

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS



DISEÑO, CONSTRUCCION Y EXPERIMENTACION DE
UN APARATO REGISTRADOR DE TIEMPOS

TESIS PROFESIONAL

QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL ADMINISTRADOR
PRESENTA

Allan Williams Alanis

MONTERREY, N. L.

1964.

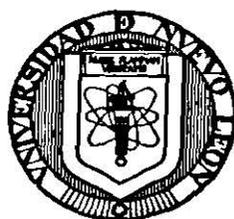
T
TJ22
.T5
W5
C.1



1080077133

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS



DISEÑO, CONSTRUCCION Y EXPERIMENTACION DE
UN APARATO REGISTRADOR DE TIEMPOS

TESIS PROFESIONAL

QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL ADMINISTRADOR
PRESENTA

Allan Williams Alanis

T
7J 223
.75
W5



UANL
FONDO
TESIS
(77133)

BUR .

6
FONDO
TESIS LICENCIATURA

H

A MIS PADRES
CON ADMIRACION Y CARIÑO

Supervisor de ésta tesis.

Sr Ing LUIS GARZA SEPULVEDA

Asesores.

Sr Ing HECTOR VILLARREAL V.

Sr. Ing. ALFONSO DUEÑEZ M

I N D I C E

Capítulos	Página
I - INTRODUCCION.	
II - ESTUDIOS DE TIEMPO	
2.1. Definición- - - - -	3.-
2.2. Desarrollo Histórico - - - - -	3.-
2.3. Método a seguir- - - - -	6.-
2.4. Aplicaciones - - - - -	15.-
III - ALGUNAS TECNICAS USADAS PARA LA MEDICION DE TIEMPOS	
3.1. Instrumentos Electrónicos- - - - -	16.-
3.2. Kimógrafo- - - - -	19.-
3.3. Cámara Cinematográfica - - - - -	19.-
3.4. Máquinas registradoras de tiempos - - - - -	20.-
3.5. Cronómetros - - - - -	21.-
3.6. Muestreo de Trabajo- - - - -	23.-
IV - DISEÑO DEL APARATO REGISTRADOR DE TIEMPOS	
4.1. Descripción - - - - -	25.-
4.2. Funcionamiento - - - - -	29.-
4.3. Dibujos- - - - -	30.-
V - EXPERIMENTACION	
5.1. Desarrollo del experimento - - - - -	31.-
5.2. Análisis estadístico de los datos. - - - - -	36.-
VI - CONCLUSIONES	
BIBLIOGRAFIA	

CAPITULO I.

INTRODUCCION

El objeto de esta tesis es el dotar al laboratorio de Ingeniería Industrial con un aparato por medio del cual los estudiantes se compenentren con los principios y técnicas relativos al estudio de tiempo.

Una de las ramas - más importantes y esenciales de la Ingeniería Industrial es la del Estudio de tiempos ya que de no existir esta sería casi -- imposible el desarrollar, entre otras, ciertas funciones concernientes a -- la planeación de la producción, costos e incentivos, que hacen de estos es tudios una herramienta indispensable para la existencia de la industria -- próspera y dinámica necesaria en nuestros tiempos.

El método de medición de tiempos que se va a desarrollar es muy interesante desde el punto de vista experimental, ya que el estudiante ade más de familiarizarse con un método básico para el registro de tiempos, y -- del cual se han derivado otros más prácticos, eficientes y exactos, obtie -- ne un panorama general de estos estudios, tanto en lo que se refiere a la -- operación del instrumental como a la recopilación, interpretación y aplica ca ción de datos.

En el desarrollo de esta tesis se dará en primer lugar una idea -- de lo que el estudio de tiempos significa, incluyendo una breve descrip -- ción histórica del mismo; en seguida se mencionarán algunos de los métodos -- más comunmente utilizados para la realización de este estudio, y por últi -- mo se entrará de lleno en el registrador de tiempos, con una descripción -- de su funcionamiento experimentación y conclusiones que hayan resultado de -- las mismas.

El desarrollo de los métodos del estudio de tiempos ha dado ori-

gen a varios aparatos por medio de los cuales es posible el efectuar la medición del tiempo transcurrido en realizar una operación determinada. Cada uno de estos métodos se basa en alguna forma de efectuar la medición, teniendo ventajas y desventajas los unos sobre los otros, y dependiendo la selección de uno de ellos, de las condiciones y factores con las cuales se va a operar; y en particular, de la exactitud que se desee. Entre uno de estos métodos se encuentra el que utiliza como instrumento de medición el aparato registrador de tiempos, el cual consiste básicamente en una cinta de papel, movida a velocidad constante sobre la cual se marcan puntos o rayas que indican la duración del elemento de trabajo que se está midiendo. Por medio de este método se consiguen observaciones más exactas que las obtenidas con el cronómetro y permite que el observador concentre toda su atención en evaluar la ejecución del trabajo del operador; sin embargo, tiene desventajas tales como las limitaciones relativas al escaso número de elementos que pueden medirse, la incomodidad del mismo aparato, y sobre todo, la laboriosa tarea de resumir los datos obtenidos con este instrumento. No obstante, la importancia de éste método es indudable tanto desde un punto de vista práctico como experimental.

CAPITULO II

ESTUDIOS DE TIEMPO

2.1. DEFINICION.

El estudio de tiempos es la técnica de establecer el tiempo estándar para la ejecución de una tarea dada, basada en las mediciones del trabajo contenido en un método prescrito, y con tolerancias por necesidades personales, fatiga y operaciones suplementarias.

2.2. DESARROLLO HISTORICO.

La revolución industrial originada a mediados del siglo XVIII produjo transformaciones económicas y sociales tan profundas, y de tan amplio significado, que sus consecuencias perduran hasta nuestros días. En efecto, cambió la estructura económico-social de aquella época, la cual estaba caracterizada por el dominio que ejercían los artesanos y sus gremios sobre la producción de todos los artículos y por que se vivía bajo un estricto sistema de clases sociales, además el trabajo constituía no tan sólo un medio de lograr la subsistencia, sino también una forma de satisfacer las motivaciones psicológicas del individuo. La revolución industrial acabó con este sistema, ya que las fuertes inversiones necesarias para la creación de una industria y la gran cantidad de obreros requerida para poder operarla terminó con el predominio de la clase artesanal, originándose un nuevo sistema en el cual el trabajo fué considerado como un artículo más, y el trabajador como una máquina humana, lo cual originó una serie de reacciones negativas entre los trabajadores y un pésimo ambiente de trabajo en las empresas. Tales eran los conceptos existentes al comienzo de este siglo cuando los trabajos de Elton Mayo¹ volvieron a revivir el concepto del ser humano al considerarle, no como un autómatas que trabaja tan sólo por un sa-

lario, sino como un ente motivado por una serie de factores psicológicos - de cuya satisfacción y equilibrio depende en gran parte su eficiencia.

Las primeras industrias fueron creadas improvisadamente debido a que tenían que enfrentarse a problemas totalmente nuevos, originándose sistemas de control improvisados los cuales con el tiempo eran aceptados a - pesar de que muchos de ellos no satisfacían las necesidades que los habían originado. Entre las primeras personas que se ocuparon de efectuar estu---dios sobre la manera de ejercer un control sobre la mano de obra podemos - citar en 1760 a Perronet² y en 1820 a Charles Babbage³, francés e inglés - respectivamente, quiénes hicieron trabajos sobre el tiempo necesario para - la fabricación de alfileres obteniendo avanzadas e interesantes conclusio- nes, las cuales desgraciadamente no fueron tomadas en consideración debido al escaso desarrollo alcanzado por la industria en aquél entonces. No fué- sino hasta 1881 cuando un norteamericano, Frederick W. Taylor⁴, comenzó a hacer estudios en la Midvale Steel Company sobre la forma más económica de realizar un trabajo, llegando a sentar las bases del estudio de tiempos - especificándolo de tal forma, que han sido pocas hasta ahora las innovacio- nes que ha sufrido. Taylor no se dedicó solamente al estudio de tiempo, si- no que atacó una gran parte de los problemas que afectan a una industria, - creando conceptos totalmente nuevos y desarrollando un "Método Científico" para atacar y resolver los problemas concernientes a la administración por todo lo cual es llamado Padre de la Administración Científica.

¹J.A.C. Brown, "La Psicología Social en la Industria", página 83, Fondo de la Cultura Económica, México, 1963.

²H.B. Maynard, "Industrial Engineering Handbook", pá- gina 2-3, McGraw Hill, New York, 1956.

³Raymond Villers, "Dinamismo en la Dirección Industrial" página 17, Herrero Hnos. Sucs. México, 1962.

⁴Ibid, Página 28.

Sin embargo, no se pudo impedir el repudio del sistema por parte de la clase trabajadora, la cual consideró estas técnicas como una arma más que el patrón esgrimía contra sus intereses; esto, aunado a la gran cantidad de personas que se aprovecharon de la novedad de los métodos de Taylor para aplicarlos incomprensivamente, trajo como consecuencia la prohibición por parte del Comité Interestatal de Comercio de los Estados Unidos del uso de éstos métodos para determinar el monto del salario en todas aquellas empresas que trabajaron para el Gobierno Norteamericano, con el consiguiente estancamiento de estas técnicas y de sus estudios.

No fué sino hasta la segunda guerra mundial, cuando los Estados Unidos se enfrentaron al problema de producir una gran cantidad de artículos manufacturados, que fué decidido por el gobierno la creación de estándares para aumentar la producción utilizando los estudios de tiempo, obteniéndose resultados tan satisfactorios que en 1949 fué abrogada la ley que obstaculizaba éstos estudios produciéndose un fuerte desarrollo en los mismos hasta ser hoy en día casi universalmente aceptados.

En los últimos años ha habido una notable escasez de estudios y trabajos relacionados con éste tema, debiéndose principalmente a que la atención de la Ingeniería Industrial se ha afocado hacia otros campos de estudio y quizás principalmente debido a la falta de instrumentación y equipo necesarios para la experimentación de estos trabajos, ya que generalmente se necesitan millares de observaciones para la comprobación de hipótesis concernientes a estos estudios; sin embargo, es digno de mencionarse el esfuerzo desarrollado por algunas Universidades Norteamericanas para la creación de aparatos que resuelvan estos problemas y que impulsen a los estudios de tiempo a niveles de conocimiento más elevados.

2.3. METODO A SEGUIR.

Los pasos a seguir para la obtención de un tiempo estándar son los siguientes:

- 1.- Medición del tiempo.
- 2.- Número de ciclos a observarse.
- 3.- Determinación del Factor de Nivelación.
- 4.- Establecimiento de tolerancias
- 5.- Cálculo del tiempo estándar.

en seguida se hace una descripción de cada uno de estos pasos:

2.3.1 Medición del Tiempo.

Al iniciar un estudio de tiempos es necesario primeramente seleccionar la operación a estudiar y obtener el permiso del supervisor y la cooperación del trabajador, en seguida se estudia el método de trabajo seguido por el operario tratando de simplificarlo aplicando los principios de los estudios de movimientos, estandarizándolo y haciendo un registro completo del mismo incluyendo las condiciones que rodean a la operación. La operación es dividida en elementos para facilitar el estudio y obtener resultados más satisfactorios siendo hecha la división de los mismos tomando en consideración los siguientes principios.

- 1.-Que sean tan pequeños como lo permita el instrumento de medición empleado.
- 2.-Que ten ar puntos inicial y final bien definidos.
- 3.-Separar el tiempo manual del tiempo de máquina.
- 4.-Separar los elementos constantes de los elementos variables.
- 5.-Separar los elementos regulares de los elementos irregulares.

Cada elemento debe ser cuidadosamente registrado y descrito, - especificando perfectamente sus puntos inicial y final.

En seguida es efectuado el estudio con el aparato de medición - escogido, registrando los datos en hojas convenientemente diseñadas para - el caso y obteniendo el tiempo elemental del promedio o modo de las lectu- ras de cada elemento.

2.3.2 Número de Ciclos a observarse.

El número de ciclos a observar para la obtención de resultados- confiables es influenciado tanto por la naturaleza del trabajo a ser estu- diado, como por la duración del mismo. Existen varios métodos para tomar - esta determinación siendo los más comunes los siguientes

1.-Empleo de tablas

Entre las tablas más conocidas se encuentra la usada por la General Electric Company ⁵ en la cual el número de ciclos a ser medidos es de- terminado de acuerdo con la duración de cada ciclo expresada en minu- tos.

2.-Método Estadístico

El número de observaciones a efectuarse es determinado valiéndose de fórmulas derivadas estadísticamente las cuales se basan en el nivel - y límites de confianza. Así, para un nivel de confianza del 95% y lí- mites de +5% la fórmula resultante es

⁵B.W. Niebel "Motion and Time Study", pág. 262, Richard D. Irwin Inc. Illinois, 1958.

⁶Gerald Nadler, "Motion and Time Study", pág. 373 McGraw Hill, Inc., New York, 1955.

$$N' = \left[\frac{40 N}{\sum X} \sqrt{\frac{\sum X^2 - (\sum X)^2/N}{N - 1}} \right]^2$$

en donde:

N = Número de lecturas requeridas para la confianza establecida.

X = Lecturas de elementos.

N = Número de lecturas actualmente tomadas.

Basandose en los principios anteriores, G. Nadler⁶ ha desarrollado un nomograma el cual al ser utilizado produce notables ahorros en el tiempo necesario para efectuar estos cálculos.

2.3.3. Determinación del Factor de Nivelación.

En la actualidad no existe ningún método que sea universalmente aceptado para evaluar el factor de nivelación basándose la mayoría de las técnicas usadas, en el buen juicio del analista, el cual debe comparar la actuación del operario con una actuación normal acerca de la cual no hay un criterio definido y la cual algunas veces es definida como la requerida por una persona para: repartir 52 cartas en 0.45 minutos, caminar 100 pies en 0.35 minutos o llenar un clavijero de 30 clavijas en 0.41 minutos usando las dos manos. Es ésta la causa por la que esta fase del estudio de tiempos se encuentra sujeta a gran controversia y crítica pues es imposible esperar una consistencia perfecta. En general se considera que se obtienen buenos resultados cuando estos no varían más de un 10%.

El ajuste debe efectuarse cuando se están tomando las observaciones de los tiempos elementales, evaluando la velocidad, destreza, ritmo, coordinación y todos los demás factores que influyan sobre la efectividad del método estudiado.

Entre más frecuentes se hagan los ajustes, mayor seguridad se obtendrá en los resultados. Para ciclos cortos de operaciones repetitivas es conveniente efectuar una valoración total del estudio; cuando éste es muy-largo las evaluaciones deben hacerse con más frecuencia, y si se tienen - elementos mayores de 0.15 minutos es conveniente valorar cada lectura. El factor de nivelación puede expresarse en porcentaje o en puntos por hora, - siendo el porcentaje o en puntos por hora, siendo el porcentaje el más ge-neralmente utilizado.

Algunos de los métodos de nivelación más comúnmente usados son - los siguientes:

1.-Sistema ~~West~~tinhouse.

Este es uno de los sistemas más antiguos y ampliamente usados; - considera cuatro factores: habilidad, esfuerzo, consistencia y condicioones, cada una de las cuales es definida como sigue:

Habilidad.-Es la pericia para seguir un método dado.

Esfuerzo.-Es la voluntad de trabajar efectivamente.

Condiciones.-Son aquellos factores que afectan al operario - y no a la operación.

Consistencia.-Es la constancia en el tiempo de ejecución de - los elementos.

Cada uno de estos factores está dividido en varios grados que - van desde el superior, el cual indica característica o condiciones óp-timas, hasta el inferior, que las indica ínfimas; a cada uno de estos-grados corresponde una letra que sirve para facilitar su identifica---ción y un porcentaje que indica el valor asignado.

Una vez que se tiene el equivalente numérico para cada factor, - la nivelación es establecida combinando algebraicamente los cuatro va-lores y agregando el resultado a la unidad. Debido al número de facto-

res a considerar, la nivelación es aplicada al estudio entero; además, la aplicación de esta técnica requiere un considerable adiestramiento para que el analista pueda reconocer los diferentes grados de cada uno de los atributos.

Este método ha tenido muchas modificaciones y dado origen a otras técnicas semejantes que difieren solo esencialmente en los factores y grados a considerar y en la puntuación asignada a cada uno de estos.

2.-Calificación de Velocidad.

Es éste un método para evaluar el factor de nivelación que consiste en comparar la velocidad de los movimientos del trabajador con el concepto que el analista tiene de un trabajo realizado a velocidad normal. La nivelación es efectuada asignando un porcentaje para indicar la proporción entre las ejecuciones normal y real.

Para la aplicación de éste método es necesario que el analista esté convenientemente entrenado acerca del concepto de lo normal.

3.-Calificación Objetiva.

Este método ha sido desarrollado por M. E. Mundel y elimina la dificultad de establecer una velocidad normal para cada tipo de trabajo. En éste procedimiento, un sólo trabajo es establecido como estándar, y a él son referidos todos los demás mediante un factor de comparación y otro de dificultad relativa, el cual considera a su vez varios factores cuyo valor puede ser obtenido de tablas especiales. La fórmula para obtener el factor de nivelación por éste método es la siguiente:

$$F = P S$$

en donde:

F = Factor de nivelación.

P = Factor de comparación.

S = Factor de dificultad.

Los resultados obtenidos mediante éste método son bastante consistentes.

4.-Calificación Sintética.

Este método fué desarrollado por R. L. Morrow y consiste en la determinación del factor de nivelación por comparación del tiempo observado con el obtenido por tiempos predeterminados. Su expresión algebraica es la siguiente:

$$F = \frac{F_t}{O}$$

en donde:

F = Factor de nivelación.

F_t = Tiempo predeterminado.

O = Tiempo promedio obtenido de los mismos elementos que F.

Algunos analistas tratan de eliminar el factor de nivelación seleccionando el operador a estudiarse y considerando el tiempo promedio observado como tiempo normal; sin embargo, con este método se necesita observar a más de un operario, y considerar un gran número de ciclos para obtener resultados aproximadamente seguros, y aún así, éstos se encuentran muy desviados de lo "normal".

Otras veces se ha tratado de eliminar la nivelación usando métodos matemáticos y estadísticos; sin embargo, estos tienen numerosos inconvenientes pues sus fundamentos son dudosos por no considerarse algunos factores que influyen sobre la evaluación. Además, los resulta-

dos con ellos obtenidos son inconsistentes y no representativos de las condiciones futuras.

Un nuevo método para obtener la nivelación es el basado en el aparato llamado "UNOPAR", con el cual es posible medir la velocidad y aceleración de los movimientos del cuerpo. Aunque hasta ahora su aplicación se ha visto limitada por las dificultades inherentes a su funcionamiento y manipulación de datos, es de esperarse un futuro desarrollo de ésta técnica.

2.3.4. Establecimiento de tolerancias.

El tiempo normal es el que necesitaría un obrero calificado para ejecutar una tarea, si trabajara a marcha normal. Este tiempo no incluye ningún suplemento por las interrupciones propias del trabajo, de ahí que éstas deban ser consideradas, y el tiempo debe ser ajustado aplicando tolerancias por necesidades personales, fatiga y operaciones suplementarias.

Las tolerancias son frecuentemente aplicada con descuido porque no existen técnicas exactas para determinarlas; sin embargo, éstas deben ser establecidas tan segura y correctamente como sea posible, pues de otra manera todo el cuidado y precauciones que se hayan observado en los pasos anteriores serán completamente nulificados.

Los métodos generalmente usados para la obtención de tolerancias son dos:

1.-Estudio de Producción.

2.-Muestreo de Trabajo.

1.-Estudio de Producción.

El estudio de producción requiere que un observador estudie dos o otras operaciones durante un largo período registrando la duración-

y razones de cada momento desocupado; cuando se tiene una muestra representativa se efectúa un resumen y se determina el porcentaje de tolerancias que debe ser aplicado. Este método tiene la desventaja de requerir mucho tiempo para obtener las observaciones y de que generalmente se tiende a trabajar con una muestra demasiado pequeña.

2.-Muestreo de Trabajo.

Con el muestreo de trabajo se obtienen magníficos resultados. El método seguido en su aplicación es explicado al hablar de las técnicas de medición de tiempos.⁷

Tolerancias por Necesidades Personales.

Incluye todos aquellos abandonos del trabajo necesarios para el buen funcionamiento del organismo humano. Las condiciones generales y la clase de trabajo influyen mucho sobre la magnitud de las tolerancias, aunque empíricamente se ha encontrado que un 5% es adecuado para la mayoría de los trabajadores de ambos sexos.

Tolerancia por Fatiga.

No se ha logrado el establecimiento de estas tolerancias basándose en teorías precisas, siendo por esto un tema bastante discutido. La fatiga no es homogénea, sino que varía de acuerdo con el tipo de trabajo estando constituida por factores psicológicos y fisiológicos los cuales tienen marcada influencia en alguna gente, en tanto que otra es apenas afectada por los mismos.

Probablemente el método más usado para determinar la fatiga es medir el decremento de la producción a través del período de trabajo, siempre que aquél no sea debido a un cambio del método. Una de las fórmulas -

⁷Ver capítulo III, sección 3.6.

más conocidas es la de Eugene Brey⁸ quien ha expresado el coeficiente de fatiga como sigue:

$$F = \frac{(T - t) 100}{T}$$

en donde.

F = Coeficiente de fatiga.

T = Tiempo requerido, para ejecutar la operación al final del trabajo continuo.

t = Tiempo requerido para ejecutar la operación al iniciarse el trabajo continuo.

Algunas compañías⁹ han hecho tablas con suplementos por fatiga y han obtenido resultados satisfactorios con las mismas.

Tolerancias por Operaciones Suplementarias.

Comprenden interrupciones causadas por el supervisor, almacenista-analista de tiempos, irregularidades en el material, etc.

2.3.5. Cálculo del Tiempo Estándar.

El tiempo elemental es el obtenido de la media o modo de todos los elementos. Se representa por T_e .

El tiempo normal es obtenido multiplicando el tiempo elemental por el factor de nivelación expresado en porciento y dividiendo entre cien Su expresión matemática es

$$T_n = \frac{T_e \cdot F}{100}$$

⁸B.W. Niebel, Op. citada, Pág. 304

⁹R.M. Barnes, "Estudio de Movimientos y Tiempos", pág.376 Aguilar Madrid, 1958.

en dónde:

T n = Tiempo normal.

T e = Tiempo elemental.

F = Factor de nivelación expresado en por ciento.

El tiempo estándar es obtenido al considerar el tiempo normal y las tolerancias. Su expresión es:

$$T s = T n \left(\frac{100}{100-T} \right)$$

en dónde:

T s = Tiempo estándar.

T n = Tiempo normal.

T = Tolerancias.

2.4. APLICACIONES.

Las aplicaciones más frecuentes de los estudios de tiempo son - las siguientes:

- a). Determinar los objetivos de la supervisión.
- b) Establecer programas.
- c) Determinar costos estándar y ayudar en la preparación de - presupuestos.
- d) Estimar costos de un producto, previos a su manufactura.
- e) Determinar el rendimiento de las máquinas y número de estas que puede manejar una persona.
- f) Determinar la eficiencia de la operación.
- g) Establecer estándares de mano de obra.
- h) Balancear el trabajo de cuadrillas.
- i) Comparar métodos.
- j) Determinar requerimientos de equipo y mano de obra.
- k) Establecer salarios con incentivos.

CAPITULO III

ALGUNAS TECNICAS USADAS PARA LA MEDICION DE TIEMPOS

Existen varias técnicas para determinar la medición del tiempo - que tardan en efectuarse los elementos de una operación, variando el equipo utilizado en cada uno de ellos de acuerdo con los principios en que se encuentran basados; estas técnicas se pueden clasificar de diferentes maneras, pero considerando que el factor esencial en todas ellas es la exactitud, la clasificación se hará basándose en esta característica, siendo sin embargo muy general, debido a que las técnicas serán más o menos exactas - dependiendo de la forma y condiciones en que se lleven a cabo. En seguida se enumeran dichas técnicas al mismo tiempo que se dá una breve descripción de las mismas.

3.1. INSTRUMENTOS ELECTRONICOS.

Estos instrumentos han sido diseñados para obtener la máxima - exactitud posible con el fin de resolver los problemas sucitados en los - estudios de tiempo por el hecho de carecer de instrumentacion adecuada. - su uso actualmente se encuentra limitado por lo general a trabajos de in- - vestigación debido al alto costo de los aparatos, la dificultad que se pre - senta algunas veces en la instalación del equipo complementario y la - - - excesiva manipulación que es necesario efectuar con los datos para resu - mir la información, actualmente estos instrumentos se encuentran en pleno - desarrollo y probablemente encontrarán plena aplicación industrial en los - próximos años. De estos aparatos los de mayor interés son dos, el SEMTAR - y el UNOPAR.

3.1.1. SEMTAR.

El "Sequential Electronic Motion Timer and Recorder" (Cronóme - tro y registrador Electrónico de los Movimientos Secuenciales) ha sido - - desarrollado por Stanley M. Block en la Universidad de Chicago; su funcio -

namiento es como sigue: una vez que el lugar de trabajo ha sido equipado con células fotoeléctricas, microconmutadores, placas de contacto y otros instrumentos utilizados para dividir el ciclo repetitivo de trabajo en elementos de movimientos, el SEMTAR registra continuamente en una cinta a velocidad alta, el código de indentificación y el tiempo transcurrido para cada elemento sucesivo del trabajo ejecutado. Probablemente la característica más importante del aparato es el empleo de una cinta perforada que puede ser usada como material para interpretación automática, (como la controlada por máquina de escribir) conversión, (a tarjetas perforadas o cintas magnéticas) o computación estadística directa (cinta para alimentar computadoras electrónicas). El SEMTAR permite: medir con seguridad intervalos de 0.001 minutos o menores, eliminar los errores del tomador de tiempos y puede además excluir por cálculos estadísticos las lecturas que puedan haber sido debidas a errores o malas ejecuciones del operario; su principal desventaja estriba en la dificultad en el uso e instalación del equipo y accesorios empleados (microconmutadores, fotocélulas, etc.) Los usos que se le pueden dar son muy numerosos ya que los elementos que es capaz de medir interesan a ciencias tales como la Psicología, Medicina, etc.; su aplicación actual en los estudios de tiempo es principalmente a la investigación, obtención de datos estándar y resolución de disputas entre sindicatos y empresas con respecto a los estándares de tiempo establecidos.

3.1.2. UNOPAR.

El "Universal Operator Performance Analyzer and Recorder" más generalmente conocido como UNOPAR (Analizador y Registrador Universal de la ejecución del Operador) ha sido desarrollado por el profesor Gerarld Nadler, perteneciente al departamento de Ingeniería Industrial de la Uni-

versidad de Wáshington con el intento de medir los factores externos que -
afectan la ejecución de un trabajo; el aparato registra continuamente en -
coordenadas en tres dimensiones la localización, velocidad y aceleración -
de la mano durante todo el tiempo que dura la operación estudiada, su - --
descripción es la siguiente: se coloca en la muñeca del operador un peque-
ño altavoz ultrasónico de 20,000 ciclos por segundo con lo cual se producen
cambios de frecuencia al acercarse o alejarse la mano de tres micrófonos colo-
cados sobre los ejes X, Y y Z en la periferia del lugar de trabajo, el cam-
bio registrado en la frecuencia es proporcional a la aceleración de la ma-
no la cual es observada en sus tres componentes direccionales; esta acele-
ración es integrada electrónicamente para determinar el desplazamiento y -
la velocidad.

El UNOPAR puede ayudar a resolver muchos de los problemas ca- --
racterísticos de los estudios de tiempo y movimientos, siendo de especial-
utilidad en el análisis de las características de movimientos con grandes-
desplazamientos; además puede ayudar mucho en los problemas involucrados -
con el funcionamiento del organismo humano; sin embargo, presenta las si- --
guientes limitaciones.

- 1.- Costo y tamaño del equipo.
- 2.- Falta de límites claros entre movimientos sucesivos.
- 3.- Necesidad de interpretar datos obtenidos en forma gráfica.
- 4.- Dificultad para distinguir los movimientos de las manos - --
de los de los dedos.

Existen en la actualidad estudios para reducir el peso y tamaño-
del equipo así como utilizar registradoras de cinta magnética y computado-
ras electrónicas para ahorrar la gran cantidad de trabajo requerido para --
la interpretación de los datos.

3.2. KIMOGRIFO.

Este aparato fué construído por Ralph M. Barnes con el objeto de resolver algunas de las desventajas inherentes al método de películas; con siste en equipar el lugar de trabajo con fotocélulas, microconmutadores, - etc., los cuales sirven para indicar los puntos terminales de los elementos en que se ha dividido la operación estudiada, estos accesorios están conec tados eléctricamente a un diagrama registrador en el cual tres o más plu-- mas marcan ordenadas, cuya magnitud, al ser dividida por la velocidad cons tante del diagrama, proporcionará el tiempo que tarde en ejecutarse el mo-- vimiento o grupo de movimientos representados por dicha ordenada.

Las principales ventajas del Kimógrafo son la consistencia y pre-- cisión obtenida en la fijación de los puntos límites de los elementos, y - una gran exactitud en las lecturas, como desventaja pueden citarse las de-- moras inherentes a los circuitos electrónicos, el escaso número de elemen-- tos que pueden medirse debido a limitaciones en cuanto al número de plumas a usarse y por último, la gran cantidad de trabajo necesario para efectuar el resumen e interpretación de los datos obtenidos, si bien las computado-- ras electrónicas podrían resolver este último problema.

3.3. CAMARA CINEMATOGRAFICA.

Esta técnica fué desarrollada por Gilbreth para aplicarla a los estudios de movimientos y micromovimientos y posteriormente a los de tiempos; en sus orígenes se utilizaron cámaras de cuerdas las que actualmente han sido sustituidas por cámaras eléctricas de velocidad constante, el - equipo necesario para el desarrollo de este método consiste, además de la - cámara, en trípode, lentes y luces especiales, siendo además necesario en caso de que se use una cámara de cuerda un microcronómetro, el cual es co-- locado de modo que quede incluido en las vistas, éste indica los tiempos - en 1/2000 de minuto debido a que su manecilla gira a una velocidad de 20 - r.p.m. sobre la carátula de un reloj dividida en 100 espacios iguales; la iluminación y la correcta colocación del equipo en el lugar de trabajo y - el que el analista tenga una poca de práctica con las técnicas fotográfi-- cas, son de vital importancia para obtener buenos resultados. La velocidad comunmente usada en la cámara es de 1000 vistas por minuto resultando uni-- dades de 0.001 minutos.

En general, las ventajas que se obtienen del uso de las cámaras - - cinematográficas son las siguientes:

- 1.- Facilita la división de la operación en elementos permitiendo escoger los más adecuados.
- 2.- Permite la observación del método seguido en cualquier momento.
- 3.- Es posible verificar los valores obtenidos por el analista.

A pesar de lo anterior, el costo elevado del equipo y la considerable cantidad de tiempo requerida para poner en condiciones de ser analizados los datos obtenidos, han limitado en el pasado el uso de esta técnica, aunque sus aplicaciones a diversos campos ha apresurado su desenvolvimiento en los últimos años, esperándose un desarrollo mucho mayor en el futuro.

3,4, MAQUINAS REGISTRADORAS DE TIEMPO.

Las máquinas registradoras de tiempo que usan cinta de papel - - trabajan por medio de dos marcadores cada uno de los cuales al ser oprimidos marca una pequeña rayita en la columna de una cinta de papel que gira a velocidad constante; uno de los botones es oprimido para indicar los - - puntos límites del elemento en tanto que el otro es oprimido un número de - - veces igual al número del elemento medido para identificar a éste; generalmente la máquina es diseñada para registrar valores hasta de 0.01 minutos, y aunque puede medir elementos menores no es recomendable hacerlo debido a - - que se aumenta grandemente el ya laborioso trabajo de efectuar la simplificación de los datos; las ventajas de este método son similares a las mencionadas para la cámara cinematográfica, teniendo sin embargo, varias limitaciones como son las concernientes al número de elementos a medir, el - - requerir del juicio humano para registrar los puntos terminales y la gran cantidad de tiempo requerido para efectuar el análisis de los datos, todo-

lo cual ha motivado el preferir la cámara cinematográfica ya que aunque -- su costo es mayor se obtiene la misma exactitud sin las limitaciones inherentes a las máquinas registradoras.

Basadas en el mismo principio de las máquinas registradoras de tiempo que usan cinta de papel, se han desarrollado una serie de aparatos que tienen sus mismas características y exactitud, pero que usan formas de registro diferentes y algunas veces controles mecánicos para la determinación del tiempo. Uno de estos métodos emplea una cinta grabadora en la cual los puntos terminales de los elementos son registrados con un sonido característico hecho por el analista, en tanto que el número del elemento es dicho por el mismo analista, pudiéndose registrar todos los elementos necesarios sin limitaciones en cuanto al número, además es posible hacer en la misma cinta observaciones o comentarios relativos a la forma en que se desarrolla la operación.

3.5. CRONOMETROS.

El cronómetro es el instrumento más ampliamente usado en la industria para la medición de tiempo pues a pesar de que su exactitud es menor que la de los métodos anteriores, solamente es posible medir elementos mayores de $.02 \bullet .03$ minutos, el bajo costo del equipo utilizado aunado a que las mediciones con él obtenidas satisfacen los requisitos industriales explican su gran utilización.

Existen diversos tipos de cronómetros; entre estos se encuentran el minuto-decimal el cual consta de dos manecillas, una grande que gira sobre una carátula dividida en 100 partes iguales y una pequeña que gira sobre otra dividida en 30 y en la cual cada unidad equivale a una revolución completa de la manecilla grande obteniéndose las mediciones en unidades de 0.01 minutos. El cronómetro hora-decimal es igual que el anterior sola-

mente que una revolución de la manecilla grande equivale a 0.01 horas --- con lo cual las mediciones son obtenidas en diezmilésimas de horas; un - - tercer cronómetro es el llamado de doble acción el cual consta de dos manecillas que funcionan en tal forma que al oprimir un botón una manecilla -- se para indicándonos el tiempo transcurrido, en tanto que la otra se de - - vuelve a cero y comienza a marcar. Existen otros cronómetros usados en - - circunstancias especiales como es aquel cuya manecilla dá una revolución - por cada tres segundos; en ciertos casos se ha encontrado la necesidad de - emplear cronómetros en los cuales una revolución equivale a 5 o 10 segun-- dos o a .25 o .50 minutos, pero desafortunadamente no existen en el merca-- do. De todos los tipos anteriormente mencionados los más utilizados son el minuto-decimal y el hora-decimal pudiendo utilizarse tres métodos para - - efectuar las mediciones.

a.- Método Continuo.

Con éste método se puede comenzar de dos maneras: la primera -- oprimiendo un botón para comenzar a leer desde cero y la segunda comenzan-- do a leer desde el punto en que se encuentre la manecilla; una vez iniciado el cronometraje se empiezan a leer las lecturas correspondientes a los - - puntos terminales del elemento los cuales son anotados en una hoja adecua-- da obteniendo el tiempo para cada elemento por sustracción; éste método -- exige del analista una completa concentración sobre la forma en que se es-- tá llevando a cabo la operación y es el más comunmente usado en la indus-- tria.

b.-Método Repetitivo.

Este método difiere del anterior en que una vez observada la - - lectura correspondiente al elemento medido se oprime un botón tornando la manecilla a cero comenzando a marcar desde este punto para el siguiente - - elemento, con lo cual son obtenidos directamente todos los valores; éste -

método tiene sobre el anterior la ventaja de eliminar las substracciones - sin embargo, es necesario una mayor manipulación del aparato pudiendo obtenerse como consecuencia, medidas más inexactas.

c.-Método Acumulativo.

En este método se utilizan dos relojes conectados mediante un juego de palancas de manera que cuando se pone en marcha el primer cronómetro el segundo se detiene y viceversa, pudiendo tomarse lecturas de tipo continuo o repetitivo. Para efectuar las lecturas de tipo continuo, se hace girar primeramente la manecilla de uno de los relojes; al terminar el elemento se oprime un botón con lo cual se detiene la manecilla que estaba girando en tanto que comienza a marcar la que estaba parada, continuando de ésta manera el registro de los tiempos hasta que la operación es terminada.

Cuando se usa el método repetitivo, al oprimir un botón, la manecilla que estaba girando se detiene en tanto que la otra va al punto cero y comienza a marcar. Con el método acumulativo, en sus dos formas, se obtiene resultados muy precisos a pesar de lo cual no es muy usado en la industria debido probablemente a la aparente dificultad en su manejo.

6.-MUESTREO DE TRABAJO.

El muestreo de trabajo es una técnica utilizada para analizar operaciones con el objeto de determinar las tolerancias aplicables a las mismas, la utilización de una máquina, la carga de trabajo o el establecimiento de estándares de producción, El procedimiento consiste en tomar una gran cantidad de observaciones en intervalos al azar, cuyo número y frecuencia son determinadas por medio de las leyes fundamentales de probabilidad en las cuales se encuentra basado el muestreo de trabajo. Para calcular el estándar de tiempo es necesario conocer el período que dura el

estudio, el total de unidades producidas durante el mismo y la proporción- entre el número de observaciones de una actividad determinada y el número- total de observaciones lo cual da el por ciento de tiempo en que se realiza esta actividad, teniendo estos datos, se aplica la siguiente fórmula.

$$T_n = \frac{P \times N}{P_a}$$

T_n = Duración del elemento.

P = Por ciento de ocurrencia del elemento.

N = Tiempo total de la operación estudiada.

P_a = Producción total para el período estudiado.

La exactitud en los datos obtenidos depende de la duración del - estudio así como del número de observaciones realizadas. El muestreo de -- trabajo presente las siguientes ventajas sobre las otras técnicas de tiempos.

- 1.- El trabajo para la recopilación de datos es muy poco.
- 2.- Las operaciones de un grupo pueden ser fácilmente estudia- - das por un sólo analista.

sin embargo, tiene también las siguientes limitaciones:

- 1.- Los elementos deben ser mayores de 0.15 minutos.
- 2.- El período durante el cual son efectuadas las mediciones es- muy grande.
- 3.- No se registran las condiciones en que se efectúa la opera- - ción.
- 4.- No se checa el método seguido.
- 5.- Es necesario conocer la producción total.

CAPITULO IV

DISEÑO DEL APARATO REGISTRADOR DE TIEMPOS

El aparato registrador de tiempos es un instrumento de medición bastante seguro con el cual es posible obtener mediciones de tiempo muy exactas. En seguida se hace una descripción del aparato y de su funcionamiento.

4.1. DESCRIPCION.

El aparato consiste esencialmente en una caja de madera en cuyo interior se encuentra colocado un motor sincrónico, un cilindro dentado y un rollo de papel, mientras que en el exterior se encuentra un conmutador y unos marcadores. La descripción de cada uno de los elementos del aparato se dá a continuación.

4.1.1. Motor Sincrónico.

Los motores sincrónicos operan con una relación constante entre la frecuencia, velocidad y número de polos; ésta relación es independiente de la carga de la máquina por lo que aunque puede haber variaciones instantáneas en la velocidad, esta puede considerarse constante.

Debido a que la obtención de una velocidad constante es el principio básico sobre el cuál descansa la construcción del aparato, se escogió un motor sincrónico con las siguientes características: 3 watts, 120 volts, 60 ciclos, 6RPM. La posición del motor es mostrada en la figura 3.

4.1.2. Cilindro dentado.

El cilindro dentado ha sido diseñado para obtener una velocidad lineal de 10 pulgadas por minuto al ser movido por el motor sincrónico, siendo su función la de comunicar esa misma velocidad a la cinta de papel.

El cilindro tiene cerca de uno de sus extremos cuatro pequeños dientes periféricos y equidistantes, los cuales se insertan en las horadaciones de la cinta de papel; el cilindro se encuentra unido a la flecha del motor por uno de sus extremos en tanto que por el otro va empotrado directamente en la caja de madera. La posición del cilindro es mostrada en la figura

4.1.3. Cinta de papel.

Esta es una cinta especial¹ de aproximadamente 100 pies de longitud que tiene por uno de sus lados marcas en pulgadas y decimas de pulgadas en tanto que cerca del extremo de su otro lado y a lo largo del mismo, se encuentran pequeñas perforaciones equidistantes en las cuales penetran los dientes del cilindro comunicándole a la cinta la velocidad del mismo. (ver figura 1): el rollo de la cinta de papel es colocado en un cilindro de madera, sostenido por soportes en el cual puede girar libremente.

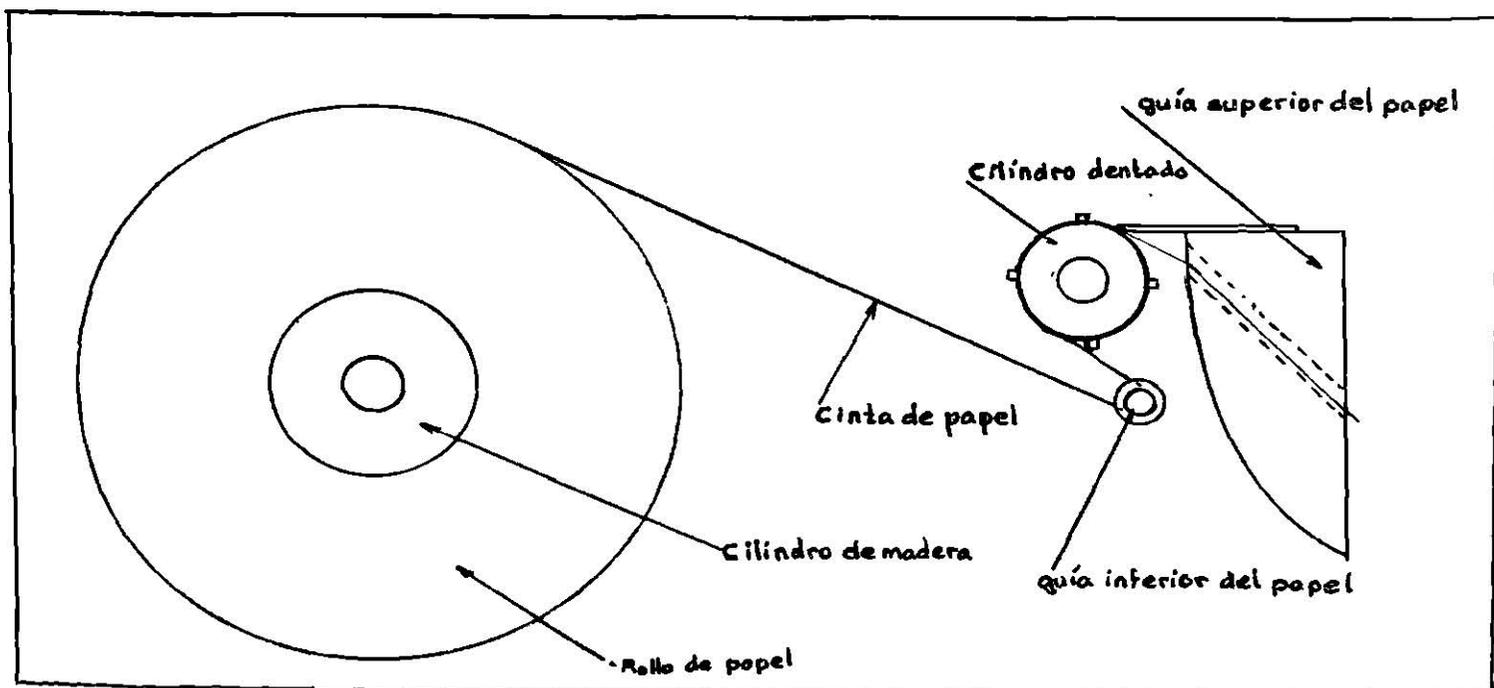


Diagrama del Aparato Registrador

Figura 1

¹Esta cinta especial es fabricada por: "Black & Webster, Inc ", Watertown 72, Massachussets, U. S. A.

4.1.4. Soportes.

El aparato tiene dos clases de soportes; uno para sostener el motor y el otro para el rollo de papel. El primero tiene un tamaño un poco superior a las máximas dimensiones del motor y dos agujeros: uno por el cual pasa la flecha del motor y otro que sirve de sostén a la guía inferior del papel. Ver pieza 7 en el plano.

El sostén del rollo de papel consiste en dos soportes verticales - uno de los cuales se encuentra fijo a una de las caras laterales de la caja y el otro al piso. Por su parte superior tienen una hendidura que sirve para permitir la entrada del cilindro de madera en el cual se coloca el rollo de papel. Ver pieza 8 en el plano.

4.1.5. Guías.

Existen dos guías para la cinta: una colocada en la parte inferior del cilindro y sostenida, por un lado, por el soporte del motor y por el otro empotrado en una de las caras laterales de la caja. La otra guía se encuentra colocada enfrente del cilindro dentado y pegada a una cara de la caja (ver figura 1); tiene la forma de un triángulo rectángulo con la hipotenusa curva, y es atravezada interiormente en toda su extensión por una ranura que es continuada en la cara de la caja que la sostiene. Esta guía tiene en uno de los extremos de su parte superior una pequeña prolongación que sirve también para guiar el papel.

4.1.6. Marcadores.

Consisten en dos piezas de forma rectangular cada una de las cuales se agranda transversalmente en uno de sus extremos, lo cual permite ensamblarlos en la cara superior de la caja, ver piezas 15 y 17 en el plano. - La pieza superior del marcador tiene dos orificios para dar cabida a unos -

teclas que pueden moverse a lo largo de los mismos; estas teclas tienen topes inferiores para impedir su salida, además se encuentran ensanchadas en su parte superior para facilitar el ser oprimidas por los dedos teniendo un orificio interior para permitir la entrada de los bolígrafos.

La pieza inferior tiene dos orificios que coinciden exactamente con los de la pieza anterior y que se ajustan a la forma del bolígrafo y su resorte, terminando en su parte inferior en dos pequeños orificios por los cuales salen los puntos de los bolígrafos.

4.1.7. Bolígrafos.

Se utilizan dos bolígrafos tipo estándar los cuales son cortados reduciéndolos a una longitud de 5.32 cms. Los bolígrafos, con su resorte correspondiente, son colocados uno en cada orificio del marcador.

4.1.8. Conmutador.

Se encuentra colocado a un lado de los marcadores y conectado a una de las terminales del motor sincrónico. Ver figuras 2 y 3.

4.1.9. Caja.

Esta es una caja de 17.3 x 11.1 x 10.6 cms. de madera de .93 cms. de espesor en la cual se encuentran montadas las piezas anteriormente descritas; en su cara superior se encuentran orificios que permiten el montaje del conmutador y los marcadores, en una de sus caras se encuentra un orificio que permite la salida de la cinta de papel y en la cara opuesta a la anterior se encuentra otro orificio que permite la entrada de los alambres conductores. La cara superior de la caja puede abrirse estirando el extremo opuesto a los marcadores debido a la existencia de un broche de presión en el interior de la caja. Ver figuras 2 y 3.

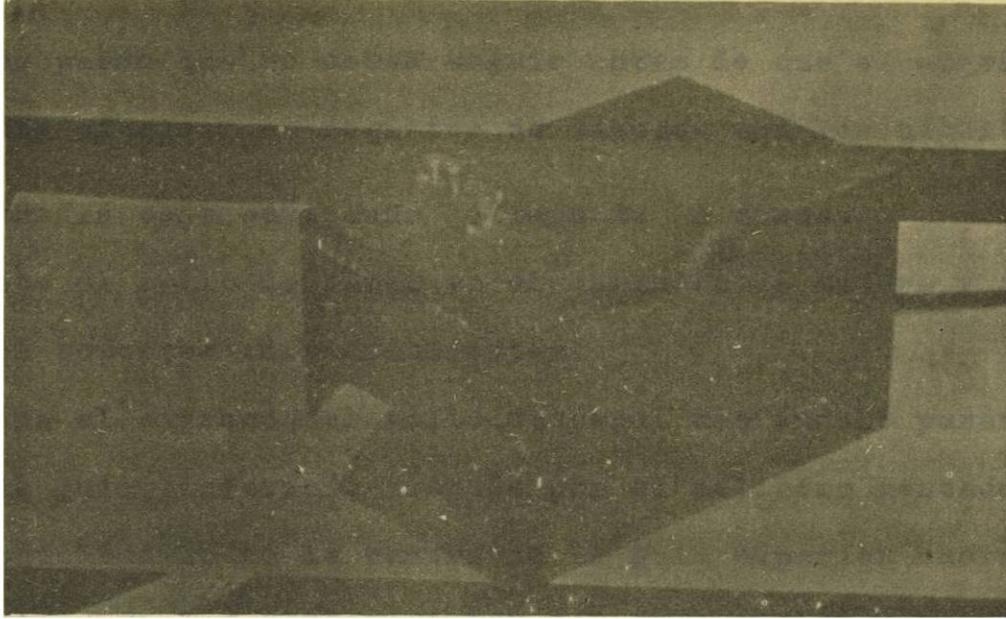


Figura 2. Aparato Registrador de Tiempos

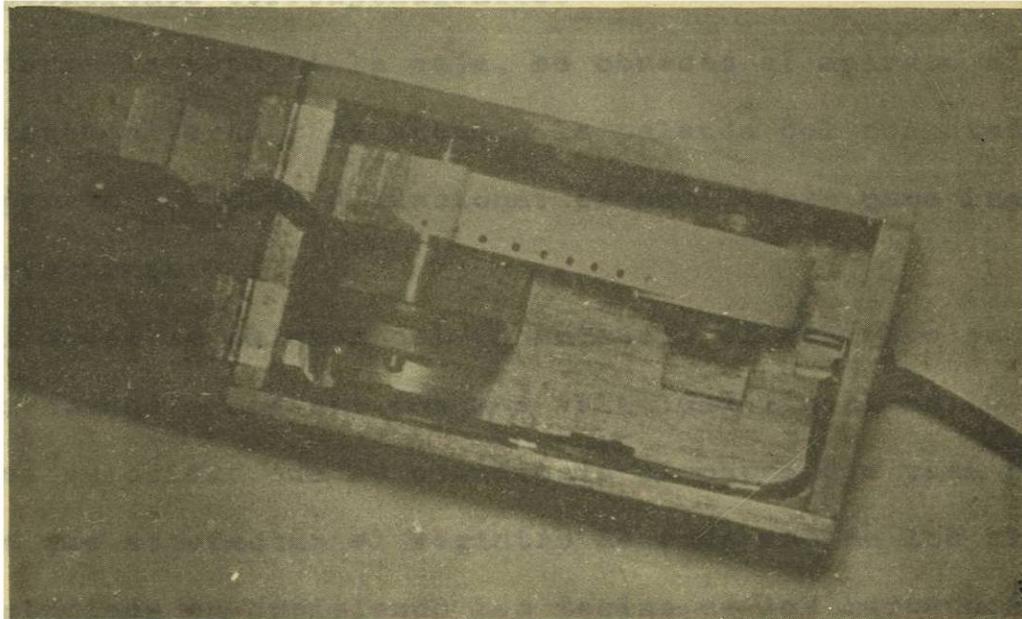


Figura 3. Interior del aparato registrador

4.2. FUNCIONAMIENTO.

Los pasos que se deben seguir antes de que el aparato se encuentre listo para efectuar el registro de tiempos son los siguientes:

- 1.-Se abre la caja estirando la tapa de la misma.
- 2.-Se mete el rollo de papel en el cilindro de madera y se coloca en en los soportes correspondientes.
- 3.-Se toma el extremo del rollo de papel haciéndolo pasar primeramente por la guía, inferior, después por el cilindro dentado y finalmente introduciéndolo en la ranura de la guía superior hasta que salga al exterior. En las perforaciones del papel deben introducirse los - dientes del cilindro.
- 4.-Se desarman las piezas de los marcadores y se verifica que los bo-- lígrafos tengan tinta suficiente para durar todo el tiempo experi-- mental. Una vez hecho esto, se vuelven a colocar los marcadores en sus posiciones correspondientes.
- 5.-Se cierra la tapa de la caja, se conecta el aparato a la fuente de corriente alterna y se acciona la palanca del conmutador con lo que el aparato comienza a funcionar estando listo para registrar las - observaciones.

Al mover la palanca del conmutador, el cilindro es accionado por el motor comenzando a moverse con una velocidad lineal de 10 pulgadas por minuto, misma velocidad que es comunicada al papel que pasa por el cilindro. La manera en que se efectúa el registro de cada uno de los elementos de la operación estudiada es oprimiendo las teclas de los marcadores, la de la derecha una sola vez para indicar los puntos iniciales del elemento y la de la izquierda un número de veces igual al número del elemento observado - a fin de identificar éste. Así, para marcar el elemento número 1 oprimimos-

las dos teclas simultáneamente, para marcar el elemento número dos oprimir las dos teclas simultáneamente y la de la izquierda una vez más, para marcar dos puntos que identifiquen éste elemento, y así sucesivamente (ver figura 4).

Una vez registrados todos los ciclos necesarios para obtener resultados confiables, se deja funcionando el aparato hasta estar seguros que la última observación registrada haya salido al exterior, se mueve la palanca del conmutador para que el aparato deje de funcionar, se corta la cinta de papel y se procede al análisis, interpretación y resumen de los datos, - tomando en consideración que cada décima de pulgada equivale a 0.01 minutos

4.3. DIBUJOS.

Los dibujos correspondientes al aparato registrador de tiempos - son mostrados a continuación.

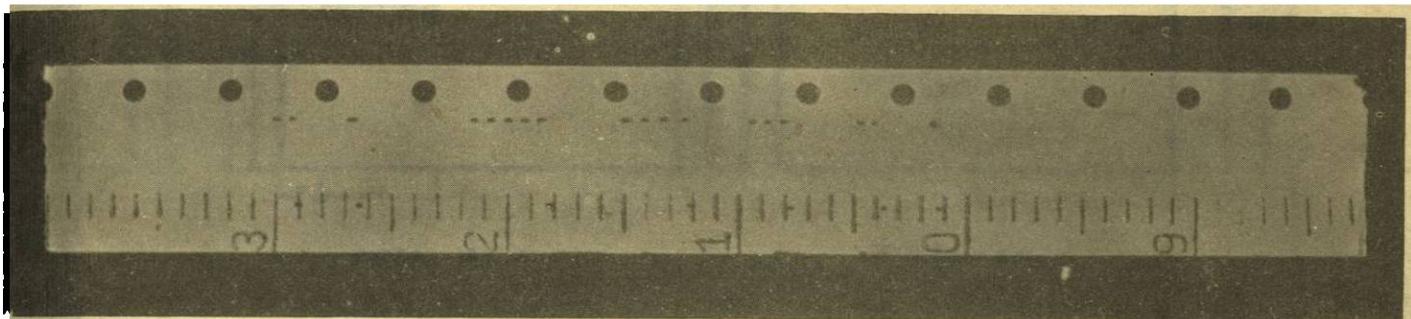


Figura 4. Registro de elementos utilizando el
Aparato Registrador.

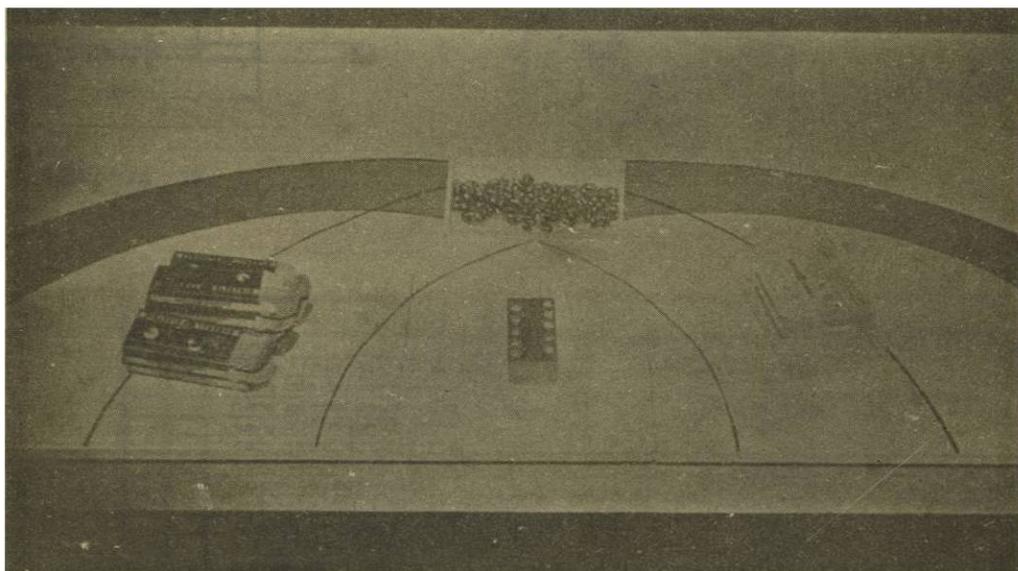


Figura 5. Lugar de Trabajo.

CAPITULO V

Experimentación

Los temas comprendidos en este capítulo son el desarrollo del experimento y el análisis estadístico de los datos.

5.1. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.

5.1.1. Operación estudiada.

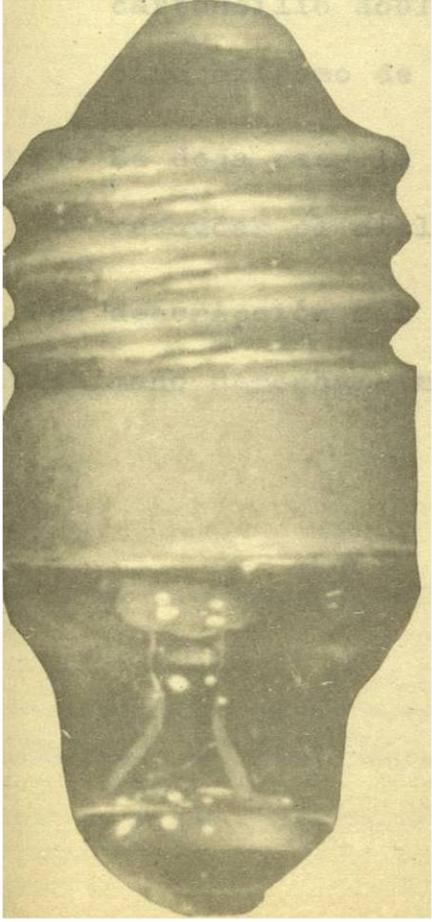
• La operación escogida para ser estudiada consiste en el empaque de focos #222 para linternas de baterías, estos son primeramente colocados con la ayuda de una plantilla especial, en cada uno de los agujeros de un cartoncillo que tiene 10 perforaciones sueltas a tresbolillo en dos filas de 5 agujeros cada una, en seguida se dobla el cartoncillo según líneas guía marcadas en el mismo y finalmente se mete éste en una cajita de cartón con lo cual, al cerrarse ésta, se da por terminado un ciclo de la operación. Ver figura 6.

5.1.2. Lugar de Trabajo.

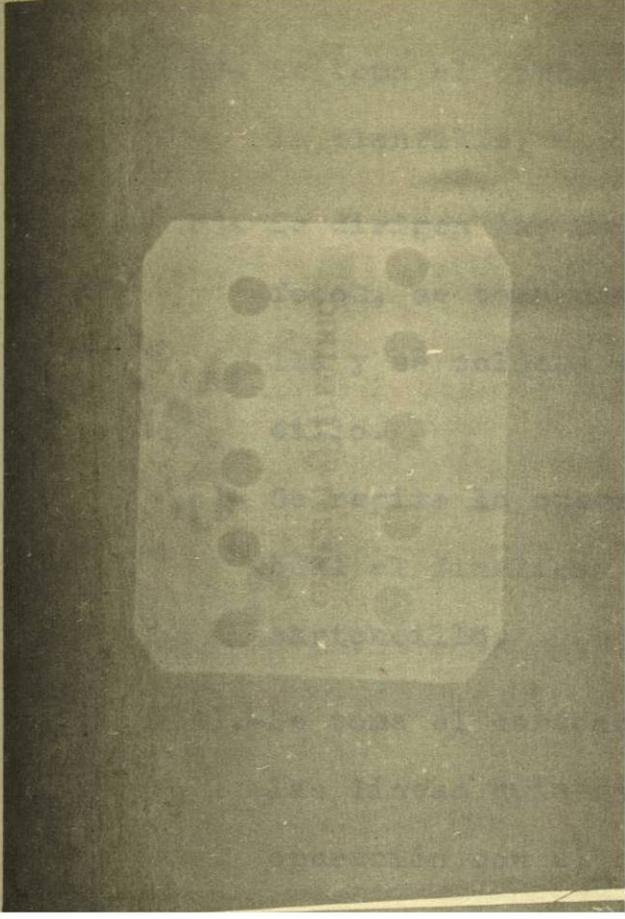
El lugar en que se realizó el trabajo fue el laboratorio de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Químicas, en donde se encuentra una mesa de trabajo. El operario se colocó de pie delante de la mesa teniendo al frente la plantilla y atrás de ésta los focos, a su derecha los cartoncillos y a su izquierda las cajas de empaque, estando todos los materiales dentro de las áreas normales de trabajo marcadas en la mesa, ver figura 5. El cronometrista se colocó a la izquierda del operario y el manipulador del aparato registrador de tiempos a la derecha.

5.1.3. Método de Trabajo.

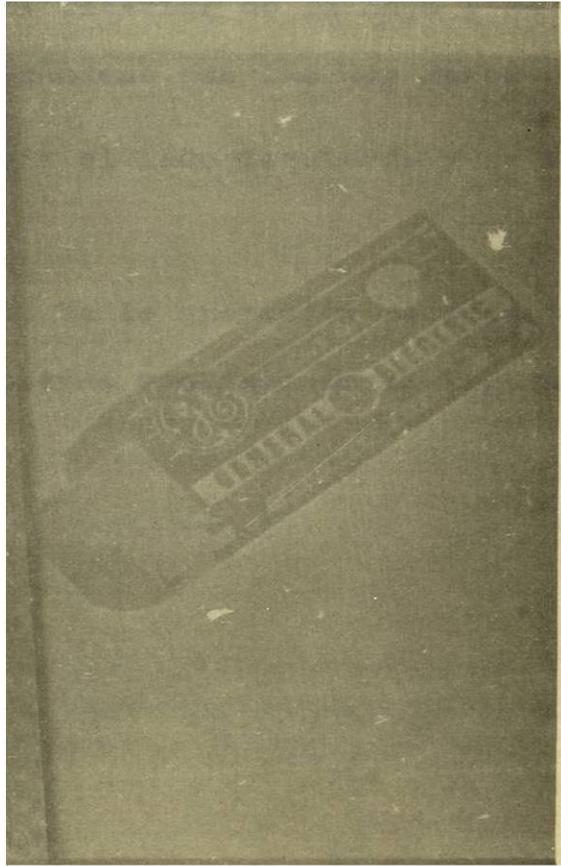
El método seguido en la operación es el siguiente



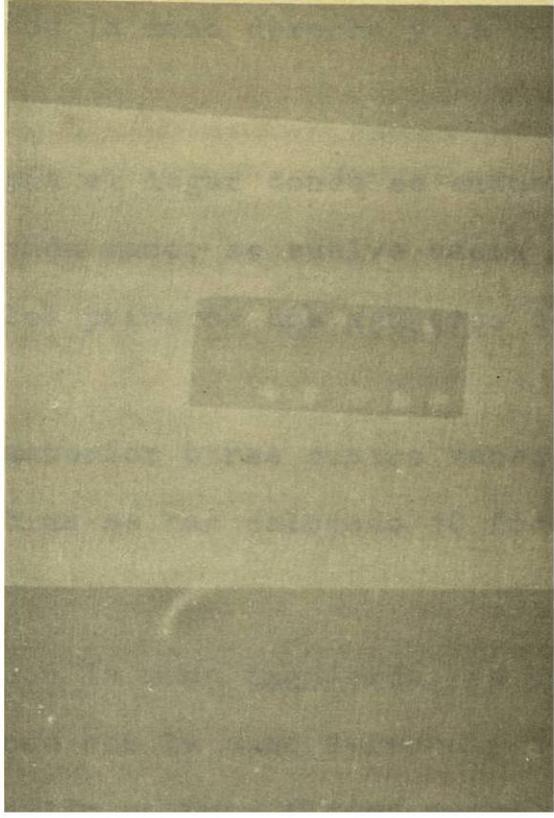
Foco



Cartoncillo



Caja de artón



Platilla

Figura 6 Material de trabajo

- a)- Se toma el cartoncillo con la mano derecha y se coloca sobre la plantilla.
- b)- Se dirigen las manos hacia el lugar donde se encuentran los focos, se toma uno con cada mano, se vuelve hacia la plantilla y se colocan sobre los primeros dos agujeros del cartoncillo.
- c)- Se repite la operación anterior otras cuatro veces, con lo cual al finalizar la última se han colocado 10 focos en el cartoncillo.
- d).-Se toma el cartoncillo con la mano izquierda, se dobla sobre las líneas guía ayudándose con la mano derecha y termina la operación con el cartoncillo en ésta última mano.
- e)- Se toma con la mano **izquierda** una cajita de cartón doblada en uno de sus extremos, con la mano **derecha** se introduce el cartoncillo doblado en el interior de la caja y se cierra el otro extremo de ésta ayudándose con las dos manos.
- f)- Se deja caer la caja hacia el lado izquierdo y se vuelve a reanudar el ciclo.

Una descripción más detallada de la operación es dada por medio de la gráfica mano derecha - mano izquierda mostrado en la figura 7.

GRAFICA MANO DERECHA - MANO IZQUIERDA
OPERACION: Empaque de focos # 222 para linternas de mano

MANO IZQUIERDA	SIMBOLOS		MANO DERECHA
Espera	EI	TV	Vá por el cartoncillo.
Espera	EI	C	Toma el cartoncillo.
Espera	EI	TC	Lleva el cartoncillo hacia la Plantilla.
Espera	EI	P	Posiciona el cartoncillo en la plantilla.
Vá hacia los focos.	TV	TV	Vá hacia los focos.
Toma un foco	C	C	Toma un foco
Vá hacia el cartoncillo.	TC	TC	Vá hacia el cartoncillo.
Coloca el foco en el primer agujero a la izquierda del cartoncillo.	P	P	Coloca el foco en el primer agujero a la derecha del cartoncillo.
Vá hacia los focos.	TV	TV	Vá hacia los focos.
Toma un foco.	C	C	Toma un foco.
Vá hacia el cartoncillo	TC	TC	Vá hacia el cartoncillo.
Coloca el foco en el segundo agujero a la izquierda del cartoncillo.	P	P	Coloca el foco en el segundo agujero a la derecha del cartoncillo.
Vá hacia los focos.	TV	TV	Vá hacia los focos.
Toma un foco.	C	C	Toma un foco.
Vá hacia el cartoncillo.	TC	TC	Vá hacia el cartoncillo.
Coloca el foco en el tercer agujero a la izquierda del cartoncillo.	P	P	Coloca el foco en el tercer agujero a la derecha del cartoncillo.
Vá hacia los focos.	TV	TV	Vá hacia los focos.
Toma un foco.	C	C	Toma un foco.
Vá hacia el cartoncillo.	TC	TC	Vá hacia el cartoncillo.
Coloca el foco en el cuarto agujero a la izquierda del cartoncillo.	P	P	Coloca el foco en el cuarto agujero a la derecha del cartoncillo.
Vá hacia los focos.	TV	TV	Vá hacia los focos.
Toma un foco.	C	C	Toma un foco.
Vá hacia el cartoncillo.	TC	TC	Vá hacia el cartoncillo.
Coloca el foco en el quinto agujero a la izquierda del cartoncillo.	P	P	Coloca el foco en el quinto agujero a la derecha del cartoncillo.
Espera	EI	C	Toma el cartoncillo.
Dobla el cartoncillo en las líneas guía.	U	U	Dobla el cartoncillo en las líneas guía.
Vá hacia las cajas de cartón.	TC	So	Sostiene el cartoncillo.
Toma la caja de cartón.	C	So	Sostiene el cartoncillo.
Lleva la caja hacia el cartoncillo.	TC	So	Sostiene el cartoncillo.
Sostiene la caja.	So	M	Introduce el cartoncillo en la caja
Sostiene la caja ayudando a cerrarla.	SoTu	U	Cierra la caja.
Deja caer la caja.	Dc	EE	Espera

SIGNIFICADO DE SIMBOLOS:

C	Coger	De	Dejar la carga	EI	Espera inevitable.
TV	Transporte en vacío	P	Posición	EE	Espera evitable
TC	Transporte en carga	M	Montar		
So	Sostener	U	Uso		

5.1.4 División de la Operación en elementos.

La división de la operación en elementos se hizo considerando -- los factores que determinan el tamaño de los mismos, limitado por el hecho de que no es posible medir elementos menores de 0.03 minutos con el cronómetro. La operación se dividió en los siguientes elementos:

- 1.- Posicionar el cartoncillo en la plantilla y colocar en aquél el primer par de focos.
- 2.- Colocar los siguientes dos pares de focos.
- 3.- Colocar los últimos dos pares de focos.
- 4.- Tomar el cartoncillo y doblarlo.
- 5.- Tomar la caja, meter en ésta el cartoncillo, cerrarla y dejarla.

Los puntos terminales de los elementos son fácilmente detectables, los 3 primeros por el ruido producido al meter los focos en el cartoncillo, el cuarto termina cuando se toma la caja y el quinto cuando la caja, ya cerrada, es aventada por el operador.

5.1.5. Medición del tiempo.

La medición del tiempo se efectuó para los mismos ciclos de la operación utilizando un cronómetro y el aparato registrador de tiempos.

Para determinar el número de ciclos a medirse se utilizó la fórmula derivada estadísticamente¹ considerando un nivel de confianza del 95% y límites de $\pm 5\%$.

Se efectuó la medición de 20 ciclos completos de la operación -- procediendo a determinar el número de lecturas a efectuar para cada elemento por cada uno de los métodos de registro. Ver tabla I.

¹Ver capítulo II, sección 2.3.

TABLA I. DETERMINACION DEL NUMERO DE CICLOS A MEDIRSE

Ciclos	Elemento 1		Elemento 2		Elemento 3		Elemento 4		Elemento 5	
	Cronom.	Regist.								
1	6	6	6	7	8	7	6	5	11	11
2	5	6	7	7	7	8	6	5	9	10
3	6	6	7	8	7	7	6	5	9	10
4	5	5	7	6	8	8	7	7	9	9
5	5	5	6	5	7	6	6	6	9	9
6	5	5	5	4	8	8	5	6	11	11
7	5	5	6	6	6	7	7	7	13	13
8	5	5	7	7	7	7	7	7	15	16
9	6	6	7	7	8	8	6	7	12	12
10	6	6	7	7	8	8	6	6	12	11
11	5	5	7	7	8	8	7	7	12	13
12	5	4	6	6	7	7	6	6	10	10
13	6	6	6	7	7	7	5	5	12	11
14	4	4	8	9	7	9	5	5	9	9
15	5	5	6	6	8	10	6	6	12	12
16	6	6	7	7	7	7	5	5	11	11
17	5	5	7	7	11	11	6	6	10	12
18	7	7	7	7	7	6	5	5	11	12
19	6	5	6	7	6	5	6	6	12	11
.20	5	5	7	7	6	6	6	5	8	8
N'	27	30	18	29	35	55	22	32	41	43

Notas: N' se obtiene aplicando para cada caso del elemento la fórmula $N' = \left[\frac{40N}{\sum X} \sqrt{\frac{\sum X^2 - (\sum X)^2/N}{N-1}} \right]^2$

Los valores de las lecturas están dados en centésimas de minuto.

De los resultados anteriores se tiene que el elemento que más -- lecturas necesita es el número 3, efectuado con el aparato registrador de -- tiempos, con lo cual se concluye que el número de ciclos que debe regis-- trarse es de 55.

El cronometraje se realizó utilizando el método continuo regis-- trándose las lecturas en hojas adecuadas, ver figuras 8 y 9. La tabla II-- nos muestra comparativamente las lecturas obtenidas con el cronómetro y el aparato registrador para cada elemento de cada ciclo.

a).- Tiempo Elemental.

El tiempo elemental es obtenido de la media aritmética de las -- lecturas de cada elemento aplicando la siguiente fórmula:

$$Te = \frac{X}{N}$$

en donde:

Te = Tiempo Elemental.

X = Suma de las lecturas del elemento.

N = Número de lecturas observadas.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Elemento	Cronómetro			Aparato Registrador		
	X (minutos)	N	Te (minutos)	X (minutos)	N	Te (minutos)
1	3.00	55	.0545	3.01	55	.0547
2	3.69	55	.0671	3.71	55	.0675
3	3.93	55	.0714	3.96	55	.0720
4	3.07	55	.0558	3.16	55	.0574
5	6.37	55	.1158	6.45	55	.1173

b).- Tiempo Normal.

No.	Elementos	Suma de lecturas	Observaciones	Tiempo elemental (minutos)	Factor de Niv. (%)	Tiempo Normal (minutos)	Tolerancias (%)	Tiempo Estándar (minutos)
1	Posicionar cartoncillo y colocar primer par de focos.	300	55	.0545	85	.0463	15	.0545
2	Colocar los siguientes dos pares de focos.	369	55	.0671	110	.0738	15	.0868
3	Colocar los últimos dos pares de focos.	393	55	.0714	110	.0785	15	.0923
4	Tomar el cartoncillo y doblarlo.	307	55	.0558	90	.0502	15	.0591
5	Tomar la caja, meterle el cartoncillo y cerrar.	637	55	.1158	80	.0926	15	.1098

Valor Observado .4016 minutos
Operación: Empaque de focos para baterías # 222

T O L E R A N C I A S

Personal	5%	Departamento: Lámparas Miniatura
Fatiga	5%	Herramientas especiales,
Inevitables	5%	patrones etc. Plantilla de madera.
Total	15%	Condiciones de trabajo.. Normales.
Hora a la cuál empezó el estudio	11.37	
hora a la cuál terminó el estudio	11.57	
Tiempo total	20 min	

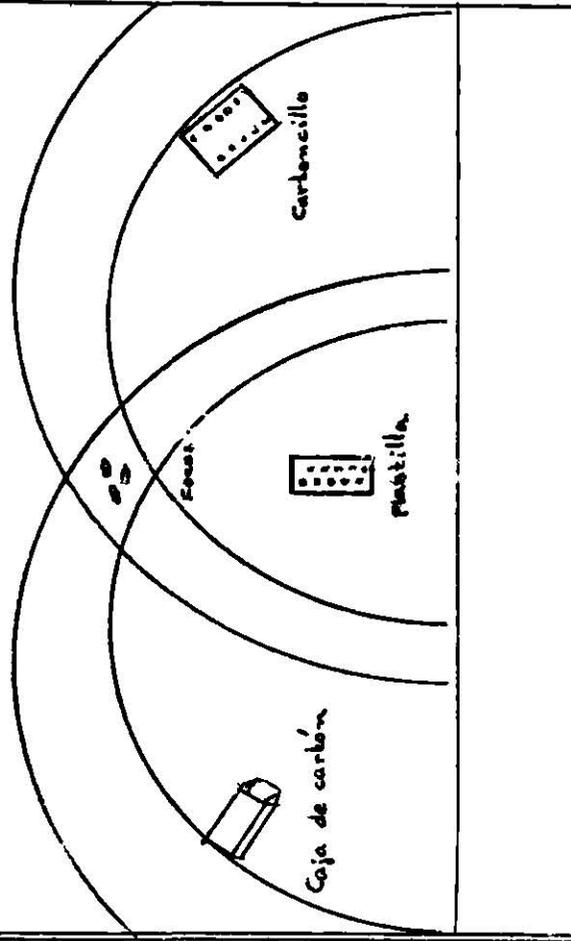


Figura 9. HOJA DE OBSERVACIONES PARA EL CROMOLETRAJE (REVERSO)

TABLA II

LECTURAS OBTENIDAS CON EL CRONOMETRO Y EL APARATO REGISTRADOR

Ciclos	Elem. 1		Elem. 2		Elem. 3		Elem. 4		Elem. 5	
	Cron.	Reg.								
1	6	.	6	7	8	7	6	5	11	11
2	5	6	7	7	7	8	6	5	9	0
3	6	6	7	8	7	7	6	5	9	0
4	5	5	7	6	8	8	7	7	9	9
5	5	5	6	5	7	6	6	6	9	9
6	5	5	5	4	8	8	5	6	1	11
7	5	5	6	6	6	7	7	7	13	13
8	5	5	7	7	7	7	7	7	15	6
9	6	6	7	7	8	8	6	7	2	2
10	6	6	7	7	8	8	6	6	12	1
11	5	5	7	7	8	8	7	7	2	11
12	5	4	6	6	7	7	6	6	1	0
13	6	6	6	7	7	7	5	5	12	
14	4	4	8	9	7	9	5	5	9	9
15	5	5	6	6	8	10	6	6	12	2
16	6	6	7	7	7	7	5	5	1	11
17	5	5	7	7	11	11	6	6	10	12
18	7	7	7	7	7	6	5	5	1	12
19	6	5	6	7	6	5	6	6	12	11
20	5	5	7	7	6	6	6	5	8	8
21	6	4	7	7	7	6	5	6	14	13
22	5	6	7	6	7	6	5	6	1	12
23	5	5	7	7	7	6	6	6	12	13
24	5	6	7	6	6	7	7	6	14	12
25	7	6	7	6	6	7	6	6	9	
26	5	4	8	7	8	9	5	5	8	9
27	6	6	6	6	6	5	5	6	13	14
28	5	5	7	7	6	6	6	6	1	3
29	6	6	7	8	6	6	5	6	14	13
30	5	6	7	7	7	8	6	5	8	10
31	7	7	8	9	11	12	8	9	16	5
32	6	6	5	7	7	6	6	6	13	3
33	7	7	6	5	9	9	6	7	15	14

TABLA II
LECTURAS OBTENIDAS CON EL CRONOMETRO Y EL APARATO REGISTRADOR

Ciclos	Elem. 1		Elem. 2		Elem. 3		Elem. 4		Elem. 5	
	Cron.	Reg.								
34	5	5	7	8	7	7	6	7	12	11
35	5	5	6	6	7	7	5	5	10	9
36	6	6	7	8	8	7	5	5	12	13
37	5	4	6	7	6	6	5	5	9	10
38	5	6	6	6	6	5	6	7	15	13
39	5	6	7	7	8	9	6	6	7	10
40	4	5	8	8	7	8	5	5	7	9
41	9	8	8	7	7	6	7	7	13	12
42	6	6	7	7	6	7	4	5	15	16
43	5	5	6	7	7	6	4	5	11	12
44	5	4	7	7	6	7	4	4	9	9
45	4	5	8	7	6	6	6	6	13	12
46	4	5	7	6	8	8	5	5	12	12
47	5	5	5	6	8	7	5	5	11	12
48	4	5	7	7	6	7	4	4	12	13
49	5	6	6	6	7	6	5	5	12	12
50	5	5	7	7	7	6	6	6	12	11
51	7	6	7	6	7	8	5	6	15	13
52	5	5	6	5	7	8	5	5	14	13
53	6	5	6	7	7	7	4	5	11	10
54	5	6	8	7	7	7	5	5	15	16
55	7	7	6	7	7	8	5	6	15	14

El cálculo del tiempo normal se efectúa aplicando la siguiente fórmula:

$$T_n = \frac{T_e F}{100}$$

en donde:

T_n = Tiempo Normal

T_e = Tiempo elemental

F = Factor de nivelación expresado en por ciento

El factor de nivelación se obtuvo empleando el método de Calificación de velocidad para cada elemento. Los valores obtenidos son mostrados en la siguiente tabla:

Elemento	Cronómetro			Aparato Registrador		
	T_e (minutos)	F (%)	T_n (minutos)	T_e (minutos)	F (%)	T_n (minutos)
1	.0545	85	.0463	.0547	85	.0465
2	.0671	110	.0738	.0675	110	.0742
3	.0714	110	.0785	.0720	110	.0 92
4	.0558	90	.0502	.0574	90	.0517
5	.1158	80	.0926	.1173	80	.0938

c).- Tiempo Estándar.

El tiempo estándar se calcula como sigue:

$$T_s = T_n \left(\frac{100}{100-T} \right)$$

en donde: T_s = Tiempo Estándar

T_n = Tiempo Normal

T = Tolerancias.

Considerando que la operación estudiada se desarrollo en condiciones normales, y que no requiere en su ejecución un esfuerzo considerable por parte del operador, se agregaron las siguientes tolerancias:

Necesidades personales - - - - -	5 %
Fatiga- - - - -	5 %
Operaciones suplementarias - - - - -	5 %
<u>Total- - - - -</u>	<u>15 %</u>

Los valores obtenidos para el tiempo estándar se consignan en la siguiente tabla:

Elemento	Cronómetro			Aparato Registrador		
	Tn (minutos)	T %	Ts (minutos)	Tn (minutos)	T %	Ts (minutos)
1	.0463	15	.0545	.0465	15	.0547
2	.0738	15	.0868	.0742	15	.0873
3	.0785	15	.0923	.0792	15	.0932
4	.0502	15	.0591	.0517	15	.0608
5	.0926	15	.1089	.0938	15	.1104
	T o t a l		.4016	T o t a l		.4064

Por lo tanto, los tiempos estándar obtenidos para un ciclo completo de la operación son:

Con el cronómetro- - - - - .4016 minutos

Con el aparato registrador de tiempo .4064 "

5.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS.

El análisis estadístico de los datos es efectuado con el fin de encontrar la relación existente entre las lecturas obtenidas con el cronómetro y las tomadas con el aparato registrador de tiempos. El análisis -- efectuado consta de dos pasos:

- 1.- Determinación del factor de correlación.
- 2.- Obtención de la ecuación de la recta que relaciona los dos métodos utilizados.

5.2.1. Determinación del factor de correlación.

Este factor nos sirve para indicar la relación existente entre las variables analizadas, su determinación se efectúa por medio de la siguiente fórmula.¹

$$r = \frac{\sum XY - n \bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{(\sum X^2 - n \bar{X}^2)(\sum Y^2 - n \bar{Y}^2)}}$$

en donde:

r = Factor de correlación.

X = Tiempos elementales obtenidos con el cronómetro.

Y = Tiempos elementales obtenidos con el aparato registrador.

n = Número de elementos.

\bar{X} = Medio aritmético de los valores de X.

\bar{Y} = Medio aritmético de los valores de Y.

\sum = Suma.

Los datos con los cuales se efectuaron los cálculos se muestran en la siguiente tabla:

X (minutos)	Y (minutos)
.0545	.0547
.0671	.0675
.0714	.0720
.0558	.0574
.1158	.1173

¹P. H. Hoel, "Introduction to Mathematical Statistics", página 122, John Wiley & Sons Inc., New York, 1960.

Obteniendo los valores buscados y substituyéndolos en la ecuación encontramos el siguiente valor para r.

$$r = .9992$$

El cuadrado del factor de correlación nos indica el porcentaje de la variación de Y que es explicado por la variación de X.

$$r^2 = (.9992)^2 = .9984$$

de lo anterior se deduce que el 99.84% de la variación en las lecturas del aparato registrador de tiempos es explicado por la variación de las lecturas del cronómetro.

5.2.2 Determinación de la línea de regresión.

La línea que más se aproxima a los puntos formados con los valores de X y Y se denomina línea de regresión; la determinación de su ecuación se efectúa utilizando las siguientes ecuaciones:²

$$Y - \bar{Y} = b (x - \bar{x})$$

$$b = \frac{\sum XY - n \bar{x} \bar{Y}}{\sum X^2 - n \bar{X}^2}$$

substituyendo valores en las ecuaciones anteriores se obtienen los siguientes resultados.

$$b = 1.0056$$

$$Y = 1.0056 X + 0.0005$$

La última ecuación nos representa la ecuación de la línea de regresión cuya solución gráfica se muestra en la figura 10.

²Ibid, Página 127-128.

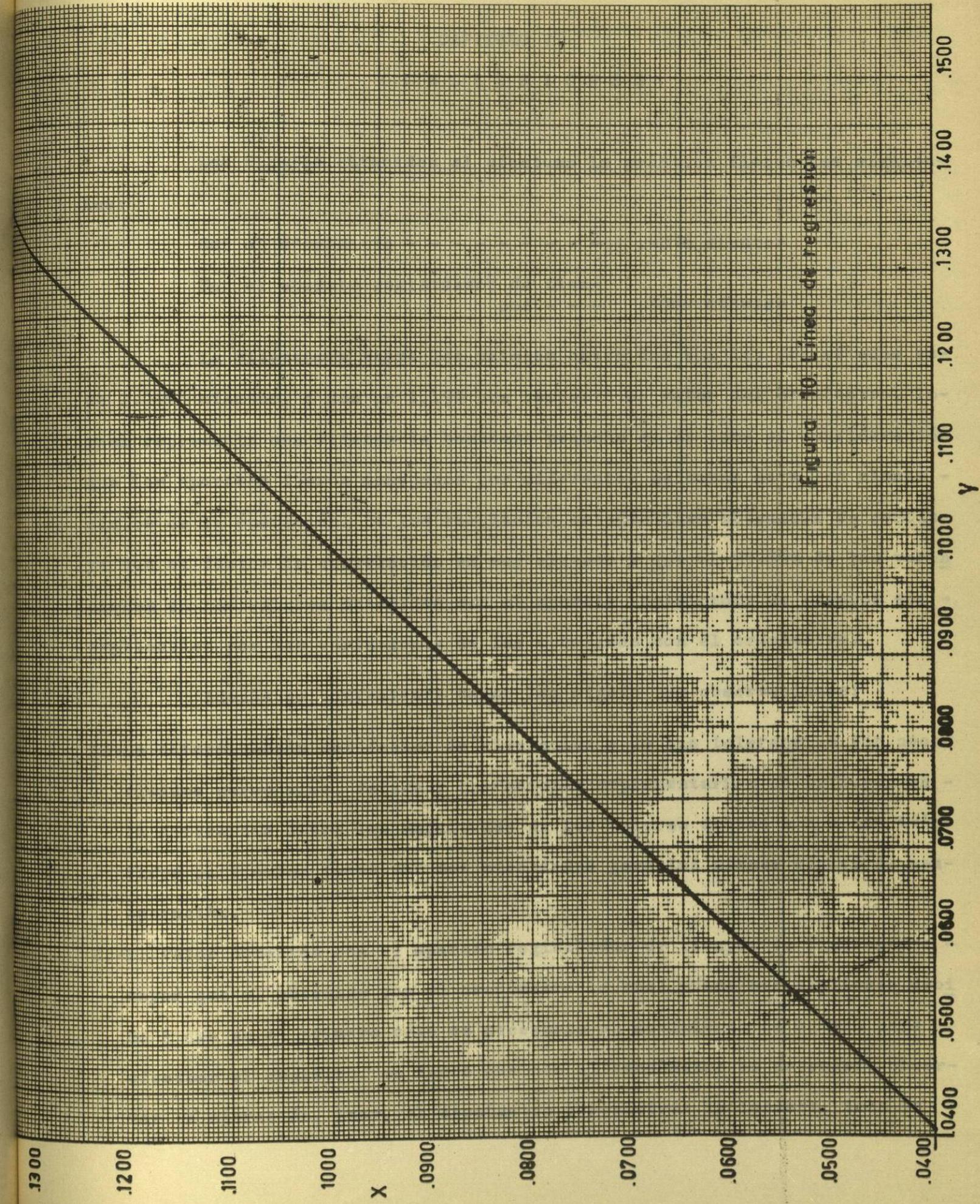


Figura 10 Línea de regresión

CAPITULO VI
C O N C L U S I O N E S

Los tiempos obtenidos al efectuar la práctica fueron los siguientes:

Con el cronómetro - - - - -	.4016 minutos
Con el aparato registrador de tiempos - - -	.4064 minutos

La diferencia entre los valores obtenidos con los dos métodos es de 0.0048 minutos, o sea un 1.19% con respecto al valor del cronómetro, lo cual representa una diferencia bastante pequeña si se toma en consideración que los aparatos fueron manejados por diferentes personas para los mismos ciclos de la operación. De los resultados estadísticos obtenidos se concluye que el factor de correlación es muy elevado y que el 99.84% de las variaciones en los valores obtenidos con el aparato registrador de tiempos son explicables por las variaciones de las obtenidas con el cronómetro.

Además es conveniente hacer las siguientes observaciones:

- 1.-La determinación del factor de nivelación y de las tolerancias por necesidades personales, fatiga y operaciones suplementarias no influyen en la diferencia entre las magnitudes de los valores debido a que son idénticos para ambos casos por ser efectuados para los mismos ciclos de una operación.
- 2.-El valor obtenido con el aparato registrador de tiempos es ligeramente mayor que el obtenido con el cronómetro lo cual puede ser explicado debido a que en el primero sólo es necesario un movimiento de la mano para efectuar el registro, en tanto que con el cronómetro es necesario observar la operación, leer, el cronómetro y registrar la lectura, todo lo

cual origina una disminución en el valor de los tiempos registrados.

3.-El factor de calificación puede ser determinado con mayor exactitud y seguridad cuando se usa el aparato registrador de tiempos ya que éste permite al analista concentrar toda su atención en la forma en que se efectúa la operación estudiada.

El uso de la cinta de papel especial y el tiempo necesario para resumir la información de ésta, hacen que el costo de los estudios efectuados con el aparato registrador de tiempos sea superior al de los realizados por medio de cronómetros. En general se recomienda utilizar aquel aparato en operaciones manuales, repetitivas, con escaso número de elementos y que requieran una exactitud y precisión mayores que las obtenidas con el cronómetro.

B I B L I O G R A F I A

- Barnes, Ralph M., "Estudios de Movimientos y Tiempos", Madrid, Aguilar 1958.
- Block, Stanley M., "Semtar, Automatic Electronic Motion Timer, Journal of Industrial Engineering, Volumen XII, No. 4, Julio-Agosto 1961.
- Brown, J.A.C., "La Psicología Social en la Industria", México, Fondo de Cultura Económica, 1963.
- Jones, D., "A New Time Study Tool", Advanced Management, Volumen XVIII, No. 4, Abril 1953.
- Maynard, H.B., "Industrial Engineering Handbook", New York, McGraw Hill 1956.
- Mundel, Marvin, "Estudio de Tiempos y Movimientos, Principios y Práctica", México, Cía.Editorial Continental, 1963.
- Myers, H.J. "Simplified Time Study, for factory supervisors, shop stewards and cost men", New York, The Ronald Press company, 1944.
- Nadler, Gerald y Goldman, Jay, "The Unopar", Journal of Industrial Engineering, Volumen IX, No. 1, Enero-Febrero 1958.
- Nadler, Gerald, "Motion and Time Study", New York, McGraw Hill, 1955.
- Niebel, B.W. "Motion and Time Study", Richard E. Irwing, Inc.1958.
- Rowe, A. J., "Electronics, A useful tool for Time measurement Problems" Journal of Industrial Engineering, Volumen 5, No. 2 - Marzo 1954.
- Villers, Raymond, "Dinamismo en la Dirección Industrial", México, Herre-ro Hnos., Sucs., 1960.

