

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Guatemala, Centro América.

"METODOLOGÍA PARA ENCONTRAR COSTOS
PROMEDIOS PARA EL PLANEAMIENTO
DE LAS OBRAS MUNICIPALES"

T E S I S

Presentada a la Junta Directiva de la
Facultad de Ingeniería
de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

por:

CARLOS ENRIQUE CALDERÓN V.

Al conferírsele el Título de:

INGENIERO CIVIL

Guatemala, Julio de 1969.

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

DL
08
T(75)

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido en la ley universitaria, presento a vuestra consideración, mi trabajo de Tesis

"METODOLOGÍA PARA ENCONTRAR COSTOS
PROMEDIOS PARA EL PLANEAMIENTO
DE LAS OBRAS MUNICIPALES"

tema que me fue asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano:	Ing. Amando Vides Tobar
Vocal Primero:	Ing. Marco Antonio Cuevas
Vocal Segundo:	Ing. Francisco Ubieto
Vocal Tercero:	Ing. Adolfo Behrens M.
Vocal Cuarto:	Br. Alfredo Bonatti
Vocal Quinto:	Br. Eliseo Osorio
Secretario:	Ing. Héctor A. Centeno

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Amando Vides Tobar
Vocal Segundo:	Ing. Francisco Ubieto
Examinador:	Ing. Juan Papahiu K.
Examinador:	Ing. Guillermino Rosales
Secretario:	Ing. Jorge Luis Lazo

DEDICATORIA

A mis Padres:

Efraín Calderón L.
Elda T. de Calderón.

A mis Hermanos:

Héctor,
María Antonieta,
Efraín y
Myrna.

CONTENIDO

1.	Introducción	1
2.	Análisis del procedimiento del cálculo de costos	3
	a. El cálculo de costos en el departamento de costos	3
	b. El cálculo de costos en los trabajos por bonos	6
	c. Predeterminación de costos	8
3.	Problemas que confronta la Municipalidad a consecuencia del sistema actual de costos	11
4.	Costos Standard	13
5.	Requerimientos para el estudio de tiempos	21
6.	Estudio de tiempos con cronómetro	23
7.	Estudio de tiempos por medio del muestreo de trabajo	39
8.	Características que se deben de tomar en cuenta en el estudio de tiempos	43
9.	Diagrama hombre-máquina	63
10.	Conclusiones y recomendaciones	65
	Bibliografía	67

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo es un estudio de el sistema actual de Predeterminación de Costos de la Municipalidad de Guatemala, los problemas que dicho sistema ha presentado en su aplicación y la solución de dichos problemas por medio de los Costos Standard; el trabajo se hizo en la forma siguiente:

Se hizo un estudio de la forma, cómo es llevada la contabilidad de costos actualmente en la Municipalidad de Guatemala y cómo se predeterminan los mismos, para el planeamiento de las obras; llegándose a encontrar que la contabilidad de costos que se lleva actualmente, consiste en una serie de formularios que son llenados en el campo, siendo estos trasladados a la oficina y elaborados aquí, hasta encontrar los costos unitarios. El trabajo de predeterminación que se hace actualmente tiene su base fundamental en estos costos unitarios, ya que para predeterminarlos, se utilizan estos mismos, haciendo un promedio de varios meses.

Entre los problemas principales encontrados, está la gran variación de los costos unitarios del mes anterior al mes siguiente, y siendo como es, la base fundamental para la predeterminación, se nota aquí la razón por que los costos que se predeterminan no son los encontrados al final de la obra; la solución a dicho problema y otros que más adelante se describen, puede encontrarse a través de la aplicación de los Costos Standard, que es el método propuesto en el presente trabajo, y descrito en un capítulo aparte para hacer resaltar las ventajas que tiene sobre el sistema actual.

2. ANÁLISIS DEL PROCEDIMIENTO DEL CÁLCULO DE COSTOS

El cálculo en el Departamento de Costos de la Municipalidad de Guatemala, actualmente se desarrolla en la forma siguiente:

Trabajo de Campo: Para el trabajo de campo existen dos formas de control: el trabajo efectuado por las cuadrillas de trabajadores y el trabajo efectuado por la maquinaria.

Para el control de trabajo efectuado por las cuadrillas de trabajadores y los materiales consumidos, existe un formulario (ver cuadro 1) que es llenado por el caporal de la cuadrilla; es una hoja de control semanal, en que se lleva el control de los trabajadores ocupados en la obra y su salario por hora, su objeto es llegar a conocer cuantas horas han trabajado los trabajadores cada día durante la semana en cada una de las partidas; las partidas para la ejecución de las obras están divididas según la clase de trabajo que se va a desarrollar, por ejemplo: en un trabajo de pavimentación tenemos la cuenta de preparación de subbase, la de movimiento de materiales, la cuenta cero (corresponde a los trabajadores que no rinden un trabajo directo, como por ejemplo: el caporal, los guardianes, los cheques de materiales); el control se lleva a diario y al final de la semana se suma el total de horas trabajadas por cada uno de los trabajadores; este total de horas trabajadas se multiplica por el salario por hora que gana cada trabajador, y de esta manera obtenemos su salario semanal; en el reverso de la hoja tenemos el control de los materiales consumidos; el cual está dividido también por partidas y su objeto es llegar a conocer la cantidad de material consumido en cada una de las partidas diariamente; teniendo el costo unitario de cada uno de los materiales y la can

tividad consumida, encontramos el costo total por concepto de materiales ocupados en la obra durante cada semana.

El trabajo de maquinaria es el ejecutado por los camiones y por la maquinaria para pavimentación. Los formularios llenados por los choferes de los camiones (ver cuadro 2) tratan de llegar a controlar el número de viajes que hacen a cada obra, y conociendo la capacidad del camión es posible de esta manera conocer el volumen de materiales transportados; estos formularios se les da con un día de anticipación de manera que ellos sepan qué trabajo tienen que hacer en el tiempo preciso, estas actividades tienen un número asignado según el programa de actividades de la obra (C.P.M.), para poder realizar el trabajo en el tiempo predeterminado. De la misma forma como los choferes de los camiones llenan sus formularios, así también los operadores de maquinaria pesada llenan otros formularios (ver cuadro 3) semejantes a los anteriores, que también se les entrega con un día de anticipación para que puedan realizar su trabajo en el tiempo asignado, poniéndoseles una anotación en la parte de abajo de la hoja para que den aviso en caso de alguna avería. El auxiliar de ingeniero tiene a su cargo el control del trabajo de la maquinaria y camiones, los controla por medio de un formulario (ver cuadro 4) que se llena al final del día, y se entrega semanalmente a la oficina de costos; en este formulario se anota en la parte superior de la hoja, el operador de la máquina y su ayudante con su salario por hora, en el centro de la hoja se anota el número de máquina y si es alquilada o municipal; en la parte inferior de la misma se anota diariamente el trabajo efectuado, su cantidad y la cantidad de horas trabajadas ya sean extras u ordinarias, anotándose también, la cantidad de combustible y lubricantes consumidos por la máquina.

El trabajo de oficina: Consiste en la recopilación de los

datos de los formularios del campo para poder encontrar los costos del trabajo realizado y también encontrar los costos unitarios de cada una de las partidas que intervinieron en el trabajo.

En base del cuadro número 4 se llena el formulario de control de combustibles y lubricantes (ver cuadro 5), en este formulario se anotan los combustibles y lubricantes consumidos por cada una de las máquinas usadas en el trabajo, se anota también el costo de estos para poder controlar el costo de mantenimiento de la maquinaria.

Con los datos dados al auxiliar por los operadores de la maquinaria se lleva el siguiente formulario (ver cuadro 6), a fin de obtener el costo por hora de el equipo; esta hoja lleva dos formas de control, el de la maquinaria y el de la mano de obra, o sea el operador y su ayudante; en el control de la maquinaria se separa si la máquina es alquilada, se anota simplemente el costo de alquiler de la misma ya que la maquinaria la dan con combustible y el compromiso de repararla en caso de descompostura; ahora si la maquinaria es Municipal se anota el costo por repuestos y la cantidad de lubricantes consumidos, multiplicados por su costo unitario a fin de tener anotados el costo total de combustibles, lubricantes y repuestos para conocer el costo de mantenimiento de la misma; en el control de la mano de obra se anota por aparte las horas extras y las horas ordinarias trabajadas; se suma el costo total por concepto de mano de obra y a esto a su vez se suma el costo por el uso de la maquinaria, y se divide entre el número de horas trabajadas, para poder encontrar el costo por hora en concepto de maquinaria.

Con los datos mandados por el caporal o sea el formulario de control de cuadrillas y de materiales consumidos (ver cuadro 1), se llena el formulario (ver cuadro 7) de con

trol de mano de obra ocupada en cada una de las partidas de que consta la obra; este resumen se hace para cada uno de los días de la semana, sumándose al final para obtener el total semanal; el total de mano de obra se multiplica por un coeficiente debido a prestaciones, y de esta manera se obtiene el total de gastos por concepto de mano de obra y de material consumidos.

De los cuadros anteriores o sea el 6 y el 7 se hace un resumen semanal (ver cuadro 8), en este formulario se anotan por separado los gastos por mano de obra, materiales y equipo; la cuenta por equipo está dividida en equipo liviano y equipo pesado, se suman los costos por todas estas cuentas, obteniéndose un total; a la izquierda de este total se anota su producción, dividiéndose al final el costo total entre la producción para obtener el costo unitario. El resumen mensual se hace por obras y no por partidas; en el margen derecho se anota la dirección de la obra, anotando se en las siguientes casillas los gastos por mano de obra, materiales y equipo; esta cuenta de equipo incluye repuestos, lubricantes, combustible y los gastos del personal que maneja el equipo; se suman al final estas tres cuentas para obtener el total gastado por cada obra mensualmente.

Del cuadro 8 obtenemos el costo unitario y lo anotamos en la tarjeta (ver cuadro 10) de control de costos unitarios que nos ha de servir para poder predeterminar los costos para hacer los proyectos de construcción.

Trabajos por medio de bonos:

El cálculo de costos, cuando el trabajo es realizado por medio de bonos, se hace de manera diferente del sistema de trabajo existente en el Departamento de Costos; el trabajo se desarrolla de la manera siguiente: Tomando como base el formulario 1, se llena el formulario 11 en la ofi

cina de costos. Es una hoja de control semanal, en la que se anota la cantidad de trabajadores ocupados en la obra y su salario por hora; en las tres primeras casillas se anota, el número de trabajadores, la ocupación de cada trabajador o grupo de trabajadores y en la tercera casilla se anota su salario por hora; en el centro y parte superior de la hoja está dividida por líneas inclinadas para la anotación de las cuentas; en el centro el formulario está dividido en dos partes, la primera se refiere a la mano de obra directa o sea, los trabajadores que intervienen directamente en la obra y la segunda parte se refiere a los trabajadores que no intervienen directamente en la obra; anotándose además los días de feriado y las prestaciones; las siguientes líneas se refieren respectivamente, al total de horas trabajadas, el total de horas no trabajadas, obteniéndose éstas por la diferencia entre las horas semanales a trabajar y las horas efectivamente trabajadas; como a los trabajadores municipales se les paga por semana y no por hora trabajada, siempre obtendrán su salario completo, a menos que hayan faltado sin excusa justificable; anotándose esta falta en el total de horas no trabajadas; el total pagado se obtiene multiplicando el total de horas trabajadas, por el salario por hora que se le paga al trabajador; sumando el total pagado, obtenemos el total pagado a todos los trabajadores durante esa semana. Para obtener un chequeo se multiplican las horas trabajadas por el salario por hora de cada trabajador por mano de obra directa, sumándose el resultado verticalmente y se obtiene el salario de mano de obra directa; haciéndose lo mismo por obtener el salario de mano de obra indirecta, sumándose ambos resultados; si este resultado es igual al total obtenido, las operaciones fueron bien hechas. Para poder distribuir el total pagado por costo indirecto se ha hecho de la siguiente manera: se divide el total pagado entre el total por costo directo, obteniendo de este resultado un coeficiente; este coeficiente lo multiplicamos por cada uno de los totales que dio de la

suma vertical en el costo directo y lo anotamos en la parte superior de la casilla que dice valor en la distribución del costo de mano de obra; a este resultado le restamos el valor de mano de obra directa y obtenemos el valor de mano de obra indirecta. Con los datos de formulario número 11 y de los formularios números 2 y 3 llenamos el formulario número 12; en la casilla No. 1 tenemos los renglones de trabajo (excavación, colocación de tubería, etc.) en la número 2 la cantidad de trabajo en las unidades correspondientes, la número 3 es el material usado en la obra, la número 4 se refiere a gasolina y lubricantes y toda clase de materiales que se utilizan para ejecutar la obra pero que no se quedan en la misma; la 5 es la suma de la 3 y la 4, la número 6 y la 7, son llenadas en base del formulario número 11, la 8 es la suma de la 6 y la 7, las cuentas 9 y 10 son para cuando existe: camiones y maquinaria alquilada; la cuenta número 12 es la suma de las cuentas números 5, 8, 9, 10 y 11; la casilla número 15 es la diferencia entre los números 13 y 14.

Predeterminación de costos: La predeterminación de costos de combustibles y lubricantes, se basa en los costos unitarios obtenidos de el control de costos que se lleva en el departamento de costos, ya que al hacer el análisis de control de costos mensualmente se llega a un costo unitario promedio; para el control de gastos debido a sueldo de los trabajadores, no se encuentra ningún problema ya que estos tienen un sueldo fijo en el departamento de ingeniería.

Para calcular el tiempo de mano de obra de las cuadrillas, se basa en la experiencia de el encargado de hacer estos cálculos; ahora cuando no se tiene esta experiencia, se basa en la producción unitaria basada en el control de costos que se lleva en el departamento, de la misma forma que la producción de la maquinaria de pavimentación.

ción. El control de costos de mano de obra indirecta: se analiza todo el personal que va a laborar en la obra, y se aparta el personal que no va a producir trabajo efectivo, ahora en cuanto al personal de oficina, para distribuir los gastos por este concepto se hace de la siguiente manera:

$$\text{Gastos generales} = \frac{\text{gastos de oficina}}{\text{precio total de las obras}} \times \text{precio de la obra}$$

3. PROBLEMAS QUE CONFRONTA LA MUNICIPALIDAD A CONSECUENCIA DEL SISTEMA ACTUAL DE COSTOS

a. Poca preparación del que elabora el reporte; por lo que a veces pide que otras personas le hagan ese trabajo, no haciendo el reporte diariamente como es necesario, sino hasta el final de la semana, olvidando de esta manera el trabajo realizado diariamente, a veces también sucede que reportan a trabajadores que están prestados en otras cuadrillas como si estuvieran trabajando con ellos, no dándose cuenta si están realizando su trabajo o si por el contrario se encuentran enfermos.

b. Retraso en la llegada del reporte a la oficina, atrasando el análisis de costos, dando por resultado que los costos no estén al día.

c. Variación de los costos unitarios de los trabajos que se realizan, debido a mal abastecimiento de los materiales, como esto no se toma en cuenta al hacer el resumen para encontrar los costos unitarios, da por resultado grandes variaciones, y si tomamos en cuenta estos costos unitarios para hacer el presupuesto obtendremos al realizar la obra un gasto muy diferente al presupuesto realizado.

OBRA : _____

FECHA : _____

OPERADOR: _____

MAQUINA : _____

i - j	OPERACION	TIEMPO		TRAMOS:							TIEMPO		TRAMOS						
		DE	A	1	2	3	4	5	6	7	DE	A	1	2	3	4	5	6	7

OBSERVACIONES:

NOTA:

- Sírvase cumplir con lo programado en esta hoja, en caso de anomalía, consultar al Jefe del proyecto
- Si se produce algún desperfecto en la máquina que consuma más de 2 horas, reportarse inmediatamente.
- Llenar en el momento de terminar cada operación la segunda parte de esta hoja.
- En caso de no lograr cumplir la operación establecida, reportarlo inmediatamente para utilizar la máquina de reserva.

REPORTE SEMANAL DE MAQUINARIA:

SEMANA DEL _____ de _____ al _____ de _____ de 196__

OCUPACION	PERSONAL	
	NOMBRE	SALARIO

MAQUINARIA ALQUILADA ()
 MAQUINARIA MUNICIPAL ()

DISTRIBUCION DE OBRAS								COMBUSTIBLES							

Nº OBRA	SECCION	DIRECCION	TRABAJO EFECTUADO	CANTIDAD DE TRABAJO	0 E	0 E	0 E	0 E	0 E	0 E	0 E	0 E	0 E	0 E

TOTAL HORAS ORDINARIAS
 TOTAL HORAS EXTRAORDINARIAS

Vo. Bo. AUXILIAR

OPERADOR

FECHA :

FORMULARIO No. 11

INFORME SEMANAL DE MANO DE OBRA

CAPORAL _____

INFORME N° _____

SEMANA N° del ___ al _____ 196
OBRA _____ CLAVE _____

CUADRILLA N° _____

PERSONAL			DIRECTA						INDIRECTA						Tot. H. Trabajad.	Total H. No Trabajad.	Total Horas Semanales	Total Pagado
N°	Ocup.	s/h.	1	2	3	4	5	6	A	B	C	D	E	F				
1	cheque	0.26							11	21	24				21	35	56	14.56
1	caporal	0.56							11	21	24				21	35	56	31.56
20	peón	0.17	420						220		480				420	700	1120	190.40
1	Ay. cap.	0.19							11	21	24				21	35	56	10.64
3	peón	0.19	63						33		72				63	105	168	31.92
1	caporal	0.31							11	21	24				21	35	56	17.56
12	peón	0.19		252					132		288				252	420	672	127.68
															TOTAL PAGADO		423.92	
DIRECTA			83.37	47.88											Tot. M.de O. Directa		131.23	
INDIRECTA									83.27	27.72	81.68				Tot. M.de O. Indirecta		292.67	
Distribución del Costo de Mano de Obra	Clave	Valor	269.27	185.90	154.65	106.77									Total	423.92	292.67	Coef. $\frac{423.92}{131.23} = 3.229866$
																		Ing. Jefe de Proyecto _____

4. COSTOS STANDARD

Notamos que el procedimiento del cálculo de costos antes expuesto, es un cálculo de costos estimado; siendo esta la forma de cálculo de costos que se lleva en la mayoría de los establecimientos comerciales; en la estimación de costos se supone que la mano de obra, los materiales, gastos generales, así como las condiciones de ejecución de las obras, serán las mismas durante el período venidero que durante el período anterior. En la técnica de los costos estimados, se dá mayor importancia a los costos reales, ya que se supone que son los correctos; pero mantiene a la administración en completa ignorancia en lo que respecta a: empleo ineficaz de la mano de obra y malgaste de materiales; esta información la encontramos en los costos Standard (es mejor decir, lo que los costos debieran ser, en vez de lo que serán), son costos predeterminados que se usan en la medida de la eficiencia de la producción, y que son periódicamente empleados como base de comparación con los costos reales.

Ventajas de los costos Standard:

- a. Los standard de cantidad y tiempo son una unidad constante de medida, por cuyo intermedio la administración puede medir la eficiencia operativa de los empleados y centros de producción, en el curso de los distintos períodos de tiempo.
- b. Los standard son un medio económico de Contabilidad de Costos, y generalmente dan por resultado un ahorro en el gasto que tiene aparejado la Contabilidad de Costos.
- c. Los standard son una ayuda para la administración en el planeamiento de las actividades, y también para los su-

pervisores, capataces y trabajadores, por indicarles que cantidad de materiales y mano de obra habrán de utilizar para ejecutar cada una de las partes de la obra.

Cuando hay en uso un sistema de Costos Standard, se fijan Standard de cantidad de materiales, de tiempo de mano de obra y tiempo-máquina para cada obra. Si los Standard son determinados correctamente su existencia puede seguir año tras año sin necesidad de revisión, a menos que haya un cambio en lo que respecta a clase de mano de obra o calidad de los materiales usados.

Como los costos Standard nos indican la cantidad de materiales y mano de obra que hay que utilizar en cada una de las partes de la obra; cada trabajador empieza su tarea, sabiendo lo que necesita trabajar para alcanzar el límite fijado, en el entendido que si el trabajo es inferior tendrá que explicar sus razones a su superior; la responsabilidad por no alcanzar los Standard debe ser absoluta, el caporal debe hacerse responsable por no alcanzar los Standard y debe de ponerlo en conocimiento de su superior en jerarquía, así como también, tratar de explicar la causa o causas que pudieron haber influido, por haber obtenido un trabajo inferior al esperado; así como existe responsabilidad por obtener un trabajo inferior, podría utilizarse un incentivo por pasar el Standard establecido; hay diversas formas de recompensar al trabajador que pasa el Standard, por medio de bonificaciones en efectivo, premios y licencias.

Para tener un medio de control eficaz, se utilizan los costos Standard, junto con un sistema de costos históricos, para poder tener un medio de comparación; pudiendo utilizar las tarjetas de pago de los trabajadores y el control de salida de los materiales de las bodegas.

El plan general a seguir en la aplicación de los costos Standard, es el establecimiento de Standard para gastos generales, materiales y mano de obra, para cada una de las partidas que habrán de estudiarse.

Standard de Gastos Generales: Se hace en la misma forma como se llevan actualmente los gastos de oficina en el departamento de costos:

$$\text{Gastos generales} = \frac{\text{gastos de oficina}}{\text{precio total de las obras}} \times \text{precio de la obra}$$

Standard de Materiales: Su objeto es obtener un costo unitario por concepto de materiales; estudiándose separadamente el Standard de cantidad de materiales y Standard de precio de materiales.

Standard de Cantidad: La determinación de la cantidad de materiales a usarse es más bien un problema técnico que administrativo.

Standard de Precio: Cuando los precios son más o menos constantes o cuando no presentan fluctuaciones muy fuertes, puede utilizarse el precio medio de las compras realizadas durante los últimos meses, a menos que la tendencia sea creciente, en cuyo caso, se usan los precios del último mes.

5 metros cúbicos de material A a 1.80 el metro³ = Q. 9.00

Standard de Mano de Obra: El Standard de mano de obra, de igual modo que el Standard de materiales, depende de dos factores: el precio del salario tipo que se abone a cada trabajador, y el tiempo necesario para realizar cada tarea.

50 horas peón a Q. 0.19 = Q. 9.50

Salario Standard: Para la fijación de los salarios Standard de mano de obra directa, los salarios por semana o a destajo deben de convertirse en salarios por hora; ya que el Standard de mano de obra, se realiza de acuerdo con el tiempo empleado en la producción, reduciéndose todo a operaciones aritméticas. A los salarios de mano de obra directa hay que agregar las prestaciones debido a medios días sábados, días domingos, vacaciones, etc.

Tiempo Standard: El problema consiste en fijar la cantidad de tiempo a emplear en cada una de las partidas de la obra; para poder multiplicar ese tiempo, por el salario exigido por los trabajadores. El método más corriente para fijar los Standard de tiempo, es por medio del estudio de tiempos con cronómetro, para la determinación de tiempos Standard; basándose este estudio, en la velocidad de trabajo, de un trabajador que sea representativo del grupo, o sea un trabajador que no sea ni el más rápido ni el más lento. "El estudio de tiempos es una técnica con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones; el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada, con arreglo a una norma de rendimientos preestablecida".

Utilización de los tiempos tipo:

a. Facilitar la información sobre la que ha de basarse el programa de construcción, incluyendo las necesidades de equipo y de mano de obra, para llevar a cabo el plan de trabajo, y aprovechar la capacidad de producción disponible.

b. Facilitar la información sobre la que han de basarse las estimaciones de ofertas en licitaciones.

c. Fijar las normas para el uso de la maquinaria y el rendimiento de la mano de obra.

d. Facilitar la información que permita regular el costo de la mano de obra.

Análisis de Variaciones: Este análisis es de suma importancia para poder reducir los costos, y llegar a conocer las deficiencias en el trabajo, o en los métodos de trabajo; pueden existir variaciones debido a un mal cálculo de los Standard, un cambio de los precios, o también a perfeccionamientos técnicos; en cuyo caso hay necesidad de volver a calcular los Standard; puede ser a causa también de la falta de materiales; no siempre las variaciones revelan deficiencias, sino que también, como vimos antes puede deberse a perfeccionamientos técnicos, es decir, un mejor aprovechamiento de los materiales.

Variación en el Precio: Es debido a haber comprado los materiales a un precio diferente que el calculado en los Costos Standard, correspondiendo la responsabilidad al departamento de compras.

$(\text{Precio real} - \text{Precio Standard}) \times \text{cantidad real de materiales utilizados.}$

Variación en Cantidad de Materiales: Es con motivo de haber utilizado mayor cantidad de materiales que los calculados en los Standard, la responsabilidad corresponde al departamento de diseño o también, puede corresponder al laboratorio encargado de hacer los análisis de suelo, como en el caso de pavimentación.

$(\text{Cantidad real de materiales} - \text{Cantidad Standard de materiales}) \times \text{precio Standard unitario de materiales.}$

Variación en Costo de Mano de Obra: La causa puede ser el pago de horas extras, las cuales no habían sido calculadas; si la variación es de importancia es conveniente ana-

lizar las razones, y tomar las medidas convenientes, para evitar que esto vuelva a suceder.

(Cuota real por hora - cuota Standard por hora) X horas reales de mano de obra utilizadas.

Variación en Tiempo de Mano de Obra: Se debe a ocupar trabajadores nuevos o también para utilizar materiales distintos de los calculados en el Standard.

(Hora de mano de obra reales empleada - horas de mano de obra Standard) X precio Standard por hora de mano de obra.

Tarjetas de Costos Standard: El archivo de las tarjetas es una parte importante de los costos Standard, puesto que la administración hace uso de estos archivos, para formular planes de obras futuras, sirve además para controlar los distintos gastos que se hacen por concepto de materiales, y mano de obra en cada una de las obras.

TARJETA DE COSTOS STANDARD

Clave _____

Fecha _____

<u>Materiales</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Costo Parcial</u>	<u>Costo Total</u>
40 # de material A	X	40X	
6 sacos de material B	Y	6Y	
<u>Mano de obra</u>	<u>Tarifa</u>		
5 horas peón	L	5L	
<u>Equipo</u>			
1 Mezcladora por una hora	M	1M	
Costo Total Standard			_____

5. REQUERIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS

Para poder realizar con éxito el estudio de tiempos, es importante que el personal dirigente del departamento de Ingeniería (desde el jefe de departamento hasta el caporal), comprendan lo que es el estudio de tiempos, y la labor del especialista; si el personal dirigente no comprende la labor desarrollada, o cree que es un desperdicio de tiempo y dinero, este personal no le prestará su colaboración, no pudiéndose realizar el trabajo adecuadamente; ya que los trabajadores tienen la tendencia a amoldarse hacia la actitud asumida por el caporal; por lo que para lograr el apoyo del personal dirigente del Departamento, es necesario explicarles la técnica del estudio de tiempos, por medio de cursillos; a causa de que esta clase de cursillos no son de fácil organización; si no se es un experto en estudio de trabajo, es aconsejable pedir un cursillo al Departamento de Mecánica Industrial de la facultad de Ingeniería con este fin, ya que este Departamento está capacitado en esta clase de estudios.

Al organizar un curso de estudio de tiempos, suele dividirse en dos categorías: un curso corto para el personal de oficina, y otro curso de mayor duración para los caporales, ingenieros de campo y sus auxiliares, por ser estos los que están más cerca de los trabajadores, los que nos han de ayudar a seleccionar al trabajador a estudiar en el caso de estudio de tiempos con cronómetro.

6. ESTUDIO DE TIEMPOS CON CRONÓMETRO

Equipo necesario

- Un cronómetro.
- Un tablero de observaciones.
- Una regla de cálculo.
- Una cinta métrica, un tacómetro y algunos lápices.

Cronómetro: Existen dos clases de cronómetro en el estudio de tiempos, el de minuto decimal y el de hora decimal, - siendo el primero más utilizado que el segundo.

El de minuto decimal tiene la carátula dividida en 100 partes iguales, cada una de las cuales representa 0.01 de minuto, la manecilla grande da una vuelta por minuto, este cronómetro tiene una esfera pequeña en que la manecilla da una vuelta completa cada 30 minutos. Este cronómetro se maneja mediante una corredera "A" y una corona para darle cuerda "B", la corredora "A" sirve para poner en marcha y para parar el cronómetro y, la corona sirve también para volver las manecillas a cero.

Tablero de Observaciones: Se utiliza un tablero de poco peso, liso y un poco mayor que la hoja de observaciones, sirviendo al mismo tiempo para sostener el cronómetro colocándolo en el ángulo superior derecho del tablero. El papel debe de estar sujeto en la parte superior por medio de un muelle, ya que el observador va a estar registrando los datos de pie, sujetando el tablero con la mano izquierda y apoyando el mismo en su cuerpo, por lo que tiene necesidad que los formularios estén bien sujetos y tener la mano derecha libre para hacer las anotaciones.

Existen dos formas principales para cronometrar el tiempo de un trabajo:

- a) Cronometraje de repetición o con vuelta a cero.
- b) Cronometraje continuo.

En el método de cronometraje con vuelta a cero, se pone en marcha el reloj al principiar el estudio de cada elemento y al mismo tiempo se hace la lectura del reloj y se vuelve a cero, repitiéndose esto durante todo el estudio.

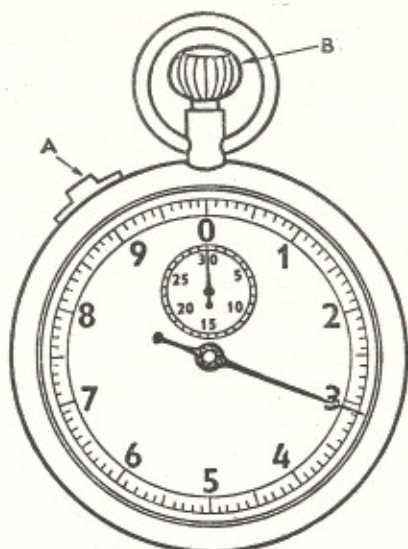
En el método de cronometraje continuo, el cronómetro se pone en marcha al principiar el trabajo y el reloj no se para sino hasta terminar el estudio; obteniéndose los tiempos restando la lectura del elemento anterior de la lectura del elemento posterior.

Ventajas del cronometraje continuo:

1. El cronometraje continuo tiene la ventaja que si se omite algún elemento o se deja de registrar alguna actividad, esto no influye sobre el tiempo total, ya que el reloj funciona ininterrumpidamente.
2. Las personas adiestradas en el uso del cronómetro, adquieren mucho antes un grado de precisión bastante aceptable, utilizando el cronometraje continuo antes que el cronometraje con vuelta a cero.
3. Los trabajadores tienen más confianza en la justicia del estudio de tiempos, si se puede comprobar que no se ha omitido tiempos de ninguna clase.
4. Al determinar el ritmo de trabajo es menos fácil caer en la tentación de ajustar la valoración en el cronometraje continuo que en el método con vuelta a cero.

El número de ciclos que deben estudiarse depende de la exactitud que se desee obtener con el estudio (ya que

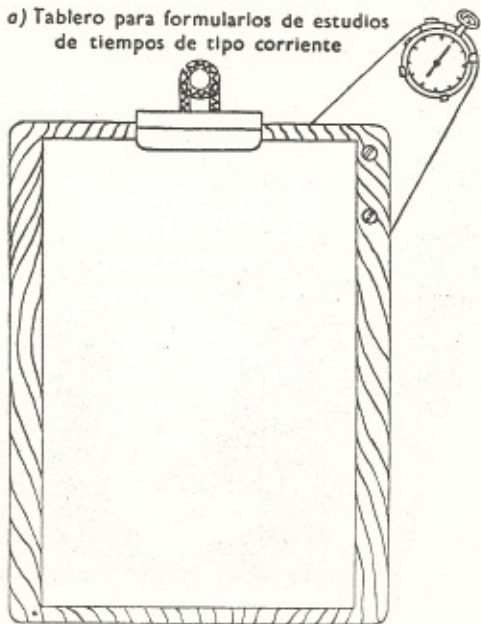
CRONÓMETRO DE MINUTO DECIMAL



- A = Corredera para iniciar y detener el movimiento.
B = Corona para dar cuerda. Al ser presionada, las manecillas vuelven a cero.

Tableros de Estudios de Tiempos

- a) Tablero para formularios de estudios de tiempos de tipo corriente



Formulario General para el Estudio de Tiempos

FORMULARIOS DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
DEPARTAMENTO:					Núm. DEL ESTUDIO:				
OPERACIÓN:			Núm. DEL ESTUDIO DE MÉTODOS:		Núm. DE LA HOJA:				
INSTALACIÓN/MAQUINA:			Núm.:		TÉRMINO:				
HERRAM. Y CALIBRADORES:					COMIENZO:				
PRODUCTO/PIEZA PLANO Núm. DISTR. MATERIAL					TIEMPO TRANSCURRIDO:				
					OPERARIO:				
CALIDAD:					Núm. DE LA FICHA:				
					OBSERVADO POR:				
					FECHA:				
					COMPROBADO:				
Nota: Croquis de la DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO, MONTAJE O PIEZA en hoja aparte y unir.									
Descripción del Elemento				Descripción del Elemento					
	V.	L.C.	T.O.	T.N.		V.	L.C.	T.O.	T.N.
Nota: V = Valoración. L.C. = Lectura del cronómetro. T.O. = Tiempo observado. T.N. = Tiempo normalizado.									

este estudio es una técnica de muestreo) y del número de trabajadores que trabajen en la misma tarea; cuando trabaja más de un trabajador en una misma tarea será mejor hacer un estudio breve de unos cuantos operarios a un estudio largo de uno solo. (Unos 10 ciclos).

En el libro "Motion and time" de Benjamin W. Niebel pág. 254, encontramos la siguiente tabla, para saber el número de ciclos que deben de observarse en el estudio:

(Página siguiente)

Selección del Trabajador: Debe de buscarse un trabajador representativo o sea un trabajador que no sea, ni el más rápido, ni el más lento, para realizar el trabajo; para que la tarea Standard sea una tarea que pueda mantenerse sin excesiva fatiga física, es conveniente preguntar al caporal cual es el trabajador más adecuado para el estudio, ya que es la persona que mejor los conoce; no hay que seleccionar trabajadores nuevos, porque estos tardan bastante tiempo para lograr una velocidad constante de trabajo, ni tampoco seleccionar trabajadores que no puedan trabajar correctamente al ser observados a causa de su temperamento.

Después de seleccionar al trabajador el caporal deberá hablarle en compañía del especialista en tiempos, dándole a conocer la parte que a él le toca en el estudio e informándole sobre la razón del estudio de tiempos, el uso que se hará de esos datos y el proceso seguido en la ejecución.

De ninguna manera debe intentarse cronometrar la tarea del trabajador, sin que él lo sepa, ya que de ser sorprendido el observador perdería la confianza del trabajador y podría considerarse la pérdida de efectividad del estudio.

Cuando el tiempo por ciclo es arriba de	Número mínimo de ciclos a observar		
	Actividades arriba de 10,000 por año	1,000 a 10,000	Abajo de 1,000
8.000 horas	2	1	1
3.000 "	3	2	1
2.000 "	4	2	1
1.000 "	5	3	2
0.800 "	6	3	2
0.500 "	8	4	3
0.300 "	10	5	4
0.200 "	12	6	5
0.120 "	15	8	6
0.080 "	20	10	8
0.050 "	25	12	10
0.035 "	30	15	12
0.020 "	40	20	15
0.012 "	50	25	20
0.008 "	60	30	25
0.005 "	80	40	30
0.003 "	100	50	40
0.002 "	120	60	50
Abajo de 0.002 "	140	80	60

Como la mayoría de las cuentas municipales no se repiten más de 1,000 veces al año, casi siempre usaremos la columna de la izquierda, para saber cuantos ciclos hemos de observar.

Posición del Analista: El observador deberá colocarse atrás del trabajador, de manera que pueda mirar todos sus movimientos, jamás debe de colocarse adelante del mismo, ya que sentirá que lo están vigilando, deberá estar de pie en una postura bastante cómoda de manera que pueda estar en esa posición durante bastante tiempo si es necesario.

Algunos trabajadores por miedo a que les suban la cuota de trabajo o por travesura trabajan a un ritmo que no es el suyo, pero en una tarea de repetición es bastante fácil averiguar qué trabajador no está trabajando a un ritmo normal, ya que al encontrar los tiempos en los ciclos existirán diferencias de tiempos, y cuando se está trabajando a un ritmo normal esas diferencias no son tan marcadas; y, cuando esto ocurre lo mejor es ir al caporal y preguntarle qué está ocurriendo pero sin quejarse del trabajador para no hacerse impopular.

Etapas del Estudio de Tiempos: El estudio de tiempos se divide en las siguientes etapas:

1. Obtener toda la información posible acerca de la tarea, el trabajador, el medio donde se trabaja y las condiciones existentes.
2. Hacer una descripción del método y dividir la tarea en elementos.
3. Cronometrar la tarea tomando el tiempo invertido en realizar la tarea.
4. Normalizar el trabajo, es decir encontrar cuál sería el tiempo invertido en realizar el trabajo si lo estuviera realizando sin apresurarse y sin retardarse por ningún motivo ya sea a causa de la presencia del observador o porque no se le tome por un mal trabajador.

5. Determinar los suplementos.

6. Determinar el tiempo asignado.

"Elemento: Es una parte esencial y definida de una actividad o tarea determinada compuesta de uno o más movimientos fundamentales del operario y de los movimientos de una máquina o las fases de un proceso seleccionados para fines de observación y cronometraje.

Ciclo de Trabajo: Es la sucesión de los elementos necesarios para llevar a cabo una actividad o tarea determinada o para obtener una unidad de producción. Puede incluir elementos que no se repitan en cada ciclo."

Selección de los Elementos: Para seleccionar los elementos hay que tomar en cuenta las siguientes reglas:

1. Los elementos deberán ser fácilmente identificables, deberán tener un comienzo claramente definido a fin de poderlos reconocer siempre que sea necesario, así como el término del elemento.
2. Los elementos deberán ser lo más cortos posibles pero fácilmente cronometrables.
3. Los elementos constantes hay que separarlos de los elementos variables, así como también los elementos extraños de los que se repiten en cada ciclo.

El hacer una descripción de los elementos es útil para poder eliminar elementos innecesarios y también para que el especialista pueda concentrarse en la anotación de las lecturas del cronómetro. Siempre que sea posible el especialista debe de hacer un dibujo o esquema de la distribución del lugar de trabajo en que se muestre el lugar que

ocupa el trabajador y sus herramientas. El especialista debe de observar el número de ciclos necesarios a fin de llegar a conocer perfectamente los elementos componentes y el orden en que estos se suceden. Ya dividida la tarea en elementos y seleccionado el trabajador a estudiar, se procede a cronometrar el trabajo por cualquiera de los dos métodos antes expuestos.

Valoración: Es la parte más difícil del estudio de tiempos, valorar la velocidad a que se está trabajando, como depende del criterio de la persona que está realizando el estudio, esta persona debe de realizar un entrenamiento previo para poder calificar la velocidad de trabajo, con respecto a su propia idea de velocidad normal, la velocidad que se trata de investigar no es sólo la velocidad de los movimientos sino que la velocidad efectiva, y esto no es posible hacerlo sin una buena experiencia y el conocimiento de las operaciones.

"Ritmo Normal: Es la velocidad de trabajo del trabajador medio que actúa bajo una dirección competente pero sin el estímulo de una remuneración por rendimiento. Ese ritmo puede mantenerse un día tras otro sin excesiva fatiga física o mental, y se caracteriza por la realización de un esfuerzo constante y razonable".

El ritmo máximo a que puede trabajar un trabajador depende del esfuerzo físico que requiera la operación ya que una tarea que necesite un esfuerzo muy grande necesariamente el trabajo tendrá que hacerse lentamente; aunque depende del empeño que el trabajador ponga en la tarea.

Requisitos de un buen Sistema de Valoración: La valoración debe de ser hecha al mismo tiempo que se hace el estudio, ya que al hacerlo después puede dar lugar a errores

o también puede caerse en la tentación de compensarlos. También es necesario que los resultados sean concordantes, es decir, que el error tienda a hacerse en un solo sentido y con errores casi iguales; al notar esto es bastante fácil hacer una corrección general por la cantidad de error cometido; el error normal se considera en un 5% ya sea por exceso o por defecto. Si el experto está fuera de estas normas es necesario que realice un buen entrenamiento para poder evaluar y tenga confianza en su trabajo.

Hay dos formas de valorar cuando los elementos son tan cortos que es difícil valorarlos separadamente es preferible valorar al final del estudio y cuando los elementos son amplios, entonces se aconseja valorar elemento por elemento.

Existen varias escalas de valoración siendo las usadas las de puntos y las de porcentajes, entre las de porcentaje se destacan las que se representan por 100% y 60% el ritmo normal, dependiendo del gusto del que hace el estudio, siendo la escala de 100% la más aconsejable ya que es la que más se asemeja al sistema métrico decimal.

La forma de aplicación de la valoración es de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo observado} \times \frac{\text{valoración}}{\text{valoración normal}} = \text{tiempo normalizado}$$

Una forma de comprobar si la valoración fue hecha correctamente, es multiplicando el tiempo observado por la valoración y el resultado obtenido debe ser una constante o muy cerca de eso. Se acostumbra redondear a cero o a cinco la valoración siendo bastante exacto el resultado, ya que una aproximación mayor sólo se obtiene con la práctica ejemplo:

El tiempo observado del elemento es 0.25 de minuto, y se estimó que el trabajador trabaja más rápido que lo normal en un 15%, entonces el tiempo normal será:

$$0.25 \times \frac{115}{100} = 0.29$$

Este valor de 0.29 será el tiempo necesario para que el trabajador que está trabajando a una marcha normal complete un ciclo de la operación.

Suplementos: Los suplementos se han agrupado para su estudio en cuatro grupos:

1. Suplementos por características del proceso.
2. Suplementos por descanso y por necesidades personales.
3. Suplementos especiales.
4. Suplementos discrecionales.

Suplementos por características del proceso: Consiste en el tiempo en que está inactivo el trabajador por causas ajenas a su voluntad, ya sea por trabajar la maquinaria automáticamente o cuando los trabajadores sólo controlan el proceso con instrucciones de actuar, si existen cambios en el proceso. Esta clase de Suplementos se valúan de acuerdo al rendimiento del trabajador medio que actúa en jornada completa.

Suplemento por descanso y por necesidades personales: Suplemento por descanso es el tiempo que hay que añadir para que el trabajador pueda recuperar la energía gastada y para que el mismo pueda atender sus necesidades personales.

Debido a numerosas experiencias que se han hecho es

sabido que una persona necesita más descanso según sea el grado de dificultad de su trabajo y la necesidad de utilizar su energía muscular. El tiempo utilizado para descanso varía con la persona; con la duración del intervalo en el ciclo durante el cual la persona está en actividad, y con las condiciones bajo las cuales se realiza el trabajo.

Hay dos formas de establecer el descanso necesario para poder reponerse del esfuerzo realizado:

a. Estableciendo períodos de descanso organizados, durante los cuales no se permite trabajar a ningún empleado en el Departamento.

Las ventajas de los períodos de descanso bien organizados son las siguientes:

1. Permiten aumentar el trabajo diario sin fatigar indebidamente al trabajador.
2. Rompen la monotonía del trabajo.
3. Reducen el tiempo por necesidades personales durante las horas de trabajo.

b. Añadiendo el Suplemento necesario como porcentajes del tiempo normal, para que el operario lo tome a su discreción, es preferible este segundo sistema, ya que el trabajador tarda menos en experimentar la fatiga, tomando descansos breves y frecuentes, que tomando descansos grandes a grandes intervalos menos frecuentes. Los Suplementos por necesidades personales, deben de añadirse en toda operación; los otros suplementos pueden añadirse individualmente o en conjunto.

Factores que hay que considerar el establecer los tiempos

C. Uso de la fuerza o de la energía muscular
(Levantar, tirar o empujar)

Peso levantado en kilos

2.5	0%	1%
5	1	2
7.5	2	3
10	3	4
12.5	4	6
15	5	8
17.5	7	10
20	9	13
22.5	11	16
25	13	20 (máximo)
30	17	—
35.5	22	—

D. Mala iluminación

Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0%	0%
Bastante por debajo	2	2
Absolutamente insuficiente	5	5

E. Condiciones Atmosféricas
(Calor y humedad)

Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de Kata (Milicalorías/cm ² /segundos)	Suplemento
16	0
14	0
12	0
10	3
8	10

(Milicalorías/cm ² /segundos)	(vienen)	Suplemento
6		21
5		31
4		45
3		64
2		100

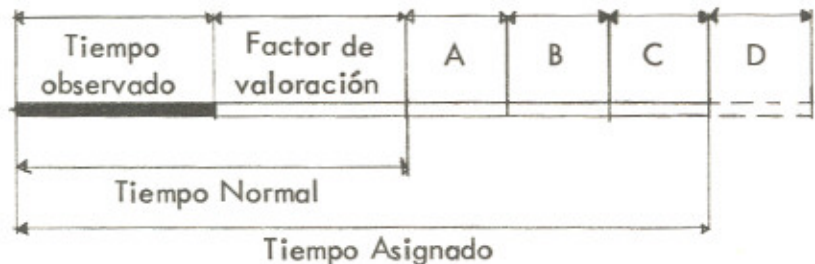
F. Concentración Intensa	Hombres	Mujeres
Trabajos de cierta precisión	0%	0%
Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
G. Ruido		
Continuo	0%	0%
Intermitente y fuerte	2	2
Intermitente y muy fuerte ...	5	5
Estridente y fuerte	5	5
H. Tensión Mental		
Proceso bastante complejo ..	1%	1%
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
Muy complejo	8	8
I. Monotonía		
Trabajo algo monótono	0%	0%
Trabajo bastante monótono...	1	1
Trabajo muy monótono	4	4

$$\frac{145}{133.3} = 1.09$$

Entonces 1.09 será el factor por el cual hay que multiplicar para obtener el tiempo base asignado.

Tiempo Asignado: Está integrado por el tiempo normal, más todos los suplementos, menos el suplemento discrecional. El ejecutar en un tiempo asignado representa una economía, y su ejecución en un tiempo mayor será una pérdida.

El tiempo asignado puede representarse de la siguiente manera:



- A = Suplemento por Descanso.
- B = Suplemento por Características del Proceso.
- C = Suplementos Especiales.
- D = Suplementos Discrecionales.

Los tiempos asignados se expresan generalmente en:

X minutos por centenar.

Y minutos por tonelada, o por metro cúbico o metro cuadrado.

Algunas veces se calculan en horas.

Los minutos u horas que se asignen para una tarea determinada no son minutos u horas de trabajo continuo, sino que cada unidad de tiempo contiene un elemento de descanso. La suma de trabajo y descanso debe de ser siempre igual a una hora o a un minuto.

$$\text{Tiempo tipo} = \text{Tiempo normalizado} \times \frac{100}{100 - \text{suplemento en \%}}$$

7. ESTUDIO DE TIEMPOS POR MEDIO DEL MUESTREO DE TRABAJO

El método consiste en hacer observaciones, a intervalos aleatorios de los trabajadores o de las máquinas, teniendo cuidado de anotar si está trabajando y al mismo tiempo valorar dicho trabajo, o si por el contrario el trabajador o la máquina se encuentran parados; el porcentaje del día en que el trabajador se encuentra parado, es la relación que hay entre la cantidad del tiempo en que se encuentra parado y el tiempo total de el número de observaciones hechas; por ejemplo, si se hicieron 12 observaciones, de las cuales el trabajador se encontraba parado en 4 ocasiones, entonces el trabajador se encuentra ocioso el 33.3% del tiempo.

Fases Principales:

1. Descripción de cada uno de los elementos que van a ser medidos, de la misma forma como cuando se hace el estudio de tiempos con cronómetro; deben anotarse también las esperas controlables, tales como la escasez de materiales o el abandono del trabajo antes de tiempo.
2. Hay que obtener la aprobación del ingeniero de campo, así como también del caporal; hay que conseguir la colaboración de los trabajadores y hacerles ver que no van a salir perjudicados con este trabajo.
3. Determinar el grado de precisión deseado, y el nivel de confianza esperado, por ejemplo: de un estudio hecho se encontró que las máquinas estaban paradas el 35 % del tiempo; entonces, si el estudio se hace con un nivel de confianza de 95%, quiere decir que el 95% de las veces, va a estar de acuerdo con la realidad, y una precisión de 4.5, indica que los resultados se encuentran dentro del in-

tervalo de 4.5% de 35% ($4.5 \times 35 = 1.5$) o sea un valor verdadero entre 33.50 y 36.50.

4. Instruir a un número de personas necesarias para hacer el trabajo; estas personas deben familiarizarse con el lugar de trabajo, conocer a los trabajadores y conocer todas las actividades de los trabajadores a los cuales han de observar.

5. Determinar el número de días o de turnos de trabajo, necesarios para el estudio, a modo de tener una muestra representativa de la actividad.

6. Anotar la ruta a seguir y la hora en que se van a hacer las observaciones; como las observaciones tienen que ser al azar, imparciales e independientes, nos podemos auxiliar de una tabla de números aleatorios, ejemplo: en una tabla de números aleatorios tomamos la fila 1 vertical, y leemos 1048 y anotamos que tenemos que hacer una observación a las 10.48 horas o sea a las 10 horas y 29 minutos; el número 2236 lo rechazamos por no existir trabajo nocturno, lo mismo los siguientes números, hasta encontrar el número 942 y llevamos las 9 horas y 25 minutos o sea 9.42 horas.

7. Diseño de la hoja de observaciones.

8. Hacer un muestreo preliminar durante uno o dos días, para establecer el número de observaciones necesarias, y determinar los límites de control, por ejemplo: En una máquina se hicieron 100 observaciones, de las cuales 25 indicaron que la máquina se encontraba parada, de donde

$$p = 25\% \left[\frac{25}{100} \times 100 = 25 \right]$$

Precisión: $5\% = 0.05 = S$

$p = 25\% = 0.25$

$$S_p = 2 \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}$$

$$\therefore N = \frac{1600(1-0.25)}{0.25}$$

$$N = 4800$$

A causa de situaciones anormales que se pueden presentar durante el estudio, debido a situaciones extrañas al trabajo diario, como por ejemplo: un accidente en el trabajo o cerca de él, nos indicaría que los trabajadores están parados más tiempo del que en realidad se encuentran, lo que a simple vista no podríamos detectar, para evitar tomar en cuenta estas observaciones se utilizan los gráficos de control de "p"; la fórmula para determinar los límites de "p" es:

$$p = \bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{N}}$$

Cuando uno de los puntos se encuentra fuera de los límites de control, este punto se elimina y se vuelve a calcular verificándose nuevamente los límites de control.

9. Hacer un 25% de las observaciones anteriormente indicadas, llevando el control en el gráfico de control diariamente.
10. Comprobar el grado de precisión que se tiene de acuerdo con la ecuación del inciso 8, y verificar al mismo tiempo el número de observaciones necesarias.

11. El estudio termina cuando la precisión del estudio es menor o igual que la precisión deseada.

Cálculo del Tiempo Tipo: El cálculo del tiempo tipo se hace en base a los porcentajes de las observaciones que se hicieron; pudiendo obtenerse el porcentaje de operario trabajando y no trabajando, ya sea por demoras evitables (fumando, platicando, etc.) o inevitables (espera de materiales).

Se debe considerar la calificación de velocidad promedio de todas las observaciones y dar las tolerancias por fatiga y necesidades personales en igual forma que en el estudio de tiempos con cronómetro.

8. CARACTERÍSTICAS QUE SE DEBEN TOMAR EN CUENTA EN EL ESTUDIO DE TIEMPOS

Para hacer el estudio de las cuentas, se han dividido las mismas de la siguiente manera: la primera columna se ha colocado para poner el suplemento necesario para el trabajo realizado; en la segunda se anota la clave de la cuenta, esta clave es la existente en el Departamento de Costos, siendo ésta del tipo decimal; así, la cuenta número 3 corresponde al trabajo de drenajes; pero como en el trabajo de drenajes se realizan varias actividades como: colocación de tubería, construcción de tragantes, etc., se hace necesario dividir esta cuenta en varias partes como por ejemplo: la cuenta colocación de tubería de 16" es la cuenta 3-7, la cuenta construcción de tragantes es la cuenta 3-21, etc. Las siguientes columnas se refieren en su orden: a la cuenta, al proceso de trabajo seguido para realizar la operación, el número de elemento, ya que de esta manera sabemos cuantos elementos son necesarios para completar el ciclo, y la última se refiere a las características que hay que tomar en cuenta para poder realizar el trabajo.

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	1-7 a 1-8	Excavación a Mano	Aflojar suelo con pico Cambio de herramientas Lanzar material hacia afuera	1 2 3	Clase de suelo Altura
	1-9 a 1-13	Excavación a Máquina	Colocar máquina en posición Comenzar a excavar Detener movimiento de exca- vación	1 2 3	Distancia Clase de suelo y tipo de ex- cavadora
	3-2 a 1-13	Colocación de Tubo	Rodar tubos hasta orilla Bajar tubos Empalmar tubos Traer mezcla Traer ladrillo Acuñar los tubos Hacer anillos	1 2 3 4 5 6 7	Distancia Altura Diámetro Distancia Distancia Ancho de zanja Diámetro

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	3-16	<p>Compactación a Mano</p> <p>Compactación a Máquina</p>	<p>Cargar material en carretilla con pala Transportar Descargar Tirar material con pala Nivelar material Regar agua con cubo Compactar</p> <p>Escarificar con patrol Colocar material con camión Esparcir material con patrol Regar con regadora Conformar con patrol Compactar con máquina</p>	<p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>1 2 3 4 5 6</p>	<p>Clase de material Distancia y pendiente</p> <p>Volumen Area Humedad óptima (proporción) Clase de material y área.</p> <p>Area Volumen Area Area Area Area</p>

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	4-1	Colocación Formaleta de Metal para Bordi- llo	Levantar formaleta Transportarla Colocarla Nivelarla Colocar pines	1 2 3 4 5	Longitud Distancia media Longitud Longitud Número
	4-2	Colocar Formaleta de Madera para Bordi- llo	Levantar formaleta Transportarla Colocarla Acuñarla	1 2 3 4	Longitud Distancia media Longitud Longitud
	4-3	Fundir Bordillo	Colocar materiales Echar agua Batir para hacer concreto Echar concreto en carreta Transportarlo Colocarlo en formaleta Apisonarlo Nivelarlo	1 2 3 4 5 6 7 8	Volumen y proporción Proporción Proporción Volumen de la carreta Distancia Volumen Volumen Longitud

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	4-4	<p>Quitar formaleta de metal</p> <p>Quitar formaleta de madera</p>	<p>Quitar pines Levantarla Limpiarla Aceitarla Transportarla Colocarla Afinar bordillo</p> <p>Quitar cuñas Levantar formaleta Limpiar formaleta Transportarla Colocarla Afinar bordillo</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>7</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p>	<p>Número de pines</p> <p>Longitud</p> <p>Longitud</p> <p>Longitud</p> <p>Distancia</p> <p>Longitud</p> <p>Unidad de longitud de bor- dillo</p> <p>Longitud</p> <p>Longitud</p> <p>Longitud</p> <p>Distancia</p> <p>Longitud</p> <p>Unidad de longitud de bor- dillo</p>

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	5-1	Colocar formaleta de Banqueta	Ver los mismos estudios en clave 4-2 para bordillo		
	5-2	Quitar formaleta	Quitar cuñas Levantar formaleta Limpiar formaleta Transportar formaleta Colocarla Afinar	1 2 3 4 5 6	Longitud Longitud Longitud Distancia Longitud Unidad de Area
	5-4	Fundición de Banqueta	Nivelar terreno Colocar arrastres Hacer concreto Transportarlo Colocar Nivelarlo Quitar arrastres	1 2 3 4 5 6 7	Area Longitud de piezas Proporción Distancia Volumen Area Longitud de piezas

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	6-9	Compactar sub-rasante	Escarificar con tractor Mezclar material con patrol Regar agua con regadora Conformar con patrol Compactar con máquina	1 2 3 4 5	Clase de suelo Volumen de material Area Area Clase de compactadora
	6-2 y 6-3	Compactar Sub-base y Base	Escarificar con patrol Colocar material con camión Esparcir con patrol Regar agua con regadora Mezclar con patrol Conformar con patrol Compactar con máquina	1 2 3 4 5 6 7	Area Volumen necesario Area (Humedad óptima) proporción Area Area Clase de compactadora
	6-4	Fundición Pavimento de Concreto	Colocar concreto Regar concreto Nivelarlo	1 2 3	Volumen Volumen Area

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	6-6	Llenar Zisas	Limpiar Llenar Apisonar Nivelar	1 2 3 4	Longitud Longitud Longitud Longitud
	7	Pavimento de Asfalto Doble trata- miento	Acarreo de agregado Distribución de pedrín grueso Nivelación y ajuste Riego de liga Distribución de pedrín me- diano Compactación Primer riego de sello Distribución de pedrín fino Compactación Segundo riego de sello Distribución arena de río Compactación	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	Volumen Volumen Area Area Volumen Area Area Volumen Area Volumen Area

Suplementos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
		Capa de Rodadura	Acarreo de mezcla asfáltica Colocarla sobre Finisher Accionar Finisher para tender capa Compactar con compactadora de metal Compactar con compactadora de hule	1 2 3 4 5	Distancia Volumen Area Area
	8-1	Colocar Formaleta para Cimientos	Abrir agujeros a dos tablas Parar las dos tablas y detenerlas Colocar las otras dos tablas y clavarlas a las primeras Meter alambre entre agujeros de tabla y amarrar	1 2 3 4	Unidad Volumen del cimiento Volumen del cimiento Unidad

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	8-2	Quitar Formaleta	Cortar alambre de amarre Quitar formaleta Limpiar formaleta Transportar formaleta y colocar	1 2 3 4	Unidad Area Distancia
	8-3	Armaduría Cimientos	Medir varillas Cortarlas Cortar alambre de amarre Armar emparrillado Colocar emparrillado	1 2 3 4 5	Longitud Diámetro Diámetro de varilla Diámetro de varilla Distancia
	8-4	Fundición Cimientos de Concre- to	Echar concreto en cubo Transportarlo Vaciar cubo en cimiento Apisonar con varilla	1 2 3 4	Volumen del cubo Distancia Volumen cubo Volumen

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	9-1	Colocar Formaleta de Vigas y Columnas	Cortar alambre de amarre Levantar formaleta y trasladarla Colocarla y abrir agujeros Amarrar formaleta	1 2 3 4	Longitud Longitud Longitud Longitud
	9-3	Levantado	Llenar cubo con mezcla	1	Volumen del cubo
	9-4	de pared	Trasladarlo	2	Distancia
	9-5	Ladrillo	Vaciarlo en batea	3	Volumen del cubo
	9-6	de Punta,	Echar mezcla con cuchara	4	Tamaño de la muestra
	9-7	Soga, Block	Tomar primer ladrillo y colo- carlo	5	Tamaño de la muestra
			Nivelarlo	6	Tamaño de la muestra
			Quitar sobrante de la mezcla	7	Tamaño de la muestra
			Echar mezcla con cuchara	8	Tamaño de la muestra
			Tomar segundo ladrillo y colocarlo	9	Tamaño de la muestra
			Nivelarlo	10	Tamaño de la muestra
			Quitar sobrante de mezcla	11	Tamaño de la muestra
			Colocar los demás ladrillos	12	Tamaño de la muestra
			Comprobar la pared a plomo	13	Este tiempo se proratea

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	9-2	Quitar Formaleta	Cortar alambre Quitar formaleta Limpiar formaleta Trasladarla y colocarla	1 2 3 4	Longitud de formaleta Longitud de formaleta Longitud de formaleta Longitud de formaleta
	9-10 a 9-16	Armar Vigas y Soleras	Medir varillas para armado Cortar varillas Medir varillas para estribos Cortar varillas para estribos Doblar y hacer estribos Cortar alambre de amarre Amarrar estribos a hierro principal Colocarlo en su lugar	1 2 3 4 5 6 7 8	Longitud Diámetro Longitud de vigas Diámetro de estribos Diámetro de estribos Diámetro de varilla principal Diámetro de varilla principal Distancia

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Característica a tomar en cuenta
	9-18 a 9-20	Fundición Vigas, Sole- ras y Dinte- les	Echar concreto al cubo Transportar el cubo Vaciar el cubo Vibrar concreto Nivelar	1 2 3 4 5	Volumen del cubo Distancia Volumen del cubo Volumen Area
	10-1	Hacer Argamasa	Colocar materiales Echar agua Batir mezcla	1 2 3	Volumen y proporción de la mezcla Proporción de la mezcla Proporción de la mezcla
	10-2 a 10-4	Repello de Interiores Exteriores y cielos	Cortar maestras Trasladarlas Traer mezcla a batea Colocar maestras Aplicar mezcla Nivelar área	1 2 3 4 5 6	Area a repellar Distancia Volumen cubo Area Area Area

Suple- mento	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	11-1	<p>Hacer Argamasa en batea</p> <p>Hacer mezcla para cernido y blanquea- do</p>	<p>Acarrear cemento Vaciarlo en batea Acarrear arena Vaciarlo en batea Acarrear agua Vaciarlo en batea Mezclar</p> <p>Cernir arena blanca Acarrear cemento Vaciarlo en batea Acarrear arena Vaciarlo en batea Acarrear agua Vaciarla en batea Mezclar</p>	<p>1 2 3 4 5 6 7</p> <p>1 2 4 5 6 7 8</p>	<p>Distancia, proporción</p> <p>Distancia, proporción</p> <p>Distancia, proporción</p> <p>Volumen, proporción</p> <p>Volumen, proporción</p> <p>Distancia, proporción</p> <p>Distancia, proporción</p> <p>Distancia, proporción</p> <p>Volumen, proporción</p>

Suple- mentos	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	12-1 12-2	Colocar Ladrillo de Cemento y de Barro	Nivelar con nivel Nivelar el área Traer mezcla y ladrillo Colocar mesa de mezcla Colocar ladrillo base Colocar mesa de mezcla Colocar segundo ladrillo Unir ladrillos base con pita Colocar mesa de mezcla Colocar ladrillos Quitar pita Golpear los ladrillos con regla Llenar cizas con lechada	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	Area Area Distancia Area Area Area Area Area Area Area Area Area

Suple- mento	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	14-1	Colocar Formaleta Vigas	Acarreo de madera Medir y cortar madera Colocar parales Fabricar caja de 3 tablas Colocarla sobre parales Cortar alambre de amarre Amarrar tablas laterales	1 2 3 4 5 6 7	Distancia Longitud Separación Dimensión de la viga Altura
	14-2	Colocar Formaleta Losa con parales	Acarreo de madera Cortar parales Colocar parales Colocar tarima	1 2 3 4	Distancia Altura Separación Area
	14-3	Quitar Formaleta Vigas	Cortar alambre de amarre y quitar tablas laterales Quitar clavos y cuñas a parales y quitar parales Quitar tabla base de viga Limpiar formaleta Trasladarla y colocarla	1 2 3 4 5	Area Area Area Area Distancia

Suple- mento	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	14-5	Armar Losa	Marcar distancias Tender el hierro Doblarlo y hacer tensiones Amarrarlo con alambre de ama- rre Poner faldones Medir y cortar arrastres Colocar arrastres	1 2 3 4 5 6 7	Area Area Area Area Metro lineal Metro lineal Metro lineal
	14-8	Fundición de Losa	Acarrear y subir concreto Vaciar concreto Vibrar concreto Nivelar	1 2 3 4	Altura y distancia Volumen Volumen Area

Suplemento	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	15-2	Pintura de paredes 0 a 2 metros	Echar pintura en otro recipiente Echar aguarrás y revolver Transportarla Mojar brocha y limpiar Aplicarla en la pared	1 2 3 4 5	Volumen a usar Volumen y proporción de la mezcla Distancia Area, textura de la pared, clase de pintura, # de aplicación
	15-2	Pintura de pared desde 2 a 4 metros	Echar pintura en otro recipiente Echar aguarrás y revolver	1 2	Volumen a usar Volumen y proporción de la mezcla
			Transportar recipiente Colocar recipiente y transportar escalera	3 4	Distancia Distancia

Suple- mento	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
			Tomar recipiente, subir escalera y colocar recipiente Mojar brocha y limpiarla Aplicar pintura Bajar escalera	5 6 7 8	Altura Area Altura
	16-1	Instalación de Tubo de Hie- rro	Hacer rosca con tarraja Echar minio Atornillar tubo	1 2 3	Diámetro Diámetro Diámetro
	22-1	Hacer tubo de Cemento	Viaje a traer concreto Llenar carretilla con concreto Trasladarlo Colocar molde Llenarlo Quitar molde Llenar ratoneras	1 2 3 4 5 6 7	Distancia Volumen Distancia Diámetro Diámetro Diámetro Diámetro

Suplemento	Clave	Cuenta	Proceso	Elementos	Características a tomar en cuenta
	24	Carga y Transporte	Carga Transporte Descarga	1 2 3	Unidad y método de carga Tiempo promedio Unidad y método de descarga

9. DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA

Consiste en la descomposición del proceso en una serie de operaciones; anotándolas en una hoja al lado de una escala de tiempos; esta clase de gráfico recibe el nombre de diagrama de actividad.

Lo primero que hay que hacer, es anotar con gran exactitud cuando trabaja la máquina y cuando trabaja el operador; de esta manera se llega a conocer si existen operaciones innecesarias o tiempos de espera también innecesarios. El análisis se hace en la parte inferior de la hoja; se anota el tiempo que tarda en realizarse la operación (tiempo de ciclo), dividiéndose después en tiempo que realmente dura el trabajo (tiempo de acción), y tiempo de ocio, el porcentaje de utilización es la razón que hay entre el tiempo de acción y el tiempo de ciclo.

El Diagrama Hombre-Máquina es de suma utilidad en ingeniería civil, cuando se presentan trabajos en los cuales para realizarlos es necesario operar varias máquinas dependiendo del trabajo de una sola, o también de varios trabajadores, dependiendo de una sola máquina, como por ejemplo: el trabajo de cargar varios camiones con un solo cargador frontal, o el trabajo de una mezcladora de concreto cuando está siendo cargada por varias carretillas, y la mezcladora vacía el concreto en otras carretillas. Presentamos abajo el trabajo realizado por un cargador frontal cargando varios camiones (los tiempos presentados en el cuadro son tiempos ficticios, ya que solo fueron puestos como ilustración del uso de este cuadro), con un cuadro como este es posible llegar a conocer cuantos camiones son necesarios para poder realizar el trabajo.

Con el diagrama encontramos, el tiempo que tarda el cargador en cargar un camión y con el segundo el número de camiones necesarios; en el diagrama 2 la operación carga el camión comprende tomar impulso, levantar el material, descargar el material y regresar descargado; en los siguientes renglones colocamos las operaciones hechas por los camiones: en el momento en que el camión número 1 está recibiendo carga los otros camiones están esperando colocarse; en el momento en que el camión # 1 comienza su viaje ya cargado el camión # 2 se coloca en posición y comienza a recibir su carga; esta operación se cierra hasta el momento en que el camión # 1 regresa por segunda vez a su posición original; ya que solo de esta manera es posible conocer si son suficientes los camiones que estamos empleando, porque si se cerrara el ciclo cuando el camión # 1 regresa la primera vez encontraríamos muchas esperas lo cual es falso, ya que sólo sucede en la posición de inicio de operaciones.

DIAGRAMA DEL OPERADOR MAQUINA

Operación _____ Pág. No. _____ de _____
 Máquina tipo _____ Fecha _____
 Departamento _____ Hecho por _____

CARGADOR FRONTAL				C A M I O N								
Toma impulso y corta material					Se coloca en posición							
Levanta material y regresa					Espera							
Va a descargar					Recibe la descarga de material							
Descarga												
Va a posición de corte					Espera							
Toma impulso y corta material												
Levanta material y regresa.												
Va a descargar												
Descarga					Recibe la descarga de material							
Va a posición de corte					Espera							
Toma impulso y corta material												
Levanta material y regresa												
Va a descargar												
Descarga					Recibe la descarga de material							
				80								
				90								
RESUMEN	Tiempo del Ciclo			ACCIÓN			OCIO			UTILIZACIÓN		
	Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Prop.	Ahorro	Actual	Prop.	
OPERADOR												
MAQUINA												

METODO ACTUAL PROPUESTO DIAGRAMA Del Operador Máquina De Cuadrillas FECHA _____ Pag. N° ____ de ____

OPERACION		RESUMEN		METODO		AHORRO	
Departamento _____		OP.	MAQ	Actual	Prop.	Mm. Seg.	%
Grupo de _____ Operarios				Act.	Ocio	Act.	Ocio
Observador por _____ Máquinas		Estudio No. _____				A	O
Aprobado por: _____							

Elementos	Elementos	Elementos	Elementos	Elementos	Elementos	Elementos	Elementos	Escala de tiempo.
Operación	Cargador Frontal Operación	Camión 1 Operación	Camión 2 Operación	Camión 3 Operación	Operación	Operación	Operación	
	Carga el camión	Recibe carga	Espera	Espera				10
	Carga el camión	Va a Descargar	Se Coloca en posición					20
			Recibe Carga					30
	Carga el camión	Descarga Regresa		Se coloca en posición				40
			Va a Descargar	Recibe carga				50
	Carga el camión	Se coloca en posición	Descarga					60
		Recibe carga	Regresa	Va a Descargar				70
		Va a Descargar	Se coloca en posición	Descarga				80
			Recibe carga	Regresa				90
								100

Principio de ciclo

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Recomendaciones:

1. Es recomendable principiar por los estudios de tiempos de las cuentas: pavimentación y zanjeo, que son los trabajos que más se realizan en la Municipalidad, y los que más gente ocupan.
2. Como en la Municipalidad existe una sección de tomadores de tiempo en el Departamento de Personal, es recomendable hacer el traslado de esta sección al Departamento de Costos y entrenar a estas personas, para que sean ellas las que realicen la labor de encontrar los tiempos tipo, por el método más adecuado de los dos antes expuestos.

Conclusiones:

1. El método de Costos Standard para planeamiento, es preferible al método actual, basado en los costos históricos; pues da los costos que realmente se deben obtener y permite hacer el análisis de variaciones de los costos.
2. El sistema de Costos Standard, no elimina el cálculo de costos históricos, sino es un complemento al mismo. La simplificación del procedimiento actual de costos históricos se lograría incorporando los cálculos de rutina al Departamento de Procesamiento de Datos de la Municipalidad.
3. La aplicación del método del Camino Crítico (C.P.M.) se basa en que se cuenta con tiempo tipo correctos; el

control efectivo y la fecha de terminación de una obra depende de esos tiempos, que sólo se pueden obtener por los métodos de Estudio de Tiempos.

4. El análisis de variaciones es de suma utilidad, ya que por medio de este sistema el encargado de verificar los costos llega a conocer en que parte de la operación hubo variación en los costos y las razones que hubo para que exista esta variación.
5. Para encontrar el tiempo tipo de maquinaria pesada, es preferible el sistema de cronometraje, ya que esta se encuentra distribuida en el campo.
6. Para encontrar el tiempo tipo de las cuadrillas, es también preferible el método de cronometraje, ya que por lo regular los trabajadores se encuentran todos realizando una sola labor, ahora si la cuadrilla estuviera realizando más de un trabajo diferente, el método de muestreo de trabajo es recomendable.
7. Como los Costos Standard están basados en los tiempos tipo, de los trabajadores, dejan al trabajador el tiempo necesario para su descanso, por lo que no obliga al mismo a realizar un esfuerzo que no pueda mantener.

BIBLIOGRAFÍA

1. Francisco Cholvis. "Costos Standard". Buenos Aires. 1954.
2. Saúl Guerrero Guerra. "Costos Standard". Tesis, Facultad de Economía. 1965.
3. O.I.T. "Introducción al Estudio del Trabajo". Journal de Geneve.
4. Ralph M. Barnes. "La Técnica del Muestreo Aplicada a la Medida del Trabajo". Aguilar. 1962.
5. Ralph M. Barnes. "Estudio de Movimientos y Tiempos". Aguilar. 1964.
6. H. B. Maynard. "Industrial Engineering Handbook". Mc. Graw Hill.
7. Amando Vides Tobar. "Análisis y Control de Costos de Ingeniería".
8. John G. Blocker. "Contabilidad de Costos", tomo II. Ateneo. 1957.
9. Departamento de Costos. Consultas al personal del mismo.

Carlos Enrique Calderón Véliz

Vo. Bo.

(f) Ing. Carlos Enrique De La Cerda Acevedo
A s e s o r.

Vo. Bo.

(f) Ing. Francisco Billeb Vela
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica Industrial

IMPRÍMASE:

(f) Ing. Amando Vides Tobar
D e c a n o.