

# Optimización de los cálculos de tiempo estándar mediante la automatización del MTM implementando un Software

C. L. Castrejón Cerro<sup>1\*</sup>, H. M. Ortiz Delgado<sup>1</sup>, B. G. Contreras Galván<sup>2</sup>, V. J. Avalos Navarro<sup>1</sup>, D. O. Zamora Valdovinos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Industrial, <sup>2</sup> Departamento de Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Colima, Av. Tecnológico No. 1, Colonia Liberación, C.P. 28976, Villa de Álvarez, Colima, México

\*claudia.castrejon@itcolima.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

## Resumen

Cualquier operación manual repetitiva es susceptible de analizarse y determinar el tiempo que un operario conlleva realizar la tarea a velocidad normal y llegar a un tiempo estándar que permita evaluar su desempeño. El procedimiento para establecer un tiempo estándar mediante el sistema MTM involucra mucho trabajo manual de registro y procesamiento de datos lo cual incrementa la posibilidad de error humano para el cálculo correspondiente. En este trabajo se muestra la aplicación de un software que se desarrolló para la optimización del tiempo de procesamiento para establecer un tiempo estándar mediante el sistema de normas de tiempos predeterminados denominado MTM. Con el desarrollo del software reducimos a cero el tiempo de procesamiento manual que incluye la búsqueda de los tiempos predeterminados en cada una de las tablas de MTM. La ventaja principal de la aplicación es eliminar el procesamiento manual de información para la generación de un tiempo estándar.

**Palabras clave:** Estudio, Movimiento, Software, Tiempo.

## Abstract

Any repetitive manual operation is able to be analyzed and determine the time a qualified operator requires at a normal speed and get a standard time which allows to evaluate his performance. The process to set a standard time through the MTM system requires a lot of handwork in order to record and process data, which increases the human mistake range for the calculation. This article shows the application of a software developed for the optimization of the process time required to set a standard time through the system of predetermined time standards, known as MTM. This software reduces to zero the manual process time which includes the searching of predetermine times in the MTM charts. The main advantage of develop this software is to delete the manual processing of information for the generation of a standard time.

**Key words:** Movement, Research, Software, Time.

## Introducción

El entorno actual en las organizaciones es cada vez más complejo y dinámico, las exigencias de los clientes son más altas, requieren productos de calidad, precios justos y tiempos de entrega inmediatos. Esto ha obligado a las organizaciones a incorporar herramientas y técnicas para ser más competitivos en la gestión de sus resultados. Por lo tanto, una opción para incrementar la competitividad es a través de la sencillez, rapidez, seguridad y eficiencia de los procesos. Para esto, existen herramientas que permiten mejorar la productividad a través de métodos, estudio de tiempo estándares (medición del trabajo) y diseño del trabajo (Freivalds, 2014).

El estudio de tiempo y movimiento es una herramienta que sirve para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen cualquier proceso, así como para analizar los movimientos que son realizados por parte de un operario para llevar a cabo dicha operación.

Los estudios de tiempos empezaron en Francia en el siglo XVIII, cuando Perronet realizó estudios acerca de la fabricación de alfileres, pero no fue hasta finales del siglo XIX, con las propuestas de Frederick Taylor que estas

se difundieron y fueron conocidas. Taylor fue llamado el padre de la administración científica y desarrolló el concepto de “tareas”, en el que proponía que la administración se encargará de la planeación del trabajo de cada uno de sus empleados y que cada trabajo tuviera un tiempo basado en el desempeño de un operario experto. Posteriormente, los esposos Gilbreth, con base en los estudios de Taylor, ampliaron y desarrollaron el estudio de movimientos dividido en 17 movimientos fundamentales llamados Therbligs, Tejeda (2017).

Actualmente, las técnicas para estudio de tiempos han evolucionado rápidamente debido al avance tecnológico, permitiendo incorporar herramientas de punta aplicadas para este objetivo, facilitando con esto la labor del analista para obtener: mayor precisión, velocidad de aplicación y resultados rápidos, confiables y comprensibles [Maldonado, Escobedo, De la Riva, 2015].

Los expertos, realizan los estudios de tiempo a través de la utilización de alguna de las siguientes técnicas: registros tomados en el pasado para crear la tarea, estimaciones de tiempo realizadas, tiempos predeterminados, análisis de película y estudios de tiempo con cronómetro. La técnica de estudios de tiempo con cronómetro es una de las técnicas utilizadas con mayor frecuencia, (Freivalds, 2014).

No obstante, desde los tiempos de Taylor, la administración se ha dado cuenta de lo deseable que resulta asignar tiempos estándar a los elementos básicos del trabajo. Estos tiempos se conocen como *tiempos de movimientos básicos*, *tiempos sintéticos* o *tiempos predeterminados*. Se asignan a los movimientos fundamentales y a grupos de movimientos que no se pueden evaluar con precisión mediante los procedimientos ordinarios de estudio de tiempos con cronómetro. También son el resultado de estudiar una muestra grande de operaciones diversificadas con un dispositivo tal como una cámara de filmación o videograbación, capaz de medir elementos muy cortos. Los valores de tiempo son sintéticos puesto que con frecuencia son el resultado de las combinaciones lógicas de Therbligs; son básicos porque un mayor refinamiento es difícil e impráctico; son predeterminados porque se usan para predecir los tiempos estándar de nuevos trabajos que resultan del cambio de métodos, (Freivalds, 2014).

En 1940 los ingenieros americanos Maynard, Schwab y Stegemerten en colaboración con la Westinghouse Electric Corporation y el Comité de Ingeniería de Métodos (Methods Engineering Council) de Pittsburgh, Pennsylvania (EEUU), trabajaron en el desarrollo de los datos en los se basa el método básico MTM.

El sistema MTM está reconocido por la Oficina Internacional del Trabajo (OIT) como una de las principales técnicas de medición de trabajo en el libro “Introducción al estudio del trabajo” de la OIT (Ginebra). MTM es el acrónimo en inglés de **Methods Time Measurement**, traducándose al castellano conservando el mismo acrónimo, como **Medida del Tiempo de los Métodos**. En el contexto del estudio del trabajo los sistemas de tiempos predeterminados se definen como procedimientos que permiten calcular tiempos teóricos de ejecución de actividades totalmente influenciados por el hombre. De la utilización de estos tiempos surgen ideas para la optimización del diseño de puestos y métodos de trabajo. La familia de sistemas MTM continúa en crecimiento. Además de MTM-1, la asociación ha introducido MTM-2, MTM-3, MTM-V, MTM-C, MTM-M, MTM-MEK, MTM-UAS y la herramienta de Software basada en Windows MTM-Link. [“¿Qué es el MTM? - MTM Ingenieros”, 2019].

Considerando lo anterior, en este trabajo de investigación se propone optimizar los cálculos de tiempo estándar mediante la automatización del MTM implementando un Software, el cual hace uso de tecnologías informáticas, tales como, consultas a bases de datos y programación para dispositivos móviles.

Actualmente existen herramientas que son utilizadas para realizar la medición de tiempos de los movimientos básicos que cuentan con funciones eficaces y eficientes de fácil entendimiento para el usuario, con la posibilidad de realizar el levantamiento y almacenamiento de los datos, como son:

- Time GIP
- SEIT (*Instituto Tecnológico de Aguascalientes*)
- TiCon TS, *Deutsche MTM-Gesellschaft, MTM México*.
- MTM-LINK para Windows

## Metodología

MTM-1 es un sistema potente, puesto que es llega al más bajo nivel en la descomposición de los movimientos necesarios para realizar una operación dada. Para asignar estos tiempos antes referidos se descomponen las operaciones en movimientos básicos, los cuales son:

- a) Movimientos de los miembros superiores.
  - i. Elementos básicos: Alcanzar, Mover, Coger, Posición, Soltar y Desmontar.
  - ii. Movimientos secundarios: Girar, Aplicar Presión y Manivela.
- b) Movimientos de los miembros inferiores: Movimiento del pie y Movimiento de la pierna.
- c) Movimientos de cuerpo.
  - i. Desplazamientos: Andar y Paso lateral.
  - ii. Flexión: Giro del cuerpo, Doblarse, Agacharse, Sentarse, Poner una rodilla en el suelo, Arrodillarse, Levantarse.
- d) Movimientos visuales: Enfoque ocular y Recorrido ocular.

Para cada uno de los movimientos básicos se dispone de una tabla de valores de tiempos predeterminados.

Para cada movimiento básico se identificaron las variables que afectan dicho movimiento, por ejemplo, en el movimiento básico **Alcanzar**, la distancia recorrida por la mano, la complejidad del movimiento, el peso y la velocidad antes o después del movimiento, son las variables que afectan el tiempo de este movimiento básico. Cada una de esas variables se localiza en la tabla correspondiente y obteniéndose el tiempo en la unidad de medida de tiempo (TMU, por sus siglas en Inglés) con una equivalencia de 1 TMU = 0.036 seg; por lo tanto, si el operario mueve su mano 20 cm hasta un objeto que se encuentra aislado, es fácil asirlo (agarrarlo), cuya ubicación puede variar ligeramente de un ciclo a otro y el objeto pese menos de 1 kg, la notación para representar dicho movimiento es R20B, equivalente a 10 TMU, equivalente a 0.36 seg, tal y como se aprecia en la figura 1.

**mtmingenieros** [www.mtmingenieros.com](http://www.mtmingenieros.com)  
[mtm@mtmingenieros.com](mailto:mtm@mtmingenieros.com)

**MTM-1**

**R - Alcanzar (Reach)**

d (cm)	Tiempo Nivelado UMT							
	RdA	RdB	RdC	RdD	RdE	mRdA	mRdB	m
≤2	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	0.4	
4	3.4	3.4	5.1	3.2	3.0	2.4	1.0	
6	4.5	4.5	6.5	4.4	3.9	3.1	1.4	
8	5.5	5.5	7.5	5.5	4.6	3.7	1.8	
10	6.1	6.3	8.4	6.8	4.9	4.3	2.0	
12	6.4	7.4	9.1	7.3	5.2	4.8	2.6	
14	6.8	8.2	9.7	7.8	5.5	5.4	2.8	
16	7.1	8.8	10.3	8.2	5.8	5.9	2.9	
18	7.5	9.4	10.8	8.7	6.1	6.5	2.9	
20	7.8	10.0	11.4	9.2	6.5	7.1	2.9	

**A** Alcanzar un objeto en situación fija, o a un objeto en la otra mano o sobre el que descansa la otra mano.

**B** Alcanzar a un solo objeto en situación que puede variar ligeramente de un ciclo al siguiente.

Fig. 1. Valores de Alcanzar.

Fuente: ["¿Qué es el MTM? - MTM Ingenieros", 2019].

Por lo tanto, el procedimiento general para el cálculo de tiempo estándar implementando MTM-1, es el siguiente:

- El analista selecciona la tarea y el operario calificado.
- Se recopila la información pertinente de las condiciones de trabajo.
- Se filma la operación.
- Se realiza un diagrama bimanual, es decir, se identifican todos los movimientos básicos de la mano derecha y la mano izquierda que se requieren para realizar el trabajo adecuadamente.
- En las tablas de tiempos predeterminados, se localizan los valores correspondientes.
- Se registran los tiempos predeterminados en TMU.
- Se determinan los suplementos por descanso.
- Se calcula el tiempo estándar, añadiendo al total de TMU del diagrama bimanual, el porcentaje de suplementos, y finalmente esta cantidad se multiplica por 0.036 seg.

Además, la Tabla 1, ilustra la exactitud absoluta total, a 90% de nivel de confianza de todos los sistemas MTM. En la Tabla 2, se compara el nivel de detalle, como el número de Therbligs o movimientos básicos que se utilizan, el tiempo para analizar un trabajo (expresado como un múltiplo del tiempo de ciclo de la tarea), y la exactitud de los tres sistemas MTM básicos.

En forma global, MTM-2 puede ser una buena opción entre el tiempo excesivo que requiere MTM-1 y la poca precisión de MTM-3. Una tarea de 6 minutos requerirá aproximadamente de 600 minutos para ser analizada con MTM-2 y tendrá una desviación no mayor a 0.24 minutos.

Esta investigación se desarrolló codificando el algoritmo del método de medición de tiempo MTM proporciona valores de tiempo de los movimientos básicos, tales como, *alcanzar, asir, mover, girar, posicionar, desenganchar, soltar, aplicar presión, recorrido ocular, y movimientos del cuerpo, pierna y pie.*

Tabla 1.

*Comparativa de MTM-1, MTM-C (1) y MTM- C(2).*

Técnicas	Número de elementos	Estándar
<b>MTM-1</b>	57	577.8
<b>MTMT-C nivel 1</b>	21	577
<b>MTM-C nivel 2</b>	11	575

Operación “*Reemplazar página en carpeta de tres argollas*” (Freivalds, 2014).

Como se observa en la Tabla 2, el tiempo para analizar una tarea es proporcional al tiempo de ciclo.

Tabla 2.

Comparación de MTM-1, MTM-2 y MTM-3, (Freivalds, 2014).

Therbligs utilizados	MTM-1	MTM-2	MTM-3
	Soltar Alcanzar Agarrar Mover Posicionar	Tomar Poner	Manejar
Tiempo para analizar la tarea	250 x tiempo de ciclo	100 x tiempo de ciclo	35 x tiempo de ciclo
Velocidad relativa	1	2.5	7
Tiempo/exactitud – 100 TMU	15 min / ± 21%	6 min / ± 40%	2 min/ ± 70%
Tiempo/exactitud – 10 000 TMU	1,500 min ± 2.1%	600 min ± 4%	200 min ± 7%

## Desarrollo e implementación del Software

El software desarrollado, se diseñó para trabajar en dispositivos móviles, lo cual permite su fácil utilización en cualquier sitio; el objetivo principal es eliminar el tiempo de registro y procesamiento de los tiempos predeterminados de cada movimiento básico que realiza el operario para cumplir con la tarea asignada, y con ello reducir los errores de registro y procesamiento manual, al buscar los valores en cada tabla del sistema MTM.

Para el diseño del modelo se consideraron como datos de entrada los códigos que representan cada uno de los movimientos básicos, incluyendo los movimientos simultáneos. La interfaz se desarrolló en el Framework de la App SailForms, la cual permite la interacción usuario – dispositivo de manera amigable, proporcionando los resultados del estudio de manera inmediata. La información procesada es almacenada en el dispositivo al momento de que se realiza el levantamiento, misma que puede ser impresa y/o enviada por correo electrónico.

El desarrollo del software se llevó a cabo bajo la metodología Programación Extrema (XP), es una metodología de desarrollo ágil software, poniendo énfasis en la adaptabilidad más que en la previsibilidad. Las etapas del desarrollo se realizaron de la siguiente manera: **1. Planeación**, se inicia el proyecto analizando los requerimientos de los usuarios, a través de las “historias de usuario”; evaluando los tiempos de desarrollo y posibles riesgos; **2. Diseño**, en esta etapa se redefinen el proceso a manera de algoritmo para dar soluciones simples (spike) y determinar si se puede reutilizar código ya generado en otros módulos; **3. Codificación**, en esta etapa se transforma el algoritmo en la programación correspondiente sobre la App SailForms; **4. Pruebas**, Se corrió el software en varias ocasiones con valores distintos de casos reales, para validar y asegurar su correcto funcionamiento, tanto con micro movimientos simples, así como micro movimientos simultáneos.

## Pantallas del sistema

En la Figura 2 se muestra la pantalla principal de la aplicación MTM Software; en la Figura 3 se puede ver una sección de los datos solicitados para la captura de un nuevo Estudio de Tiempos y en la Figura 4, se puede apreciar el módulo de la captura de los códigos de los Micro Movimientos, los cuales forman parte de la Etapa 2.- Procesamiento de los datos.



Fig 2. Pantalla principal.

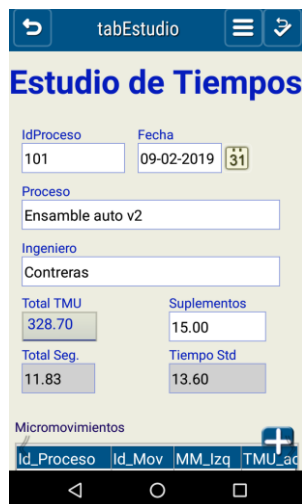


Fig 3. Estudio de tiempos.



Fig 4. Captura de micro Movimientos.

## Resultados y discusión

Como resultado de la experimentación, los tiempos invertidos en cada una de las etapas para obtener el tiempo estándar del ensamble de un lego auto, fueron: 22 minutos para la **identificación de los movimientos básicos** de ambas manos, 13 minutos para la **identificación del código** correspondientes a cada movimiento básico, y finalmente 10 minutos para el **procesamiento de los datos** en forma manual para la obtención del tiempo estándar.

El sistema fue presentado e implementado en un curso de Capacitación Docente en el Instituto Tecnológico de Colima, obteniendo como resultado 0 minutos en el tiempo de **procesamiento de los datos**.

Se realizó una práctica de ensamble de un pequeño auto con legos en el laboratorio de Métodos del Instituto Tecnológico de Colima, realizando todo el procedimiento manual para el establecimiento del tiempo estándar y comparando el resultado usando la herramienta tecnológica, cuyo resultado se describe en la Tabla 3.

Tabla 3.

*Comparación de resultados. Fuente propia.*

Elaboración	<b>Etapas 1.</b> Identificación de los movimientos básicos.	<b>Etapas 2.</b> Identificación del código.	<b>Etapas 3.</b> Procesamiento de los datos.
Manual	22 min.	13 min.	10 min.
Con la aplicación	22 min.	13 min.	<b>0 min.</b>

Por último, se obtuvo un software capaz de realizar el análisis y procesamiento de los datos del método MTM-1. Dicho software está diseñado para adaptarse a las necesidades de cualquier empresa que requiera realizar un estudio de estandarización de tiempos, facilitando esta actividad a los ingenieros industriales o quienes colaboren en el área de gestión de la producción, así como a los estudiantes interesados en este tema.

## Conclusiones

La presente investigación permitió la optimización de los cálculos de tiempo estándar mediante la automatización del MTM-1, implementando un software desarrollado en la App SailForms para dispositivos móviles, logrando eliminar en la Etapa 3 el tiempo de procesamiento de datos. El software propuesto e implementado permitirá agilizar el establecimiento de un tiempo estándar de cualquier actividad manual repetitiva.

## Trabajo a futuro

Se considera la capacitación del personal Docente y no docente del Tecnológico Nacional de México, en aquellos Institutos donde se oferte la carrera de Ingeniería Industrial, así como en las PyMEs de la región centro occidente del país.

## Referencias

- Andrade M. & Del Río C. & Alvear D. (JUNIO 2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. Scielo, 30, 3.
- "Metodología de estudio de tiempo y movimiento; introducción al GSD", Noris Leonor Tejeda Díaz, Víctor Gisbert Soler, Ana Isabel Pérez Molina. Revista 3C Empresa, Edición especial, Diciembre 2017, 39 – 49; Área de Innovación y Desarrollo, S. L. ISSN: 2254 – 3376.
- Niebel, B. W. & Freivalds, A. (2014). Ingeniería industrial de Niebel: Métodos, estándares y diseño del trabajo. México D. F.: McGraw-Hill.
- "¿Qué es el MTM? - MTM Ingenieros", 2019. Retrieved 5 September 2019, from <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-el-mtm/>
- Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N° 2, Julio-Diciembre 2016, pp. 12-31, Sogamoso-Boyacá. Colombia ISSN Impreso 1900-771X, ISSN Online 2422-4324
- Rico, L., Maldonado, A., Escobedo, M. T., & De la Riva, J. (2015). Estudio de Tiempos. *Cultura Científica y Tecnológica*, (11).