUDIO DE TIEMPOS

5.1 Introducción	63
5.1.1 Consideraciones importantes.....	64
5.1.2 La división centesimal.....	64
5.2 Metodología.....	65
5.3 Niveles de Tiempo.....	65
5.4 Técnicas de medición de Tiempos.....	67
5.5 Datos históricos.....	68
5.6 Cronometraje (Toma de Tiempos).....	68
5.6.1 Generalidades.....	68
5.6.2 Técnica de la Toma de Tiempos.....	69
5.6.3 Punto de referencia.....	69
5.6.4 Procedimiento para la Toma de Tiempos.....	70
5.6.5 Valoración del Ritmo.....	73
5.6.6 Análisis estadístico de una Toma de Tiempos.....	80
5.7 Tiempos Suplementarios Personales.....	89



5.7.1	Tablas para calcular Suplementos por Descansos.....	89
5.8	Muestreo del Trabajo (Muestreo de Actividades)	
5.8.1	Introducción.....	104
5.8.2	Pasos del Muestreo de Actividades.....	105
5.8.3	Metodología de cálculo.....	106
5.8.4	Ejemplo práctico.....	110
5.8.5	Tarjeta de Control.....	114
5.8.6	Consideraciones finales.....	115
5.8.7	Anexos.....	116
5.9	Normas de Tiempos Predeterminados (NTPD).....	119
5.9.1	Introducción.....	119
5.9.2	Antecedentes.....	120
5.9.3	Ventajas de los sistemas NTPD.....	121
5.9.4	Inconvenientes de los sistemas NTPD.....	121
5.9.5	Campo de aplicación.....	121
5.10	Tiempos Tipo (Datos Tipo).....	122
5.11	Ciclado de Máquinas.....	123
5.11.1	Introducción.....	123
5.11.2	Tipos de Ciclados de Máquinas.....	124
5.11.3	Determinación de los tiempos y número de puestos.....	125
5.12	Balanceo o equilibrio de líneas de producción.....	131
5.12.1	Principios básicos.....	131
5.12.2	Requisitos previos.....	132
5.12.3	Cómo planear una línea de producción en serie.....	132
5.12.4	Métodos y equipos.....	133
5.12.5	Movimiento de materiales.....	134
5.12.6	Balanceo o equilibrado de línea.....	135
5.12.7	Métodos para equilibrar las operaciones de armado.....	135
5.13	Diagrama de actividades múltiples.....	145
5.14	Resumen del método Standard.....	146
	ANEXOS	148

Este apunte ha sido confeccionado en base a notas de cátedra del Ing. Julio Bassetti , el cuerpo Docente y aportes de:
“Introducción al Estudio del Trabajo”, OIT, 3º Edición

“Tiempos Suplementarios Personales de FASA Renault”

“Metodología REFA del Estudio del Trabajo y Organización de Empresas” Grundlagen, Teil 1 y 2 . Copyright by REFA
Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V.



1. Unidad temática: PRODUCTIVIDAD

1.1 INTRODUCCIÓN

La productividad puede definirse de la manera siguiente:

La productividad es la relación entre producción e insumo.

Esta definición se aplica a una empresa, un sector de actividad económica o toda la economía. El término «productividad» puede utilizarse para valorar o medir el grado en que puede extraerse cierto producto de un insumo dado. Aunque esto parece bastante sencillo cuando el producto y el insumo son tangibles y pueden medirse fácilmente, la productividad resulta más difícil de calcular cuando se introducen bienes intangibles. Pongamos un ejemplo.

Un alfarero trabaja ocho horas al día y produce 400 tiestos al mes utilizando un horno caldeado con leña.

Supongamos que como resultado de un cambio en el método de trabajo puede producir 500 tiestos al mes en lugar de 400 con el mismo equipo y horas de trabajo. Su productividad, calculada en función del número de tiestos producidos, habrá aumentado un 25 por ciento.

Supongamos ahora que no pudo vender los 500 tiestos y tuvo que reducir su precio de 2\$ el tiesto a 1,80\$. Si quiere valorar su aumento de productividad, es posible que al alfarero le interese más utilizar términos monetarios en lugar de simplemente el número de tiestos producidos. En este caso podría decir que el valor de su producto solía ser de $400 \times 2 = 800\$$ al mes y que ahora es de $500 \times 1,80 = 900\$$ al mes.

Su insumo no ha cambiado. Por tanto, su aumento de productividad es

$$\frac{\$(900-800)}{\$800} = 12,5 \text{ por ciento.}$$

2800



Este ejemplo, deliberadamente sencillo, nos permite hacer dos observaciones. Primeramente, la productividad servía para medir el aumento de la producción expresado en número de tiestos producidos, en el primer caso, y en términos monetarios en el segundo, obteniéndose en uno y otro caso valores diferentes. En otras palabras, según lo que se tenga interés en medir, variarán la índole del producto y del insumo. En segundo lugar, aunque la **producción** real aumentó en este ejemplo de 400 a 500 tiestos, la **productividad** en términos monetarios no reflejaba un aumento correspondiente. Esto significa que tenemos que hacer una distinción entre el aumento de la producción y el aumento de la productividad, medida en este ejemplo en términos de ganancia monetaria.

- Sigamos con nuestro ejemplo y demos por supuesto que el alfarero decidió sustituir su horno alimentado con leña por otro alimentado con petróleo. Esto le supone un costo de inversión de 6 000\$, que calcula que se debería amortizar en un plazo de diez años. Dicho de otro modo, el costo de esa

inversión será de 600\$ al año durante diez años, o de 50\$ al mes. Necesitaría también petróleo, que le costaría 50\$ más de lo que pagaría por la leña. Supongamos asimismo que su producción se mantiene constante a 500 tiestos al mes. Medido en dinero, el valor de su producción es de $500 \times 1,80 = 900$ \$ al mes, de cuya cifra deberá deducir 50\$ en concepto de inversión de capital y 50\$ por el combustible, es decir, 100\$. Su ganancia monetaria es, pues, $900 - 100 = 800$ \$. En este caso su productividad expresada en ganancia monetaria no ha mejorado puesto que, si bien originalmente producía sólo 400 tiestos, los vendía a 2\$ cada uno, con lo que llegaba a la misma cifra financiera.

- Sin embargo, es posible que nuestro alfarero alegue que, gracias al nuevo horno, su calidad ha mejorado, que se reducirá así el número de piezas rechazadas y que, al aumentar la satisfacción de los usuarios, con el tiempo podrá subir de nuevo su precio. Además, su propia satisfacción en el trabajo será mayor, porque el nuevo horno es mucho más fácil de manejar. Se ha ampliado así la definición de producto para abarcar la calidad y un factor relativamente intangible, el de la satisfacción del consumidor. Análogamente, el insumo abarca también un factor intangible, el de la satisfacción en el trabajo. Por consiguiente, los aumentos de la productividad son ahora más difíciles de medir con precisión debido a estos factores intangibles y al intervalo de tiempo que es preciso calcular hasta que la satisfacción de los usuarios permita incrementar los precios de los tiestos producidos en el nuevo horno.



Este sencillo ejemplo ayuda a mostrar que los factores que influyen en la productividad en una organización son múltiples y a menudo están relacionados entre sí. Muchas personas se han visto erróneamente inducidas a pensar en la productividad sólo como la productividad del trabajo, en gran medida debido a que la productividad del trabajo suele constituir la base de las estadísticas publicadas sobre el tema. Resulta asimismo evidente que en una comunidad o país el mejoramiento de la productividad o la extracción del mejor rendimiento posible de los recursos disponibles no significa que se explota a la mano de obra, sino que se aprovechan todos los recursos disponibles para estimular un mayor índice de crecimiento que puede utilizarse para mejorar las prestaciones sociales, el nivel de vida y la calidad de vida. Sin embargo, en el presente libro nos ceñiremos a las cuestiones de productividad y más concretamente al estudio del trabajo tal como se aplica en la empresa.

(La productividad en una empresa puede estar afectada por) diversos factores externos, así como por varias deficiencias en sus actividades o factores internos. Entre otros ejemplos de factores externos cabe mencionar la disponibilidad de materias primas y mano de obra calificada, las políticas estatales relativas a la tributación y los aranceles aduaneros, la infraestructura existente, la disponibilidad de capital y los tipos de interés, y las medidas de ajuste aplicadas a la economía o a ciertos sectores por el gobierno. Estos factores externos quedan fuera del control del empleador. No obstante, examinaremos otros factores que están sujetos al control de los directores de las empresas.

Los factores de insumo y producto en una empresa

En una empresa típica la producción se define normalmente en términos de productos fabricados o servicios prestados. En una empresa manufacturera los productos se expresan en número, por valor y por su grado de conformidad con unas normas de calidad predeterminadas. En una empresa de servicios como una compañía de transporte público o una agencia de viajes la producción se expresa en términos de los servicios prestados. En una empresa de transportes la producción puede consistir en el número de clientes o de toneladas de carga por kilómetro transportados. En una agencia de viajes podría ser el valor de los billetes vendidos o el valor medio de los billetes por cliente, etc. Tanto las empresas manufactureras como las de servicios deben estar igualmente interesadas en la satisfacción de los clientes o usuarios, medida, por ejemplo, por el número de quejas o rechazos.



Por otro lado, la empresa dispone de ciertos recursos o insumos con los que crea el producto deseado. Estos son:

Terrenos y edificios

Terrenos y edificios en un emplazamiento conveniente.

Materiales

Materiales que pueden transformarse en productos destinados a la venta, como materias primas o materiales auxiliares, por ejemplo disolventes u otros productos químicos y pinturas que se necesitan en el proceso de fabricación, y el material de embalaje.

Energía

Energía en sus diversas formas como electricidad, gas, petróleo o energía solar.

Máquinas y equipo

Las máquinas y el equipo necesarios para las actividades de explotación de la empresa, incluso los destinados al transporte y la manipulación, la calefacción o el acondicionamiento de aire, el equipo de oficina, las terminales de computadora, entre otros.

Recursos humanos

Hombres y mujeres capacitados para desempeñar la actividad operacional, planificar y controlar, comprar y vender, llevar las cuentas y realizar otras actividades como las de mantenimiento o trabajos administrativos y de secretaría.

Otro factor de producción o insumo es el **capital** que, aun sin definirse aquí, se incluye implícitamente puesto que se emplea para financiar la compra de terrenos, maquinaria, equipo, materiales y trabajo, y para pagar los servicios prestados por los recursos humanos.

La utilización que se hace de todos estos recursos agrupados determina la **productividad** de la empresa.

6

“Extraído de Introducción al Estudio del Trabajo, cuarta edición, OIT”

Analizando estos conceptos surge, como conclusión, que la Empresa debe administrar y gestionar sus recursos para mejorar su Productividad.

Teniendo en claro el “Porqué”, nos enfocaremos en el “Cómo” .

Primero sigamos atentamente los conceptos de la OIT



1.2 ESTUDIO DEL TRABAJO Y PRODUCTIVIDAD

Como dijimos en el capítulo anterior, la dirección de una empresa recurre frecuentemente a especialistas para que la ayuden a mejorar la productividad. Uno de los instrumentos más eficaces que se puede utilizar es el del estudio del trabajo.

El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando¹.

Por tanto, el estudio del trabajo tiene por objeto examinar de qué manera se está realizando una actividad, simplificar o modificar el método operativo para reducir el trabajo innecesario o excesivo, o el uso antieconómico de recursos, y fijar el tiempo normal para la realización de esa actividad. La relación entre productividad y estudio del trabajo es, pues, evidente. Si gracias al estudio del trabajo se reduce el tiempo de realización de cierta actividad en un 20 por ciento, simplemente como resultado de una nueva ordenación o simplificación del método de producción y sin gastos adicionales, la productividad aumentará en un valor correspondiente, es decir, en un 20 por ciento. Para captar cómo el estudio del trabajo reduce los costos y el tiempo que se tarda en cierta actividad, es necesario examinar más detenidamente en qué consiste ese tiempo.

1. Cómo está constituido el tiempo total de un trabajo

Puede considerarse que el tiempo que tarda un trabajador o una máquina en realizar una actividad o en producir una cantidad determinada de cierto producto está constituido de la manera que se indica a continuación y tal como se ilustra en la figura 2.

Primero existe:

El contenido básico de trabajo del producto o de la operación².

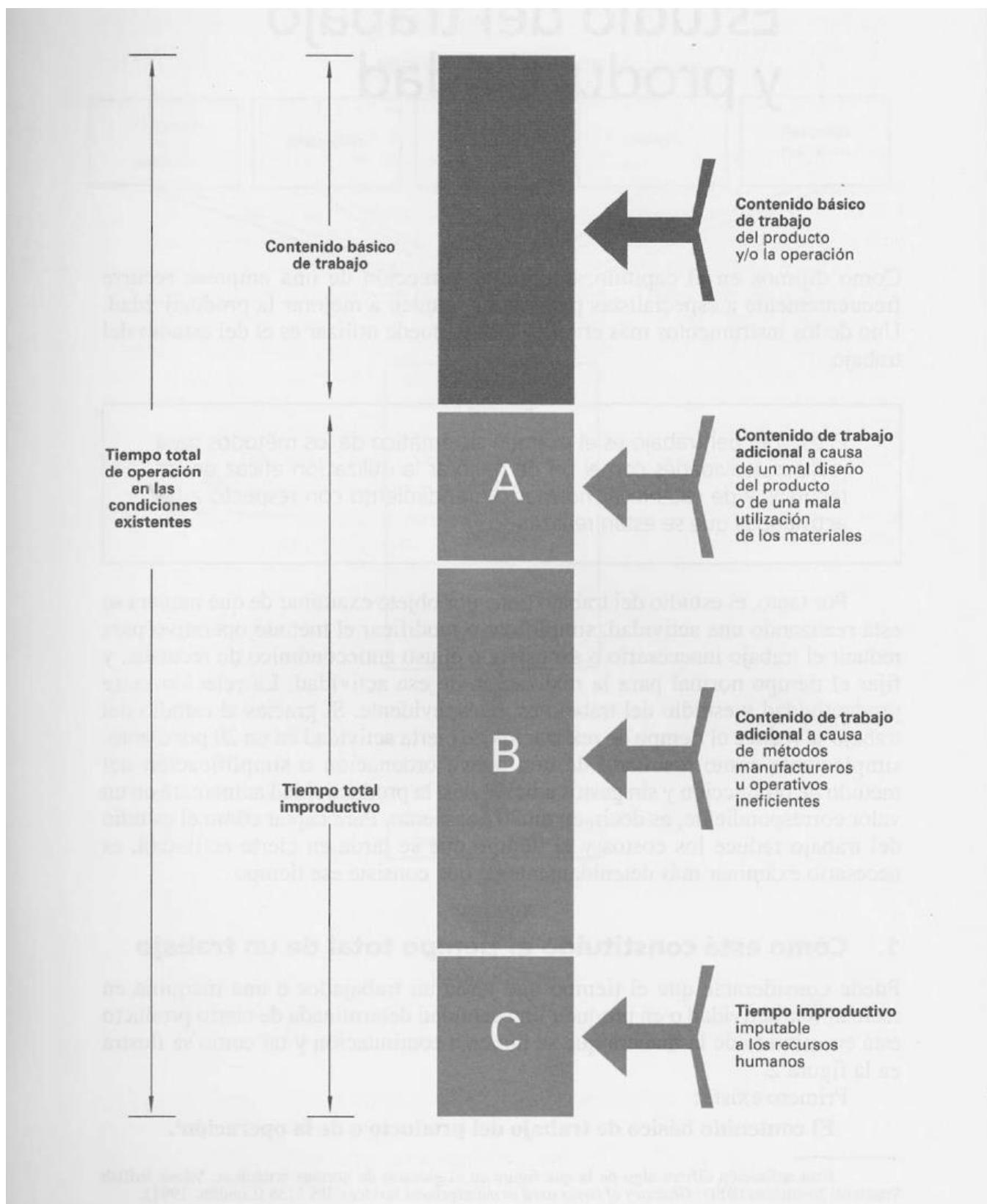




Figura 3. Contenido de trabajo básico y suplementario

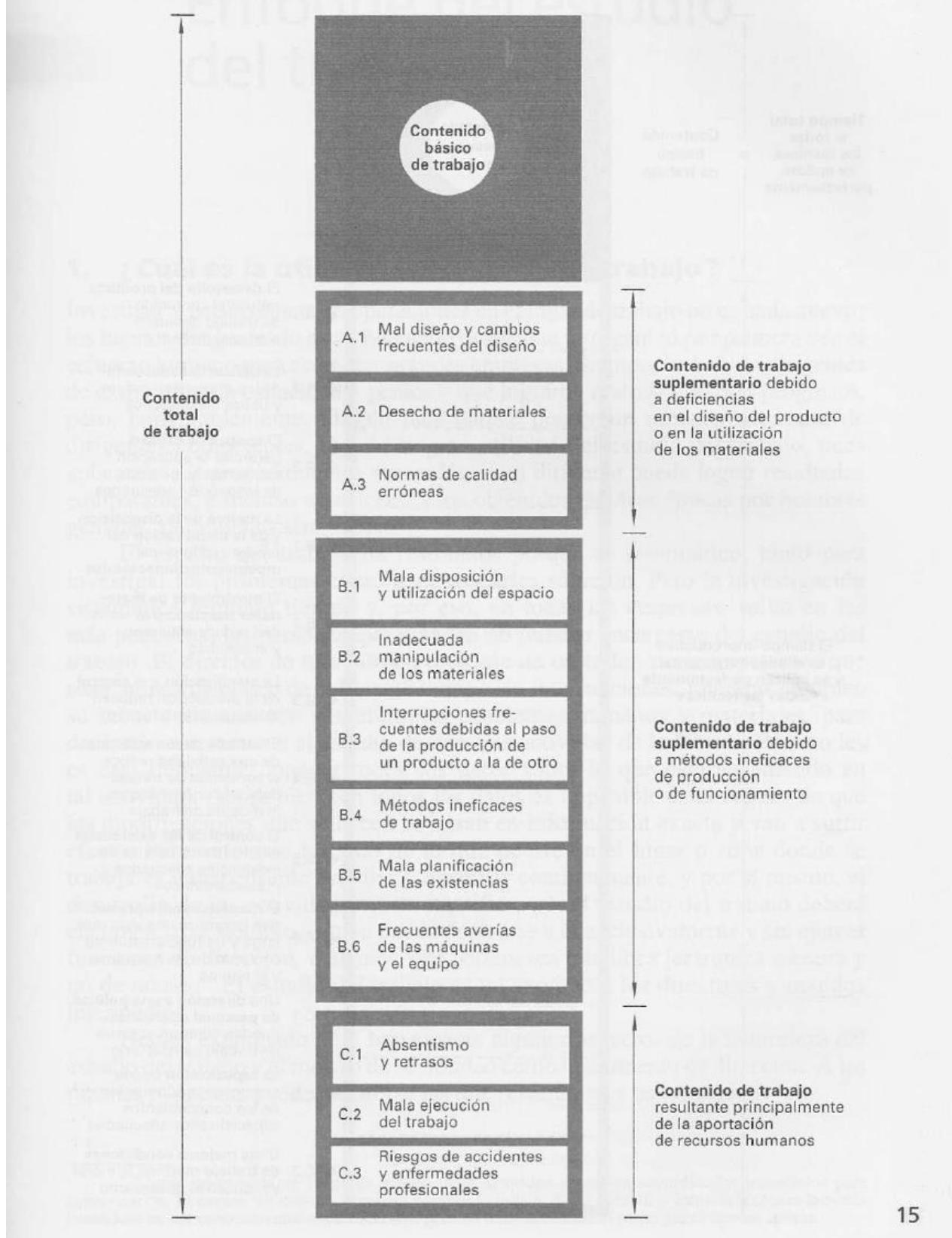
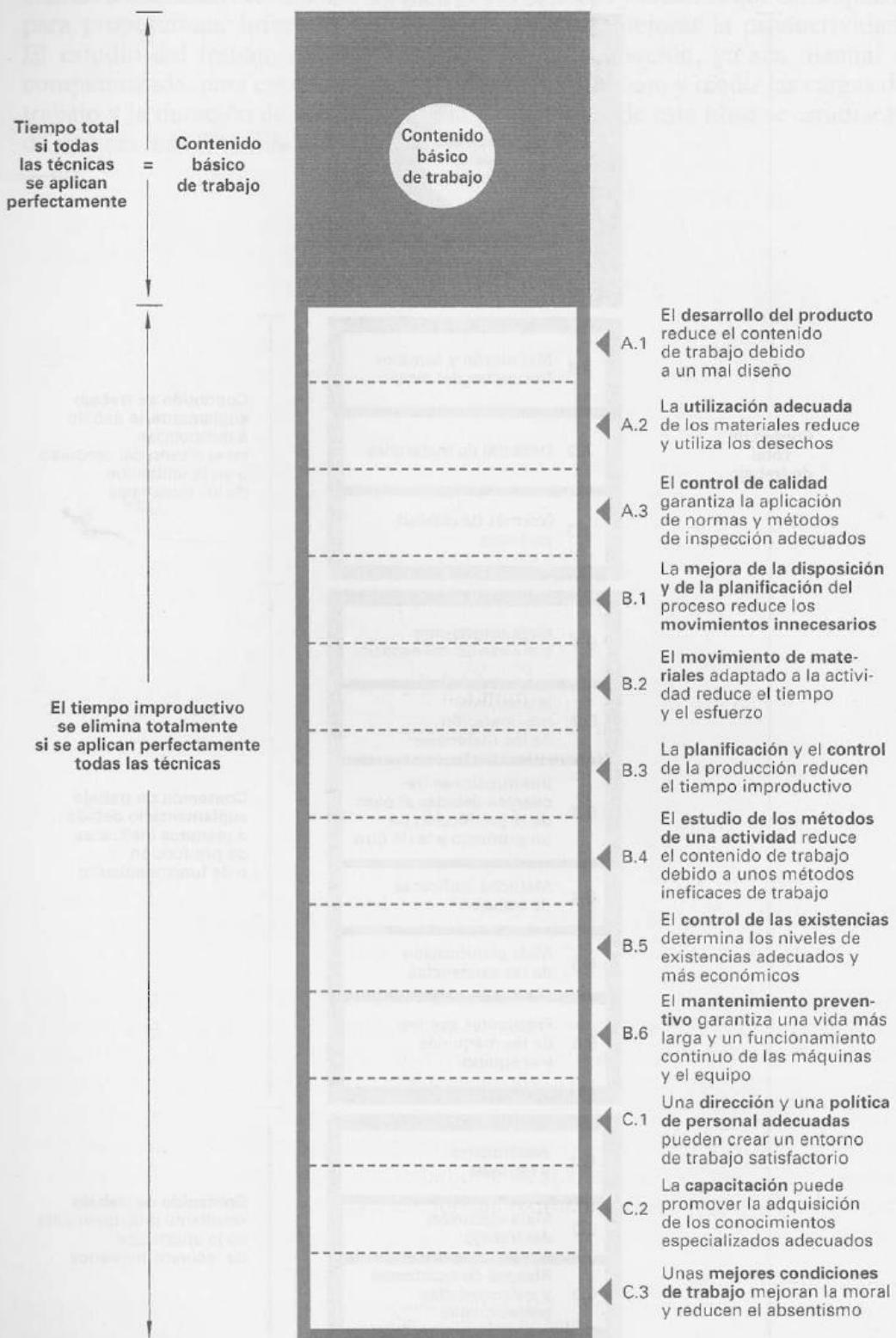




Figura 4. Cómo reducir el tiempo improductivo mediante las técnicas de dirección





1. ¿Cuál es la utilidad del estudio del trabajo?

Investigar y perfeccionar las operaciones en el lugar de trabajo no es nada nuevo; los buenos dirigentes lo están haciendo desde que se organizó por primera vez el esfuerzo humano para acometer grandes empresas. Siempre ha habido dirigentes de extraordinaria capacidad – genios – que lograron realizar notables progresos, pero, lamentablemente, ningún país parece poseer un número adecuado de dirigentes competentes. De ahí la gran utilidad del estudio del trabajo, pues aplicando sus procedimientos sistemáticos un dirigente puede lograr resultados equiparables, e incluso superiores, a los obtenidos en otras épocas por hombres geniales, pero menos sistemáticos.

El estudio del trabajo da resultados porque es sistemático, tanto para investigar los problemas como para buscarles solución. Pero la investigación sistemática requiere tiempo y, por eso, en todas las empresas, salvo en las más pequeñas, las personas que mandan no pueden encargarse del estudio del trabajo. El director de una fábrica o el jefe de un taller, por competentes que sean, nunca disponen de suficiente tiempo sin interrupciones, mientras cumplen su labor cotidiana con sus múltiples problemas humanos y materiales, para dedicarlo enteramente al estudio de una sola actividad de la fábrica. Por eso les es casi imposible conocer todos los datos sobre lo que está sucediendo en tal actividad. Ahora bien, sin todos los datos es imposible estar seguro de que las modificaciones que se hacen se basan en información exacta y van a surtir efecto. Para enterarse a fondo de lo que ocurre en el lugar o zona donde se trabaja es indispensable estudiar y observar continuamente, y por sí mismo, el desarrollo de las actividades. Esto significa que el estudio del trabajo deberá encargarse siempre a quien pueda dedicarse a él exclusivamente y sin ejercer funciones de dirección, a alguien que pertenezca a la línea jerárquica asesora y no de mando¹. El estudio del trabajo es un servicio a los directores y mandos intermedios.

Hemos examinado muy brevemente algunos aspectos de la naturaleza del estudio del trabajo y el motivo de su utilidad como instrumento de dirección. A las razones expuestas pueden añadirse las que resumimos a continuación:



- 1) Es un medio de aumentar la productividad de una fábrica o instalación mediante la reorganización del trabajo, método que normalmente requiere poco o ningún desembolso de capital para instalaciones o equipo.
- 2) Es sistemático, de modo que no se puede pasar por alto ninguno de los factores que influyen en la eficacia de una operación, ni al analizar las prácticas existentes ni al crear otras nuevas, y que se recogen **todos** los datos relacionados con la operación.
- 3) Es el método más exacto conocido hasta ahora para establecer normas de rendimiento, de las que dependen la planificación y el control eficaces de la producción.
- 4) Puede contribuir a la mejoría de la seguridad y las condiciones de trabajo al poner de manifiesto las operaciones riesgosas y establecer métodos seguros para efectuar las operaciones.
- 5) Las economías resultantes de la aplicación correcta del estudio del trabajo comienzan de inmediato y continúan mientras duren las operaciones en su forma mejorada.
- 6) Es un «instrumento» que puede ser utilizado en todas partes. Dará buen resultado dondequiera que se realice trabajo manual o funcione una instalación, no solamente en talleres de fabricación, sino también en oficinas, comercios, laboratorios e industrias auxiliares, como las de distribución al por mayor y al por menor y los restaurantes, y en las explotaciones agropecuarias.
- 7) Es relativamente poco costoso y de fácil aplicación.
- 8) Es **uno de los instrumentos de investigación más penetrantes de que dispone la dirección**. Por eso es un arma excelente para atacar las fallas de cualquier organización, ya que al investigar un grupo de problemas se van descubriendo las deficiencias de todas las demás funciones que repercuten en ellos.

Conviene analizar más detenidamente este último punto. Como el estudio del trabajo es sistemático y obliga a examinar en persona todos los factores que influyen sobre la eficacia de una operación dada, pondrá de manifiesto las deficiencias de todas las actividades relacionadas con esa operación. Por ejemplo, la observación puede mostrar que un operario pierde tiempo porque tiene que esperar que le entreguen el material o porque se ha descompuesto la máquina con que trabaja. Ahí se ve en seguida que está mal organizado el control de materiales o que el jefe de mantenimiento descuida la conservación de la maquinaria. También puede haber pérdida de tiempo si las series de producción fijadas son demasiado breves y exigen el reajuste constante de las máquinas; pero esto no podrá comprobarse sin observaciones prolongadas para apreciar si el grado en que se interrumpe el trabajo es indicio de que está mal planeada la producción o de que merece que se investigue la política de ventas.

El estudio del trabajo actúa como el bisturí del cirujano, exponiendo a la vista de todos las actividades y el funcionamiento, bueno o malo, de una empresa. Porque tiene ese carácter «revelador», es preciso manejarlo, como el bisturí del cirujano, con cuidado y destreza. A nadie le gusta que lo pongan en evidencia,



y si el especialista en estudio del trabajo no trata a los demás con gran tacto, puede atraerse la antipatía de directores y obreros, lo que le impedirá cumplir su cometido debidamente.

Los directores y jefes de taller que han intentado aplicar el estudio del trabajo generalmente no han conseguido las economías y mejoras que hubieran sido posibles porque no pudieron dedicarse a él de modo continuo, aun poseyendo la debida capacitación. No basta que el estudio del trabajo sea sistemático. Para lograr resultados realmente importantes hay que aplicarlo **continuamente** y de un extremo a otro de la empresa. De nada sirve que el especialista en estudio del trabajo realice una buena labor si luego se cruza de brazos, satisfecho de su obra, o si la dirección le encomienda otro trabajo. Aunque pueden ser considerables las economías que se logren en determinadas tareas, suelen ser pequeñas en comparación con la actividad total de la empresa. El estudio del trabajo sólo surtirá todo su efecto cuando haya sido aplicado en todas partes y cuando todo el personal de la organización esté convencido de que **es preciso rechazar el desperdicio en todas sus formas – de materiales, tiempo, esfuerzo o dotes humanas** – y no aceptar sin discusión que las cosas se hagan de cierto modo «porque siempre se hicieron así».

2. Técnicas del estudio del trabajo y su interrelación

La expresión «estudio del trabajo» comprende varias técnicas, y en especial el estudio de métodos y la medición del trabajo. ¿Qué son esas dos técnicas y qué relación tienen entre sí?

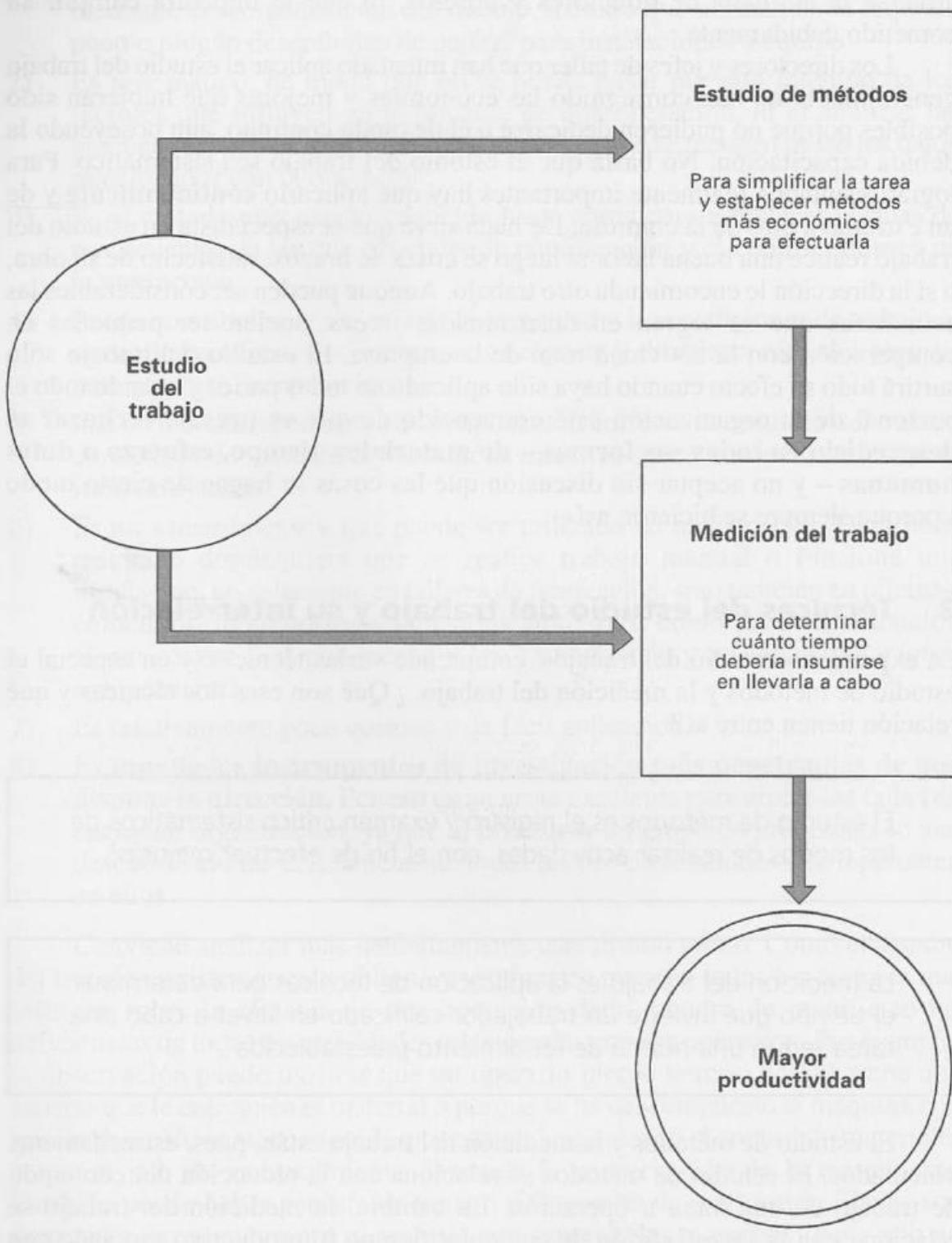
El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemáticos de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras².

La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento pre establecida².

El estudio de métodos y la medición del trabajo están, pues, estrechamente vinculados. El estudio de métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una tarea u operación. En cambio, la medición del trabajo se relaciona con la investigación de cualquier tiempo improductivo asociado con ésta, y con la consecuente determinación de normas de tiempo para ejecutar la operación de una manera mejorada, tal como ha sido determinada por el estudio de métodos. La relación entre ambas técnicas se presenta esquemáticamente en la figura 5.



Figura 5. Estudio del trabajo





2. Unidad Temática: ORGANIZACIÓN FÍSICA DEL TRABAJO

2.1 CONCEPTOS

La organización física del trabajo es en función del tipo de producción y de las variables que lo condicionan.

Las variables más importantes son:

El producto

El volumen a producir

La variabilidad o modelos a producir

El precio de venta

La calidad requerida

El ciclo de vida del producto

Estas variables condicionan el sistema de trabajo y la distribución física de la planta, es decir el proceso, la distribución de máquinas y equipos y los sistemas de manejo de materiales.

2.2 TIPOS DE ORGANIZACIÓN FÍSICA DEL TRABAJO

Producción Discontinua $\left\{ \begin{array}{l} \text{Producción por lotes} \\ \text{Producción en serie} \\ \text{Producción flexible} \end{array} \right.$

Producción Continua

Producción por Puesto Fijo

2.2.1. PRODUCCIÓN DISCONTINUA

2.2.1.1 PRODUCCIÓN POR LOTES

Es un caso de producción discontinua y discreta (no siempre)

Se manejan pequeñas cantidades y mucha variabilidad de productos

Se caracteriza porque la planta se divide en sectores con maquinarias afines entre si (tornos, fresadoras, centros de mecanizado, rectificadoras, pintura, montaje, etc.)

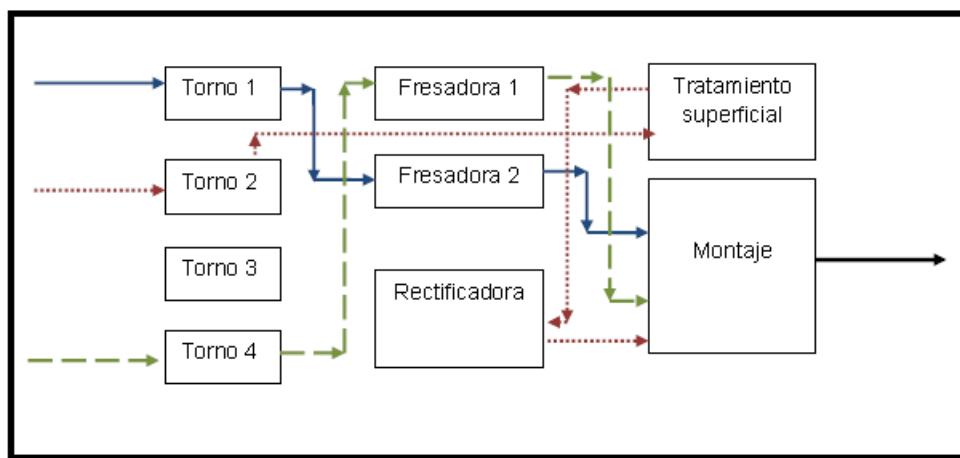
Los lotes de los distintos productos pasan de un área a otra en las distintas unidades de carga y, por lo general, no abandonan el sector hasta que no esté terminada la última pieza.

Este tipo de organización requiere mucho movimiento de materiales, lo cual insume equipos y personal.

Las maquinarias son del tipo universal, porque deben adaptarse a las distintas variedades de productos.

Los medios de control pueden ser específicos o universales.

La mano de obra es especializada.



2.2.1.2 PRODUCCIÓN EN SERIE

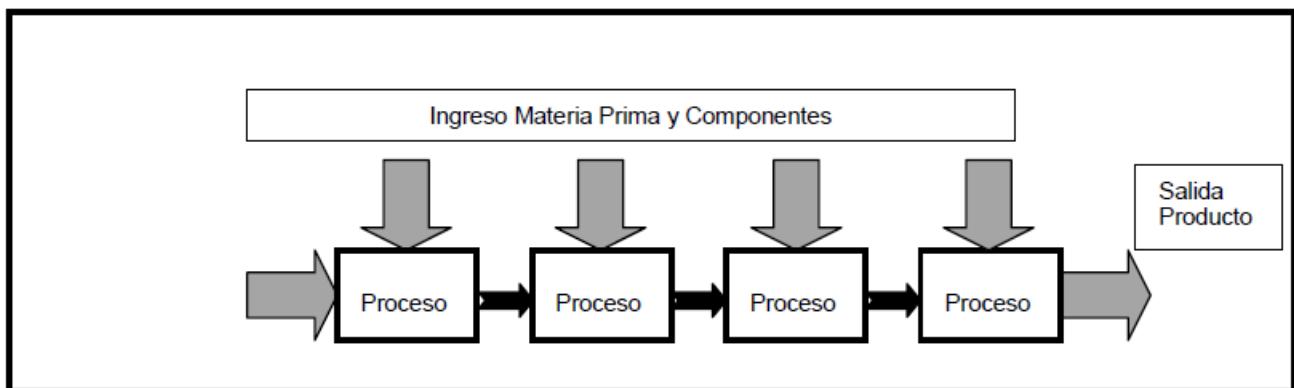
Es un caso de producción discontinua y discreta.

Las características del producto, las cantidades a producir, la poca variabilidad y el ciclo de vida largo, permiten este tipo de organización.

Se caracteriza por tener una sucesión de operaciones que se repiten en casi todos los productos.

La maquinaria y los medios de control son específicos, por lo tanto el nivel de desinversión es bajo.

La mano de obra no requiere gran especialización.



2.2.1.3 PRODUCCIÓN FLEXIBLE

Es un caso de producción discontinua y discreta, pero de pequeños volúmenes.

La principal característica es la posibilidad de cambiar de producto en tiempos breves lo cual disminuye los costos y permite adaptar rápidamente los sistemas productivos a las variaciones de producción.



“Un sistema de producción flexible es aquél capaz de producir una diversidad de bienes con variedad en la composición del producto, que puede asimilar rápidamente las innovaciones y que requiere la coordinación continua y profunda de equipos procesos y recursos humanos.

Es la manera de realizar la integración, la concepción, la creación y el desarrollo de productos diferenciados.”

2.2.1.3.1 Automatización flexible

- a) Máquinas herramientas de Control Numérico
- b) Sistemas CAD/CAM
- c) Robots Industriales

Características:

- Es programable
- Da flexibilidad a las máquinas
- Mejora la productividad y la calidad
- Disminuye costos (energía, materia prima, tiempos)
- Tiene las ventajas de una economía de escala
- Proporciona variabilidad a la producción
- Ofrece capacidad de adaptación a los cambios

2.2.1.3.2 Células Flexibles

Aquí se tiene la versión más interesante de los Sistemas Flexibles, dado que no se trata de automatizaciones y grandes inversiones, sino de la organización y estructuración de los sistemas laborales.

Cuando las producciones son en grandes volúmenes los sistemas productivos ofrecen la alternativa de la automatización, pero en economías más reducidas y con máquinas y equipos eficientes, los niveles de la demanda son menores y obliga a las empresas a pensar en series pequeñas y eficientes.

Las Células Flexibles tienen la característica de permitir cambiar rápidamente de producto sin contar con automatizaciones o robótica.

La principal característica es la rápida puesta a punto entre un producto y otro.

Se pueden tener Células de montaje flexibles, pequeñas, con diversidad de productos y elementos con características comunes.

Confección de prendas

Calzado, etc.

Párrafo aparte, se pueden mencionar Medios de Elaboración un poco más complejos, como ser prensas e inyectoras.

Estas máquinas, trabajando en células o solas, pueden convertirse en Sistemas Flexibles si se logra cambiar el lote de producción en tiempos reducidos.

Para estos casos el método empleado es el **SMED** (Single Minute Exchange of Die).

Se ha definido el **SMED** como la teoría y técnicas diseñadas para realizar las operaciones de cambio en menos de 10 minutos.

El sistema SMED nació por la necesidad de lograr la producción JIT (just in time), uno de las piedras angulares del sistema Toyota de fabricación y fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, intentando hacer lotes de menor tamaño.



En contra de los pensamientos tradicionales el Ingeniero japonés Shigeo Shingo señaló que tradicional y erróneamente, las políticas de las empresas en cambios de utillaje, se han dirigido hacia la mejora de la habilidad de los operarios y pocos han llevado a cabo estrategias de mejora del propio método de cambio.

El éxito de este sistema comenzó en Toyota, consiguiendo una reducción del tiempo de cambios de matrices de un periodo de una hora y cuarenta minutos a tres minutos.

Su necesidad surge cuando el mercado demanda una mayor variedad de producto y los lotes de fabricación deben ser menores; en este caso para mantener un nivel adecuado de competitividad, o se disminuye el tiempo de cambio o se siguen haciendo lotes grandes y se aumenta el tamaño de los almacenes de producto terminado, con el consiguiente incremento de costes. Esta técnica está ampliamente validada y su implantación es rápida y altamente efectiva en la mayor parte de las máquinas e instalaciones industriales.

¿Qué entendemos por cambio de utillaje en un máquina?

Es el conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina para proceder al cambio de lote hasta que la máquina empieza a fabricar la primera unidad del siguiente producto en las condiciones especificadas de tiempo y calidad. El intervalo de tiempo correspondiente es el tiempo de cambio.

Esta técnica permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de utillaje necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro. Algunos de los beneficios que aporta esta herramienta son:

- reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo
- reducir el tamaño del inventario
- reducir el tamaño de los lotes de producción
- producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción.

Esta mejora en el acortamiento del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no tan sólo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda. Al permitir la reducción en el tamaño de lote colabora en la calidad ya que al no existir stocks innecesarios no se pueden ocultar los problemas de fabricación.

Algunos de los tiempos que tenemos que eliminar aparecen como despilfarros habitualmente de la siguiente forma:

- Los productos terminados se trasladan al almacén con la máquina parada.
- El siguiente lote de materia prima se trae del almacén con la máquina parada.
- Las cuchillas, moldes, matrices,... no están en condiciones de funcionamiento.
- Algunas partes que no se necesitan se llevan cuando la máquina todavía no está funcionando.
- Faltan tornillos y algunas herramientas no aparecen cuando se necesitan durante el cambio.
- El número de ajustes es muy elevado y no existe un criterio en su definición.

El SMED, asociado al proceso de mejora continua, va a tratar de eliminar todos estos desperdicios.

Para entender la importancia de esta técnica con un ejemplo sencillo podemos plantearnos que, en nuestro caso y como conductores, cambiar una rueda de nuestro vehículo en 15 minutos es aceptable, sin embargo



la elevada competencia y la continua pugna por el ahorro de tiempos ha llevado a los preparadores de Fórmula 1 a hacer ese cambio en 4 segundos.



Como caso genérico partiremos de la base de que con esta técnica puede reducirse el tiempo de cambio un 50% sin inversiones importantes.

Para ello Shigeo Shingo en 1950 descubrió que había dos tipos de operaciones al estudiar el tiempo de cambio en una prensa de 800 tns:

— **Operaciones Internas:** aquellas que deben realizarse con la máquina parada.

— **Operaciones Externas:** pueden realizarse con la máquina en marcha.

El objetivo es analizar todas estas operaciones, clasificarlas, y ver la forma de pasar operaciones internas a externas, estudiando también la forma de acortar las operaciones internas con la menor inversión posible.

Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas. El objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, de tal forma que se vaya perfeccionando el método y forme parte del proceso de mejora continua de la empresa.

La aplicación de sistemas de cambio rápido de utilaje se convierte en una técnica de carácter obligado en aquellas empresas que fabriquen series cortas y con gran diversidad de referencias. Tradicionalmente el tamaño de los lotes ha sido el siguiente.

— Lote pequeño: 500 piezas o menos.

— Lote medio: 501-5000 piezas.

— Lote grande: Más de 5000 piezas.

Actualmente se exigen lotes pequeños y la frecuencia de entregas es menor.

En ocasiones se produce en exceso para evitar defectuosos, aumentando los inventarios.

**Etapas conceptuales:**

La implantación del proyecto SMED consta de cuatro etapas.

Etapa preliminar

Estudio de la operación de cambio

Primera etapa

Separar tareas internas y externas

Segunda etapa

Convertir tareas internas en externas

Tercera etapa

Perfeccionar las tareas internas y externas

2.2.2 PRODUCCIÓN CONTINUA

Son aquellos procesos que producen sin pausa alguna y sin transición entre operación y operación. Son procesos que realizan un sólo producto totalmente estandarizado. Un típico caso es la producción de gasóleos, energía eléctrica, ciertos productos químicos, fabricantes de papel, celulosa, fabricación de acero, etc.

El plan de producción se elabora generalmente para períodos de un año, con subdivisiones mensuales. El éxito de dicho sistema depende totalmente del plan detallado de producción, que debe realizarse antes de que se inicie la producción de un nuevo producto. En cuanto al aspecto físico del sistema se caracteriza por máquinas y herramientas altamente especializadas, dispuestas en formación lineal y secuencial.

Algunas de las características de este tipo de producción se resumen en los siguientes puntos:

- Produce grandes volúmenes.
- Su orientación es hacia el producto, ya sea desde el punto de vista del diseño, como el hecho de que la cantidad elaborada de cada producto es muy levada con relación a la variedad de productos.
- Cada producto es procesado a través de un método idéntico o casi idéntico.
- Los equipos son dispuestos en línea, con excepción a veces en las etapas iniciales. El ruteo es el mismo para cada producto procesado.
- El grado de automatización y mecanización es alto.
- Los inventarios predominantes son de materia prima y producto elaborado, dado que los de material en proceso suelen ser mínimos.
- El planeamiento y el control de la producción se basan, en información relativa al uso de la capacidad instalada y al flujo de los materiales de un lugar a otro.
- Las actividades logísticas de mantenimiento de planta y distribución física del producto adquieren una importancia decisiva.

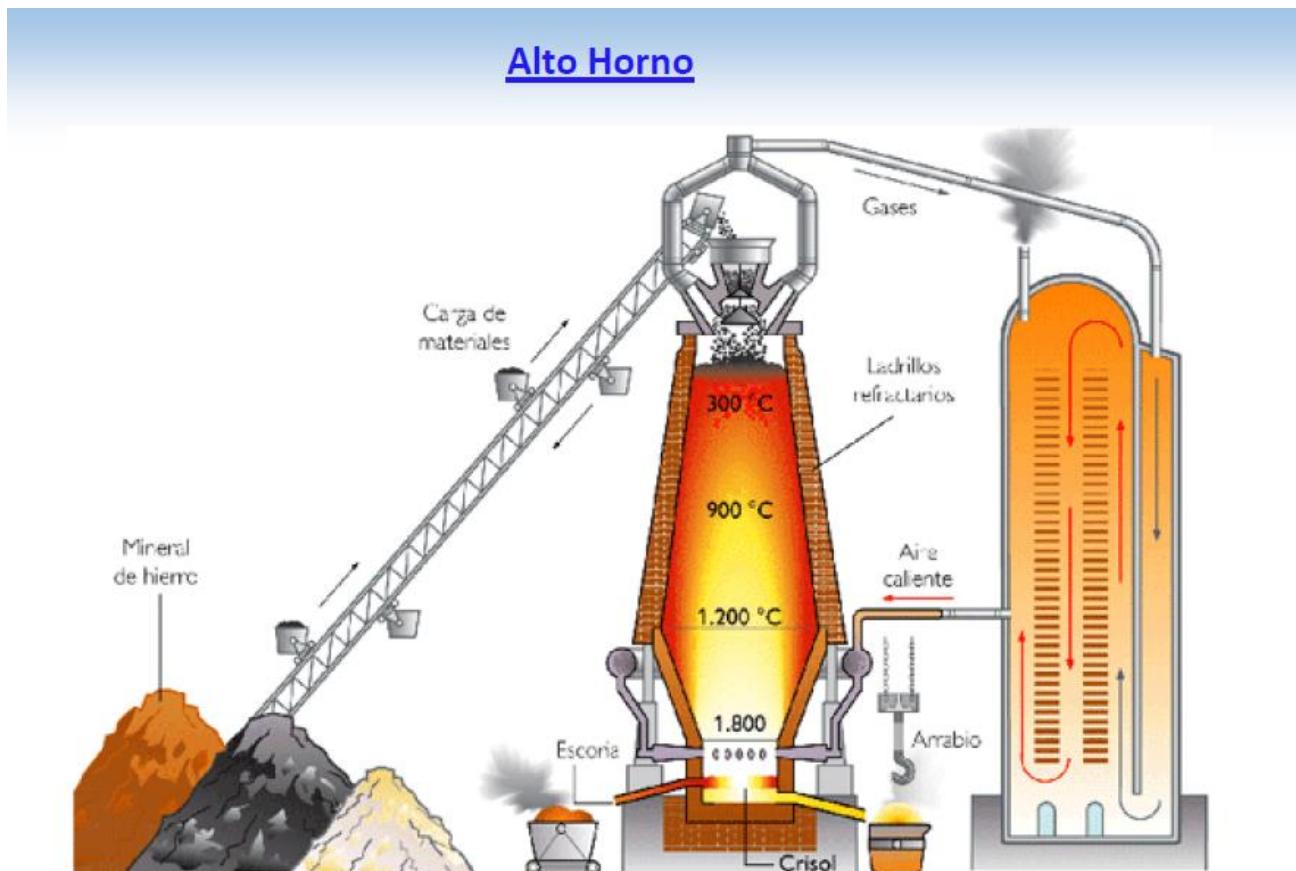
Este proceso es seguido en la mayoría de las industrias de petróleo, gas y petroquímica, y en otras industrias como la industria del vidrio flotado, donde el vidrio de diferentes espesores se transforma de manera continua.

Las diferencias entre este sistema de producción y la producción en masa continua se encuentran en que mediante este proceso es posible obtener una gama (variedad) menor de productos que mediante la producción en masa. El volumen de producción puede ser mayor, generalmente de materiales. El grado de mecanización y automatización es mayor en el continuo por lo que habrá menos mano de obra directa, se

puede decir que en los procesos continuos hay sustitución de mano de obra por maquinaria. En los procesos continuos existen elevados costes de parada y arranque. Podemos distinguir además, que en los procesos continuos la mano de obra directa es más reducida por lo que es probable la contratación de algunos obreros cualificados. La interconexión entre los procesos es máxima. En un proceso continuo se diseña el proceso para que cada actividad esté relacionada con la anterior.

Las ventajas de la institución efectiva de las técnicas de producción continua son las siguientes:

1. Se reduce el contenido de mano de obra directa.
 2. Suponiendo el correcto diseño del producto, la reproducibilidad, y por lo tanto la exactitud y precisión son altas.
 3. Como la inspección se realiza en la línea, las desviaciones de las normas se detectan rápidamente.
 4. Como no hay periodo de reposo entre operaciones, el trabajo en proceso se mantiene al mínimo.
 5. Resulta innecesaria la provisión de almacenes para el trabajo en proceso, minimizándose el espacio total de almacenaje.
 6. Se reduce el manejo de materiales.
 7. Se simplifica el control, siendo prácticamente autocontrolada la línea de flujo.
 8. Se detecta inmediatamente cualquier deficiencia en los materiales y en los métodos.
 9. Los requerimientos de materiales se pueden planear con más exactitud.
 10. La inversión en materiales puede traducirse más rápidamente en ingresos por ventas.





2.2.3 PUESTO FIJO

En este tipo de sistemas se encuadran los productos de grandes dimensiones, que no pueden avanzar de un puesto a otro, sino que materiales, medios de elaboración y mano de obra confluyen al producto en sí. Es el caso de la producción de aviones, barcos, grandes motores y obra civil





El correcto funcionamiento de estos sistemas se basa en la planificación de cada etapa y en la correcta disposición de máquinas, equipos y mano de obra



3. Unidad temática: ESTUDIO DE MÉTODOS

3.1 INTRODUCCIÓN

3.1.2 SISTEMA LABORAL

Un sistema es un conjunto de elementos cuyas relaciones recíprocas sirven a un fin determinado. Podemos diferenciar:

- Sistemas técnicos (Sistemas de máquinas)
- Sistemas sociales (Sistemas de personas)
- Sistemas sociotécnicos (Sistemas hombre-máquina)

En el estudio del trabajo se tratan casi exclusivamente los sistemas sociotécnicos.

Los sistemas laborales sirven para el cumplimiento de las tareas laborales; hombres y medios de elaboración actúan conjuntamente con el caudal de entrada y bajo las influencias recíprocas del medio ambiente.

Los sistemas laborales pueden ser descriptos con ayuda de los siete conceptos sig.:

1) Tarea laboral

Es lo que define al Sistema, indica la acción y el trabajo a realizar.

Debe ser inequívoca y precisa (bobinar motor aaa-xxx; inyectar pieza zzzzz, estampar lateral yyyy)

Al definir la Tarea Laboral se define todo el entorno.

2) Caudal de Entrada

Es todo aquello que no pertenece al Sistema y que debe ingresar al mismo para cumplir con la Tarea Laboral (materiales, planos, herramientas, etc)

3) Hombre

Es la parte social del Sistema

Utiliza el Caudal de Entrada, a través del Proceso de Trabajo y conjuntamente con el Medio de Elaboración, para cumplir con la Tarea Laboral

4) Medio de Elaboración

Es la parte técnica del Sistema.

Interactúa con el Hombre, a través del Proceso de Trabajo y utilizando el Caudal de Entrada, para cumplir con la Tarea laboral

5) Proceso de Trabajo

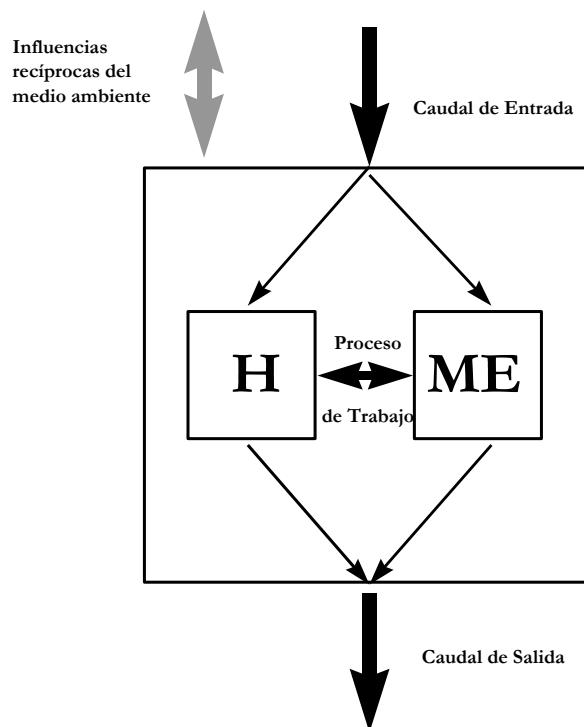
Son todas las acciones que realiza el Hombre con el Medio de Elaboración, utilizando el Caudal de Entrada, para cumplir con la Tarea Laboral.

6) Caudal de Salida

Es todo aquello, que no pertenece al Sistema y que abandona el mismo una vez concluida la Tarea Laboral.

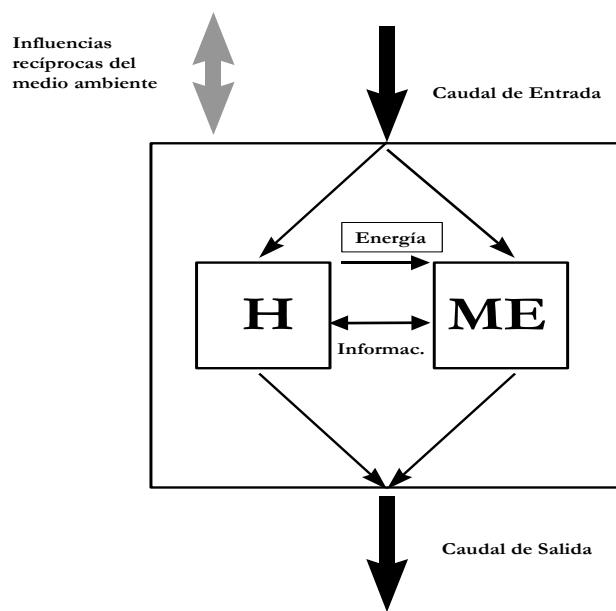
7) Influencias recíprocas del medio ambiente

Son todas aquellas cosas del entorno que, originadas o no por la Tarea Laboral influyen en el sistema (Ruido, calor, vibraciones, cuestiones sociales, etc.)

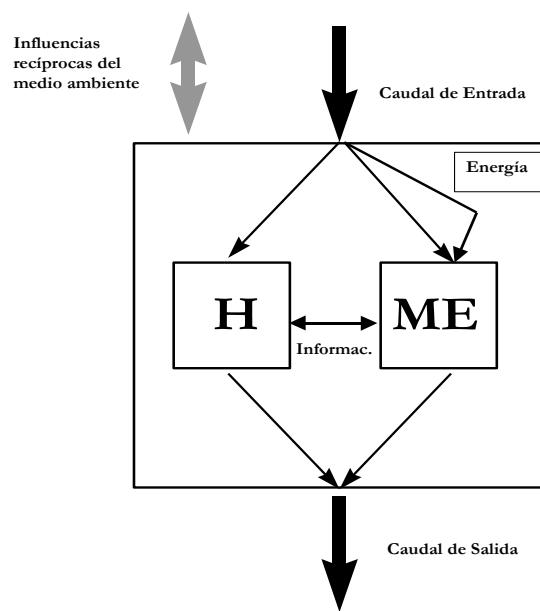


3.1.2.1 DISTINTOS TIPOS DE SISTEMAS

TRABAJO MANUAL



TRABAJO MECANIZADO





3.2 DEFINICIÓN

El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras.

Cabe afirmar que prácticamente toda actividad efectuada en un entorno de trabajo puede ser objeto de una investigación con miras a mejorar la manera en que se realiza. Ese argumento colocaría sobre las espaldas del especialista en el estudio del trabajo una carga ilimitada, que en parte podría no resultar muy productiva. Sin embargo, concentrando la atención en algunas operaciones esenciales, un especialista en el estudio del trabajo puede conseguir resultados de gran alcance en un período relativamente breve de tiempo. Son tres los factores que se deben tener presentes al elegir una tarea:

- 1) consideraciones económicas o de eficiencia en función de los costos;
- 2) consideraciones técnicas;
- 3) consideraciones humanas.

1) **Consideraciones económicas:** constituye obviamente una pérdida de tiempo comenzar o proseguir una larga investigación si la importancia económica de un trabajo es reducida, o si no se espera que dure mucho tiempo. Es preciso hacerse siempre preguntas como las siguientes: «¿Compensará empezar un estudio de los métodos con respecto a este cometido?» o «¿Compensará continuar este estudio?».

Entre otras opciones evidentes del estudio cabe mencionar las siguientes:

A. Operaciones esenciales generadoras de beneficios o costosas, u operaciones con los máximos índices de desechos.

B. Estrangulamientos que están entorpeciendo las actividades de producción u operaciones largas que requieren mucho tiempo.

C. Actividades que entrañan un trabajo repetitivo con un gran empleo de mano de obra o actividades que es probable duren mucho tiempo.

D. Movimientos de materiales que recorren largas distancias entre los lugares de trabajo o que entrañan la utilización de una proporción relativamente grande de mano de obra o requieren una manipulación repetida del material.

Una de las técnicas más fáciles que se pueden emplear para poner al descubierto las actividades esenciales enumeradas en A *supra* es el análisis de Pareto (al que algunas veces se hace referencia como «el análisis ABC del análisis del valor»). El nombre de este análisis se deriva de un economista italiano que



advirtió que a menudo un pequeño número de partidas de un conjunto de productos representa el máximo valor. La misma observación se puede ampliar diciendo que entre todas las actividades que se realizan en una fábrica determinada, un pequeño número representa la mayor parte del costo o del beneficio, o el mayor porcentaje de desechos.

se puede llevar a cabo para determinar «los productos o procesos más costosos» o «los productos o procesos que producen los máximos desechos». Estos pasarían a ser una prioridad para la labor del especialista en el estudio del trabajo.

2) Consideraciones técnicas o tecnológicas: una de las consideraciones importantes es el deseo de la dirección de adquirir una tecnología más avanzada, sea en equipo o en procedimientos. En este sentido, es posible que la dirección desee computadorizar su trabajo de oficina o su sistema de inventarios, o introducir la automatización en las actividades de producción. Antes de adoptar esas medidas, el estudio de los métodos puede señalar las necesidades más importantes de la empresa a este respecto. Por ejemplo, si el trabajo burocrático deja mucho que desear y existen procedimientos o información en gran parte innecesarios o injustificados, la computadorización del mismo método de trabajo no mejorará mucho la eficiencia de la oficina. Una expresión común utilizada por los especialistas en sistemas de información en este caso es «la entrada de material inútil produce una salida de material inútil». Lo único que cambia en este caso como resultado de la computadorización es que la misma información innecesaria se producirá a un ritmo superior. Por otro lado, si la computadorización va precedida de un estudio de los métodos, el proceso se simplifica a priori. El tipo de información necesaria se determina más claramente e incluso las decisiones sobre la elección del material físico y de los programas son más racionales. El estudio de los métodos actúa, por consiguiente, como una actividad de exploración antes de la introducción de una tecnología más avanzada. La introducción de nueva tecnología debería constituir, por lo tanto, un factor importante en la elección de los métodos de trabajo que se han de investigar.

3) Consideraciones humanas: ciertas actividades causan frecuentemente la insatisfacción de los trabajadores. Pueden provocar fatiga o monotonía o resultar poco seguras o desatinadas. El nivel de satisfacción debe apuntar a una necesidad del estudio de los métodos. Por ejemplo, una actividad que puede ser percibida como eficaz por la dirección puede crear, por otra parte, un gran resentimiento en los trabajadores. Si los especialistas en el estudio del trabajo analizan esas actividades como parte de un programa global de estudio del trabajo, las ventajas que éste aporta resultarán más patentes para los trabajadores.



3.3 METODOLOGÍA

La metodología a emplear es la siguiente:

1. Seleccionar
2. Registrar
3. Examinar
4. Idear
5. Definir
6. Implementar
7. Mantener en uso

3.3.1 SELECCIONAR

Seleccionar la planta, línea o puesto de trabajo, teniendo en cuenta las consideraciones Económicas, Técnicas o Humanas.

3.3.2 REGISTRAR

Después de seleccionar el sistema que se va a estudiar, la siguiente etapa es **registrar** todos los hechos relativos al método existente.

El éxito del procedimiento depende del grado de exactitud con que se registren los hechos, puesto que servirán de base para hacer el examen crítico y para idear el método perfeccionado.

Por consiguiente es esencial que las anotaciones sean clara y concisas.

Para ello se utilizan planillas en las que se diferencian cinco grandes actividades



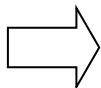
OPERACIÓN

Indica las principales fases de proceso, método o procedimiento. Por común, la pieza, materia o producto del caso se modifica o cambia durante la operación



INSPECCIÓN

Indica la inspección de la calidad y/o la verificación de la cantidad



TRANSPORTE

Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipos de un lugar a otro



D

DEMORA

Indica demora en el desarrollo de los hechos,: por ejemplo, trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas, o abandono momentáneo, no registrado, de cualquier objeto hasta que se necesite



ALMACENAMIENTO

Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se lo recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia

De todas estas actividades la única que **agrega valor** es la Operación, todo el resto **agrega costo**
Se pueden tener también actividades combinadas
Por ej.:



Operación y Control simultáneo



Operación y Transporte

3.3.3 EXAMINAR

La técnica del interrogatorio es el medio de efectuar el examen crítico sometiendo sucesivamente cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas

Las preguntas preliminares

Se hacen en un orden bien determinando para averiguar:

El PROPÓSIRO	con que	{ } se emprenden las actividades
El LUGAR	donde	
La SUCESIÓN	en que	
La PERSONA	por la que	
Los MEDIOS	por los que	
Con el objeto de	{ ELIMINAR COMBINAR REORDENAR o SIMPLIFICAR}	dichas actividades

En la primera etapa del interrogatorio se pone en tela de juicio, sistemáticamente y con respecto a cada actividad registrada, el propósito, lugar, sucesión, persona y medios de elaboración y se le busca



justificación a cada respuesta.

Las pregunta preliminares serán pues:

PROPOSITO: **¿Qué** se hace en realidad?
 ¿Por qué hay que hacerlo? }
 ELIMINAR partes innecesarias
 Del trabajo

LUGAR: **¿Dónde** se hace en realidad?
 ¿Por qué se hace allí?

SUCESIÓN: **¿Cuándo** de hace?
 ¿Por qué se hacen ese momento? }
 COMBINAR siempre que sea posible
 o REORDENAR la sucesión de
 operaciones

PERSONA: **¿Quién** lo hace?
 ¿Por qué lo hace esa persona? }

MEDIOS: **¿Cómo** se hace?
 ¿Por qué se hace de ese modo? }
 SIMPLIFICAR la operación

Las preguntas de fondo

Son la segunda fase del interrogatorio: prolongan y detallan las preguntas preliminares para determinar si. A fin de mejorar el método empleado, sería factible reemplazar por otro el lugar, la sucesión, la persona y/o los medios

PROPOSITO: **¿Qué** se hace?
 ¿Por qué se hace?
 ¿Qué otra cosa podría hacerse?
 ¿Qué debería hacerse?

LUGAR: **¿Dónde** se hace?
 ¿Por qué se hace allí?
 ¿En qué otro lugar podría hacerse?
 ¿Dónde debería hacerse?

SUCESIÓN: **¿Cuándo** se hace?
 ¿Por qué se hace entonces?
 ¿Cuándo podría hacerse?
 ¿Cuándo debería hacerse?

PERSONA: **¿Quién** lo hace?
 ¿Por qué lo hace **esa** persona?
 ¿Qué otra persona podría hacerlo?
 ¿Quién debería hacerlo?

MEDIOS: **¿Cómo** se hace?
 ¿Por qué se hace de **ese** modo?



¿De qué **otro** modo podría hacerse?
¿Cómo **debería** hacerse?

Estas preguntas, en ese orden, deben hacerse sistemáticamente cada vez que se empieza un Estudio de Métodos, porque son la condición básica de un buen resultado.

3.3.4 IDEAR

En este punto es donde comienza la creatividad.

Una vez concluida la etapa de Examinar y con toda la información disponible, se hace necesario buscar alternativas para mejorar el Sistema.

Para ello debe analizarse cada punto (Propósito, lugar, sucesión, persona y medios) y proponer alternativas de mejora.

Una herramienta muy usada y de gran eficacia es la técnica de “Brainstorming” o Tormenta de Ideas.

Esta técnica tiene reglas claras de funcionamiento y deben respetarse si se quieren alcanzar buenos resultados.

- Debe haber un moderador, cuya función es mantener el grupo activo, hacer cumplir las reglas y ordenar el intercambio de opiniones.
- El grupo debe ser multidisciplinario. Las personas que pertenecen al entorno del sistema en estudio, suelen estar acostumbradas a la situación actual y verán, casi siempre, que lo que se tiene hoy, es lo mejor que puede hacerse. La participación de gente ajena al sector y al entorno (por ej. Personal de compras interactuando en un análisis de un sistema productivo), suele ser enriquecedora, porque tienen una visión no “contaminada”.
- Está prohibido criticar, menospreciar, burlarse o menoscabar cualquier propuesta o idea.
- No es recomendable que participen personas de distinto nivel jerárquico.
- Las propuestas no tienen límite.

El objetivo es generar la mayor cantidad posible de alternativas para cada ítem.

3.3.5 DEFINIR

Una vez reunido una cantidad de propuestas, se deben ordenar y generar alternativas para alcanzar los objetivos iniciales.

Es deseable tener varias alternativas para analizar.

Por lo general no existe la solución ideal, pero si pueden tenerse distintas posibilidades de alcanzar los resultados deseados.

La alternativa a seleccionar debe ser aquella que tenga la mejor combinación entre lo humano, lo técnico, lo económico y lo financiero.

Es conveniente realizar matrices de ponderación, que ordenan las prioridades y facilitan la toma de decisiones.

Por ejemplo:



Item	Ponderación	Propuesta A		Propuesta B		Propuesta C	
		Puntos	Resultado	Puntos	Resultado	Puntos	Resultado
Mejora Productividad	8	9	72	5	40	7	56
Reducción Costos	7	5	35	5	35	6	42
Flexibil. mano de obra	5	5	25	5	25	5	25
Reducción scrap	8	5	40	5	40	5	40
Mejora calidad	10	5	50	5	50	9	90
Resultado Final			222			190	253

Debería elegirse la propuesta C

3.3.6 IMPLEMENTAR

Finalizada la parte teórica, comienza la tarea de volcar a la práctica la propuesta elegida.

En este punto es de gran importancia la “forma”.

Si los involucrados en el Sistema Laboral no son tomados en cuenta y no están convencidos de las mejoras del método de trabajo, será muy difícil, o por lo menos traumático, implementar la propuesta.

Siempre que sea posible, es conveniente que integrantes del Sistema en cuestión participen en el grupo de trabajo.

Si se tiene en cuenta que los trabajadores realizan sus tareas todos los días, 8 horas por día y 5 días por semana, se tendrá en ellos una fuente de información muy valiosa y un gran apoyo a la hora de implementar las mejoras.

Estas consideraciones son válidas en aquellos Sistemas donde la mano de obra tiene verdadera gravitación.

3.3.7 MANTENER EN USO

Una vez implementadas las mejoras, es necesario controlar la evolución del Sistema.

Puede suceder que, ante una pobre implementación, las personas vuelvan a los métodos antiguos, o que las propuestas no alcancen los objetivos planteados.

Muchas veces hacen falta ajustes progresivos para alcanzar las metas propuestas.

En aquellos Sistemas donde la influencia de la mano de obra es importante, hay que tener en cuenta que las personas tienden a ofrecer cierta resistencia a los cambios. Puede ser por costumbre (siempre se hizo así), por orgullo o por comodidad,

Cuando los cambios son mayoritariamente tecnológicos, se debe poner el acento en los sistemas de monitoreo y control.



4. Unidad Temática : ERGONOMIA

La ergonomía proviene del griego "ergon" = trabajo, "nomos" = doctrina

Definición:

La ergonomía es un parte de la ciencia del trabajo. Con la utilización de conocimientos anatómicos, fisiológicos, psicológicos, sociológicos y técnicos desarrolla métodos para determinar los límites para el hombre para soportar y llevar a cabo tareas laborales. La misma se ocupa de la determinación de bases para la conformación humana del trabajo.

Se basa en la investigación de las peculiaridades y capacidades del organismo humano y crea con ello las condiciones previas para la adaptación del trabajo al hombre así como del hombre al trabajo.

Esta adaptación o adecuación yace tanto en el terreno de la conformación física de los puestos de trabajo, de la limitación de un grado tolerable de la solicitud ocasionada por el trabajo y de la conformación de las influencias recíprocas del medio ambiente, como también en la aspiración a lograr una utilización económica y rentable de las capacidades humanas.

Es, en pocas palabras, la ciencia del trabajo humano, y permite la adaptación del trabajo al hombre y del hombre al trabajo.

El principio de la división del trabajo conduce a que el hombre tenga que ejecutar un proceso de trabajo menos amplio en régimen de continua repetición.

Como la solicitud del hombre está determinado no sólo por el grado de la carga, sino también, con la frecuencia con que se presenta esta carga en el transcurso de un turno de trabajo, pueden producirse, como consecuencia del incremento del rendimiento, solicitudes unilaterales del hombre.

Para la ergonomía, desde este hecho, se deduce la necesidad de determinar el grado admisible de la carga en dependencia de la frecuencia de su aparición y de su duración.

Es tarea de la ergonomía determinar la solicitud a la que está expuesto el hombre bajo estas circunstancias y como pueden emplearse de la mejor manera sus idoneidades.



4.2 SISTEMA LABORAL

Recordando que:

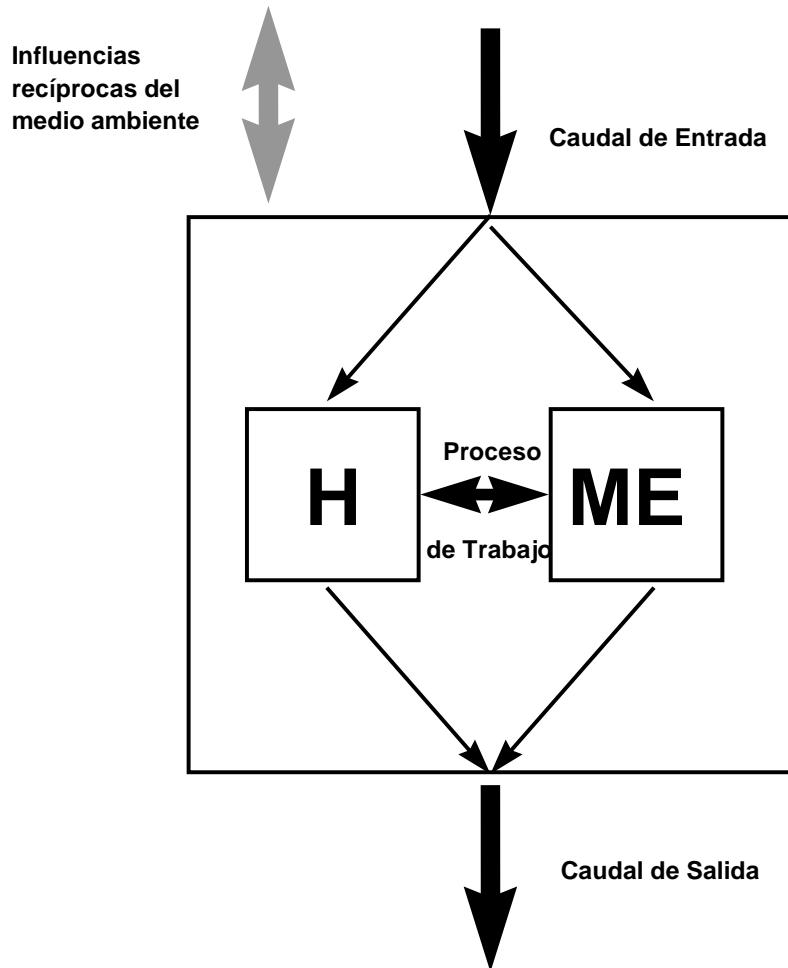


Fig. 1 - Sistema Laboral

4.2.1 SISTEMA HOMBRE-MAQUINA

El sistema laboral puede ser considerado como un circuito de regulación en el que se intercambian señales o informaciones entre el hombre y los medios de información, señales con ayuda p. ej. se gobierna el flujo de energía en la máquina. En la Fig. 2 se expone el sistema de trabajo como circuito de regulación hombre-máquina.

Con la ayuda de sus órganos sensoriales (en especial la vista y el oído) sigue el hombre el proceso de trabajo, compara en caso dado lo percibido con los valores previstos o de experiencia, almacenados en su memoria, y deriva de ello la decisión sobre las acciones necesarias

De esta manera le es posible alcanzar el resultado laboral esperado y compensar las perturbaciones externas del trabajo.

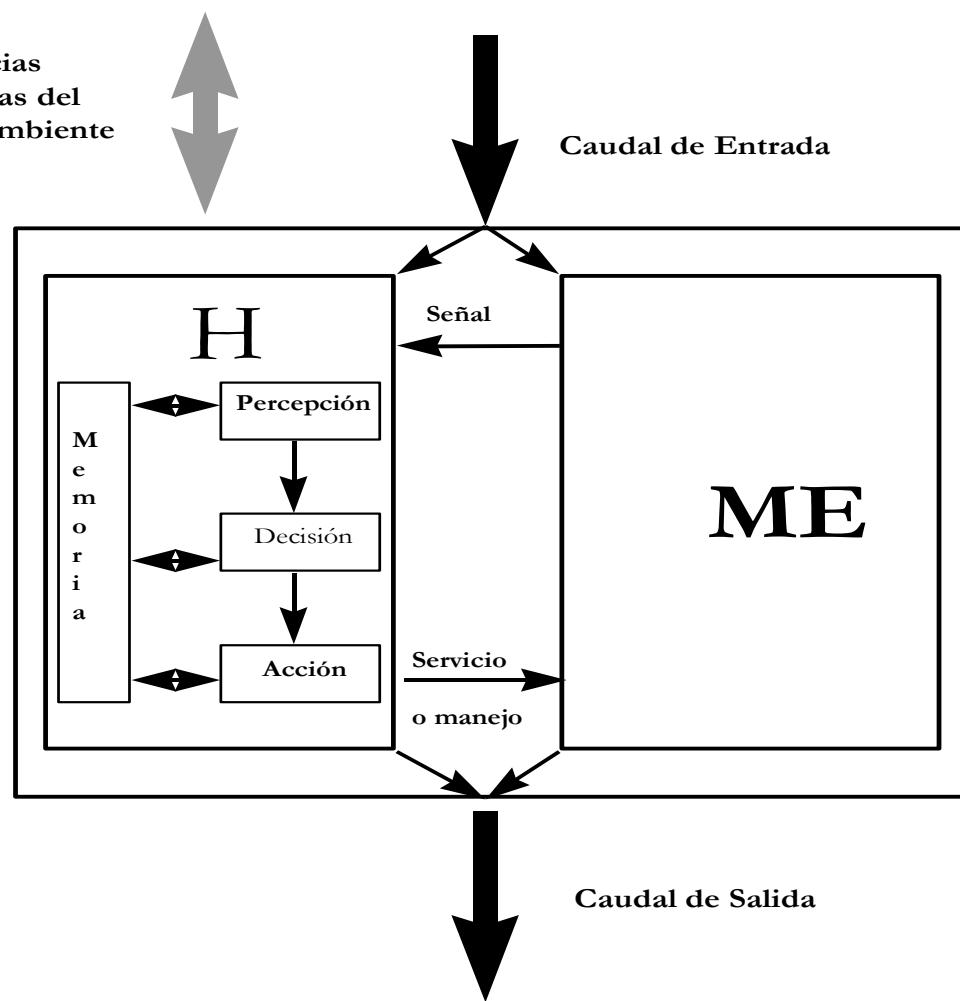


Fig.2 - El sistema laboral como circuito de regulación "hombre-máquina"

El esquema expuesto puede ser aplicado a toda la amplia gama del trabajo humano, a saber:

1) El trabajo corporal, esto es la producción o elaboración de objetos con ayuda de energía e información (P. ej. torneado de un bulón en un torno según datos proporcionados por un plano)

2) El trabajo intelectual, esto es la producción de información por medio del empleo y el enlace de otras informaciones (p. ej. elaboración de un plan de fabricación en la preparación del trabajo).

Dicho en términos generales, todo trabajo consiste en el transporte o elaboración de objetos a elaborar, y con ello en la transformación de energía. Sin embargo el efecto operativo de la energía ha de ser por ej. puesta en marcha, gobernado, frenado o desconectado. Todo ello ocurre por medio de señales, esto es por la transmisión de informaciones. Estas dos partes integrantes del trabajo pueden ser repartidas entre el hombre y la máquina de muy diversa manera.



4.3. TRABAJO Y RENDIMIENTO

Trabajo, en el sentido de la Ergonomía, es la totalidad de energía e información que es transformada o elaborada por el hombre durante el cumplimiento de las tareas laborales

Todo tipo de ocupación con el trabajo humano tiene que partir de la pregunta de lo que el hombre quiere alcanzar en rigor cuando trabaja. Si al plantear esta pregunta se parte de presupuestos falsos, quedará expuesto de antemano en tela de juicio el éxito de las medidas de racionalización.

El comportamiento del ser humano en la empresa, su trabajo y su rendimiento, no están siempre dirigidos en forma directa a resolver la tarea propuesta, sino que están determinados también por otras aspiraciones o tendencias. Ello explica la aparición de algunas formas de comportamiento que se presentan en un primer momento como incomprensibles. Las motivaciones humanas pueden influir en el resultado del trabajo en un sentido favorable, pero también en un sentido desfavorable.

4.3.1 Efectividad Ofrecida y Requerimiento

Un primer requisito para que se produzca un rendimiento cualquiera es la existencia de una correspondiente oferta de efectividad por parte del hombre. Pero la efectividad ofrecida por el hombre sólo puede ser transformada en auténtico rendimiento en la medida en que se alcen frente a ella requerimientos o una tarea laboral. Por otra parte, una tarea solamente podrá ser cumplida en la medida en que se alcance para ello la oferta de efectividad. Cuanto más armonicen y se correspondan entre sí la oferta y el requerimiento, tanto cuantitativa como cualitativamente, tanto mayor será la idoneidad del trabajador para la tarea correspondiente.

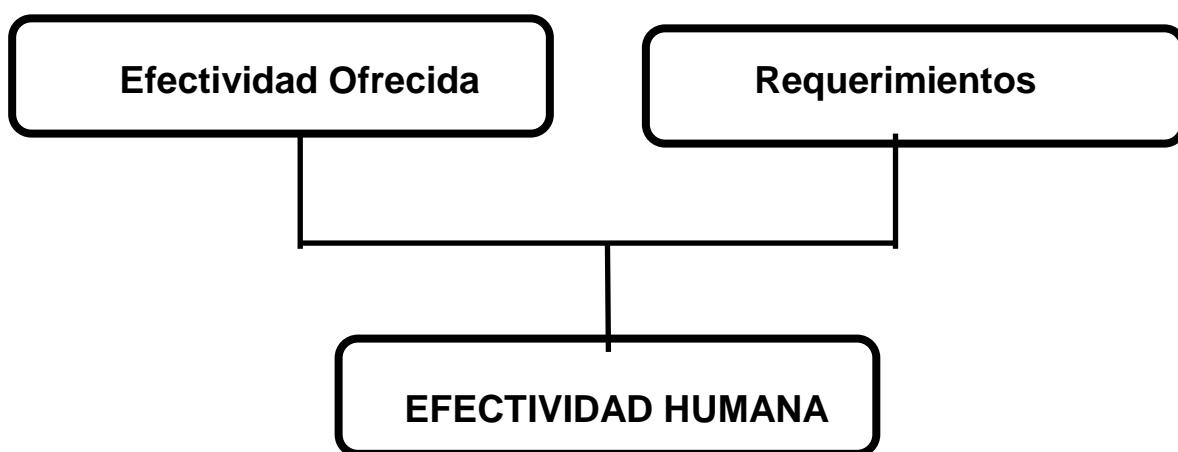


Fig. 4 - Efectividad humana

Asimismo podemos analizar más profundamente la "Efectividad ofrecida", con lo cual tendremos tres componentes básicos de la misma.

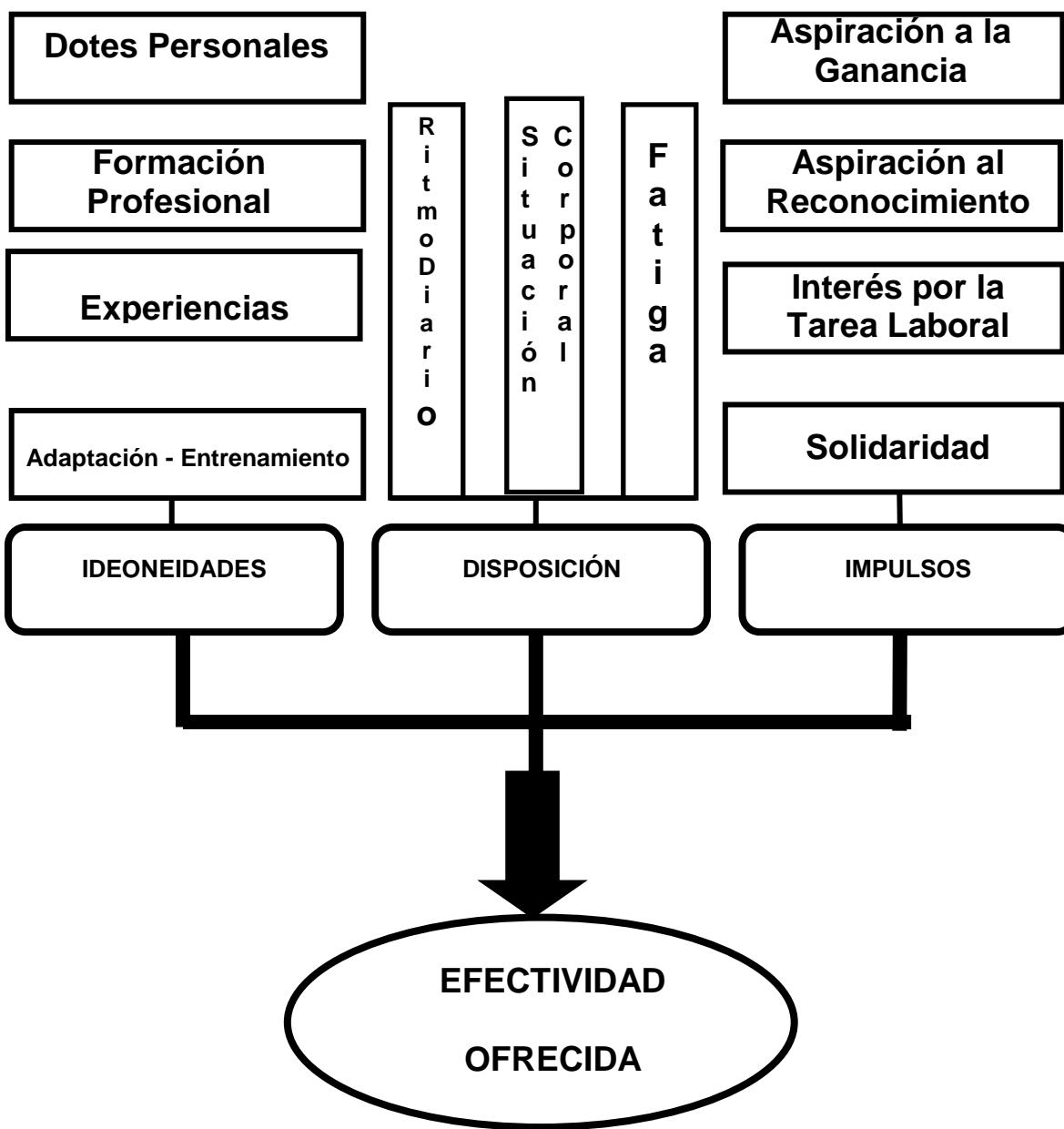


Fig.5 - Idoneidades, disposición e impulsos como fundamento de la efectividad ofrecida



4.3.1.1 MODIFICACION EN EL TIEMPO DE LA EFECTIVIDAD OFRECIDA

El rendimiento o efectividad crece con la frecuente repetición del trabajo y como consecuencia del llamado efecto de ejercitación; pero puede también reducirse si se presenta la fatiga y no existe ningún estímulo para compensarla por medio de un redoblado esfuerzo de la voluntad.

Por último existe también un mecanismo de regulación autónomo, esto es no dependiente de la voluntad, que conecta las funciones corporales del hombre con regularidad en el decurso de la jornada de una "Fase de trabajo" a una "Pausa de descanso", y ello incluso cuando no se está realizando ningún trabajo. Si se lanza una ojeada sobre toda la vida de trabajo humana, se percibirá claramente determinadas modificaciones características del rendimiento o efectividad.

Debido a estos diversos fenómenos, el hombre está en condiciones de adaptarse - de forma consciente o inconsciente - a determinadas situaciones, de producir rendimientos de manera más económica y protegerse de una fatiga excesiva.

4.3.1.1.1 EJERCITACION

Al ejecutar repetidamente los mismos o parecidos trabajos bajo condiciones de trabajo constantes, se alcanza una mejora del rendimiento, que puede expresarse en una disminución del esfuerzo del trabajador, en una reducción del tiempo necesario para el trabajo y en una mejora de la calidad.

Este hecho de la mejora del rendimiento por medio de repetición es designado con el término de ejercitación.

Se presenta con independencia de la formación profesional.

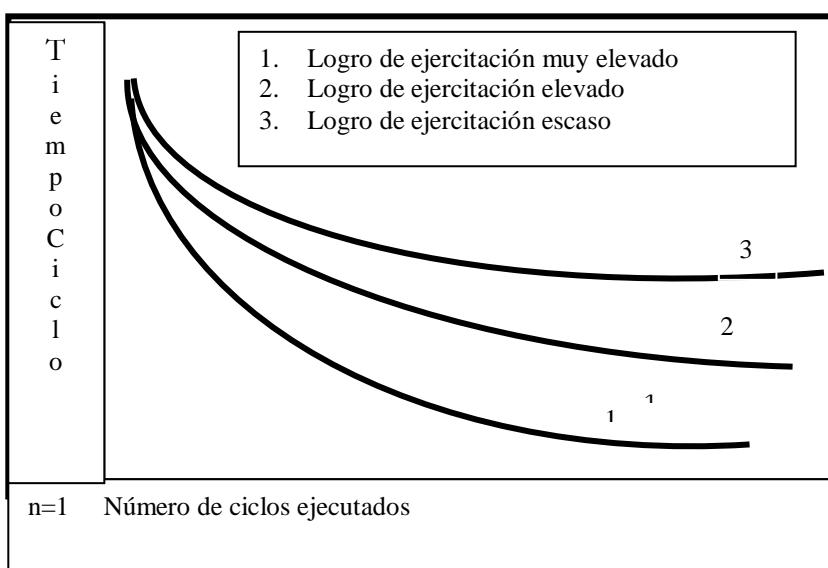


Fig. 6 - Curva de ejercitación



4.3.1.1.2 FATIGA

La fatiga y el descanso son fenómenos periódicos en todo organismo vivo. La fatiga es una pérdida de la capacidad de rendimiento, que es compensado de nuevo mediante el descanso suficiente. Esto rige por una parte para la **Fatiga Biológica**, que se presenta con independencia de si el humano trabaja o no.

Pero rige igualmente para la **Fatiga Laboral**, debida a un desgaste de fuerzas condicionado por el trabajo. La fatiga no es por lo tanto un estado dañino al organismo; solo se convierte en ello cuando, pasa a ser un cansancio general excesivo o, en un caso extremo, agotamiento.

La fatiga laboral habrá de ser compensada mediante descanso durante el turno de trabajo de tal manera, que a la larga no padecan daños ni la capacidad de rendimiento ni la salud del trabajador. Por ello es preciso tener en consideración los necesarios tiempos de descanso.

Pero la efectividad ofrecida se reduce también cuando se debilitan los impulsos o estímulos, esto es cuando el requerimiento de la efectividad dirigido al trabajador no afecta a éste, cuando se tiene miedo, está malhumorado o desinteresado.

Este estado se manifiesta al trabajador en fenómenos semejantes a los que traen consigo el desgaste creciente de las fuerzas y la fatiga creciente del cuerpo y de los sentidos. Esto es en sensaciones de agotamiento y de tensión, en pérdida de la atención, incluso en dolores corporales producidos por la fatiga excesiva.

Pero en realidad se trata de una **Fatiga de los Impulsos**.

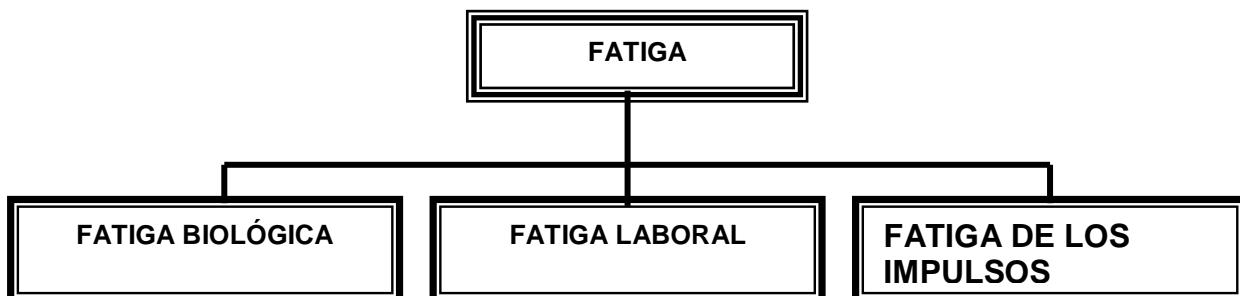
Esta fatiga es frecuentemente el motivo para un descenso del nivel de rendimiento, sin que una atrofia de las aptitudes justifique este descenso del rendimiento.

De todas formas, la **Fatiga Laboral y la Fatiga de los Impulsos** se presentan casi siempre juntas y no pueden ser claramente delimitadas entre si.

La **Fatiga Laboral** se evidencia principalmente en la creciente inseguridad de las manipulaciones, en el cambio de postura corporal, en un esfuerzo visiblemente creciente, en la prolongación y la mayor frecuencias de pausas de recuperación, en la tendencia de ejecutar movimientos de compensación, en un trabajo crispado o presuroso, en la aparición de errores y por último en la sensación de una creciente inseguridad.

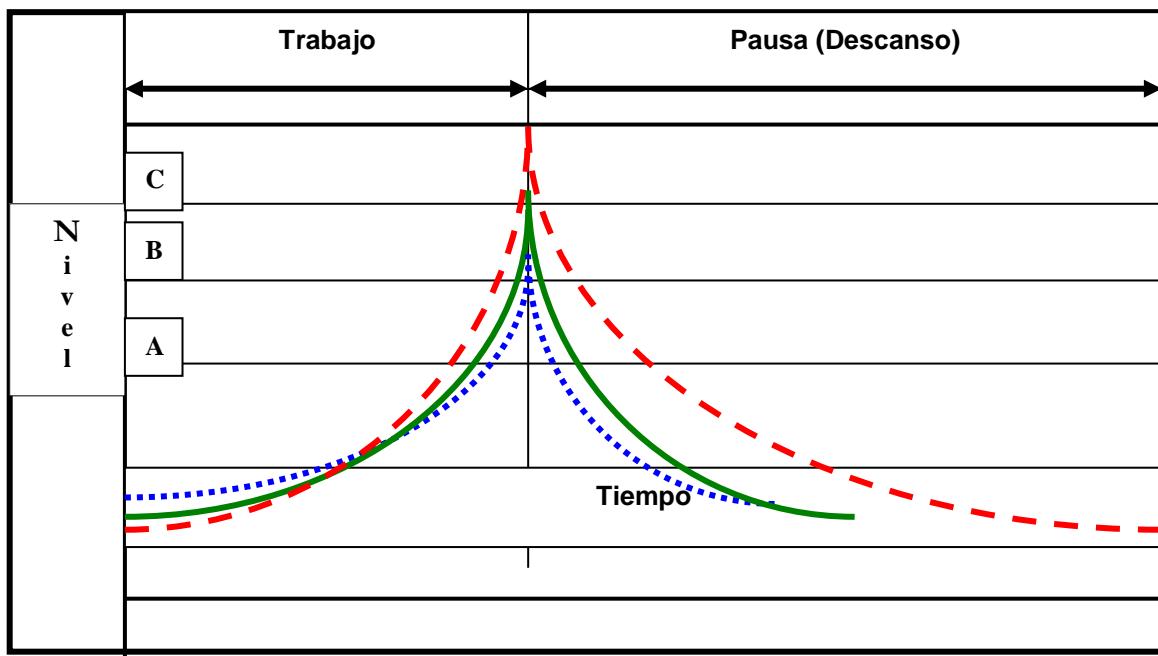
La **Fatiga de los Impulsos** conduce a una debilidad del interés, al surgimiento del hastío o de aburrimiento, un frecuente mirar la hora, a la tendencia a la distracción y al mal humor, a un trato rudo con las máquinas, los aparatos, las piezas y los colegas.

La composición de la fatiga arroja el siguiente cuadro:



Según Rohmert la fatiga laboral se acrecienta con la duración y la dificultad de la solicitud; el descanso hace desaparecer la fatiga con mayor fuerza al principio, y después de forma cada vez más débil.

Por ello mismo, en un cambio alternativo entre solicitud y descanso, como se presenta en muchos trabajos, la fatiga laboral al término del turno de trabajo depende de la intensidad de la solicitud, así como de la duración y frecuencia de las etapas de solicitud y de descanso.

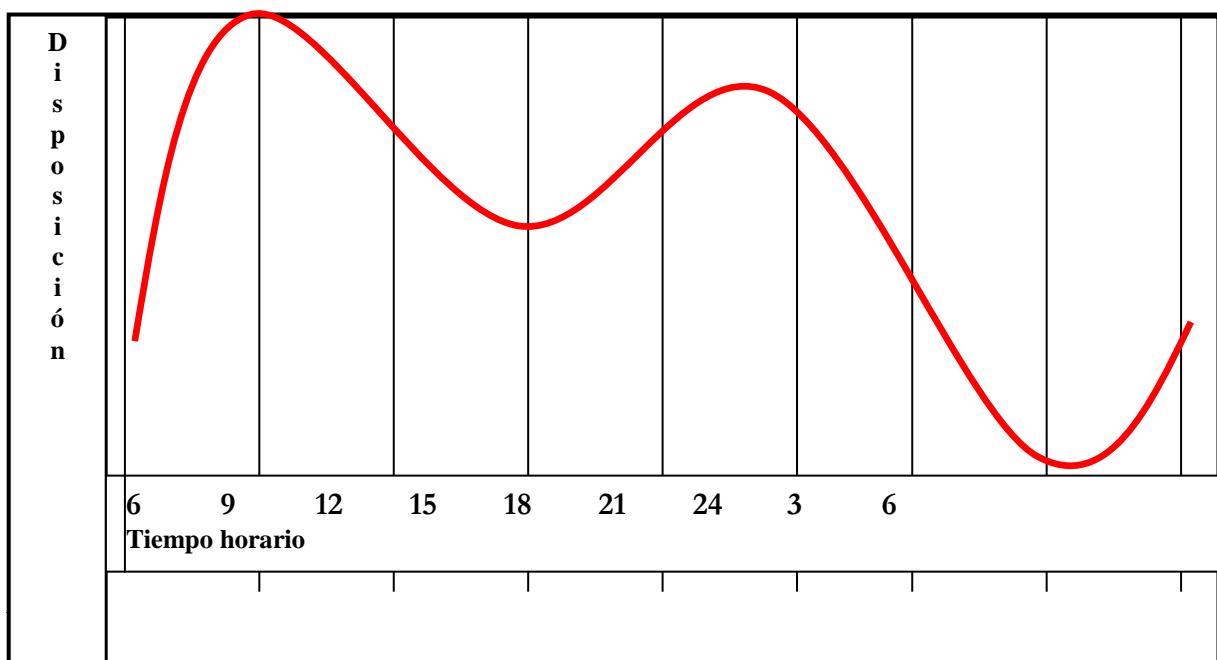


4.3.1.1.3 RITMO DIARIO (RITMO CIRCADIANO)

La disposición para el rendimiento de un ser humano se va modificando con el transcurso del día.

El ritmo diario guarda evidentemente una estrecha relación con el tiempo horario que impera en el lugar en cuestión y con las costumbres de las personas que habitan en él, y se desarrolla ya en los primeros años de la vida humana.

El ritmo diario es muy importante para la división y ordenación de la jornada de trabajo y para los planes de cambio de turno (Ver anexo I). Los turnos de noche permanentes son muy desfavorables porque aunque es posible reducir por medio de la costumbre los efectos de las oscilaciones rítmicas de la disposición al rendimiento, no pueden sin embargo ser evitados del todo. El desecho y el peligro de accidentes muestran en el trabajo vinculado temporalmente una curva que discurre de manera opuesta al ritmo diario, cuando la persona se ve obligada a rendir una efectividad constante en tiempos de un bajo nivel de rendimiento.





4.3.1.1.4 EDAD

La capacidad de rendimiento del ser humano se va modificando en el curso de su vida. Si se considera en primer lugar la capacidad de rendimiento corporal, como por ejemplo la fuerza muscular, veremos que ésta alcanza un máximo en torno a los 25 años de vida, para descender después en forma continua.

De todos modos es posible disminuir el descenso de estas curvas mediante un entrenamiento sistemático.

También en las operaciones intelectuales, como en la capacidad de aprendizaje y de retención, se ha podido comprobar una tendencia semejante. Con edad creciente se reduce además el rendimiento de los órganos de los sentidos y del sistema nervioso.

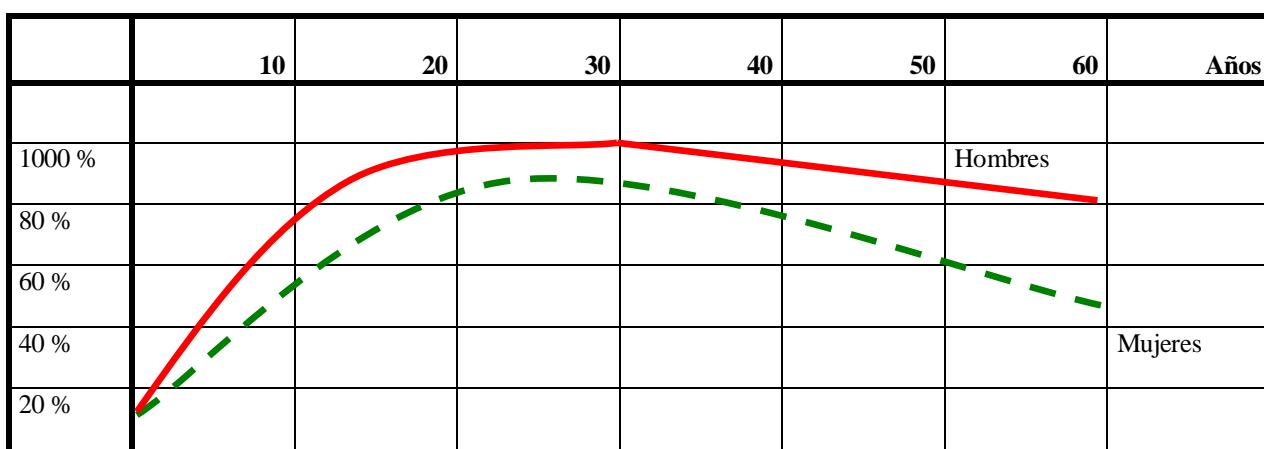


Fig. 9 - Fuerza muscular en dependencia directa de la edad (Según Hettinger)

4.4. CONSIDERACION ERGONOMICA DEL TRABAJO PREDOMINANTEMENTE MUSCULAR

Los trabajos predominantemente musculares son aquellos que están caracterizados por la intervención de varios o muchos músculos y por movimientos de todo el cuerpo y de sus miembros.

En todas las actividades determinadas por el trabajo muscular resulta oportuno y conveniente un enunciado acerca del grado de eficacia o rendimiento mecánico del trabajo.

El rendimiento de cada músculo individual es, con un 30 %, aproximadamente igual que el de la máquina de vapor. Pero los movimientos de los demás miembros y el envaramiento del cuerpo ocasionan pérdidas adicionales, de manera que el grado total de eficacia o rendimiento total de la actividad humana suele estar situado por debajo del 10 %. Este rendimiento es tanto peor cuanto menores sean las fuerzas opuestas que han de ser superadas, porque en este caso tiene mayor peso el trabajo necesario para el movimiento o para el reparto de los propios miembros. Visto en conjunto, el hombre resulta por ello muy poco apropiado para ejecutar trabajos mecánicos.

La solicitud del hombre por un trabajo predominantemente muscular puede ser determinada :

- 1) A través del metabolismo y
- 2) Por medio del ritmo cardíaco



4.4.1 METABOLISMO

En toda actividad corporal se llevan a cabo en los músculos procesos de metabolismo que suministran energía.

Para ello son necesarios elementos nutritivos (hidratos de carbono y grasas) y oxígeno. Estos elementos son extraídos por la sangre del hígado o del pulmón.

La demanda de estos elementos combustibles se incrementa cuanto mayor sea el número de músculos que trabajan.

Cuanto peor esté cubierta la demanda, tanto más difícil y fatigoso será el trabajo. También se presenta una deficiencia en el suministro antes de que el sistema circulatorio se haya adaptado a la solicitud al comienzo de un trabajo realizado con todo el cuerpo y que requiere movimiento y fuerza.

También esta fase será sentida como fatigosa.

Junto a las energías para el trabajo, **metabolismo laboral**, el hombre necesita energía para el mantenimiento del metabolismo de reposo (para la alimentación del músculo cardíaco, de la musculatura respiratoria, para el trabajo de los órganos digestivos, etc.). Esta cantidad de calorías recibe el nombre de metabolismo basal.

Para una persona de sexo masculino, de estatura y peso medios, acostumbrada al trabajo corporal, resulta tolerable a largo plazo un metabolismo de aproximadamente 4.200 Kcal/día. Dicho metabolismo puede ser clasificado de la siguiente manera:

Metabolismo basal.	aprox. 1.700 Kcal/día
Metabolismo de descanso	aprox. 500 Kcal/día
Metabolismo laboral	aprox. 2.000 Kcal/día

Para la mujer rige como tolerable un 70% del metabolismo laboral arriba indicado.

El metabolismo puede ser calculado con un medidor de gas respirado, partiendo de la medición de consumo de oxígeno. Para la determinación aproximada del metabolismo en la solicitud del hombre por determinados procesos de trabajo pueden ser empleadas tablas.

El metabolismo puede ser calculado con un medidor de gas respirado, partiendo de la medición del consumo de oxígeno y del dióxido y monóxido de carbono exalado.

4.4.2 FRECUENCIA DE PULSO

Para satisfacer la elevada demanda de oxígeno de los músculos durante el trabajo corporal, es preciso acelerar el proceso de circulación sanguínea.

El número de las pulsaciones por minuto (Frecuencia del pulso) durante el trabajo es por ello más elevado que durante el reposo.

Este incremento del ritmo cardíaco por encima de los valores del reposo o básicos - La llamada **frecuencia del pulso durante la tarea** - constituye un módulo para medir la solicitud corporal del hombre.

La altura de la frecuencia del pulso durante la tarea depende de la dificultad y duración de la actividad y de la capacidad de rendimiento corporal del trabajador.

Cuanto mejor esté entrenada una persona, tanto más baja será la frecuencia del pulso con el mismo rendimiento laboral.

Si el trabajo respectivo es de tal clase, según su forma y su dificultad, que se produce un equilibrio entre la demanda de oxígeno y el suministro de éste, la frecuencia del pulso durante la tarea permanecerá constante durante el curso del turno de trabajo.

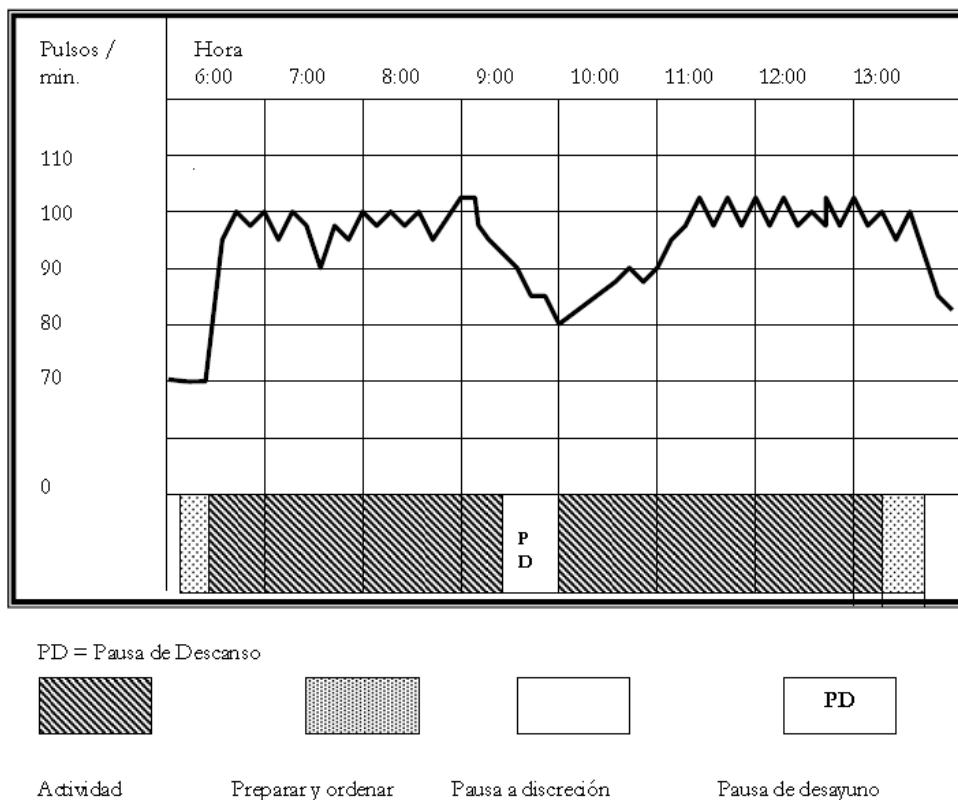


Fig. 10 - Curva característica de la frecuencia cardíaca al trabajar en una fundición (según Schmidtke)

4.4.3 FORMAS DE TRABAJO MUSCULAR

Los músculos, junto con los huesos y los tendones, constituyen el aparato de movimiento propiamente dicho del ser humano y representan aproximadamente un 40% del peso total del cuerpo.

Los músculos, que pueden proporcionar fuerza de tracción, se encargan de que el andamiaje óseo pueda permanecer en tensión.

Toda postura corporal adoptada por el hombre corresponde a una determinada posición del esqueleto, que por su parte es mantenida por un gran número de músculos, armonizados recíprocamente en su despliegue de fuerzas.

Si el hombre modifica su postura corporal se modifica también el cuadro general de actividad de los músculos.

Todo músculo del esqueleto está integrado por un sinnúmero de fibras musculares. Estas fibras poseen según el tamaño del músculo una longitud de 0,5 a 15 cm. y están adheridos a los huesos del esqueleto.

El músculo esquelético se puede contraer y cada fibra muscular aislada desarrolla entonces una cierta fuerza. Según la magnitud de la resistencia que ha de ser superada, se contraerán mayor o menor cantidad de tendones (contracción muscular).

Después de una breve actividad se relajan nuevamente y son substituidos por otras fibras. Este cambio garantiza una cierta recuperación.

Suelen distinguirse tres formas de trabajo muscular, que la mayoría de las veces se entremezclan entre sí, y que están caracterizadas por un diferente grado de solicitud:



- 1) Trabajo muscular estático
- 2) Trabajo muscular dinámico
- 3) Trabajo muscular dinámico unilateral

Trabajo muscular estático: Si se pone en tensión un músculo durante un cierto tiempo contra una fuerza exterior sin que se efectúe ningún tipo de movimiento de los miembros se habla de una solicitud estática. Bajo estas condiciones el músculo se fatiga rápidamente. Mediante la contracción, los vasos sanguíneos que se encuentran en el músculo son comprimidos y con ello se reduce fuertemente, o incluso se interrumpe del todo, el suministro de sangre al músculo (fig. 11).

Trabajo muscular dinámico: Aquí, por el contrario, se suceden en rápida serie la contracción y el relajamiento del músculo, lo que resulta más favorable para el riego sanguíneo y menos fatigoso. Un trabajo muscular dinámico pesado lleva siempre a un metabolismo más elevado y a un ritmo cardíaco más acelerado, y en general está limitado también por estos hechos

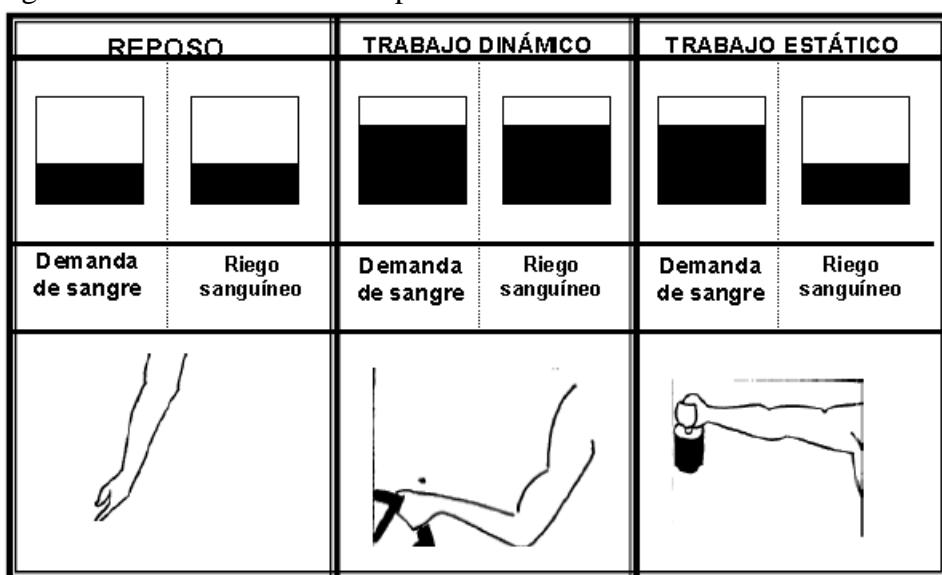


Fig. 11 - Riego sanguíneo de los músculos en el trabajo dinámico y estático (según Lehmann)

TIEMPO MÁXIMO DE SOSTENIMIENTO PARA TRABAJO MUSCULAR ESTÁTICO

$$T_{\max} = -1,5 + \frac{2,1}{F/F_{\max}} - \frac{0,6}{(F/F_{\max})^2} + \frac{0,1}{(F/F_{\max})^3}$$

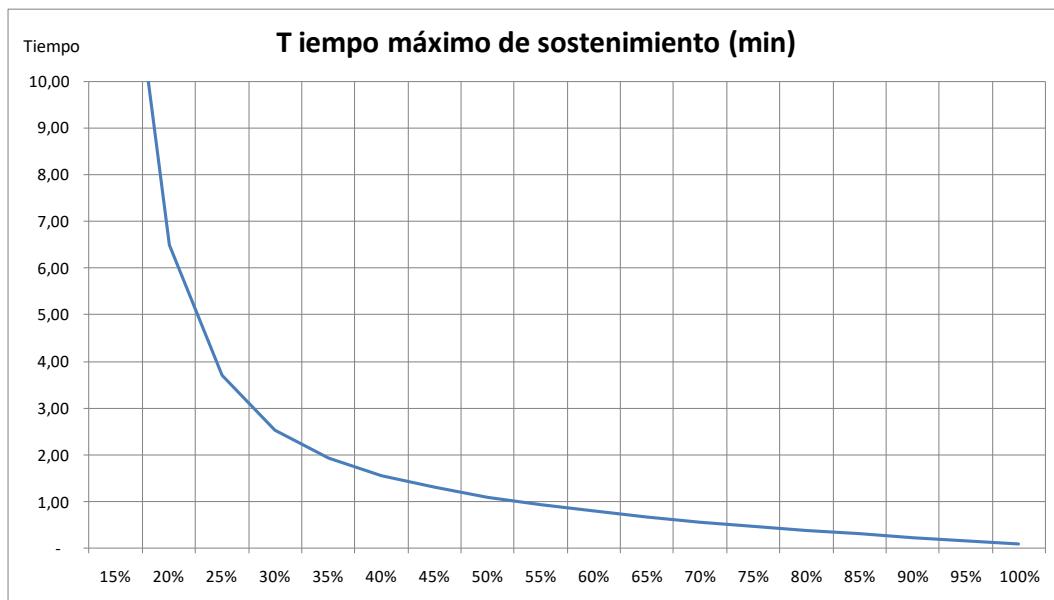


Fig.12 - Duración máxima en el trabajo muscular estático y en dependencia directa de la fuerza de sostenimiento (Según Rohmert).

4.4.4. PRINCIPIOS PARA EL EMPLEO ECONOMICO DE LOS MUSCULOS

1)La fuerza exigida no debe superar un cierto porcentaje de la fuerza máxima del correspondiente grupo muscular. Dada la frecuencia normal de actividad, este porcentaje se eleva aproximadamente a un 30%.

2)Deberá evitarse el trabajo muscular estático.

3)El flujo dinámico a través del cuerpo debe ser reducido en la medida de lo posible, para que sea solicitado el menor número posible de grupos musculares.

4)La fuerza máxima depende de la dirección en que se ejerza ésta en relación con el trabajo. Las direcciones de fuerza deben estar dirigidas por ello hacia el eje longitudinal del cuerpo o hacia la articulación del hombro.

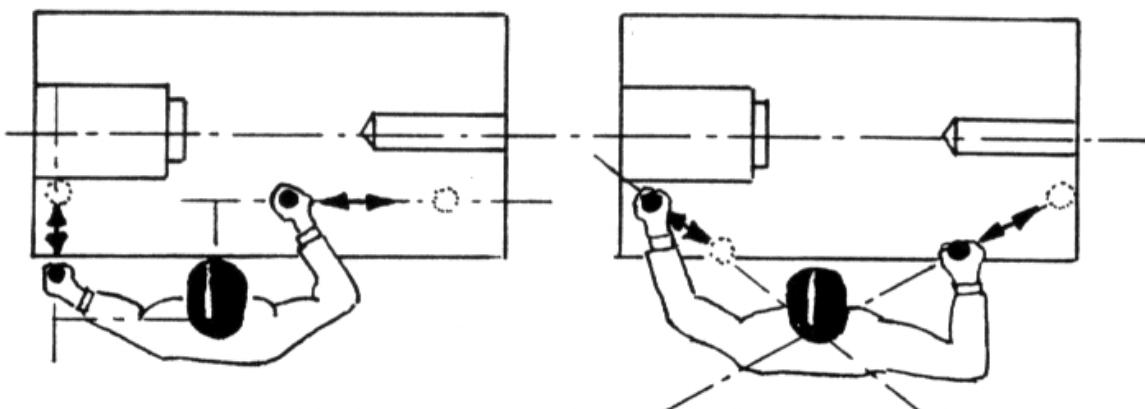


Fig. 13 - Dirección de fuerza desfavorable (a la izquierda) y favorable (a la derecha) en relación con el cuerpo.

4.5. ANALISIS ERGONOMICO DEL TRABAJO PREDOMINANTEMENTE NO MUSCULAR

No hay actividad alguna que no requiera atención y actividad de los sentidos. La creciente mecanización trae consigo el que se incrementen cada vez más aquellas actividades cuya característica especial radica en que el colaborador desempeña su trabajo con un metabolismo laboral escaso pero con una elevada atención y concentración. El trabajador puede ejercer su actividad bien de manera directa e inmediata con el producto mismo, como por ejemplo en trabajos complicados de montaje, en trabajos de inspección, control y ajuste, así como en actividades de conducción operativa, o bien para el control y vigilancia de instalaciones automáticas.

4.6. EFECTOS DE LAS INFLUENCIAS FISICAS DEL MEDIO AMBIENTE SOBRE EL HOMBRE

CLIMA :

Se analiza fundamentalmente **la temperatura, la humedad relativa ambiente, la velocidad del viento y la radiación calórica**.

RUIDO :

Los sonidos son designados comúnmente como **ruido** cuando son sentidos como desagradables o molestos o cuando ejercen efectos dañinos sobre la capacidad auditiva.

VIBRACIONES MECANICAS :

La creciente tecnificación de los puestos de trabajo ha traído como consecuencia que cada vez mayor número de trabajadores se vean expuestos a vibraciones, que si bien en muchos casos no producen consecuencia, en otros pueden afectar el confort, la capacidad de trabajo o inclusive la salud.

Desde el punto de vista de la ergonomía, interesan fundamentalmente 5 magnitudes que caracterizan el fenómeno vibratorio, a saber:

- 1) Lugar y dirección en que son transmitidas al cuerpo
- 2) Frecuencia
- 3) Aceleración



- 4) Tiempo de duración
- 5) Frecuencia propia del cuerpo o parte de él y resonancia.

ILUMINACION :

El rendimiento del ojo (agudeza visual, sensibilidad de contraste) se acrecienta con la **densidad luminosa** del campo visual. Esta densidad luminosa surge como producto de la intensidad lumínica y del factor de reflexión de los objetos iluminados. Cuanto más difícil sea la tarea visual, tanto más fuertemente debería ser iluminado el puesto de trabajo.

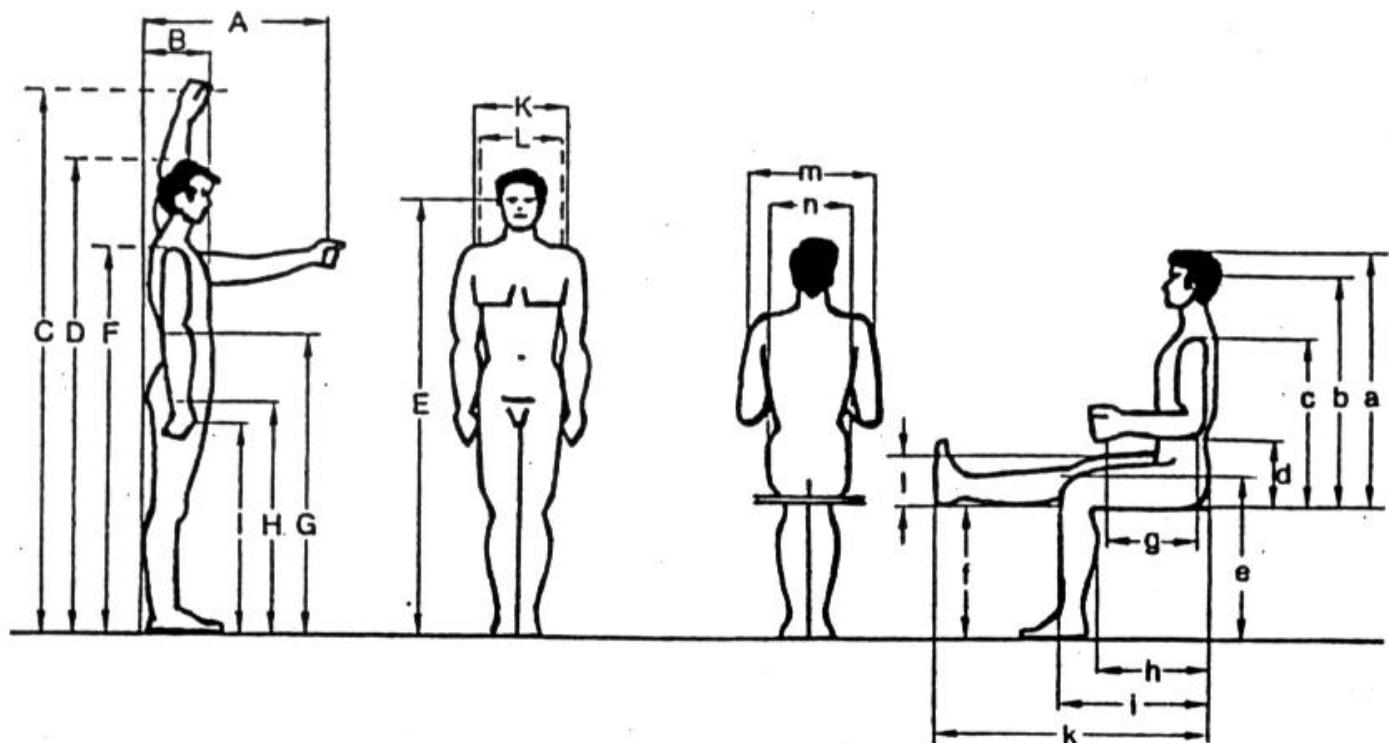


4.7. ANTROPOMETRÍA

La antropometría es la ciencia de la determinación y aplicación de las medidas del cuerpo humano.

Las medidas en reposo y en movimiento del cuerpo humano están determinadas por la longitud de los huesos, la fuerza de las capas musculares y de tejidos, y la forma mecánica de las articulaciones. Para la conformación del puesto de trabajo es necesario conocer bien las longitudes más importantes de las partes del cuerpo y la extensión respectiva de las zonas de movimiento de las manos y los pies.

Las medidas y proporciones del cuerpo humano son muy diferentes de una persona a otra. El valor promedio de las personas es muy importante, pero en la conformación no debe tenerse en cuenta sólo los valores promedios, también las personas pequeñas y grandes esperan buenas condiciones de trabajo.





DESIGNACIÓN	HOMBRES			MUJERES		
	Valor lím. inf.	Valor medio	Valor lím. sup.	Valor lím. inf.	Valor medio	valor lím. sup.
EN POSICIÓN ERGUIDA						
A. Alcance hacia adelante	662	722	787	616	690	762
B. Profundidad del cuerpo parado	233	176	318	238	285	357
C. Alcance hacia arriba	1910	2051	2210	1748	1870	2000
D. Estatura	1629	1733	1841	1510	1619	1725
E. Altura de los ojos parado	1509	1613	1721	1402	1502	1596
F. Altura de los hombros	1349	1445	1542	1234	1339	1436
G. Altura de los codos desde el piso	1021	1096	1179	957	1030	1100
H. Altura entre piernas	752	816	886	---	---	---
I. Altura de la mano	728	767	828	664	738	803
K. Ancho de hombros entre acromios	367	398	428	323	355	368
L. Ancho de la cadera	310	344	368	314	358	405
EN POSICIÓN SENTADO						
a. Altura de cuerpo desde asiento	849	907	962	805	857	914
b. Altura de los ojos desde asiento	739	790	844	680	735	785
c. Altura de los hombros desde asiento	561	610	655	538	585	631
d. Altura de los codos desde asiento	193	230	280	191	233	278
e. Altura de las rodillas	493	535	574	462	500	542
f. Largo de pantorrilla a pie	399	442	480	351	395	434
g. Distancia de codo a pie de agarre	327	362	389	292	322	364
h. Profundidad del cuerpo sentado	452	500	552	426	484	532
i. Distancia nalga rodilla	554	559	645	530	587	631
k. Distancia nalga pie	964	1035	1125	955	1044	1126
l. Espesor del muslo	117	136	157	118	144	173
m. ancho sobre codos	399	451	512	370	456	544
n. Ancho de asiento	325	362	391	340	387	451

Fig. 14 - Dimensiones del cuerpo humano (según DIN 33.492, Parte 2, Junio 1981)



4.7.1 POSTURAS CORPORALES

La convivencia de una u otra persona ha de ser considerado bajo dos aspectos:

- 1) Desde el aspecto de la tarea laboral
- 2) Desde le aspecto de la solicitud a que está sometido el trabajador.

Desde el punto de vista de la tarea laboral podrá decidirse sin mayor dificultad qué postura corporal es más favorable: allí donde son necesarios movimientos amplios del cuerpo o de los brazos o donde es preciso efectuar grandes esfuerzos musculares se deberá trabajar de pie, pues se puede aliviar el trabajo normalmente mediante el movimiento del cuerpo y la acción de su masa.

Por otra parte hay muchos trabajos que requieren una mano firme y una observación precisa, que por ello sólo puede ser ejecutada en posición sentado.

Desde el punto de vista fisiológico, la posición sentada debe preferirse en general a la posición de pie, porque la solicitud es menor. En la posición de pie la sangre se acumula en las piernas, lo que puede perturbar la circulación y provocar várices. Pero también una posición sentada permanente puede ocasionar hematomas y molestias o irregularidades digestivas.

4.7.2 MEDIDAS DEL PUESTO LABORAL PARA EL TRABAJO SENTADO

Cuando desde el punto de vista de la tarea laboral están dadas las condiciones para trabajar de sentado, entonces debe tratarse de que cada colaborador pueda trabajar sin molestias, con menor fatiga y mayor comodidad. Por un mal dimensionamiento del puesto puede sobrecargarse la musculatura de la nuca, de los hombros y de la espalda. Las medidas "Alcance de brazos", "Altura de trabajo" y "Altura de asiento", que son tratados a continuación, guardan una estrecha relación entre sí y deberían por ello ser considerados siempre de manera conjunta.

A: Altura del objeto en trabajos de precisión

B: Altura de la herramienta en trabajo mecánico (Trabajos manuales con control visual)

C: Escritorio

D: Mesa para máquina de escribir (Trabajo manual sin control visual preciso pero con libertad para los codos)

E: Espacio mínimo para las rodillas

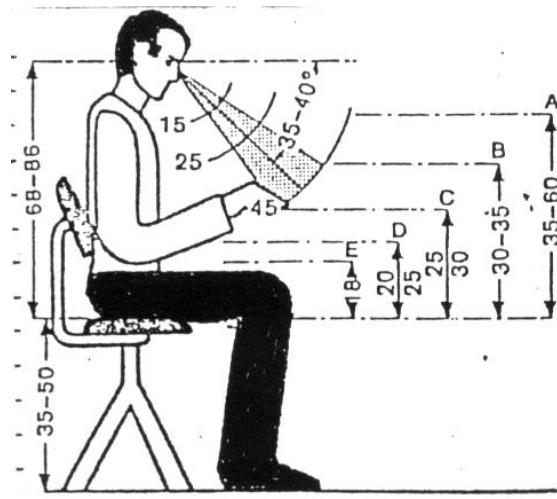


Fig. 15 - Alturas de trabajo en posición sentada y en cm (Según Stier) (Medidas según Juergens, 1975)

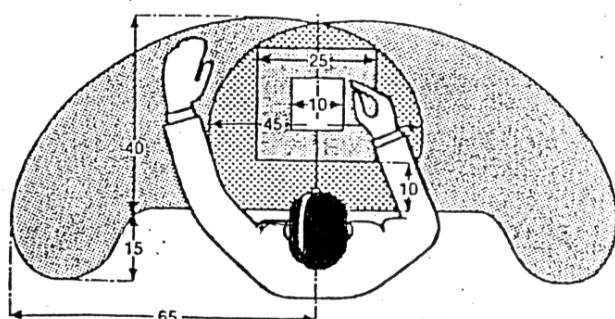


Fig. 16 - Corte transversal de la zona de alcance

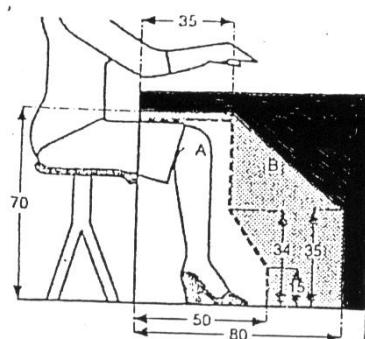


Fig. 17 - Espacio de acción de las piernas



4.7.3 DIMENSIONES DEL PUESTO LABORAL PARA LA POSICIÓN DE PARADO

La adaptación de la altura de trabajo del colaborador, posición de pie, es más fácil que la adaptación en la posición sentada.

La diferencia entre las dos alturas de la mesa, adaptadas a mujeres de escasa estatura o a hombres de elevada estatura, es de 25 cm para el mismo tipo de trabajo. Como las alturas de mesa y de máquinas en general no son modificables verticalmente, sería necesario por ello adaptar la altura de trabajo a los hombres de elevada estatura, mientras que para todas las demás personas sería necesario utilizar tarimas o pedestales. Como esto tropieza sin embargo con dificultades de tipo práctico, es recomendable estructurar la altura según los valores promedio.

A: Altura de objetos que han de ser observados permanentemente

B: Altura de las herramientas en un trabajo de maquinado

C: Trabajo manual con control ocular preciso, pero con libertad de movimiento de los codos

D: Altura de trabajo al manejar objetos pesados.

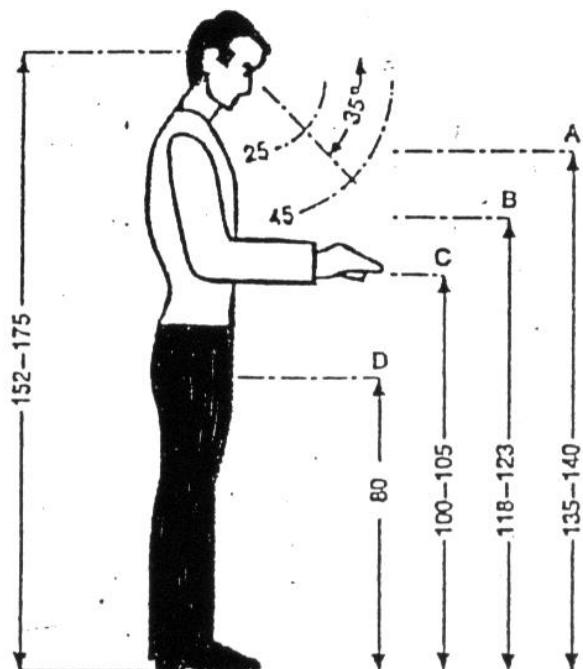


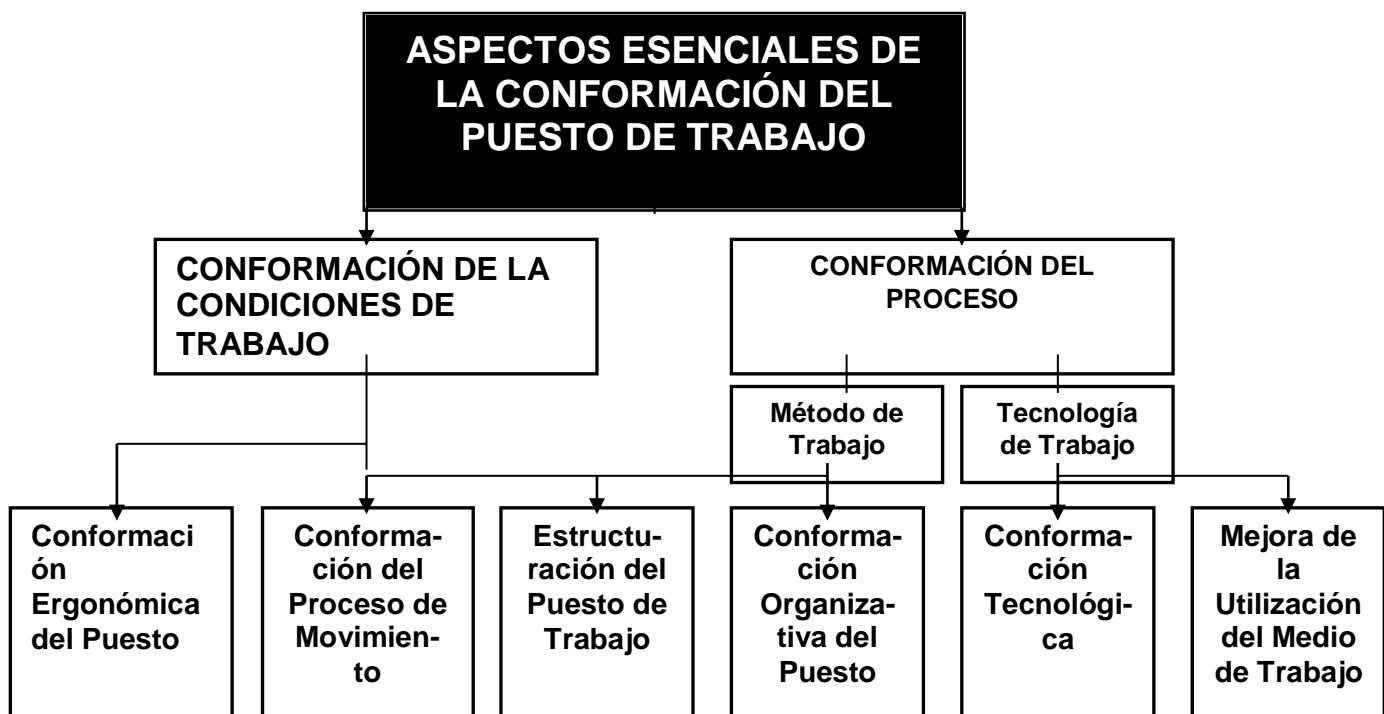
Fig.18-Altura de trabajo en posición de pie (hombre) (Según Stier)



4.8. CONFORMACION DEL PUESTO DE TRABAJO

La conformación de puestos de trabajo y de operaciones vinculadas a éste, constituye uno de los puntos esenciales de la actividad que desempeña un organizador del trabajo. Se la suele llamar simplemente conformación del puesto de trabajo o también racionalización técnico-laboral.

De acuerdo con la estructura del sistema laboral ya descripta, que incluye los tres componentes: tarea laboral, el proceso de trabajo y las condiciones de trabajo; pueden diferenciarse básicamente los siguientes aspectos esenciales de la conformación del puesto de trabajo:



4.8.1 CONFORMACION ERGONOMICA DEL PUESTO DE TRABAJO

Los más importante a tener en cuenta en la conformación ergonómica del puesto de trabajo es la adaptación del trabajo al hombre.

Aquí se mencionan los siguientes ámbitos de la conformación del puesto de trabajo.



Fig. 19 - Areas específicas de la conformación ergonómica del puesto de trabajo

4.8.1.1 CONFORMACION ANTROPOMETRICA DEL PUESTO DE TRABAJO



La adaptación del puesto de trabajo al hombre requiere, ante todo, la consideración de las medidas del cuerpo humano en el dimensionamiento de los puestos de trabajo.

La siguiente lista de control resume las recomendaciones técnicas y los aspectos esenciales a tener en cuenta en la conformación antropométrica de puestos de trabajo.

- ¿Se puede alternar entre trabajo de pie y sentado para evitar solicitudes unilaterales?
- ¿Se ha tenido en cuenta una suficiente libertad de movimientos de las piernas considerando el espacio para las rodillas y espacio para los pies?
- ¿Abarca la superficie de movimiento en el puesto de trabajo al menos 1,5 metros cuadrados?
- ¿Tiene en alguna parte un ancho menor de 1 metro?
- ¿Se establece la altura de trabajo dependiente del puesto (trabajo de pie, sentado o de pie/sentado), considerando :
 - Distancia ojo-objeto de trabajo (distancia visual)
 - Requerimientos de espacio para la libertad de movimiento de los brazos?
 - ¿Fueron adaptadas las medidas externas (por ej. área de alcance) a las medidas del usuario más pequeño; y las medidas internas (por ej. espacio para las piernas) a las medidas del usuario más grande?
 - ¿Se consideraron los siguientes criterios en la elección de sillas de trabajo:
 - Estabilidad
 - Posibilidad de regular la altura
 - Amortiguación vertical
 - Forma, tamaño y regulación del respaldo?
 - En trabajos de alta precisión : ¿ Se puede reducir el trabajo de sostenimiento mediante apoyabrazos?
 - En trabajos de posición de sentado o de pie-sentado ¿Es necesario un apoyapiés que cuente con:
 - Superficie de apoyo suficientemente grande
 - Una inclinación de 5 a 10 ° y
 - Superficie antirresbaladiza?
 - Se logra a través de una correcta disposición y forma de los expendedores en el área de alcance fisiológico máximo:
 - ¿Ordenamiento en el puesto de trabajo?
 - ¿Utilización apropiada de la superficie disponible?
 - ¿Indicación de la secuencia cronológica del trabajo?
 - ¿Previsión de dispositivos de transporte como por ejemplo cintas transportadoras para provisión y despacho de piezas?

8.1.2 CONFORMACION FISIOLOGICA DEL PUESTO DE TRABAJO

Para la conformación ergonómica del puesto de trabajo tiene especial importancia el conocimiento de datos fisiológicos tales como las fuerzas corporales que se pueden ejercer con trabajo muscular, o bien la carga y duración del trabajo a ejecutar.

Además, los factores condicionantes de tipo fisiológico son muy importantes para:

- Evaluación de la carga continua tolerable
- Elección de la posición y postura corporal correcta
- Disposición estereométrica de mandos e indicadores
- Lograr condiciones del medio ambiente tolerables

Lista de control :

**A) TRABAJO MUSCULAR :**

- ¿Se puede evitar una solicitud elevada del hombre evitando el trabajo :

- Agachado - En cuclillas
- Arrodillado - Sobre cabeza?

- ¿Se puede evitar una solicitud muscular unilateral producida por:

- Movimientos repetidos del mismo tipo o
- Posturas corporales rígidas

por medio de :

- Movimientos cambiantes o
- Cambios de lugar?

- ¿Puede disminuirse o evitarse el trabajo muscular estático de sostenimiento o por postura con dispositivos adecuados (por ej. apoyos)?

- ¿Se alivia la elevación de cargas pesadas mediante aparatos elevadores?

- ¿Se tuvieron en cuenta técnicas de elevación y transporte que simplifican la elevación de cargas, tales como :

- Trasporte bimanual
- Elevación cerca del cuerpo?

B) INFLUENCIAS FISICAS DEL MEDIO AMBIENTE**B1) CLIMA**

- ¿Se hallan las condiciones climáticas dentro de la zona de bienestar laboral?

- ¿Son las discrepancias de las condiciones de bienestar laboral particularmente atribuibles a:

- La temperatura ambiental
- La humedad
- La velocidad del aire
- La radiación del calor?

- ¿Está sometido el trabajador a bruscas variaciones del clima en su trabajo diario?

- ¿Son observadas las disposiciones correspondientes de leyes, ordenanzas y normas?

B2) ILUMINACION

- ¿Plantea el trabajo elevados requerimientos a la vista?

- ¿Requiere el trabajo una elevada intensidad lumínica?

- ¿Se requiere una iluminación artificial general?

- ¿Se requiere una iluminación especial del puesto de trabajo?

- ¿Implica la disposición del trabajo en el puesto la necesidad de que existan diferentes intensidades lumínicas?

- ¿Son fácilmente distinguibles los objetos de trabajo que deben observarse, incluso al existir distinta luz diurna?

- ¿Existe una diferencia grande, media o despreciable entre la claridad, el objeto a mirar y su entorno?

- ¿Producen el puesto de trabajo o su entorno efectos de deslumbramiento o encandilamiento?

- ¿Existen requerimientos especiales en lo referente a la necesidad de percibir y apreciar colores?

**B3) RUIDO**

- ¿Está el trabajador expuesto a molestias por ruidos en el entorno del trabajo, y surten dichos ruidos un efecto perturbador sobre su actividad?
- ¿Cuál es la intensidad acústica y cuál la calidad del ruido (composición de frecuencias)?
- ¿Predomina una gama de frecuencias o varía la altura del tono?
- ¿Es la intensidad acústica constante o variable?
- ¿La fuente de ruido se halla:
 - Fuera del establecimiento
 - Dentro del establecimiento
 - En secciones del establecimiento colindantes
 - En la sección misma?
- ¿Es producido el ruido por herramientas y por la elaboración de los materiales o por las máquinas?
- ¿Se emplean materiales insonorizantes o amortiguadores del ruido?
- ¿Se han aislado adecuadamente las fuentes del ruido?
- ¿Se han tomado medidas técnicas adecuadas para combatir los ruidos en sus fuentes?
- ¿Las máquinas que producen el mayor ruido han sido instaladas lo más alejadas posibles de los trabajadores?
- ¿Son observadas las disposiciones correspondientes de leyes, ordenanzas y normas?

B4) VIBRACIONES MECANICAS

- ¿Son respetados los valores límites exigidos (valores K) cuando en el puesto de trabajo se producen vibraciones mecánicas?
- ¿Se evita un daño por vibraciones a la persona que trabaja:
 - alejando la fuente de vibraciones,
 - disminuyendo la aceleración de las vibraciones,
 - evitando la propagación de vibraciones al hombre (asientos con amortiguación hidráulica, guantes especiales para trabajar con herramientas manuales vibrantes, etc.),
 - modificando las frecuencia vibratorias a un rango de valores que no afecte al hombre?

B5) OTRAS INFLUENCIAS FISICAS DEL MEDIO AMBIENTE

Polvos , gases, vapores

- ¿Son sobrepasados los valores de concentración máxima permitida para polvos, gases y vapores en el puesto?
- Están los puestos de trabajo peligrosos asegurados por dispositivos de alarma automáticos de acuerdo con las prescripciones?
- ¿Se intenta disminuir o eliminar concentraciones demasiado elevadas de polvo, gas o vapor por medio de:
 - medidas técnicas empresariales (automatización)
 - medidas técnicas de ventilación
 - mascarillas de protección?



4.8.1.3 CONFORMACION PSICOLOGICA DEL PUESTO DE TRABAJO

El objetivo de la conformación psicológica del puesto de trabajo consiste en crear un medio ambiente agradable para el trabajador, que por ej. lo estimule en trabajos monótonos, le proporcione variedad y mejore, en general, su motivación. De esta manera es posible mejorar el orden en el establecimiento, la seguridad y también la efectividad de quien trabaja.

Existen una variedad de medidas para la conformación psicológica del trabajo. Entre las principales se encuentran la conformación cromática del puesto y del recinto, así como la colocación de plantas. En ciertos casos también la música surte efectos positivos.

4.8.1.4 CONFORMACION TECNICO-INFORMATIVA DEL PUESTO (ERGONOMÍA COGNITIVA)

Del análisis del sistema hombre-máquina se desprende que una decisión y actuación del hombre siempre debe ir precedida de una percepción. Dicha percepción consiste en captar informaciones. Por tal motivo la conformación técnico-informativa es de especial importancia.

Las informaciones pueden captarse:

- a) Con la vista
- b) Con el oído
- c) Con el tacto y las percepciones sensitivas

a) Para la percepción visual de informaciones resultan importantes una correcta distancia visual y una correcta iluminación.

Al respecto cobra importancia la conformación de portadores de información ópticos, como por ej. instrumentos, indicadores con sus escalas, agujas, cifras y letras.

La forma de ofrecer información, y la elección de los correspondientes instrumentos indicadores depende del tipo de información.

Para instrumentos indicadores ópticos se diferencia entre:

Indicadores analógicos : Para orientación o para registrar valores en forma aproximada.

Indicadores de rango :Por ej. rangos de colores para registrar valores en forma cualitativa.

Indicadores digitales: Para registro exacto de valores o la calibración a valores predeterminados.

INSTRUMENTO INDICADOR	AGUJA MOVIL	DIAL MOVIL	CONTADOR
Función			
Lectura cuantitativa	+	+	+++
Lectura de control	+++	-	-
Calibración de valores	+++	+	+++
Regulación	+++	+	+++



La exactitud y la velocidad de lectura quedan determinadas por:

- distancia visual
- forma de la escala (por ej. circular, horizontal, etc.)
- división y numeración de la escala
- largo de las rayas de la escala en función de la distancia de lectura
- conformación de los números (por ej. arábigos, romanos, segmentados).

En la supervisión de instrumentos de medición la función orientativa puede ser facilitada por la marcación de rangos de colores. Esto sobre todo es ventajoso cuando no es necesaria una lectura exacta. La asignación usual de colores es:

Rojo : Zona de peligro

Amarillo : Marca de advertencia

Verde : Funcionamiento normal

Es posible adoptar otros colores siempre que sean utilizados dentro del establecimiento con el mismo significado.

En lugar de una lectura también una señal luminosa puede servir para obtener un determinado valor.

a.1) Características generales de los dispositivos informativos visuales (DIV)

Las características generales de los DIV se pueden resumir en:

1. Su precisión debe de ser la necesaria (la precisión es la división más pequeña de una escala).
2. Su exactitud debe de ser la mayor posible (la exactitud es la capacidad del dispositivo para reproducir el mismo valor cuando aparece la misma condición).
3. Deben ser lo más simples que sea posible.
4. Deben ser directamente utilizables, evitando los cálculos. A lo sumo utilizar factores múltiples de 10.
5. Las divisiones de las escalas deben ser 1, 2 y 5.
6. En las escalas sólo deben aparecer números en las divisiones mayores.
7. La lectura de los números debe ser siempre en posición vertical.
8. El tamaño de las marcas debe estar de acuerdo con la distancia visual, la iluminación, y el contraste. Siendo la distancia visual **a**:
altura de marcas grandes = $a/90$
altura marcas medianas = $a/125$
altura marcas pequeñas = $a/200$
grosor de las marcas = $a/5000$
distancia entre dos marcas pequeñas = $a/600$
distancia entre dos marcas grandes = $a/50$
9. Las dimensiones de las letras y números se deberían adecuar a las siguientes proporciones:
relación altura : anchura = 0,7 : 1
relación grosor : altura = 1 : 6 (para negro sobre blanco)
1 : 8 (para blanco sobre negro)
10. La distancia de la punta del indicador al número, o a la división debe ser la mínima posible, evitando siempre el enmascaramiento.
11. La punta del indicador debe ser aguda, formando un ángulo de 20°.
12. Los planos del indicador y de la escala deben estar lo más cercanos que sea posible para evitar el error de paralaje.



13. Siempre que se pueda se deben sustituir los números por colores (por ejemplo: verde, amarillo y rojo), zonas...
14. Es muy útil combinar estas lecturas con dispositivos sonoros de advertencia para valores críticos.
15. Las combinaciones que se pueden efectuar con los números y las letras son prácticamente infinitas. Se utilizan para valoraciones, descripciones e identificaciones. El contraste debe ser superior al 75-80%. En ocasiones puede ser útil su combinación con colores, luces y sonidos para acentuar su capacidad de información cualitativa.
16. El conjunto de colores incluyendo tonos, matices, textura, etc. es prácticamente ilimitado. Se establece, por las normas de seguridad e higiene en el trabajo, utilizar los colores normalizados, y si se puede simplificar: rojo, amarillo, verde, blanco y negro. Se aconseja su utilización en indicadores cualitativos y para tareas de emergencia y búsqueda.
17. Luces: aunque se pueden emplear diez colores diferentes, se recomienda limitar su utilización a cuatro: rojo, verde, amarillo y blanco. Se utilizan en *displays* cualitativos, como apoyo a los cuantitativos y en señales de alarma. El parpadeo se utilizará en señales de alarma, la frecuencia de parpadeo se debe mantener en menos de 1 parpadeo/segundo y siempre debe ser menor que la frecuencia crítica de fusión retiniana.
18. La intensidad del brillo se debe limitar a tres grados: muy opaco, normal e intenso. Los flashes se deben limitar a dos y tienen importancia en señales de alerta.
19. Se recomiendan las formas geométricas, aunque se ha comprobado que se pueden utilizar hasta veinte: triángulos, círculos, estrellas, rombos, y semicírculos. Se utilizan en representaciones simbólicas para identificación.

b) La recepción acústica de informaciones desempeña generalmente un papel secundario. Pero las señales más adecuadas para transmitir advertencias son las acústicas. Frente a las señales ópticas tienen la ventaja que también pueden ser percibidas sin tener que mirar en una determinada dirección.

Las señales acústicas tienen efectos distensivos, ya que no requieren atención constante.

c) La percepción de información a través del tacto y percepciones sensitivas se facilita por :

- a) Una dirección de movimiento compatible de elementos indicadores.
- b) Una conformación de arrastre por forma de los elementos de mando.

FUNCIÓN	DIRECCIÓN DEL MOVIMIENTO
CONECTAR	Hacia arriba, hacia la derecha, hacia adelante, dextrógiro
DESCONECTAR	Hacia abajo, hacia la izquierda, hacia atrás, levógiro
HACIA LA DERECHA	Hacia la derecha, dextrógiro
HACIA LA IZQUIERDA	Hacia la izquierda, levógiro
LEVANTAR	Hacia arriba
BAJAR	Hacia abajo
CERRAR	Hacia arriba, hacia atrás, tirar, dextrógiro
ABRIR	Hacia abajo, hacia adelante, oprimir, levógiro
CRECIENTE	Hacia adelante, hacia arriba, hacia la derecha, dextrógiro
DECRECIENTE	Hacia atrás, hacia abajo, hacia la izquierda, levógiro



AVANZAR	Hacia arriba, hacia la derecha
RETROCEDER	Hacia abajo, hacia la izquierda
CIRCULAR	Hacia arriba, hacia la derecha, hacia adelante, dextrógiro
FRENAR	Hacia abajo, hacia la izquierda, hacia atrás, levógiro

4.8.1.5 CONFORMACION DEL PUESTO DE TRABAJO MEDIANTE TECNICAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

La conformación de puestos de trabajo mediante técnicas de seguridad industrial abarcan todas las medidas constructivas y prácticas que sirven para evitar accidentes e impedir enfermedades profesionales.

Se distinguen entre técnicas de seguridad: **directas, indirectas y de protección.**

Debido a su efecto, **las técnicas de seguridad directas** ocupan necesariamente el primer lugar de importancia. Mediante las mismas se tratan de concebir, ya en la mesa de dibujo, establecimientos, instalaciones, máquinas, herramientas, aparatos y dispositivos de manera tal que su utilización según las prescripciones correspondientes no constituyan un peligro para la vida y la salud.

El concepto es **eliminar la fuente de peligro**

Si ello no resulta posible se debe recurrir a otros procedimientos para evitar tales peligros, es decir, agregar o incorporar dispositivos especiales de protección, y dado el caso, agregar otras medidas.

Esto ya es materia de la técnica de seguridad indirecta, la cual recién entra en consideración en segunda instancia.

Para la prevención de accidentes los lugares de peligro deben ser asegurados por las llamadas **instalaciones protectoras**, cuya utilización será prevista según su aptitud.

Se diferencian tres tipos de instalaciones de seguridad:

Cobertor : Esta es una instalación protectora colocada ante el lugar de peligro, evitando el alcance del mismo desde cualquier posición.

Pantalla : Como tal se entiende una instalación protectora colocada directamente ante el lugar de peligro evitando el alcance del mismo desde el lado protegido.

Defensa : Se entiende como tal una instalación protectora que en forma de cerco, baranda o elemento similar, se encuentra a la distancia de seguridad requerida del lugar de peligro, de manera tal que el mismo no pueda ser alcanzado.

Esto significa **aislar el peligro**

En tanto con ello tampoco se logre la seguridad deseada, se debe recurrir a la técnica de **protección** (EPP), la cual no debe reemplazar a las directas e indirectas.

Proteger al trabajador



TÉCNICAS DE SEGURIDAD

DIRECTA
EVITAR EL PELIGRO

INDIRECTA
AISLAR AL HOMBRE DEL PELIGRO

PROTECCIÓN
PROTEGER AL HOMBRE DEL PELIGRO

En la conformación de puestos de trabajo automatizados, semiautomatizados o con máquinas, el especialista debe prestar atención ante todo a los lugares de peligro mencionados en el cuadro siguiente:

LUGAR DE PELIGRO	PELIGRO POR	EJEMPLOS
LUGARES DE APLASTAMIENTO	Partes que se mueven tan cercanas entre si o contra partes fijas, que su separación mínima es menor que el espacio requerido por alguna parte del cuerpo	Elementos motrices, barras de empuje, palancas, prensas para bastidores, herramientas de estampado, máquinas rebordeadoras, prensas de papel, máquinas de embutir profundo
LUGAR DE CIZALLAMIENTO	Partes que deslizan entre si o contra otras artes, de tal manera que una parte del cuerpo puede ser cizallada o aprisionada entre cantos o huecos.	Herramientas de estampado, volantes con rayos, herramientas agitadoras, máquinas trituradoras, tijeras.
LUGARES DE CORTE, PUNZONAMIENTO Y CHOQUE	Partes filosas, punteagudas o redondeadas, fijas o en movimiento.	Cantos filosos, herramientas cortantes, máquinas de coser, sierras, cilindros de cuchillas.
LUGARES DE APRISIONAMIENTO	Partes salientes en movimiento que pueden arrastrar consigo personas, partes del cuerpo o trozos de ropa.	Cuñas, dientes, tornillos, cantos filosos, acoplamientos de ejes, cintas transportadoras accionadas por correas o cadenas, volantes manuales con asideros, máquinas, ejes sobresalientes.
LUGARES DE ARRASTRE	Dos partes de las cuales una debe ser movida y que forman un estrechamiento en el cual una persona o partes de su cuerpo o partes de su vestimenta pueden ser arrastradas.	Trasmisiones por correa, trasmisiones por cadena, trasmisiones por ejes y ruedas dentadas, rodillos trituradores, rodillos laminadores.

Fig. 20 - Lugares de peligro importantes



5. Unidad temática: ESTUDIO DE TIEMPOS

5.1 INTRODUCCIÓN

- Dijimos que el estudio del trabajo consta de dos técnicas que se complementan: el Estudio de Métodos y el estudio de Tiempos (o Medición del Método o medición del trabajo).
- Así como el estudio de métodos trata de cualificar un trabajo y para sacar conclusiones no necesita del estudio de tiempos. El Estudio de Tiempos, cuantifica un estudio de métodos, lo valoriza, en definitiva lo mide y por lo tanto requiere del Estudio de Métodos.

Adoptaremos la definición dada por la Oficina Internacional del Trabajo, OIT.

La medición del trabajo es la aplicación de TÉCNICAS para determinar el TIEMPO que invierte un TRABAJADOR CALIFICADO para llevar a cabo una TAREA DEFINIDA según una NORMA de ejecución PRE-ESTABLECIDA.

Del desglose de la definición debe comprenderse cabalmente que para definir un tiempo se debe contar con:

a) **TÉCNICAS** de medición que al igual que para el estudio de métodos lo podemos clasificar en:

- aquellas orientadas hacia un macro-análisis
- aquellas orientadas hacia un mini-análisis
- aquellas orientadas hacia un micro-análisis

Asimismo podemos subdividirlas en:

**Técnicas de medición directa, y
Técnicas de medición indirecta**

b) **TIEMPO**: el objetivo de cualquiera de las clasificaciones indicadas tienen por meta justamente determinar el tiempo de ejecución de un cierto método de ejecución.

De aquí es que si cambia el método, obviamente cambia el tiempo, pero si cambiamos de técnicas, todas deben dar el mismo resultado. Concretamente se acepta como “bueno” una medición que garantice un margen de error de +/- el 5%.

c) **TRABAJADOR CALIFICADO**, es aquel de quien se conoce que tiene las aptitudes físicas necesarias, que posee la inteligencia e instrucción requerida y que ha adquirido la destreza y conocimientos necesarios para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad (tomando la O.I.T.)

d) **TAREA DEFINIDA**, escrita en el documento HOJA DE MÉTODOS.

Nota: a su vez, la hoja de métodos se basa en la hoja de procesos, operaciones u hoja de ruta, según el tipo de producción; continua, discreta, por lotes. Y estos documentos en el plano del producto.

d) **NORMA** de ejecución PRE-ESTABLECIDA, es justamente y de nuevo la HOJA DE MÉTODOS. (de aquí es que insistimos una vez más, que solo se puede medir tiempos cuando se ha realizado un estudio de métodos)



5.1.1 CONSIDERACIONES IMPORTANTES

El estudio de métodos o sea el estudio de los movimientos de un ser humano determina la distancia que recorre un trabajador, que por otra parte es una constante, pues es la NORMA. En cambio el estudio de tiempos se realiza ya que nuestro trabajador no efectúa siempre los mismos movimientos a una velocidad constante y en consecuencia a un tiempo constante, tal como lo haría un mecanismo o un robot.

De allí la importancia del estudio de tiempos que debe “encontrar” cual es el tiempo promedio y representativo en una jornada de trabajo, y que ese tiempo promedio puede realizarlo cualquier trabajador “tipo” (no, el más veloz ni el más lento, sino el normal)

Se entiende por jornada de trabajo, la que estipula la Ley de trabajo, es decir 8,80 hrs/día (base 44 hrs semanales).

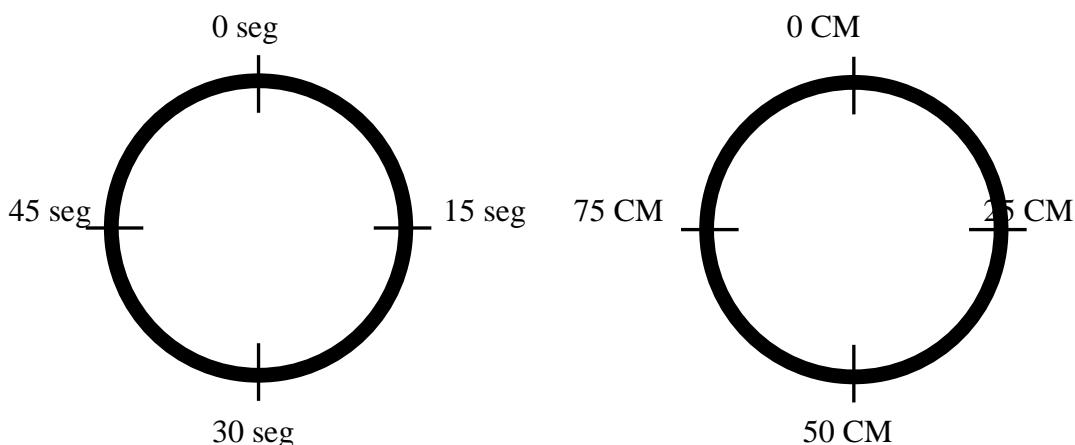
5.1.2 LA DIVISIÓN CENTESIMAL

Todas las mediciones en un estudio de tiempos se expresan en centésimos de minuto o centésimas (o milésimas) de hora, puesto que es más fácil su lectura y permite efectuar las operaciones aritméticas mucho más rápidamente que si estuvieran expresadas en el sistema sexagesimal. Para el iniciado, al principio puede ocasionarles problemas de interpretación, ya que estamos acostumbrados a leer el tiempo en el sistema sexagesimal.

Para evitar mayores complicaciones definimos el centiminuto o minuto centesimal (CM), de manera tal que:

$$\underline{100 \text{ CM} = 1 \text{ min} = 60 \text{ seg}}$$

Si tenemos segundos (sexagesimales) y minutos centesimales



La esfera está dividida en 60 partes equivale esfera dividida en 100 partes.
la mínima división 1/60 es un segundo equivale la mínima división es 1/100 centésimos de minuto, o sea 1 CM (no existe el segundo)

LUEGO PARA PASAR DE SEGUNDOS A CENTIMINUTOS SE MULTIPLICA POR 1,6666666 (O SE DIVIDE POR 0,60) PARA PASAR DE CENTIMINUTOS A SEGUNDOS SE MULTIPLICA POR 0,60.

$$\begin{array}{ccc} 30 \text{ seg} & \xrightarrow{30 \times 1.6666666} & = 30 \times 100 / 60 = 50 \text{ CM} \\ 50 \text{ CM} & \xrightarrow{50 \times 0,60} & = 50 \times 60 / 100 = 30 \text{ seg} \end{array}$$



5.2 METODOLOGÍA

Las siguientes etapas han sido exhaustivamente probadas y ensayadas, por lo que se recomienda que se sigan rigurosamente:

1. **SELECCIONAR**, el trabajo que va ser objeto del estudio de tiempos (Identificar el puesto de trabajo)
2. **REGISTRAR**, el método actual dividiéndolos en elementos (elementos normales y elementos anormales, puntos de ruptura) las condiciones de trabajo (físico, mental y medio ambiente).
3. **EXAMINAR**: todo lo registrado separando los elementos anormales o extraños de los elementos normales.
4. **MEDIR**: con un arreglo de los niveles de tiempos el método registrado por sus elementos y mediante alguna técnica específica y probada.
5. **CALCULAR**: el tiempo a asignar considerando los suplementos, o tolerancias, o descansos, debidos a las condiciones del trabajo (físico, mental y medio ambiente) mas las tolerancias por necesidades fisiológicas y las tolerancias propias debido al proceso de fabricación.
6. **EMITIR**, el tiempo asignado(no importa como se lo llame, ej.: Tiempo Standard, Tiempo Tipo, etc.).
7. **MANTENER EN USO**, mediante auditorías regulares.

NOTA: No existe un léxico universal ni normalizado para designar los niveles de tiempos, esto obedece a que cada País de los que hoy llamamos desarrollado, posee su propio Ente Nacional de Investigación, desarrollo, capacitación y adiestramiento en el estudio del trabajo que vienen formándose desde principio del 1900.

En la Argentina, no hay ni Ente Nacional ni Norma alguna por lo que no se puede tomar referencia.

Las empresas extranjeras radicadas en la Argentina han traído sus Normas y Procedimientos de origen, por lo que existen diferencias de términos, léxico y técnicas, de empresa a empresa, lo que hace más confusa su consulta entre profesionales e interpretación académica.

Trataremos, de acuerdo a nuestra experiencia, de mostrar la mayor cantidad de técnicas en uso, sin que ello signifique compararlas o imponer una en particular

5.3 NIVELES (o rangos) de Tiempos

Para llegar al tiempo final o sea el asignado es muy conveniente dividir el estudio de tiempos en “niveles” o rangos de tiempos, de tal manera que cada uno tenga su significado y uso propio, por ej. podemos hacer:

NIVEL 0: TIEMPO OBSERVADO

Es el tiempo cíclico por unidad obtenida, tal cual se **observa directamente** en un puesto de trabajo. Su uso queda restringido solamente a la técnica del cronometraje y sus sub-técnicas de: directo e indirecto



NIVEL 1: TIEMPO BASE

Es el tiempo cíclico por unidad obtenida, que resulta de afectar al **tiempo observado** por el factor de corrección de velocidad, (ritmo de trabajo, factor de efectividad, velocidad tipo, etc., son todos términos equivalentes).

Se utiliza para normalizar el tiempo de ejecución de una tarea laboral independientemente del trabajador de que se trate y de esa forma generalizarlo en todos los puestos de trabajo mientras no existan cambios o variaciones en las 5 "M" (Método, Máquina, Mano de Obra, Materiales y Medio Ambiente)

NIVEL 2: TIEMPO STANDAR

O Normal, es el que resulta ser representativo de todos los tiempos cíclicos por unidad obtenida en una jornada de trabajo, y se obtiene luego de afectar al **tiempo base** por los suplementos de descanso debido a la fatiga del operario, al proceso en sí mismo, a las necesidades fisiológicas y a las condiciones del medio ambiente.

Estos suplementos se dividen en :

- Dependientes de la tarea
- Independientes de la tarea

Más adelante se verán en detalle

Este es el nivel de mayor uso, por ejemplo es la base para: **Determinación de la mano de obra directa** de una pieza o unidad cualquiera; el tiempo standard de una línea de manufactura; el costo de una pieza o producto terminado; cálculos de programación de la producción; cálculos de eficiencia de planta o rendimientos de líneas o puesto de trabajo; cálculos de capacidad de puesto de trabajo; balanceos de líneas, etc.

NIVEL 3: TIEMPO PRESUPUESTABLE

Es el tiempo representativo de todos los tiempos cíclicos por unidad de producto obtenido.

Este nivel de tiempos resulta luego de afectar al **tiempo standard** por los factores restrictivos de la producción como por ejemplo.: Fallas de máquina/equipo, faltante de materia prima, descartes de piezas/productos, retrabajos de piezas/productos, ineficiencias de mano de obra, otros.

Es decir, las ineficiencias y tiempos improductivos de la Planta o sector.

Los factores restrictivos de la producción se obtienen mediante registros y análisis estadístico y debe haber un objetivo y planes de reducción de los mismos.

Cada Organización tiene su propio “paquete” de factores de restricción de la producción, pero los que siempre se repetirán son los indicados en el párrafo anterior. En cuanto a su uso se deduce de la misma titulación, son niveles para presupuestar: **costos, capacidades, mano de obra, etc.**

TIEMPO OBSERVADO	<i>Valoración del Ritmo</i>
TIEMPO BASE	<i>Suplementos de descanso</i>
TIEMPO STANDARD	<i>Factores restrictivos</i>
TIEMPO PRESUPUESTABLE	



Casi todos los niveles de tiempos pueden ser mejorados a través del Estudio del Trabajo, por ej.:

El Tiempo Observado: Optimizando el proceso tecnológico, los tiempos de máquina y los movimientos del hombre

El Tiempo Standard: Mejorando las condiciones de trabajo (Con la aplicación de la Ergonomía) y las condiciones del medio ambiente

El Tiempo Presupuestable: Detectando y disminuyendo y/o eliminando los factores restrictivos de la empresa

OBSERVACIONES:

Técnicamente, un estudio del trabajo se realiza luego que se ha diseñado el proceso.

De todas las informaciones que nos provee una hoja de proceso, la última es el tiempo de la operación.

Cuidado!!, no debemos confundir el tiempo de la operación con ninguno de los niveles de tiempos vistos aquí. El tiempo de la operación, es un tiempo calculado por medio de fórmulas tradicionales de procesos y corresponde al tiempo tecnológico que resulta de las condiciones de manufactura, es un tiempo “puro” de la cinemática del mecanismo que arranca virutas o deforma el material o un tratamiento térmico. No interviene el factor humano (el trabajador) en su cálculo.

Solo si el tiempo del trabajador coincide con el tiempo de la máquina, tendríamos una equivalencia del tiempo tecnológico y tiempo básico según los niveles vistos.

5.4 TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE TIEMPOS

Determinar el tiempo de ejecución de una tarea requiere de técnicas precisas y probadas en tanto se debe recordar que su objetivo es determinar un tiempo que sea JUSTO y EQUITATIVO.

El error aceptado universalmente es que el resultado esté dentro de un $\pm 5\%$, o sea una probabilidad estadística del 95 %.

En cuanto a su filosofía que sea justo y equitativo, en realidad no hay alternativas, debe ser así, caso contrario no tiene sentido realizar un estudio de tiempos ya que se defraudaría al trabajador o a la empresa, y en cualquiera de los dos casos, el tiempo asignado sería falso y solo provocaría una mayor ineficiencia tanto sea por razones de costos o por razones de seguridad laboral.

Cuando no se tiene la certeza del conocimiento y el adiestramiento para realizar un estudio de tiempos es preferible no realizarlo, ya que siendo un tiempo la base de cualquier otro cálculo de gestión de la empresa, toda aplicación de un mal dato lleva irremediablemente a una mala gestión.

De todas las técnicas conocidas hasta el presente, clasificamos y resumimos las siguientes:

- **Datos históricos**
- **Cronometraje**
- **Muestreo del Trabajo**
- **Normas de Tiempos Predeterminados**
- **Tiempo Tipo (o Datos Tipos)**



5.5 DATOS HISTÓRICOS

En realidad más que una técnica esto es una práctica muy generalizada y simple para determinar un tiempo POR PIEZA o PRODUCTO, no se podría hacer por puesto de trabajo. No es científico, sino apenas un procedimiento de cálculo global cuya exactitud depende de la exactitud de los registros, por propia experiencia se puede estimar que, en el mejor de los casos, se obtiene un resultado conteniendo un error del 30%.

Por supuesto el nivel de tiempo obtenido es el de TIEMPO PRESUPUESTABLE.

5.6 CRONOMETRAJE (TOMA DE TIEMPOS)

5.6.1 GENERALIDADES

Quizás la técnica más difundida, por ser intuitivamente asimilable. No hay dudas que con un cronómetro se mide un tiempo (todos los cronómetros de uso industrial son de división centesimal, tal como se vio en el punto 5.1.2).

El cronometraje o Toma de Tiempos consiste en la descripción del método y las condiciones de trabajo, en las consideraciones de las cantidades de referencia, de las condiciones de máquina, del ritmo de trabajo y de los tiempos reales (tiempos observados) para las fases de proceso (operaciones). Su valoración arroja los tiempos standard para esas fases de proceso.

Aclarando que:

Método de Trabajo: Es la forma establecida de realizar la tarea. Se encuentra descripta en la hoja de Operaciones o Gamas de Proceso y debe ser respetada y, por lo tanto registrada, para asegurar la reproducibilidad de la toma de tiempos.

Condiciones de Trabajo: Son los datos mínimos y necesarios para determinar los suplementos de descanso, dependientes e independientes de la tarea.

Cantidades de Referencia: Es la cantidad de unidades o piezas que se elaboran o manufacturan en cada ciclo cronometrado.

Condiciones de Máquina: Son los parámetros de máquina que se fijan dentro del método de trabajo. Cualquier modificación de los mismos (Por ej.: velocidad de corte) afectará sensiblemente la composición de los tiempos de trabajo.

Fases de Proceso (Operaciones): Son las distintas partes en que se divide la Tarea Laboral.

El punto central del cronometraje reside en la observación del proceso real por parte del experto en estudios del trabajo.

Del resultado de la observación se confecciona una acta protocolar. Para ello se dispone de un aparato de medición de tiempos (por lo general un cronómetro) y de un pliego de toma de tiempos (planilla)

Es de gran importancia que el protocolo de la toma de tiempos, esto es los datos recogidos en la planilla, sean reproducibles.



Las circunstancias concomitantes bajo las que han surgido los tiempos medidos, tienen que ser captadas con el mismo cuidado y minuciosidad como los tiempos mismos.

A este respecto deberá partirse de la siguiente reflexión: si se encarga una toma de tiempos a un experto en estudio del trabajo, éste deberá estar en condiciones, con los datos recibidos, de estructurar un nuevo puesto de trabajo que suministre resultados comparables a los que se han presentado en el puesto de trabajo observado.

Si se cumple esta condición, puede decirse que la toma de tiempos representa una imagen exacta del puesto de trabajo observado, esto es, que *es reproducible*.

Estos requisitos planteados a una toma de tiempo son importantes sobre todo para dar respuesta a las siguientes preguntas:

- 1) Qué condiciones del sistema del trabajo han de ser captadas, y con qué detalle han de ser descriptas las fases de proceso, así como
- 2) Cuántos tiempos han de ser medidos por cada fase de proceso.

5.6.2 TÉCNICA DE LA TOMA DE TIEMPOS

Los tiempos determinados con la ayuda de las tomas de tiempo son empleados en muchos casos para la remuneración. En estas circunstancias se plantean exigencias especiales a la toma de tiempo.

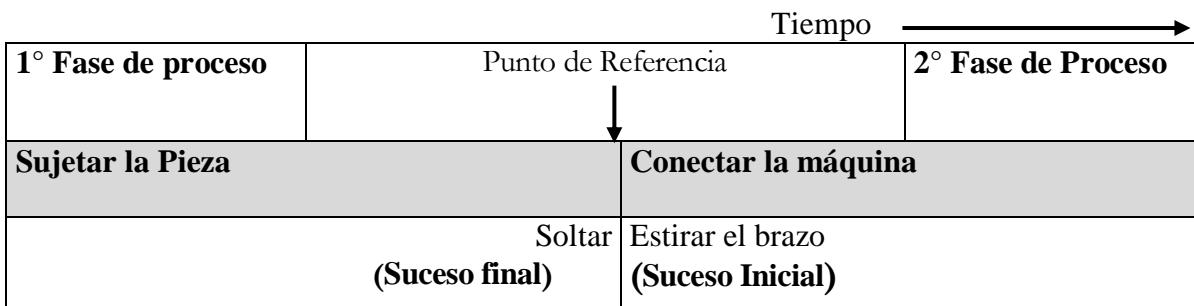
De todas maneras sería importante que siempre se cumplan los siguientes puntos:

- 1) El observador ha de estar técnicamente en condiciones de clasificar el proceso y de enjuiciamiento. Tiene que dominar la técnica de la toma de tiempos y la apreciación del ritmo de trabajo.
- 2) El observador ha de colocarse de manera tal que el trabajador observado sea influido e impedido en el menor grado posible, y que por otra parte el proceso de trabajo pueda ser observado sin dificultad.
- 3) Durante el proceso de una toma de tiempos deberán evitarse en lo posible las discusiones con la persona observada, pero también con terceros, para que pueda seguirse de manera continuada y sin lagunas el acontecer en el sistema observado.
- 4) Deberán observarse estrictamente las reglamentaciones basadas en los convenios colectivos y dado el caso, se informará al cuerpo de delegados o Comisión Interna.
- 5) Las tomas de tiempo no deben ser llevadas a cabo sin conocimiento de la persona observada. Es necesario por ello informar al trabajador que ha de ser observado sobre la finalidad de una investigación antes de comenzar ésta.
- 6) El pliego de Toma de Tiempos es un documento; por ello no debe ser sometido a borraduras o tachaduras. Las anotaciones deberán ser realizadas con un medio resistente al borrado.
- 7) Debe quedar garantizado el cumplimiento de las normas de seguridad.

5.6.3 PUNTO DE REFERENCIA

Toda fase de proceso comienza con un suceso inicial y termina con un suceso final.

El suceso final de la fase captada es al mismo tiempo el suceso inicial de la fase siguiente.



Un suceso inicial al comienzo de cada fase de proceso está dado por el comienzo del primer elemento de operación (p. ej. fase: sujetar pieza; suceso inicial: asir la pieza).

El suceso final al término de la fase de proceso está dado por el término del último elemento de operación (p. ej. soltar la pieza sujetada)

El punto de referencia en las tomas de tiempos es siempre el suceso inicial de una fase de proceso; está caracterizada por un elemento de operación.

Una excepción a esta regla la constituye el comienzo de la toma de tiempos, donde coincide con el suceso inicial de la primera fase de proceso.

Se define como elemento de operación a todo movimiento indivisible para su cronometraje, por ej. pulsar un botón.

El punto de referencia puede ser captado visualmente como señal (mediante observación) o bien acústicamente (mediante la audición).

La reacción del experto frente a esta señal provoca, según el tipo de instrumento de medición, la lectura temporal o su accionamiento.

5.6.4 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE TIEMPOS

- Cronometraje Directo o Registro de Tiempos Individual
- Cronometraje Indirecto o Registro de Tiempos Acumulados

El Cronometraje Directo o Registro de Tiempos Individual es cuando se toma el tiempo correspondiente a cada fase de proceso y cada ciclo. Se mide desde el primer punto de referencia y se para nuevamente en el próximo punto de referencia.

Se utiliza un cronómetro tipo “vuelta a cero” en este caso el cronómetro posee una sola manecilla y un solo pulsador, cada vez que se pulsa, la manecilla vuelve a cero y arranca nuevamente. Aquí el observador debe ser muy hábil, puesto que debe tomar la lectura al “vuelo”, pulsar y registrar en su planilla el valor leído juntamente con una apreciación de la velocidad o ritmo del elemento del trabajo que se mide.

Los cronómetros digitales tienen la ventaja de que la lectura, una vez que se pulsa el botón, queda congelada en el display, mientras que el cronómetro sigue corriendo.



FASE DE PROCESO		CICLO				
		1	2	3	4	5
Fase de proceso A	ti	40	42	39	40	41
	ta					
Fase de proceso B	ti	85	80	83	79	80
	ta					
Fase de proceso C	ti	130	125	130	132	133
	ta					

ti: Tiempo individual / ta: Tiempo acumulado

El Cronometraje Indirecto o Registro de Tiempos Acumulado es cuando se toman los tiempos entre el comienzo de la toma de tiempos y los sucesos finales de cada una de las fases de proceso.

Se utilizaba un cronómetro del tipo “aguja retrapante” , en este caso el cronómetro consta de dos manecillas y dos pulsadores . Un pulsador arranca una manecilla que no se detendrá hasta haber finalizado el estudio, el otro pulsador arranca la manecilla retrapante, que acompaña a la aguja principal. Pulsando una vez más, la aguja retrapante se detiene y así permite tomar la lectura con aguja detenida, y un nuevo pulso acciona nuevamente la manecilla retrapante haciendo que “alcance” a la principal - que nunca se detiene- y la acompaña hasta un nuevo pulso requerido para una nueva toma de lectura. Este cronómetro si bien es más fácil de usar, requiere de un tiempo adicional de escritorio para hacer las restas entre mediciones y determinar así el valor de cada elemento medido (la única lectura que no necesita resta es la primera).

Hoy existen los cronómetros Digitales, de manejo mucho más sencillo

Registro

FASE DE PROCESO		CICLO				
		1	2	3	4	5
Fase de proceso A	ti					
	ta	40	297	541	794	1045
Fase de proceso B	ti					
	ta	125	377	624	872	1125
Fase de proceso C	ti					
	ta	255	502	754	1004	1258

Cálculo

$$\begin{aligned}
 \text{Fase A/Ciclo 1} \quad & t_{iA/1} = t_{aA/1} - t_{aA/0} = 40 - 0 = 40 \\
 \text{Fase B/Ciclo 1} \quad & t_{iB/1} = t_{aB/1} - t_{aA/1} = 125 - 40 = 85 \\
 \text{Fase C/Ciclo 1} \quad & t_{iC/1} = t_{aC/1} - t_{aB/1} = 255 - 125 = 130 \\
 \text{Fase A/Ciclo 2} \quad & t_{iA/2} = t_{aA/2} - t_{aB/1} = 297 - 255 = 42 \\
 \text{Etc.} \quad &
 \end{aligned}$$



FASE DE PROCESO		CICLO				
		1	2	3	4	5
Fase de proceso A	ti	40	42	39	40	41
	ta	40	297	541	794	1045
Fase de proceso B	ti	85	80	83	79	80
	ta	125	377	624	872	1125
Fase de proceso C	ti	130	125	130	132	133
	ta	255	502	754	1004	1258

5.6.4.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE AMBOS PROCEDIMIENTOS

REGISTRO DE TIEMPOS ACUMULADOS	REGISTRO DE TIEMPOS INDIVIDUALES
<p>Ventajas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Medición continua e ininterrumpida de los tiempos 2) Los errores en la lectura son compensados en la siguiente medición de tiempos 3) No hay influencia alguna al enjuiciar el ritmo (factor de efectividad) mediante el conocimiento del tiempo individual. 4) No se pierde ningún tiempo parcial 5) Es posible el empleo de un cronómetro de simple aguja. <p>Desventajas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Los tiempos individuales tienen que ser calculados 2) En el empleo de cronómetros sin aguja testigo se requiere una mayor concentración del observador para una lectura precisa y segura de los tiempos 	<p>Ventajas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) No es preciso calcular el tiempo individual 2) Eliminación de errores en el cálculo de tiempos parciales 3) Los valores de tiempos que han de ser anotados en las planillas de toma de tiempos son pequeños. 4) Una dispersión de los valores de medición como consecuencia de irregularidades del proceso es reconocida de inmediato. <p>Desventajas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) El conocimiento de la duración de la fase de proceso puede influir sobre el enjuiciamiento del Ritmo (factor de efectividad). 2) Es necesaria la medición adicional del tiempo total de la duración de la toma de tiempos.

NOTA: estos dos cronómetros industriales son los más difundidos, la ventaja sobre los digitales es que la esfera analógica permite al cronometrista "ubicarse" en el tiempo. No obstante se estima que el uso de cronómetros digitales (centesimales) para uso industrial, que aparecieron en el mercado en el año 1983 cada vez se utiliza más, puesto que son en realidad pequeñas computadoras de bolsillo.

El cronómetro digital, en realidad es una pequeña computadora de tiempos, tiene el tamaño de una computadora del tipo científica. Consta de un display, de unas 8 teclas de funciones y de 20 teclas numeradas del 1 al 20 inclusive, estas teclas numeradas accionan unos tantos cronómetros internos, de tal manera que el analista va siguiendo la correspondencia del elemento que se mide con un número de tecla-cronómetro.

Cuando acciona un cronómetro, el inmediato anterior -que estaba corriendo- se detiene y guarda en memoria su valor parcial y acumulado, y así sucesivamente utilizando tantos cronómetros como elementos de trabajo se haya discriminado.

De las 8 teclas de funciones se puede, seleccionándolas, obtener los tiempos parciales por elementos, los tiempos acumulados por elementos y los acumulados por ciclo. Además, incluyen el factor de velocidad, el promedio, la suma, la desviación y la varianza, el error obtenido y la confianza del resultado final.

Marcas precursoras son "Datamyte" (Origen USA) y "Hanhart" (Origen Alemania). Estas mini



computadoras, permiten la interface con una PC y con el programa de estudios de tiempos computarizado, podemos obtener directamente el documento final a través de las mismas, imprimirla o transferirlo vía modem, etc.

Con cualquiera de las técnicas de cronometraje brevemente descriptas se obtienen todos los niveles de Tiempos: Observado, básico, Standard y presupuestable, con una exactitud de $\pm 5\%$ de error.

5.6.5 VALORACIÓN DEL RITMO

5.6.5.1 FUNDAMENTOS

El tiempo para la ejecución de una determinada Tarea Laboral puede ser muy diverso. Aún empleando el mismo método de trabajo, con idéntica tecnología laboral y el empleo de los mismos medios de elaboración y materiales, así como cualquiera otras condiciones de trabajo iguales, diversos trabajadores necesitan como es sabido un tiempo diferente para efectuar la misma tarea.

La causa de esto radica en la diferente efectividad ofrecida por el trabajador, esto es, sobre todo, en sus diversas idoneidades e impulsos.

La dispersión de la efectividad o rendimiento humano es muy grande bajo condiciones de carácter general en el juego, el deporte, el trabajo, etc. pero bajo condiciones especiales de un puesto de trabajo esta dispersión no es tan elevada. Aquí suele ser de 1 : 1,5 a 1 : 2, y en algunos casos poco comunes algo más. Así pues, si un trabajador con una elevada efectividad necesita para la ejecución de una determinada operación un promedio de 10 minutos por pieza; otro trabajador con una efectividad inferior necesitará para la misma operación entre 15 y 20 minutos por pieza. Aquí se da por supuesto, que los trabajadores comparados son aptos en la medida requerida para el trabajo en cuestión, y que trabajan según el mismo método.

Debido a la dispersión de la efectividad humana entre un trabajador y otro, pero también en la misma persona y en tiempos diferentes, los tiempos observados promedio o bien las efectividades reales de un trabajador sólo pueden ser empleados de manera muy condicionada como tiempos base.

Los tiempos base se refieren, como ya se ha explicado con anterioridad, a un sistema de trabajo previsto.

Este estado previsto está determinado por la tecnología de trabajo, el método de trabajo y las condiciones de trabajo. A estas últimas hay que añadir la fijación de una determinado ritmo o efectividad de referencia, que sirve de referencia al tiempo base.

El ritmo que sirve para obtener el tiempo base es designado como ritmo tipo . En general para el ritmo tipo se toma un valor de 100%.

Con ello será:

$$\text{Ritmo} = \frac{\text{Ritmo observado}}{\text{Ritmo tipo}} \cdot 100$$



5.6.5.2 RITMO TIPO

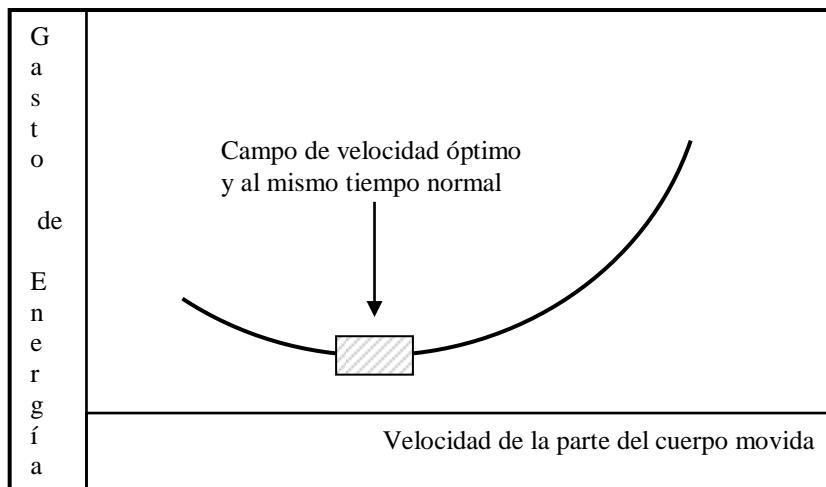
Por definición, valorar el ritmo es comparar el *ritmo real* del trabajador con cierta idea del *ritmo tipo* que uno se ha formado mentalmente al ver cómo trabajan naturalmente los trabajadores calificados cuando utilizan el método que corresponde.

El ritmo tipo más aceptado en Estados Unidos e Inglaterra es la velocidad tipo es la que desarrolla un hombre de complexión física y capacidad mental normal, de 18 a 25 años de edad, cuando camina por un terreno llano, en línea recta y sin obstáculo, ni lleva carga alguna, bajo un clima de 20° centígrados, humedad ambiente de 35% y presión atmosférica a nivel de mar, todo idealizado (de laboratorio), entonces camina a razón de 6.4 Km/h que lo hacemos igual a 100 puntos de velocidad.

En forma más amplia se puede decir que de las investigaciones de terreno de la ciencia del trabajo se deduce, para los movimientos en los que intervienen masas corporales relativamente grandes, como por ej. para la marcha o para el estirar un brazo, así como para mover objetos a distancias de cierta consideración, que hay campos de velocidad fisiológicamente óptimos.

Si el trabajador modifica la velocidad de estos movimientos, se modifica también la energía que ha de aportar el hombre. En un determinado campo de velocidad esta energía alcanza un valor mínimo.

Resulta llamativo que sea precisamente este campo de velocidad fisiológicamente óptimo el que se ofrezca al observador como **normal**.



Existen determinadas gamas de frecuencias para cada miembro del cuerpo (en relación con su longitud y peso), para las que los movimientos se realizan en una secuencia óptima.

Por ejemplo:

Mano	3,0 a 3,5 Hz
Antebrazo	2,0 Hz
Brazo entero	1,0 Hz
Piernas	0,9 Hz
Tronco	0,5 a 0,7 Hz

Los movimientos de trabajo combinados muestran una frecuencia más baja. El trabajo de palear, por ejemplo, tiene una frecuencia de unos 0,3 Hz para un trabajo ininterrumpido.



El ritmo tipo no es un punto fijo de rito, sino un campo. El ritmo en tanto por ciento es dado siempre en grados que van de cinco en cinco unidades (p. ej.: 90%, 95%, 100%, 105%, etc.)

Aunque la imagen del ritmo tipo de la ejecución de movimientos es muy difícil de describir, y sólo puede ser captada mentalmente mediante intuiciones propias, sí pueden citarse algunos requisitos previos bajo los que, como enseña la experiencia puede esperarse el ritmo tipo.

El trabajador tiene que ser apto en la medida requerida, ejercitado y plenamente familiarizado con el trabajo, así como poder desarrollar sin entorpecimiento alguno sus idoneidades.

Por *apto en la medida requerida* ha de entenderse aquella aptitud (o más exactamente: aquella disposición personal), de acuerdo con la cual el trabajador posee las dotes personales, físicas y mentales en la medida que son necesarias para una ejecución eficaz del trabajo que le ha sido confiado.

Ejercitado en la medida requerida es condición que se presenta cuando se dominan con suficiente seguridad los movimientos de trabajo requeridos para el desempeño de la tarea laboral.

Plenamente familiarizado con el trabajo está quien conoce plenamente las condiciones técnicas y organizativas de su tarea laboral y los requisitos dados de la cooperación con otros trabajadores, entre los que ha de ser realizado el trabajo. Está familiarizado con el trabajo quien tiene experiencia y se ha adaptado bien a éste.

El *libre desarrollo del rendimiento teórico* puede verse obstaculizado por influencias que radican en la persona del trabajador, como por ej. falta de salud, influencias físicas del medio ambiente desfavorables y del tipo más diverso, y también por el hecho de que la efectividad del trabajador esté vinculada a un tiempo fijo, como por e. en el trabajo en línea continua.

En resumen se puede decir que:

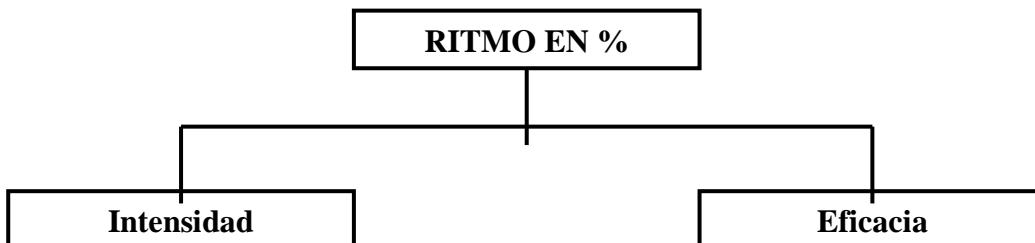
Por ritmo tipo se entiende una ejecución de movimientos que parece, al observador especialmente, armoniosa, natural y equilibrada en atención a los movimientos aislados, la sucesión de movimientos y su coordinación.

Puede alcanzarse, según muestra la experiencia, por todo trabajador apto en la medida exigida, ejercitado y plenamente familiarizado con la tarea, de manera no limitada temporalmente y no resulte entorpecido el libre desenvolvimiento de sus tareas.

5.6.5.3 APRECIACIÓN DEL PROCESO DE MOVIMIENTO

La apreciación de la imagen del proceso de movimiento constituye el fundamento de la apreciación del ritmo en tanto por ciento.

Todo trabajo humano evidencia en lo esencial dos características que definen el proceso de movimiento: la **intensidad** y la **eficacia**.



Intensidad y eficacia no son siempre características de la ejecución del movimiento que pueden ser separadas totalmente entre si.

Sin embargo, algunos movimientos acentúan más la intensidad, y otros más la eficacia.

En el lenguaje de los sistemas de tiempos predeterminados, los elementos de movimiento *alcanzar* y *mover* acentúan la intensidad, mientras que los elementos *asir* y *montar* acentúan la eficacia. Mientras que en los dos primeros se percibe claramente un movimiento, el *asir* y *posicionar* consisten frecuentemente en movimientos mínimos de corrección, muy diferentes entre sí por su número y su dirección. Este punto específico se verá más adelante.

5.6.5.3.1 APRECIACIÓN DE LA INTENSIDAD

La intensidad se manifiesta en la rapidez del movimiento y en la tensión de fuerza que requiere la ejecución del mismo.

La velocidad del movimiento constituye una característica bien enjuiciable del proceso de movimiento bajo la condición de que el proceso de trabajo permita el despliegue de una velocidad de movimiento esencial. Un buen ejemplo de ello es caminar o cargar paquetes para su expedición.

La experiencia ha demostrado que las diferencias en la velocidad de movimiento pueden ser bien captadas y reconocidas. Hay que observar, de todas maneras, que la velocidad de movimiento se ve influenciada por la previsión de éste y eventualmente también por el esmero con que ha de ser ejecutado.

En la apreciación de la velocidad de movimiento ha de ser tenida en cuenta también la tensión de fuerzas. Movimientos en los que influye un peso o que se llevan a cabo contra una resistencia, como por ej. trabajos de transporte, tiene por naturaleza un proceso de ejecución más lento que los movimientos no sometidos a estas influencias.

La apreciación de movimientos con elevado derroche de fuerzas requiere una gran experiencia y por ello es relativamente difícil.

Esta apreciación presupone que el experto en el estudio del trabajo se procure una idea clara sobre la intensidad del retardo de los movimientos debido a determinados pesos o resistencias.

Si los procesos de trabajo contienen partes considerables de trabajo muscular estático queda eliminado la apreciación del ritmo en tanto por ciento; la participación activa del trabajo muscular estático no puede ser reconocida con precisión porque dicho trabajo no se manifiesta en la imagen visible de la ejecución del movimiento.

5.6.5.3.2 APRECIACIÓN DE LA EFICACIA

La eficacia es una expresión para designar la calidad de la forma de trabajo de una persona. La eficacia se reconoce por el trabajo expedito, fluido, controlado, armonioso, seguro, inconsciente, tranquilo, certero, rítmico y suelto.

Todas estas características se reflejan de forma predominante en el modo personal de trabajar. El modo personal de trabajar se muestra en la utilización individual del ámbito de acción del método de trabajo prescrito.



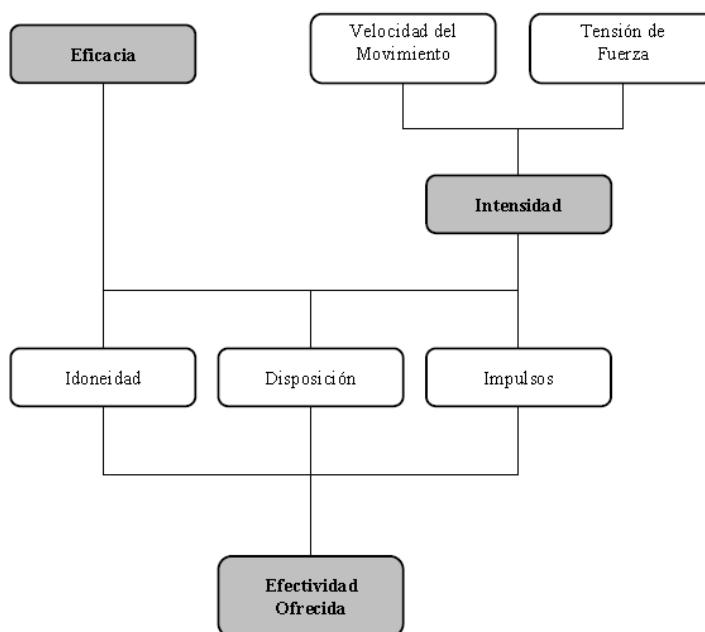
Junto al dominio de la ejecución de elementos de movimientos aislados, desempeña también un papel importante su encadenamiento. Una ejecución de un trabajo resulta tanto más eficaz cuanto más claramente constituyan los movimientos simultáneos sucesivos un todo armónico, en el que los movimientos aislados se confunden entre sí con fluidez.

5.6.5.4 NEXO ERGONÓMICO ENTRE RITMO, INTENSIDAD Y EFICACIA

En este punto resulta de utilidad tener una vez más muy presente, los componentes de la efectividad ofrecida para la obtención de un cierto rendimiento humano.

En la figura siguiente se expone de otra forma, esto es, desde el punto de la apreciación del ritmo de trabajo.

Las idoneidades y la disposición, y con ello la eficacia que puede alcanzar un hombre en la ejecución de sus movimientos, depende de las dotes personales, de la ejercitación, de la experiencia y de la adaptación al trabajo respectivo. La intensidad, que el observador reconoce en el ritmo es un resultado de los impulsos interiores, de los que pueden citarse el interés por el trabajo. La disposición (fatiga y ritmo diario) influye tanto sobre la eficacia como también sobre la intensidad de la ejecución del movimiento.



5.6.5.5 LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA VALORACIÓN DEL RITMO

Para alcanzar máxima seguridad en los juicios sobre los valores de los diversos ritmos, es necesario proceder de manera sistemática y responder una serie de preguntas básicas de sondeo, que habrán de ser planteadas

- A) antes de comenzar la toma de tiempos
- B) antes de cada apreciación individual del ritmo y
- C) también después de concluida la toma de tiempos

A) *Preguntas antes de iniciarse la toma de tiempos*



- 1) ¿Conoce el observador el trabajo que ha de ser investigado tan exactamente que puede apreciar con toda seguridad la ejecución metodológicamente adecuada del trabajo y los ritmos que se presentarán en esta ejecución?
- 2) ¿Es el trabajador apto, está ejercitado y plenamente familiarizado en la medida necesaria para el trabajo que ha de ser ejecutado?
- 3) ¿Es ejecutado el trabajo de acuerdo con el método prescripto?
- 4) ¿Se traspasan los límites de carga tolerable?
- 5) ¿Es influenciable por el trabajador la fase de proceso que ha de ser apreciada?
- 6) ¿Se trata de una realización con movimientos reconocibles?

B) Preguntas antes de toda apreciación individual del ritmo

- 7) ¿Despliega el trabajador sus idoneidades sin impedimento?
- 8) ¿Qué grado de eficacia alcanza el proceso de movimiento observado?
- 9) ¿Qué grado de intensidad (velocidad y tensión de fuerzas) alcanza el movimiento observado?
- 10) ¿Qué ritmo se deduce de la observación conjunta de la intensidad y eficacia?
- 11) ¿Se puede afectar la calidad prescripta del resultado del trabajo en caso de un ritmo muy elevado?

C) Preguntas una vez concluida la toma de tiempos

- 12) ¿Se han observado con frecuencia durante la toma de tiempos ritmos extremadamente bajos pese a la aptitud y ejercitación necesarias, así como a la plena familiaridad del trabajador con la tarea?
- 13) ¿Se han captado quizás, en contra del juicio inicial, ritmos extremadamente altos?
- 14) ¿Puede, en forma retrospectiva, asegurarse que es conveniente la mantención del método de trabajo prescripto?

La observación de estas preguntas servirá para evitar muchos errores que podrían ser cometidos al apreciar el ritmo y al volver a emplear los tiempos obtenidos por este procedimiento.

5.6.5.6 FRECUENCIA DE LA APRECIACIÓN DEL RITMO

La anotación por escrito del ritmo debe llevarse a cabo en el curso de la toma de tiempos en todas las fases de proceso, e inmediatamente antes, si ello es posible, de la medición de tiempos.

La duración de la fase deberá ser aquí sin embargo sin embargo bastante larga, como para que la eficacia y la intensidad del proceso de movimiento observado puedan ser reconocidas con seguridad, apreciados y anotados en el pliego de observación con el tiempo medido.

Para un observador entrenado esto es posible si la duración de la fase de proceso supera en promedio los 25 CM.

Para fases de proceso con tiempos parciales más breves, que se presentan frecuentemente en la práctica, deberán emplearse procedimientos especiales.

En tabla siguiente se recomiendan pautas para la apreciación del ritmo según la duración de las fases de proceso. Los tiempos indicados han de ser considerados simplemente como valores orientativos medios.



Duración promedio del tiempo parcial real de una fase de proceso	Duración de la toma de tiempos	Frecuencia de la apreciación del ritmo en tanto por ciento
Mayor que aprox. 25 CM	Sin influencia	En cada medición de tiempos
Menor que aprox. 25 CM	Menor que aprox. 30 minutos	Resumido por cada fase de proceso
Menor que aprox. 25 CM	Mayor que aprox. 30 minutos	Resumido para lapsos periódicos por cada fase de proceso
Todos los tiempos parciales de la totalidad de las fases de proceso son menores que aprox. 15 CM	Sin influencia	Resumido según la operación o el ciclo.

Ejemplos:

a) $t_i > 25 \text{ CM}$

Nº	Fase de Proceso y Punto de referencia	Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma R/n$	\bar{R}	$t = R/100*t_i$
			$\Sigma t_i/n$	\bar{t}_i											
1	Sujetar y centrar la pieza	R	110	110	105	100	110	105	110	110	105	110	1075/10	108	73,7
		t_i	67	69	66	71	66	70	68	67	71	67	682/10	68,2	
		t_a													
	Soltar martillo	t_a													

b) $t_i < 15 \text{ CM}$

Nº	Fase de Proceso y Punto de referencia	Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma R/n$	\bar{R}	$t = R/100*t_i$
			$\Sigma t_i/n$	\bar{t}_i											
1	Colocar arandela en bulón	R											120/1	120	13,7
		t_i	12	10	13	11	11	12	10	13	11	11	114/10	11,4	
		t_a													
	Soltar arandela	t_a													

c) $15 < t_i < 25 \text{ CM}$

Nº	Fase de Proceso y Punto de referencia	Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma R/n$	\bar{R}	$t = R/100*t_i$
			$\Sigma t_i/n$	\bar{t}_i											
1	Aproximar la broca	R					115						235/2	118	22,4
		t_i	18	20	20	18	19	20	18	19	20	18	190/10	19	
		t_a													
	Soltar la palanca	t_a													



5.6.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE UNA TOMA DE TIEMPO

5.6.6.1 CONJUNTO BÁSICO Y MUESTRA ESTADÍSTICA

Al realizar una Toma de Tiempo lo que obtenemos son tiempos parciales de las diferentes operaciones que componen la Tarea Laboral en estudio.

Estos tiempos parciales representan "muestras estadísticas" de "conjuntos básicos".

Ahora bien, una pregunta típica que se plantea en la evaluación de las tomas de tiempo es la sig.:

En una toma de tiempos se han medido 15 tiempos parciales para una determinada operación.

El valor promedio de estos tiempos parciales es de 25 CM.

¿Se puede deducir de ello que, tanto en la totalidad de la orden de trabajo actual como también en órdenes de trabajo posteriores del mismo tipo, el tiempo promedio de la operación determinada será de 25 CM?

Esta pregunta deberá ser por lo pronto denegada, porque una repetición de la toma de tiempos habría arrojado presumiblemente otros 15 tiempos parciales, y con ello otro valor promedio.

Sin embargo, la toma de tiempos suministra una imagen del proceso investigado, y con el procedimiento de la estadística técnica puede ser indicado en qué medida se aparta esta imagen de la realidad, y lo que puede hacerse eventualmente para limitar o reducir estas desviaciones.

Si se expresa esto de manera más general, se verá que la pregunta que se acaba de plantear es tan solo un ejemplo especial de una forma de proceder que en la vida práctica está ampliamente difundida por razones de tiempo y costos.

De un conjunto básico se extrae una muestra estadística, se evalúa y, con ayuda de determinados procedimientos de la estadística técnica, se deduce del resultado conocido de esa muestra extraída el conjunto básico que no ha sido investigado más en detalle.

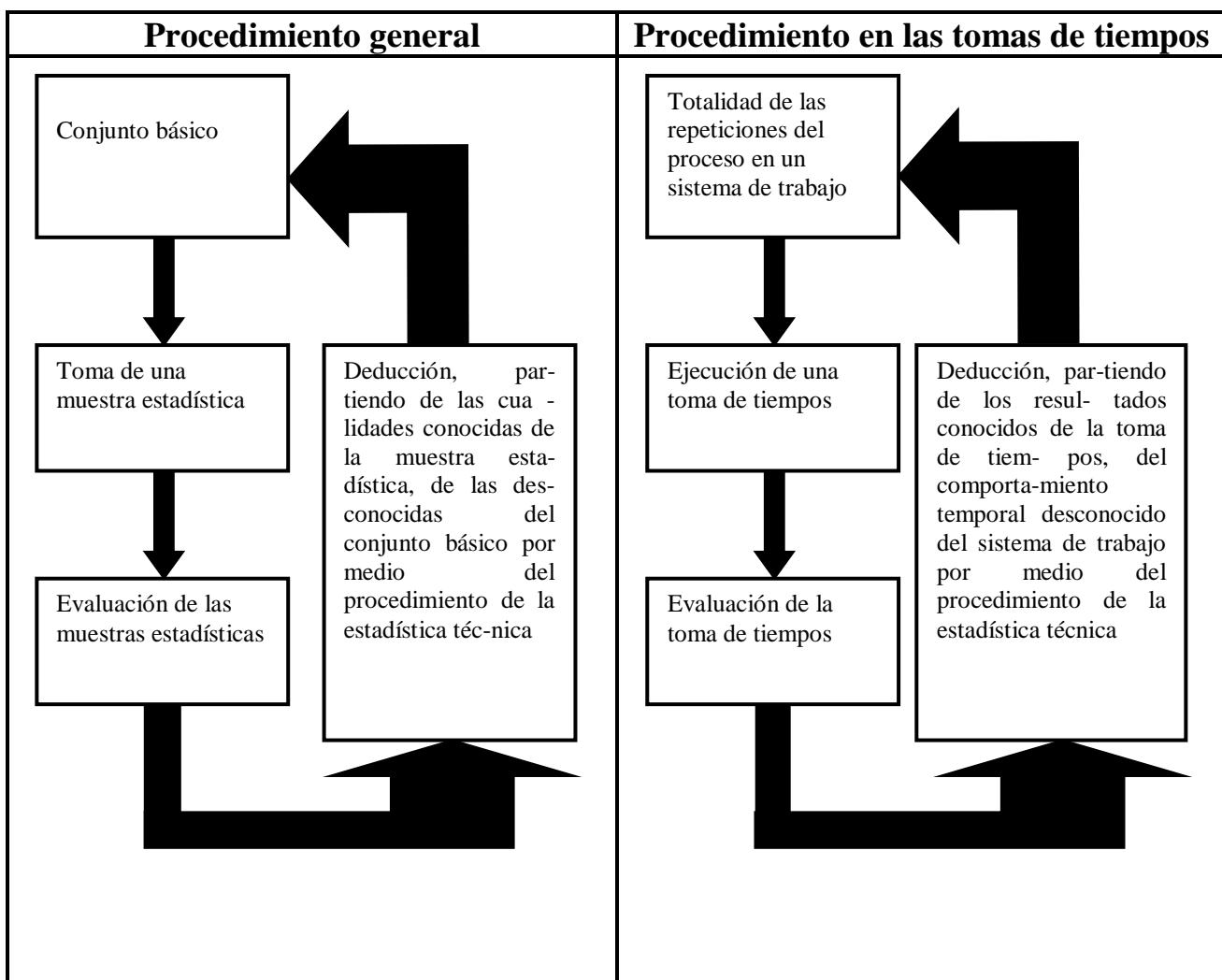
En conexión con las tomas de tiempo se designa como *conjunto básico* a la suma de todas las posibles repeticiones (ciclos), en que se puede presentarse el proceso que ha de ser investigado.

Con el término de *muestra estadística* se designa el número de algunas pocas repeticiones del proceso, medidas efectivamente, dentro del marco de una toma de tiempos.

En el esquema siguiente se compara el procedimiento especial de la ejecución y evaluación de una toma de tiempos con el procedimiento general en la estadística técnica.

Este procedimiento rige para la toma de tiempos como así también para el método de muestreo de actividades o el control estadístico de calidad.

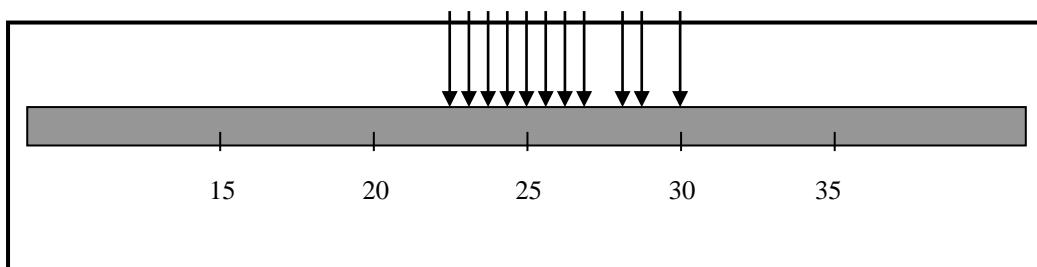
Haciendo la salvedad que en este último caso, el conjunto básico consiste en las piezas de un puesto de entrega, que es investigado en la entrada del próximo puesto con relación a su aceptación o rechazo. Aquí no se controla en general todas las piezas, sino tan sólo una muestra estadística de los mismos, deduciéndose de esta muestra su calidad y condiciones.

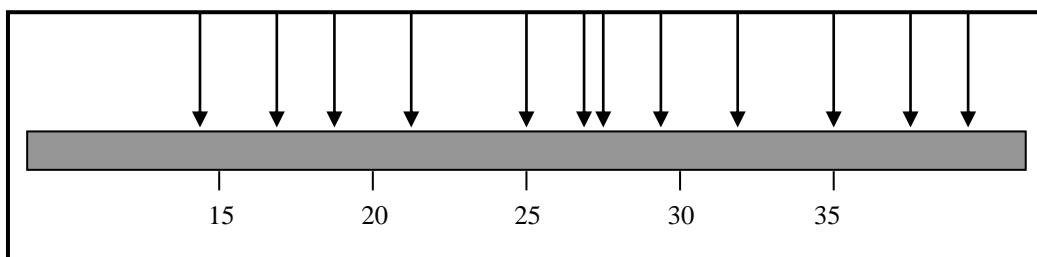


5.6.6.2 COINCIDENCIA ENTRE MUESTRAS ESTADÍSTICAS Y CONJUNTO BÁSICO

En correspondencia sería conveniente investigar toda toma de tiempos parciales realizada como muestra estadística y en las operaciones que se repiten, para comprobar su coincidencia con el conjunto básico. El grado de dicha coincidencia depende:

- 1) De la dispersión de los tiempos parciales dada en la realidad y
- 2) Del número de los tiempos tomados





Mientras que la dispersión de los tiempos parciales puede ser reducida acudiendo a medidas de conformación del puesto de trabajo y al adiestramiento laboral, la dispersión de los valores promedio calculados a partir de los tiempos parciales puede ser también reducida elevando simplemente el número de tiempos tomados.

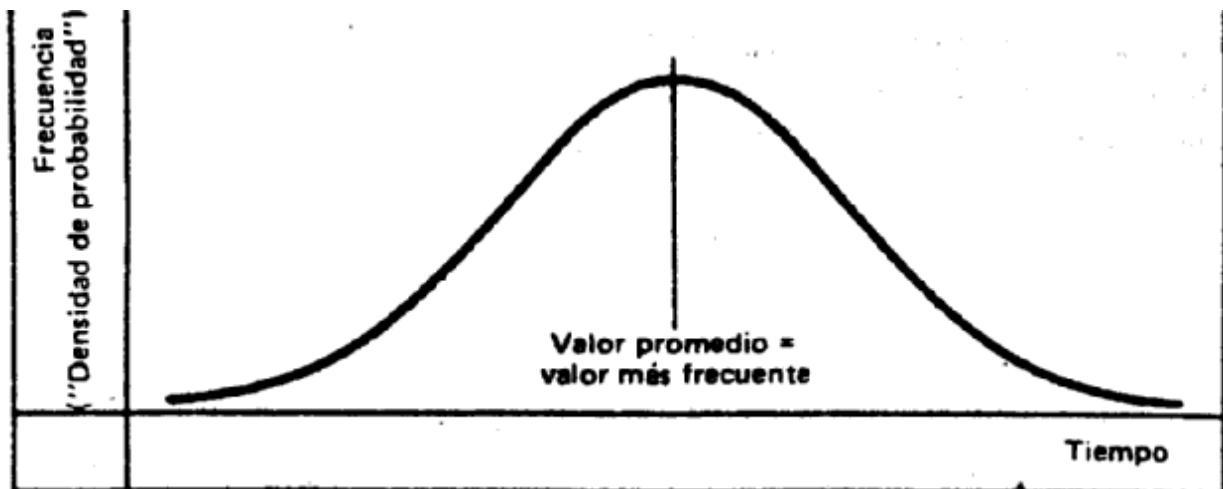
Este punto será analizado más adelante.

PRESUPUESTOS DE CARÁCTER ESTADÍSTICO

Hasta el momento se han tratado algunos principios fundamentales de la estadística partiendo del ejemplo de la Evaluación Estadística de la Toma de Tiempos; nos referimos principalmente a la contemplación de muestras estadísticas y a la deducción del conjunto básico partiendo de la muestra estadística, así como a la determinación del ámbito de confianza en torno al valor promedio de una toma de tiempos, en el que se encierra, con una determinada probabilidad, el valor promedio de un conjunto básico.

Muchos procedimientos estadísticos de evaluación presuponen que los valores de medición que posiblemente resultan, constituyen la llamada distribución normal o según la ley de Gauss. Esto es que se acumulan en torno a un "punto central de la observación" del que difieren luego en la misma medida tanto hacia arriba como hacia abajo, y que las grandes desviaciones del "punto central" son más raras que las pequeñas.

La distribución normal es una forma simétrica de distribución y está expuesta en la siguiente figura:

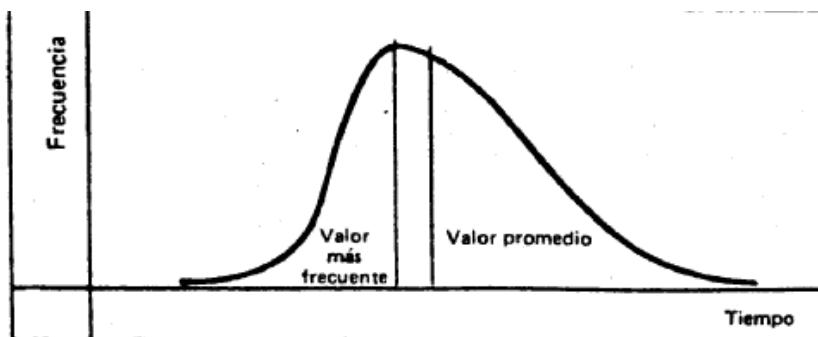


También en las tomas de tiempos se tropieza frecuentemente – en especial en la captación de tiempos para grandes operaciones – con una tal forma de distribución.

Sin embargo, cuanto más breve sea la operación, tanto más claramente se presentará un tiempo límite inferior en la ejecución de esa operación. Tiempo que raras veces bajará de dicho límite, porque el hombre no está en condiciones de incrementar su efectividad por encima de cierto punto máximo.



Con ello, la forma de distribución pierde su simetría, de manera que muchos procedimientos estadísticos de evaluación, basados en los tiempos parciales captados no pueden ser empleados ya, sin más, a tales tomas de tiempos.



En la determinación de la exactitud de una toma de tiempos (ε) no desempeña papel alguno el requisito de los tiempos parciales distribuidos normalmente, ya que este procedimiento no se basa de manera inmediata en los tiempos parciales, sino en el valor promedio, tal y como ha sido calculado a partir de los valores de la toma de tiempos.

Los valores promedio constituyen siempre, dada una repetición frecuente de la toma de tiempos y de manera casi independiente de la forma de distribución de los tiempos parciales, una distribución normal, si se agrupan al menos $n=5$ tiempos parciales para constituir un valor promedio.

Una toma de tiempos suministra una imagen precisa y no deformada del proceso investigado por muestras estadísticas tan sólo cuando es representativa y casual.

Sólo si se cumplen estas dos condiciones previas, podrá practicarse la deducción del conjunto básico desconocido a partir de la muestra estadística conocida.

Aunque los tiempos parciales no necesitan estar distribuidos normalmente, no deben seguir sin embargo una determinada tendencia, incrementándose siempre, por ej., durante la toma de tiempos.

Una toma de tiempos es **representativa** cuando tiene en cuenta todas las oscilaciones del proceso o de las magnitudes condicionantes que se presentan en el conjunto básico, esto es, cuando muestra la verdadera situación objetiva.

Una toma de tiempo es **casual** cuando todo ciclo posible y todo tiempo parcial posible tiene la misma oportunidad de ser tomado.

Casi todos los procedimientos estadísticos de evaluación presuponen esta elección al azar, que garantiza que los resultados de la muestra estadística puedan ser generalizados y que pueda señalarse el ámbito de confianza de estas generalizaciones que haya sido alcanzado.

La elección por azar no se da en la medición usual de tiempos parciales consecutivos (esta es la técnica usual de toma de tiempos). Una vez que consta con seguridad que las oscilaciones de los tiempos parciales no son distintas fuera del conjunto o que dentro de éste, deberá preferirse la muestra estadística del conjunto o como técnica de toma de tiempos a toda otra captación de tiempos, y ello por motivo tanto de tiempo como de costos.

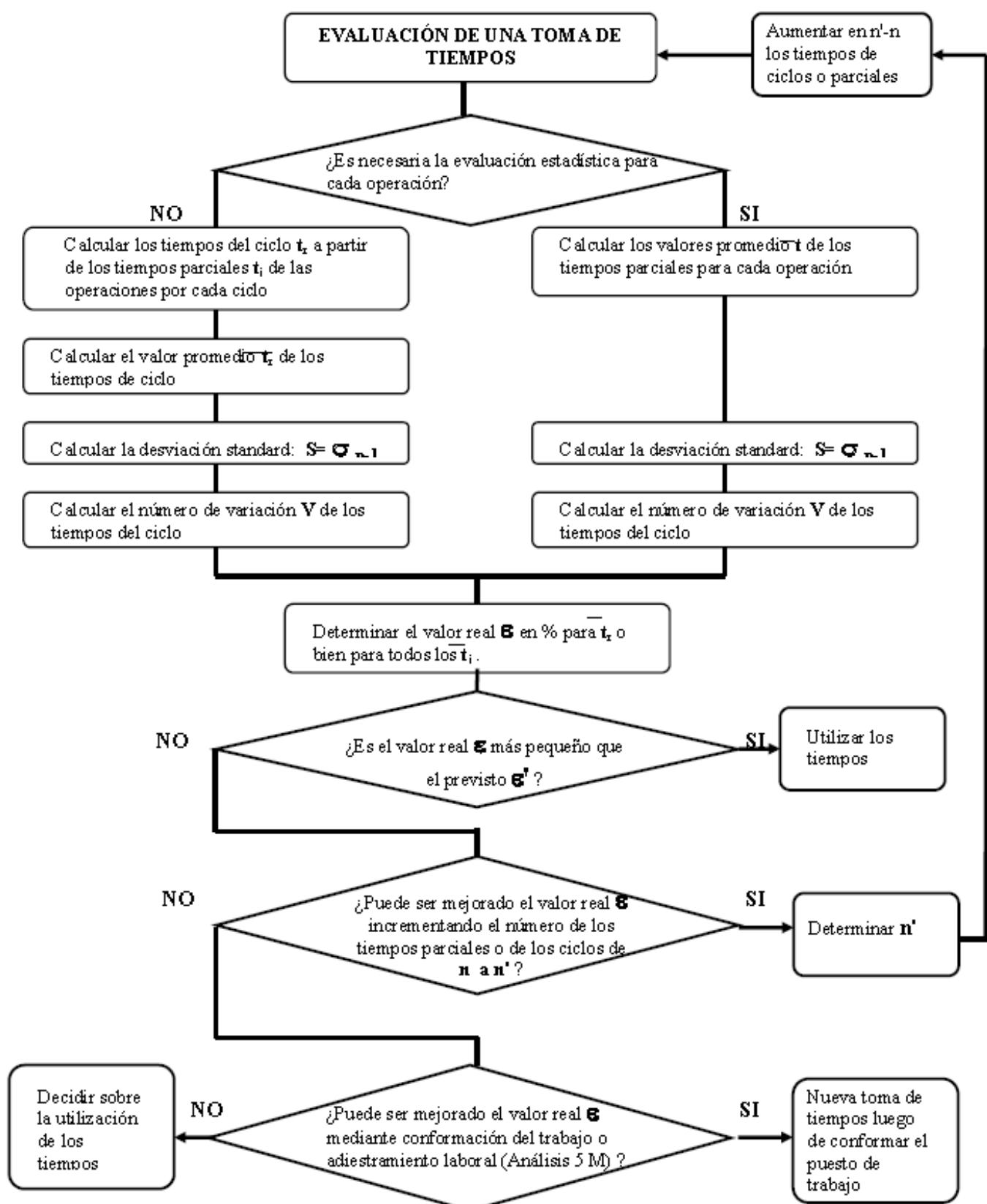
Oscilaciones mayores de los tiempos parciales en las tomas de tiempos pueden tener las siguientes causas:



Hombre	Medio de elaboración	Objeto a elaborar (Caudal de entrada)	Influencias recíprocas del medio ambiente
Ejercitación; fatiga; factor de efectividad	Desgaste de las herramientas; oscilaciones en la fuerza motriz; temperatura de funcionamiento	Oscilaciones en la dimensión; oscilaciones en la composición de la materia; diferentes grados de suciedad.	Oscilaciones climatológicas; Oscilaciones de otras magnitudes condicionantes, que están dadas como constantes en las condiciones de trabajo.

Tales oscilaciones deforman el resultado de las tomas de tiempos y deben ser evitadas dividiendo el conjunto, esto es la toma tiempos, en por lo menos tres partes, que son ejecutadas a cierta distancia cronológica y cuyos resultados son examinados para comprobar su semejanza.

El derroche de tiempo en esta forma de proceder es algo mayor, pero el peligro de que no quede garantizado el principio del azar (esto es, que sólo una determinada operación tenga la oportunidad de entrar en la toma de tiempos) y de que la muestra estadística no sea representativa, es sin embargo substancialmente menor.





5.6.6.3 PASOS PARA DETERMINAR EL NIVEL DE EXACTITUD DE UNA TOMA DE TIEMPOS

1°. Determinar el t_z : Tiempo de ciclo

2°. Determinar el \bar{t}_z : Tiempo promedio de ciclos

3°. Determinar $S = \sigma_{n-1}$: Desviación standard

4°. Calcular V : Número de variación en %; $V = \frac{S \cdot 100}{t_z}$

5°. Determinar I : Valor límite de la distribución de frecuencias (ver tabla adjunta, donde : $f = n - 1$)

6°. Calcular ϵ : Exactitud de la toma de tiempos

$$\epsilon \text{ en \%} = \frac{I \cdot V}{V \cdot n}$$

Siendo:

$\epsilon' = 5\%$ para el tiempo promedio de ciclo y

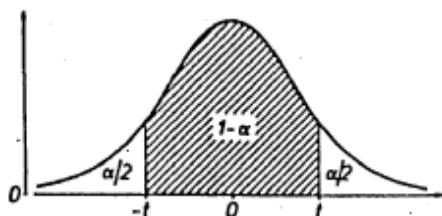
$\epsilon' = 10\%$ para los tiempos promedio por operación

si $\epsilon > \epsilon'$, hay que en primera instancia incrementar el volumen de la muestra estadística.

De la fórmula para ϵ obtenemos:

$$n' = \frac{(I \cdot V)^2}{(\epsilon')^2}$$

Siendo n' la cantidad total de mediciones a realizar

VALORES LÍMITE DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

f	1- α									
	50%	75%	80%	90%	95%	97,5%	99%	99,5%	99,8%	99,9%
1	1.000	2.414	3.078	6.314	12.71	25.45	63.66	127.3	318.3	636.6
2	0.816	1.604	1.886	2.920	4.303	6.205	9.925	14.09	22.33	31.60
3	0.765	1.423	1.638	2.353	3.182	4.177	5.841	7.453	10.21	12.92
4	0.741	1.344	1.533	2.132	2.776	3.495	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.727	1.301	1.476	2.015	2.571	3.163	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.718	1.273	1.440	1.943	2.447	2.969	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.711	1.254	1.415	1.895	2.365	2.841	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.706	1.240	1.397	1.860	2.306	2.752	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.703	1.230	1.383	1.833	2.262	2.685	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.700	1.221	1.372	1.812	2.228	2.634	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.697	1.214	1.363	1.796	2.201	2.593	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.695	1.209	1.356	1.782	2.179	2.560	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.694	1.204	1.350	1.771	2.160	2.533	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.692	1.200	1.345	1.761	2.145	2.510	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.691	1.197	1.341	1.753	2.131	2.490	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.690	1.194	1.337	1.746	2.120	2.473	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.689	1.191	1.333	1.740	2.110	2.458	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.688	1.189	1.330	1.734	2.101	2.445	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.688	1.187	1.328	1.729	2.093	2.433	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.87	1.185	1.325	1.725	2.086	2.423	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.686	1.183	1.323	1.721	2.080	2.414	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.686	1.182	1.321	1.717	2.074	2.405	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.685	1.180	1.319	1.714	2.069	2.398	2.807	3.104	3.485	3.768
24	0.685	1.179	1.318	1.711	2.064	2.391	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.684	1.178	1.316	1.708	2.060	2.385	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.684	1.177	1.315	1.706	2.056	2.379	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.684	1.176	1.314	1.703	2.052	2.373	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.683	1.175	1.313	1.701	2.048	2.368	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.683	1.174	1.311	1.699	2.045	2.364	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.683	1.173	1.310	1.697	2.042	2.360	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.681	1.167	1.303	1.684	2.021	2.329	2.704	2.971	3.307	3.551
50	0.679	1.64	1.299	1.676	2.009	2.311	2.678	2.937	3.261	3.496
100	0.677	1.157	1.290	1.660	1.984	2.276	2.626	2.871	3.174	3.390
150	0.676	1.155	1.287	1.655	1.976	2.264	2.609	2.850	3.146	3.357
∞	0.674	1.150	1.282	1.645	1.960	2.241	2.576	2.807	3.090	3.291

**PLANILLA DE TOMA DE TIEMPOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Nº	Operación Punto de referencia	Cant. refer.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\Sigma JA/n$ $\Sigma ti/n$	JÁ ti	tb	
1		1	J.A.	100	100	100	100	100	95	95	100	110	100						1000	100	81,9	
			ti	75	72	72	95	70	90	95	65	95	90						10	81,9		
			ta	75	515	988	1470	1975	2421	2902	3383	3844	4357						10	81,9		
2		1	J.A.	100	105	110	95	110	105	100	100	95	95						1015	101,5	116,5	
			ti	115	112	110	125	100	116	110	110	120	130						1148	114,8		
			ta	190	627	1098	1595	2075	2537	3012	3493	3964	4487						10	114,8		
3		1	J.A.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100						1000	100	71,7	
			ti	63	75	68	75	76	70	75	72	71	72						717	71,7		
			ta	253	702	1166	1670	2151	2607	3087	3565	4035	4559						10	71,7		
4		1	J.A.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100						1000	100	42,4	
			ti	40	42	44	45	40	40	42	44	42	45						424	42,4		
			ta	293	744	1210	1715	2191	2647	3129	3609	4077	4604						10	42,4		
5		1	J.A.	110	100	100	95	90	95	90	110	100	95						985	98,5	166,5	
			ti	150	172	165	190	140	160	188	140	190	195						1690	169		
			ta	443	916	1375	1905	2331	2807	3317	3749	4267	4799						10	169		
			Σtz	443	473	459	530	426	476	510	431	518	532							Σtb	480	

Observaciones:

ANÁLISIS ESTADÍSTICO										
Nº	OPERACIÓN	n	\bar{t}	σ_{n-1}	V	I	ε	ε'	$\varepsilon > \varepsilon'$	n'
1		10	81,9	12,10	14,8%	2,262	10,6%	10	SI	11
2		10	114,8	8,56	7,5%	2,262	5,3%	10	NO	NO
3		10	71,7	4,00	5,6%	2,262	4,0%	10	NO	NO
4		10	42,4	2,01	4,7%	2,262	3,4%	10	NO	NO
5		10	169	21,26	12,6%	2,262	9,0%	10	NO	NO
Σz	Ciclo	10	479,8	40,47	8,4%	2,262	6,0%	5	SI	15



5.7 TIEMPOS SUPLEMENTARIOS PERSONALES

En el punto 9.3 Niveles o Rangos de Tiempos, habíamos visto que para pasar del “nivel” **Tiempo Base** al “nivel” **Tiempo Standard**, se afecta al Tiempo Base de suplementos (o tiempos) por descansos para cubrir la fatiga del trabajador.

FATIGA, se entiende aquí por fatiga al cansancio físico y/o mental que reduce la capacidad de trabajo de quien lo siente.

Un trabajador fatigado está EXPUESTO A RIESGOS DE ACCIDENTES, y aquí es donde cobra su máxima importancia el estudio del trabajo en relación a la SEGURIDAD del trabajador.

La concesión de suplementos de tiempos por descanso tiene por objetivo preservar la salud del trabajador al otorgar un período de tiempo adicional para recuperarse de un esfuerzo físico, mental o debido al medio ambiente. El hecho es asegurarse que el esfuerzo que realice nuestro trabajador no sobrepase los límites de su capacidad física, de percepción y acondicionamiento humano.

La asignación de un suplemento de descanso debería ser igual al tiempo de recuperación fisiológica de nuestro trabajador.

Todo esfuerzo físico se puede medir, como así también su tiempo de recuperación, por ejemplo a través de la variación de: del consumo de oxígeno, o del ritmo cardíaco, o de la ventilación pulmonar, o la temperatura de la piel, o de la concentración del ácido láctico de la sangre, o la excreción de kelosteroide #17 en la orina entre otros factores.

Entonces si medimos tales variaciones con distintos trabajadores (edad, sexo, salud y complejión física y capacidad mental) controlando el proceso y el medio en un laboratorio durante suficiente tiempo calendario para obtener conclusiones, es posible confeccionar gráficos de dispersión y de allí inferir una tabla para calcular suplementos por descansos.

5.7.1 TABLAS PARA CALCULAR SUPLEMENTOS POR DESCANSOS

En el mundo debe haber unas cincuenta tablas para cálculo se suplementos por descansos desarrollados por un Ente Nacional del País de origen. No hay una tabla normalizada internacionalmente, por ejemplo a través de la ISO.

Todas las tablas son “buenas” a pesar que puedan presentar distintos procedimientos de cálculo, en general todas las tablas dan el mismo resultado al final.

En este apunte se analizarán dos métodos de asignación de Suplementarios por Descansos:

1. Método Renault
2. La Tabla realizada por la empresa Peter Steel & Partners (Reino Unido), que ha publicado la OIT, haciendo la aclaración que se trata simplemente de un ejemplo, no una recomendación de uso o de no uso. (Ver anexo 1)



5.7.1.1 MÉTODO RENAULT

5.7.1.1.1 GENERALIDADES

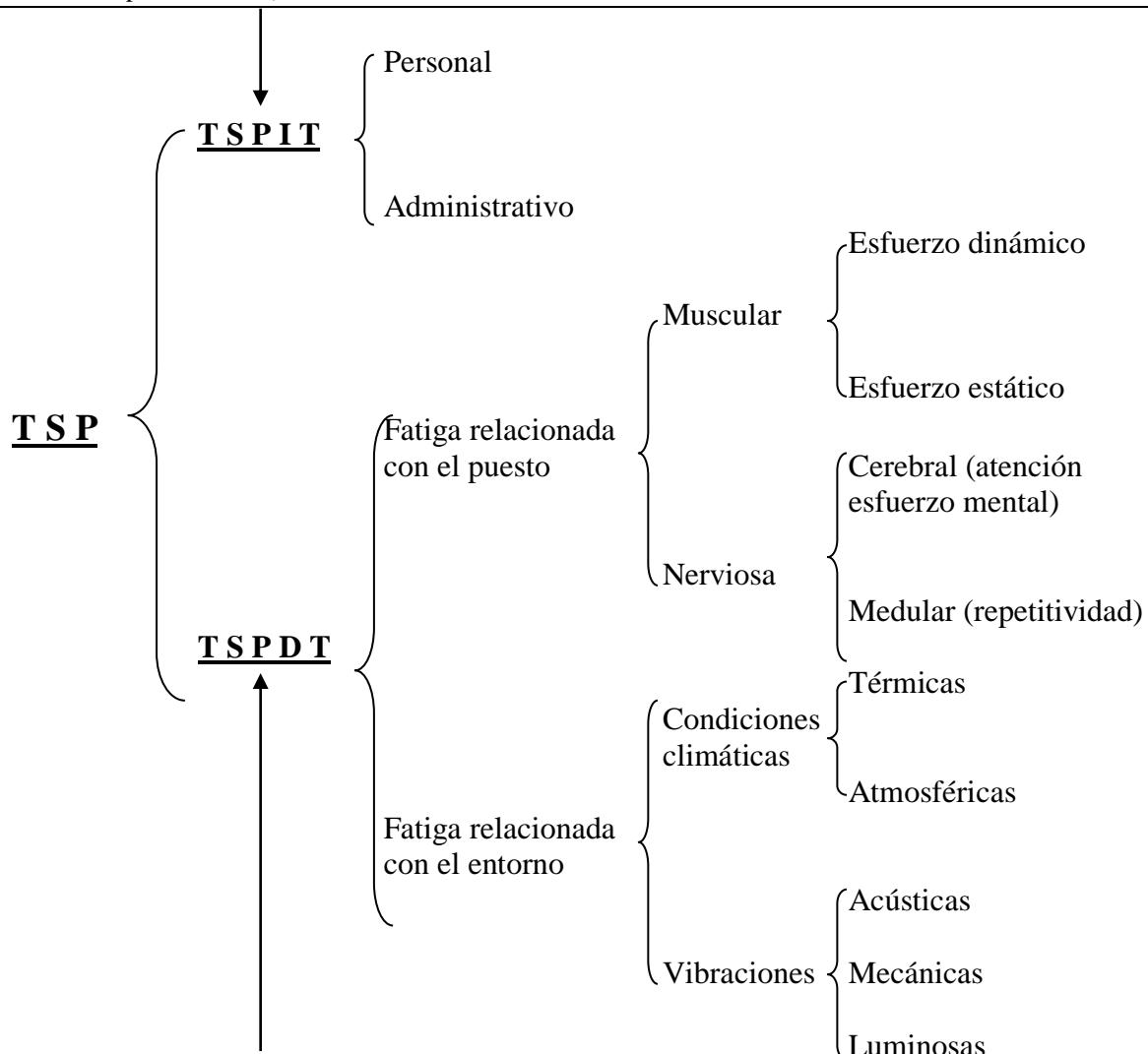
Los Tiempos Suplementarios Personales son tiempos que aumentan el tiempo normal de una operación para permitir al operario disponer de períodos de descanso

Se clasifican en dos categorías:

TSPIT: Tiempos Suplementarios Personales Independientes del Trabajo

TSPDT: Tiempos Suplementarios Personales Dependientes del Trabajo

Expresado en % del Tb (salvo en línea de montaje, donde el % se aplica al tiempo de presencia menos el tiempo concedido para descanso)



Expresados en % aplicados a cada elemento de trabajo



5.7.1.1.2 TIEMPOS SUPLEMENTARIOS PERSONALES INDEPENDIENTES DEL TRABAJO (TSPIT)

Definición:

Los Tiempos Suplementarios Personales Independientes del Trabajo están previstos para compensar las interrupciones debidas a necesidades:

A) PERSONALES

- Preparar los alimentos
- Satisfacer las necesidades personales
- Lavarse las manos, etc.

B) ADMINISTRATIVAS:

- Recepción y verificación de la paga
- Recepción de órdenes de trabajo
- Toma de consignas de un superior, etc.

Principio:

Los tiempos suplementarios se obtendrán aplicando al tiempo base de cada elemento (Tb) que compone el trabajo, un coeficiente global fijo del 4%

Este suplemento es igual para todo tipo de trabajos (salvo en Líneas de Montaje, donde el coeficiente es del 5%)

5.7.1.1.3 TIEMPOS SUPLEMENTARIOS PERSONALES DEPENDIENTES DEL TRABAJO (TSPDT)

Generalidades:

Todo trabajo trae como consecuencia la acumulación de fatiga.

Esta fatiga aparece progresivamente y se manifiesta por una pérdida de la efectividad ofrecida del trabajador, lo cual ocasiona además un aumento del tiempo de realización de la tarea laboral.

Es necesario por lo tanto prever interrupciones o tiempos suplementarios para permitir al trabajador disponer de tiempos de reposo o de recuperación de la fatiga.

La naturaleza del trabajo ejecutado tiene una influencia directa sobre la fatiga del trabajador. También puede darse el caso de que los esfuerzos durante una tarea sean variables.

Se trata, en resumen de determinar con precisión los diferentes factores que provocan la fatiga.

En la práctica, los coeficientes de reposo serán ponderados en función de su representatividad dentro de la fase de proceso analizada.



5.7.1.1.3.1 FATIGA MUSCULAR

Generalidades:

Como consecuencia del funcionamiento de los músculos, la fatiga muscular es un fenómeno fisiológico que se produce en el curso de contracciones repetidas de los músculos.

Se puede definir como la pérdida progresiva del valor funcional de los músculos debido a la repetición de las contracciones.

Dos casos se distinguen en función de la naturaleza del esfuerzo muscular realizado:

- **ESFUERZO DINÁMICO**
- **ESFUERZO ESTÁTICO**

A) **ESFUERZO DINÁMICO**

Definición:

Es el esfuerzo necesario para desplazar un objeto independientemente de la amplitud del desplazamiento.

Notas:

1º. Las presiones ejercidas sobre objetos, aunque no haya desplazamiento de éstos, son asimiladas a esfuerzos dinámicos.

2º. Los esfuerzos necesarios para desplazar el cuerpo de un lugar a otro son considerados en los esfuerzos estáticos

Principio:

La fatiga generada por los esfuerzos dinámicos está en función de:

- La intensidad del esfuerzo
 - (desplazamientos espaciales: esfuerzo igual al peso del objeto desplazado)
 - (desplazamientos por deslizamiento o presiones: esfuerzo real medido)
- La duración del esfuerzo
- La frecuencia del esfuerzo

Los coeficientes de reposo para la recuperación de la fatiga debida a los esfuerzos dinámicos, varían en función del esfuerzo real ejercido: sin embargo estando expresados los coeficientes en %, la duración y frecuencia del esfuerzo son considerados directamente.

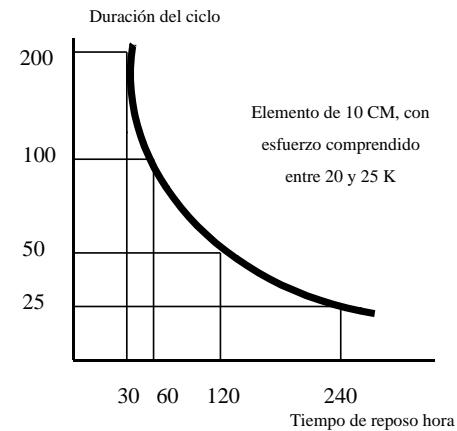
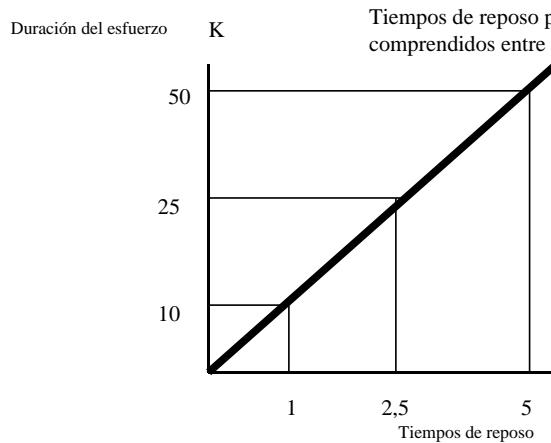


Tabla de suplementos:

La siguiente tabla da los porcentajes de recuperación de la fatiga debida a los esfuerzos dinámicos en función del esfuerzo ejercido

ESFUERZO REAL	
Esfuerzo $\leq 1,25 \text{ Kg} = 0$	$12,5 < \text{Esfuerzo} \leq 15,0 \text{ Kg} = 6$
$1,25 < \text{Esfuerzo} \leq 2,50 \text{ Kg} = 1$	$15,0 < \text{Esfuerzo} \leq 17,5 \text{ Kg} = 7$
$2,25 < \text{Esfuerzo} \leq 5,00 \text{ Kg} = 2$	$17,5 < \text{Esfuerzo} \leq 20,0 \text{ Kg} = 8$
$5,00 < \text{Esfuerzo} \leq 7,50 \text{ Kg} = 3$	$20,0 < \text{Esfuerzo} \leq 22,5 \text{ Kg} = 9$
$7,50 < \text{Esfuerzo} \leq 10,00 \text{ Kg} = 4$	$22,5 < \text{Esfuerzo} \leq 25,0 \text{ Kg} = 10$
$10,0 < \text{Esfuerzo} \leq 12,25 \text{ Kg} = 5$	

B) ESFUERZO ESTÁTICO

Definición:

Es el esfuerzo muscular necesario para asegurar una postura de trabajo

Nota:

Los esfuerzos musculares necesarios para desplazar el cuerpo de un lugar a otro y los esfuerzos para actuar sobre pedales, se asimilan a esfuerzos estáticos.

Principio:

Las posturas relativas a los esfuerzos estáticos se reparten en cuatro grupos acumulables



- A- Postura principal
- B- Posición de los miembros superiores
- C- Posición del tronco
- D- Utilización de pedales

A- Postura principal

Esta postura tiene en cuenta las siguientes posiciones:

- Sentado
- De pie o andar en puesto fijo
- Andar en línea de montaje (desplazamiento combinado del puesto y del operario durante la realización de la operación)
- De rodillas
- En cuclillas

B – POSICIÓN DE LOS MIEMBROS SUPERIORES

Esta clase considera las siguientes posiciones]:

- Sin desplazamiento espacial del brazo
Movimientos efectuados por el antebrazo con los codos apoyados en la mesa y movimientos de los brazos a lo largo del cuerpo.
- Con desplazamiento espacial del brazo (los codos no quedan apoyados en la mesa)
Brazos por debajo de los hombros
Brazos por encima de los hombros

B- Posición del tronco

Esta clase considera las siguientes posiciones:

- Tronco inclinado hacia delante o sobre un lado entre 30° y 60°
- Tronco inclinado hacia delante entre 60° y 90°
- Tronco inclinado hacia atrás en todos los casos
- Torsión del tronco entre 60° y 90°

C- Utilización de pedales

Se asigna el 1% por utilización de un pedal y 2% para la utilización de dos pedales.

**Tabla de suplementos:**

A Postura principal	%	B Posición miembros superiores	%	C Posición del tronco	%
Sentado	0	Sin desplazamiento espacial del brazo	0		
De pie o andar en puesto fijo	1			Flexión del tronco	1
Andar con desplazamiento del puesto y operario	2	Desplazamiento del brazo por debajo de los hombros	2	Flexión hacia delante o sobre un lado entre 30° y 60°	3
De rodillas	4			Torsión de 60° a 90° o flexión hacia atrás	
En cuclillas	6	Desplazamiento del brazo por encima de los hombros	5		6

5.7.1.1.3.2 FATIGA NERVIOSA**Generalidades:**

La fatiga nerviosa es debida a las excitaciones experimentadas por sistema nervioso en el curso de realización de una tarea.

Esta fatiga puede ser debida a las siguientes actividades mentales:

• Esfuerzo de atención

Fatiga nerviosa debida al nivel de atención

• Esfuerzo mental

Fatiga nerviosa debida a las operaciones mentales

• Esfuerzo de repetitividad

Fatiga nerviosa debida a una repetición muy frecuente de los mismos grupos de movimientos

A- ESFUERZO DE ATENCIÓN**Definición:**

Es la concentración de la actividad mental debida a la precisión del trabajo, a los riesgos y a las tensiones.



Principio:

La fatiga, que se deriva del grado de atención, está en función de las siguientes variables:

- **La precisión:**

Se trata de la precisión de los movimientos, generalmente localizados por la presencia de posicionares, no siendo posible realizarlos sin la participación visual, salvo en los casos de movimientos ciegos.

- **Tensión visual o auditiva**

Es la utilización de la vista o el oído debido a:

- La precisión de los movimientos
- El control visual
- La lectura
- Etc.

- **La precaución:**

Es la prudencia necesaria debida a los riesgos a los que está expuesto el propio trabajador, otras personas o los equipos y productos.

Se asimila a la precaución la dificultad ocasionada por los movimientos precisos (movimientos ciegos), así como la molestia debida a una densidad importante de personal en el puesto de trabajo.

Baremo de suplementos:

Los coeficientes de reposo atribuidos por el criterio “atención” están en función de la asociación de las tres variables (atención, precisión y precaución)

- La presencia de una sola de las tres variables implica un coeficiente del **1%**
- La asociación de dos de las tres variables implica un coeficiente del **3%** o del **2%** en casos de simple colocación.
- La presencia de las tres variables se traduce en un coeficiente del **6%**

Nota:

Es imposible efectuar un esfuerzo de atención que comprenda las tres variables simultáneamente con un esfuerzo mental, de donde un **esfuerzo mental no puede ser nunca superior al 6%**

La siguiente tabla indica los porcentajes de recuperación para la fatiga debida al esfuerzo de **atención** en función de las posibilidades de asociación de las tres variables:



ATENCIÓN	%
Precaución	
Tensión	1
Precisión + Tensión	
Precisión + Precaución	3 / 2
Tensión + Precaución	
Precisión + Precaución + Tensión	6

ESFUERZO MENTAL

Definición:

Es la concentración de la actividad intelectual requerida por la necesidad de una elección o de un cálculo.

Principio:

La fatiga nerviosa debida al esfuerzo mental está en función de la complejidad de la variable “elección” y de la presencia de la variable “cálculo”.

B1) ELECCIÓN:

Es la selección de una posibilidad entre dos o más, ocasionando una decisión de carácter no automática.

La variable “elección” no existe si las decisiones implicadas son de carácter automático. Esto limita considerablemente los casos de elección a considerar.

EJEMPLOS DE DECISIONES CON CARÁCTER AUTOMÁTICO

Operación de colada manual en fundición:

El trabajador debe determinar en momentos diferentes que el molde aún no está lleno o que ya está

Operación de embutición:

El trabajador determina en momentos diferentes cuando puede y cuando no, abandonar el control de la botonera.

Operación de colocación de piezas:

- a) El trabajador determina en momentos diferentes si ha acabado o no de colocar la pieza
- b) El trabajador determina cual es el lado de la pieza que debe colocar



Todas las decisiones tomadas en los casos citados anteriormente corresponden a decisiones de carácter automático.

Las elecciones pueden ser **simples** o **complejas**, **binarias** o **no binarias**.

B1.1 ELECCIÓN SIMPLE

Cuando las características de la opción son fácilmente identificables

Ejemplos:

- Elección de un color de pintura a partir de una referencia de identificación
- Elección de un tipo de caja de velocidades a partir de un código de la tarjeta o etiqueta de la cadena de montaje

B1.2 ELECCIÓN COMPLEJA

Cuando las características de la opción no se identifican fácilmente

Ejemplo:

- Medición de una cota con calibre, micrómetro, etc.

B1.3 ELECCIÓN BINARIA

Cuando la opción debe hacerse sobre dos posibilidades

Ejemplos:

- Determinar que una pieza es buena o mala
- A partir del código de la etiqueta en la cadena de montaje, elección de una caja de velocidades manual o automática.

B1.4 ELECCIÓN NO BINARIA

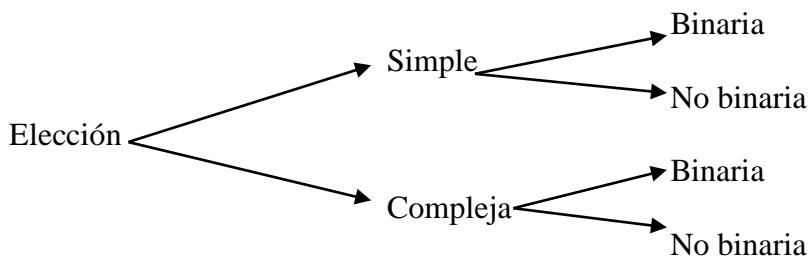
Cuando la opción debe hacerse sobre más de dos posibilidades

Ejemplos:

- Pieza buena, mala o para retrabajar
- A partir de un código de la etiqueta en la cadena de montaje, decidir sobre el destino: Francia, Italia, Alemania, etc.



Resumen:



B2. CÁLCULO

Es la concentración de la actividad intelectual para efectuar cálculos simples

Nota:

Es imposible efectuar una elección y un cálculo simultáneamente

Baremo de suplementos:

La siguiente tabla indica los coeficientes de recuperación de la fatiga debida al esfuerzo mental.

ESFUERZO MENTAL	%
Ni elección ni cálculo	1
Elección simple binaria	1
Elección simple no binaria	2
Elección compleja binaria	2
Elección compleja no binaria	3
Cálculo	3

La combinación de los criterios de atención y esfuerzo mental permite obtener por lectura directa el % total sobre la tabla del TSP.

C. ESFUERZO DE REPETITIVIDAD

Definición:

Es la tensión nerviosa originada por el empleo con una frecuencia elevada de los mismos grupos de movimientos.

Principio:

La fatiga nerviosa debida a la repetitividad está en función de la duración del ciclo.

**Baremo de suplementos:**

La siguiente tabla indica los coeficientes de reposo a conceder en función del tiempo ciclo.

REPETITIVIDAD	%
Tiempo ciclo <= 3 CM	10
3 < Tiempo de ciclo <= 4 CM	9
4 < Tiempo de ciclo <= 5 CM	8
5 < Tiempo de ciclo <= 6 CM	7
6 < Tiempo de ciclo <= 7 CM	6
7 < Tiempo de ciclo <= 8 CM	5
8 < Tiempo de ciclo <= 9 CM	4
9 < Tiempo de ciclo <= 10 CM	3
10 < Tiempo de ciclo <= 11 CM	2
11 < Tiempo de ciclo <= 12 CM	1

Nota:

Cuando la duración del ciclo es superior a 12 CM y dentro del mismo se produce el empleo reiterado de los mismos grupos de movimientos con una frecuencia inferior a 12 CM, debe aplicarse el coeficiente de repetitividad correspondiente a la frecuencia de ciclo interno y ponderarle con respecto a la duración del tiempo ciclo externo, multiplicándole por la relación:

$$\frac{\text{Tiempo ciclo interno} \times \text{Nº de ciclos internos}}{\text{Tiempo ciclo real}}$$

5.7.1.1.3.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS**Generalidades:**

La respiración consiste en una absorción de oxígeno y una eliminación ácido carbónico. Esta respiración se traduce en un intercambio de gases entre el organismo y la atmósfera ambiente, siendo los pulmones los órganos a través de los cuales se efectúan estos cambios.

Nosotros debemos limitarnos a anotar las condiciones atmosféricas en el puesto y alrededor del mismo. De otra parte sabemos que la temperatura ambiente óptima para el trabajo con desgaste muscular es de 14°C y para un trabajo sedentario sentado de 18°C, por lo que conviene asimismo considerar las condiciones térmicas que rodean al puesto.

A) CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

Las condiciones atmosféricas como polvo, humo y ventilación no serán consideradas a efectos de mayoración con suplementos, sin embargo estas circunstancias se estudiarán en la valoración del puesto de trabajo.



CONDICIONES TERMICAS

La ponderación de este criterio está pendiente de determinar, por lo que la aplicación de este factor en los diferentes puestos de trabajo se hará por asimilación a puestos de referencia.

5.7.1.1.3.4 VIBRACIONES

Generalidades:

Los órganos de los sentidos están impresionados por fenómenos físicos tales como la deformación mecánica, ondas luminosas, sonoras o calóricas.

Acabamos de ver la influencia de las condiciones térmicas, ahora distinguiremos tres tipos de influencia correspondientes a los sentidos del oído y de la vista, de una parte, y vibraciones mecánicas de la otra.

Asimilaremos estos tres elementos a vibraciones u ondas de choque que son absorbidas por el organismo.

A) VIBRACIONES ACÚSTICAS

De la misma manera que en el caso de las condiciones atmosféricas, los ruidos no serán considerados a efectos de mayoración, debiendo tenerse en cuenta en la valoración del puesto de trabajo.

B) VIBRACIONES MECÁNICAS

Se han considerado tres casos por asimilación a los puestos de referencia siguientes:

Clase	Grado 1	Grado 2	Grado 3
% Recuperación	2	6	8
Puestos de referencia	Desbarbado en muela gruesa	Desbarbado con buril neumático	Defondar o picar con buril neumático

C) VIBRACIONES LUMINOSAS

Se han considerado tres casos por asimilación a los puestos de referencia siguientes:

Clase	Grado 1	Grado 2	Grado 3
% Recuperación	1	3	5
Puestos de referencia	Puestos que requieren iluminación especial (control de piezas cromadas)	Retoques en cabina de infrarrojos (Pintura) Soldadura autógena	Soldadura eléctrica.



5.7.1.2 TABLA UTILIZADA POR LA EMPRESA Peter Steel & Partners

5.7.1.2.3 FACTOR FISIOLÓGICO

Todo trabajador requiere de un tiempo de uso dentro de su horario de trabajo para sus necesidades fisiológicas, si bien no están escritas oficialmente, se ha adoptado universalmente conceder cinco (5)% para los varones y un seis (6) % para las mujeres (se toma respecto a una jornada laboral de 8 hrs, o lo que es lo mismo, se aplica el porcentaje en cada elemento de trabajo medido).

En los puestos de trabajo de montaje o armado se debe prever un trabajador de RELEVO por cada 19 trabajadores o menos según factores de distancia entre puestos de trabajos u ocurrencias de relevos.

5.7.1.2.4 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL USO DE TABLAS.

La tabla que presentamos como ejemplo y que se adjunta como Anexo I, considera tres tipos de tensiones:

a) **Tensión física**, provocada por la naturaleza del trabajo, considera cuatro factores:

- fuerza ejercida
- postura
- ciclo breve (muy importante)
- ropa molesta (incluir elementos de protección personal).

b) **Tensión mental**, considera cuatro factores:

- concentración (ansiedad)
- monotonía
- tensión visual
- ruido.

c) **Tensión debida al medio ambiente** (que se traduce en tensión física o mental provocado por la naturaleza del medio ambiente o condiciones de trabajo en general), considera seis factores:

- temperatura
- humedad
- ventilación
- emanaciones de gases
- polvos suciedad
- presencia de agua.

A su vez, cada uno de los factores están clasificados en “grados de incidencia”: bajo, mediano y alto. El cálculo se hace fácilmente guiados por la misma tabla y sus sub-tablas por factor y grado de incidencia, obteniéndose “puntos” de calificación, luego se suman los puntos y mediante una última tabla que relaciona los puntos y porcentajes (de suplementos de tiempo a aplicar), se determina el porcentaje final a aplicar.



La aplicación del porcentaje de suplemento de descanso puede ser realizada sobre cada elemento afectado, sobre el tiempo compilado como básico, o sobre las horas de trabajo directamente, el resultado debe ser el mismo. No obstante, se recomienda aplicar sobre el tiempo compilado como básico.

Esta tabla da el resultado final considerando el porcentaje del factor fisiológico, por lo que se recomienda su discriminación al final.



5.8 MUESTREO DEL TRABAJO (MUESTREO DE ACTIVIDADES)

5.8.1 INTRODUCCIÓN

ES UNA TÉCNICA PARA DETERMINAR, MEDIANTE MUESTREO ESTADÍSTICO Y OBSERVACIONES ALEATORIAS INSTANTÁNEAS, EL PORCENTAJE DE APARICIÓN DE DETERMINADA ACTIVIDAD

El procedimiento de muestreo es una técnica de percepción y observación, en el que se hace un número grande de observaciones cortas del trabajo en una empresa, con el objeto de lograr resultados cuantitativos para determinados estudios.

Estos pueden ser:

- Determinación de tiempos Standard
- Determinación de tiempos improductivos
- Determinación de utilización de máquinas y equipos
- Determinación de aprovechamiento de líneas de producción
- Etc.

El observador registra impresiones u observaciones para uno o más objetos, pero cada vez observa sólo durante un instante (toma instantánea), en el que se registra la condición en la cual el objeto se encuentra en el momento de la observación.

Bajo “condición en la cual el objeto de encuentra” se entiende la existencia o no de un determinado suceso.

En el momento de la observación solamente puede existir o no un único suceso. La relación entre el número, por el cual un suceso determinado se observa como existente, y el total de observaciones, es considerado como el resultado cuantitativo de esa determinada condición.

Ej.:

Cantidad de observaciones por máquina parada (Suma de x): 250

Cantidad total de observaciones realizadas (n): 1000

$$\text{Parte P (\%)} \text{ de máquina parada: } \frac{\text{Suma de } x \cdot 100}{n} = \frac{250 \cdot 100}{1000}$$

$$\text{Parte P (\%)} \text{ de máquina parada} = 25 \%$$

La realización de este tipo de observaciones de corto plazo presupone una técnica de muestreo con una clave aleatoria.

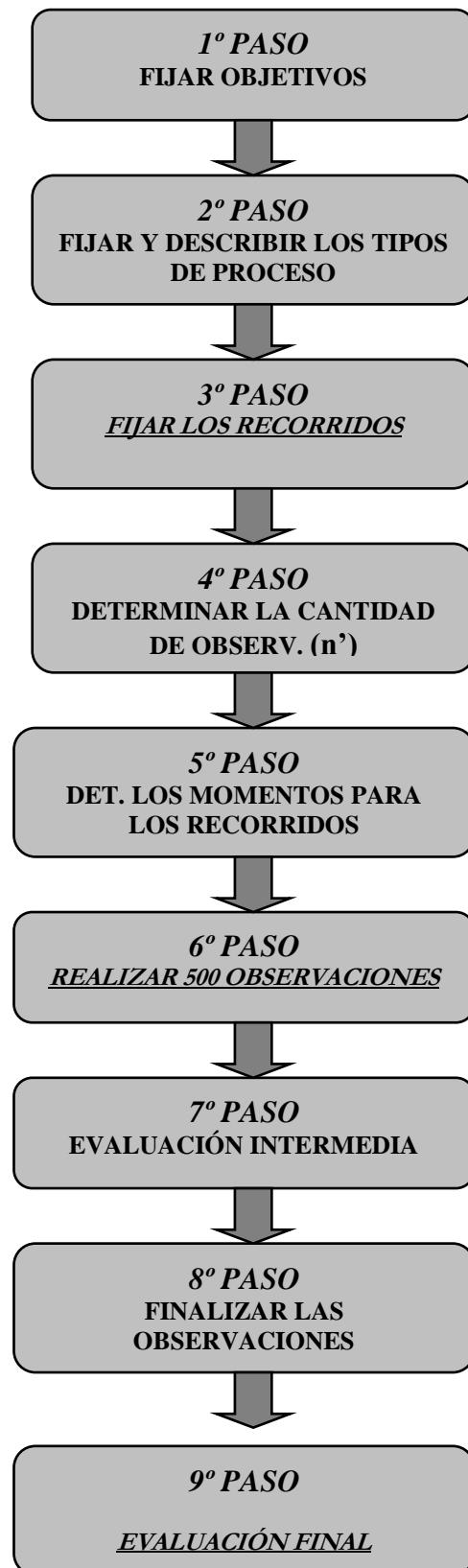
El resultado de estas observaciones está sujeto a la aleatoriedad del muestreo, dado que , por tratarse de una muestra estadística, solamente será representativa del total de la población si las mismas son al azar.

Hay que tener en cuenta que este estudio puede brindar mucha información, pero nunca más que la que buscamos al planificarlo. Esto significa que la etapa de planificación es fundamental para la obtención de resultados.

Es decir que si registramos en forma global los tiempos improductivos no podemos, al finalizar al estudio, pretender discriminar a cada uno de ellos.



5.8.2 PASOS DEL MUESTREO DE ACTIVIDADES





5.8.3 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Se mostrará el método de trabajo en forma cualitativa

1º PASO: FIJAR OBJETIVOS

El éxito del estudio depende en gran medida de este paso, pues un planteo incorrecto del mismo puede ocasionar un esfuerzo vano o mal aprovechado.

Por ejemplo, si lo queremos saber es ¿Qué porcentaje de tiempo las máquinas permanece ocioso (tiempo de máquina improductivo)?

También es conveniente poder determinar las distintas causas, para lo cual en el 2º Paso es fundamental la correcta descripción de los tipos de tiempo a investigar.

Otro caso puede ser una mala elección de la amplitud del estudio, en lo que respecta a la inclusión en el mismo muestreo de sectores que no son similares, donde cada uno tiene características particulares (Línea de montaje y línea de pintura). En este caso no es posible que el análisis de una de ellas, y las conclusiones a que se quiere llegar, sean válidas para la otra.

2º PASO: FIJAR Y DESCRIBIR LOS TIPOS DE PROCESO

Los tipos de proceso son las distintas divisiones y denominaciones que les daremos a los componentes de una tarea laboral, por ej.:

1. Tiempo Estándar prima

- 1.1 Carga y descarga
- 1.2 Máquina en automático
- 1.3 Tareas secundarias
- 1.4 Control del operador

2. Tiempos Improductivos

2.1 Improductivos personales legales

- 2.2.1 Cobro de Salario
- 2.2.2 Necesidades personales

2.2 Improductivos personales no autorizados

- 2.2.1 Charla privada
- 2.2.2 Comenzar las tareas con retraso
- 2.2.3 Finalizar las tareas con adelanto
- 2.2.4 Reuniones gremiales
- 2.2.5 Ausencia del puesto no justificada

2.3 Improductivos fijos

- 2.3.1 Limpieza del puesto de trabajo
- 2.3.2 Acondicionamiento del puesto de trabajo



2.4 Improductivos variables

- 2.4.1 Espera de material
- 2.4.2 Falta de medios de trabajo
- 2.4.3 Buscar material
- 2.4.4 Buscar elementos de trabajo
- 2.4.5 Conversación de servicio
- 2.4.6 Esperar inspección
- 2.4.7 Parada de línea por fallas
- 2.4.8 Parada de línea por calidad

3. Contingente excepcional

- 3.1 Trastornos de proceso (Prolongados)
- 3.2 Esperas prolongadas
- 3.3 Accidentes
- 3.4 Cortes de energía
- 3.5 Fuerza mayor

Es conveniente asignar códigos a cada tipo de tiempo y utilizar siempre los mismos para lograr un grado de comprensión general.

3º PASO: FIJAR LOS RECORRIDOS

Con un plano del sector donde se realizará el estudio, donde se refleje el Lay-Out actual, se fijan los distintos recorridos a realizar en el muestreo.

Es conveniente tener más de un recorrido, dado que la aleatoriedad del estudio depende también en gran medida del factor sorpresa. Esto quiere decir que si los trabajadores saben de antemano la ruta del metodista y, lo que es peor, los horarios, deja de ser representativo de la realidad y el muestreo no tiene validez.

4º PASO: DETERMINAR LA CANTIDAD DE OBSERVACIONES NECESARIAS (n')

Aquí se utilizarán una serie de fórmulas, las cuales permitirán la realización del muestreo. Primero hay que definir el significado de cada término utilizado:

- | | |
|-------|--|
| T | Tiempo disponible para la realización del muestreo |
| R | Número de recorridos |
| R_T | Cantidad de recorridos diarios |
| n | Cantidad de observaciones realizadas durante el muestreo |
| n' | Cantidad de observaciones necesarias |
| n_T | Cantidad de observaciones diarias |
| n_R | Cantidad de sistemas laborales iguales que se observan por recorrido |
| t_R | Duración de un recorrido |
| x | Suma total de las observaciones |
| P | Parte en % de cada tipo de proceso en estudio |
| f | Margen de confianza obtenido |
| f' | Margen de confianza necesario |



- P_i Límite inferior de confianza ($P_i = P - f$)
P_s Límite superior de confianza ($P_s = P + f$)
S Probabilidad deseada (Por lo general S=95%)
1,96 Factor estadístico que se emplea para una probabilidad del 95%

CÁLCULOS:

Para iniciar los cálculos hay que fijar de antemano lo siguiente:

- Parte P(%) del tipo de Proceso en estudio: Se estima un valor lógico
Margen de Confianza necesario (f'): Normalmente se usa $f' = 1\%$
Duración del recorrido (t_R): Se realiza un recorrido de prueba

Lo primero a calcular es la cantidad de observaciones necesarias para realizar el muestreo (n'). Esta cantidad se reajustará periódicamente hasta alcanzar el margen de confianza necesario (f')

$$n' = \frac{(1,96)^2 \cdot P.(100 - P)}{f'^2}$$

5º PASO: DETERMINAR LOS MOMENTOS PARA LOS RECORRIDOS

R_t: Recorridos por día

$$R_t = \frac{n'}{T \cdot n_R}$$

n_T: Observaciones diarias

$$n_T = \frac{n'}{T}$$

R: Recorridas necesarias

$$R = \frac{n'}{n_R}$$

T_R: Duración absoluta del muestreo

$$T_R = \frac{n' \cdot t_R}{60 \cdot n_R}$$

Los momentos de los recorridos se calculan aparte según las posibilidades (Planilla de Cálculo, hoja de tiempos aleatorios, etc.)

Para confeccionar esta planilla hay que tener en cuenta



- El horario de inicio de actividades
- El horario de finalización de actividades
- Las pausas interna (Desayuno, almuerzo, merienda)
- La duración del recorrido

Al fijar los momentos de los recorridos no pueden solaparse de recorridos seguidos, ni verse interrumpido por alguna de las pausas.

6º PASO: REALIZAR 500 OBSERVACIONES

Registrar en la planilla correspondiente (Ver anexo I) aproximadamente 500 observaciones en total.

7º PASO: EVALUACIÓN INTERMEDIA

Luego de realizar unas 500 observaciones se calculan las Partes Proporcionales de los Tipos de Proceso en estudio (P) y los Márgenes de Confianza de cada uno (f).

$$P = \frac{\text{Suma de } x \cdot 100}{n}$$

$$f = 1,96 \sqrt{\frac{P(100-P)}{n}}$$

Si $f > f'$ se calculará nuevamente la cantidad de observaciones necesarias (n') y se continuará con el estudio



5.8.4 EJEMPLO PRÁCTICO

Se trata de una empresa dedicada a la fabricación de muebles.
Analizaremos el sector de Armado.

1º PASO: FIJAR OBJETIVOS

Se quiere determinar el porcentaje de **Tiempo Improductivo Total** del sector, discriminado en varios tipos de proceso, con el objeto de analizar cada uno de ellos e implementar las acciones necesarias para su eliminación o reducción, y de esta manera aumentar la Productividad.

2º PASO: FIJAR Y DESCRIBIR LOS TIPOS DE PROCESO

1. Tiempo Estándar Prima

$$T_{std'} \quad (T_{std'} = Tb + TSPDT)$$

2. Tiempo Improductivo Total

Ti

2.1 Improductivo fijo

Tif

- 2.1.1 Ordenar puesto
- 2.1.2 Retirar Orden de trabajo
- 2.1.3 Limpiar

Tif.1

Tif.2

Tif.3

2.2 Improductivo variable

Tiv

- 2.2.1 Espera de materiales
- 2.2.2 Buscar herramientas
- 2.2.3 Conversación de servicio

Tiv.1

Tiv.2

Tiv.3

2.3 Improductivo personal legal

Tipl

- 2.3.1 Necesidades personales
- 2.3.2 Cobro de Salario

Tipl.1 (TSPIT)

Tipl.2

2.4 Impr. personal no autorizado

Tipn

- 2.4.1 Charla privada
- 2.4.2 Comenzar con retraso
- 2.4.3 Finalizar con adelanto
- 2.4.4 Ausencia no justificada

Tipn.1

Tipn.2

Tipn.3

Tipn.4

2.5 Contingente excepcional

TC

2.6 Desconocido

TX

O sea:

$$\text{Tiempo Total} = T_{std'} + Ti + TC + TX$$

$$\text{Tiempo Total} = T_{std'} + (Tif + Tiv + Tipl + Tipn) + TC + TX$$

**3º PASO: FIJAR LOS RECORRIDOS**

Se determinaron tres recorridas distintas (No figuran en el ejemplo).

Duración de recorrido: 15 min

4º PASO: DETERMINAR LA CANTIDAD DE OBSERVACIONES (n')

Se estima que la parte proporcional (P) del tipo de tiempo en estudio es del 15 %

$$n' = \frac{(1,96)^2 \cdot (100-P)P}{(f)^2}$$

$$n' = \frac{(1,96)^2 \cdot (100-15) \cdot 15}{(1)^2}$$

$$\boxed{n' = 4898 \text{ observaciones}}$$

5º PASO: DETERMINAR LOS MOMENTOS PARA LOS RECORRIDOS

Cantidad de puestos de trabajo similares

$n_R = 25$

Recorridos por día

$R_T = 20$

Duración del recorrido (Del 3º Paso):

$t_R = 15 \text{ min}$

Comienzo del turno:

7:00 horas

Fin del turno:

17:00 horas

Pausa desayuno:

De 9:00 a 9:15

Pausa almuerzo:

De 12:00 a 12:30

$$\text{Tiempo total del muestreo} \quad T = \frac{n'}{R_T \cdot n_R} \quad ; \quad T = \frac{4.900}{20 \cdot 25}$$

$$\boxed{T = 9,8 \text{ días}}$$

Observaciones diarias:

$$nT = \frac{n'}{T} \quad ; \quad nT = \frac{4.900}{9,8}$$

$$\boxed{nT = 500 \text{ observaciones diarias}}$$

Los momentos de los recorridos se fijaron de acuerdo a una tabla de horas y minutos aleatorios

***6º PASO: REALIZAR 500 OBSERVACIONES***

MA1			Planilla para el Muestreo de Actividades																		Observó		Fecha		Archivo Nº				
																					Controló								
Hoja		de		hojas																									
Tipo de proceso		Recorrido		Día	1																				Resultados				
Nº	Denominación		Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Canti-	Trans-	Suma	Parte		
	Hora		07:07	08:02	08:34	08:50	09:15	09:31	09:55	10:32	10:50	11:15	11:36	12:42	12:57	13:26	13:44	14:40	15:21	15:45	16:04	16:22	x	x	x	%			
1	Tiempo Estándar prima			11	17	18	16	18	16	18	19	20	16	17	19	15	13	21	22	18	20	20	15	349	0	349	69,8%		
2.1.1	Ordenar puesto			6	1										1	1	3						3		15	0	15	3,0%	
2.1.2	Retirar orden de trabajo			2			1						1											5	0	5	1,0%		
2.1.3	Limpiar												1	1		2	1						1	6	0	6	1,2%		
2.2.1	Esperar materiales			3	3	2	3	3	3	2	2		2	2	1		3		1					30	0	30	6,0%		
2.2.2	Retirar herramientas				3	4	1		2		1	1	2			1								15	0	15	3,0%		
2.2.3	Conversación de servicio			1	1		2	1		2		1	1		1									10	0	10	2,0%		
2.3.1	Necesidades personales							3	3				2	2		6							4		20	0	20	4,0%	
2.3.2	Cobro de salario								3	3	3		2				2	2	2					17	0	17	3,4%		
2.4.1	Charla privada						2										2		2		4		10	0	10	2,0%			
2.4.2	Comenzar con retraso			2											5								7	0	7	1,4%			
2.4.3	Finalizar con adelanto												2							1	2		5	0	5	1,0%			
2.4.4	Ausencia no justificada											1					1				2		2	0	2	0,4%			
3	Contingente excepcional																		3				3	0	3	0,6%			
4	Desconocido					1								1					2	2			6	0	6	1,2%			
Observaciones por recorrido (nR)			25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	500	0	500	100%		
Recorrido			Suceso especial																				Recorrido		Suceso especial				
Nº	Día	Hora																					Nº	Día	Hora				



De la planilla de registro se obtuvo el siguiente resumen.

$$\text{Siendo } x = \text{Tif} + \text{Tiv} + \text{Tipl} + \text{Tipn}$$

Día	Suma x	P(%)	f(%)	Pmáx (%)	Pmín (%)	f > f' (1%)	n'
1	142						
2	201	20,10	2,48	22,58	17,62	SI	6.170
3	260	17,33	1,92	19,25	15,42	SI	5.505
4	340	17,00	1,65	18,65	15,35	SI	5.420
5	401	16,04	1,44	17,48	14,60	SI	5.174
6	460	15,33	1,29	16,62	14,04	SI	4.987
7	536	15,31	1,19	16,51	14,12	SI	4.982
8	615	15,38	1,12	16,49	14,26	SI	4.998
9	690	15,33	1,05	16,39	14,28	SI	4987
10	761	15,22	1,00	16,22	14,22	NO	0

8º PASO: FINALIZAR LAS OBSERVACIONES

De las planillas de registro, luego de realizar 5000 observaciones.

9º PASO: EVALUACIÓN FINAL

Nº	Cód.	Tipo de proceso	Suma x	P (%)	f (%)	Pmín	Pmáx
1	Tstd'	TIEMPO ESTÁNDAR PRIMA	4.116				
2.1.1	Tif.1	Ordenar puesto	131				
2.1.2	Tif.2	Retirar Orden de Trabajo	20				
2.1.3	Tif.3	Limpiar	28				
2.1	Tif	Improductivo fijo	179				
2.2.1	Tiv.1	Esperar materiales	142				
2.2.2	Tiv.2	Retirar herramientas	75				
2.2.3	Tiv.3	Conversación de servicio	62				
2.2	Tiv	Improductivo variable	279				
2.3.1	Tipl.1	Necesidades personales	191				
2.3.2	Tipl.2	Cobro de salario	19				
2.3	Tipl	Improd. personal legal	210				
2.4.1	Tipn.1	Charla privada	61				
2.4.2	Tipn.2	Comenzar con retraso	15				
2.4.3	Tipn.3	Finalizar con adelanto	9				
2.4.4	Tipn.4	Ausencia no justificada	8				
2.4	Tipn	Impr. personal no autorizado	93				
2	Ti	IMPRODUCTIVO TOTAL	761				
3	TC	CONTINGENTE EXCEPCIONAL	54				
4	TX	DESCONOCIDO	69				



CONCLUSIONES

Si bien el estudio reafirmó la suposición de la parte $P = 15\%$ (En este ejemplo), no quiere decir que ha finalizado la tarea. Por el contrario, a partir de este momento contamos con todos los datos necesarios para analizar las causas de los tiempos improductivos y tomar acciones para su reducción inmediata.

5.8.5 TARJETA DE CONTROL

A finalizar el estudio hemos determinado que el porcentaje de los tiempos improductivos alcanza el 15,22 %, con un mínimo de 14,22 % y un máximo de 16,22 %.

Se observa que el margen de confianza va disminuyendo diariamente, siendo muy marcado en los dos primeros días.

Con los datos obtenidos podemos armar la siguiente tabla

Día	Cantidad de Observaciones	f (%)	Parte P (%)	Parte Mínima (15,22% - f)	Parte Máxima (15,22 - f)
1	500	3,95	28,40	11,27	19,17
2	1000	2,48	20,10	12,74	17,70
3	1500	1,92	17,33	13,30	17,14
4	2000	1,65	17,00	13,57	16,87
5	2500	1,44	16,04	13,78	16,66
6	3000	1,29	15,33	13,93	16,51
7	3500	1,19	15,31	14,03	16,41
8	4000	1,12	15,38	14,10	16,34
9	4500	1,05	15,33	14,17	16,27
10	5000	1,00	15,22	14,22	16,22

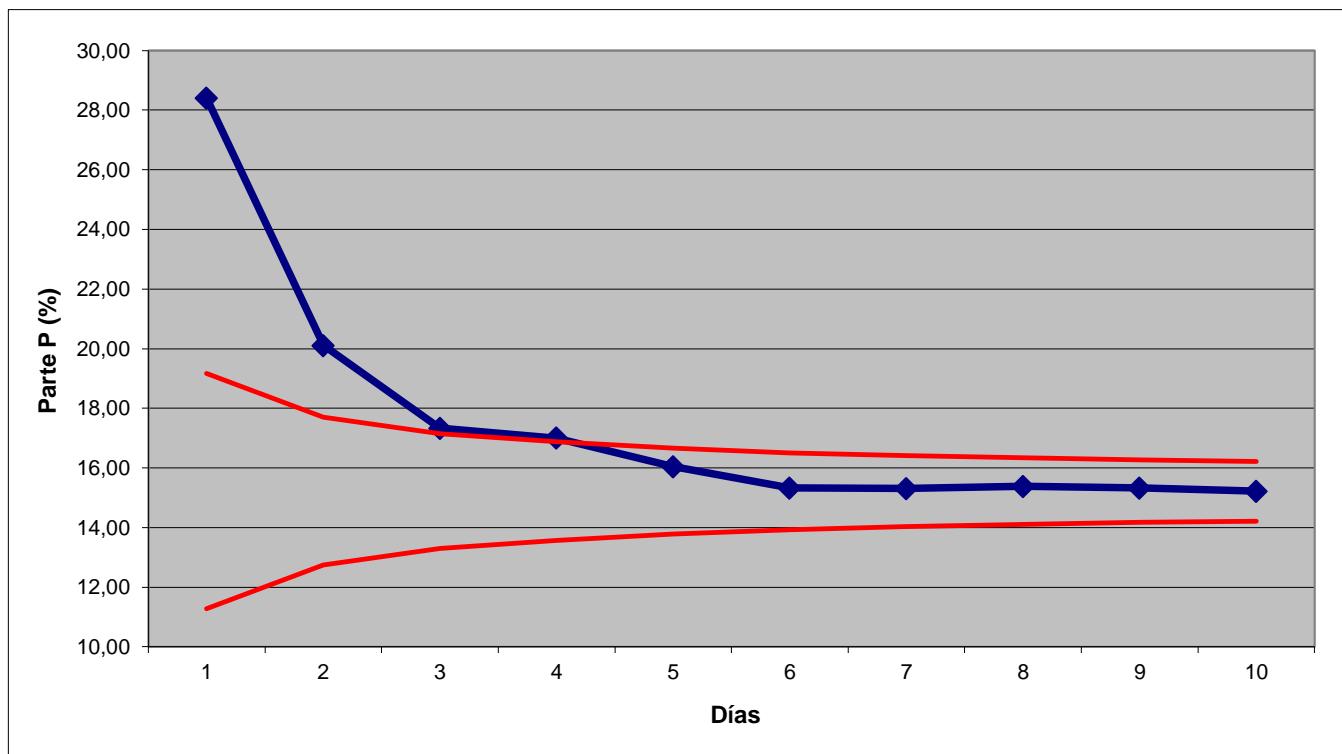
Si se representan las partes mínimas y máximas con relación a la cantidad n de observaciones, se obtiene una curva con forma de embudo. Si se completa la representación incorporando las partes correspondientes a los tipos de proceso calculadas a partir de las frecuencias determinadas hasta el momento, tal como resulta al final de cada día, se obtiene una secuencia de puntos que, debido a la extensión cada vez mayor de las observaciones, representa variaciones que se hacen cada vez menores a lo largo del estudio.

A esta representación se la denomina **Tarjeta de Control**.

Ella delata cualquier falla ocurrida en el Muestreo de Actividades, si el valor correspondiente a las partes calculado día a día abandona el área comprendida por la curva en forma de embudo

En los muestreos efectuados correctamente, normalmente se estabiliza el valor de la parte P dentro de la curva a partir de las 500 observaciones.

Se dice entonces que el Muestreo de Actividades está “bajo control”.



5.8.6 CONSIDERACIONES FINALES

Si bien el Muestreo de Actividades permite la realización de varios tipos de estudios, es claro que la mayor ventaja consiste en la determinación de **Tiempos Improductivos**.

Ahora bien, si por las características de la empresa, no pueden realizarse tomas de tiempo, bajo ciertas circunstancias pueden determinarse tiempos Standard.

Tal como se indicó precedentemente de un Muestreo de Actividades obtenemos Tiempos Standard prima, por la sencilla razón que los TSPDT están incorporados a las actividades de las personas, a menos que específicamente los trabajadores deban detener su actividad para tomar el descanso correspondiente, en cuyo caso este tipo de proceso será definido en la etapa de planificación.

Si volvemos a nuestro ejemplo y suponemos que de los 25 puestos de trabajo estudiados, 10 fabrican el mismo producto y que la producción promedio alcanzada por día es de 50 piezas, podemos calcular lo siguiente:

Producción Total: 50 Piezas

Cantidad de horas totales: 10 personas x 9,25 horas = 92,5 horas

Tstd' = 82,32%

TSPIT = 3,8 %

$$Tstd = (0,8612 \times 92,5 \text{ h}) / 50 \text{ Pz}$$

$$\mathbf{Tstd = 1,593 \text{ h/Pz} = 95,59 \text{ min/Pz}}$$



5.8.7 ANEXOS

ANEXO I: TABLA ALEATORIA DE HORAS

Tabla aleatoria para las horas (06.....17 horas)															
11				12				13				14			
10	8	12	11	9	7	12	15	11	9	15	6	7	10	14	7
12	15	11	7	16	14	6	17	12	6	14	10	13	12	16	13
6	9	10	17	15	11	16	6	7	13	6	9	11	8	9	9
14	16	15	8	17	6	17	13	9	10	9	15	8	7	11	10
16	17	14	13	8	17	9	7	10	6	17	12	14	10	16	14
21				22				23				24			
11	14	7	15	6	16	7	13	8	9	12	8	10	13	8	16
9	13	6	11	17	10	6	17	12	16	6	15	12	17	7	10
14	12	9	7	16	16	10	15	13	12	16	13	14	7	12	6
16	10	12	8	14	8	11	9	17	6	7	10	6	14	13	11
6	9	13	10	15	11	9	6	15	14	11	9	10	16	8	12
31				32				33				34			
7	17	12	10	9	9	15	8	17	15	12	16	17	8	6	16
6	9	17	12	14	12	14	6	7	11	8	12	9	16	15	7
14	6	9	6	16	7	16	15	8	9	17	11	10	13	13	17
8	15	14	17	12	14	9	16	12	7	14	7	12	13	10	12
10	8	15	12	13	12	10	11	8	13	12	10	11	7	15	14
41				42				43				44			
12	15	9	17	16	15	6	11	13	16	16	13	17	14	9	15
15	17	6	13	11	9	11	12	17	10	7	6	16	9	15	8
14	9	7	10	14	11	13	17	12	8	12	10	8	16	17	7
8	6	16	10	17	8	10	7	14	6	9	12	13	7	11	10
8	12	13	6	15	17	9	10	16	14	6	10	11	7	15	14
51				52				53				54			
12	15	14	9	7	13	16	11	15	7	14	12	8	15	16	13
13	10	16	6	12	14	6	17	7	8	8	10	16	12	14	15
17	7	10	15	6	8	13	9	12	10	11	14	13	11	12	11
9	13	6	10	14	11	14	12	13	16	16	7	11	9	6	17
7	8	15	17	11	16	7	6	9	14	17	7	11	9	6	15
61				62				63				64			
17	10	16	6	8	8	17	7	13	14	16	13	9	11	9	13
16	8	11	13	14	13	15	6	8	10	11	7	11	15	10	8
10	14	12	16	15	11	16	13	7	6	15	9	17	6	15	15
6	13	8	9	6	15	9	15	17	11	12	17	6	7	17	6
11	12	10	17	7	16	11	8	14	17	7	14	13	15	12	12
71				72				73				74			
17	12	15	13	16	17	14	11	13	10	8	16	14	7	13	16
15	13	9	8	6	10	16	14	7	12	8	10	16	12	14	13
9	14	16	10	8	8	11	15	12	9	16	14	11	15	17	13
7	6	13	15	17	14	14	16	6	15	13	11	15	10	17	15
14	15	12	7	11	15	8	12	16	11	7	13	12	11	15	14
81				82				83				84			
12	8	16	6	1	11	8	17	16	9	13	10	7	11	12	15
7	10	8	12	14	9	16	11	14	7	10	12	6	15	13	8
10	13	15	17	7	13	7	14	10	6	12	15	11	16	14	12
17	16	14	11	6	14	15	7	6	11	17	14	10	13	15	17
10	6	14	9	15	7	12	9	17	16	11	7	13	12	10	17
91				92				93				94			
17	10	8	15	14	6	8	9	12	16	13	10	7	11	12	15
10	11	9	13	8	9	13	16	15	11	12	9	7	17	6	10
13	16	14	8	17	12	9	7	13	17	8	15	17	10	12	14
8	13	6	17	9	15	17	14	10	10	14	12	16	17	11	15
15	7	11	10	12	16	14	16	13	6	8	11	12	15	17	8



ANEXO II: TABLA ALEATORIA DE MINUTOS

Tabla aleatoria para los minutos (00....59 minutos)									
11					12				
10	37	29	12	31	42	22	19	7	50
11	9	44	51	15	5	52	24	20	16
42	23	4	0	35	36	4	50	14	57
59	46	32	19	45	25	49	8	58	34
30	18	54	38	48	55	12	40	33	29
21					22				
3	14	49	42	59	34	45	2	43	18
46	26	17	54	4	14	39	10	24	31
58	6	30	38	26	2	13	11	35	55
58	49	57	48	21	41	53	33	28	1
11	28	38	19	9	19	36	45	41	52
31					32				
33	9	26	52	45	48	15	58	54	40
7	10	28	50	31	1	21	37	24	59
6	32	37	3	15	54	42	26	4	46
47	29	6	56	1	23	4	49	43	30
32	53	50	15	23	10	34	24	51	19
41					42				
19	24	31	35	3	0	30	34	26	45
51	9	56	19	35	33	44	6	51	35
22	10	5	54	30	49	51	12	21	8
2	32	36	46	42	56	23	7	48	17
57	34	40	8	22	12	35	4	37	53
51					52				
36	27	51	13	4	55	27	44	7	18
16	5	39	26	21	28	31	34	16	7
21	50	40	0	18	20	53	30	24	40
51	35	22	10	43	39	13	1	45	59
44	47	50	16	52	25	42	12	29	50
61					62				
11	23	18	35	58	24	0	46	57	1
52	8	23	40	14	53	36	3	33	20
54	37	42	10	28	11	9	19	4	50
0	42	49	25	5	43	25	22	11	30
23	55	5	39	37	1	22	57	3	17
71					72				
17	0	44	55	2	54	8	28	59	19
48	41	25	15	27	21	51	33	56	9
29	33	6	22	38	37	14	4	10	39
38	7	41	43	58	49	38	30	27	48
48	24	56	38	9	46	10	12	21	42
81					82				
2	56	14	42	39	41	20	26	31	8
26	7	50	34	15	52	34	6	48	18
45	16	30	59	52	2	29	21	55	46
52	41	38	12	24	52	37	59	19	29
18	3	56	16	33	15	6	49	43	57
91					92				
55	39	50	26	31	24	13	30	33	44
42	10	26	58	29	55	16	37	22	27
54	23	30	42	52	20	41	3	28	1
11	31	34	9	18	57	21	51	11	27
19	21	48	16	27	44	14	8	47	0
11					12				
24	37	25	22	1	27	37	25	22	1
12	59	49	2	15	11	44	17	1	47
4	0	13	40	46	5	58	6	43	23
50	12	55	5	38	18	13	28	54	42
28	6	34	56	21	14	38	44	7	36
13					14				
24	16	0	49	39	24	5	13	56	49
43	2	49	33	5	57	6	37	13	9
53	26	56	5	46	36	47	27	58	50
8	29	1	36	47	2	34	47	54	8



ANEXO III : MOMENTOS DE RECORRIDOS

MUESTREO DE ACTIVIDADES													
ESQUEMA PARA EL DESARROLLO DE LOS MOMENTOS DE RECORRIDO													
Tiempos aleatorios		Tiempos aleatorios		Tiempos aleatorios		1°		2°		3°		4°	
(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	Tiempos ordenados		Tiempos complementarios		Momentos de los recorridos			
h	min	h	min	h	min	h	min	h	min	Día	Rec.	h	min
6	33	16	17			—6	—20	—6	—5	1	1	7	7
9	9	17	58			—6	—33	—6	—37		2	8	2
13	26	8	2			—6	—58	—6	—43		3	8	34
10	52	6	43			7	7	—7	—3		4	8	50
15	45	6	5			8	34	8	2		5	9	15
11	48	9	55			—8	—37	—8	—54		6	9	31
9	15	17	28			8	50	—9	—26		7	9	55
6	58	12	35			—9	—1	9	55		8	10	32
15	54	14	1			—9	—9	11	15		9	10	50
14	40	12	6			9	15	—12	—6		10	11	15
11	36	14	32			9	31	12	42		11	11	36
9	41	6	37			—9	—41	—12	—35		12	12	42
10	32	7	3			10	32	12	42		13	12	57
16	22	11	15			10	50	—14	—1		14	13	26
8	50	8	54			—10	—52	—15	—46		15	13	44
17	14	12	42			11	36	16	4		16	14	40
8	34	9	26			—11	—48	—16	—17		17	15	21
13	44	16	4			—12	—13	—17	—28		18	15	45
6	20	15	46			—12	—26	—17	—58		19	16	4
12	57					12	57				20	16	22
7	7					13	26						
17	10					13	44						
12	26					14	40						
10	50					15	21						
9	31					15	45						
9	1					—15	—54						
15	21					—15	—59						
8	37					16	22						
17	24					—17	—10						
15	59					—17	—14						
12	13					—17	—24						

Horas: Cuadro 21, Fila 5

Minutos: Cuadro 31, Fila 1



5.9 NORMAS DE TIEMPOS PRE-DETERMINADOS (N.T.P.D.)

Aclaración:

Este tema está basado en el capítulo 21 del libro "Introducción al Estudio del Trabajo", (Tercera edición revisada), por considerarlo desarrollado de manera clara y concreta.

Se encuentran a disposición de los alumnos apuntes específicos de MTM 1 y MODAPTS

5.9.1 INTRODUCCIÓN

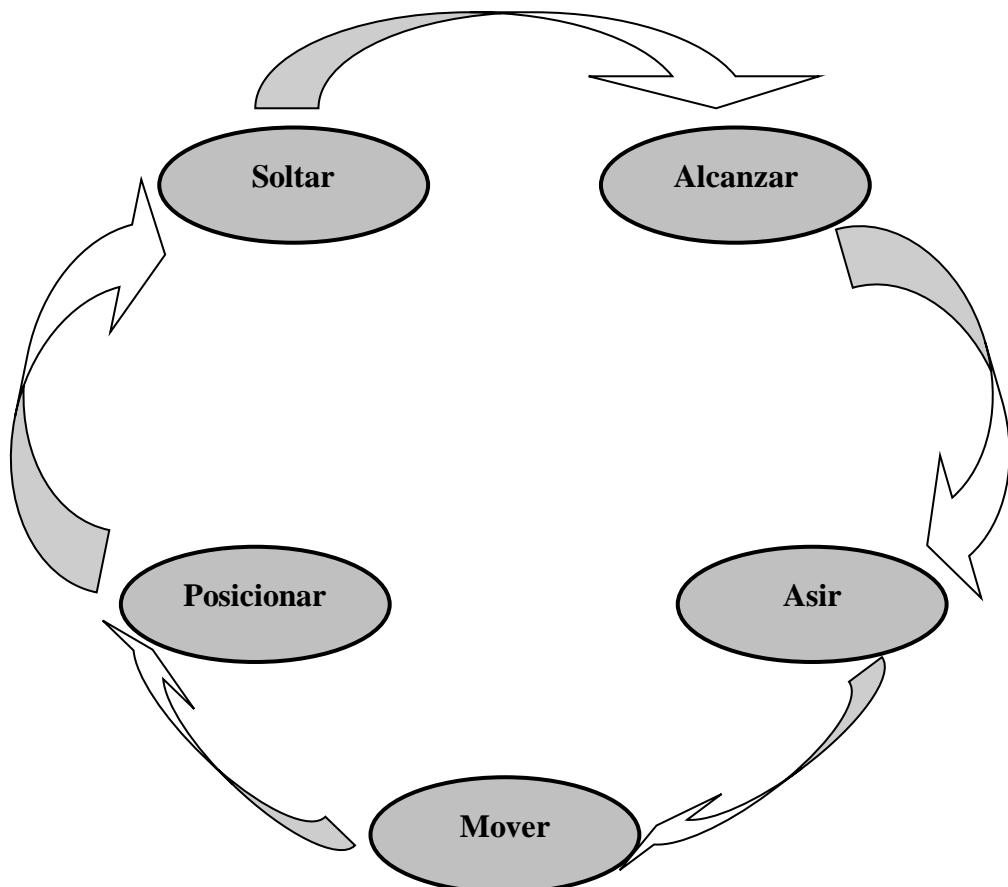
El sistema de Normas de Tiempo Predeterminados es una técnica de medición del trabajo en que se utilizan tiempos determinados para los movimientos humanos básicos (clasificados según su naturaleza y las funciones en que se hacen) a fin de establecer el tiempo requerido por una tarea efectuada según una norma dada de ejecución.

La naturaleza de estas técnicas puede ilustrarse fácilmente recurriendo a una operación sencilla como, por ej.: Poner una arandela en un tornillo.

El operador **estira el brazo** hasta la arandela, la **toma**, la **move** hasta el tornillo, la **posiciona** en el tornillo y la **suelta**.

En términos generales, muchas operaciones constan de todos o algunos de estos 5 movimientos básicos, a los cuales se les suman otros movimientos del cuerpo y otros pocos elementos.

El 85% de las actividades manuales está formado por estos cinco movimientos





5.9.2 ANTECEDENTES

El pionero de la clasificación de movimientos fue Frank Gilbreth cuya subdivisión de movimientos de las manos y los ojos, fueron el concepto clave para el progreso del estudio de movimientos.

En 1927 A. B. Segur completó el trabajo anterior con el agregado del tiempo. Esto es, relacionar los movimientos con los tiempos. Solamente fue utilizado en un ámbito restringido.

En 1934 J. H. Quick desarrolló el "Sistema de factor de Trabajo" (Work Factor).

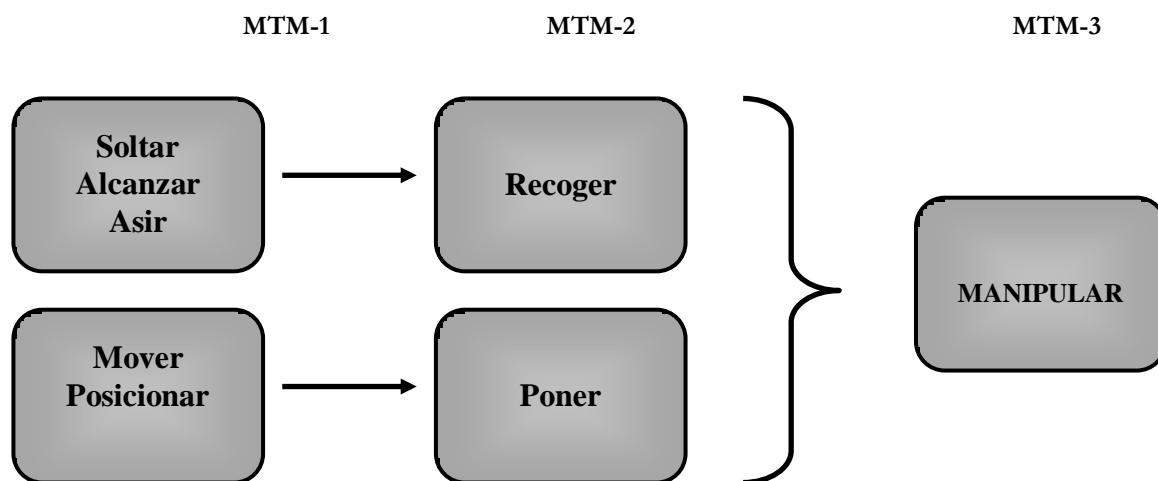
Durante la segunda guerra mundial y la posguerra se inventaron muchos sistemas NTPD. El más destacado es "Medición de Tiempos-Métodos" (MTM), que está muy difundido a nivel mundial.

El sistema MTM fue ideado por H. B. Maynard, G. J. Stegemerten y J. L. Schwab. Los estudios fueron publicados y usados en todo el mundo. Creándose asociaciones MTM en diversas partes del mundo, las cuales siguieron investigando, además de capacitar, y perfeccionando el sistema.

Así nace por intermedio de la Dirección Internacional MTM en 1965 MTM-2 , que es una simplificación del original.

Luego apareció el MTM-3 y en la década del 70 el MODAPTS.

Evolución de MTM





5.9.3 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS NTPD

Los sistemas NTPD tienen algunas ventajas en comparación con la toma de tiempos, pues atribuyen a cada movimiento un tiempo dado, independientemente del lugar donde se efectúe el movimiento, mientras que en la toma de tiempos no se cronometra un movimiento sino más bien una secuencia de movimientos, que juntos componen una operación.

La fijación de tiempos por observación y valoración directa puede ocasionar errores; pero los sistemas NTPD, que no son afectados por ninguna valoración u observación directa, permiten asignar tiempos más fiables.

Los tiempos de las diversas operaciones pueden obtenerse de las tablas de tiempo tipo antes de iniciar la producción, e incluso cuando el proceso se encuentra aún en su fase de concepción.

Esta es una de las grandes ventajas de los sistemas NTPD, que permite al especialista en estudio del trabajo modificar el diseño del puesto de trabajo, los dispositivos de fijación y montaje, así como la coordinación de movimientos necesarios para realizar la operación.

También permite calcular el costo probable de producción.

5.9.4 INCONVENIENTES DE LOS SISTEMAS NTPD

Si bien en teoría la utilización de estos sistemas es de gran utilidad, su uso no está difundido y aceptado mayoritariamente.

Una razón importante es la gran cantidad de sistemas de NTPD que se han desarrollado, generando así una gran confusión en el nivel de aprendizaje y aplicación; requiriendo además mucho tiempo de capacitación por parte de los especialistas de estudio del trabajo.

También se critica que estos sistemas no reemplazan al cronómetro, lo cual es correcto, porque los tiempos de máquina y de espera, por ejemplo, no pueden medirse con estos sistemas.

Sin embargo la práctica indica que el mayor inconveniente radica en que los tiempos de todos los sistemas NTPD son de laboratorio. Esto quiere decir que, aunque sean tiempos promedios, se trata de movimientos "puros", sin interrupciones, dudas o pequeñas demoras a lo largo del turno de trabajo.

Sin contar, además, el tema de las condiciones laborales, como posición de trabajo y medio ambiente.

Los especialistas en MTM, por ejemplo, aún en condiciones óptimas de medio ambiente, suelen sumar un 10% al tiempo obtenido de las tablas.

5.9.5 CAMPO DE APLICACIÓN

Los sistemas NTPD son de aplicación recomendable en tareas muy repetitivas y de ciclos cortos con gran influencia del hombre. Especialmente en líneas de producción.

Hay que ser cuidadoso en los criterios de aplicación de estos sistemas, porque podrían resultar muy caros e injustificados.



5.10 TIEMPO TIPO (o Datos Tipos)

En realidad se trata de un sistema de tiempos predeterminados pero particular a una cierta empresa que viene utilizando cualquiera de las técnicas del cronometraje, o del muestreo o de N.T.P.D., durante un tiempo calendario mayor a tres años. De esta manera puede “rastrear” cuáles son los elementos de tiempos similares en una cierta sección del taller; por ejemplo el cargar la pieza, el descargar la pieza, el retirar virutas, el medir una característica, el barrer, etc., etc., de tal manera que le posibilite la confección de una tabla de tiempos tipo (válido para esa empresa en particular).

Estas tablas, luego son utilizadas en proyectos a implementar en la misma empresa, quedando como variables del contenido de trabajo solamente lo ateniente a la operación en sí, que ya sabemos lo podemos calcular por fórmulas tradicionales

Los niveles de tiempos obtenidos son, Básico, Standard y Presupuestables y la exactitud dentro de $\pm 5\%$.



5.11 CICLADO DE MÁQUINAS

5.11.1 INTRODUCCIÓN

En el Ciclado de Operaciones la tarea laboral de un sistema se cumple con ayuda varios Medios de Elaboración empleados al mismo tiempo o de varios puestos de un Medio de Elaboración, pudiendo ocurrir ello por intermedio de una persona o, en el caso del Ciclado de Operaciones en equipo, por intermedio de varias personas.

El Ciclado de operaciones tuvo lugar primeramente en la industria textil, en las empresas de hilados. Los Medios de Elaboración funcionaban en forma mecanizada y de modo tal que, no solo trabajaban automáticamente, sino que también paran automáticamente en caso de presentarse algún trastorno o perturbación.

La tarea laboral de la persona consiste esencialmente en:

- Allanar trastornos y reanudar el servicio de la máquina
- Recambiar bobinas y
- Vigilar las máquinas

Cuento menos trastornos se presenten y cuanto más grandes sean las bobinas, mayor será la cantidad de tiempo que funcionen las máquinas de manera ininterrumpida; por esa razón las personas pueden ocuparse de otras máquinas.

Una cuestión principal en el Ciclado de Operaciones, en lo que respecta al estudio del trabajo, es la determinación del tamaño óptimo del sistema laboral. Esto es, la cantidad de puestos que pueden ser atendidos por un trabajador.

Por lo tanto podemos decir que:

El objetivo del Ciclado de Máquinas es realizar una distribución de tareas entre la mano de obra de manera tal de maximizar la utilización de la misma.

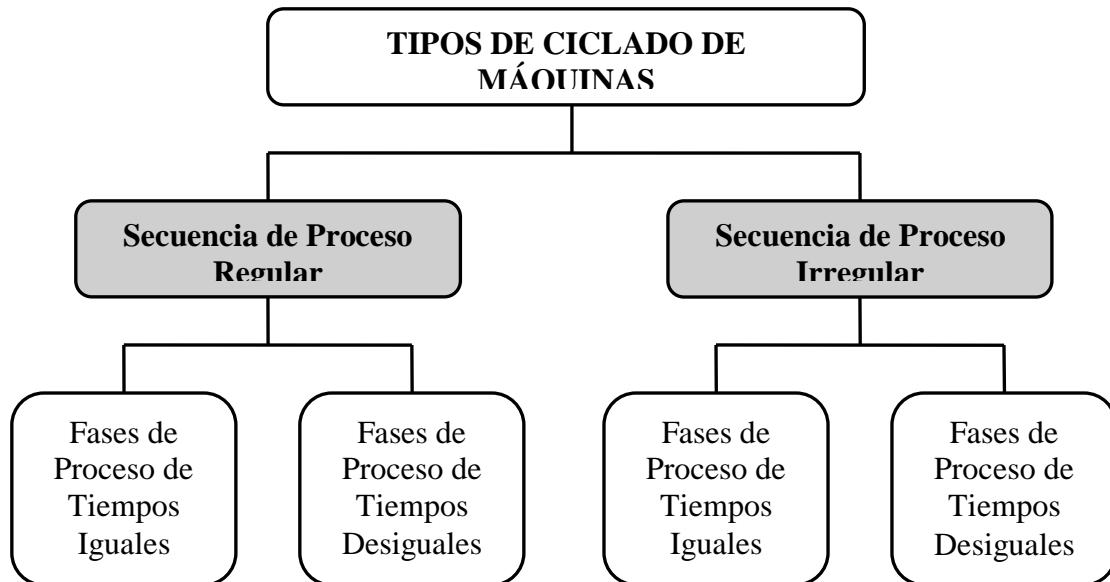
Como consecuencia de la progresiva mecanización en todos los rubros de la producción, el Ciclado de Máquinas se ha propagado fuertemente fuera del ámbito de la industria textil.

Por lo tanto el Ciclado de Máquinas se hace necesario en un ámbito industrial cada vez más grande, donde la mejora de la productividad generada a través de un mejor aprovechamiento de la mano de obra es imprescindible para mejorar la competitividad de la empresa



5.11.2 TIPOS DE CICLADOS DE MÁQUINAS

Se distinguen cuatro tipos, a saber:



Secuencia de Proceso Regular: La secuencia y cantidad de fases de proceso se repiten regularmente. La persona ejecuta su tarea en cada uno de los puestos en una secuencia predeterminada.

Secuencia de Proceso Irregular: El proceso no consiste aquí en una repetición regular de fases de proceso iguales, pero sí resulta posible predeterminar con cierta exactitud, para un período de tiempo suficientemente largo, la frecuencia y la duración de las distintas fases de proceso

Fases de Proceso de Tiempos Iguales: La ejecución de fases de proceso iguales tiene la misma duración para cada uno de los puestos

Fases de Proceso de Tiempos Desiguales: Las fases de proceso del mismo tipo tienen diferentes duraciones, puesto que éstas se basan en distintas tareas parciales.

EJEMPLOS DE COMBINACIONES

1) Secuencias de Proceso Regular con Fases de Proceso Iguales:

No es un caso muy común.

Sería el manejo de máquinas herramientas iguales con el mismo programa de producción.

Es muy fácil de programar y de ejecutar

2) Secuencias de Proceso Regular con Fases de Proceso Desiguales:

Es el más común en la industria no textil.

Elaboración de distintas piezas en varias máquinas, de acuerdo a una secuencia predeterminada.

3) Secuencias de Proceso Irregular de Tiempos Iguales:

No hay una secuencia predeterminada de fases de proceso, pero éstas tienen siempre la misma



duración.

Es un caso típico de las máquinas de hilar, donde se elabora un mismo material en un gran número de puestos. El trabajador se dedica a eliminar trastornos en los husillos, principalmente roturas de hilo y a cambiar las bobinas vacías.

Estas tareas tienen la misma duración, sólo que no es posible planificar el momento de realización de las mismas.

4) Secuencias de Proceso Irregular de Tiempos Desiguales:

Aquí son diferentes no sólo la secuencia de proceso, sino también las tareas parciales a ejecutar dentro de las fases de proceso del mismo tipo (y consecuentemente la duración de las mismas).

Es el caso de telares distintos o con distintos productos, donde el trabajador debe efectuar diversas tareas sin un orden prefijado.

5.11.3 DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS Y DEL NÚMERO DE PUESTOS

5.11.3.1 SECUENCIA DE PROCESO REGULAR

Es el caso típico de las máquinas herramientas, donde lo primero que se determina es el tiempo ciclo de cada una.

Este tiempo se compone de:

- Carga
- Fase en automático (no requiere del control por parte del trabajador)
- Descarga
- Tareas frecuenciales (control, cambio de herramientas, etc.)

Si designamos como :

Tt : Tiempo de Tacto

Th: Tiempo del hombre para carga, descarga, tareas frecuenciales y desplazamiento entre máquinas.

Tendremos que el *porcentaje de carga parcial* (P_i) del trabajador para una máquina será:

$$P_i [\%] = \frac{Th}{Tt} \times 100$$

De esta manera se determina la *cantidad de puestos* (N) como:

$$N = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n < 100\%$$

El *porcentaje de carga total* (P) debería ubicarse entre el 85 y 90%

En el caso de Fases de Proceso de tiempos iguales estos cálculos se simplifican

**Tareas Frecuenciales:**

Son aquellas que no se presentan en todos los ciclos, como es el caso de la carga, descarga y desplazamiento.

Se realizan de acuerdo a una secuencia determinada, por ejemplo 5 ciclos, y corresponden a ciertas tareas que el trabajador debe realizar:

- Control de Piezas
- Cambio de herramientas
- Puesta a punto
- Limpieza del puesto
- Mantenimiento de 1º nivel
- Etc.

La forma de asignarlos en el tiempo ciclo es dividir el tiempo de duración de la tarea por la frecuencia de aparición. Así se obtiene el tiempo de operación frecuencial para un ciclo.

Hay tareas frecuenciales que se realizan con máquina parada (por ej. Cambio de herramientas) y otras con la máquina en funcionamiento (Control de piezas).

En el primer caso se toma en cuenta en el Tiempo Ciclo (máquina parada)

El segundo caso no.

Siempre se suma al tiempo hombre

Tiempo del hombre (Th):

Al determinar este tiempo hay que tener en cuenta los TSPDT y los TSPIT, siempre y cuando este último sea tomado por el trabajador de manera efectiva, esto es **sin relevo**.

Esta condición es válida solamente en el caso que se pueda acumular producción o se contemple paradas de máquinas por falta de asistencia del trabajador.

En el caso que esto no sea posible se designarán relevos y el tiempo del hombre será el **Tstd'**, o sea sin los TSPIT.



5.11.3.1.1 EJEMPLO I

FRECUENCIA DE PROCESO REGULAR - FASES DE PROCESO DE TIEMPOS IGUALES

Datos:

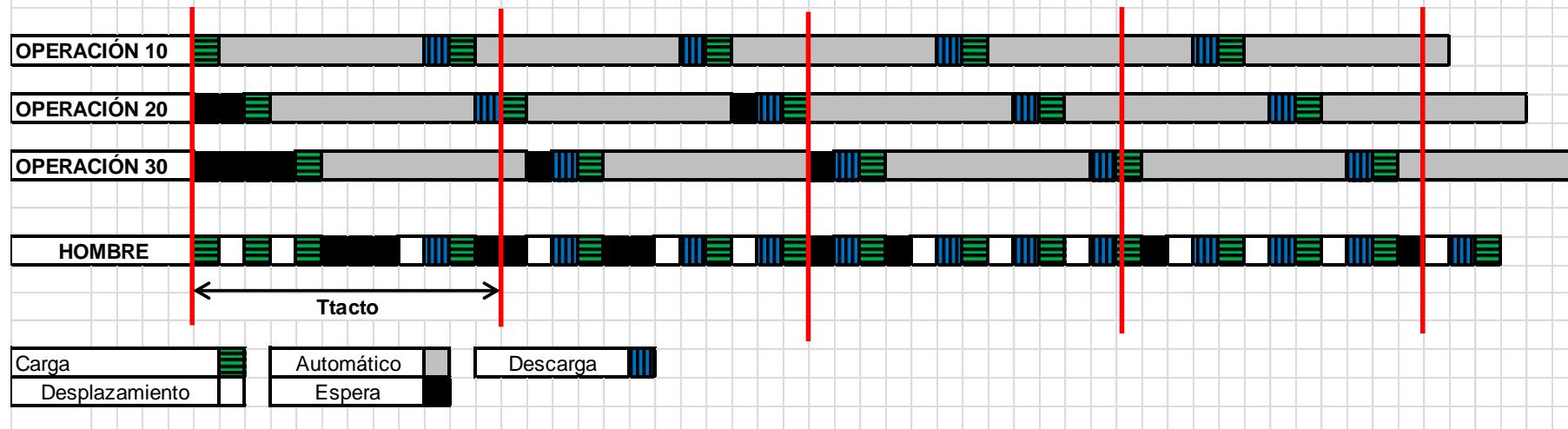
Turno: 8,3 hs

Eficiencia: 96%

Producción requerida: 80 Pzs

$$\text{Ttacto} = \frac{8,3 \text{ hs} * 60 \text{ min/hs} * 0,96}{80 \text{ Pzs}} = 5,98 \text{ min/Pz}$$

	Carga	Descarga	Automát.	Frecuenc.	Despl.	Thombre	Tciclo	Ttacto	Grado de Ocupación
OPERACIÓN 10	0,5	0,5	4,0	0	0,5	1,5	5		
OPERACIÓN 20	0,5	0,5	4,0	0	0,5	1,5	5	5,98	75,3%
OPERACIÓN 30	0,5	0,5	4,0	0	0,5	1,5	5		





5.11.3.1.2 EJEMPLO II

FRECUENCIA DE PROCESO REGULAR - FASES DE PROCESO DE TIEMPOS DESIGUALES

Datos:

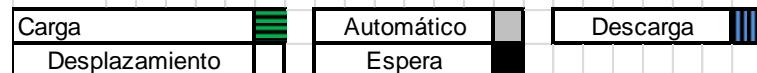
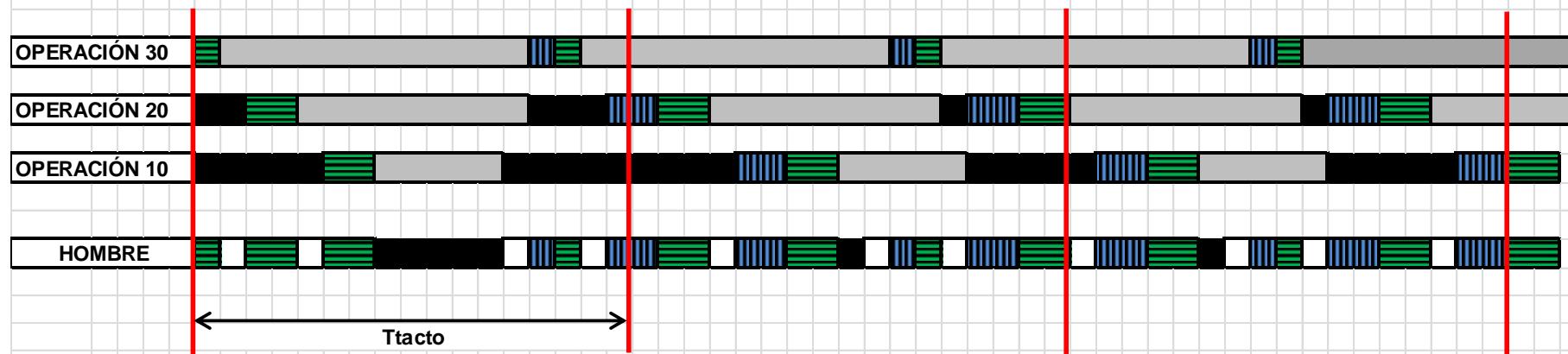
Turno: 8,3 hs

$$\begin{aligned} \text{Ttacto} &= 8,3 \text{ hs} * 60 \text{ min/hs} * 0,96 = 8,54 \text{ min/Pz} \\ &\quad 56 \text{ Pzs} \end{aligned}$$

Eficiencia: 96%

Producción requerida: 56 Pzs

	Carga	Descarga	Automát.	Frecuenc.	Despl.	Thombre	Tciclo	Ttacto	Grado de Ocupación
OPERACIÓN 10	1	1	2,5	0,5	0,25	2,75	4,5		
OPERACIÓN 20	1	1	4,5	0,5	0,25	2,75	6,5	8,54	84,9%
OPERACIÓN 30	0,5	0,5	6,0	0,5	0,25	1,75	7		



**5.11.3.13 EJEMPLO III****FRECUENCIA DE PROCESO REGULAR - FASES DE PROCESO DE TIEMPOS DESIGUALES****Datos:**

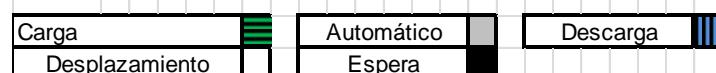
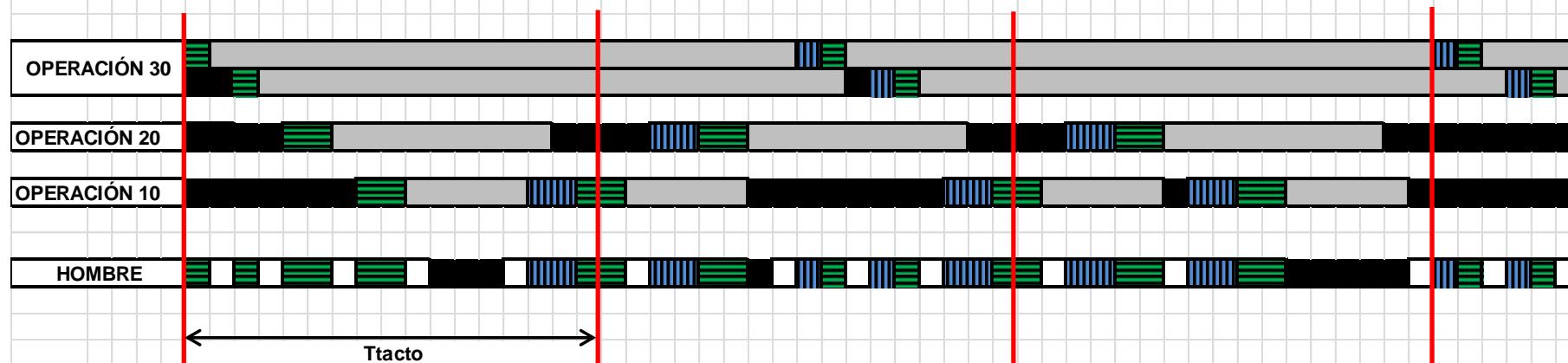
Turno: 8,3 hs

$$T_{tacto} = \frac{8,3 \text{ hs} * 60 \text{ min/h} * 0,96}{56 \text{ Pzs}} = 8,54 \text{ min/Pz}$$

Eficiencia: 96%

Producción requerida: 56 Pzs

	Carga	Descarga	Automát.	Frecuenc.	Despl.	Thombre	Tciclo	Ttacto	Grado de Ocupación
OPERACIÓN 10	1	1	2,5	0,5	0,25	2,75	4,5		
OPERACIÓN 20	1	1	4,5	0,5	0,25	2,75	6,5		
OPERACIÓN 30	0,5	0,5	12,0	0,5	0,25	1,75	13	8,54	84,9%





En el segundo ejemplo de Frecuencias de Proceso Regular con Fases de Procesos de Tiempos Desiguales, nos encontramos con que el Tiempo de Ciclo de la Operación 30 es mayor al Tiempo de Tacto.

En este caso una opción sería duplicar el medio de elaboración y de esta forma tendremos la Operación 30 A y la 30 B

Quiere decir que el trabajador atiende una máquina más para la misma Operación

A los fines del cálculo del Grado de Ocupación del trabajador, se considera un solo desplazamiento por Ciclo.

Otra opción puede ser extender el turno de trabajo de la Operación 30 de manera tal de contar con un stock de piezas al inicio de las actividades del día siguiente

5.11.3.2 SECUENCIA DE PROCESO IRREGULAR

Esta configuración, como ya se indicó, es típica de la industria textil y, por lo tanto, no será analizada en este apunte.

Basta con aclarar que para planificar el funcionamiento del Sistema Laboral, ya sea de tiempos iguales o desiguales, se utilizan herramientas estadísticas para determinar, con cierto grado de exactitud, la aparición y duración de las fases de proceso.



5.12 BALANCEO O EQUILIBRIO DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

La línea de producción es una disposición de áreas de trabajos donde las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes para que el material se mueva continuamente y a un ritmo uniforme

Significa dividir y distribuir el trabajo total de una línea de tal manera de asignar a cada estación de trabajo una cantidad igual o la más cercana posible al tiempo de estación.

Balancear una línea es disponer una serie de operaciones equilibradas que permitan la actividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonablemente directo

5.12.1 PRINCIPIOS BÁSICOS

1- Principio de la mínima distancia recorrida.

Con las áreas de trabajo inmediatamente adyacentes, cada operación comienza donde termina la anterior, cada operación toma el trabajo donde lo deja la que precede.

2- Principio de circulación del trabajo

La circulación implica un movimiento continuo a un ritmo uniforme, que la línea de producción proporciona. La circulación se mide por el ritmo de producción o la cadencia. Ej 10 p/h , 100 kg/mín , 300m²/seg, 10 Ton/día.

3- Principio de la división del trabajo

El empleo más eficaz de la mano de obra consiste en asignar elementos definidos de una tarea total a cada uno de los operarios.

4- Principio de simultaneidad

A lo largo de toda la línea los operarios están realizando sus operaciones, desde la primera a la última y a través de las intermedias simultáneamente.

5- Principio de unidad operativa

La línea se considera una sola unidad de producción para una serie de operaciones o grupo de operarios asignados a un determinado producto.

6- Principio de la trayectoria fija

La trayectoria es pre-establecida cuando se prepara la línea, las posibilidades de desviaciones y de cambios son mínimas.

7- Principio del tiempo y material en proceso mínimo

La producción en línea permite obtener un flujo rápido de material debido a la simultaneidad de las operaciones, minimizando así el tiempo total por producto y el material en proceso.



8- Principio de Intercambiabilidad

Las operaciones y operarios pueden ser intercambiados dentro de su rango de tiempo inherente en función de la cadencia de la línea y de la secuencia lógica de las mismas.

Podemos distinguir 4 tipos de producción en serie:

- 1- Circulación dentro de una máquina con varios cabezales o varias máquinas integradas a un proceso específico y continuo.
- 2- Línea de montaje final que toma generalmente componentes del producto final de sus propias líneas de producción.
- 3- Producción Integral. Línea de mecanizado y/o tratamiento y montaje final.
- 4- Línea de Montaje final donde los componentes son provistos por terceros en cada estación

5.12.2 REQUISITOS PREVIOS PARA QUE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN SERIE SEA PRE-FACTIBLE

1- Cantidad: La cantidad o volumen de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de preparación y lanzamiento de la línea.

2- Ciclo o vida del Producto: Debe ser lo suficientemente largo para amortizar la inversión fija efectuada.

3- Equilibrio: Los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser más o menos iguales. Aquí a cada grupo de operaciones que justifique un operario se le llama estación de trabajo. Aún en cada estación pueden ser requeridos dos o más operarios

4- Continuidad: Deben asegurarse la previsión de materiales, el mantenimiento preventivo, la reducción del descarte, el presentismo de la mano de obra y la provisión del herramiental, todo en forma continua y de acuerdo al ritmo de producción.

5.12.3 COMO PLANEAR UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN SERIE

Funciones básicas que deben tenerse en cuenta:

- **Análisis del Producto o material.** ¿Pueden fabricarse y montarse las piezas de acuerdo al diseño del producto?
- **Análisis del requerimiento anual** . ¿Justifica una línea de producción ? ¿Cuántos turnos se necesitan? ¿Cuántos equipos/máquinas/herramientas son necesarias?



5.12.4 MÉTODOS Y EQUIPOS

Los datos iniciales son:

- a) Las operaciones necesarias
- b) La secuencia de operaciones
- c) La capacidad de cada operación
- d) La cantidad de equipos/máquinas/herramental necesarios
- e) El rendimiento o eficiencia de la línea (η)

Primero debe determinarse el “ritmo” de producción o **cadencia** y se expresa en unidades por hora (u/h)

Resulta de :

$$\frac{\text{Volumen a producir mensual}}{\text{Patrón de trabajo} \times \eta} = \text{Cadencia}$$

Por ejemplo, sea:

Volumen anual = 17.000 Pzas/mes

Patrón trabajos (1 turno) = 21 días/ año x 8 hs / día = 168 hs. /mes

$\eta = 90\%$

por lo tanto , aplicando la fórmula (a), tenemos

$$\frac{17.000 \text{ Pzas/mes}}{168 \text{ hs/mes} \times 0,9} = 112,4 \text{ Pzas/h}$$

El Tiempo de Estación o Tiempo de Tacto (Tack Zeite o Tack Time) ,será , siguiendo con el ejemplo

$$\text{Tacto} = \frac{\text{Patrón de Trabajo}}{\text{Volumen a Producir}} \times \eta$$

$$\text{Tacto} = \frac{168 \text{ hs/mes} \times 60 \text{ min/hs} \times 0,9}{17.000 \text{ Pzas/mes}} = 0,534 \text{ min/pz}$$

Este dato, Tacto o Tiempo de Estación es imprescindible para continuar el estudio puesto que:

- Si se trata de máquinas-herramientas todas deben tener una producción igual o mayor al tacto, es decir todas deben realizar la operación en un tiempo igual o menor al tiempo de estación .
- Por otra parte si se trata de una línea de armado, todos los puestos de trabajo deben tener un tiempo



igual o menor al tiempo de estación, y en caso de ser menor se trata de planearlo para que sean sub-múltiplos del ciclo.

- Todo esto es necesario para cumplir con los principios enunciados al comienzo del tema.
- Por lo tanto se debe tener presente que muchas veces es conveniente dotar a la línea de una máquina más lenta pero que cumpla el ciclo (además la inversión resultará más reducida, y/o la máquina tendrá una vida útil más prolongada.)
- Como puede observarse conociendo el Tacto, es fácil calcular las operaciones necesarias, la secuencia de operaciones, la cantidad de máquinas necesarias.

En cuanto a la capacidad del sistema resulta ser la capacidad de la operación, máquina o equipo **“cuello de botella”**.

Se entiende como **“cuello de botella”** a la operación, máquina o equipo que insume más tiempo por pieza o su inversa la de menor capacidad de producción en una hora.

5.12.5 MOVIMIENTOS DE MATERIALES

El movimiento de materiales es un punto importante a tener en cuenta en la planificación de la línea de producción en serie.

- Si bien los movimientos serán cortos (trayectoria - tiempo) el movimiento de material es lo que liga el conjunto de operaciones y por lo tanto debe ser planeado juntamente con el resto de la línea.
- Los transportadores mecanizados no son siempre los más convenientes, a veces resulta más práctico y eficiente toboganes por gravedad o manual sobre rieles, sin lugar a dudas éstos dos últimos casos mencionados son más flexibles.

Por lo tanto la línea de producción tendrá su sistema de manejo de materiales acorde a las características de los mismos.

Solamente indicaremos aquí los fines de un Sistema de Manejo de Materiales (S.M.M.) para una línea de producción en serie:

- Transporte, movimiento hacia, desde, y a lo largo de la línea
 - Ritmo, mantener el flujo de producción continua
 - Limitación de trabajo, comodidad y reducción M. O.
 - Almacenaje, fijos o flotantes entre operaciones.
 - Equipos, se refieren a pupitres para herramientas, depósitos, calibres y documentos.
- Cuando se utilizan pallets o canastos o carros, no debe olvidarse su retorno al principio de la línea
- La siguiente guía de trabajo puede aplicarse cuando se tiene poca experiencia:
- 1- El movimiento por pieza: realizar de a una si la pieza:
 - a) es grande, voluminosa o pesada
 - b) está embrizada a un pallet
 - c) es uniforme y los tiempos de operación son similares
 - 2- Transportar en lotes cuando las piezas son:
 - a) pequeñas, livianas
 - b) desiguales y el tiempo varía por pieza
 - c) es conveniente por razones de ciclado



- d) pueden extraviarse o ser robadas
- e) pueden deteriorarse
- f) necesita tiempo de secado, estabilidad, etc.

El movimiento de la línea de transporte puede ser continuo o intermitente:

- Las ventajas del movimiento continuo son de que se tiene un ritmo constante y por lo tanto se facilita la supervisión y se garantiza la producción.
- Las ventajas del movimiento intermitente son que permite ciclar operaciones de tiempos marcadamente desiguales, permite acumular lotes intermedios dando más libertad al operario en manejar su ritmo.

5.12.6 BALANCEO O EQUILIBRADO DE LÍNEA

Recordando que:

Significa dividir y distribuir el trabajo total de una línea de tal manera de asignar a cada estación de trabajo una cantidad igual o la más cercana posible al tiempo de estación.

Utilizar el tiempo para este desglose supone la posibilidad de efectuar ciclos o apareamientos de estaciones de trabajo.

Rara vez se consigue un equilibrio perfecto, siempre hay tiempos sobrantes o faltantes en cada estación de trabajo, a éste tiempo sobrante se lo conoce con el nombre de demora inherente. La tarea del Ingeniero Industrial es reducir al mínimo posible la Demora Inherente para ello existen varias prácticas corrientes:

- 1- Asignar al operario una tarea adicional (generalmente de gestión)
- 2- Asignar al operario la alimentación de la línea
- 3- Asignar al operario verificaciones y/o control de calidad
- 4- Asignar al operario el mantenimiento menor de la máquina/equipo o herramiental
- 5- Utilizar el tiempo para formación de bancos de piezas
- 6- Rotación y traslado de operarios
- 7- Programar la tarea en distintos patrones de trabajo por grupo de estaciones de trabajo, esto es posible si se trabaja menos de tres turnos completos.

5.12.7 MÉTODOS PARA EQUILIBRAR LAS OPERACIONES DE ARMADO (MONTAJE)

Lo más corriente es dividir el total del trabajo en elementos razonablemente indivisibles (forman una secuencia completa) y luego realizar las agrupaciones de ellos de manera que su tiempo sea similar al ciclo de la línea.

Aquí se debe tener especial cuidado en la secuencia de ciclos de tal manera que sean consecutivos y no haya retrocesos.

La Demora Inherente también existe, aunque es menor , respecto al caso de una línea de mecanizado y



valen los prácticos mencionados anteriormente.

5.12.7.1 Velocidad de la línea

La velocidad resulta del concepto físico →

$$v = e / t$$

- el espacio será la longitud de la línea o la longitud de una estación de trabajo, y es la longitud que recorre la pieza.
- el tiempo se deduce del ritmo de producción o su inversa el ciclo de producción y es el tiempo en que es necesario obtener una pieza o completar una operación.

Por ejemplo sea:

e = longitud de una estación de trabajo = 1,5 m.

t = tiempo de estación = 1,2 min.

$$v = \frac{1,5 \text{ m}}{1,2 \text{ min}} = 1,25 \text{ m/min}$$

por cada pieza y por lo tanto por todas las piezas que pasan cíclicamente por este puesto de trabajo.

5.12.7.2 LONGITUD DE LÍNEA

Estará en función del tamaño de las piezas, de las operaciones a efectuar, de los ciclados obtenidos, del espacio necesario para los operarios, del tipo de transporte y de la alimentación de la línea.

Asumimos que una estación de trabajo tenga p.ej 1,5 m

la longitud de línea será $L_1 = E_t \times \text{Nro. Et}$

$$L_1 = 1,5 \text{ m} \times 15 \text{ estaciones} = 22,5 \text{ m}$$

Otra forma :

$$L_1 = \frac{E_t \times T_t}{T_E}$$

L_1 = longitud total de la línea

E_t = longitud de estación de trabajo

T_t = tiempo total para terminar 1 pieza

T_E = tiempo ciclado

Ej. $E_t = 1,8 \text{ m}$

$T_t = 0,350 \text{ hs/pieza} - (1 \text{ pieza insume } 0,350 \text{ hs})$

$T_E = 0,018 \text{ hs/pieza} - (1 \text{ estación de trabajo equilibrada es de } 0,018 \text{ hs})$

$$L_1 = \frac{1,8 \text{ m} \times 350 \text{ hs/p}}{0,018 \text{ hs/p}} = 35 \text{ m}$$



5.12.7.3 MECÁNICA DEL EQUILIBRIO O BALANCEO

EJEMPLO 1: BALANCEO DE UNA LÍNEA CON UN SOLO PRODUCTO:

Enunciado: Se trata de una fábrica de instrumentos eléctricos y se espera una producción de 2.628 unidades semanales, su patrón de trabajos es de un turno a razón de 40 hs/semanas. Se ha determinado la lista de operaciones y sus tiempos correspondientes $T_{std'}$ para el montaje en serie, determinar el ciclado (equilibrado).

Utilizamos el $T_{std'}$ porque se considera que los trabajadores tienen relevos para los TSPIT

Datos:

Operación N°	Tiempo $T_{std'}$
10	50
20	73
30	34
40	43
50	62
60	25
Total	287 seg

Producción prevista: 2.628 Pz/sem

Turnos: 1

Horas de trabajo: 40 hs/sem

Eficiencia : 90 %

Paso 1: TIEMPO DE ESTACIÓN / TACTO

$$\text{Ritmo producción} = \frac{2.628 \text{ Pz/sem}}{40 \text{ h/s} \times 0,9} = 73 \text{ Pz/h}$$

$$\text{Tiempo de Estación (Tacto)} = \frac{40 \text{ hs/sem}}{2628 \text{ Pz/sem}} \times 0,9 = 0,0137 \text{ h/Pz}$$

$$\text{o también} = 60 \text{ min/h} \times 0,01397 \text{ h/Pz} = 0,838 \text{ min/Pz}$$

$$\text{o también} = 60 \text{ seg/min} \times 0,838 \text{ min/Pz} = 50,28 \text{ seg/Pz}$$

PASO 2: CANTIDAD ESTACIONES Y/O OPERARIOS

$$\frac{T_{std'}}{T_e} = \frac{287 \text{ seg/Pz}}{50,3 \text{ seg/Pz}} = 5.7 \text{ estaciones/operarios}$$



Paso 3: Equilibrado:

	ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3	ESTACION 4	ESTACION 5	ESTACION 6	
Tstd'	50	73	34	43	62	25	278
Te	50.3	50.3	50.3	50.3	50.3	50.3	301.8

Por lo general las operaciones de cada estación difieren de la duración de la misma. Es aquí donde se calcula el Porcentaje de Carga Total

$$\text{Porcentaje de Carga Total} = \frac{\sum Tstd'}{\sum Te} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de Carga Total} = \frac{287 \text{ seg}}{301.8 \text{ seg}} \times 100 = 95.1 \%$$

En la práctica el Porcentaje de Carga se toma entre el 95 al 97%

Si la línea es automática y avanza a ritmo constante, los trabajadores de las Estaciones 2, 3 y 5 “invadirán” las Estaciones 3, 4 y 6.

Si el avance es manual, cada Estación tendrá su tiempo propio y entregará el producto una vez terminada las operaciones asignadas.

La condición es que siempre debe respetarse que: $\Sigma Te \geq \Sigma Tstd'$

EJEMPLO 2: BALANCEO DE UNA LÍNEA CON VARIOS PRODUCTOS

Se tiene una línea unificada donde se arman varios autos con diferentes tiempos de realización y diferentes necesidades de mano de obra.

Si la producción diaria es de 340 unidades en total, debemos balancear la línea para que al final del día se tenga la producción solicitada.

En este caso analizaremos solamente dos estaciones de trabajo del total de la línea

Datos:

- Tiempo disponible: 8,3 horas
- Cadencia diaria: 340 unidades
- Productos: A: 70, B: 120 y C: 150
- $\eta = 92\%$



PRODUCTO A (Cuatro Puertas Full)		
op. N°	Descripción	Tpo M.O.
10	Aprov. y localizar parlante	0,34
20	aprov. y fijar 4 tornillos	0,28
30	Conectar mazo de cables	0,15
40	Aprov. y montar 6 clips en zócalo der.	0,36
50	Aprov. y montar estribera der.	0,23
60	Aprov y montar cinturón inercial del.der.	0,48
70	Fijar con 1+1 tornillos cinturón del.der.	0,35
80	Aprov y montar cinturón inercial tras.der.	0,45

PRODUCTO B (Furgón utilitario)		
op. N°	Descripción	Tpo M.O.
10		
20		
30		
40	Aprov. y montar 6 clips en zócalo der.	0,36
50	Aprov. y montar estribera der.	0,23
60	Aprov y montar cinturón inercial del.der.	0,48
70	Fijar con 1+1 tornillos cinturón del.der.	0,35
80		

PRODUCTO C (Tres puertas gama media)		
op. N°	Descripción	Tpo M.O.
10		
20		
30		
40	Aprov. y montar 6 clips en zócalo der.	0,36
50	Aprov. y montar estribera der.	0,23
60	Aprov y montar cinturón inercial del.der.	0,48
70	Fijar con 1+1 tornillos cinturón del.der.	0,35
80	Aprov y montar cinturón inercial tras.der.	0,45

1) Determinación del Tacto (Tiempo de Estación)

$$\text{Tiempo de Estación (Tacto)} = \frac{\text{8,3 hs/día} \times \text{60 min/h}}{\text{340 Un/día}} \times 0,9 = 1,35 \text{ min/Un}$$



2) Porcentaje de cada Producto

Producto A: 70 unidades/día (20,6 % de la prod.)

Producto B: 120 unidades/día (35,3% de la prod.)

Producto C: 150 unidades/día (44,1% de la prod.)

3) Balanceo

Op. N°	Descripción	Prod. A	Prod. B	Prod. C
10	Aprov. y localizar parlante	0,34		
20	aprov. y fijar 4 tornillos	0,28		
30	Conectar mazo de cables	0,15		
40	Aprov. y montar 6 clips en zócalo der.	0,66	0,66	0,66
50	Aprov. y montar estribera der.	0,48	0,48	0,48
60	Aprov y montar cinturón inercial del.der.	0,25	0,25	0,25
70	Fijar con 1+1 tornillos cinturón del.der.	0,45	0,45	0,45
80	Aprov y montar cinturón inercial tras.der.	0,85		0,85

Estación 1:

Op. N°	Descripción	Prod. A	Prod. B	Prod. C
10	Aprov. y localizar parlante	0,34		
20	aprov. y fijar 4 tornillos	0,28		
30	Conectar mazo de cables	0,15		
40	Aprov. y montar 6 clips en zócalo der.	0,66	0,66	0,66
50	Aprov. y montar estribera der.	0,48	0,48	0,48
	$\Sigma Tstd'$	1,91	1,14	1,14

$$\text{Porcentaje de Carga Estación} = \frac{\Sigma Tstd'}{Te} \times 100$$

Al ser varios productos se utilizan los **Promedios Ponderados**, esto es:

$$\text{Porcentaje de Carga Estación 1} = \frac{Tstd'_A \times \%_A + Tstd'_B \times \%_B + Tstd'_C \times \%_C}{Te} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de Carga Estación 1} = \frac{(1,91 \text{ min} \times 0,206) + (1,14 \text{ min} \times 0,353) + (1,14 \text{ min} \times 0,441)}{1,35 \text{ min}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de Carga Estación 1} = \frac{1,30 \text{ min}}{1,35 \text{ min}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de Carga Estación 1} = 96 \%$$

**Estación 2:**

Op. N°	Descripción	Prod. A	Prod. B	Prod. C
60	Aprov. y montar cinturón inercial del. der.	0,25	0,25	0,25
70	Fijar con 1+1 tornillos cinturón del. der.	0,45	0,45	0,45
80	Aprov. y montar cinturón inercial tras. der.	0,85		0,85
$\Sigma T_{std'}$		1,55	0,70	1,55

$$\text{Porcentaje de Carga Estación 2} = \frac{T_{std'} A \times \%_A + T_{std'} B \times \%_B + T_{std'} C \times \%_C}{T_e} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de Carga Estación 2} = \frac{(1,55 \text{ min} \times 0,206) + (0,701 \text{ min} \times 0,353) + (1,55 \text{ min} \times 0,441)}{1,35 \text{ min}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de Carga Estación 2} = \frac{1,25 \text{ min}}{1,35 \text{ min}} \times 100$$

Porcentaje de Carga Estación 2 = 93 %

Grilla de Carga:

Para un correcto balanceo es imprescindible organizar la línea de producción, de manera tal secuenciar los distintos productos de manera lógica.

Por lo tanto hay que armar la Grilla de Carga.

Siendo que la producción diaria es:

Producto A: 80 Pz (20,0%)

Producto B: 200 Pz (50,0%)

Producto C: 120 Pz (30,0%)

Lo lógico es:

C	B	C	A	C	B	C	A	C	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

El concepto de la grilla de carga es distribuir los productos de manera tal que los que tienen un tiempo de Estación mayor no que a continuación de otro con las mismas características.

De esta manera se evita que el trabajador sea “arrastrado” por la línea.

Armar la grilla de carga es relativamente fácil para una estación, pero se puede complicar con varias,



dado que es poco probable que el producto “más caro” (referido al tiempo) sea siempre el mismo.

Lo usual es que varíe de una estación a otra.

Es por ello que el Balanceo debe hacerse de manera meticulosa para cada Estación, buscando el mejor equilibrio posible.

Consideraciones importantes:

Es común, en una línea automotriz, que algunas tareas sean prácticamente imposibles de equiparar con el Tacto.

Aquí surgen otras alternativas, como duplicar la mano de obra o hacer que dos personas se alternen en puestos consecutivos entre modelo y modelo.

Por ejemplo, el trabajador de la Estación 1 continúa el montaje en la Estación 2 y el trabajador de la Estación 2 se desplaza a la 1 para el siguiente modelo.

También es posible que se realicen, para distintos modelos, las mismas operaciones en distintas estaciones.

Esto puede llegar a generar algún inconveniente logístico, pero es más importante tener una línea equilibrada y eficiente

5.12.7.4 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Para una línea de producción es necesario tener en cuenta además del espacio necesario para contener a la misma, los siguientes factores:

- 1- Dejar el espacio necesario para efectuar reparaciones.
- 2- Dejar espacio para alimentación de la línea.
- 3- Dejar espacio para la acumulación eventual o programada de piezas en proceso y en final de operación.
- 4- Hacer que las líneas de sub-montaje entreguen en el punto requerido del proceso de armado final.
- 5- Espacio necesario para basuras y descartes.
- 6- Espacio requerido para los puestos de ensayo, calidad, supervisión y mantenimiento.

En cuanto al diseño de la trayectoria; recta, circular , en U, (o) mixta, privará el criterio de la mayor eficiencia y seguridad para los operarios; piezas y visitantes.

5.12.7.5 PERSONAL NECESARIO EN LÍNEA:

En la producción en línea cada operario realiza generalmente una sola operación y en un solo producto, esto implica las siguientes ventajas:

- 1- Puede emplearse operarios menos especializados.
- 2- Puede instruirse a los operarios en un tiempo corto.



3- Por el principio de la división del trabajo, la tarea se realiza en forma altamente eficiente. Y sus desventajas son:

1- Un exceso de la división del trabajo crea rutina mental que se traduce en monotonía y causal alto de ausentismo por desgano y falta de interés en realizar la tarea, la misma una y otra vez indefinidamente y por años.

2- La falta de un operario aunque sea momentáneamente causa alta ineficiencia puesto que para la línea indefectiblemente.

Para solucionar relativamente las desventajas, es conveniente rotar a los operarios. Esto además de incentivar a la persona rompiendo la monotonía, conduce a la verdadera polivalencia (cuanto más trabajadores polivalentes se tengan, más flexible es el sistema).

Cuando se trabaja en una línea de montaje automotriz se utiliza un operario de relevo por cada 19 operarios (asumiendo que las necesidades personales sean de 24 min/jornada).

Por ello en el cálculo se emplea el $T_{std}' = (T_{base} + T_{SPDT})$

5.12.7.6 CONTROL DE LOS MATERIALES EMPLEADOS Y DE LA PRODUCCIÓN REALIZADA.

Evidentemente si hablamos de control debe haber una planificación previa sobre la cual se efectuará el control cotejando lo programado y lo obtenido (realidad).

La planificación se realiza sobre la información de lo que hay que producir y así se hacen luego las órdenes de entrega de materiales teniendo en cuenta el tiempo de demora para su disposición.

Los materiales que ingresan del exterior de la planta y los que entregan las líneas de alimentación deben estimarse lo más próximo posible a la línea final de armado, esto no siempre es factible y hay que estudiar las alternativas.

La actividad de Suministros debe entregar los materiales a la línea final por la noche, fuera de la actividad normal de aquella y para sustentar una jornada de labor.

El concepto moderno **de Producción Justo a Tiempo** (JAT) tomado de la industria japonesa, establece un objetivo de stock “0” lo que resulta en la práctica de algunas horas solamente para evitar el costo de los inventarios para prevenir “imprevistos”.

5.12.7.7 MODIFICACIÓN TÉCNICA Y FLEXIBILIDAD DE LA LÍNEA

Las modificaciones técnicas son referidas al producto, evidentemente una vez instalada la línea de producción, cualquier modificación del producto traerá desfasajes en el diseño general y total de la línea, afectará uno o más dispositivos, herramiental e incluso a veces es necesario cambiar máquinas.

Por otra parte toda modificación del producto es necesario para mantener el mismo ajustado a los requerimientos del cliente.

Antes de aprobar un cambio de Ingeniería, es necesario:



- 1- Verificar su factibilidad de producción.
- 2- Verificar que el cambio en el producto de por resultado la característica esperada.
- 3- Realizar un estudio económico para justificar el gasto que implica el cambio.

La flexibilidad de la línea es justamente la medida en que puede soportar cambios del producto con el mínimo costo de reacondicionamiento.

Ya que por definición, vista al principio del tema, la línea se diseña para producir con su máxima eficiencia, esto trae aparejado que se obtiene la mínima flexibilidad.

Para limitar los extremos, el diseño de una línea de producción debería ser realizada para una familia de piezas (piezas de conformación similar) haciendo luego el trazado de la misma de tal manera que tendríamos máquinas comunes que estarían dispuestas por funciones y máquinas especiales que estarían dispuestas por proceso pero acondicionadas para admitir el mayor espacio requerido al almacenaje de piezas en espera.



5.13 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES

Cuando se realiza un estudio de tiempos, normalmente lo realizamos sobre un puesto de trabajo donde interrelaciona una persona y una máquina.

Pero muchas veces el puesto de trabajo consta de dos o más personas interrelacionando con una máquina o equipo o al contrario dos o más máquinas o equipos interrelacionando con una sola persona.

Y por supuesto se puede dar un puesto de trabajo donde haya dos o más máquinas o equipos interrelacionados con dos o más personas.

O sea estaríamos en presencia de un método caracterizado por sus actividades múltiples.

En estos casos es conveniente utilizar una formulario específico designado como “diagrama de actividades múltiples”, también se lo suele conocer como “diagrama hombre-máquina”.

Básicamente este formulario consta de varias columnas (aunque también se lo puede diseñar con varios renglones), en ambos casos tantos como actividades de personas diferentes y máquinas o equipos diferentes intervengan en el método en cuestión.

Generalmente, la primera columna (o renglón) esta diseñada en escala decimal (como si fuese una regla) donde la mínima apreciación sería la mínima lectura de la medición del tiempo que se quiera representar en escala. Luego vienen las columnas (o renglones) donde se consigna la descripción muy breve de la actividad, por ejemplo de la persona, adjunto a otra columna (o renglón) más pequeña donde se “sombrea” o “pinta” toda la actividad correspondiente a la descripción. Y así sucesivamente, habrá tantas columnas (o renglones) según correspondan a tantas otras actividades (que pueden ser máquinas o equipos o simplemente más personas).

El cálculo del tiempo se realiza según sigue:

Cada actividad de persona se consigna a nivel de tiempo básico, sin tolerancias o suplementos de tiempos.

Cada actividad de máquina o equipo se consigna en tiempos de ciclo de máquina (o sea el tiempo tecnológico que resulta de cálculo o verificado con cronómetro).

Al final de la graficación, el último tiempo que aparece consignado es el tiempo del ciclado de las distintas actividades simultáneas y es allí cuando se cargan todos los suplementos de tiempos tanto sea para la persona (fisiológicos, más los debidos a la fatiga y más los debidos al proceso en sí).

Ese tiempo final es el tiempo buscado a nivel de Standard. Se lo denomina también tiempo Standard del ciclado.



5.14 RESUMEN DEL MÉTODO STANDART

5.14.1 PLANIFICACIÓN BÁSICA

a) Cálculo de Mano de Obra

Teniendo el Tiempo Standart de los procesos y recordando que es el Tiempo Horas Hombre, Para determinar la Mano de obra habrá que realizar la siguiente cuenta:

$$\text{Cant. De Mano de Obra} = \frac{\Sigma \text{ unidades} \times T_{std}}{\text{Tiempo Neto de Trabajo} \times \eta}$$

El Tiempo Neto de Trabajo es el tiempo real, descontando las pausas de almuerzo y refrigerio, de una persona, en un turno

El Rendimiento del sistema (η) se considera en el cálculo inicial (algunas empresas lo calculan luego, junto con la tasa de presentismo).

Sea dónde fuera, hay que tenerlo en cuenta, porque la ineficiencia existe, hay que reducirla, pero existe

b) Cantidad máxima a producir

Nada funciona más rápido que el cuello de botella

La Teoría de las Restricciones o TOC (por sus siglas en inglés Theory of Constraints) o también conocido como Teoría de las Limitaciones, se basa en que todo sistema productivo siempre tiene, al menos, un cuello de botella, o un eslabón en la cadena más débil, y su determinación es crucial para actuar sobre él, ya que este cuello de botella es el que marcará el ritmo productivo de la cadena.

$$\text{Cantidad máxima a producir} = \frac{\text{Tiempo Neto de Trabajo} \times \eta}{\text{Tiempo cuello de Botella}}$$

También es claro que al mejorar un cuello de botella, inmediatamente surge otro
Es un proceso infinito.

La pregunta es: ¿Cuando parar?

La respuesta es: Nunca

Es el principio de la **Mejora Contínua**



5.14.2 CONSIDERACIONES FINALES

Como se indicó al inicio la conjunción del **Estudio de Métodos** y el **Estudio de Tiempos** conduce al **Estudio del Trabajo**

En el Estudio de Métodos se vio que a través de un análisis sistemático se logra mejorar los métodos de trabajo.

En el Estudio de Tiempos rige el mismo principio:

Recopilar datos e información para luego tomar las acciones que permitan la mejora de los procesos

Cualquiera que sea la forma de determinar los tiempos, siempre hay acciones para realizar

- *Mejoras en los procesos*
- *Eliminación o disminución de Tiempos Improductivos*
- *Acciones para mejorar las condiciones de trabajo y reducir los TSP*
- *Sistemas de Tiempos Predeterminados para analizar cada movimiento y mejorar los tiempos*
- *Balanceo de Líneas para optimizar los procesos*
- *Ciclado de máquinas para mejorar el uso de la Mano de Obra*

Siempre hay que tener en cuenta el siguiente principio:

“Lo que no se define, no se puede medir.

Lo que no se mide, no se puede mejorar.

Lo que no se puede mejorar, se degrada”

-William Thomson Kelvin (1824 -1907)

ANEXOS

- 1) Diagrama de Procesos
- 2) Valoración del Ritmo I
- 3) Valoración del Ritmo II
- 4) Valoración de Ritmo II
- 5) Planilla de Toma de Tiempos
- 6) Planilla de Control Estadístico de una Toma de Tiempos
- 7) Planilla de Muestreo de Actividades
- 8) Diagrama de Actividades Múltiples



		DIAGRAMA DE PROCESOS Presente Propuesto					<input type="checkbox"/> Operaciones	<input type="checkbox"/> Material	<input type="checkbox"/> Hombre	Registro Nº: 1	
Actividad:							Comienza en: _____				
							Termina en: _____				
Lugar / Puesto de Trabajo: _____							Unidad considerada: _____				
I T	Elementos del Método	○	□	△	□	△	Distanci a (mts)	Cantida d (unid.)	Tiempo (min.)	Observaciones	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
RESUMEN TOTALIZADO										Diagramado por: _____	
Expresado en porcentaje										Fecha: _____	

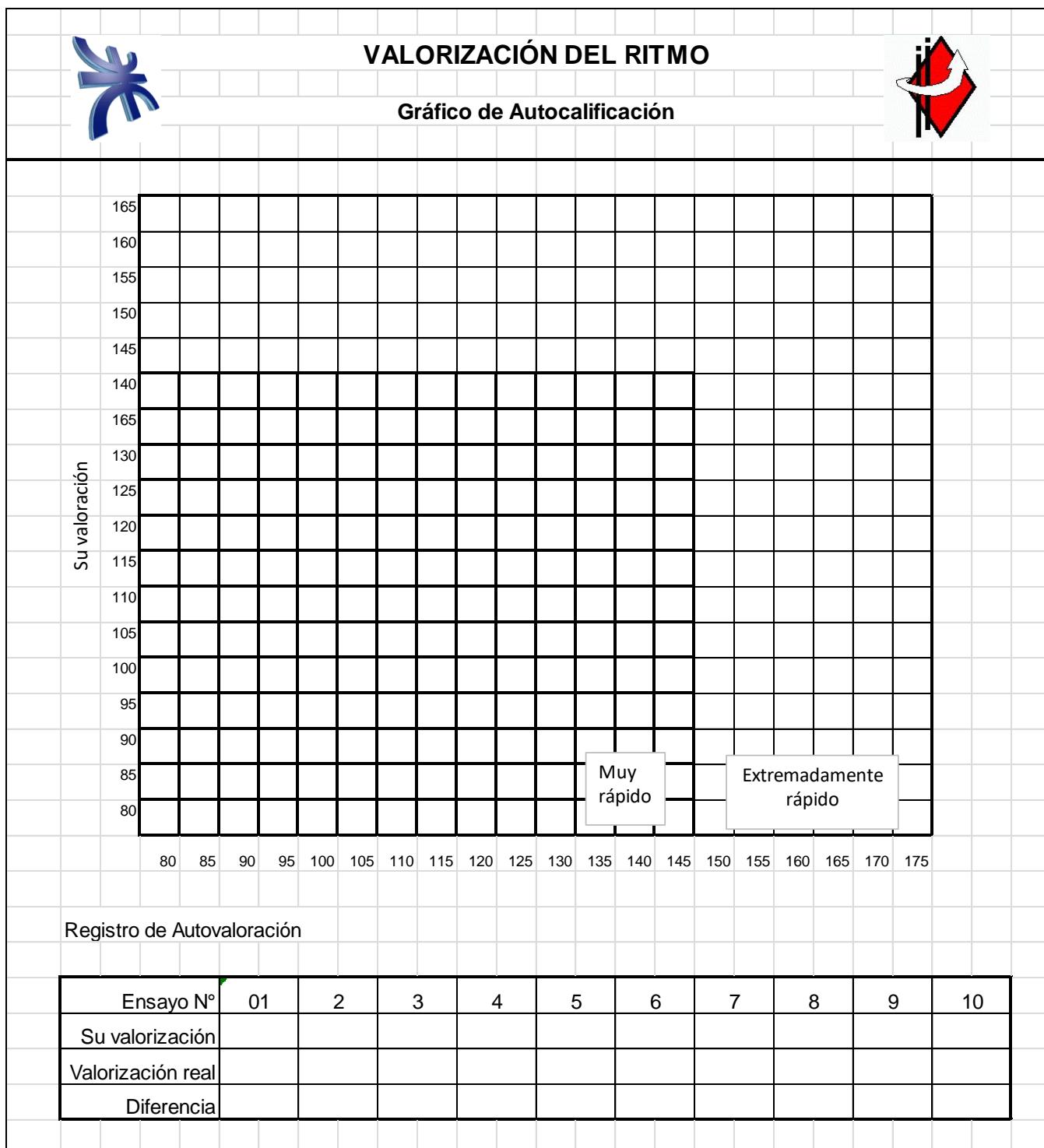


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FRC INGENIERÍA INDUSTRIAL

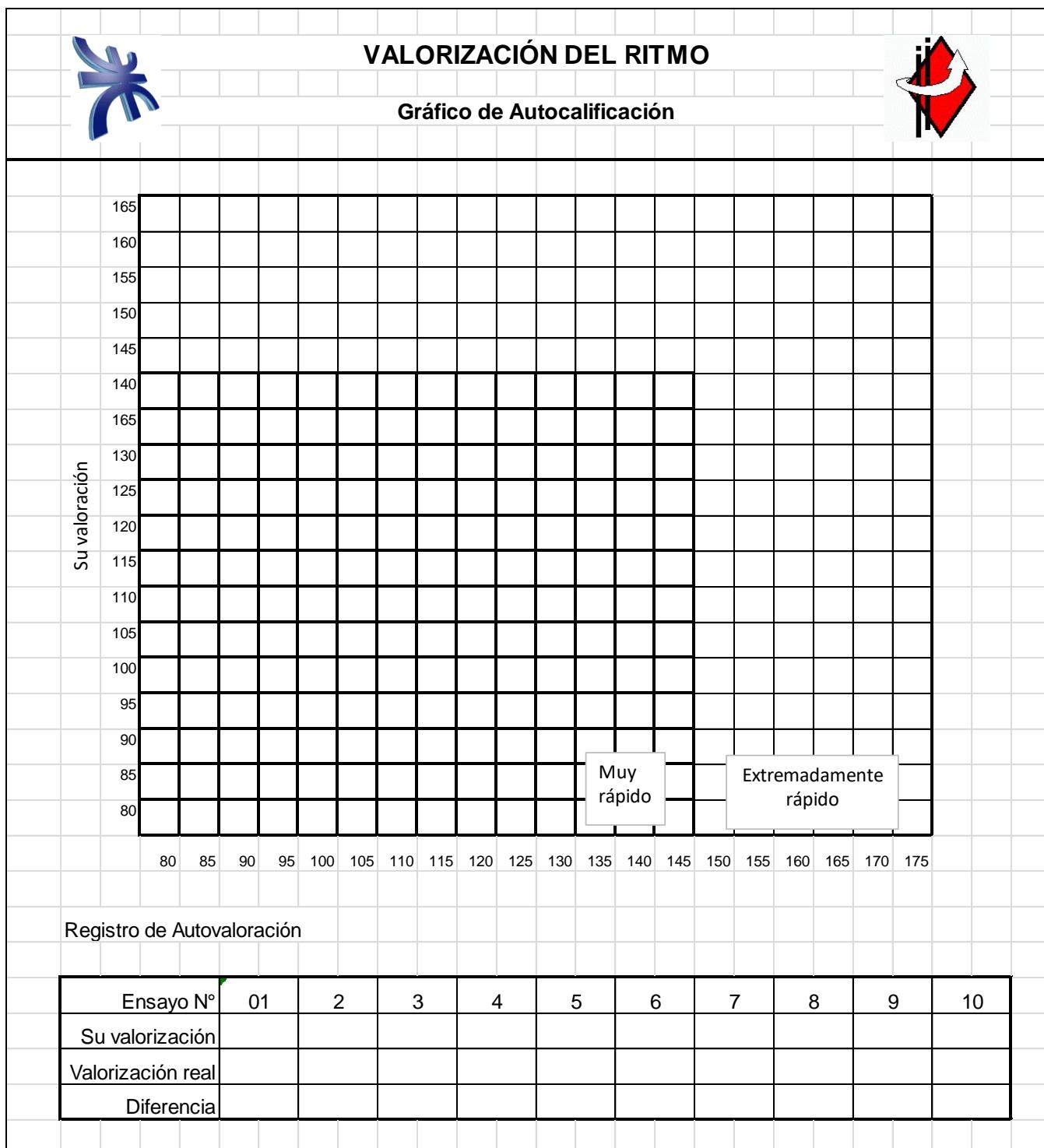
Estudio del Trabajo

Práctica para la valoración del Ritmo

Traccionar - Comprimir

**Registro de Autovaloración**

Ensayo N°	01	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Su valoración										
Valorización real										
Diferencia										

**Registro de Autovaloración**

Ensayo N°	01	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Su valoración										
Valorización real										
Diferencia										



PLANILLA DE TOMA DE TIEMPOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Nº	Operación Punto de referencia	Cant. refer.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\Sigma JA/n$ $\Sigma ti/n$	JA ti	tb		
1		1	J.A.																				
			ti																				
			ta																				
2		1	J.A.																				
			ti																				
			ta																				
3		1	J.A.																				
			ti																				
			ta																				
4		1	J.A.																				
			ti																				
			ta																				
5		1	J.A.																				
			ti																				
			ta																				
			Σtz																Σtz				
Observaciones:																							

ANALISIS ESTADISTICO										
Nº	OPERACIÓN	n	\bar{t}	σ_{n-1}	v	I	ε	ε'	$\varepsilon > \varepsilon'$	n'
1										
2										
3										
4										
5										
Σ	Ciclo									



PLANILLA PARA EL REGISTRO Y CÁLCULO DE LA EXACTITUD DE UNA TOMA DE TIEMPOS





