

4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management
XIV Congreso de Ingeniería de Organización
Donostia- San Sebastián , September 8th -10th 2010

Análisis multicriterio de la valoración del ritmo en el estudio de tiempos

Pablo César Manyoma Velásquez¹

¹ Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Campus Meléndez. Cali. Colombia. manyoma@pino.univalle.edu.co, manyoma@yahoo.com.

Resumen

Valorar el ritmo es, tal vez, el paso con más críticas dentro del estudio de tiempos; porque se basa por completo en la experiencia, capacitación y juicio del analista; haciendo prácticamente “imposible” obtener una consistencia perfecta. En este documento se pretende desarrollar una propuesta, que disminuya la subjetividad inherente del proceso, aplicando para ellos una herramienta multicriterio que permita visualizar el comportamiento de factores componentes en el análisis de una operación.

Palabras clave: Tiempo estándar, Valoración del ritmo, AHP.

1. La importancia de los tiempos y la necesidad de medición

Se puede decir sin lugar a dudas que los estudios de tiempos han encontrado un sitio en la planta moderna (Meyers 2000), sobre todo en las regiones donde aún son de preponderante importancia las pequeñas y medianas industrias con procesos repetitivos.

No importa si el paradigma es el sistema de producción “Ford” o el sistema de producción “Toyota”; en ambos se hace visible la necesidad de determinar los tiempos de procesamiento, de inspección, de transporte y de espera, sobre todo porque estas últimas, traen consigo una serie de consecuencias problemáticas para la fábrica (Antunes, 2008).

Tomar decisiones tales como personas a contratar, máquinas a comprar, costear un producto, definir sistemas salariales, reducir los costos, diseñar condiciones de trabajo, entre otras; son elementos que permiten seguir pensando en la importancia de los tiempos (Groover, 2007) y en su propósito básico que no es más que mejorar el mundo del trabajo.

Las organizaciones seguirán entregando productos de calidad a un precio razonable, dos dimensiones imprescindibles a lo largo de la historia de la industria; pero es ahora cuando más se necesita del tiempo como eje fundamental en la competitividad, porque permite soñar con dos dimensiones modernas: Flexibilidad y Velocidad. Entendida la primera como la habilidad para hacer frente de forma más eficiente y eficaz a las circunstancias cambiantes y la segunda como el tiempo de respuesta entre el pedido y la entrega de un producto o servicio solicitado (Russell, 2006).

Sea cual sea su uso, la necesidad de contar con técnicas que permitan medir a los tiempos y su influencia en el trabajo, se convierte en una labor fundamental para las organizaciones, donde no debe quedar ninguna duda respecto a ese hallazgo.

2. Mecanismos de acción para encontrar los tiempos

Los conceptos de takt – time y tiempo de ciclo se han convertido en bienes preciados en la industria. El primero es definido a partir de la demanda del mercado y del tiempo disponible para la producción. Mientras que el segundo es la duración de un ciclo, dado por el periodo transcurrido entre la repetición de un mismo evento que caracteriza el inicio o fin de ese ciclo (Antunes, 2008). La interrelación de los dos permitirá definir necesidades de expansión de capacidad ($\text{takt time} > \text{tiempo de ciclo}$) o ir en la búsqueda de nuevos mercados ($\text{takt time} < \text{tiempo de ciclo}$).

Para poder realizar esas comparaciones, es indispensable encontrar los tiempos que componen los elementos del ciclo. Históricamente, los estándares de tiempos se han podido determinar en una o en varias de las siguientes formas (ver figura 1, Groover 2007): Estimación por juicio, Registros históricos y Procedimiento de medición. Todas estas formas se aplican en ciertas condiciones y todas tienen limitaciones de exactitud y de costo de implementación (Niebel, 2004).

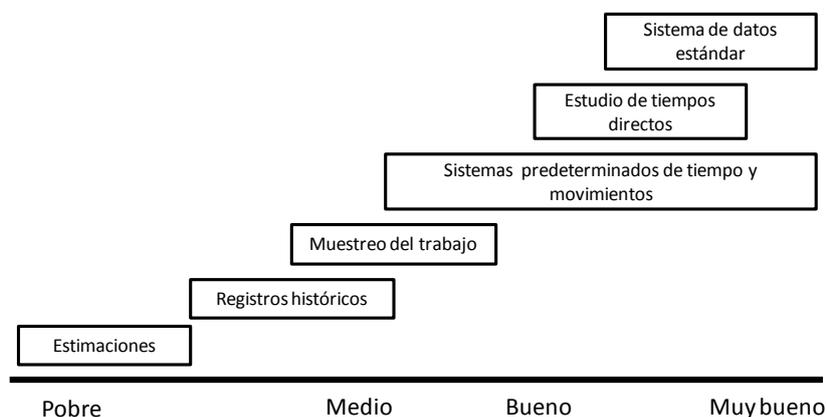


Figura 1. Métodos para determinar los tiempos estándares según la precisión relativa.

La estimación de un experto permite rápidamente tener una idea del tiempo usado en la labor, pero también es muy fácil de demostrar que ningún individuo puede establecer estándares consistentes y justos solo con ver un trabajo. La compensación de errores en ocasiones disminuye su desviación, pero la experiencia muestra que a lo largo de un periodo, los valores estimados, tienen una desviación sustancial de los estándares medidos.

Los registros históricos a su vez, proporcionan valores mucho más precisos que las estimaciones por juicios; proporcionan resultados más confiables pero no proveen suficiente validez para asegurar costos de mano de obra equitativos y competitivos. Se basan en trabajos similares realizados con anterioridad, informando cuanto tiempo llevó el realizar el trabajo, pero no cuanto tiempo debió tardar.

Siendo así, los procedimientos de medición del trabajo (estudio de tiempos con cronómetro y muestreo del trabajo, entre otros), representan un mejor camino para establecer estándares de producción justos, simplemente porque se basan en hechos. Representan mejores caminos para establecer estándares de tiempo permitido para realizar una tarea dada (Niebel, 2004).

3. El estudio de tiempos como procedimiento de medición

Es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea dada conforme a un método especificado (Niebel 2004).

En la figura 2, se puede apreciar rápidamente la estructura que permite la consecución de un tiempo estándar. Todo inicia con la estandarización del método, que no es más que el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras (OIT 2002).

Después de elegir el trabajo que se va a estudiar, salido de situaciones problemáticas que son de gran impacto para el bienestar de la organización, el paso lógico es dedicarse a registrar los hechos relativos al método existente. El grado de exactitud con que se registren los hechos es la base para hacer el examen crítico y para idear un método mejorado.

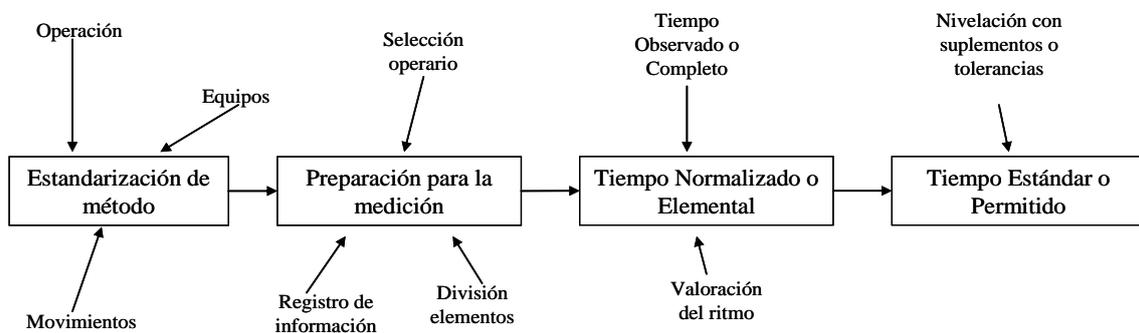


Figura 2. Visión gráfica del Estudio de Tiempos.

Si el estudio de métodos elimina movimientos innecesarios del material o de operarios y sustituye métodos malos por buenos, la medición del trabajo investiga, reduce y elimina el tiempo improductivo. Allí se genera otra función de la medición del trabajo y es establecer tiempos tipos de ejecución de una operación.

Como se puede ver en la figura, existe una gran importancia en la preparación para la medición, puesto que incluye el registro de toda la información disponible a partir de la división por elementos que se haga de los procesos y de la cantidad de ciclos que deben estudiarse, este número de observaciones es el fundamento estadístico primordial en el procedimiento de obtención de los tiempos.

Se puede notar, cada vez que se observan los elementos en los que se divide el proceso, que es necesario ajustar el valor encontrado con algún tipo de “corrección” por la ejecución del operario mismo. A este concepto, el estudio de tiempos lo llama **valoración del ritmo** y se lo adiciona al tiempo observado, convirtiéndolo en tiempo normal que luego al tener en cuenta, como porcentaje, todo lo que rodea a la operación, puede convertirse en un tiempo estándar. Ver ecuación (1).

$$T.S = \left(T.O \times \frac{C\%}{100\%} \right) \times \left[+ S\% \right] \quad (1)$$

Lo que se pretende entonces es encontrar de alguna mejor manera la variable C, como factor corrector del tiempo observado.

4. La subjetividad de la valoración del ritmo

4.1. Principios básicos

Esta parte del proceso también conocida como valoración del desempeño, es entendida como la forma de ajustar el tiempo, según el ritmo de trabajo, que tarda un operario en realizar una tarea. Ningún individuo es capaz de trabajar consistentemente en el ritmo normal todo un día de trabajo (Aft, 2000).

Los analistas deben evaluar con mucho cuidado la velocidad, la destreza, los movimientos falsos, la coordinación, la efectividad, las interrupciones; tratando de determinar el desempeño con que el operario ejecuta el trabajo en relación con su propia idea de desempeño normal. Lo único que importa es el desempeño útil de la operación y se logra valorarla, cuando se conoce a fondo.

Durante el estudio, los analistas de tiempos observan con cuidado el desempeño del operario. Sin importar si el factor de calificación se basa en la velocidad o el ritmo de salida o en el desempeño del operario comparado con el del trabajador calificado, el juicio es el criterio para determinar el factor de calificación.

Hay otros aspectos importantes relacionados con la valoración: La intensidad del esfuerzo, el grado de dificultad de la tarea y la actividad mental. Estos aspectos hacen que se vuelva más complejo, dar un valor de ajuste al tiempo observado.

En un desempeño estándar (Niebel 2004) el trabajador posee cualidades de coordinación mental y física, que le permiten pasar de un elemento a otro sin dudas o retrasos y de acuerdo con los principios de economía de movimientos. De igual forma, el trabajador mantiene un buen nivel de eficiencia a través del conocimiento y uso de todas las herramientas y equipos relacionados con el trabajo.

Sin embargo, existen diferencias individuales entre los trabajadores. Las diferencias inherentes al conocimiento, la capacidad física, la salud, la sabiduría del oficio, la destreza, entre otras, pueden causar que un operario sea mucho mejor que otro en forma consistente y progresiva.

Para poder comparar acertadamente el ritmo de trabajo observado con el ritmo tipo, hace falta una escala numérica que sirva de “metro” para calcularlos. Históricamente (OIT 2002) se han utilizado varias escalas de valoración, pero las más corrientes son la 100-133, la 60-80, la 75-100, donde el límite inferior representa la actividad nula y el superior el ritmo tipo o normal. El valor de la calificación se expresa como un porcentaje y se asigna al elemento observado.

4.2. Los métodos

No existe un método universal para calificar el desempeño, el plan de calificaciones que da los resultados más consistentes es el más útil, porque la inconsistencia destruye la confianza del operario en el procedimiento (Niebel 2004). A continuación se describen algunos.

- **La calificación de velocidad** es un método de evaluación del desempeño que solo considera la tasa de trabajo logrado por unidad de tiempo. El observador mide la efectividad del operario contra el concepto de un operario normal que realiza el mismo trabajo, ejemplo: 80% de 100% o 110% de 100%. Este método hace énfasis específico en que el observador tiene un conocimiento completo del trabajo. De allí la necesidad de familiarizarse con una serie de puntos de

comparación que tengan relación estrecha con el trabajo estudiado. En este método es importante, primero valorar el desempeño y luego registrar los tiempos.

- **La calificación sintética** es un método que trata de no basarse en el juicio de un observador. Morrow en 1946 determinó un factor de desempeño para elementos de esfuerzo (manuales) representativos del ciclo de trabajo, mediante la comparación de tiempos. El factor de desempeño se expresa en forma algebraica, en función del tiempo del movimiento fundamental y el tiempo medio observado para los elementos usados.
- Tal vez el más reconocido es **el Sistema Westinghouse**, Lowry et al. En 1940 Lo definen como un método que considera 4 factores para evaluar el desempeño: Habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. Entendiendo la habilidad como el nivel de competencia para seguir un método dado, el esfuerzo como la demostración de la voluntad para trabajar con efectividad, las condiciones como los elementos que afectan al operario y no a la operación, y la consistencia como los valores de tiempos normales que se repiten constantemente. Una vez que se ha asignado una calificación de habilidad, esfuerzo y condiciones, se debe determinar el factor de desempeño global mediante la suma aritmética de los 4 valores.
- **La calificación objetiva** desarrollado por Mundel y Danner (1944), establece una sola asignación de trabajo con la que se compara el paso del resto de las tareas. Después de juzgar el paso se asigna un factor secundario al trabajo, que indica su dificultad relativa. Se asignan valores numéricos, como resultado de experimentos, para un intervalo de cada factor. La suma de los valores numéricos para cada uno de los factores forma el ajuste secundario.

Sea cual sea el método, es claro que la subjetividad ronda a los elementos cuantitativos y de allí nace la necesidad de observar la valoración del ritmo de un operario, como un problema de toma de decisiones complejo, porque coexisten múltiples atributos, frecuentemente contradictorios entre sí.

5. Enfrentar la subjetividad con el Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

5.1. Generalidades

El proceso mental mediante el cual es tomada una decisión, se basa en la información cognitiva que proviene de las experiencias personales del decisor, además de otras fuentes de información externa como opiniones de expertos o datos obtenidos para tal propósito.

La dificultad de comparación, radica muchas veces, en la inexactitud de los datos, la complejidad en el análisis de las alternativas y la subjetividad inherente en la definición de prioridades.

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) provee las herramientas necesarias para procesar la subjetividad inherente y las preferencias personales de un individuo o un grupo al tomar una decisión (Saaty 2001).

En los últimos 20 años, el AHP se ha utilizado en casi todas las aplicaciones relacionadas con la toma de decisiones multicriterio (Dong 2008), ha sido usada en los campos de la educación, la ingeniería, el gobierno, la industria, la gestión, la

manufactura, el personal, lo social y lo deportivo entre muchas otras actividades, con un gran resultado. La amplia aplicabilidad se debe a su simplicidad, la facilidad de uso, y una gran flexibilidad (Ho 2008).

5.2. El funcionamiento

El AHP es un método matemático no sólo creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios (ambiente multicriterio), sino también para ponderar y realizar una posible calificación de esos mismos criterios.

Los *criterios* a identificar son las dimensiones relevantes que afectan significativamente a los objetivos y deben expresar las preferencias de los implicados, incluidos aspectos cuantitativos y cualitativos, en la toma de decisión.

El AHP representa esos juicios por medio de números, generando una escala de medida y realizando comparaciones biunívocas o entre pares. Con estos valores se deben generar las matrices necesarias, Ver tabla 1, que realicen las comparaciones par a par de los diferentes niveles de la jerarquía definida, y es precisamente esta fortaleza de la comparación (hallando Eigen valores) que permite pensar en la consistencia de las opiniones (Vaidya 2006).

Tabla 1. Comparaciones por pares de criterios.

	C1	C2	C3	...	Cn
C1	C1/C1	C1/C2	C1/C3	...	C1/Cn
C2	C2/C1	C2/C2	C2/C3	...	C2/Cn
C3	C3/C1	C3/C2	C3/C3	...	C3/Cn
...
Cn	Cn/C1	Cn/C2	Cn/C3	...	Cn/Cn

Mediante el uso de la teoría de matrices, el modelo es capaz de establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a un elemento del nivel inmediato superior. Cuando las prioridades de los elementos de cada nivel han sido determinadas, se utiliza un procedimiento de agregación para obtener las prioridades de las alternativas con respecto al objetivo principal.

6. La metodología propuesta: A manera de ejemplo

6.1. Definición de criterios

La historia y la literatura han hecho posible identificar factores que se pueden establecer como criterios generales para cualquier operación, convirtiéndose así la tarea en algo más importante que el operario.

Se podrían llegar a establecer criterios particulares muy dependientes del tipo de operación; para el caso a mostrar se definen criterios generales que representarán diferentes niveles de aquellos conocidos en la industria; estos son:

- Nivel de esfuerzo físico (**EF**): Puede ser definido como la cantidad de fuerza física empleada para realizar una actividad. Es parte esencial de toda actividad laboral, no sólo es un componente de los trabajos “pesados”, sino que es un elemento de fatiga importante en cualquier tarea a ejecutar.
- Nivel de actividad mental (**AM**): Es poner en funcionamiento los procesos cognitivos de cada sujeto que luego le permitan acercarse al conocimiento de las cosas.

- Nivel de intensidad de la tarea (**IT**): Grado de energía necesaria para mantener la actividad en el nivel logrado. Es necesaria su observación durante toda la jornada laboral.
- Nivel de velocidad de trabajo (**VT**): Es una cualidad física que permite ejecutar movimientos o acciones motrices en el menor tiempo posible. Está predeterminada por el conocimiento de la tarea.
- Nivel de habilidad/destreza (**HD**): Es el grado de competencia de un sujeto concreto frente a un objetivo determinado. Aquí es tan importante la experiencia adquirida a través de los años en la ejecución de la tarea como la capacitación recibida para el desarrollo de la misma.

6.2. La ponderación de los criterios

Basados en el álgebra de matrices del AHP, se realizan las iteraciones necesarias, a partir de la matriz original (tabla 2) para encontrar su vector característico y así poder determinar el índice de consistencia de las opiniones dadas.

Tabla 2. Matriz inicial – ejemplo.

	EF	AM	IT	VT	HD
EF	-	5	1/3	1/5	1/5
AM	1/5	-	1/5	1/7	1/5
IT	3	5	-	3	1/5
VT	5	7	1/3	-	3
HD	1/3	5	5	1/3	-

En la primera parte de la matriz (color) se observan las opiniones dadas por los involucrados en la operación, acerca de la importancia de un criterio frente al otro (pareados). La segunda parte de la matriz es solo el resultado de la simetría.

Para una matriz de este orden y con estas opiniones, y luego de realizar 6 iteraciones necesarias para la estabilización de la misma, se llegó a una consistencia de 0,05 (la teoría de matrices establece 0.10 como válida) y se obtuvo el siguiente vector, tabla 3:

Tabla 3. Ponderaciones finales.

EF	7,34%
AM	3,37%
IT	26,68%
VT	31,30%
HD	31,31%

Esta ponderación es fundamental para entender que lo más importante es la operación y no el operario, porque basados en la importancia de cada criterio se puede llegar a establecer el factor con el cual se debe corregir el tiempo observado de cualquier tarea.

6.3. La calificación de los operarios

Luego de tener las ponderaciones de los criterios se procede entonces a calificar al operario frente a cada criterio definido, se propone una escala de calificación de 0 a 10, siendo 5 la actividad normal. Un ejemplo es el que se puede apreciar en la tabla 4.

Tabla 4. Calificación del criterio por operario.

	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5
EF	6	2	3	9	8
AM	10	7	9	2	10
IT	3	3	10	8	4
VT	4	6	4	1	8
HD	2	3	8	1	2

Con esta calificación y con la ponderación obtenida se puede establecer un factor de corrección sobre el tiempo observado dependiendo del operario que realizó la labor. En la tabla 5 se puede observar el valor correspondiente a cada operario asignado a la operación y sus valores encontrados:

Tabla 5. Puntaje ponderado por operario.

	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5
EF	0,44	0,15	0,22	0,66	0,59
AM	0,34	0,24	0,30	0,07	0,34
IT	0,80	0,80	2,67	2,13	1,07
VT	1,25	1,88	1,25	0,31	2,50
HD	0,63	0,94	2,50	0,31	0,63
Puntaje ponderado	3,46	4,00	6,95	3,49	5,12

Asumiendo el valor de cinco (5) como la actividad normal, se puede entonces, establecer en lo que se debe convertir un valor observado dependiendo de quién es observado. Ver tabla 6.

Tabla 6. Factor de ajuste por operario.

	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5
Factor de ajuste	0,69	0,80	1,39	0,70	1,02

Es decir que si al observar una tarea, el tiempo cronometrado es de 1 min/und., todo va a depender del operario al que se observó haciendo la actividad. Por ejemplo, si el observado fue el operario 3, significa que el tiempo normalizado será de 1,39 min/und., siendo un poco más flexible en la consecución de una unidad, por las características de operario sobre calificado que presenta frente a los criterios seleccionados.

7. Conclusiones

- La antigüedad en los métodos de valoración, hace que se vuelva muy importante revisarlos por el cambio que se ha tenido de tareas y de operarios. En esta búsqueda, se vuelven fundamentales herramientas contemporáneas que involucren más elementos de juicio.
- Como se ha establecido durante todo el documento, la subjetividad va inherente al proceso de observación de una tarea por eso la propuesta no gira entorno a eliminarla sino a disminuirla.
- La teoría establece la importancia de elegir un operario adecuado para iniciar el procedimiento de medición, de no ser así, la dificultad para hacer el estudio aumenta y la exactitud del estándar disminuye.

- Es indispensable para el buen funcionamiento de la propuesta seguir haciendo pruebas en diferentes situaciones empresariales, para ir mejorando tanto en la identificación y selección de criterios, como en la calificación de los operarios.

Referencias

- Aft, L.S. (2000). *Work measurement and methods improvement*. Wiley.
- Antunes, J. et al (2008). *Sistemas de produção. Conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta*. Bookman.
- Dong, Y.; Xu, Y.; Li, H.; Dai M. (2008). A comparative study of the numerical scales and the prioritization methods in AHP. *European Journal of Operational Research* 186 229–242.
- Groover, M.P. (2007). *Work systems: and the methods, measurement and management of work*. Pearson/Prentice Hall.
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review. *European Journal of Operational Research* 186 211–228.
- Maynard, H.B; Hodson, W. K. (2001). *Maynard manual del ingeniero industrial* McGraw-Hill/ Interamericana Editores.
- Meyers, F. (2000). *Estudio de Tiempos y Movimientos para la Manufactura Ágil*. 2.ed Prentice Hall. 2000.
- Niebel, B.W; Freivalds, A. (2004) *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. - 11 ed. Alfaomega.
- Organización Internacional del Trabajo, OIT. (2002). *Introducción al Estudio del Trabajo*. 4.ed. Limusa.
- Saaty, T. (2001). *The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process*. Lecture notes in economics and mathematical Systems. International conference on multiple criteria decision making N°15, Ankara , TURQUIE, Vol. 507, pp. 15-37.
- Vaidya, O.; Kumar, S.; *Analytic hierarchy process: An overview of applications*. *European Journal of Operational Research* 169 (2006) 1–29.