

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

21-100



**ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS; SU
APLICACION EN LA INDUSTRIA DE
LA CONSTRUCCION.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A

NAHUM MARTINEZ DE LA ROSA

1 9 8 1



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E

P R O L O G O

I N T R O D U C C I O N

CAPITULO 1 C O N C E P T O S B A S I C O S D E L E S T U D I O D E T I E M P O S Y M O V I M I E N T O S

- 1.1 A N T E C E D E N T E S Y D E F I N I C I O N
- 1.2 E S E N C I A D E L E S T U D I O
- 1.3 O B J E T I V O S Y A L C A N C E S
- 1.4 D I F I C U L T A D E S Q U E I N V O L U C R A S U A P L I C A C I O N

CAPITULO 2 E L R E G I S T R O D E A C T I V I D A D E S

- 2.1 L A N E C E S I D A D D E L R E G I S T R O C O M O E T A P A I N I C I A L
 D E L E S T U D I O
- 2.2 L A T E C N I C A D E E S T I M A C I O N D E L O S C I N C O M I N U T O S
- 2.3 R E G I S T R O C O N C R O N O M E T R O
- 2.4 R E G I S T R O C O N C A M A R A D E C I N E M O D I F I C A D A
- 2.5 R E G I S T R O C O N C A M A R A D E T E L E V I S I O N (V I D E O - T A P E)

CAPITULO 3 TECNICAS FORMALES DE ANALISIS

3.1 GENERALIDADES

3.2 DIAGRAMA DE FLUJO Y CARTA DE PROCESAMIENTO

3.3 LA CARTA DE BALANCE DE CUADRILLAS

3.4 EJEMPLO ILUSTRATIVO

CAPITULO 4 APLICACION DEL ESTUDIO EN LA ETAPA DE REVESTIMIENTO DEFINITIVO DE LA CONSTRUCCION DEL TUNEL DEL INTERCEPTOR CENTRO-PONIENTE DEL SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO DE LA CD. DE MEXICO

4.1 INTRODUCCION

4.2 DESCRIPCION DEL EQUIPO Y METODO DE CONSTRUCCION EMPLEADOS

4.3 REGISTRO DE LAS ACTIVIDADES EN EL CAMPO

4.4 ANALISIS DE LAS ACTIVIDADES REGISTRADAS EN EL CAMPO

4.5 ANALISIS Y CLASIFICACION DE DEMORAS

4.6 CONCLUSIONES

CAPITULO 5 UN PROGRAMA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN
PROYECTOS DE CONSTRUCCION

5.1 ANTECEDENTES

5.2 PRINCIPIOS BASICOS Y OBJETIVOS

5.3 LAS METAS Y FORMA DE ALCANZARLAS

5.4 CONCLUSIONES

CAPITULO 6 CONCLUSIONES

APENDICE EQUIPO PARA TOMAR FOTOGRAFIAS A INTERVALOS DE
TIEMPO CONSTANTE (TIME-LAPSE)

P R O L O G O

El trabajo que ahora presento a consideración del H. Jurado da cumplimiento al requisito que, para obtener el grado de licenciatura, la Facultad de Ingeniería y la U.N.A.M. han señalado como obligatorio.

Inútil discutir aquí la naturaleza del precepto con tal de que este se cumpla. Baste decir que es el primer trabajo profesional al que todo universitario aspira, y que por tal ha de tenerse.

El trabajo se pensó originalmente más amplio y de mayores alcances, lo cual no quiere decir que no cumpla con su objetivo. No soy experto en la materia ni pretendo serlo, lo único que si quisiera lograr es despertar una inquietud en aquellas personas que van a tener que resolver el principal problema que dicta el presente, el crear nuevos métodos y mejorar aquellos un tanto obsoletos para elevar la calidad de la construcción, el nivel técnico y de vida de los trabajadores de esta industria y mantener los costos de las obras en niveles, por así llamarlos, de competitividad.

I N T R O D U C C I O N

Cualquier persona que este medianamente enterada de la naturaleza de los trabajos que en la construcción se realizan, no podrá menos que convenir que estos son, en su mayoría repetitivos. Afirmar que un trabajo es repetitivo significa en este caso que, por las exigencias de la obra, este es efectuado una y otra vez en idénticas condiciones, hasta ver satisfechas las causas que lo originaron.

Todo trabajo requiere, como es natural, de la asignación inteligente de los recursos involucrados en su ejecución. En el caso particular de los trabajos que, como los de construcción, son indudablemente repetitivos, esta asignación debe ser cuidadosamente seleccionada de manera que no solo sea razonable, sino además óptima. Esto es claro; cualquier desperdicio tanto de utilización de mano de obra como de maquinaria, capital, etc., será en estas circunstancias inevitablemente repetido una, diez ó cien veces de manera consecutiva hasta la terminación de los trabajos. El resultado: una lamentable pérdida de esfuerzos y energía que lejos de contribuir al progreso de la obra, retrasa y dificulta la ejecución de las tareas verdaderamente indispensables.

Los trabajos de construcción requieren, por otra parte, de una importante inversión de esfuerzo humano, generalmente

bajo la forma de trabajo simple, poco o nada especializado. Es precisamente bajo esta forma en que, en la mayoría de las obras, la mano de obra es incorporada a un sin número de actividades penosamente difíciles y pesadas, aún cuando en muchas ocasiones se cuenta ciertamente con el equipo necesario para aliviarlas. Evitar rutinas de trabajo que innecesariamente obligan a la mano de obra a invertir su esfuerzo en tareas estériles es, en consecuencia, indispensable.

Evitar derroches en labores ocasionales y poco frecuentes bien pudiera parecer insignificante e inclusive ocioso, evitar estos derroches en actividades que hallan de repetirse cientos de veces pudiera, sin embargo, no serlo tanto. Surge entonces una pregunta: ¿Como lograrlo?, la respuesta es, ahora y desde hace algunos años, "El Estudio de Tiempos y Movimientos" también denominado "El Estudio de los Métodos".

El Estudio de Tiempos y Movimientos, desarrollado originalmente para ser aplicado a los complejos procedimientos de manufactura, constituye actualmente un instrumento especialmente valioso para lograr la utilización intensificada de los recursos en cualquier tipo de industria. Se llegó a pensar, sin embargo, que dada la naturaleza variable de los trabajos de construcción, la aplicación de estas técnicas podría ser solo difícilmente reconocida en aquellos. La experiencia se ha encargado, con el tiempo, de desmentir ampliamente semejantes afirmaciones.

Son muchas las ventajas que la aplicación del Estudio de

Tiempos y Movimientos acarrea consigo y solo tres las características que exige su utilización: minuciosidad, paciencia y buen criterio. "Minuciosidad al tener en cuenta todos los factores, paciencia para efectuar largos estudios y buen criterio para interpretar los resultados".

El presente trabajo se ocupa entre otras cosas de la descripción detallada de las técnicas que el Estudio comprende, sus alcances, objetivos y limitaciones, además de tratar de encontrar la vía por la cual se le de una utilidad práctica en los trabajos de construcción. Si en alguna medida este propósito se cumple, el autor se dará por satisfecho.

CAPITULO 1 CONCEPTOS BASICOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

1.1 ANTECEDENTES Y DEFINICION

Muchas son las interpretaciones que se han dado, desde su origen, a los términos Estudio de Tiempos y Estudio de Movimientos. Iniciado por Taylor¹, el Estudio de Tiempos se utilizó primordialmente para determinar los tiempos tipo que la ejecución de una tarea diaria dada requería, mientras que el Estudio de Movimientos, debido a los Gilbreth², se empleo en gran parte para el perfeccionamiento de los métodos de trabajo practicados. Es de notar, que aún cuando las investigaciones de Taylor y Gilbreth corresponden aproximadamente a la misma época, los Estudios de Movimientos no fueron, sin embargo, tan favorecidos entonces como lo serían los Estudios de Tiempos y Primas sobre el salario.

Los esfuerzos siguientes por sistematizar las técnicas de trabajo, y el posterior desarrollo del Estudio de Tiempos y del Estudio de Movimientos, estuvieron por muchos años fuertemente influenciados por la tendencia de considerar al uno exclusivamente como un medio de fijar límites de tiempo, utilizando el cronómetro como dispositivo de medida, y al otro únicamente como una técnica costosa y laboriosa que necesitaba de una cámara toma vistas para determinar métodos de trabajo satisfactorios. Décadas hubo todavía en que no se manifestó un movimiento general hacia el Estudio del Trabajo, que tuviera como objeto el hallar métodos de trabajo mejores y más senci

cillos para ejecutar tareas repetitivas. Sin embargo, a estos años siguió un periodo durante el cual se emplearon conjuntamente el Estudio de Tiempos y el de Movimientos, sirviéndose mutuamente de complemento y llevando así a primer plano la expresión Estudio de Tiempos y Movimientos.

Puede decirse que los fines del Estudio de Tiempos y Movimientos son hoy mucho más amplios que antes, y que tanto su filosofía como su práctica han variado en relación con las originales. Su objetivo actual, más que mejorar los métodos existentes, consiste en hallar el método ideal, o el más cercano a él, que pueda ser eficientemente utilizado en la práctica.

Finalmente debe señalarse, que autores hay que han sugerido se empleen los términos "Organización de Métodos", "Proyecto del Trabajo", o "Estudio del Trabajo", en lugar de la expresión "Estudio de Tiempos y Movimientos", y pudiera ocurrir que dichos términos llegaran a usarse ampliamente en la práctica. Se ha observado, sin embargo, actualmente una tendencia concreta a considerar el término "Estudio del Trabajo" como equivalente del "Estudio de Movimientos", y el de "Medida del Trabajo" como sinónimo al de "Estudio de Tiempos". De ambos términos se hará mención indistintamente durante el curso de la presente exposición.

¹ Está generalmente admitido que el Estudio de Tiempos tuvo sus comienzos en el taller mecánico de la Midvale Steel Company, en 1881, y que Frederick W. Taylor fue su creador.

La contribución real de Taylor a la industria fue su método "CIENTIFICO" que substituyó procedimientos rutinarios por otros deducidos de un análisis previo. Su actitud crítica y su constante investigación de las causas, le proporcionaron un lugar preferente, que todavía mantiene, como precursor de la "ciencia" de la dirección.

² Frank B. Gilbreth, Ingeniero y Contratista de Obras, y Lillian M. Gilbreth, esposa del anterior y profunda conocedora de los aspectos psicológicos del trabajo, se complementaron de un modo único para llevar a cabo un intensísimo Estudio en el que están incluidos tanto la comprensión del factor humano, como el conocimiento de los materiales, las herramientas y las instalaciones. El carácter fundamental de su trabajo viene indicado por el hecho de que los principios y técnicas que crearon hace muchos años, están siendo adaptados por la industria en la actualidad y a un ritmo rápidamente creciente.

EL CASO TAYLOR

En 1898, cuando Taylor entró en la Bethlehem Steel Works, se impuso el deber de perfeccionar los métodos de varias secciones de la fábrica. Una de las tareas que más llamó su atención fue la del traspaleo. El número de hombres empleados en el parque oscilaba entre 400 y 600, y gran parte de la tarea que estos desarrollaban era precisamente traspalar. Más que ningún otro material, se paleaba mineral de hierro, siendo el siguiente en tonelaje el carbón. Taylor encontró que cada buen paleador era propietario de su propia pala, porque prefería esta a la que la Compañía le suministraba. El parque donde se trabajaba era de unos tres kilómetros de longitud por unos cuatrocientos metros de anchura, por lo que una cuadrilla de trabajo se desplazaba diariamente sobre una superficie relativamente grande.

Con muy poca investigación, Taylor encontró que los paleadores levantaban cargas de tres y media libras (1.6 kg) cuando manipulaban el carbón, y hasta treinta y ocho libras (17.2 kg) por palada cuando lo que movían era mineral de hierro. Inmediatamente se dedicó a determinar cual era la carga de pala que permitía a un trabajador de primera categoría mover la mayor cantidad de material en la jornada. Puso a trabajar a dos buenos paleadores en diferentes partes del parque, y colocó a dos observadores de tiempos para estudiar el trabajo de aquellos. Al principio se utilizaron grandes palas, con las cuales se movían cargas pesadas. Luego se cortó el extremo de la pala para

que no se pudiera recoger una carga tan grande como la anterior, y se anotó el tonelaje manipulado. Se continuó con este procedimiento desde cargas muy pesadas hasta cargas muy ligeras. Los resultados obtenidos mostraron que un hombre podía manipular el máximo de tonelaje de material en la jornada de trabajo cargando la pala con 21 libras y media (9.75 kg). Así que cuando el obrero tenía que manipular mineral pesado (carbón) se le daba una pala pequeña, que pudiera contener justo 21 libras y media, y cuando tenía que mover el material ligero, se le entregaba una pala grande.

Se implantó un departamento de planificación para determinar de ante mano el trabajo que se iba a realizar en el parque. En lugar de trabajar con grandes cuadrillas, se midió el trabajo realizado por cada hombre al final de la jornada, pagándose cierta bonificación (el 60% por encima de los jornales diarios) a cada uno de los que manipularan la cantidad de material especificada. Si un hombre no llega a ganar la bonificación establecida, se le enviaba con un instructor para que aprendiera a realizar su trabajo en la forma debida.

Después de tres años y medio de permanencia en la Bethlehem, Taylor hacía con sólo 140 hombres el trabajo que antes necesitaba de 400 a 600. Redujo el costo de manipulación del material en un 40% ó 50%, y después de pagar todos los gastos suplementarios, ahorró todavía, en el último periodo de seis meses, una cantidad a razón de 78 000 dólares al año.

EL CASO GILBRETH

Preocupado por la forma de perfeccionar los métodos de trabajo, Gilbreth se empeñó afanosamente por descubrir la manera más adecuada de sustituir rutinas de movimientos largos y cansados, por otros que resultaran más cortos y menos fatigosos para los trabajadores. Parte de su método consistió en tomar un gran número de fotografías de obreros trabajando, y de su Estudio obtuvo importantes conclusiones que le ayudaron a aumentar la producción entre sus trabajadores.

Inventó un andamio que podía elevarse rápida y sencillamente a una pequeña altura en cualquier momento, lo que permitía mantenerlo siempre en el nivel más conveniente. Este andamio estaba equipado con un banco o bandeja que sostenía los ladrillos y el mortero a una altura adecuada, a fin de evitar al albañil la tarea fatigosa e innecesaria de doblar el cuerpo para recoger un ladrillo del piso del andamio cada vez que tenía que colocarlo en el muro.

Anteriormente, los ladrillos se amontonaban, por otra parte, encima del andamio y el albañil los seleccionaba a medida que los utilizaba. Daba la vuelta al ladrillo o lo hacía saltar en la mano, a fin de encontrar el mejor lado para colocarlo en la fachada. Gilbreth perfeccionó este método. A medida que llegaban los ladrillos en el camión, los trabajadores que cobraban un jornal inferior los escogían y los colocaban en unos armazones de madera. Inspeccionaban los ladrillos a

medida que estos eran descargados y los colocaban en paquetes, de forma que la cara y los extremos mejores quedaran en una misma dirección. A continuación se colocaban los paquetes sobre los andamios, de modo que el albañil pudiera tomarlos rápidamente sin necesidad de seleccionarlos. Gilbreth dispuso la caja del mortero y el paquete de ladrillos de tal forma, que el albañil pudiera coger simultáneamente con una mano el ladrillo y con la otra una palada de mortero.

En un edificio que se construía cerca de Boston, se adics tró a los albañiles en el nuevo método descubierto. Antes que el edificio alcanzara la mitad de su altura la producción media era de 350 ladrillos por hombre y por hora. La producción máxima en este tipo de trabajo, anterior a la adopción del nuevo sistema, había sido tan sólo de 120 ladrillos por hombre y por hora.

DEFINICION

La expresión Estudio de Tiempos y Movimientos de refiere a la amplia rama del conocimiento que trata la determinación científica de los métodos preferentes de trabajo, la estimación, en función del tiempo, del valor del trabajo que implica actividad humana, y el desarrollo del material requerido para hacer uso práctico de estos datos.

Tal como se ha desarrollado en algunos países, comprende dos técnicas complementarias entre sí:

- a) Estudio de los métodos y Diseño del trabajo (Estudio de Movimientos)
- b) Medida del Trabajo (Estudio de Tiempos)

La parte del Estudio de Movimientos consta de una amplia variedad de procedimientos para la descripción y el análisis científico de los métodos de trabajo. Considera: (1) los materiales, (2) el proceso u orden de trabajo, (3) las herramientas, lugar de trabajo y equipo, para cada actividad en el proceso, y (4) la actividad humana en cada paso, con objeto de determinar o diseñar un método preferente de trabajo. El criterio de preferencia es, generalmente, la economía monetaria, aunque frecuentemente puede tener más importancia el rendimiento de la actividad, la facilidad o economía del esfuerzo humano, la economía de tiempo, o bien algún otro criterio semejante.

El procedimiento fundamental de estudio de los métodos de trabajo comprende, en su forma más simplificada, las siguientes actividades:

- a) Selección de la actividad que ha de estudiarse
- b) Registro de todos los datos pertinentes sobre el método empleado.
- c) Análisis ordenado y evaluación crítica de los datos obtenidos
- d) Diseño y establecimiento del método más práctico, económico y eficaz, teniendo en cuenta las posibles eventualidades
- e) Generalización de dicho método como norma práctica
- f) Verificaciones regulares que aseguren su observancia

La aplicación oportuna del Estudio de los Métodos permite, entre otras, las siguientes ventajas:

- a) Mejoras en las disposiciones de los lugares de trabajo.
- b) Simplificación en las tareas y disminución del cansancio.
- c) Utilización racional de los materiales, instalaciones y mano de obra

El análisis del contenido del trabajo, utilizado con objeto de evaluar una tarea, puede conducir, por su parte, a la racionalización más intensificada de la producción de la siguiente manera:

- a) Los trabajos que necesiten un gran esfuerzo físico pueden simplificarse o modificarse ligeramente, de tal modo que requieran menor esfuerzo y pueda lograrse de ellos un mayor rendimiento
- b) Los trabajos que exijan una elevada competencia y una larga experiencia profesional podrán mecanizarse y simplificarse en determinadas condiciones, a fin de poder disponer de esa mano de obra especializada para otras tareas que así lo requieran.

La parte del Estudio de Tiempos consta de una amplia variedad de procedimientos para determinar la cantidad de tiempo requerido, bajo ciertas condiciones estándar de medición, para labores que implican alguna actividad humana.

Así como se han enunciado ya las principales ventajas que la aplicación del Estudio de Métodos acarrea consigo, sobre lo que a la medida del trabajo se refiere, puede decirse lo siguiente:

- a) Facilita la planificación y el control de la producción
- b) Permite la asignación óptima de trabajadores
- c) Proporciona oportunamente índices sobre el rendimiento de los trabajadores
- d) Sirve de base para el control de los costos de mano de obra.

La técnica fundamental de la medida del trabajo es el Estudio de los tiempos, estudio que se circunscribe principalmente al trabajo que implica la repetición de una misma serie de movimientos. Una recomendación vale para estos estudios: No deben hacerse precipitadamente. Minuciosidad, paciencia y probidad son los factores indispensables para lograr resultados satisfactorios: "Minuciosidad al tener en cuenta todos los factores, paciencia para efectuar largos estudios, probidad para interpretar los resultados".

No obstante que es posible establecer distinciones entre ellos, separar completamente estos dos términos (Estudio de Movimientos y Estudio de Tiempos) es especialmente difícil y por demás completamente inútil, puesto que un método específico, frecuentemente en forma de una práctica estándar escrita, es una de las condiciones de la medición de tiempo y las mediciones de tiempo son a menudo una parte de la base sobre la cual se comparan los métodos alternos.

El término combinado Estudio de Tiempos y Movimientos se usa, en resumen, para denominar las tres fases de actividad siguientes:

- 1.- Determinación del método
- 2.- Apreciación de tiempo, y
- 3.- Desarrollo del material para la aplicación de estos datos.

El Estudio de Tiempos y Movimientos puede ayudar a encontrar una forma preferente de hacer el trabajo en cualquier actividad y ayudar a una gestión eficaz o al control de dicha actividad. El enfoque de este estudio funciona igualmente bien cuando se aplica a un trabajo simple o a uno más sofisticado que resulte del avance tecnológico. Lo que se consigue con este Estudio puede variar de trabajo a trabajo. La variedad del proceso apenas tiene límite y la diversidad de herramientas y equipos de trabajo es enorme. Sin embargo, el esfuerzo humano necesario estará compuesto siempre, en todos los casos, de los mismos actos básicos y la información relativa al empleo económico del esfuerzo humano será de aplicación universal. El problema de determinar un método factible y preferente para realizar el trabajo debe estar siempre presente. Normalmente se tratará el problema de determinar la cantidad de tiempo y de trabajo humano consumidos. Prescindiendo de la variación en la consecución o del campo de conocimientos, debe emplearse algún procedimiento para diseñar el trabajo y determinar así mismo la cantidad de tiempo necesario para realizarlo. Deben seleccionarse procedimientos de entre la amplia variedad de procesos y movimientos disponibles, para ayudar eficazmente en la aplicación del conocimiento con que se cuente a la solución de los problemas de diseño y medida.

Finalmente definiremos al Estudio de Tiempos y Movimientos como el " Estudio utilizado para examinar el trabajo humano en todos sus contextos, que conduce sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras ".

1.2 ESENCIA DEL ESTUDIO

La esencia del Estudio es la de organizar detalladamente el trabajo para lograr los imperativos citados a continuación:

- a) LA CONCURRENCIA: La Empresa debe ser competitiva en el mercado de la oferta, lo que obliga a reducir gastos y, por lo tanto, el precio del costo.
- b) LA EVOLUCION RAPIDA E INEXORABLE DE LAS TECNICAS, lo que obliga a revisar periodicamente un cierto número de nociones adquiridas. Nada es definitivo: ni los precios, ni los tiempos, ni los rendimientos. Lo que era cierto ayer no lo es más hoy, pues todo evoluciona y muy rápidamente, incluso en nuestra profesión.
- c) LAS EXIGENCIAS DEL CLIENTE: Plazos más cortos (lo que obliga a construir más rápidamente), calidad de acabado, etc.
- d) LA POCA MANO DE OBRA CALIFICADA
- e) EL AUMENTO DE LOS GASTOS INDIRECTOS (de Planeación, Organización y Dirección), que condena a la Empresa a la expansión y a la reducción de los gastos directos de Ejecución.
- f) EL DESEO DE LA EMPRESA DE AUMENTAR SU BENEFICIO POR UNA PARTE, Y DE OTRA, EL DESEO DEL TRABAJADOR DE AUMENTAR SU SALARIO Y SU TIEMPO LIBRE

En definitiva, se trata de concebir una solución óptima al sistema HOMBRE-MAQUINA, de forma que el trabajador se encuentre en una situación favorable para desarrollar su trabajo (selección de la máquina, adecuación del lugar de trabajo, ambiente físico, etc.). Se trata de una nueva ciencia que estudia las condiciones que debe cumplir el puesto de trabajo para adecuarse mejor a la idea de PRODUCTIVIDAD, objetivo primordial del Estudio de Tiempos y Movimiento.

Es preciso no confundir la palabra PRODUCTIVIDAD con el término PRODUCCION, que designa lo que se produce. Se puede aumentar la producción de concreto, por ejemplo, instalando tres mezcladoras en lugar de una sola, o procurándose una mezcladora de mayor capacidad, o incluso aumentando el número de horas de trabajo; sin embargo, el resultado sería que la productividad disminuiría de forma considerable.

Es preciso también diferenciarla de la palabra RENDIMIENTO, que expresa el resultado del aumento intensivo del esfuerzo, especialmente físico: se hace trabajar al obrero "a todo gas" estimulándolo por medio de primas de rendimiento, pero en detrimento de su salud.

La idea de PRODUCTIVIDAD implica la intención ya sea de producir más con los mismos medios, y sin esfuerzo humano suplementario, es decir, aumentar el rendimiento reduciendo la fatiga, ya sea de producir lo mismo con menos medios pero más eficaces, y mejorando la calidad del producto correspondiente.

PRODUCTIVIDAD es la facultad de producir económicamente y con más EFICACIA utilizando métodos científicos.

No es posible medir la producción de un proceso en valor absoluto, pero para una tarea precisa, para una operación bien definida, es posible calcular las variaciones de la productividad con el tiempo.

En general la expresión de la productividad se presenta bajo la forma de la siguiente relación:

Número de unidades de producción, es decir, cantidad de producto obtenido/número de unidades de trabajo necesarias para la producción.

$$\text{De donde } P = \frac{R \text{ (resultados obtenidos)}}{M \text{ (medios usados)}}$$

Pero esta forma aparentemente tan sencilla de representar la productividad no da más que una idea imperfecta de la evolución experimentada por la Industria del ramo de la Construcción.

Efectivamente, ni los resultados, ni los medios de la producción considerada son todos ellos fáciles de medir, puesto que algunos de los elementos que intervienen en la realización son demasiado subjetivos o imponderables: fatiga del obrero, calidad de la obra, confort, estética, conservación del edificio, duración, gastos indirectos, etc.

En la construcción nos conformaremos, pues, con considerar la productividad propia de los elementos medibles, de aquellos cuyos resultados y medios pueden ser representados por cifras, como por

ejemplo, productividad de la mano de obra, del equipo, y de los materiales puestos en el sitio. Este sistema tiene la ventaja de poner de manifiesto el elemento cuya productividad tiene preponderancia por su incidencia en el precio de costo. Para poder expresar la productividad resultante total, es preciso poder relacionar las distintas productividades que están expresadas en unidades distintas. A tal efecto se determina su equivalencia en HORAS-HOMBRE, valoradas en dinero, y así se obtiene otra expresión de la productividad:

$$\frac{\text{Indice de salario en la región}}{\text{Valor del m}^2 \text{ habitable}}$$

Del análisis de la anterior expresión se desprende:

- a) Que la PRODUCTIVIDAD es la solución del problema que consiste en producir a ^{el} precio más bajo, pagando los salarios más altos.
- b) Que a salario igual y para una producción bien definida (superficie, equipo, etc.) la productividad es el inverso del precio de costo:

$$P = \frac{1}{\text{Precio de Costo}}$$

Interesarse por la productividad significa, pues, estudiar los parámetros que constituyen el *Precio de Costo* final de la Obra, descubrir sobre cuáles se puede y debe actuar para asegurar la rentabilidad de la Obra, asegurando un salario estimulante al ejecutor.

Los objetivos que se propone la PRODUCTIVIDAD, incluidos en la misma definición del concepto, parecen contradictorios. ¿Como conciliar de manera efectiva estas nociones, estos principios que aparentemente se oponen?

¿Producir más y más rápidamente con menos fatiga?

¿Vender más barato y aumentar beneficios y salarios?

Para lograr esto se debe contar con los métodos que más adelante se describirán y que forman parte del Estudio de Tiempos y Movimientos, pero para aplicar eficazmente estos, los técnicos responsables deben conocer los principios, asimilar las ideas directrices de la Administración Científica del Trabajo:

- a) Saber practicar el Estudio del Trabajo según los métodos científicos de Observación, Analisis y Síntesis.
- b) Ser de espíritu abierto, para estar en cualquier momento preparado para adaptarse a los últimos progresos de la técnica.

1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES

El Estudio del Trabajo exige que todo puesto de trabajo produzca obra de calidad al precio más bajo y en el intervalo de tiempo previsto, limitando el consumo de tiempo, de material y de energía.

Se suele definir al puesto de trabajo como el lugar en el que uno o varios obreros ejecutan actividades definidas, por medio de cierto equipo de trabajo, operaciones que contribuyen a la construcción de la obra correspondiente. En las obras estos lugares pueden ser fijos o variables. Todo puesto de trabajo se caracteriza por:

- a) su lugar, definido en posición y cantidad de material y personal en el marco de la organización general de las instalaciones, de donde resulta la necesidad de estudiar la implantación del puesto, y su disposición práctica.
- b) el equipo elegido y compuesto en función de las exigencias de la tarea, de donde se desprende la necesidad del Estudio de Movimientos de cada obrero (sus movimientos y desplazamientos), de su aptitud para la tarea.
- c) el equipo de herramientas y material, de donde resulta la necesidad del Estudio del rendimiento práctico¹ de las máquinas.
- d) la asignación del tiempo de ejecución, de donde resulta la necesidad del Estudio de Tiempos y el establecimiento de medios de control de resultados

- e) la definición de la forma de operación que, de hecho, es la síntesis de los Estudios precedentes.
- f) su interrelación con las otras actividades de las instalaciones, a las que se encuentra ligado no sólo en el tiempo, sino también en el espacio, de donde se desprende la necesidad de estudiar el orden del trabajo.

La investigación consiste en examinar con método los distintos elementos señalados antes, y que caracterizan el puesto de trabajo.

Los resultados esperados del Estudio y de la organización racional del trabajo son:

- a) PARA LA EMPRESA: Un mejor empleo del personal (mano de obra y personal denominado "improductivo"), un mejor rendimiento práctico del material, la reducción de los plazos de ejecución, lo que implica la disminución de los precios de costo.
- b) PARA EL OBRERO: Un trabajo menos fatigoso y en mejores condiciones, una protección más eficaz contra el riesgo de ACCIDENTES DE TRABAJO, y un poder de adquisición más elevado.
- c) PARA EL CLIENTE: Obras más baratas, y de calidad superior, ejecutadas rápidamente.

¹ El rendimiento práctico de las máquinas es la relación tiempo real de utilización entre tiempo teórico de pleno empleo.

1.4 DIFICULTADES QUE INVOLUCRA SU APLICACION

Las dificultades que se oponen a la utilización de las técnicas de estudio del trabajo en la industria son de orden económico, técnico y psicológico.

a) Dificultades de orden económico:

Si el estudio a fondo del trabajo resulta costoso, es posible que la Empresa juzgue que los resultados no justifican los gastos.

b) Dificultades de orden técnico:

El Estudio de Tiempos, siendo como es el método más adecuado para proceder a la medida del trabajo, no es en modo alguno una técnica perfectamente objetiva para calcular el contenido de aquel en una tarea determinada. Intervienen elementos subjetivos al enjuiciar la labor de cada trabajador, así como al evaluar el margen de tiempo correspondiente a la fatiga y otros elementos incluidos en las normas de tiempo.

c) Dificultades de orden psicológico:

Más importantes aún que las dificultades económicas y técnicas con que se tropieza para utilizar eficazmente el Estudio del Trabajo son las dificultades psicológicas. Entre ellas figuran:

1. La resistencia que oponen los trabajadores a las técnicas del Estudio del Trabajo, y
2. El tedio y la insatisfacción que en los trabajadores causa la simplificación excesiva de las tareas como consecuencia del Estudio del Trabajo

No obstante que el Estudio del Trabajo constituye un procedimiento valioso, de amplia repercusión en el aumento de la productividad cuando conduce a la supresión de movimientos innecesarios y a una notable reducción de la fatiga y el cansancio, ocurre muy a menudo que la consecuente simplificación del trabajo se extrema a tal manera que el efecto producido entonces resulta contrario al efecto deseado; esto es, en lugar de elevar la productividad elimina del trabajo todo interés y anula todo significado entre quienes lo realizan.

Se ha podido comprobar que la naturaleza intrínseca del trabajo y la satisfacción que los obreros derivan de él son, por su influencia en el estado de ánimo y en la productividad, factores más importantes de lo que a veces pueden llegar a creer los empleadores.

Puede decirse además, que la simplificación del trabajo se extrema exageradamente de hecho cuando impide completamente que el obrero participe en la organización de su propio trabajo. A pesar de que un gran número de estudios ha demostrado que la productividad y la moral son más elevadas cuando los trabajadores deciden directamente la forma de ejecutar sus labores, innumerables industrias insisten en repetir el error de dividir a su personal en dos únicas categorías:

- a) Los especialistas que elaboran los planes, organizan y distribuyen las tareas, y
- b) Los autómatas humanos que cumplen las órdenes y ejecutan el trabajo.

Aunque no existe solución universal a los problemas que este aspecto de utilización de mano de obra da lugar, existen en cambio multitud de observaciones y experiencias valiosas que, si son analizadas con oportunidad y evaluadas con justicia, proporcionarán la base segura sobre la que puedan ser descubiertas las soluciones requeridas.

Comparando los resultados de algunos estudios acerca de los factores que influyen sobre el estado de ánimo y la conducta de los trabajadores, se han obtenido con validez general para cualquier tipo de industria o de trabajo, las siguientes conclusiones:

- a) Se estimula más eficazmente a las personas cuando se les reconoce cierta libertad respecto a la forma de ejecutar su trabajo, que cuando se les prescribe por anticipado cada uno de los movimientos que han de realizar.
- b) Trabajan mejor cuando les es posible, hasta cierto punto, decidir por sí mismos como ejecutar su labor, que cuando se toman todas las decisiones para ellos.
- c) Responden mejor cuando se les trata como seres humanos, que cuando se les considera simplemente como engranajes de una cierta maquinaria.
- d) En una palabra, si se pueden poner a contribución personal los estímulos que constituyen la iniciativa individual, la expresión de sí mismo y el sentido que cada

uno tiene de su valfa, el individuo se sentirá entonces impulsado invariablemente a actuar.

CAPITULO 2 EL REGISTRO DE ACTIVIDADES

2.1 LA NECESIDAD DEL REGISTRO COMO ETAPA INICIAL DEL ESTUDIO

Antes de iniciar el desarrollo de un método mejor y más fácil de trabajo, es imprescindible conocer con exactitud todos los factores que integran dicho trabajo, lo cual implica la posesión de una amplia información para contestar satisfactoriamente a las conocidas preguntas ¿Qué?, ¿Porque?, ¿Quien?, ¿Donde?, ¿Cuando? y ¿Como?.

La necesidad de disponer de la mayor información posible acerca de la forma en que cierto trabajo se efectúa, obliga al técnico de los Estudios de Tiempos y Movimientos a emprender la tarea de registrar, de la manera más veráz posible, los datos tan indispensables para su futuro análisis, en el único lugar en que puede observarse el desempeño de las actividades en cuestión: El lugar de trabajo.

Registrar una actividad consiste, por otro lado, en la observación y toma de datos de todo lo que ocurre en la realización del trabajo, con el propósito de reproducir en gabinete la forma en que éste se efectúa, las condiciones en las cuales se desarrolla y la obtención del tiempo que se consume en la ejecución del mismo.

Un registro detallado del método empleado actualmente, nos debe mostrar lo más fielmente posible la forma en que se está realizando en ese preciso momento. la manera en que un

trabajo es ejecutado suele diferir notablemente, por una parte, de la forma en que supuestamente debiera ser hecho, y por la otra, de aquella en que el encargado de la obra cree estarlo haciendo.

Antes de iniciar el registro de cualquier actividad que se desarrolle en la obra, es necesario que el técnico tenga una idea clara de cual de las actividades que en dicha obra se realizan presenta mayor grado de dificultad en su realización, por lo cual deberá apoyarse en estudios de corta duración como la Técnica de Estimación de los cinco minutos.

2.2 LA TECNICA DE ESTIMACION DE LOS CINCO MINUTOS

La técnica de estimación de los cinco minutos es una evaluación rápida y menos exacta de la actividad estimada del método en campo. Así, de esta manera, también resulta un método efectivo para llevar a cabo una evaluación general del trabajo.

Los objetivos de la técnica de estimación de los cinco minutos son:

- a) Crear conciencia sobre la parte de la administración de demoras en una tarea e indicar el orden de la magnitud de estos.
- b) Medir la efectividad de una cuadrilla.
- c) Indicar con cuidado en dónde es necesaria una planeación más detallada, lo que puede redundar en una economía adicional.

La técnica de los cinco minutos considera demoras de dos tipos:

- a) Demoras que impidan el progreso de la tarea.
- b) Demoras que no afecten el progreso, sino solamente el costo de la tarea.

Para ilustrar la diferencia mencionaremos como ejemplos de demoras que impiden el progreso de la tarea aquellas que pueden resultar de:

- a) Interferencias de equipos
- b) Métodos muy pobres
- c) Escasez o déficit de materiales y equipo
- d) Detalles incorrectos de Ingeniería

Estas demoras serían indicadas por el hecho de que el tra
bajo no progrese tan rápido como debiera ser.

Demoras que afecten el costo solamente resultarían de si-
tuaciones semejantes a la de dos hombres haciendo una tarea que
solamente requiere uno, o el hecho de estar usando dos camiones
donde solo uno es suficiente. En cada caso se incorporará el
personal o equipo extra que labore tomando otro parámetro que
permita la evaluación correcta del trabajo.

Para hacer una estimación de cinco minutos el observador
debe situarse en una posición desde la cual pueda observar a
la cuadrilla completa sin ser visible. En esta forma, los hom-
bres no se enterarán de quién los está observando y no reaccio-
nará ante la presencia de este.

Para pequeñas cuadrillas trabajando en inmediaciones ce-
rradas y próximos sus elementos unos de otros, todos pueden
ser observados al mismo tiempo. Cuadrillas grandes pueden ser
divididas mentalmente en subgrupos para facilitar la observa-
ción; cada grupo será entonces observado en un periodo que va
de 30 segundos hasta varios minutos, anotando la relación de
demoras para el total de tiempo observado.

Si las demoras exceden del 50% del periodo de observación,
entonces el intervalo de tiempo de cada hombre observado será

clasificado como retardo y a la inversa, si el retardo es menor del 50%, el intervalo de tiempo será clasificado como efectivo. La suma de los tiempos-hombre anotados como efectivos, dividida por el total, dará entonces la relación completa de la cuadrilla.

La técnica de estimación de los cinco minutos es llamada así debido a una regla que se debe seguir y que dice que "Ninguna cuadrilla deberá ser observada por más de cinco minutos", regla que no es general, ya que existe otra que nos dice que "El mínimo de tiempo para observar, expresado en minutos, deberá ser igual al número de hombres que integran la cuadrilla". Esto significa, que si una cuadrilla está formada por 12 hombres, esta podrá ser observada por un mínimo de tiempo equivalente a 12 minutos. Al principio será necesario un periodo de tiempo más prolongado para que el observador se convenza de que los datos que toma son correctos.

Un conocimiento más adecuado de la efectividad con que realiza el trabajo la cuadrilla se puede llegar a obtener si se hacen cuatro estimaciones de cinco minutos separadas en un mismo día, dos en el periodo de la mañana y dos en el periodo de la tarde. El observador deberá juzgar una vez hecha la evaluación en los diferentes frentes de la obra qué actividades son las que podrían mejorarse realizando el Estudio de Tiempos y Movimientos.

Un ejemplo ilustrará el uso de esta técnica. En un sitio se levantan tableros o muros prefabricados (entrepaños) con la

ayuda de una grúa, el estudio o la valuación de cinco minutos se hará a la cuadrilla que realiza el trabajo de desembarcar y unir temporalmente los tableros. La hoja de trabajo se muestra en la FIG 1 . Los numeros en la cabeza de las columnas designan el número de individuos observados; otras descripciones útiles pueden ser anotadas, como por ejemplo, el equipo usado, etc. En este caso, los seis hombres que formaban la cuadrilla pudieron ser observados al mismo tiempo. El observador en este caso, dividió el tiempo en unidades arbitrariamente (intervalos de un minuto) y evaluó cada unidad. Cada hombre fue evaluado para cada minuto del estudio.

Estudios más extensos pueden ser emprendidos usando esta misma técnica modificada. Para estudios de varias horas, el intervalo de tiempo puede ser de cinco minutos de duración. Cada hombre será evaluado como antes, pero para un intervalo de tiempo de cinco minutos.

Una vez detectada la operación a analizar con mayor detenimiento, podemos iniciar nuestro registro de actividades en campo, el cual se efectúa siguiendo varios métodos, dependiendo del equipo de registro disponible y de la importancia que se le da al trabajo por registrar.

Pueden mencionarse entre otros los siguientes:

- a) Registro con cronómetro
- b) Registro con cámara de cine modificada (video-tape)
- c) Registro con cámara de televisión

La FIG. 1 es un modelo propuesto para simplificar el registro de las actividades en donde se observa a un número de trabajadores variable y que cualquier persona puede utilizar fácilmente. Se facilita a continuación la misma forma en blanco para ser utilizada si se requiere.

2.3 REGISTRO CON CRONOMETRO

La forma más comunmente utilizada de registrar las actividades realizadas en el campo, es aquella conocida como "Registro con Cronómetro". Aunque la inversión de equipo que este método requiere es mínima, es de notar que sus resultados, en cierto modo satisfactorios, desafortunadamente se ven condicionados tanto por la habilidad como por la preparación del operador. De cualquier manera, y dada la mínima inversión de equipo que este método requiere, frecuentemente se prefiere como la vía más corriente para el registro de una serie de actividades que involucren pocos elementos.

METODO DE OBSERVACION

Además de un cronómetro (reloj marcador), el observador precisa de una libreta de campo y de un lapicero. El estudio consiste en registrar los tiempos que cada hombre o máquina consumen en ejecutar las diferentes tareas. Generalmente, un observador puede registrar solamente la labor de un hombre, o bien una máquina, a un mismo tiempo, razón por la cual estos estudios deberán practicarse individualmente y por separado para cada unidad (hombre o máquina) considerada.

Al observar actividades de corta duración con un cronómetro, se acumula un apreciable error al detener el reloj para hacer la lectura y volverlo a poner nuevamente en marcha. Este error puede ser eliminado, sin embargo, cuando el cronómetro se ponga en marcha continuamente y el tiempo de cada observación sea re

gistrado con el incremento de tiempo calculado para dos lecturas consecutivas. Otro método, quizá más sencillo de aplicar, consiste en el uso de dos cronómetros con una palanca adaptada, de tal manera que al bajarse o subirse ésta ponga en marcha a uno de los dos cronómetros y al otro lo detenga. Un dispositivo así, permite disponer del tiempo necesario para tomar cuidadosamente las lecturas del reloj, y reducir los errores tan comunes en los estudios realizados con un solo cronómetro.

LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS CON CRONOMETRO

No obstante el error mecánico que el estudio con un solo cronómetro acarrea consigo puede ser reducido, algunas desventajas inherentes a la calidad de este obligan a aceptar sus resultados solamente bajo ciertas reservas.

En primer lugar, debe decirse que el observador decide instantáneamente cuando se termina una fase o ciclo y cuando comienza otro. No puede reconsiderar su apreciación, una vez hecha, ni tiene oportunidad de hacer conjeturas secundarias. Cuando las actividades no son claramente separadas y los ciclos son de orden y tipo irregulares, esto puede dar motivo, frecuentemente, a una diferencia de opinión, lo mismo al apreciar el momento cuando una fase es terminada y otra iniciada. Este tipo de error es de menor consecuencia cuando los estudios son efectuados por una misma persona, quien a su vez sea la encargada de aplicar la misma evaluación a una serie de estudios. Con todo esto, puede ser de especial significación si varios observadores comparan información basada en diferentes evaluaciones.

Los estudios con cronómetro presentan, sin embargo, un mayor error cuando son aplicados en grandes grupos de personas y/o máquinas, resultado de la diversidad de las interrelaciones entre los componentes bajo estudio.

Dar, por una parte, una evaluación promedio de los tiempos de cada componente, es conveniente al estudiar diferentes ciclos de trabajo. En una cuadrilla con diez componentes, por ejemplo, cinco ciclos de trabajo por componente hacen necesaria la observación y el registro de un total de 50 ciclos, cosa que no sería necesaria si todos los ciclos se repitieran exactamente, o con ligeras diferencias; en este último caso, un promedio de los diferentes valores es suficientemente representativo en el registro de la actividad.

Es de notar, sin embargo, que en trabajos de construcción, dos ciclos no son exactamente iguales; es decir, que puede existir -y de hecho existe- una amplia variación entre el primero y el último ciclo observados. El tiempo de un elemento en la tarea observada durante el primer ciclo, puede mostrar pequeñas diferencias para el mismo elemento observado durante el décimo o decimoquinto ciclo, y estos efectos sobre los otros elementos bien pueden resultar acumulables.

Una limitación adicional al Estudio con Cronómetro, es que el alcance de la información está estrictamente limitado a la información registrada. La utilidad de los datos está limitada, además, a todo lo que pueda ser registrado por el marcador de tiempos y a lo que se encuentre también registrado en las notas

de campo. La información también es frecuentemente defectuosa, tanto para la interrelación de otros componentes como para las relaciones específicamente observadas en ese instante.

Un estudio de la operación de corte mediante una motoescrapa pudo, por ejemplo, indicar que esta requería de un tiempo considerable para cargar. Al discutir los resultados del estudio con varios supervisores, se pudo descubrir, empero, que el retardo de tiempo se debía probablemente a la falta de asistencia de un empujador mecánico para llenar normalmente la escrapa, debido a que al cargar aisladamente lo hacía en condiciones sumamente desfavorables y difíciles. El reporte del estudio deberá, pues, incluir necesariamente comentarios sobre alguna o algunas de estas razones. De cualquier manera, la información cronometrada no resulta, generalmente, demasiado útil en la evaluación de estos factores circunstanciales, debido al hecho de que esta es pocas veces incluida con suficiente detalle. En efecto, variaciones semejantes pueden no tener aparentemente importancia para el observador en el Estudio de Tiempos, ya que su atención usualmente está por completo ocupada en la mecánica de la observación y el registro.

Otra deficiencia de un estudio con cronómetro, es la concerniente a las limitaciones impuestas por el observador. Un estudio involucra, ciertamente, el registro de una larga cantidad de datos (de corta duración) sujetos a la estimación del observador y a su habilidad para mantener los objetivos y la exactitud del mismo.

2.4 REGISTRO CON CAMARA DE CINE MODIFICADA

Un segundo método para registrar las actividades de una cuadrilla de trabajo es la fotografía en movimiento. Puede registrar los movimientos de cada hombre ó máquina, según el caso, y tiene, así mismo, la ventaja de permitir repeticiones de secuencias interesantes de trabajo. La mayor desventaja que la aplicación de un sistema tradicional de este tipo de fotografía representa radica - sin embargo - en su alto costo. En efecto, es un hecho que su operación prolongada, por varias horas, repercute en un costo muy elevado del film.

Como una alternativa de la fotografía en movimiento, el sistema Time lapse a probado ser , por mucho, más satisfactorio. Reduce enormemente los costos del film y, quizás lo más importante, reditúa importantes economías en áreas tales como tiempos de revisión, duración del procesamiento, etc.

Consiste, como se ha mencionado, en la toma de fotografías aisladas en intervalos que van de 1, 2, 3 o 4 segundos, hasta grandes periodos de tiempo (99.5 segundos). Las exposiciones son hechas a intervalos precisos, de modo que los tiempos transcurridos pueden ser facilmente calculados con gran exactitud en función del número de cuadros filmados y del intervalo de tiempo con que se fotografían dos exposiciones sucesivas. La selección de dicho intervalo determina, en última instancia el detalle con que el trabajo es registrado.

A través de varios años, Time lapse ha demostrado ser un excelente medio en la recopilación de información requerida por

los Estudios para el Mejoramiento del Trabajo. Time lapse tiene la ventaja de ser relativamente poco costoso, idóneo para el registro de actividades que involucran un gran número de componentes (hombres y máquinas) simultáneamente, capaz de captar las interrelaciones surgidas entre aquellos e insuperable como registro permanente, accesible y de fácil comprensión. Ha probado ser también, extremadamente valioso como medio por el cual encargados y supervisores de personal pueden estudiar y mejorar sus trabajos, sin recurrir a los detalles de las técnicas formales de la Administración del Trabajo.

EQUIPO

A) Cámara de cine modificada

Contiene un selector manual de velocidades de filmación, lente zoom, control manual de exposición sobre el automático e indicador de la condición de la batería. Esta construida para soportar cambios de temperatura y medios polvosos sin que se afecte su funcionamiento. También está convenientemente protegida para que el mal trato que ocasionalmente reciba no alcance a dañarla.

B) Tripié

Este está hecho de tal forma que asegura la estabilidad de la cámara en una posición fija, y permite, si así se desea, girarla en sentido vertical y horizontal.

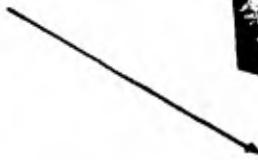
C) Proyector de cine

Para poder observar las películas que se han tomado cuadro por cuadro a un intervalo constante de tiempo, este cuenta con gran capacidad de proyección para diferentes velocidades, desde la detención de la película (para observar una sola fotografía), hasta velocidades muy grandes (54 cuadros/segundo) hacia adelante y en reversa. Contiene además, un contador automático de cuadros que permite fácilmente el cálculo de los tiempos que una actividad cualquiera requiere para su ejecución (éste se obtendrá en forma sencilla, dividiendo el número de cuadros de la actividad en cuestión, entre la velocidad a la que se filmó).

C A M A R A



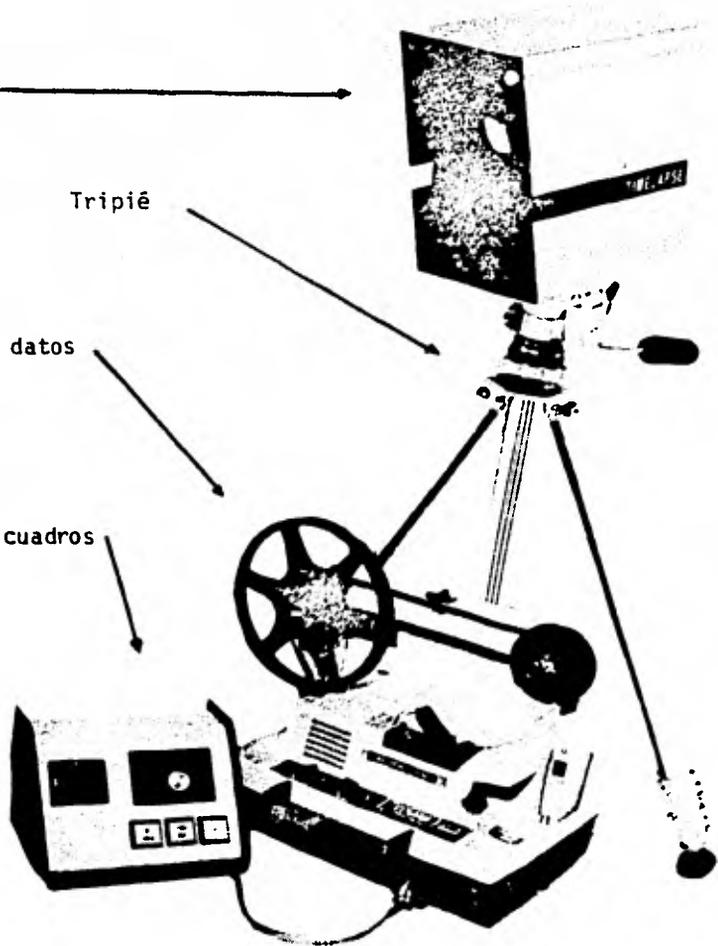
Tripié



Proyector analizador de datos



Contador automático de cuadros



Sistema TIMELAPSE de fotografía de tiempo elapsado

RECOMENDACIONES

1. La cámara deberá colocarse a un nivel más alto al que se desarrolla el trabajo, para obtener así una mejor perspectiva.
2. La distancia de la cámara al campo de acción en el cual se desarrolla el trabajo, dependerá del tipo de lente de que se disponga, así como de la naturaleza de las actividades por filmar.
3. La selección del intervalo entre fotografías dependerá del detalle que el estudio requiera.
Para el registro de actividades manuales (elaboración de cimbra, excavación a mano, habilitado de acero, etc.), bastará simplemente un intervalo corto; las maniobras lentas (movimiento de piezas pesadas con grúa, por ejemplo), requerirán normalmente de un intervalo mayor.
4. Es importante que en la película se registre el nombre de la obra, su localización, fecha de filmación, intervalo de tiempo, etc., amén de los datos propios del equipo que se está filmando. Lo anterior se logra ampliamente mediante la intervención oportuna de un rótulo que aparezca al inicio de la filmación.
5. Puesto que la hora del día es especialmente importante al momento de analizar la película, deberá tenerse cuidado de colocar un reloj en tal forma que ocupe una esquina de la pantalla. Cuando no es posible contar con un reloj fijo, se puede enfocar ocasionalmente un reloj de pulso, o

bien introducir la hora mediante un rótulo especialmente preparado para el caso.

6. Al principio de cada filmación es conveniente tomar una escena del conjunto en donde se desarrolla el trabajo, con el objeto de enfocar poco a poco el área de trabajo por registrar, y obtener así un balance óptimo entre cantidad y detalle requeridos por el Estudio.

FORMA DE LLEVAR A CABO UN ANALISIS DE PELICULA CON CAMARA DE CINE MODIFICADA

1. Se debe proyectar la película a una velocidad de 18 cuadros/segundo para familiarizarse con ella, y poder preparar así la secuencia de análisis.
2. Dada la anterior observación, se procede a formar una tabla o secuencia de cálculo compatible con las actividades impresas en la película, anotando el intervalo de filmación con que fué tomada la película.
3. Teniendo ya el material necesario, se pasa otra vez la película, ahora a una velocidad de 6 cuadros/segundo, con objeto de encontrar los detalles más importantes como ciclos de operación completos, esperas prolongadas, defectos en la operación de una actividad, etc., para poder juzgar los procedimientos y controles de la obra.
4. En base a las observaciones del inciso anterior se detiene la película en el inicio de una actividad, se pone en cero el contador de cuadros y se hecha a andar otra vez el proyector. Se detiene nuevamente al término de una parte fundamental del ciclo y, se toma la lectura del contador.

Se enciende otra vez y se detiene en el inicio de una segunda actividad y así sucesivamente se para y se enciende tomando las lecturas respectivas. La diferencia de estas, serán las duraciones propias de las partes que intervienen en el ciclo de una actividad. Y la suma de ellas será el tiempo total del ciclo de esa actividad.

5. Después de haber anotado las lecturas y las diferencias de las lecturas observadas, se multiplican por el intervalo de filmación y se obtienen los tiempos de ejecución.
6. Conocidos los tiempos de ejecución y el tiempo total del ciclo, podremos conocer el porcentaje de los tiempos que intervienen en el ciclo.

Enseguida se anexan varios formatos, en los cuales podemos recabar toda la información que nos da la película y analizar también dichas actividades.

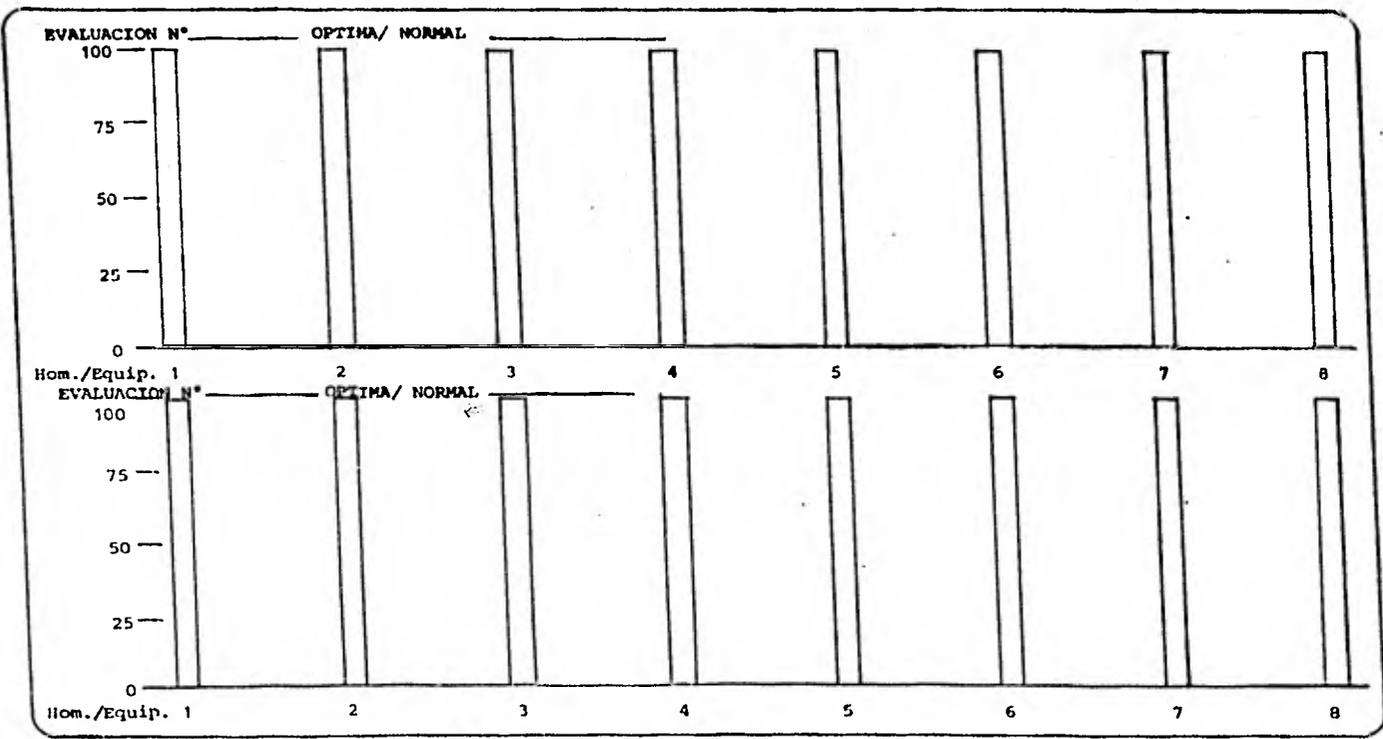
OBRA _____ FRENTE _____ HOJA _____ DE _____

CONCEPTOS DE TRABAJO: _____

DIAGRAMA DE FLUJO

OBSERVACIONES: _____

OBRA _____ FRENTE _____ HOJA _____ DE _____
 INTERVALO DE FILMACION UN CUADRO CADA _____ SEG. FECHA _____ LAPSO DE De las _____ Hrs.
 OBSERVACION a las _____ Hrs.



CLAVE: _____

2.5 REGISTRO CON CAMARA DE TELEVISION (VIDEO-TAPE)

Se dispone en la actualidad de un sistema de televisión para llevar a cabo el registro de actividades de construcción. Este trabaja en forma similar al sistema de cámara de cine modificada (también llamado sistema fotográfico), con la única diferencia de que en un caso se usa cinta magnética y en el otro película de cine.

La compañía Timelapse, Inc., ofrece un sistema de televisión para la elaboración de Estudios de Tiempos Elapsados¹, el cual consiste en una sola unidad, integrada por la cámara de televisión y un monitor. La cámara de televisión requiere de una cinta de video (video-tape). El sistema está diseñado para ser portátil, esto es, se encuentra instalado a propósito en un carro-estación, el cual está equipado con ruedas de goma para poderse mover. El sistema opera con 110 volts de corriente, y la caja en donde se encuentra está sellada como una sola unidad, de tal forma que puede usarse en ambientes polvosos sin sufrir daño alguno.

La ventaja de la televisión sobre la fotografía es la repetición instantánea. Las cintas pueden ser examinadas inmediatamente después de la filmación, sin demorar el análisis de la película. Las cintas pueden ser vueltas a usar o conservadas como material útil para capacitación de personal.

La mayor desventaja del sistema es su alto costo. El equipo

¹Estudio que se basa en tomar fotografías a intervalos constantes de tiempo de actividades previamente determinadas por el analista.

cuesta aproximadamente el doble de lo que cuesta el sistema con película Super 8-mm, y las cintas son más costosas que la película si además se conservan en lugar de volverse a usar. También el sistema no es fácilmente transportable al sitio de la construcción como lo es la cámara del sistema fotográfico.

La mecánica del registro de las actividades de construcción del sistema de televisión es la misma que se ha recomendado anteriormente para registrar trabajos con la cámara de cine modificada.

CAPITULO 3 TECNICAS FORMALES DE ANALISIS

3.1 GENERALIDADES

Una vez que se ha practicado el registro en el campo de las actividades en estudio, se procede al análisis de los datos obtenidos. Dicho análisis consiste en:

1. ESTUDIO DE TIEMPOS:

- a) Cálculo de los tiempos que cada miembro de la cuadrilla tarda en efectuar las actividades necesarias para desarrollar un ciclo de trabajo.
- b) Determinación de las relaciones que guardan entre sí los diferentes elementos de la cuadrilla.

2. ESTUDIO DE MOVIMIENTOS:

- a) Evaluación de la forma en que se ejecuta el trabajo.
- b) Evaluación de las condiciones que imperan en la obra, en particular del sitio donde se realiza el trabajo.

Existen sistemas gráficos de análisis que, además de ser vir como medios favorables de comunicación, son muy útiles para realizar los métodos de trabajo en estudio y por otra parte auxiliar al desarrollo de nuevos métodos.

De los muchos tipos de formas de registro usadas en la actualidad el Diagrama de Flujo, la Carta de Proceamiento y la

Carta de Balance de Cuadrillas combinadas parecen ser las más usadas en estudios de construcción. Aunque una de estas formas de registro sea por lo general mejor que la otra (debido a condiciones particulares) la combinación de éstas la mayoría de las veces tiene sus ventajas.

La aplicación más común de las técnicas para mejorar el trabajo está en las operaciones altamente repetitivas. El ciclo de la operación puede ser de duración relativamente corta, por ejemplo la colocación de ladrillos en un muro, o de una duración mayor; la elaboración y colocación de concreto.

Muchas operaciones de construcción tienen ciclos periódicos, por ejemplo; La operación de movimiento de tierras, las operaciones de colado de concreto en una edificación, etc. En este tipo de operaciones, un pequeño mejoramiento o una pequeña reducción en esfuerzo y tiempo requerido para un ciclo, puede crear grandes ahorros. Este alto grado de repetición natural en muchas operaciones de construcción las hace susceptibles para el análisis.

El analista al estudiar una operación de construcción puede tener dificultades para hallar el periodo de cada ciclo, esto puede ser un factor que pudiera indicar la existencia de un descuido en los procedimientos planeados y que justificaría además la realización de un análisis detallado.

3.2 DIAGRAMA DE FLUJO Y CARTA DE PROCESAMIENTO

Comunmente las Cartas o Gráficas usadas como ayuda para el analista de Mejoramiento del Trabajo es el Diagrama de Flujo y la Carta de Procesamiento. Los Ingenieros Industriales usan esta herramienta para analizar situaciones en las cuales los materiales serán procesados. Ellos muestran efectivamente la diversidad de operaciones con que rutinariamente se efectúa una facturación continua en un departamento de Contabilidad, o el movimiento de materiales que hacen posible la fabricación de un automóvil. Básicamente el Diagrama de Flujo no es más que el trazo de un cróquis que muestra las interrelaciones y movimientos tanto de materiales, equipo y hombres que se llevan a cabo en el sitio de las operaciones, mientras que la Carta de Procesamiento que lo acompaña es la descripción cronológica detallada de todos los pasos que forman el método.

El propósito de una técnica tal es el de auxiliar indicando cuanto tiempo, dinero y esfuerzo es desperdiciado a causa de métodos y movimiento de material inefectivos.

Hace mucho tiempo, los Gilbreth idearon una serie de cuarenta símbolos que emplearon para hacer lo que ellos llamaron "Diagrama del Proceso" y que en nuestro caso se denomina "Carta de Procesamiento". En los últimos años se ha utilizado extensamente la serie abreviada de cuatro símbolos mostrada en la FIG 3.1 que resulta suficiente para muchas clases de trabajos. Estos símbolos sirven como una especie de taquigrafía para anotar rápidamente las fases o actividades de un Proceso.

○	OPERACION
➔	TRANSPORTE
□	INSPECCION
▽	ALMACENAJE O ESPERA

FIG 3.1 Símbolos creados por Gilbreth

En 1947, La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) estableció como típicos los cinco símbolos reproducidos en la FIG 3.2, que constituyen una modificación de la serie abreviada de Gilbreth.

Posiblemente no sea demasiado importante qué símbolos se utilicen para la formación de la Carta de Procesamiento y, en realidad, puede ocurrir que una Empresa necesite una serie especial de símbolos para su uso particular; no obstante, la experiencia muestra que, en donde se espera la colaboración activa de hombres que lleven el control de las actividades por realizar (en el caso de la construcción este hombre tipo sería el sobrestante) y hombres que verifiquen la calidad de la producción (en el caso de la construcción sería el ingeniero civil) para obtener mejores métodos por medio del análisis de procesos es preferible usar la menor cantidad posible de símbolos, así como que la construcción del Diagrama de flujo resulte sencilla y de fácil comprensión.

Los símbolos usados se describen a continuación:

- OPERACION.- Tiene lugar una operación cuando se altera intencionalmente un objeto en una o más de sus características. Una operación representa una fase principal del proceso y generalmente se realiza en una máquina o en un puesto de trabajo.
- ➡ TRANSPORTE.- Tiene lugar un transporte cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento forma parte de una operación o una inspección.
- INSPECCION.- Tiene lugar una inspección cuando se examina un objeto para su identificación, o se verifica en cuanto a calidad o cantidad.
- D ESPERA.- Tiene lugar una espera cuando las circunstancias, excepto las inherentes al proceso, no permiten la ejecución inmediata de la acción siguiente prevista.
- ▽ ALMACENAMIENTO.- Tiene lugar un almacenamiento cuando se guarda un objeto de forma que no se pueda retirar sin la correspondiente autorización.

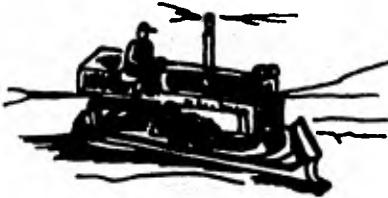
SIMBOLOS COMBINADOS.- Pueden combinarse los símbolos cuando se ejecutan las actividades correspondientes en el mismo lugar de trabajo o cuando se llevan a cabo a la vez, formando parte de una actividad. Por ejemplo, el círculo grande dentro del cuadrado  representa una combinación de Operación e Inspección.



○ DESCARGANDO MATERIAL



D PEONES ESPERANDO TURNO PARA COLOCAR CONCRETO EN COLUMNA



○ DESMONTE EMPLEANDO TRACTOR



D PEON ESPERANDO TURNO PARA ACARREAR CONCRETO



□ REVISANDO CIMBRA DE LOSA

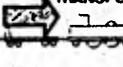
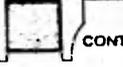


□ REVISANDO EL ARMADO DE UNA LOSA



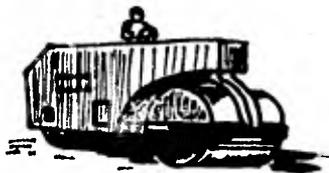
ESTAS DOS FIGURAS MUESTRAN VARIAS ACTIVIDADES, LAS CUALES ESTAN INDICADAS CON EL SIMBOLO CORRESPONDIENTE

FIG 3.2 (CONTINUACION)

SÍMBOLOS	EJEMPLO:	Actividades
 <p>OPERACION</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Rellenar un skip de áridos. - Ensamblar los perfiles de un encofrado. - Mezclar mortero. - Ligado de armadura. 	Fases activas del proceso o ACTIVIDADES
 <p>DESPLAZAMIENTO TRANSPORTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Conducir un volquete. - Transportar un lote de planchas a hombros. - Levantar una cubeta de hormigón con la grúa 	Fases improductivas
 <p>CONTROL</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tirar la plomada a una armadura, a un pilar. - Recibir un camión de cemento (recuento de sacos). - Verificar el nivel del fondo de un molde. 	
 <p>EN ESPERA TIEMPO MUERTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Producto semi-terminado en el punto de trabajo - Apatia esperando material - Pila de sacos apilada a los lados del camión que está esperando la tierra de otro carro - Camión de almacenamiento que se encuentra a ras de la hormigonera 	
 <p>ALMACENADO</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Almacenes diversos de materiales colocados fuera del puesto de trabajo y que deberán volver a ser cogidos. 	



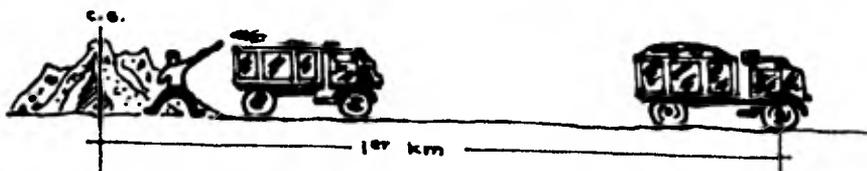
○ HECHURA DE CONCRETO



○ COMPACTANDO MATERIAL



○ NIVELANDO CON MOTOCONFORMADORA



○ CARGA DE MATERIAL



TRANSPORTE DE MATERIAL

FIG 3.2 Estos símbolos ahorran mucho tiempo en la anotación de las distintas fases que comprenden un trabajo.

3.3 CARTA DE BALANCE DE CUADRILLAS

La Carta de Balance de Cuadrillas es una vía efectiva para mostrar la interrelación entre el trabajo de cada elemento individual y el equipo de una cuadrilla. Las actividades de cada hombre o máquina, el tiempo requerido por cada elemento o actividad deben ser registrados en orden en la Carta para uno o más ciclos completos de trabajo.

La Carta de Balance de Cuadrillas está formada por barras verticales. El eje de las abscisas señala cada barra vertical conforme a la separación de los elementos (hombres o máquinas) que existan para estudio y el eje de las ordenadas señala el tiempo o el porcentaje del tiempo total. La barra que representa a cada hombre o máquina se subdividirá verticalmente en los pasos que constituyan la actividad que realiza, incluyendo los tiempos NO efectivos o NO productivos. Las FIGS. 3.3 y 3.4 nos muestran una Carta de Balance de Cuadrillas. Ya que cada elemento de la cuadrilla observada es registrado con la misma escala de tiempo, la interrelación de los elementos puede ser vista al comparar las actividades a lo largo de una línea horizontal trazada en la Carta.

Una descripción gráfica tal como la Carta de Balance de Cuadrillas nos permite comparar los tiempos NO efectivos o NO productivos y la interrelación de varios miembros de la cuadrilla y el equipo. Muy frecuentemente existe un patrón de tiempo NO efectivo que abarca un amplio rango de tiempo. Reacom

dando el trabajo asignado entre los miembros de la cuadrilla, los periodos de tiempo NO efectivo pueden ser reducidos incrementando así mismo la producción. Analizando diversas sugerencias el tamaño de la cuadrilla puede ser modificado.

Se debe recalcar que la Carta de Balance de Cuadrillas no se hace normalmente para mostrar la productividad o eficiencia del trabajador o de las máquinas. Un método laborioso no es sinónimo de un buen método. De cualquier manera, donde sea apropiado, el diagrama puede ser codificado para reflejar este mayor o menor nivel de actividad.

En una actividad realizada por una máquina pueden existir tiempos ociosos (como en el caso de una grúa para elevar y bajar materiales), los cuales pueden codificarse y demostrar así que estos no pueden ser evitados, excepto, por un cambio de la máquina usada o del proceso.

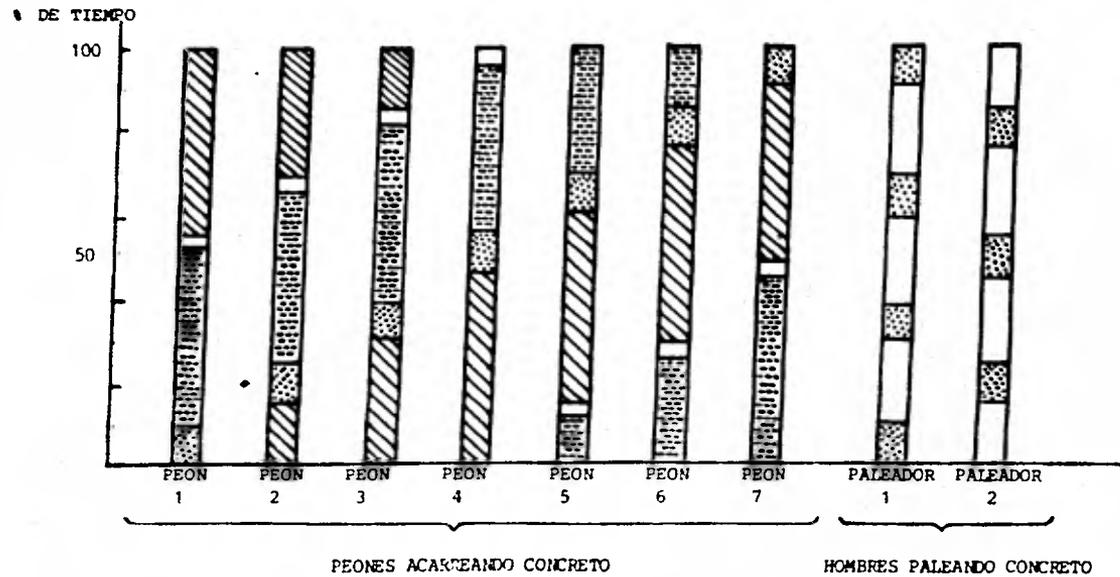
En suma, la Carta de Balance de cuadrillas, de cualquier forma, es aplicable al trabajo que es claramente cíclico por naturaleza. Además puede ser usada para evaluar el trabajo que no tiene un ciclo perceptible del todo. Frecuentemente, por ejemplo, el trabajo de una cuadrilla de colocación y acabado de concreto no es claramente ligada a la producción de concreto. Aún cuando el trabajo depende de la producción de concreto, solamente una cuadrilla está relacionada con la colocación y otra con la repetición de tareas de todo género relacionadas con el programa de producción de concreto. En este caso es

deseable el hacer Cartas separadas. La Carta debe ser elaborada idealmente con la cuadrilla completa para observar si un cambio de labores incrementaría la eficiencia.

Inmediatamente se puede uno dar cuenta que la Carta de Balance de cuadrillas muestra gráficamente las partes "productiva" y "no productiva" de un ciclo y permite el reacomodo o reajuste de las actividades y acciones de cada hombre y cada máquina, con los recursos trazados sobre una escala de tiempo.

FIG 3.3 Carta de Balance de Cuadrillas (proceso actual)

ESTUDIO: CICLO DE ACARREO DE CONCRETO PREMEZCLADO POR PEONES CON BOTE
 ACTIVIDAD: COLADO DE LOSA DE ENTREPISO (PRIMER NIVEL) PARA UNA VIVIENDA
 CUADRILLA: 2 HOMBRES LLENANDO BOTES EN LA ARTESA CON PALAS
 7 HOMBRES ACARREANDO EL CONCRETO CON BOTES



PEONES:

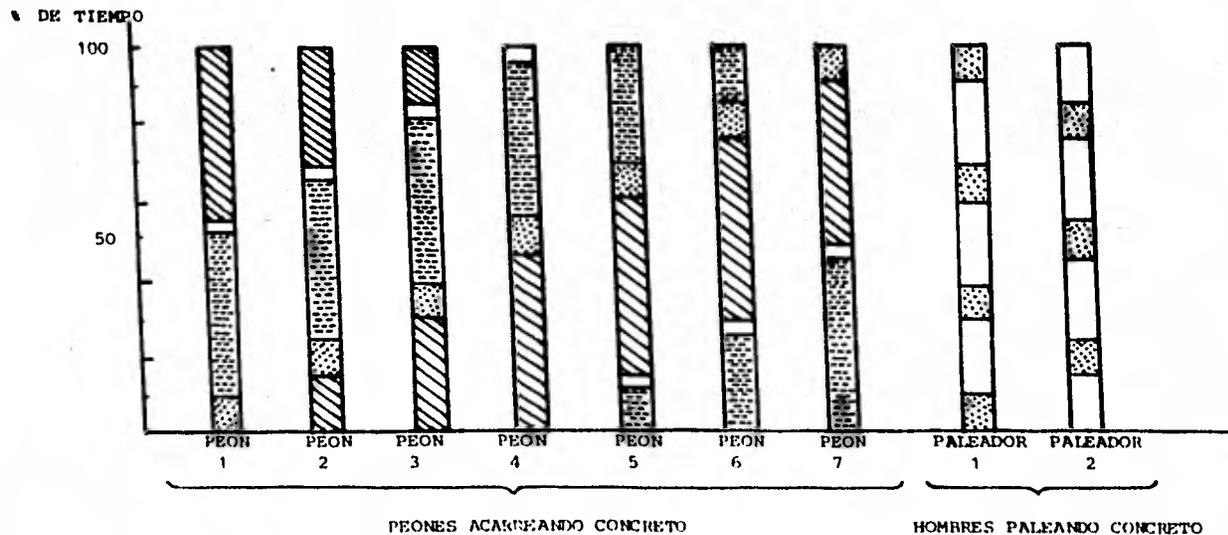
- 46% REGRESO
- 42% ACARREO
- 9% CARGA
- 3% DESCARGA

PALEADORES:

- 64% ESPERA
- 36% CARGA

FIG 3.3 Carta de Balance de Cuadrillas (proceso actual)

ESTUDIO: CICLO DE ACARREO DE CONCRETO PREMEZCLADO POR PEONES CON BOTE
 ACTIVIDAD: COLADO DE LOSA DE ENTREPISO (PRIMER NIVEL) PARA UNA VIVIENDA
 CUADRILLA: 2 HOMBRES LLENANDO BOTES EN LA ARTESA CON PALAS
 7 HOMBRES ACARREANDO EL CONCRETO CON BOTES



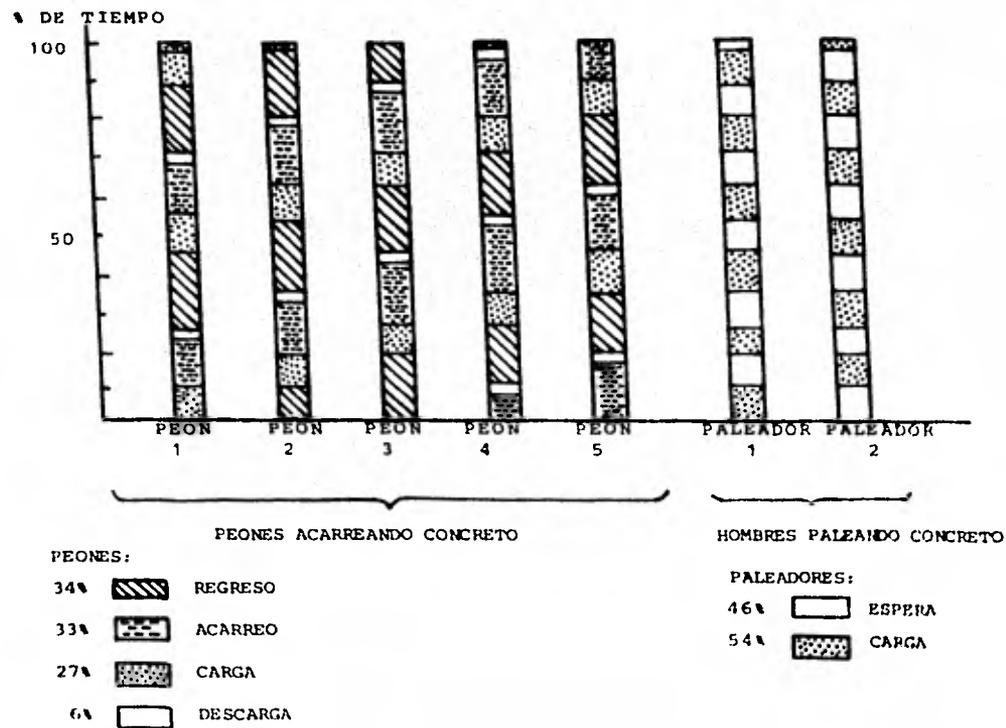
PEONES:

- 46% DESCARGA
- 42% ACARREO
- 9% CARGA
- 3% DESCARGA

PALEADORES:

- 64% ESPERA
- 36% CARGA

FIG 3.4 Carta de Balance de Cuadrillas (proceso propuesto)



3.4 EJEMPLO ILUSTRATIVO

EJEMPLO. Diagrama de Flujo, Carta de Procesamiento y Carta de Balance de Cuadrillas de la operación de sellar madera utilizada para cubierta de techo¹.

Este estudio² se realizó sobre una operación que consiste en aplicar un líquido sellador sobre madera machihembrada y acanalada (cortada en vigas de 3 x 6 pulgadas de sección transversal y longitudes variables), que sería utilizada para construir la cubierta que serviría de techo a una escuela. Dicha madera debería ser sellada sobre una de sus caras y dos de sus bordes (uno largo y el otro corto) con un líquido sellador repelente al agua. Esta operación se realizó con una cuadrilla formada por tres hombres; un pintor, que utilizaba una pistola rociadora y dos peones, que cargaban una a una las vigas por sellar.

METODO ORIGINAL

La configuración general del área de trabajo y localización de las pilas de vigas y otros equipos se muestra en la FIG 3.5. El método original para sellar las vigas está bosquejado en la FIG 3.6 .

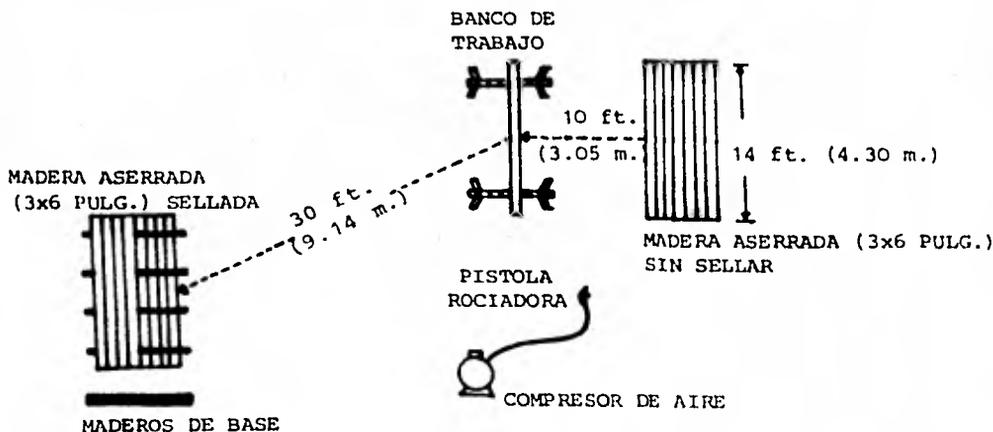
El Diagrama de Flujo (FIG 3.5) muestra que el trabajo se ha trazado linealmente, pero extendiéndose hacia afuera del sitio de trabajo, con lo cual se hace necesario un transporte excesi-

¹ Este ejemplo se ha tomado textualmente de la referencia 2.

² Después de un reporte hecho por R. W. Clark, L. B. Ford y W. A. Simmons.

FIG. 3.5 Diagrama de Flujo y Carta de Procesamiento del método original de sellar las vigas para la cubierta.

DIAGRAMA DE FLUJO



CARTA DE PROCESAMIENTO

- ▼ MADERA ASENRADA DE 3"x6" EN ALMACENAMIENTO
- ➡ ACARREO A 10 ft. (3.05 m.) POR DOS PEONES (UNA TABLA ENTRE LOS DOS)
- TABLAS APIIADAS ESPERANDO EN GRUPO DE SEIS SOBRE BANCOS ELEVADOS
- PINTOR SELLANDO UN BORDE (SELLANDO SEIS AL MISMO TIEMPO)
- PINTOR SELLANDO OTRO BORDE (IDEM)
- COLOCACION DE LAS TABLAS CON LA CARA HACIA ARRIBA POR LOS DOS PEONES
- PINTOR SELLANDO LA CARA (ROCIANDO SEIS AL-MISMO TIEMPO)
- PINTOR SECANDO LA CARA (UNA A UN TIEMPO)
- ➡ ACARREO A 30 ft. (9.0 m.) POR LOS DOS PEONES (UNA A UN TIEMPO)
- APILANDO LAS TABLAS SOBRE LOS MADEROS DE BASE
- ▼ ALMACENAMIENTO DE LAS TABLAS HASTA QUE SE NECESITEN

RESUMEN:

OPERACIONES	...	6
TRANSPORTES	...	2
DISTANCIA DE ACARREO...		40 ft. (80 man-ft)
		12.19 m. (24.38 m-hombre)
DEMORAS	...	1
ALMACENAMIENTOS	...	2

vo. La Carta de procesamiento nos revela que cada tabla de madera pasa por seis operaciones y que son transportadas dos veces un total de 80 ft/hombre (24.38 m/hombre).

La tasa de producción que se tenía utilizando este método era de 80 vigas/hora, donde el pintor tiene un tiempo de actividad del 32% con respecto al tiempo total de duración del ciclo y los peones del 80%.

Algunas observaciones pueden ser anotadas después de analizar la Carta de Balance de Cuadrillas (FIG 3.6):

1. El pintor depende completamente de la labor de los dos peones, al igual que la labor de estos depende también completamente del trabajo del pintor. El método original anda muy por debajo del ritmo de actividad esperado. Las labores dependen mutuamente de cada elemento, con lo cual se está produciendo una inactividad para ambos grupos, que deberá ser eliminada con una mayor productividad del trabajo.
2. Aquí se manejan esencialmente tres operaciones que los trabajadores realizan por cada viga. La primera es, trasladar las vigas de la pila de almacenamiento original en que se encuentran y apoyarlas en los bancos sobre uno de sus bordes. La segunda consiste en tender las vigas sobre una de sus caras (después de que el pintor hubo pintado los bordes), procediendo así el pintor a rociar la cara superior de cada una de estas. La tercera y última consiste en transportar de los bancos

FIG 3.6 Carta de Balance de Cuadrillas del método original de sellar las vigas para cubierta. La Carta muestra el sellado de las vigas en dos ciclos.

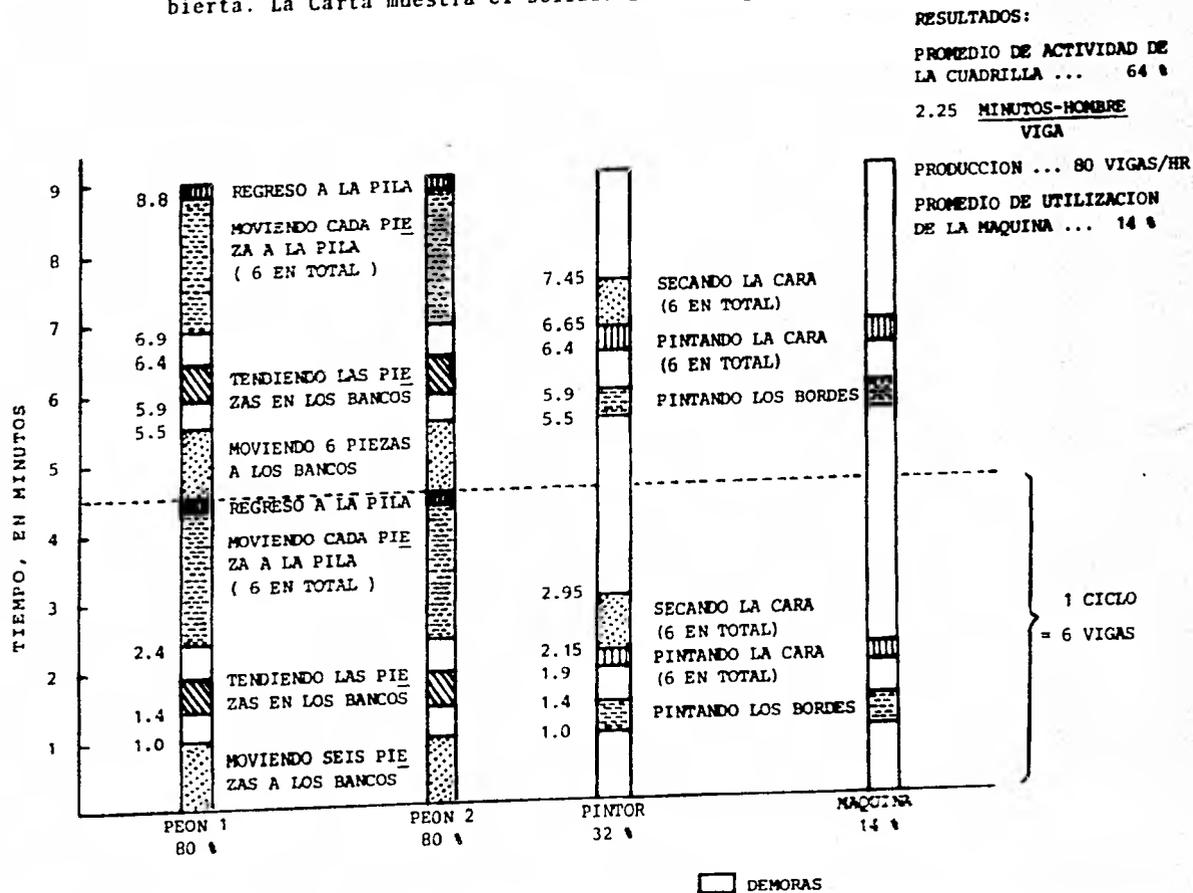
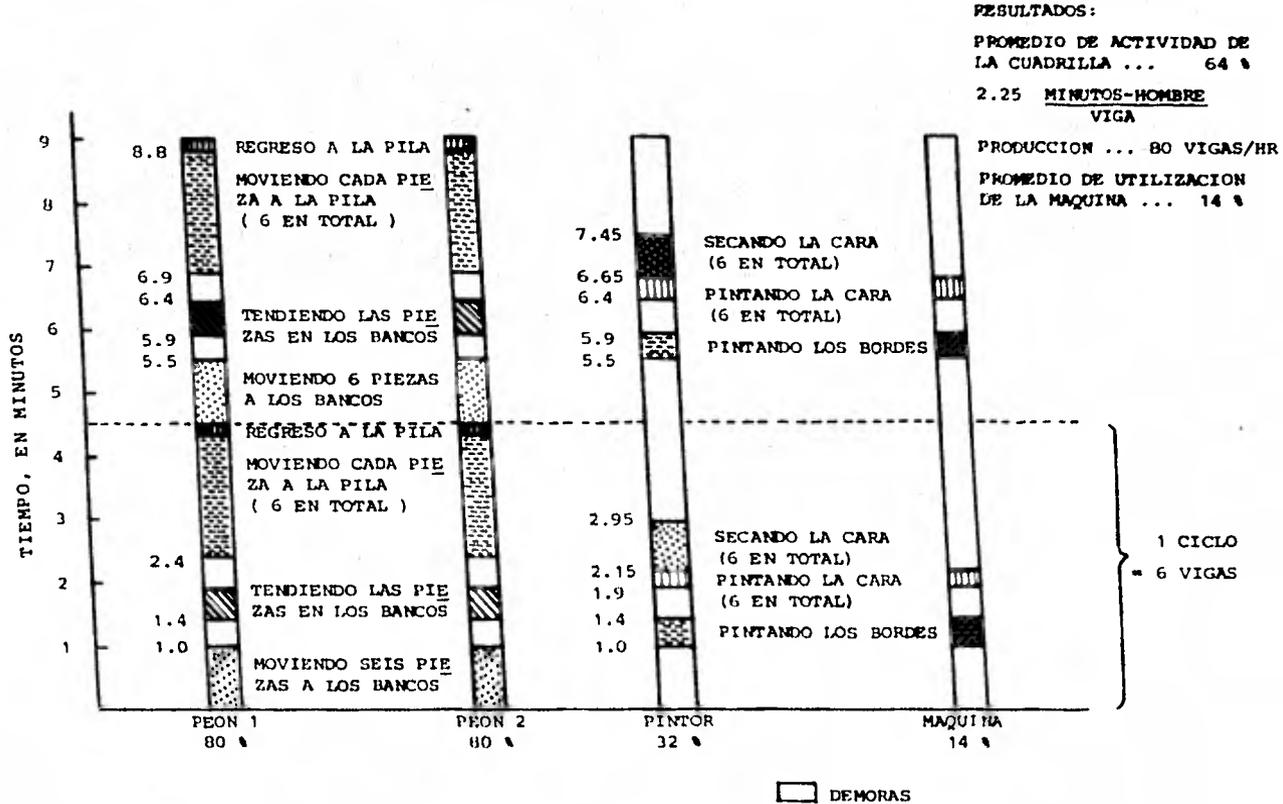


FIG 3.6 Carta de Balance de Cuadrillas del método original de sellar las vigas para cubierta. La Carta muestra el sellado de las vigas en dos ciclos.



hacia las nuevas pilas de almacenamiento las vigas selladas.

3. Finalmente, debe señalarse que el nivel de actividad de los trabajadores es relativamente alto, aún cuando estos no sean muy productivos. La solución para encontrar una mayor productividad en la operación implica el desarrollo de un método mejor, que no incremente simplemente el nivel de actividad.

MEJORAMIENTOS

El mejorar el trabajo de esta cuadrilla implica la contestación de dos preguntas: ¿Puede ser reducido el número de componentes de la tarea?, ¿Pueden los dos grupos (pintor y peones) estar produciendo independientemente unos de otros, de tal manera que ninguno interfiera con el otro o tenga que esperar al otro para terminar su labor?.

1. El número de labores que componían al método original fué reducido debido a la utilización de un procedimiento diferente de pintar. Se diseñó un banco especial como el que se muestra en la FIG 3.7. Debido a la utilización de este tipo de banco para sostener seis vigas, la cara superior y los dos bordes de cada viga (uno largo y el otro corto) pudieron ser rociados y secados sin necesidad de una posición intermedia.
2. El segundo problema; la eliminación de la dependencia del pintor de los peones y viceversa, se podría solucionar estableciendo dos centros de trabajo adyacentes uno

del otro, y cada uno con un juego de bancos y pilas para almacenamiento, tanto de vigas no selladas como de selladas. Con esta configuración, el pintor podrá rociar la cara superior y los dos bordes de seis vigas sobre un juego de bancos, las cuales posteriormente serán desmontadas por los dos peones simultáneamente, una vez que estos hallan colocado igual número de vigas sin sellar en el otro juego de bancos. Puesto que ambas operaciones toman alrededor de la misma cantidad de tiempo, cada grupo puede cambiarse al otro juego de bancos sin demorar al otro.

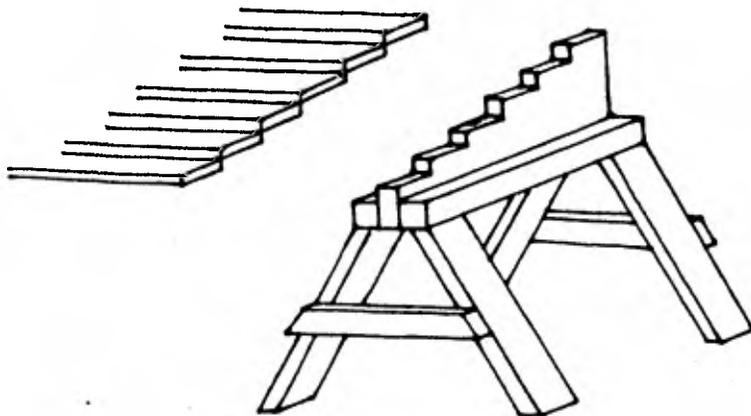


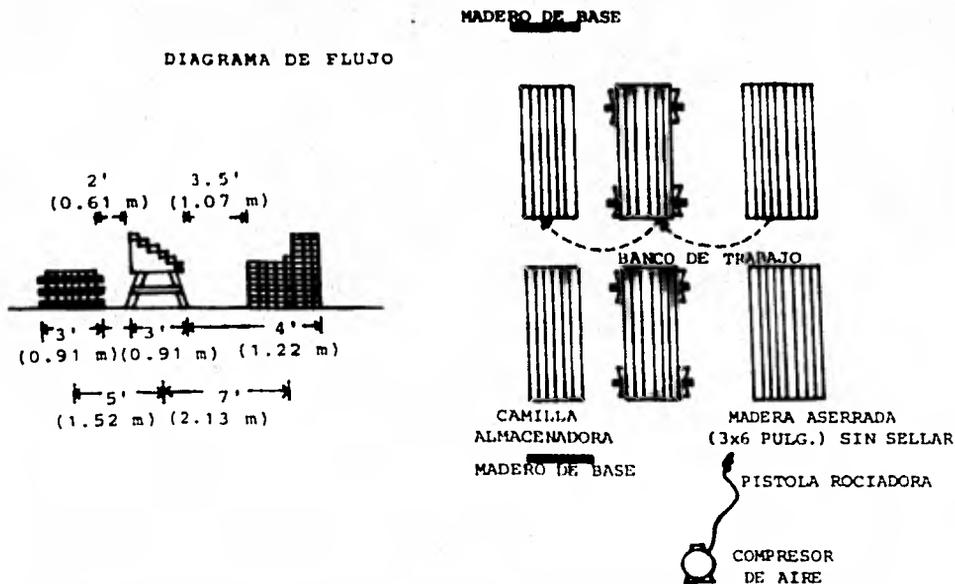
FIG 3.7 Diseño de banco propuesto para mejorar la operación de sellado de vigas.

METODO PROPUESTO

El método propuesto implicó una discusión acerca del procedimiento anterior, el cual se presenta en la FIG 3.8 (Diagrama de Flujo y Carta de Procesamiento del método propuesto). Observe que el área de trabajo se redujo para que los trabajadores se vieran obligados a moverse una distancia mínima, ya que el proceso propuesto demanda solo cuatro operaciones y un transporte de 24 ft/hombre (7.3 m/hombre).

Utilizando este método (FIG 3.9), la producción de vigas selladas pudo incrementarse a 216 vigas/hora, con una actividad del pintor del 100% y de los peones del 90%.

FIG. 3.8 Diagrama de Flujo y Carta de Procesamiento del método propuesto para sellar las vigas para la cubierta.



RESUMEN:

OPERACIONES	...	4
TRANSPORTES	...	2
DISTANCIA DE ACARREO...	12 ft. (24 man-ft)	
		7.31 m. (14.62 m-hombre)
DEMORAS	...	1
ALMACENAJE	...	2

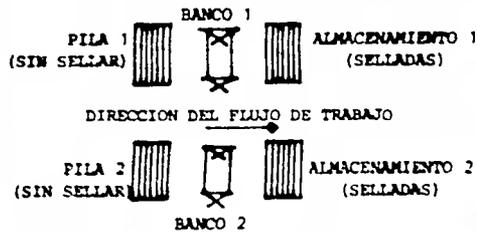


FIG 3.9 Carta de Balance de Cuadrillas del método propues-
to para sellar las vigas para cubierta

RESULTADOS:

PROMEDIO DE ACTIVIDAD DE
LA CUADRILLA ... 93 %

0.83 MINUTOS-HOMBRE
VIGA

PRODUCCION ... 216 VIGAS/HR

PROMEDIO DE LA UTILIZA-
CION DE LA MAQUINA ... 45 %

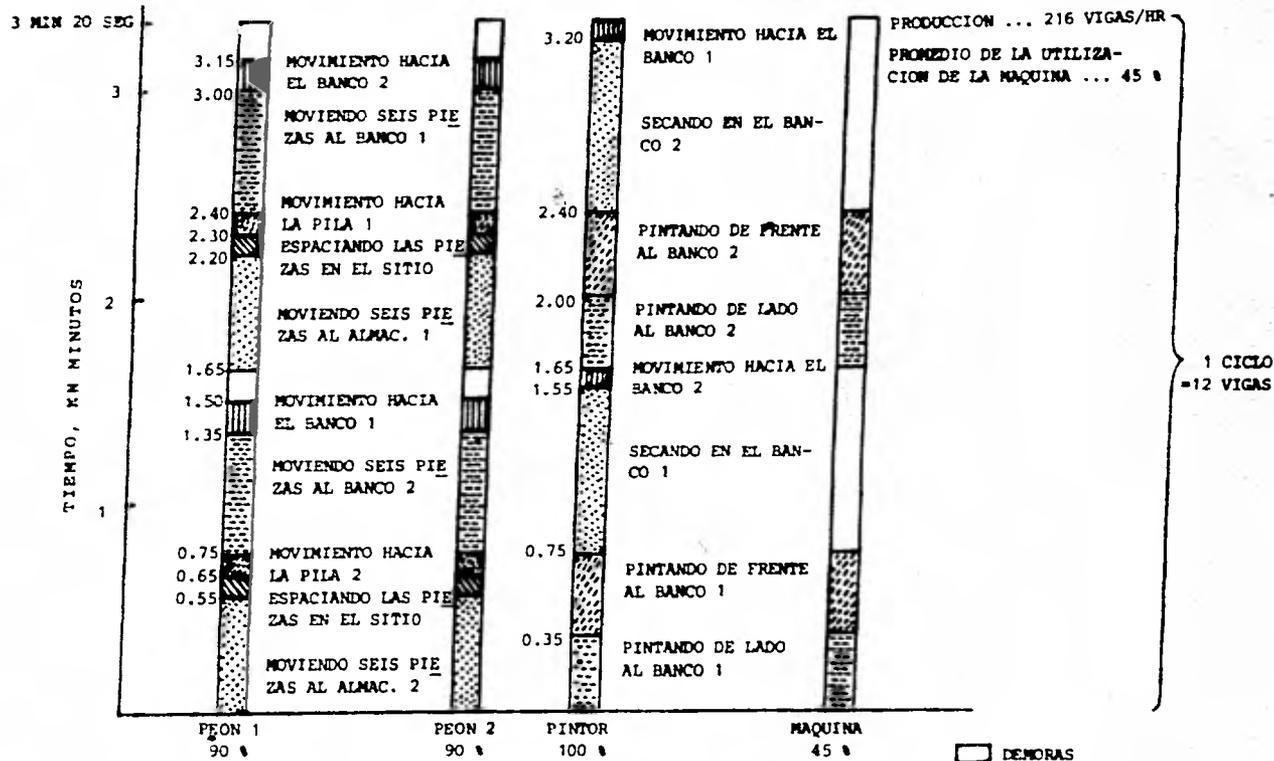


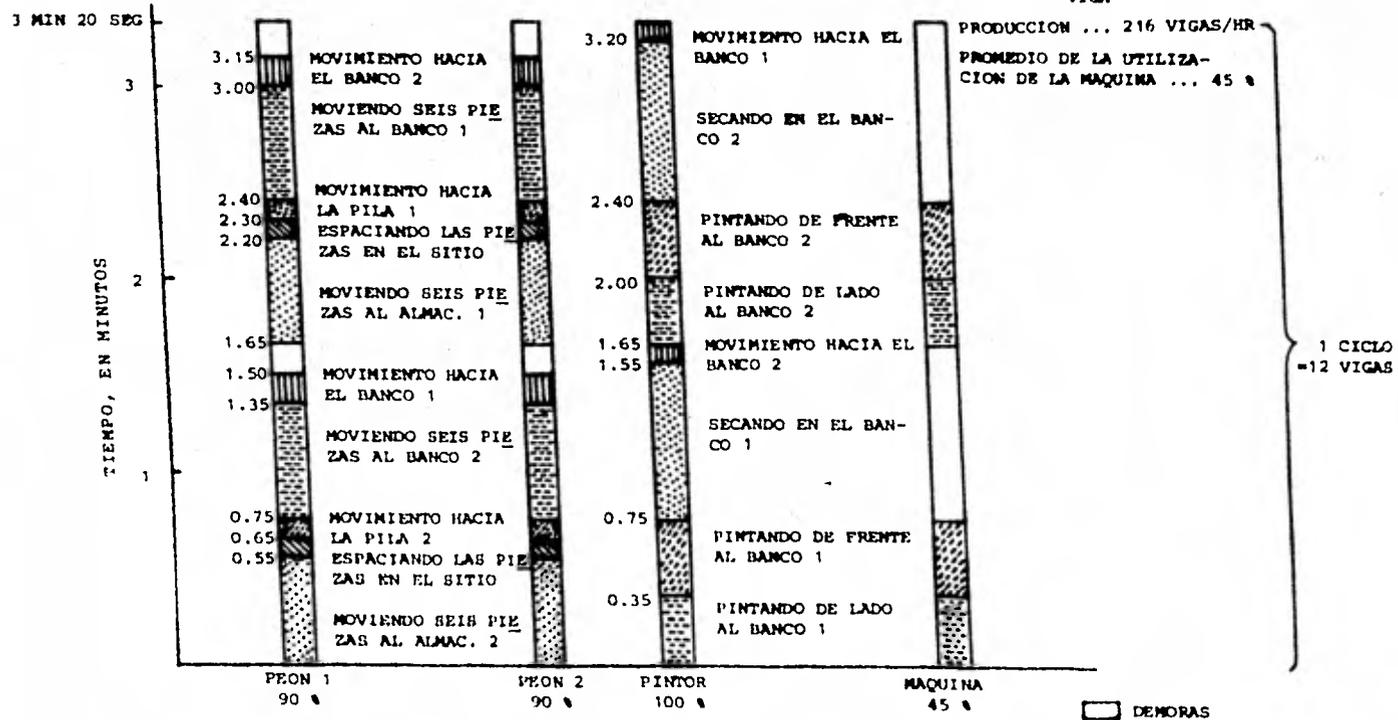


FIG 3.9 Carta de Balance de Cuadrillas del método propues-
to para sellar las vigas para cubierta

RESULTADOS:

PROMEDIO DE ACTIVIDAD DE
LA CUADRILLA ... 93 %

0.83 MINUTOS-HOMBRE
VIGA





(A) METODO ORIGINAL DE SELLAR VIGAS

Este tipo de bancos es el usado en el método original, con lo que los trabajadores que trasladan las vigas tienen que realizar la operación intermedia de voltear las mismas una vez que el pintor ha sellado sus bordes.



(B) METODO PROPUESTO DE SELLAR VIGAS

Con este método se eliminó la operación intermedia realizada por los trabajadores, mediante los bancos diseñados especialmente para este trabajo.

FIG 3.10 Esquema ilustrativo

CAPITULO 4 APLICACION DEL ESTUDIO EN LA ETAPA DE REVESTIMIENTO DEFINITIVO DE LA CONSTRUCCION DEL TUNEL DEL INTERCEPTOR CENTRO-PONIENTE DEL SISTEMA DE DRENAJE PROFUNDO DE LA CD. DE MEXICO.

4.1 INTRODUCCION

Este nuevo Interceptor de cuatro metros de diámetro, tiene como finalidad aliviar al Interceptor Central al reducir el área de captación de este o mejorar el drenaje de la parte alta de los colectores 15 y 11; asimismo, permite captar los escurrimientos provenientes de una parte del área perteneciente al Estado de México, comprendida entre el río de los Remedios y el Emisor Central. El trazo de este Interceptor se inicia en la Lumbrera Uno del Emisor Central y continúa hacia el sur por la calle de Villahermosa, Turmalina, Av. Ceylán, Av. de las Granjas, Av. Cuicuiláhuac, Calz. Mariano Escobedo, calles Newton, Taine, Gandhi, Calz. Chivatito y Calz. Molino del Rey, con una pendiente media de 0.0017. Este Interceptor se encuentra en proceso de construcción, empleando marcos metálicos y concreto lanzado.

Una vez que se ha concluido la etapa de excavación del túnel y se ha dejado la sección especificada como se muestra en las figuras 1 y 2, la siguiente etapa de construcción es el revestimiento definitivo de concreto en la sección, ya sea éste simple o reforzado. El trabajo de construcción que en este tipo de obra se realiza es en su totalidad 100% repetitivo, tanto en la etapa de excavación como en la de revestimiento de concreto.

El presente estudio se aplica solamente a la Etapa de revestimiento definitivo de concreto de este Interceptor, lo cual no quiere decir que este tipo de estudio no se pueda realizar en cualquier tipo de obra. Lo único que variará en cualquier otra obra serán los métodos de construcción y las circunstancias especiales bajo las cuales se este trabajando (condiciones climatológicas de la región, plazos de construcción extremadamente cortos, etc).

TUBERIA PARA VENTILACION

INSTALACION DE
ENERGIA ELECTRICA
PROVISIONAL

MARCO I (DE 6")

TUBERIA DE AIRE
COMPRIMIDO

MADERA DE
RETAQUE

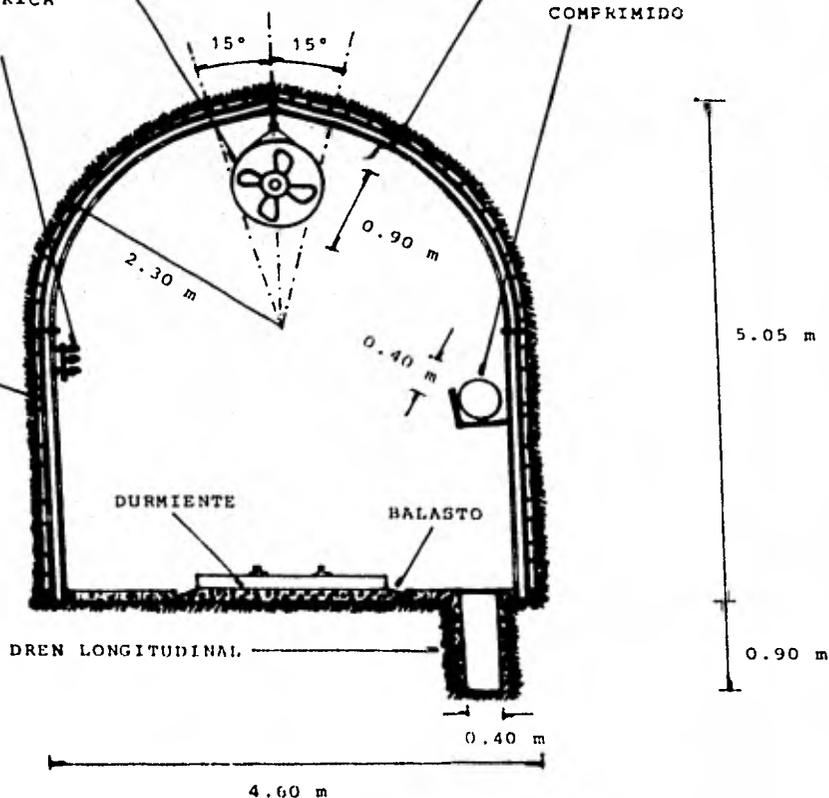


FIG 1 Sección del túnel en una zona de terreno arcilloso muy compacto, la cual se encuentra ademada con marcos de acero y madera de retaque

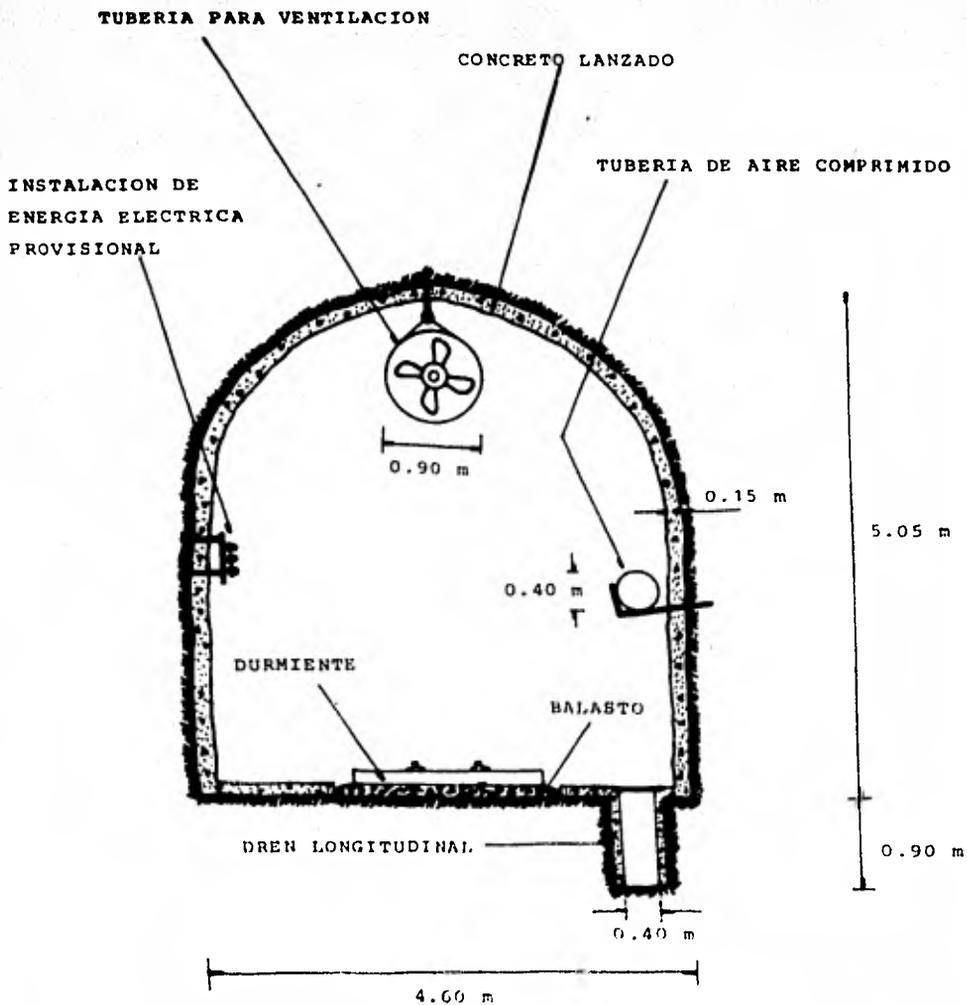


FIG 2 Sección del túnel en zona de terrenos rocosos fracturados o semejantes, la cual se ha adema do con concreto lanzado. No es adecuado usar concreto lanzado en arcillas de alta plastici dad y arenas sueltas.

4.2 DESCRIPCION DEL EQUIPO Y METODO DE CONSTRUCCION EMPLEADOS

El sistema de colado empleado para el revestimiento definitivo de concreto en el Interceptor Centro-Poniente es continuo con cimbra telescópica. Para realizar dicho sistema se hace uso del siguiente equipo:

PLANTA DOSIFICADORA DE CONCRETO. En esta se elabora el concreto necesario para realizar el colado, la cual se encuentra instalada en forma permanente en el exterior del túnel (ver figura 4).

ESTACION DE CARGA. Esta estación se localiza en el interior del túnel y consta principalmente de un tanque amortiguador el cual recibe el concreto que cae desde la superficie y como su nombre lo indica, amortigua la caída del concreto evitando la segregación de este. De este depósito el concreto pasa directamente a los carros agitadores ó carros morán (ver figura 3).

TRANSPORTE. El transporte del concreto a través del túnel, se hace por medio de locomotoras y carros agitadores de cuatro metros cúbicos de capacidad. Un convoy está integrado por dos carros, los cuales pueden acoplarse y formar una sola unidad, de tal modo que el concreto de todos los carros puede salir por el carro del frente. La parte principal del carro agitador es el cilindro donde se deposita el concreto para ser transportado al lugar de trabajo. En el interior de este cilindro y soldada a la periferia interior, se encuentra una espiral de lámina que lo recorre longitudinalmente, sirviendo como medio de descarga al girar en sentido contrario a las menecillas del reloj. Para funcionar como agitador se opera en sentido opuesto.

En los extremos del cilindro hay dos pistas circulares de 5" de ancho, que van soldadas en la periferia. Dichas pistas son soportadas por dos juegos de rodillos embalcerados y fijos a la estructura de soporte, sobre los cuales gira el cilindro. El tipo de rodillo es liso al frente y bridado en

la parte trasera, para evitar el deslizamiento del propio cilindro. La estructura de soporte de forma rectangular, reforzada con sus aditamentos correspondientes, descansa sobre dos juegos de trucks en tandem de cuatro ruedas ca da uno. Cada carro cuenta con dos compuertas de llenado, instaladas a lo largo del cilindro, siendo éstas de operación manual.

TREN DE COLADOS. El tren de colados lo forma básicamente una plataforma, la cual se desplaza a través de la vía principal del túnel. Sobre esta plataforma se encuentra una banda transportadora inclinada que envía el concreto que se deposita en ella hacia arriba hasta una tolva a la cual cae éste. Conectada a la parte inferior de la tol va se encuentra una bomba para concreto, la cual inyecta presión al concreto, el cual llega hasta un cañon en el que también se inyecta aire a presión, para de ahí pasar a la tubería que transporta el concreto y que se encuentra fija en la parte superior del túnel mediante una estructura denominada garza (ver figura 3).

CIMBRA. La cimbra la constituye la forma o molde sobre el cual se depositará el concreto, la cual está formada por secciones de 6.10 m. de largo y de un transportador, el cual es una estructura rodante que cuenta con una serie de gatos hidráulicos y polipastos y que hace el movimiento de los módulos para tener un colado continuo (ver fi gura 5).

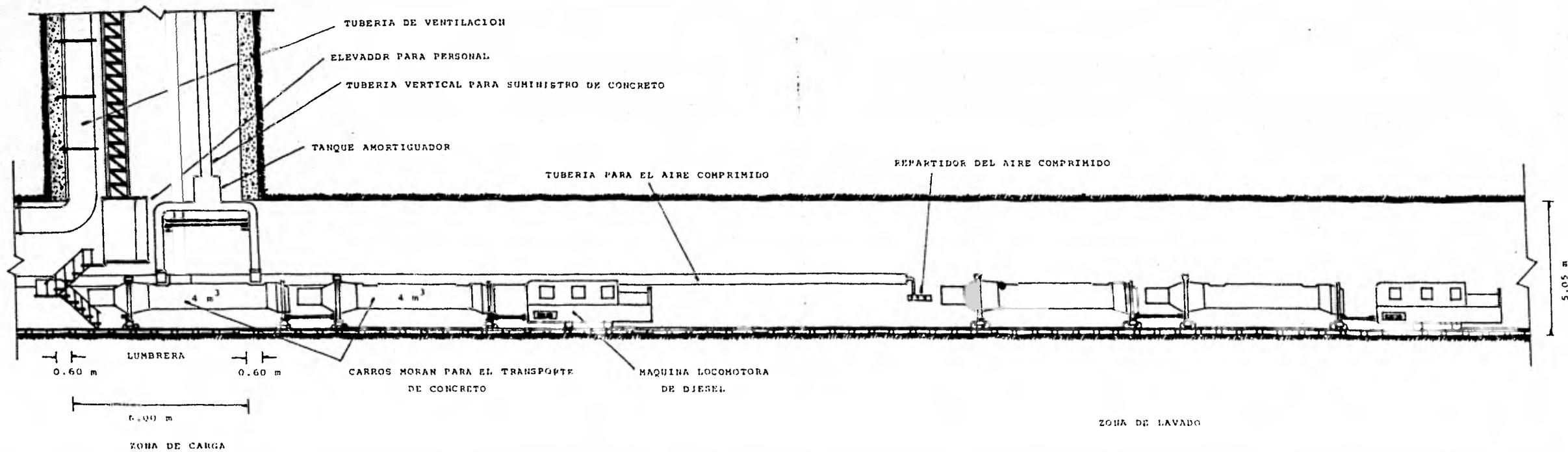


FIG 3 (CONTINUACION)

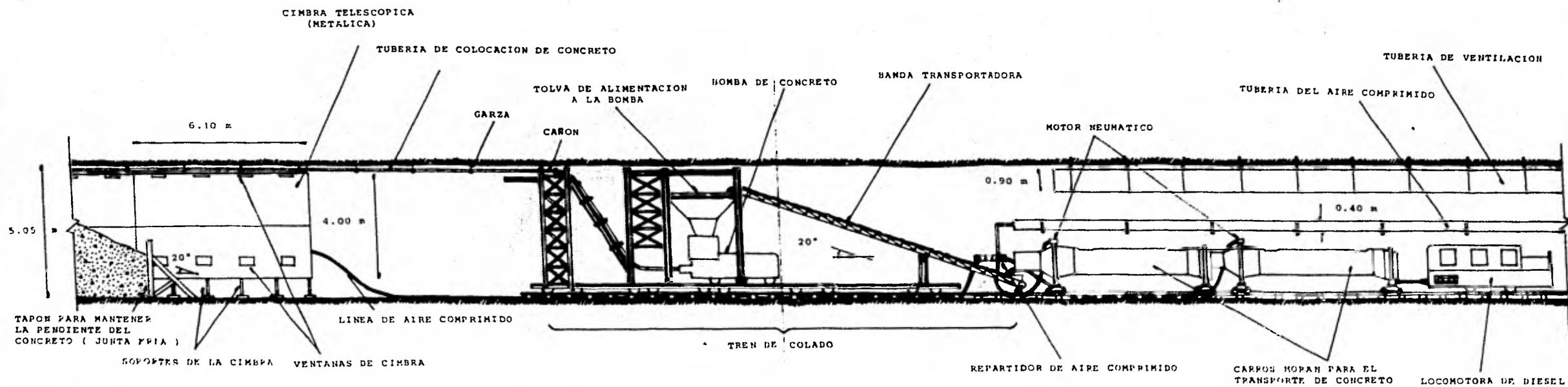


FIG 3

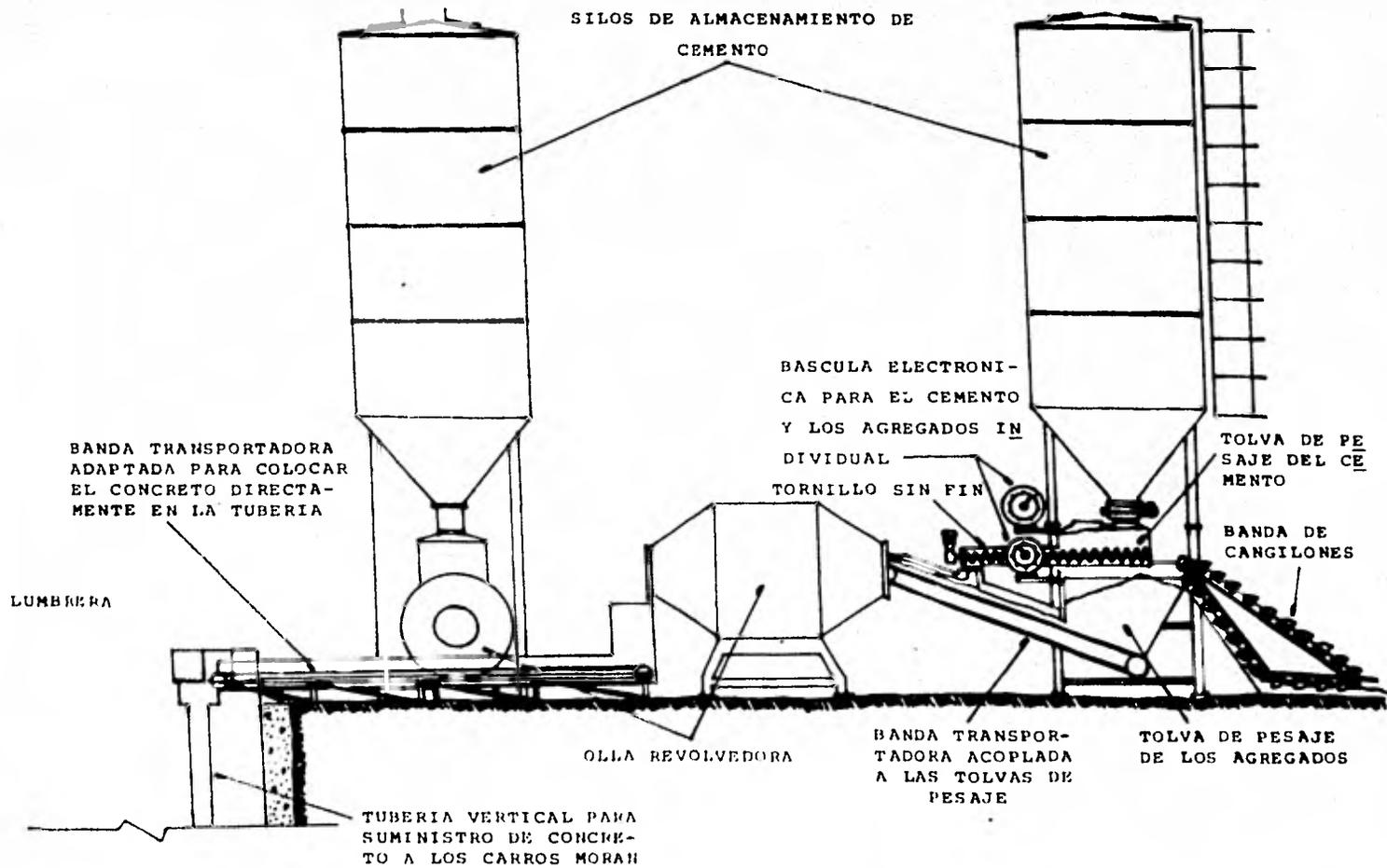


FIG 4

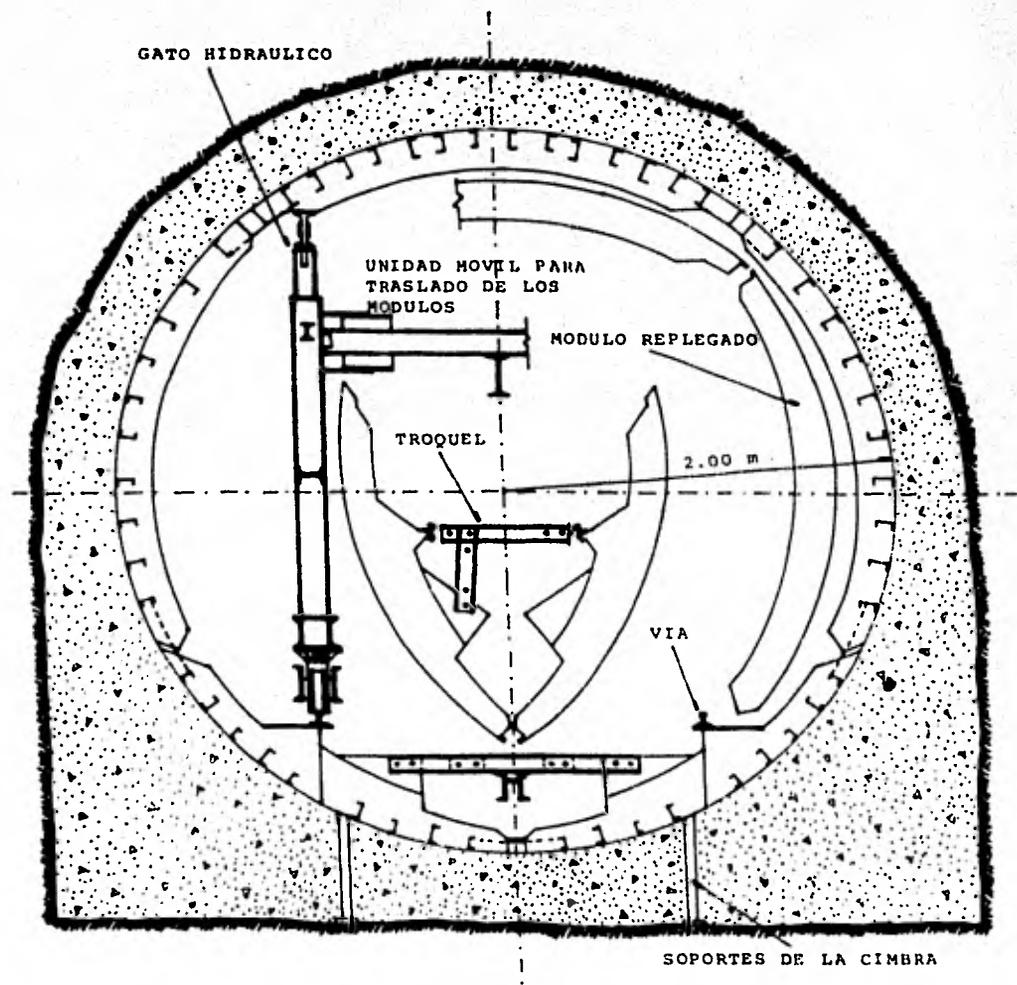


FIG 5 Sección que muestra la cimbra telescópica (formada por módulos con longitud de 6.10 m) y la forma en que cada módulo se repliega para trasladarse a través de los demás a su nueva posición.

4.3 REGISTRO DE ACTIVIDADES EN EL CAMPO

Para el registro de las actividades que se realizan en el campo se utilizó como herramientas un cronómetro, un lápiz y una libreta, debido a las dificultades técnicas que se presentaron al tratar de utilizar la cámara de cine modificada. La principal dificultad fué la falta de iluminación adecuada para filmar en el interior del túnel.

A continuación se presentan los tiempos registrados y la capacidad de producción en cada una de las partes que componen el sistema:

PLANTA DOSIFICADORA

ESTACION DE CARGA

COLOCACION DE CONCRETO

MOVIMIENTO DE TRENES

MOVIMIENTO DE CIMBRA

REVOLVEDORA DE 0.35 m³ DE CAPACIDAD

PESAJE DE LOS AGREGADOS

MIN	SEG	MIN	SEG
1:12		1:21	
1:15		1:23	
1:20		1:29	
1:19		1:19	
1:38		1:21	
1:21		1:39	
1:32		1:32	
1:40		1:21	
1:17		1:20	
1:19		1:24	
		1:55	

SUMA = 29 MIN 57 SEG

29.95 MIN/21 = 1.43 MIN

CARGA DE OLLA REVOLVEDORA

MIN	SEG	MIN	SEG
0:37		0:42	
0:44		0:44	
0:43		0:40	
0:44		0:42	
0:34		0:41	

SUMA = 411 SEG

6.85 MIN/10 = 0.7 MIN

REVOLTURA

MIN	SEG	MIN	SEG
1:00		1:12	
0:53		1:17	
0:48		0:56	
0:59		0:44	
0:53		1:15	

SUMA = 9 MIN 57 SEG

9.95 MIN/10 = 1.0 MIN

REVOLVEDORA DE 1.00 m³ DE CAPACIDAD

PESAJE DE LOS AGREGADOS

MIN	SEG	MIN	SEG
2:07		1:53	
2:04		1:49	
2:06		2:00	
2:09		1:45	
1:47		2:02	
		2:10	

SUMA = 21 MIN 52 SEG

21.87 MIN/11 = 2.0 MIN

CARGA DE OLLA REVOLVEDORA

MIN	SEG	MIN	SEG
0:47		0:44	
0:39		0:44	
0:45		0:39	
0:43		0:43	
0:42		0:45	
		0:45	

SUMA = 476 SEG

7.93 MIN/11 = 0.72 MIN

REVOLTURA

MIN	SEG	MIN	SEG
1:20		1:21	
0:58		1:30	
1:25		1:31	
1:50		1:07	
1:18		0:40	

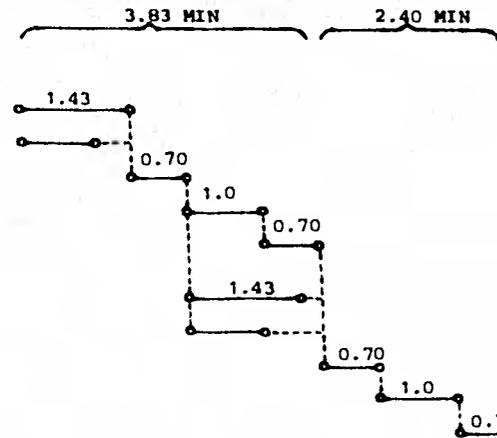
SUMA = 13 MIN

13 MIN/10 = 1.30 MIN

TIEMPO DE CICLO:

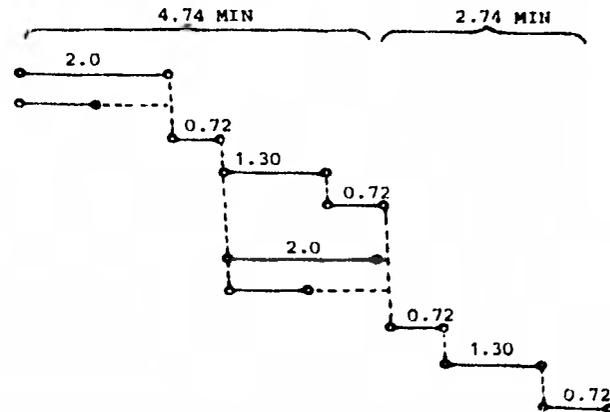
REVOLVEDORA DE 0.35 m³ DE CAPACIDAD

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| PRIMERA
REVOLUTURA | PESAJE DE LOS AGREGADOS (GRAVA-ARENA) |
| | PESAJE DE CEMENTO |
| | CARGA DE OLLA REVOLVEDORA |
| | REVOLUTURA |
| REVOLUTURAS
SUBSECUENTES | DESCARGA DE OLLA REVOLVEDORA |
| | PESAJE DE LOS AGREGADOS (GRAVA-ARENA) |
| | PESAJE DE CEMENTO |
| | CARGA DE OLLA REVOLVEDORA |
| REVOLUTURAS
SUBSECUENTES | REVOLUTURA |
| | DESCARGA DE OLLA REVOLVEDORA |



REVOLVEDORA DE 1.00 m³ DE CAPACIDAD

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| PRIMERA
REVOLUTURA | PESAJE DE LOS AGREGADOS (GRAVA-ARENA) |
| | PESAJE DE CEMENTO |
| | CARGA DE OLLA REVOLVEDORA |
| | REVOLUTURA |
| REVOLUTURAS
SUBSECUENTES | DESCARGA DE OLLA REVOLVEDORA |
| | PESAJE DE LOS AGREGADOS (GRAVA-ARENA) |
| | PESAJE DE CEMENTO |
| | CARGA DE OLLA REVOLVEDORA |
| REVOLUTURAS
SUBSECUENTES | REVOLUTURA |
| | DESCARGA DE OLLA REVOLVEDORA |



CAPACIDAD DE PRODUCCION

UTILIZANDO CORRIDAS CON 2 CARROS MORAN (4 m³/CARRO MORAN)

ES NECESARIO HACER:

6 REVOLTURAS DE 1.00 m³
6 REVOLTURAS DE 0.35 m³

VOLUMEN

6.00
2.10
8.10 m³

EL TIEMPO EMPLEADO POR REVOLTURA ES:

PARA REVOLTURA DE 1.00 m³
PARA REVOLTURA DE 0.35 m³

4.74 + 5(2.74) = 18.44 MIN
3.83 + 5(2.40) = 15.83 MIN

LA CAPACIDAD DE PRODUCCION ES:

$$\frac{8.10 \text{ m}^3/\text{CORRIDA} \times 0.80 \times 0.60 \text{ MIN/HR}}{18.44 \text{ MIN}} = 21.08 \text{ m}^3/\text{HR}$$

EL AVANCE PROMEDIO DIARIO ES:

$$21.08 \text{ m}^3/\text{HR} \times 24 \text{ HR/DIA}^* = 505.92 \text{ m}^3/\text{DIA}$$

RENDIMIENTO PROMEDIO EN LA SECCION:

$$11.25 \text{ m}^3/\text{M.L.}$$

AVANCE PROMEDIO DIARIO EN M.L.:

$$\frac{505.92 \text{ m}^3/\text{DIA}}{11.25 \text{ m}^3/\text{M.L.}} = 44.97 \text{ M.L./DIA}$$

* SE TRABAJAN DOS TURNOS DE 12 HR. CADA UNO

ESTACION DE CARGA

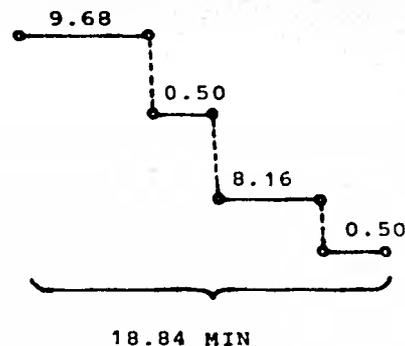
MANIOBRAS EN ESTACION DE CARGA

CARGA DE CARRO No.1

SE MUEVE CONVOY A NUEVA
POSICION, CIERRE DE CA-
RRO No.1

CARGA DE CARRO No.2

CIERRE DE CARRO No.2



CAPACIDAD DE PRODUCCION

UTILIZANDO CORRIDAS CON DOS CARROS MORAN ($4 \text{ m}^3/\text{CARRO MORAN}$)

LA CAPACIDAD DE PRODUCCION ES:

$$\frac{8.10 \text{ m}^3/\text{CORRIDA} \times 60 \text{ MIN}/\text{HR}}{18.84 \text{ MIN}} = 25.80 \text{ m}^3/\text{HR}$$

EL AVANCE PROMEDIO DIARIO ES:

$$25.80 \text{ m}^3/\text{HR} \times 24 \text{ HR}/\text{DIA} \times 0.80 = 495.36 \text{ m}^3/\text{DIA}$$

EL AVANCE PROMEDIO DIARIO EN M.L. ES:

$$\frac{495.36 \text{ m}^3/\text{DIA}}{11.25 \text{ m}^3/\text{M.L.}} = 44.03 \text{ M.L.}/\text{DIA}$$

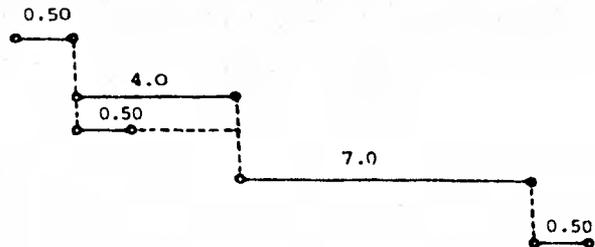
COLOCACION DE CONCRETO

A) MANIOBRAS EN ESTACION DE COLADO

CONEXION DE AIRE COMPRIMIDO DE
CARRO No.1

DESCARGA DE CARRO No.1
ACOPLE CARRO No.1 CON CARRO No.2
DESCARGA SIMULTANEA DE CARRO No.1
Y CARRO No.2

DESACOPLAR Y ENGANCHAR LOS CARROS



SUMA = 12.00 MIN

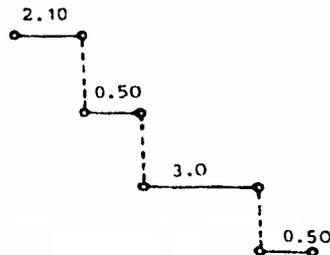
B) CAMBIO DE TRENES EN EL FREMTE (PARA DISTANCIA MAXIMA DE 300 MTS.)

VIAJE DE CONVOY VACIO DE ESTACION
DE COLADO A CAMBIO CALIFORNIA

CAMBIO DE AGUJAS Y REACCION DEL
PERSONAL

VIAJE DE CONVOY CARGADO DE CAMBIO
CALIFORNIA A ESTACION DE COLADO

ENGANCHE Y DESENGANCHE DE CARROS



SUMA = 6.10 MIN

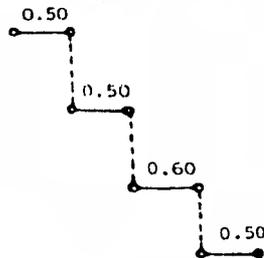
(PARA DISTANCIA MINIMA DE 50 MTS.)

VIAJE DE CONVOY VACIO DE ESTACION
DE COLADO A CAMBIO CALIFORNIA

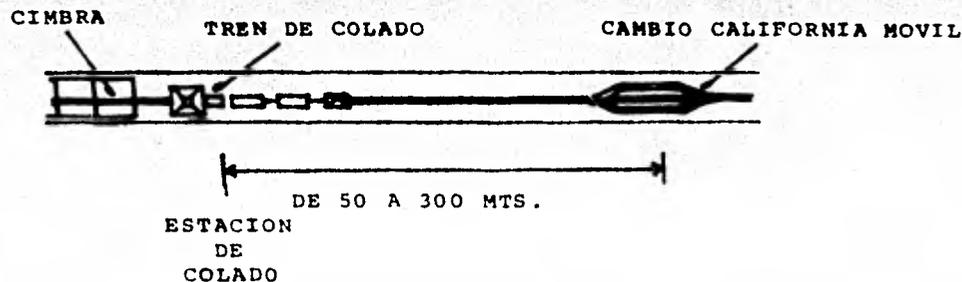
CAMBIO DE AGUJAS Y REACCION DEL
PERSONAL

VIAJE DE CONVOY CARGADO DE CAMBIO
CALIFORNIA A ESTACION DE COLADO

ENGANCHE Y DESENGANCHE DE CARROS



SUMA = 2.10 MIN



CAPACIDAD DE PRODUCCION

A) PARA DISTANCIA MAXIMA DE 300 MTS.

$$\frac{8.10 \text{ m}^3/\text{CORRIDA} \times 60 \text{ MIN}/\text{HR}}{18.10 \text{ MIN}} = 26.85 \text{ m}^3/\text{HR}$$

AVANCE PROMEDIO DIARIO:

$$26.85 \text{ m}^3/\text{HR} \times 24 \text{ HR}/\text{DIA} \times 0.80 = 515.52 \text{ m}^3/\text{DIA}$$

$$\frac{515.52 \text{ m}^3/\text{DIA}}{11.25 \text{ m}^3/\text{M.L.}} = 45.82 \text{ M.L.}/\text{DIA}$$

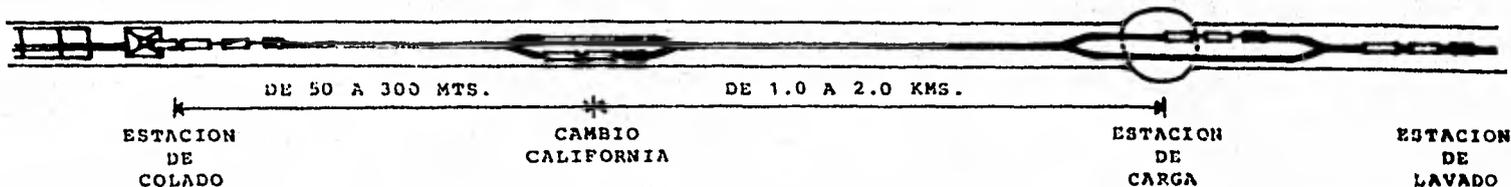
B) PARA DISTANCIA MINIMA DE 50 MTS.

$$\frac{8.10 \text{ m}^3/\text{CORRIDA} \times 60 \text{ MIN}/\text{HR}}{14.10 \text{ MIN}} = 34.47 \text{ m}^3/\text{HR}$$

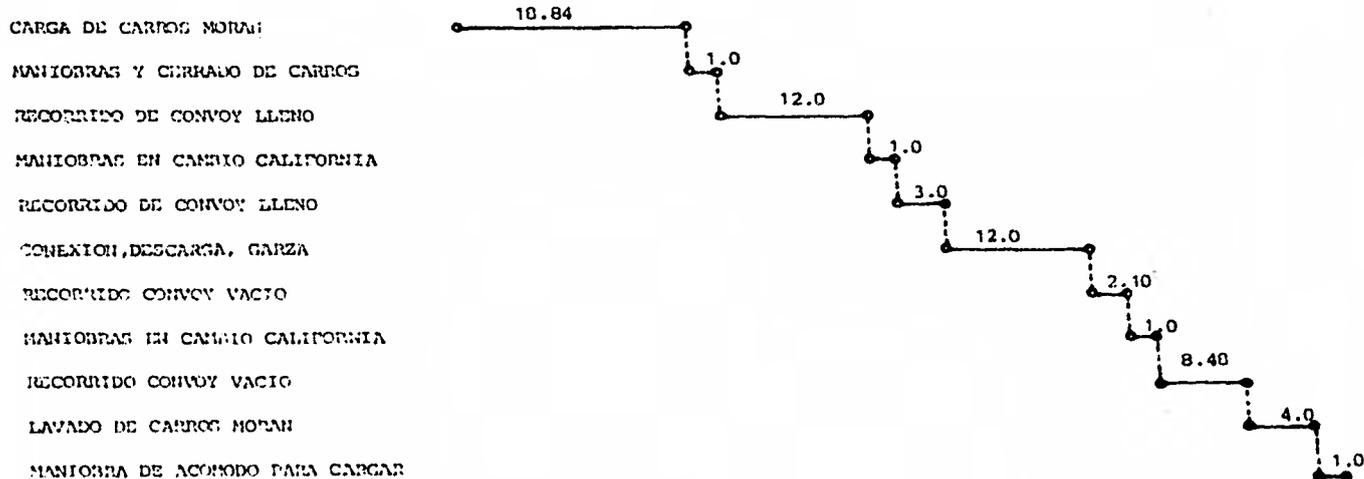
$$34.47 \text{ m}^3/\text{HR} \times 24 \text{ HR}/\text{DIA} \times 0.80 = 661.78 \text{ m}^3/\text{DIA}$$

$$\frac{661.78 \text{ m}^3/\text{DIA}}{11.25 \text{ m}^3/\text{M.L.}} = 58.82 \text{ M.L.}/\text{DIA}$$

MOVIMIENTO DE TRENES



A) PARA DISTANCIA MAXIMA DE 2.0 KMS.



SUMA = 64.34 MIN

CAPACIDAD DE PRODUCCION

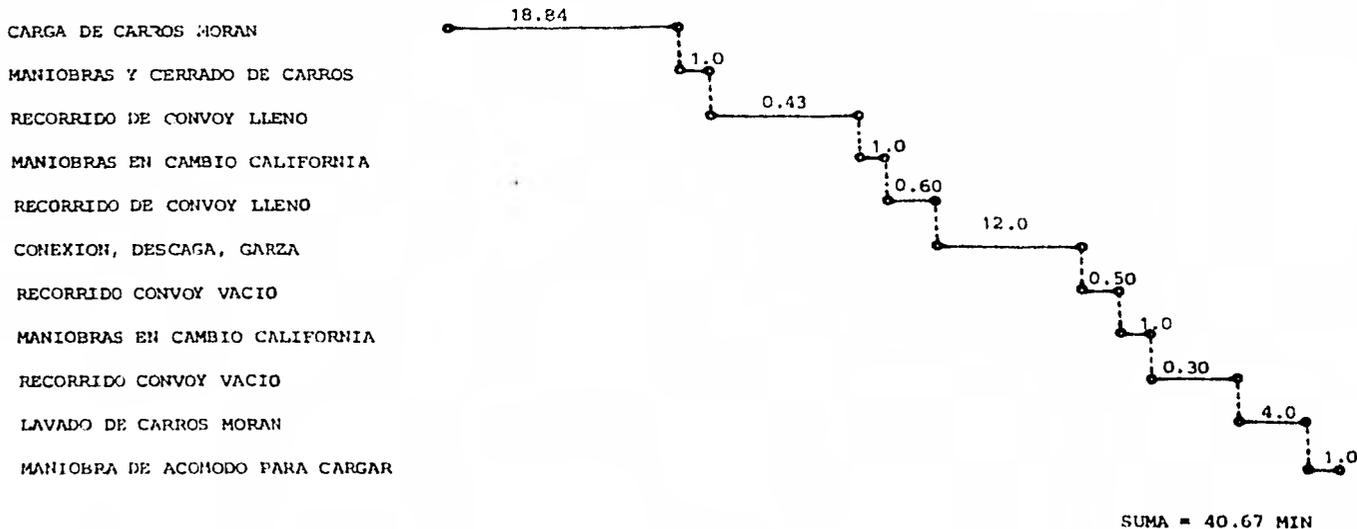
$$\frac{8.10 \text{ m}^3/\text{CORRIDA} \times 3 \text{ TRENES} \times 0.80 \times 60 \text{ MIN/HR}}{64.34 \text{ MIN}} = 18.13 \text{ m}^3/\text{HR}$$

$$18.13 \text{ m}^3/\text{HR} \times 23.33 \text{ HR/DIA}^* = 422.94 \text{ m}^3/\text{DIA}$$

$$\frac{422.94 \text{ m}^3/\text{DIA}}{11.25 \text{ m}^3/\text{M.L.}} = 37.59 \text{ M.L./DIA}$$

* EN 24 HRS (TRABAJANDO DOS TURNOS DE 12 HRS. CADA UNO), SE NECESITAN 40 MIN (0.67 HR) PARA CAMBIO DE REPARTIDOR DE AIRE.

B) PARA DISTANCIA MINIMA DE 0.050 KMS.



CAPACIDAD DE PRODUCCION

$$\frac{8.10 \text{ m}^3 / \text{CORRIDDA} \times 3 \text{ TRENES} \times 0.80 \times 60 \text{ MIN/HR}}{40.67 \text{ MIN}} = 28.68 \text{ m}^3 / \text{HR}$$

$$28.68 \text{ m}^3 / \text{HR} \times 23.33 \text{ HR/DIA} = 669.10 \text{ m}^3 / \text{DIA}$$

$$\frac{669.10 \text{ m}^3 / \text{DIA}}{11.25 \text{ m}^3 / \text{M.L.}} = 59.48 \text{ M.L. / DIA}$$

DE LOS DATOS HASTA AQUI OBTENIDOS, LLEGAMOS A RESUMIR LA SIGUIENTE INFORMACION:

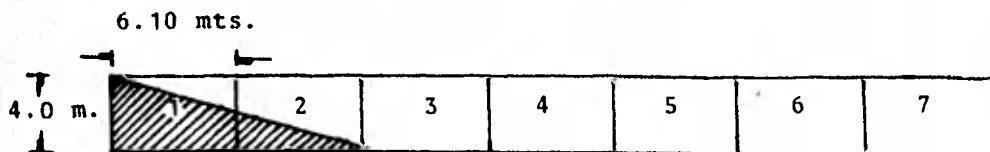
ETAPA DEL SISTEMA	CAPACIDAD m ³ /HR	DE m ³ /DIA	PRODUCCION M.L./DIA
PLANTA DOSIFICADORA	21.04	505.92	44.97
ESTACION DE CARGA	25.80	495.36	44.03
COLOCACION DE CONCRETO	(A) 26.85	515.52	45.82
	(B) 34.47	661.78	58.82
MOVIMIENTO DE TRENES	(A) 18.13	422.94	37.59
	(B) 28.68	669.10	59.48

DE ESTOS DATOS PODEMOS CONCLUIR QUE EL SISTEMA ESTA OPERANDO AL RITMO DE PRODUCCION DE LA PLANTA DOSIFICADORA

ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE LA CIMBRA

El análisis del movimiento de la cimbra se hará en base a la producción con la que opera el sistema solamente con el fin de verificar si su capacidad de movimiento es o no suficiente para colocar dicha cantidad de concreto ($21.04 \text{ m}^3/\text{hr}$).

Posición de los módulos al arranque del colado:



Para llenar el módulo No. 1 se necesita colocar:

$$6.10 \text{ m.l./módulo} \times 11.25 \text{ m}^3/\text{m.l.} = 68.63 \text{ m}^3/\text{módulo}$$

Este volumen se coloca en un tiempo de:

$$\frac{68.63 \text{ m}^3/\text{módulo}}{21.04 \text{ m}^3/\text{hr}} = 3.26 \text{ hr/módulo}$$

Descimbrando el módulo No. 1 a las 8 hr., el concreto está:

$$\frac{8 \text{ hr}}{3.26 \text{ hr/módulo}} = 2.45 \text{ módulos adelante}$$

$$2.45 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 14.97 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto cuando se puede iniciar el movimiento del módulo No. 1 (11.26 hr. después de iniciado el colado):



El tiempo de traslado del primer módulo completo es de 2.5 horas (este tiempo es el tiempo promedio medido en obra). El concreto en este tiempo avanza:

$$\frac{2.5 \text{ hr} \times 21.04 \text{ m}^3/\text{hr}}{11.25 \text{ m}^3/\text{m.l.}} = 4.68 \text{ m.l.}$$

Longitud total = 6.10 + 14.97 + 4.68 = 25.73 m.l.

Tiempo total transcurrido desde el inicio = 13.76 hr

Posición del concreto cuando se termina el movimiento del módulo No. 1 :



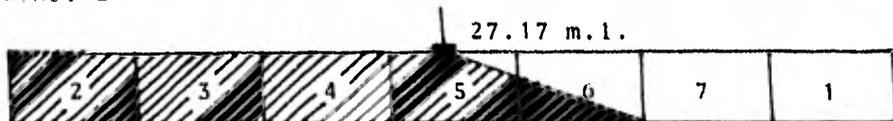
El módulo No. 2 se llenó a las :

$$3.26 \text{ hr/módulo} \times 2 \text{ módulos} = 6.52 \text{ hrs.}$$

$$6.52 \text{ hr} + 8 \text{ hr de fraguado} = 14.52 \text{ hrs.}$$

A partir de esta hora se puede iniciar el movimiento del módulo No. 2 . El tiempo de traslado del segundo módulo completo y los subsecuentes es de tres horas (el tiempo promedio de traslado se incrementa por la limpieza adicional que se le da a la cimbra).

Posición del concreto cuando se inicia el movimiento del módulo No. 2 :



$$\frac{14.52 \text{ hr}}{3.26 \text{ hr/módulo}} = 4.45 \text{ módulos}$$

3.26 hr/módulo

$$4.45 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 27.17 \text{ m.l.}$$

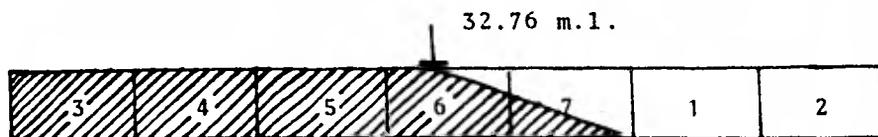
El concreto avanza al terminar el traslado del módulo No.2:

$$\frac{17.52 \text{ hr}}{3.26 \text{ hr/módulo}} = 5.37 \text{ módulos}$$

3.26 hr/módulo

$$5.37 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 32.76 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto cuando se termina el movimiento del módulo No. 2 :



El módulo No. 3 se llenó a las:

$$3.26 \text{ hr/módulo} \times 3 \text{ módulos} = 9.78 \text{ hrs.}$$

$$9.78 \text{ hr} + 8 \text{ hr de fraguado} = 17.78 \text{ hrs.}$$

A partir de esta hora se puede iniciar el movimiento del módulo No. 3 . Tiempo utilizado = 3 horas

$$\frac{17.78 \text{ hr}}{3.26 \text{ hr/módulo}} = 5.45 \text{ módulos}$$

3.26 hr/módulo

$$5.45 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 33.25 \text{ m.l.}$$



Posición del concreto al inicio del traslado del módulo No. 3 (17.78 hrs. después de iniciado el colado).

El concreto avanza al terminar el traslado del módulo No. 3 :

$$\frac{20.78 \text{ hr}}{3.36 \text{ hr/módulo}} = 6.37 \text{ módulos}$$

$$3.36 \text{ hr/módulo}$$

$$6.37 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 38.88 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto cuando se termina el movimiento del módulo No. 3 :



El módulo No. 4 se llenó a las:

$$3.26 \text{ hr/módulo} \times 4 \text{ módulos} = 13.04 \text{ hrs.}$$

$$13.04 \text{ hr} + 8 \text{ hr de fraguado} = 21.04 \text{ hrs.}$$

A partir de esta hora se puede iniciar el movimiento del módulo No. 4 . Tiempo utilizado = 3 horas.

$$\frac{21.04 \text{ hrs.}}{3.26 \text{ hr/módulo}} = 6.45 \text{ módulos}$$

$$3.26 \text{ hr/módulo}$$

$$6.45 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 39.37 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto al inicio del traslado del módulo

No. 4 (21.04 horas después de iniciado el colado) :



El concreto avanza al terminar el traslado del módulo

No. 4 :

$$\frac{24.04 \text{ hr}}{3.26 \text{ hr/módulo}} = 7.37 \text{ módulos}$$

$$3.26 \text{ hr/módulo}$$

$$7.37 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 44.98 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto cuando se termina el movimiento del módulo No. 4 :



Después de observar el avance del colado hasta el cuarto módulo, nos damos cuenta que siempre nos queda de holgura dos módulos que no alcanzan a ser llenados. Por lo anterior, vemos que nuestra cimbra tiene una capacidad de movimiento para una colocación mayor a la registrada.

4.4 ANALISIS DE LAS ACTIVIDADES REGISTRADAS EN EL CAMPO

Una vez obtenidos los datos necesarios que conllevan al entendimiento de la mecánica del trabajo, la siguiente etapa de nuestro estudio a realizar es el análisis detallado con el fin de mejorar ya sea, el método o los tiempos que se consumen al llevar a cabo determinada operación. Para así quitarnos de estar llevando a cabo maniobras innecesarias en las cuales estamos invirtiendo tiempo y esfuerzo que no aprovechamos.

Enseguida se presentan los tiempos obtenidos después de analizar detalladamente los tiempos registrados en el campo, los cuales es posible lograr realmente siendo un poco más cuidadosos y viendo que se respeten. Como anteriormente se hizo, los tiempos propuestos y la capacidad de producción obtenida con estos se presentan en las diferentes partes que integran el sistema:

PLANTA DOSIFICADORA

ESTACION DE CARGA

COLOCACION DE CONCRETO

MOVIMIENTO DE TRENES

MOVIMIENTO DE CIMBRA

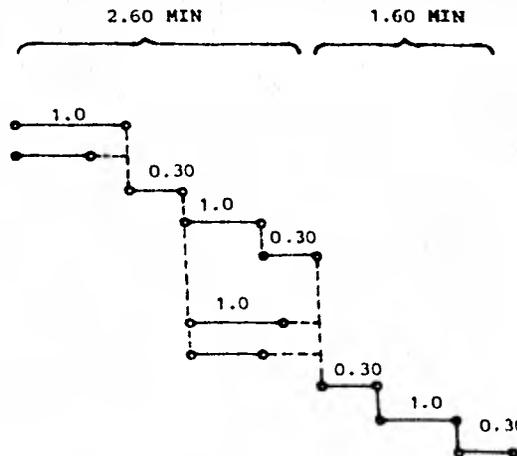
PLANTA DOSIFICADORA

TIEMPO DE CICLO:

REVOLVEDORA DE 0.35 m³ DE CAPACIDAD

PRIMERA REVOLVEDORA
 PESAJE DE LOS AGREGADOS (GRAVA-ARENA)
 PESAJE DE CEMENTO
 CARGA DE OLLA REVOLVEDORA
 REVOLVEDORA
 DESCARGA DE OLLA REVOLVEDORA

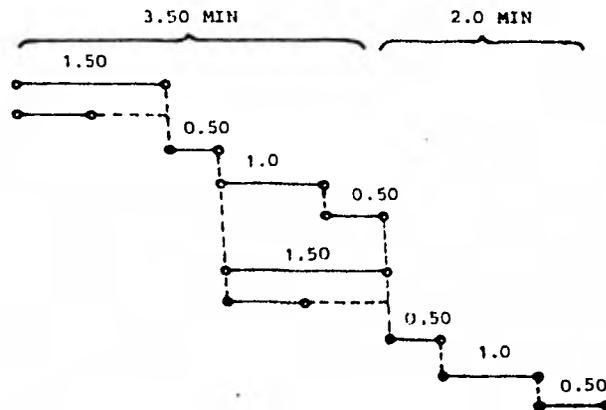
REVOLVEDORAS SUBSECUENTES
 PESAJE DE LOS AGREGADOS
 PESAJE DE CEMENTO
 CARGA DE OLLA REVOLVEDORA
 REVOLVEDORA
 DESCARGA DE OLLA REVOLVEDORA



REVOLVEDORA DE 1.00 m³ DE CAPACIDAD

PRIMERA REVOLVEDORA
 PESAJE DE LOS AGREGADOS (GRAVA-ARENA)
 PESAJE DE CEMENTO
 CARGA DE OLLA REVOLVEDORA
 REVOLVEDORA
 DESCARGA DE OLLA REVOLVEDORA

REVOLVEDORAS SUBSECUENTES
 PESAJE DE LOS AGREGADOS (GRAVA-ARENA)
 PESAJE DE CEMENTO
 CARGA DE OLLA REVOLVEDORA
 REVOLVEDORA
 DESCARGA DE OLLA REVOLVEDORA



CAPACIDAD DE PRODUCCION

UTILIZANDO CORRIDAS CON DOS CARROS MORAN (4 m³/CARRO MORAN)

ES NECESARIO HACER:

6 REVOLTURAS DE 1.00 m ³	6.00
6 REVOLTURAS DE 0.35 m ³	<u>2.10</u>
	8.10 m ³

EL TIEMPO EMPLEADO POR REVOLTURA ES:

PARA REVOLTURA DE 1.00 m ³	3.50 + 5(2.0) = 13.50 MIN
PARA REVOLTURA DE 0.35 m ³	2.60 + 5(1.6) = 10.60 MIN

LA CAPACIDAD DE PRODUCCION ES:

$$\frac{8.10 \text{ m}^3/\text{CORRIDA} \times 0.80 \times 0.60 \text{ MIN/HR}}{13.50 \text{ MIN}} = 28.80 \text{ m}^3/\text{HR}$$

EL AVANCE PROMEDIO DIARIO ES:

$$28.80 \text{ m}^3/\text{HR} \times 24 \text{ HR/DIA}^* = 691.20 \text{ m}^3/\text{DIA}$$

RENDIMIENTO PROMEDIO EN LA SECCION:

$$11.25 \text{ m}^3/\text{m.l.}$$

AVANCE PROMEDIO DIARIO EN m.l. :

$$\frac{691.20 \text{ m}^3/\text{DIA}}{11.25 \text{ m}^3/\text{m.l.}} = 61.44 \text{ M.L./DIA}$$

* SUPONIENDO QUE SE TRABAJAN DOS TURNOS DE 12 HRS. CADA UNO.

ESTACION OE CARGA

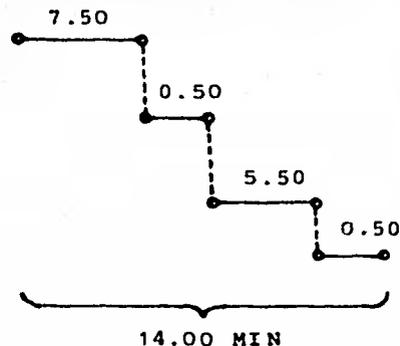
MANIOBRAS EN ESTACION OE CARGA

CARGA OE CARRO No. 1

SE MUEVE CONVOY A NUEVA
POSICION, CIERRE OE CA-
RRO No. 1

CARGA OE CARRO No. 2

CIERRE OE CARRO NO. 2



CAPACIDAD OE PRODUCCION

UTILIZANOO CORRIOAS CON OOS CARROS MORAN (4 m³/CARRO MORAN)

LA CAPACIDAD DE PRODUCCION ES:

$$\frac{8.10 \text{ m}^3/\text{CORRIOA} \times 60 \text{ MIN}/\text{HR}}{14.00 \text{ MIN}} = 34.71 \text{ m}^3/\text{HR}$$

EL AVANCE PROMEOIO OIARIO ES:

$$34.71 \text{ m}^3/\text{HR} \times 24 \text{ HR}/\text{OIA} = 666.43 \text{ m}^3/\text{DIA}$$

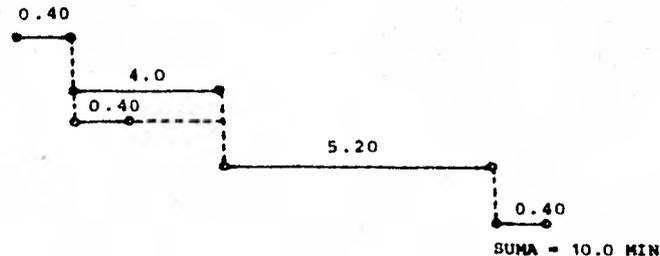
AVANCE PROMEOIO OIARIO EN m.l.:

$$\frac{666.43 \text{ m}^3/\text{OIA}}{11.25 \text{ m}^3/\text{m.l.}} = 59.24 \text{ M.L.}/\text{OIA}$$

COLOCACION DE CONCRETO

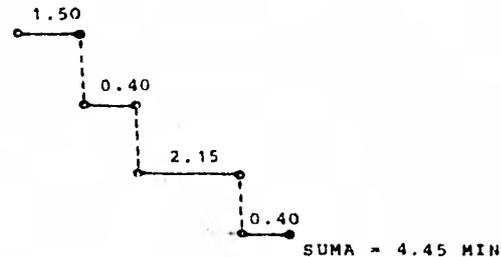
A) MANIOBRAS EN ESTACION DE COLADO

CONEXION DE AIRE COMPRIMIDO DE
 CARRO No. 1
 DESCARGA DE CARRO No. 1
 ACOPLA CARRO No.1 CON CARRO No.2
 DESCARGA SIMULTANEA SE CARRO No.1
 Y CARRO No. 2
 DESACOPLAR Y ENGANCHAR LOS CARROS



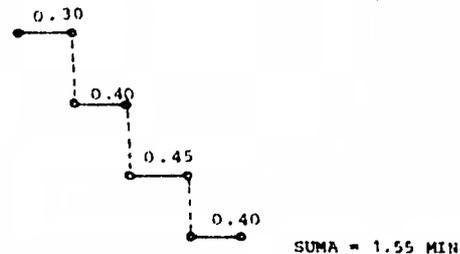
B) CAMBIO DE TRENES EN EL FRENTE (PARA DISTANCIA MAXIMA DE 300 MTS.)

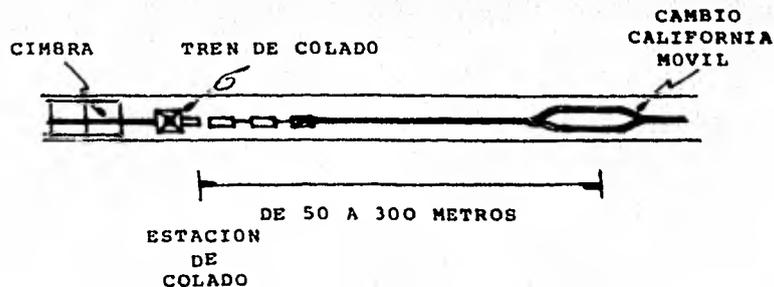
VIAJE DE CONVOY VACIO DE ESTACION
 DE COLADO A CAMBIO CALIFORNIA
 CAMBIO DE AGUJAS Y REACCION
 DEL PERSONAL
 VIAJE DE CONVOY CARGADO DE CAMBIO
 CALIFORNIA A ESTACION DE COLADO
 ENGANCHE Y DESENGANCHE DE CARROS



(PARA DISTANCIA MINIMA DE 50 MTS.)

VIAJE DE CONVOY VACIO DE ESTACION
 DE COLADO A CAMBIO CALIFORNIA
 CAMBIO DE AGUJAS Y REACCION
 DEL PERSONAL
 VIAJE DE CONVOY CARGADO DE CAMBIO
 CALIFORNIA A ESTACION DE COLADO
 ENGANCHE Y DESENGANCHE DE CARROS





CAPACIDAD DE PRODUCCION

A) PARA DISTANCIA MAXIMA DE 300 METROS:

$$\frac{8.10 \text{ m}^3/\text{CORRIDA} \times 60 \text{ MIN}/\text{HR}}{14.45 \text{ MIN}} = 33.63 \text{ m}^3/\text{HR}$$

AVANCE PROMEDIO DIARIO:

$$33.63 \text{ m}^3/\text{HR} \times 24 \text{ HR}/\text{DIA} \times 0.80 = 645.76 \text{ m}^3/\text{DIA}$$

$$\frac{645.76 \text{ m}^3/\text{DIA}}{11.25 \text{ m}^3/\text{m.l.}} = 57.40 \text{ M.L.}/\text{DIA}$$

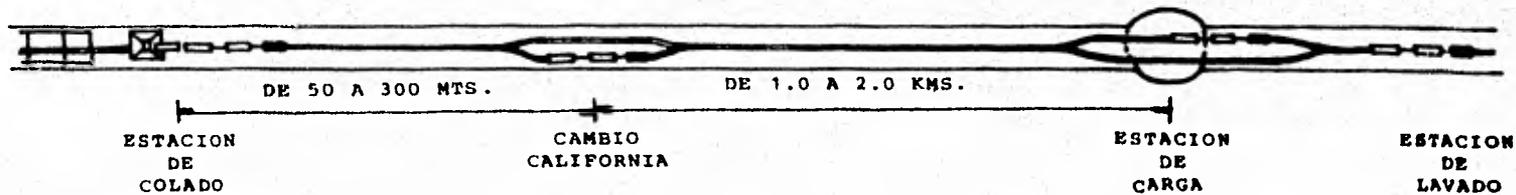
B) PARA DISTANCIA MINIMA DE 50 METROS:

$$\frac{8.10 \text{ m}^3/\text{CORRIDA} \times 60 \text{ MIN}/\text{HR}}{11.55 \text{ MIN}} = 43.20 \text{ m}^3/\text{HR}$$

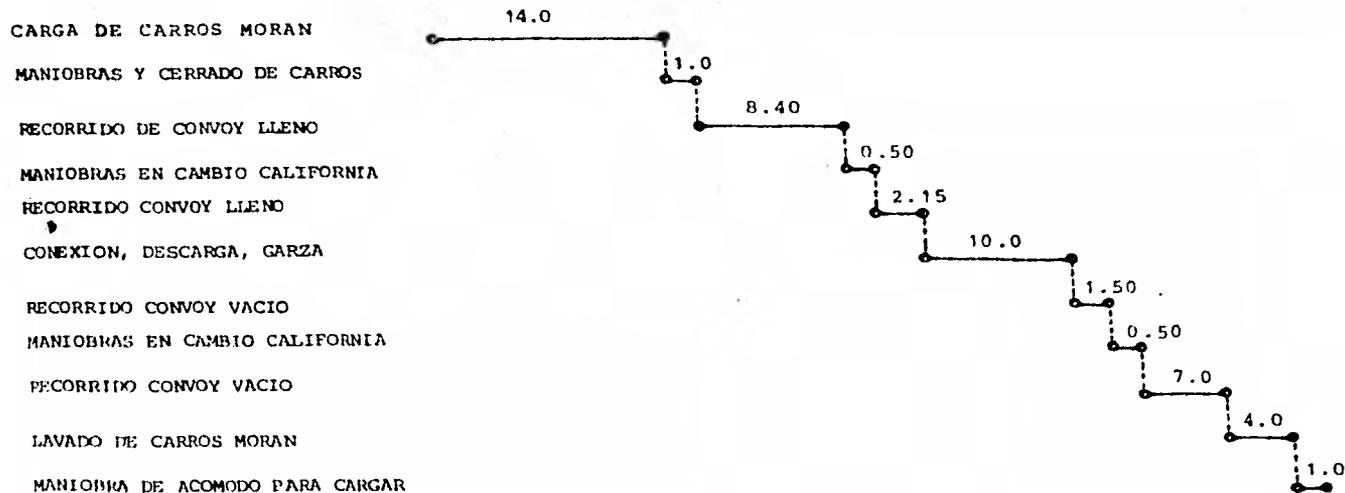
$$43.20 \text{ m}^3/\text{HR} \times 24 \text{ HR}/\text{DIA} \times 0.80 = 829.44 \text{ m}^3/\text{DIA}$$

$$\frac{829.44 \text{ m}^3/\text{DIA}}{11.25 \text{ m}^3/\text{M.L.}} = 73.73 \text{ M.L.}/\text{DIA}$$

MOVIMIENTO DE TRENES



A) PARA DISTANCIA MAXIMA DE 2.0 KMS:



SUMA = 50.05 MIN

CAPACIDAD DE PRODUCCION

$$\frac{8.10 \text{ m}^3/\text{CORRIDA} \times 3 \text{ TRENES} \times 0.80 \times 60 \text{ MIN/HR}}{50.05 \text{ MIN}} = 23.30 \text{ m}^3/\text{HR}$$

$$23.30 \text{ m}^3/\text{HR} \times 23.33 \text{ HR/DIA}^* = 543.70 \text{ m}^3/\text{DIA}$$

$$\frac{543.70 \text{ m}^3/\text{DIA}}{11.25 \text{ m}^3/\text{m.l.}} = 48.33 \text{ M.L./DIA}$$

* SUPONIENDO QUE SE TRABAJAN TURNOS DE 12 HRS. CADA UNO, SE NECESITARAN 40 MIN (0.67 HR.) PARA CAMBIO DE REPARTIDOR DE AIRE.

B) PARA DISTANCIA MINIMA DE 0.050 KMS:

CARGA DE CARROS MORAN

MANIOBRAS Y CERRADO DE CARROS

RECORRIDO DE CONVOY LLENO

MANIOBRAS EN CAMBIO CALIFORNIA

RECORRIDO DE CONVOY LLENO

CONEXION, DECARGA, GARZA

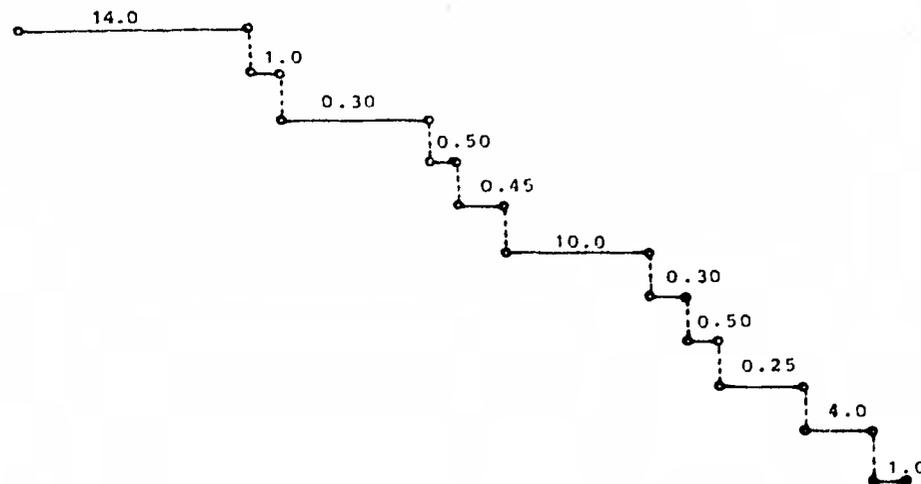
RECORRIDO CONVOY VACIO

MANIOBRAS EN CAMBIO CALIFORNIA

RECORRIDO CONVOY VACIO

LAVADO DE CARROS MORAN

MANIOBRA DE ACOMODO PARA CARGAR



SUMA = 32.30 MIN

$$\frac{8.10 \text{ m}^3/\text{CORRIDA} \times 3 \text{ TRENES} \times 0.80 \times 60 \text{ MIN/HR}}{32.30 \text{ MIN}} = 36.11 \text{ m}^3/\text{HR}$$

$$36.11 \text{ m}^3/\text{HR} \times 23.33 \text{ HR/DIA} = 842.45 \text{ m}^3/\text{DIA}$$

$$\frac{842.45 \text{ m}^3/\text{DIA}}{11.25 \text{ m}^3/\text{m.l.}} = 74.89 \text{ M.L./DIA}$$

RESUMIENDO LOS DATOS OBTENIDOS TENEMOS:

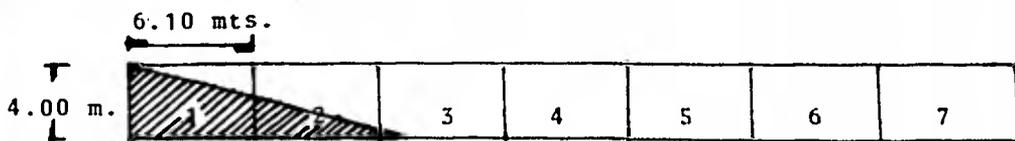
ETAPA DEL SISTEMA		CAPACIDAD m ³ /HR	DE m ³ /DIA	PRODUCCION M.L./DIA
PLANTA DOSIFICADORA		28.80	691.20	61.44
ESTACION DE CARGA		34.71	666.43	59.24
COLOCACION DE CONCRETO	(A)	33.63	645.76	57.40
	(B)	43.20	829.44	73.73
MOVIMIENTO DE TRENES	(A)	23.30	543.70	48.33
	(B)	36.11	842.45	74.89

De los datos anteriores podemos concluir que la capacidad máxima del sistema para revestimiento definitivo del túnel es de $28.80 \text{ m}^3/\text{hr}$, lo cual nos da para revestir 61.44 m.l./día si se trabajan dos turnos de 12 horas al día.

Solamente nos restará verificar si la cimbra tiene capacidad de movimiento como para colocar esta cantidad de concreto.

ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE LA CIMBRA

Posición de los módulos al arranque del colado:



Para llenar el módulo No. 1 se necesita colocar:

$$6.10 \text{ m.l./módulo} \times 11.25 \text{ m}^3/\text{m.l.} = 68.63 \text{ m}^3/\text{módulo}$$

Este volumen se coloca en un tiempo de:

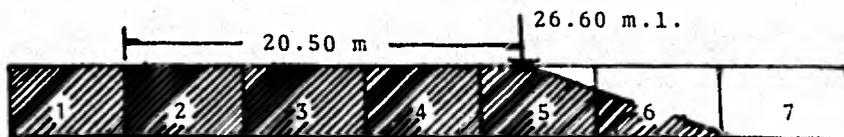
$$\frac{68.63 \text{ m}^3/\text{módulo}}{28.80 \text{ m}^3/\text{hr}} = 2.38 \text{ hr/módulo}$$

Descimbrando el módulo No. 1 a las 8 hrs., el concreto está:

$$\frac{8 \text{ hr}}{2.38 \text{ hr/módulo}} = 3.36 \text{ módulos adelante}$$

$$3.36 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 20.50 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto cuando se puede iniciar el movimiento del módulo No. 1 (10.38 hr. después de iniciado el colado):



El tiempo de traslado del primer módulo es de 2.5 hr., por lo cual, el concreto en este tiempo avanza:

$$\frac{2.5 \text{ hr.} \times 28.80 \text{ m}^3/\text{hr}}{11.25 \text{ m}^3/\text{m.l.}} = 6.40 \text{ m.l.}$$

Longitud total = 6.10 + 20.50 + 6.40 = 33.00 m.l.

Tiempo total transcurrido desde el inicio = 12.88 hr.

Posición del concreto cuando se termina el movimiento del módulo No. 1:



El módulo No. 2 se llenó a las:

$$2.38 \text{ hr/módulo} \times 2 \text{ módulos} = 4.76 \text{ hr}$$

$$4.76 \text{ hr} + 8 \text{ hr de fraguado} = 12.76 \text{ hr}$$

A partir de esta hora se puede iniciar el movimiento del módulo No. 2 (Tiempo de traslado = 3 hr).

$$\frac{12.76 \text{ hr}}{2.38 \text{ hr/módulo}} = 5.36 \text{ módulos}$$

$$5.36 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m/módulo} = 32.70 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto cuando se inicia el movimiento del módulo No. 2:



El concreto avanza al terminar el traslado del módulo No. 2:

$$\frac{15.76 \text{ hr}}{2.38 \text{ hr/módulo}} = 6.62 \text{ módulos}$$

$$6.62 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 40.39 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto cuando se termina el movimiento del módulo No. 2:



El módulo No. 3 se llenó a las:

$$2.38 \text{ hr/módulo} \times 3 \text{ módulos} = 7.14 \text{ hrs.}$$

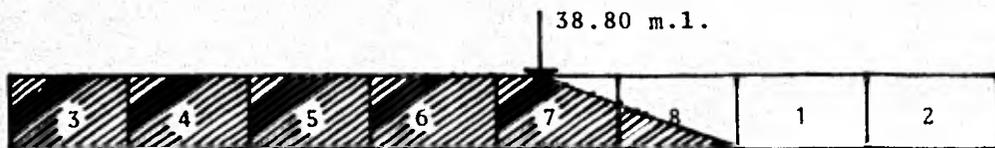
$$7.14 \text{ hr} + 8 \text{ hr de fraguado} = 15.14 \text{ hrs.}$$

A partir de esta hora se puede iniciar el movimiento del módulo No. 3 (Tiempo de traslado = 3 hr):

$$\frac{15.14 \text{ hr}}{2.38 \text{ hr/módulo}} = 6.36 \text{ módulos}$$

$$6.36 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 38.80 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto cuando se inicia el movimiento del módulo No. 3:



El concreto avanza al terminar el traslado del módulo No. 3:

$$\frac{18.14 \text{ hr}}{2.38 \text{ hr/módulo}} = 7.62 \text{ módulos}$$

$$7.62 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 46.48 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto cuando se termina el movimiento del módulo No. 3:



El módulo NO. 4 se llenó a las:

$$2.38 \text{ hr/módulo} \times 4 \text{ módulos} = 9.52 \text{ hr}$$

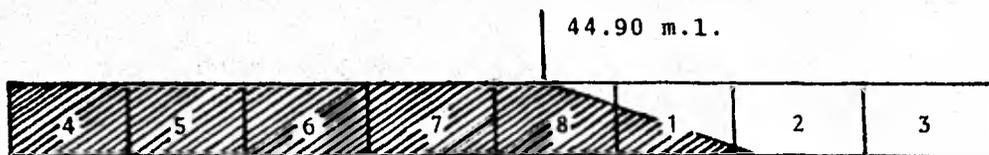
$$9.52 \text{ hr} + 8 \text{ hr de fraguado} = 17.52 \text{ hr}$$

A partir de esta hora se puede iniciar el movimiento del módulo No. 4 (Tiempo de traslado = 3 hr):

$$\frac{17.52 \text{ hr}}{2.38 \text{ hr/módulo}} = 7.36 \text{ módulos}$$

$$7.36 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 44.90 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto al inicio del traslado del módulo No. 4 (17.52 hr de iniciado el colado):

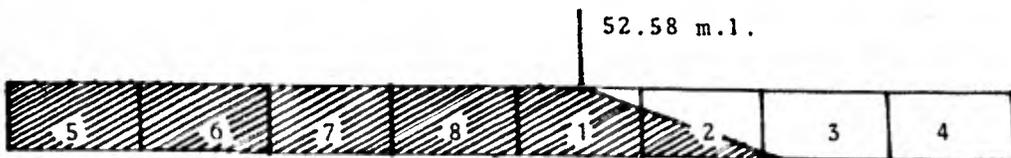


El concreto avanza al terminar el movimiento del módulo No. 4:

$$\frac{20.52 \text{ hr}}{2.38 \text{ hr/módulo}} = 8.62 \text{ módulos}$$

$$8.62 \text{ módulos} \times 6.10 \text{ m.l./módulo} = 52.58 \text{ m.l.}$$

Posición del concreto cuando se termina el movimiento del módulo No. 4:



Después de observar el avance del colado hasta el cuarto módulo, vemos que la capacidad de movimiento de la cimbra con ocho módulos ajusta para colocar la producción de concreto máxima real calculada.

4.5 ANALISIS Y CLASIFICACION DE DEMORAS

Después de registrar los datos obtenidos y analizar las diferentes actividades realizadas en el campo, no podemos evitar el mencionar también las principales demoras que afectan directa o indirectamente la continuidad de estos trabajos.

Investigando un poco en este sentido, llego a la conclusión de que se pueden clasificar las distintas demoras existentes por su origen en:

De origen Interno	Demoras de construcción
	Demoras de maquinaria
De origen Externo	Demoras por imprevistos
	Demoras por decisiones de la Empresa

A continuación se mencionan las principales demoras que existen dentro de cada grupo, obtenidas de estadísticas llevadas a cabo para un periodo (de cuatro meses) anterior al momento en que se aplica este Estudio. En este listado se anotan las horas que cada demora consume y el porcentaje que estas horas representan del total de horas registradas (algunas de las actividades de construcción son consideradas como demoras tomando como base que la única actividad de construcción productiva en este frente de trabajo es la de colocación de concreto):

DEMORAS POR CONSTRUCCION

	HORAS	%
Arreglo de ventana de cimbra	0.33	0.01
Movimiento de cimbra	0.90	0.03
Arreglo de vía	1.20	0.05
Maniobras en zona de Lumbrera	1.42	0.06
Cambio de válvulas al cañón	1.45	0.06
Arreglo de tapón vertical de cimbra	2.16	0.09
Taponamiento de tubería vertical	5.32	0.22
Instalación de tubería de garza	5.77	0.24
Taponamiento de tubería del frente	8.13	0.33
Contaminación de agua en cisterna	10.16	0.42
Descarrilamientos	18.26	0.75
Movimiento del tren de colado	21.89	0.89
Limpieza del equipo	26.83	1.10
Movimiento de Cambio California	28.65	1.17
Paso de cimbra por Lumbrera NO. 3	34.30	1.40
Cambio de repartidor de aire	36.17	1.48
Cambio de Lumbrera No. 3 a No. 4	112.84	4.60
Cambio de trenes en el Frente	<u>485.38</u>	<u>19.83</u>
SUMA	801.16	32.73

DEMORAS POR MAQUINARIA

	HORAS	%
Arreglo de tanque amortiguador	3.50	0.14
Motor de polipasto, jumbo quemado	10.40	0.42
Movimiento de transformadores	15.30	0.63
Fallas de carros morán	21.89	0.89
Falla de banda transportadora	37.06	1.51
Falla de bomba de concreto	49.26	2.02
Falla de locomotoras	58.84	2.40
Falla de planta dosificadora	<u>117.93</u>	<u>4.82</u>
SUMA	314.18	12.83

DEMORAS POR IMPREVISTOS

	HORAS	%
Falta de agua en toma municipal	10.41	0.43
Falta de energía eléctrica	30.88	1.26
Falta de agregados	36.76	1.50
Falta de cemento	143.87	5.88
Reparación de encapillado de L-3	<u>168.00</u>	<u>6.86</u>
SUMA	389.92	15.93

DEMORAS POR DECISIONES DE LA EMPRESA

	HORAS	%
Traslado de personal a otra obra	20.97	0.86
Cargador frontal prestado a L-9	<u>59.24</u>	<u>2.42</u>
SUMA	80.21	3.28

SUMA DE DEMORAS 1,585.47 64.77

<u>TIEMPO EFECTIVO DE COLADO</u>	<u>862.53</u>	<u>35.23</u>
	2,448.00	100.00

El volumen de concreto colocado fué de $30,898.87 \text{ m}^3$

El avance realizado en este periodo fué $2,902.50 \text{ m.l.}$

Rendimiento de volumen en la sección $\frac{30,898.87}{2,902.50} = 10.65 \text{ m}^3/\text{m.l.}$

Rendimiento horario efectivo $\frac{30,898.87}{862.53} = 35.82 \text{ m}^3/\text{m.l.}$

Rendimiento horario con demoras $\frac{30,898.87}{2,448.00} = 12.62 \text{ m}^3/\text{hr}$

Tomando solamente las siguientes demoras, tenemos que:

Por maquinaria	314.18 hr
Por decisiones de la empresa	80.21 hr

Por imprevistos

389.92 hr

SUMA

784.21 hr

Los días perdidos por estas demoras posibles de ser resueltas en un momento dado son:

$$\frac{784.21 \text{ hr}}{24 \text{ hr/día}} = 33 \text{ días}$$

En avance no realizado, esto se traduce a:

$$\frac{33 \text{ días} \times 12.62 \text{ m}^3/\text{hr} \times 24 \text{ hr/día}}{10.65 \text{ m}^3/\text{m.l.}} = 938.50 \text{ m.l.}$$

Esto es considerando el rendimiento horario con demoras obtenido anteriormente, lo cual se traduce en:

$$938.50 \text{ m.l.} \times 10.65 \text{ m}^3/\text{m.l.} = 9,995.03 \text{ m}^3$$

de concreto no colocado.

De este volumen, el 40.1 % fué por causa de fallas mecánicas; el 10.2 % a causa de decisiones de la Empresa y el 49.7 % se debió a causas no previstas (imprevistos).

Esto nos da una idea clara de lo que está pasando y nos indica que se debe poner mucho más énfasis en el mantenimiento preventivo de todo el equipo que forma parte del sistema, para así minimizar las demoras que por fallas mecánicas en algún equipo afectan el funcionamiento continuo del sistema.

En lo tocante a las demoras por imprevistos vemos que también es de tomarse en cuenta la magnitud de tiempo perdido, pero que muy difícilmente podremos minimizar, dada la incertidumbre de no poder prever a tiempo este tipo de demoras.

4.6 CONCLUSIONES

La aplicación del Estudio de Tiempos y Movimientos en el caso práctico que he escogido me sirvió para:

- A) Conocer el sistema o método constructivo y los sub-sistemas que lo conforman en un tiempo considerablemente corto,
- B) Detectar cada uno de los movimientos y actividades que conforman a cada sub-sistema, para que una vez definidos se determine su tiempo de duración a través de la observación, y
- C) Ver la influencia de cada sub-sistema en el sistema. Esto es, detectar en donde es donde se presentan problemas que hacen que el sistema trabaje a muy baja capacidad.
- D) Una vez detectado el problema hacer ciertas consideraciones o tomar las medidas correctivas correspondientes para así eliminarlo o minimizarlo.

Lo anterior se dice y se lee fácil, pero mi mayor problema se presentó en el último inciso, ya que las medidas correctivas correspondía tomarlas a otra persona, la cual en primer lugar es difícil que reconozca que lo que se ha estado haciendo cuenta con ciertos errores y en segundo lugar, menos va a aceptar incorporar nuevos métodos que por no estar lo suficientemente probados hagan dudar de los resultados.

Aún siendo este el caso en el que no se modifica el método, sino que solamente se detectan y corrigen pérdidas de tiempo, la dificultad de orden psicológico no deja de imperar y el poco apoyo y la falta de interés de los niveles superiores de dirección de la Empresa no permitieron implementar realmente dichas correcciones.

En fin, con esto no quiero decir que el esfuerzo halla sido en vano, pienso que si existen ingenieros que se interesen por usar este tipo de estudios en beneficio propio y de los trabajadores que tiene a su cargo, llegará el día en que en la Industria de la Construcción se perfeccionen y estandaricen los métodos constructivos empleados comunmente en la actualidad.

CAPITULO 5 UN PROGRAMA DISEÑADO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION

5.1 INTRODUCCION

Las ideas que se expresan a continuación son un extracto de las dadas a conocer recientemente por Henry W. Parker¹ y Clarkson H. Oglesby² en un curso dado por ellos y auspiciado por la compañía Timelapse, Inc. en la ciudad de Denver, Colorado., al cual asistieron Ingenieros representantes de compañías constructoras tanto de los mismos Estados Unidos como de otros países del mundo, atraídos por la idea de mejorar la productividad de sus Empresas.

El instituir programas dedicados a mejorar la productividad es algo bastante novedoso y además necesario a cada día para mantener un nivel de competencia entre las Empresas que propicie un desarrollo constante de métodos de trabajo, de herramientas y equipo renovador que facilite y eleve el nivel de calidad de los proyectos, de el nivel de vida y preparación del personal trabajador que en última instancia conlleva al desarrollo del país.

Queremos también hacer patente que las ideas que aquí se mencionan revelan una realidad de trabajo y organización que principalmente se está dando en los Estados Unidos, por lo cual no resultan aplicables en su totalidad a las condiciones muy particulares que se presentan en nuestro país.

¹Profesor Asociado de Ingeniería Civil en la Universidad de Stanford

²Profesor de Ingeniería Civil en la Universidad de Stanford

5.2 ANTECEDENTES

Desde la década pasada, se han enfocado una gran cantidad de Estudios e investigaciones hacia el problema de la disminución de la productividad en la industria de la construcción. El trabajo de Henry Parker y Clark Oglesby de la Universidad de Stanford ha incorporado "métodos mejorados de trabajo" a la industria.

Los contratistas con los que han tenido contacto tanto Parker como Clarkson, no obstante reconocer los beneficios teóricos de aplicar "Métodos mejorados", generalmente han hecho caso omiso a éstos, sobre la base de creer que su propio trabajo es diferente. Algunos han implementado las ideas ocasionalmente, sin embargo, aún cuando estas ideas probaron su bondad, se descontinuó la aplicación de ellas. De hecho, la mayoría parecen desaprobador los conceptos fundamentales de los Estudios del "Mejoramiento del Trabajo" como si trataran de rehuir la inoculación de una vacuna provechosa, cuyos efectos, afirman los autores, duran toda la vida. El concepto "Métodos mejorados" o "Mejoramiento del trabajo" es semejante al de la prevención efectiva de accidentes, debiendo además constituirse en una actitud mental, la cual deberá ser ejercitada en forma continua.

Parker y Clarkson afirman que la raíz del problema está en el hecho de que los directivos de la construcción están demasiado ocupados para planear y poner en práctica "Técnicas de dirección", incluyendo "Proyectos de mejoramiento del trabajo".

Hablando más claro, mencionan que los directivos se hayan tan atareados solucionando los problemas originados por los errores de ayer, que no tienen tiempo para pensar en los de hoy, y mucho menos en los de mañana.

El Dr. John Borcharding y el Dr. Richard Tucker de la Universidad de Texas han desarrollado costosas investigaciones en el área de los factores motivadores (tanto positivos como negativos) que influyen en los trabajos de construcción. Al Burkhardt de la Cía. Constructora Hensel Phelps ha aplicado sus conocimientos estadísticos al análisis de la producción a través del uso de la fotografía tomada a intervalos de tiempo constante (también nombrada "fotografía de tiempo elapsado" o "fotografía en movimiento"). Una Cía. Hawaiana de construcción y dragados ha iniciado recientemente la aplicación de la técnica de los "Círculos de calidad" a los entrenamientos y participaciones a nivel de cuadrillas.

Todos estos esfuerzos han disfrutado de algún éxito resolviendo los problemas de Productividad, pero ninguno de ellos ha sido aceptado o implementado a gran escala por la industria de la construcción. Existen muchas razones para esta falta de aceptación, dos de ellas son:

- 1a. Los contratistas siempre han sentido que su trabajo es "diferente" y que no pueden permitirse el lujo de gastar su dinero en artículos frívolos tales como cámaras de cine.

2a. Una de las más importantes razones es que ninguno de estos métodos por sí mismo ha sido capaz de registrar todas las restricciones que existen en la productividad en todos los niveles, tanto en la organización del proyecto como en la organización propia de la Empresa.

Actualmente la combinación de la recesión económica, del acelerado aumento de la inflación y de una creciente disminución en la productividad ha hecho que algunos contratistas y propietarios ataquen con un sentido de verdadera urgencia los problemas de la productividad, surgiendo como resultado de este compromiso el desarrollo de un nuevo y unificado esfuerzo para mejorar la productividad en los proyectos de construcción.

5.1 PRINCIPIOS BASICOS Y OBJETIVOS

LA PRODUCTIVIDAD. Hablar de "productividad" en nuestros días, y particularmente dentro de la Industria de la Construcción, es o por lo menos parece, algo muy popular y difundido. En efecto, la productividad en grandes proyectos de construcción se ha convertido, recientemente, en el centro de una gran actividad de investigación y de estudio. ¿Cuál es el motivo de este inusitado interés?: Definir tanto la secuencia como la estructura general de un programa diseñado para incrementar la productividad en proyectos de construcción. ¿Cómo lograrlo?. Veamos:

El común denominador de los proyectos que experimentan actualmente una baja productividad (aún cuando han sido objeto de una intensa planeación), es la falta de comunicación entre quienes planean y quienes ejecutan el trabajo. Es fácil arguir que no es posible esperar que los obreros sean productivos, si tanto a estos como a sus supervisores inmediatos no se les instruye, ni se les apoya adecuadamente, con respecto a sus tareas. Las instrucciones que el personal especializado frecuentemente recibe de sus superiores deja, sin lugar a duda y en la mayoría de los casos, mucho que desear.

No importa, en consecuencia, que tan sofisticados o experimentados sean los sistemas administrativos intermedios, si el mensaje no se hace extensivo a los bajos estratos.

Debe señalarse, por otro lado, que aún cuando a dicha falla se suele atribuir frecuentemente la existencia misma del problema, este es, sin embargo, un problema increíblemente complejo, (1) que afecta a todos los niveles de la organización, (2) que se origina por restricciones que, cruzadas dentro de la organización, prácticamente han asfixiado y aniquilado el deseo de un esfuerzo productivo entre los niveles del personal especializado, (3) que es una de las causas de la pérdida de la moral, alto índice de rotación del personal, exceso de ausentismo, y (4) que tan solo podrá ser corregido mediante la identificación y eliminación sistemática de las restricciones que existen en todos los niveles de la organización.

LA ORGANIZACION. Entender el medio ambiente en que el problema de la baja productividad se desarrolla es algo sumamente complicado, dado que las diferencias entre una organización y otra son tan grandes como suelen serlo entre las mismas personas. No obstante, la cadena de mandos (organigramas) que existen dentro de las Compañías Constructoras son usualmente muy similares, si nó de plano idénticos. Igualmente similar es la forma en que el personal se desempeña a lo largo de la mencionada cadena, dentro de dichas organizaciones. (veáse fig. 5.1)

Por lo que al organigrama de obra se refiere (fig. 4.2), la experiencia ha mostrado, por su parte, que el flujo de comunicación en este sigue usualmente la línea de mando en el

FIG 5.2 Organigrama de Obra que muestra la línea de mando a través de la cual se dirige el flujo de comunicación (Representativo de compañías contratistas de los E.U.A.)

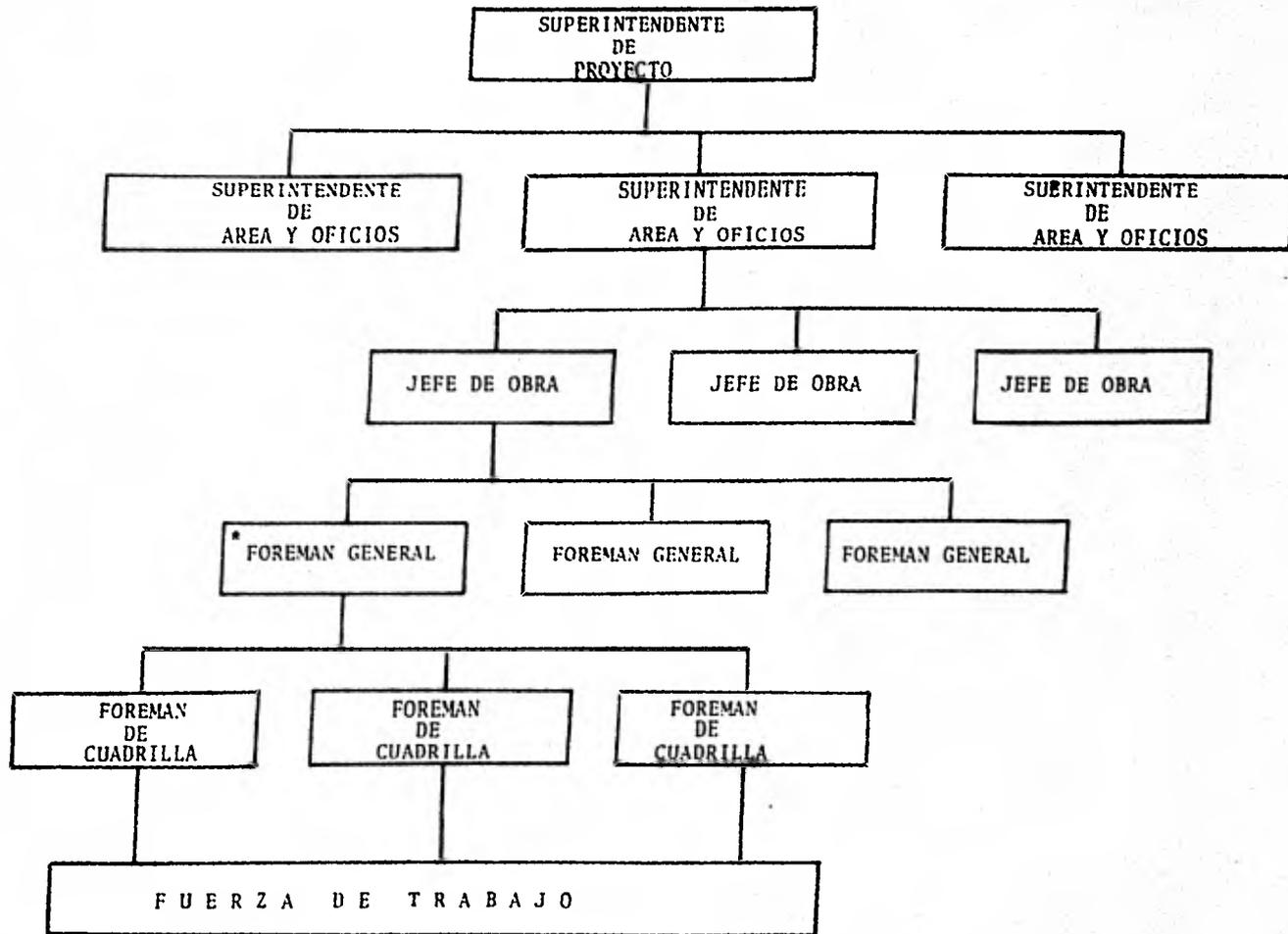
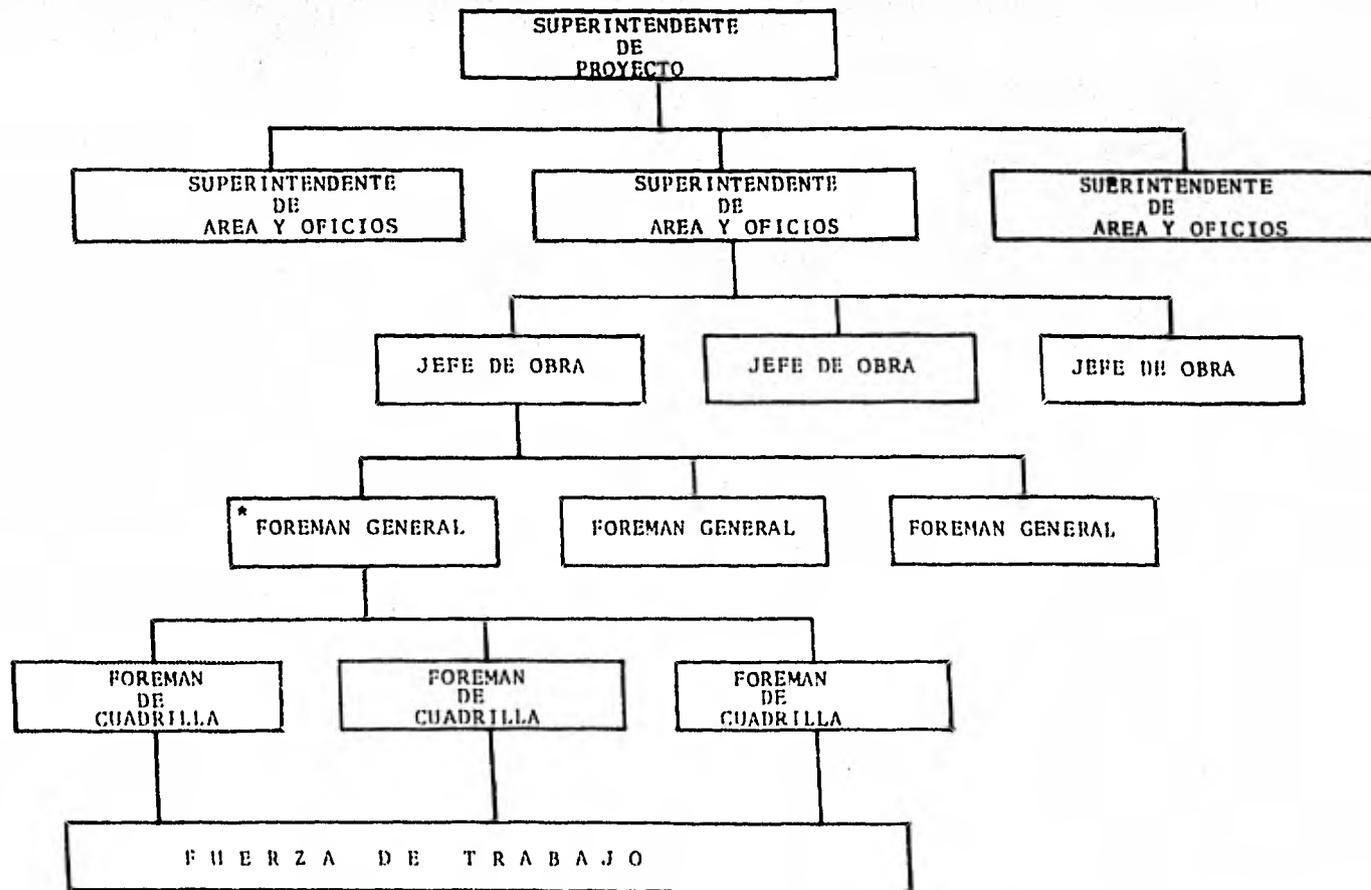


FIG 5.2 Organigrama de Obra que muestra la línea de mando a través de la cual se dirige el flujo de comunicación (Representativo de compañías contratistas de los E.U.A.)



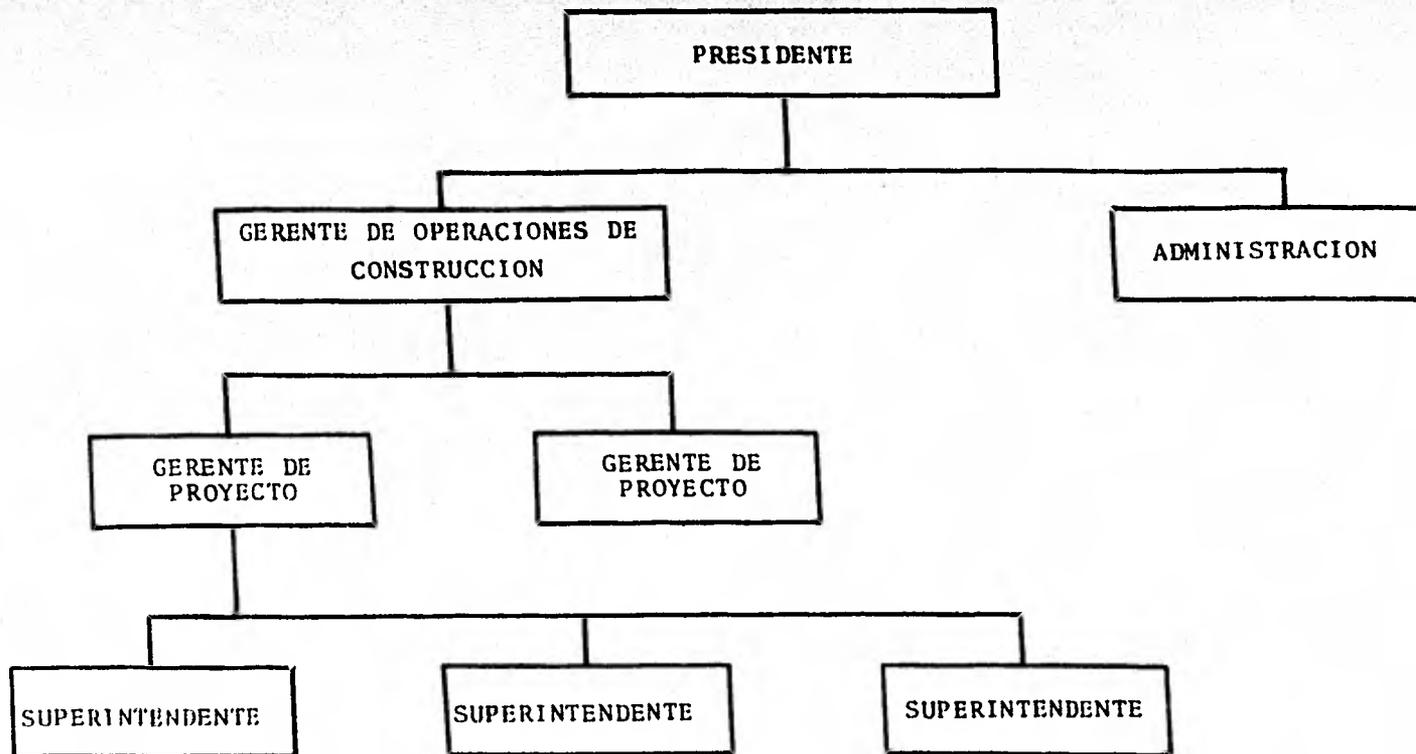


FIG. 5.1

Un tipo de Organigrama parecido a este es el que generalmente adoptan la mayoría de las compañías contratistas.

* La palabra "foreman" no se ha traducido al español, ya que su significado literal solo sería el de "sobrestante", palabra que en nuestro país no designa en igual forma las funciones que desarrolla la persona que ocupa este puesto. En México, el equivalente a "foreman general" es la pareja "Ingeniero Jefe de Frente de Construcción - Sobrestante", mientras que el equivalente de "foreman de cuadrilla" sería "cabo de cuadrilla".

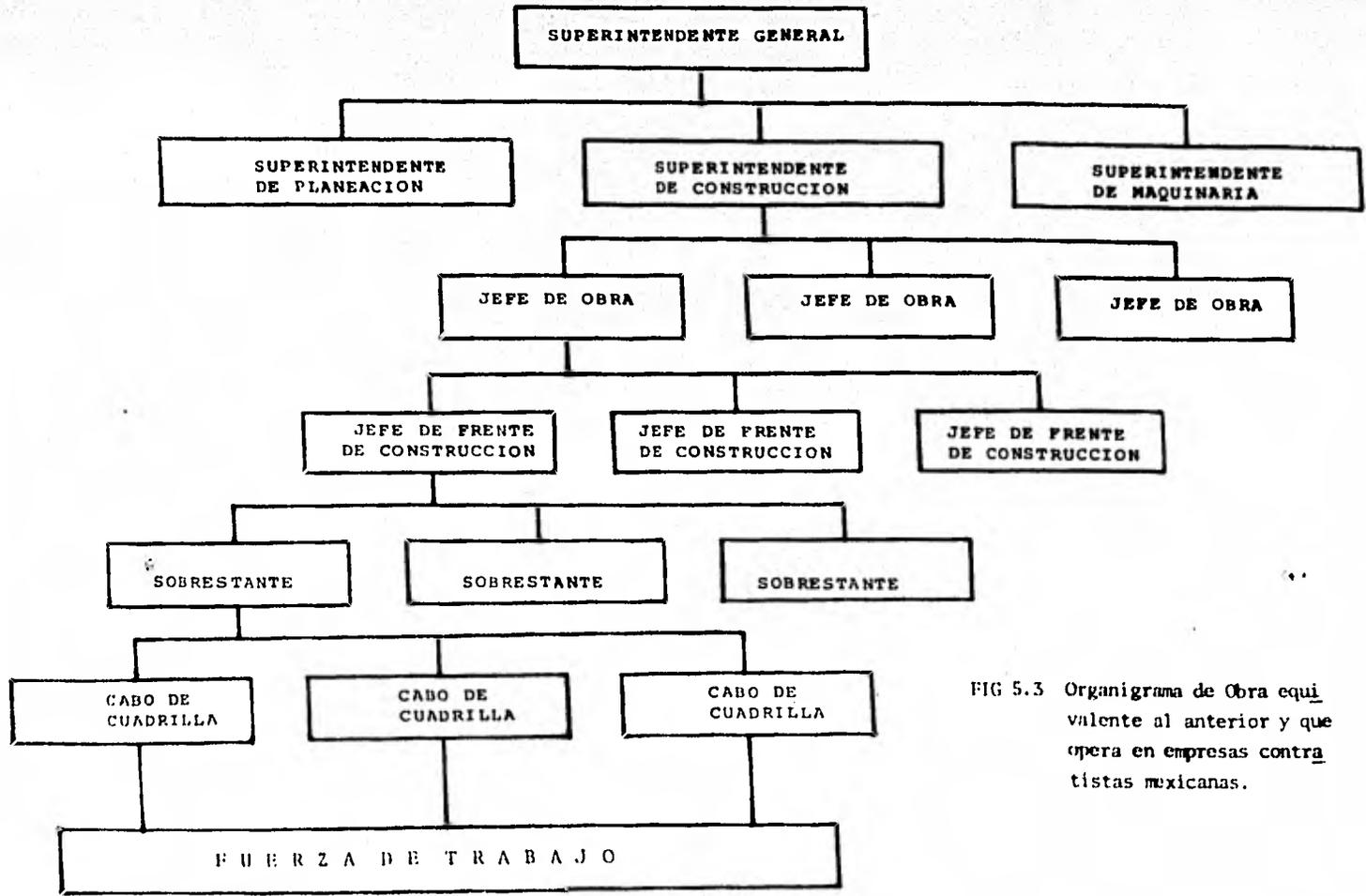


FIG 5.3 Organigrama de Obra equivalente al anterior y que opera en empresas contratistas mexicanas.

mostrada. Lo que no muestra, en cambio, es la falla en la comunicación entre los diversos niveles organizacionales, siendo esta el resultado del deseo de las personas de complacer a sus jefes, y de éstos el de proteger a sus subordinados.

La mayoría de la gente gusta de recibir buenas noticias. Todo el mundo lo sabe. Dar buenas noticias a alguien es, en cierta forma, una manera de complacerlo. Es evidente por lo tanto, que en la mayoría de los casos al preguntar ¿Cómo van las cosas?, se obtenga de los subordinados la siguiente respuesta: "Van bien; si señor, muy bien". La información resultará, consecuentemente, filtrada a medida que se mueve hacia arriba o hacia abajo dentro de la organización.

El flujo de instrucciones y retroalimentación es, dentro de una organización, tal como se muestra en la figura 4.4. Los filtros que se muestran tienden al prejuicio y a la mala interpretación, tanto en el envío como en la recepción de los mensajes. No solo se filtran en ellos "malas noticias", sino también porciones importantes de los mismos mensajes; el resultado no es otro más que lamentables "lagunas en la comunicación". Mientras mayor sea la organización y más grande el número de niveles en la misma, más filtrado resultará por tanto el mensaje.

LOS BAJOS NIVELES DE LA ORGANIZACION. No obstante que la productividad depende de o es influenciada por decisiones que se toman a lo largo de todos los niveles organizacionales, esta

FIG. 5.4

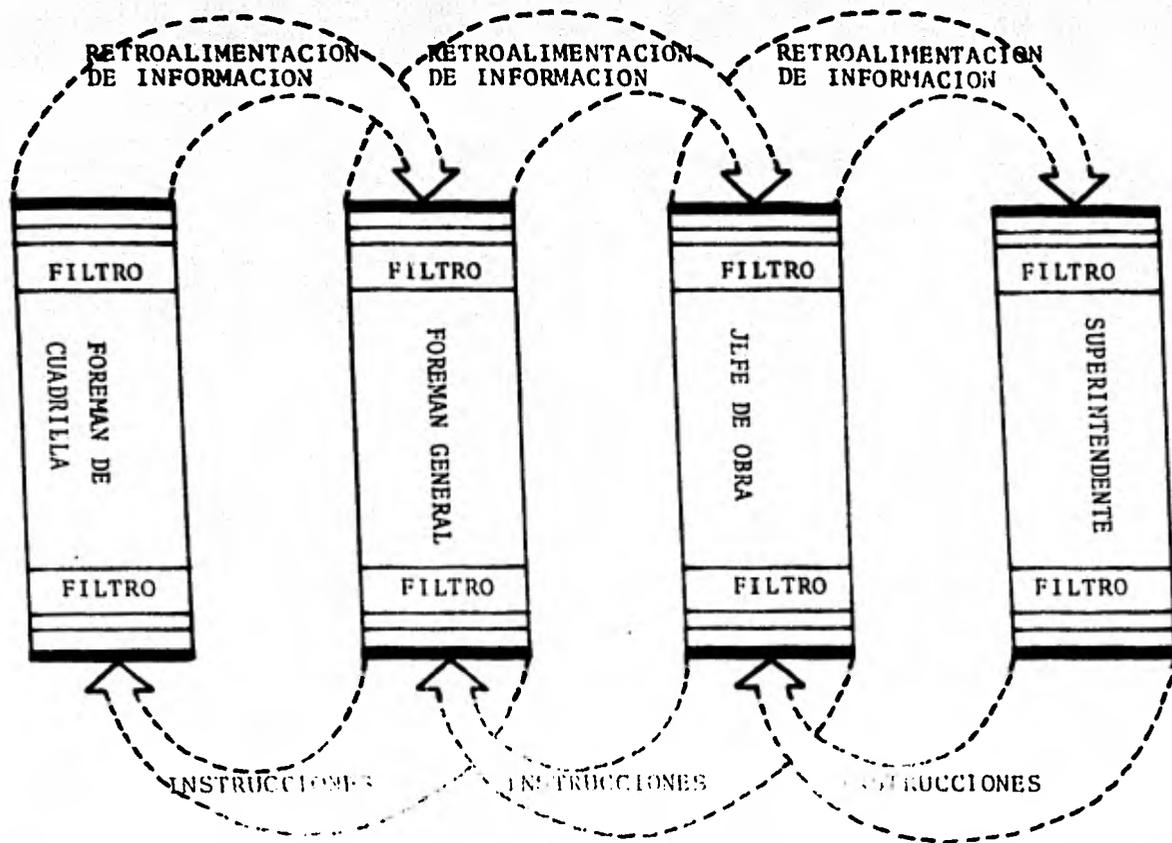
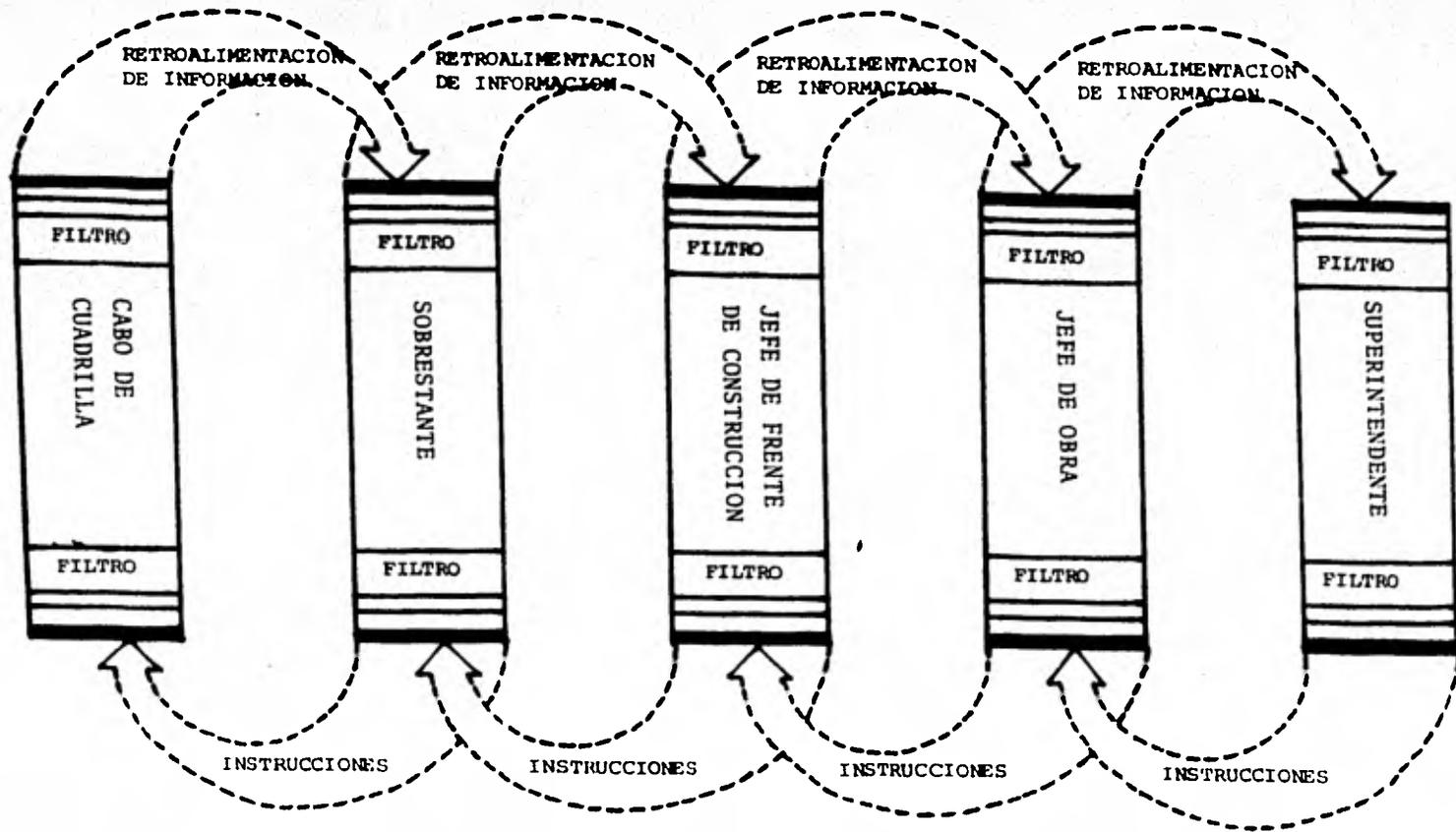


FIG 5.5 Equivalente a la figura anterior



es (en última instancia) medida por y en función de la eficiencia con que el personal obrero especializado desarrolle su trabajo. Este es el resultado final de la gestión de dirección.

Cuando el trabajo es desarrollado por obreros agrupados en cuadrillas, la dirección y supervisión de aquellos es encomendada a un trabajador especial, comunmente llamado "Cabo de cuadrilla". Este es el último eslabón que tiene la dirección para con el personal obrero. En superpersonalidad se encuentran y convergen dos tendencias diferentes, y a menudo opuestas. En efecto, los obreros acostumbran verlo como "patrón", y los niveles directivos como un miembro más de "su fuerza de trabajo". Es el primero en requerir de información y el último en recibirla. Son estos, hombres escogidos o promovidos por su labor sobresaliente de entre el personal, que anteriormente perteneció a las cuadrillas de obreros.

Pero, hombres duros, familiarizados con las tareas de campo, ¿son escogidos pensando en su habilidad para el desempeño de sus nuevas obligaciones?, ¿obtienen, una vez asumida su nueva responsabilidad, entrenamiento alguno sobre su futuro cometido?. La respuesta es sencillamente "NO".

El papel de un sobrestante es, con todo, el de un director: así lo indica por lo menos el Organigrama de Obra. Es un administrador muy especial que debe poseer, entre otras cualidades, una amplia y sólida comprensión del personal a su mando, así como de sus correspondientes procedimientos de trabajo, debe contar

además con la habilidad propia para planear, dirigir y controlar el trabajo implícito en las tareas de una cuadrilla numerosa.

La realidad en las obras es, sin embargo, muy diferente y no precisamente por responsabilidad suya. El hecho innegable es que rara vez posee la suficiente habilidad para planear, dirigir y controlar el trabajo de su cuadrilla en forma tal que permita el desarrollo de aquella a un aceptable nivel de productividad. Al carecer él de este tributo, los obreros a su cargo no pueden desarrollar, consecuentemente, su trabajo en forma eficiente.

Los conceptos clásicos de dirección involucrados en un organigrama, implican claramente que esta posición sea ocupada por un administrador calificado (es visible en cada uno de los estudios de trabajo realizados que la planeación a nivel de cuadrillas prácticamente no existe). El resultado desafortunado de esta situación es que, con demasiada frecuencia un "cabo de cuadrilla" que desconoce los principios de la planeación, dirección y control del trabajo de su cuadrilla, asume este puesto llevando a cabo una tarea vital por el solo hecho de que es un "cabo de cuadrilla" y que, como todo el mundo lo sabe, ello es parte de su trabajo.

El siguiente ascenso en la organización de la empresa es la posición de sobrestante, o más claramente, la de asistente del Ingeniero Jefe de Frente. Supone el Organigrama, nuevamente, cualidades implícitas en la persona que ocupa esta posición. El coordi

nar administradores de primera línea es el papel que, para un sobrestante, el diagrama de la organización tiene reservado. Se sobre entiende con esto, que la combinación de la habilidad de dirección por un lado, y la habilidad natural de hacer las cosas por otro, son atributos indispensables que este puesto requiere.

La triste realidad es, de nueva cuenta, que usualmente un hombre es promovido a sobrestante sin el entrenamiento necesario en gestiones de dirección y administración.

Las razones por las cuales se produce este injustificable fenómeno, están dadas por un hecho sencillo: si la empresa está en un periodo de expansión, el resultado obvio es un organigrama cada vez más amplio en los bajos niveles. El personal requerido para ocupar los nuevos puestos, es pues, ascendido de los bajos niveles, sin que necesariamente reciba el entrenamiento que, para desempeñar correctamente su nueva actividad, sea indispensable.

Puede decirse, en resumen, que no importa que tan calificado y experimentado pueda ser el Ingeniero Jefe de Frente; si tiene "cabo de cuadrilla" y sobrestantes entrenados, la productividad en el proyecto solo podrá ser baja, debido a los obstáculos que pueda crear la ausencia de la planeación a nivel de cuadrillas.

Un hecho penoso que debe ser comprendido y no ignorado por más tiempo, es este; el nivel de productividad de cada trabajo

depende de la habilidad de mando de los dirigentes menos calificados. Debido a la falta de conocimiento o interés por parte de los directivos superiores, la baja productividad es normalmente excusada con las siguientes palabras: "La tarea por realizar es tan difícil que la baja productividad es, tan solo, simplemente inevitable.

Los sobrestantes deben ser igualmente entrenados y alentados para funcionar como administradores. Se les debe permitir participar en la planeación y programación detalladas. Se les debe proporcionar ayuda en sus esfuerzos por superar los problemas de falta de productividad que encuentren. Debe tenerse presente que cualquier intento por mejorar una sola operación, sin haber previamente atendido las anteriores necesidades, será en el mejor de los casos, únicamente un éxito a corto plazo, y más probablemente, un frustrante fracaso.

LOS NIVELES SUPERIORES DE DIRECCION. Un exámen de compañías que han intentado el empleo de "métodos mejorados de trabajo" dentro de sus operaciones, revela que un curioso fenómeno ocurre, provocado por la actitud de la gerencia. Aquellas empresas que son dirigidas por gerentes que, no tan solo creen en los conceptos, sino que también insisten en su aplicación, han disfrutado de magníficos resultados. Aquellas compañías cuyos gerentes ejecutivos miran, en tanto, el programa como un experimento, o bien dejan a los directivos de nivel medio decidir sobre la bondad del mismo, no han sido favorecidas por el éxito.

Como se discutió previamente, el problema a nivel gerencial es de involucración no tan solo de dinero, sino quizá lo más importante, involucración de energías personales y de esfuerzos colectivos. No se puede esperar que ningún programa de seguridad, o de control de costos, salga adelante, si tanto los superintendentes como los foreman no están convencidos de la utilidad que el empleo de estos conceptos lleva consigo. Ningún programa significativo de mejoramiento en la productividad se podrá desarrollar, consecuentemente, mientras cada uno de los superintendentes y los foreman sepan que pueden evitar el confrontamiento de estos problemas, con tan solo decir: "Esto no funcionará en mi trabajo".

La gerencia deberá comprometerse a mejorar la productividad, y deberá reforzar este compromiso por medio de las siguientes acciones: (1) Presupuestando fondos, (2) invirtiendo tiempo y energía en el programa, y (3) resolviendo con la ayuda pertinente los obstáculos surgidos.

CONCLUSION. El medio ambiente que prevalece en donde existe baja productividad deberá ser alterado en tal forma que la planeación detallada se lleve a cabo a nivel de cuadrilla (como función inicial) y que la gerencia se vea involucrada en un esfuerzo que tienda a superar los problemas de productividad a tal grado que todo el personal sepa que será evaluado en base a su participación y entusiasmo para con el programa de mejoramiento de la productividad. La satisfacción del deber cumplido

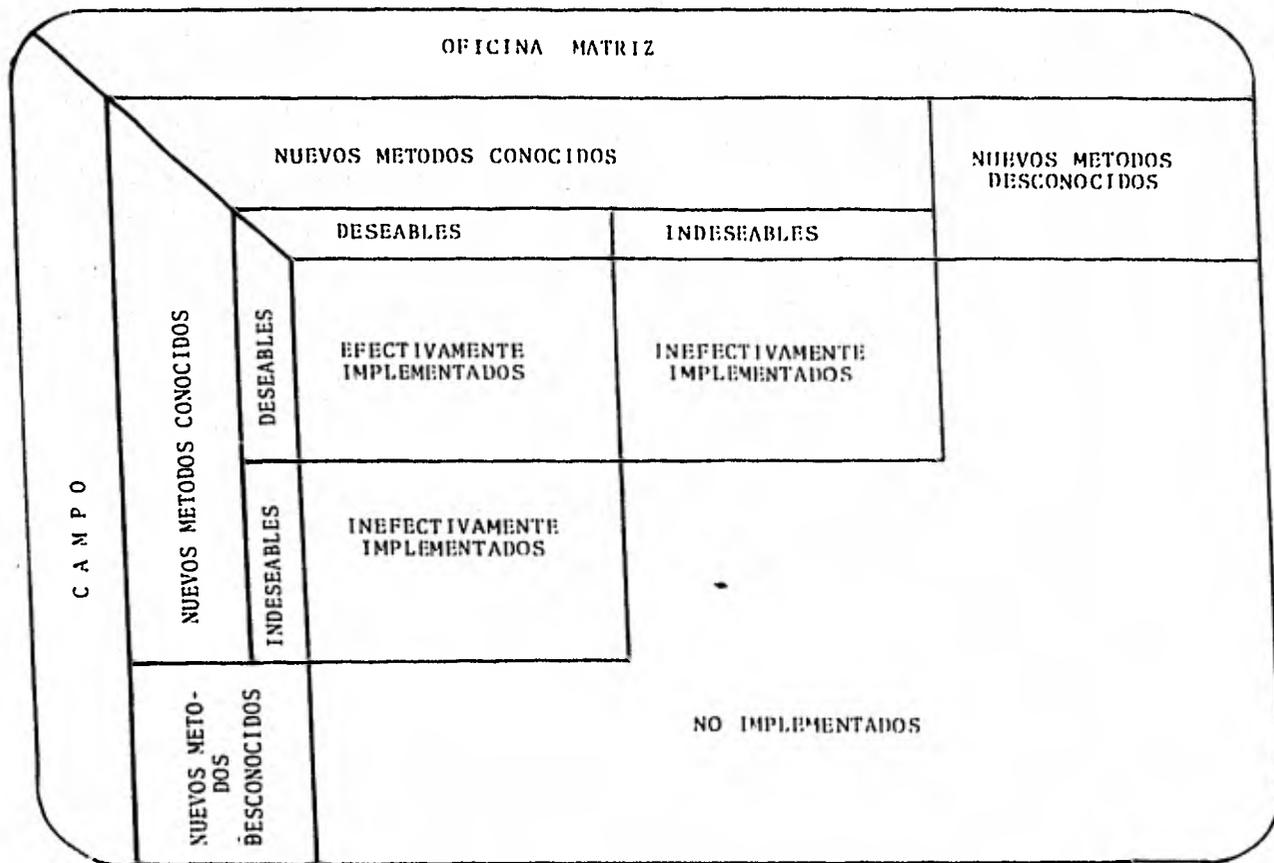
a nivel de cuadrillas deberá ser también incrementado, si es que se pretende mejorar la productividad. Sin estas alteraciones dentro de la organización, todo programa de mejoramiento de la productividad se convertirá en un verdadero fracaso.

La siguiente gráfica ilustra el criterio que se necesita antes de que el programa sea implementado con efectividad. Note que ambos, el personal de campo y el de oficina deberán conocer el programa y sentirse comprometidos con él para que un programa de esta clase sea implementado con efectividad.

UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

OFICINA M A T R I Z OFICINA D E C A M P O		C O N O C I D O		D E S C O N O C I D O
		COMPROMETIDO	N O COMPROMETIDO	
C O N O C I D O	COMPROME- T I D O	E F E C T I V A M E N T E I M P L E M E N T A D O	P O S I B L E M E N T E I M P L E M E N T A D O	
	N O COMPROME- T I D O	I N E F E C T I V A M E N T E I M P L E M E N T A D O	N O I M P L E M E N T A D O	
D E S C O N O C I D O				

LA IMPLEMENTACION DE NUEVOS METODOS



5.3 LAS METAS Y FORMA DE ALCANZARLAS

El objetivo del programa es mejorar el nivel de productividad en cada proyecto. A fin de lograr este objetivo existen varias metas que se han definido para ser alcanzadas. Estas metas deberán lograrse como respuesta a la necesidad de alterar el medio ambiente en el cual una producción menos que aceptable se está desarrollando.

- META (1) Asegurar que la gerencia se sienta comprometida con el programa de productividad y canalizar ese sentimiento de compromiso al resto de la organización.
- META (2) Involucrar a todos los miembros del equipo de trabajo del proyecto en la planeación detallada previa a la construcción, en la programación y revisión para la puesta al día del proyecto.
- META (3) Identificar y eliminar o por lo menos reducir los motivadores negativos entre el personal, que generalmente existen en los proyectos, e introducir programas de motivación.
- META (4) Desarrollar un medio dentro de la compañía con el cual se obtenga cierta habilidad para encontrar y eliminar los métodos o políticas que restringen la productividad.
- META (5) Entrenar y capacitar a los empleados de todos los niveles de la organización para que puedan encausar una gestión de dirección hacia la productividad.
- META (6) Desarrollar un medio en la empresa que Estructure, Monitorice, evalúe y reoriente el programa.

Llevando a cabo las seis metas del programa, el panorama de cada proyecto se alterará sustancialmente. La secuencia y la forma de alcanzar éstas metas sin duda que variará de empresa a empresa. Sin embargo, el compromiso de la gerencia deberá lograrse primeramente.

El mejoramiento de la productividad requiere el cambio de actitudes y habilidades que han sido normas de buena organización por muchos años. Al lograr estos cambios nos encontraremos con una resistencia la cual solo se superará con paciencia y comprensión.

A continuación se da una descripción de la manera en como lograr cada una de las metas de este programa.

META (1) Asegurar que la gerencia se sienta comprometida con el programa de productividad y canalizar ese sentimiento de compromiso al resto de la organización

El compromiso se logrará solo cuando la gerencia:

- (a) Entienda la filosofía del programa
- (b) Crea en el programa
- (c) Crea que el usar el programa es una ventaja para la alta dirección de empresa y
- (d) Crea que el uso del programa será provechoso para los trabajadores

Para asegurar este compromiso se recomienda que se tenga una reunión de trabajo de dos días de duración con asistencia de todo el personal de alta dirección de la empresa. Esta reunión sería

presidida por consultores competentes. La reunión desarrollará detalladamente conceptos sobre métodos motivacionales y de mejoramiento del trabajo, y permitirá que a los directivos les sean expuestas las técnicas para resolver el problema, mismas que deberán ser usadas posteriormente en el programa.

META (2) Involucrar a todos los miembros del equipo de trabajo del proyecto en la planeación detallada previa a la construcción, en la programación y revisión para la puesta al día del proyecto

La experiencia a mostrado que los proyectos y operaciones susceptibles de ser mejorados con mayor facilidad son aquellos que ya reflejan una inversión de esfuerzos en organización y planeación. Sin la estructura provista por la planeación que se describe más adelante, es bastante común el "pisarnos la cola diariamente" cada vez que intentemos mejorar las operaciones.

Como mínimo la META (2) deberá realizarse a través de:

- (a) Programar inicialmente cada proyecto usando un sistema de red de precedencias lógicas, el cual puede ser rápida y fácilmente actualizado
- (b) Actualizando el programa del proyecto en base a los tiempos
- (c) Desarrollando una planeación y programación de periodos reducidos a nivel de cuadrillas. (Este programa de periodos reducidos debe coincidir con las duraciones y secuencias impuestas por el programa general del proyecto), y
- (d) Usando guías de planeación y listas de comprobación en los niveles de cuadrillas

La programación de periodos reducidos deberá incluir el uso de los programas y listas de actividades de dos semanas de duración.

De lograrse esta meta, el programa habrá avanzado un largo trecho hacia su objetivo de incrementar la productividad.

META (3) Identificar y eliminar o por lo menos reducirlos motivadores negativos entre el personal, que generalmente existen en los proyectos, e introducir programas de motivación

La baja productividad está siempre o usualmente acompañada de altas tasas de: ausentismo, rotación de personal y una baja de moral. La mayor insatisfacción a nivel de cuadrillas se debe a que no se desenvuelven completamente. Parte de esto es causado por la forma en que son tratados los trabajadores por los directivos. Que tan profundamente se ha desarrollado esa insatisfacción, eso depende de muchos factores. El punto más importante es que deberá ser identificada y cuantificada para ser eliminada o reducida.

Los motivadores negativos deben ser identificados a través del uso de cuestionarios y entrevistas del personal. Solo el acto de preguntar al personal sobre lo que perciben es en sí una herramienta de alta motivación (Es altamente recomendable, si se está implementando un programa en un proyecto que no funciona, se usen los cuestionarios y las entrevistas como método inicial para captar información para ser usada en la planeación del programa relacionado con el proyecto).

El personal obrero de la construcción es un grupo altamen-

te motivado. La habilidad para realizar un trabajo y para lucirse es uno de los mejores motivadores conocidos para este grupo. El crear un ambiente de trabajo organizado ayudará a conseguir varios fines: esto es, una fuerza de trabajo motivada y una fuerza de trabajo productiva.

Actualmente muchos programas de premiación han sido diseñados y realizados en los Estados Unidos.

META (4) Desarrollar un medio dentro de la compañía con el cual se obtenga cierta habilidad para encontrar y eliminar los métodos o políticas que restringen la productividad

Debido a que la productividad se controla en todos los niveles de proyecto y de la organización corporativa, deberá ser estudiada de varias maneras. Otra razón para este método múltiple de abordar el programa es que cada método varía en costos, exactitud, aplicación y utilidad. Algunos métodos son mejores para su implementación rápida, mientras que otros son mejores a largo plazo. El tema importante no es el método empleado para recopilar la información, sino más bien el contar con dos métodos diferentes. Un ejemplo de este tipo de métodos es:

- (a) Estudios de mejoramiento del trabajo a nivel de cuadrillas desarrollados por miembros voluntarios de la propia cuadrilla y por el foreman. (Este método de obtención de información requiere que sean entrenados tanto el sobrestante como los miembros de la cuadrilla en técnicas de análisis. "Círculos de Calidad" de este tipo han sido muy exitosos en otras industrias y en operaciones de construcción en Japón.

- (b) Estudios dirigidos por Superintendentes, Ingenieros Jefes de Obra, Ingenieros Jefes de Frente y Sobrestantes (Estos estudios serán de naturaleza clásica de ingeniería industrial como lo son las evaluaciones de cinco minutos, el diagrama de flujo, la carta de Procesamiento y la carta de balance de cuadrillas).
- (c) Estudios especiales utilizando la fotografía de Tiempo Elapsado y al personal de oficina matriz (El método más preciso para analizar más detalladamente operaciones de construcción, es el uso de la fotografía en movimiento por un analista de producción bien preparado. Debido al alto costo involucrado, este tipo de estudios deberá ser reservado para aquellas operaciones que tengan una alta tasa de retorno).

Notese que, estos métodos son exclusivamente para recopilar información. De ninguna manera son también los únicos métodos existentes e indispensables para hacer esto.

No interesa qué método de recopilación de información se utilice, el proceso en el que se empleará esa información para resolver los problemas es básicamente el mismo para todos los métodos. Este proceso es el que describiremos a continuación.

La solución del problema se puede enfocar o dirigir hacia tres diferentes funciones que son típicas en un proyecto, estos tipos de funciones son:

(A) OPERACIONES CONTROLADAS POR METODOS

Una operación controlada por métodos es cualquier ope

ración del proyecto que está controlada directamente por un sobrestante. Estas operaciones están bien definidas por sus ciclos de tiempos cortos, por el requerimiento de cierta mano de obra y por su naturaleza iterativa.

(B) FUNCIONES DE APOYO

Las funciones de apoyo son aquellas actividades que físicamente respaldan las operaciones de instalación del producto final. Por ejemplo, el almacenamiento de materiales y las operaciones de manejo.

(C) FUNCIONES ADMINISTRATIVAS

Las funciones administrativas son aquellas funciones, tales como la cuantificación y compra de los materiales, que son llevadas a cabo por los administradores del proyecto. Las funciones administrativas siempre involucran el flujo y la distribución de información más que el de materiales.

PROCEDIMIENTOS PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS QUE EXISTEN EN LAS OPERACIONES CONTROLADAS POR METODOS.

Este mismo procedimiento general de solución de problemas se puede aplicar también a las demás funciones:

1. Identificar la operación que será objeto de mejoramiento.
2. Recabar toda la información de que se dispone sobre la operación, por ejemplo:
 - (a) Costo real actualizado a la fecha
 - (b) Secuencia de la operación

- (c) Requerimientos de Potencial Humano
- (d) Cantidades involucradas
- (e) Requisitos de Programa
- (f) Problemas obvios o especiales confrontados hasta la fecha.

3. Acumular e interpretar datos reales detallados. A través de la fotografía de tiempo elapsado, muestreo del trabajo y de las gráficas de flujo. Mediante el estudio detallado de cada faceta de la operación, el analista estará capacitado para identificar la forma en que se está llevando a cabo la operación. La operación podrá ser analizada hasta en sus más pequeños detalles a fin de determinar..

- (a) Proceso y secuencia de actividades
- (b) Costo de cada actividad
- (c) Cantidad de tiempo invertida productivamente
- (d) Tiempo y secuencia en que la operación se está llevando a cabo
- (e) Potencial humano y utilización de equipo
- (f) Flujo de trabajo y materiales

Al analista no se le puede exigir la solución de los problemas, ya que su misión es la de definir objetiva y detalladamente la forma en la que se está llevando a cabo la operación. Una vez que una operación ha quedado bien definida y sus datos cotejados, deberá efectuarse una segunda reunión del grupo.

4. Reorganice al "grupo de productividad" y conduzca su sesión para el planteamiento y solución de los problemas.

La primera actividad que el "Grupo de Productividad" deberá desarrollar, será el identificar qué parte del pro-

blema es controlada por este grupo, dentro de su nivel (Proyecto), y que parte del problema es controlado por otros.

Una vez que el grupo ha identificado los problemas que puede controlar, este podrá canalizar sus esfuerzos hacia la solución de los mismos. El procedimiento a seguir deberá ser:

- (a) Definir y entender claramente el problema
- (b) Enumerar todas las posibles soluciones
- (c) Seleccionar la mejor solución, e
- (d) Implementar la solución.

Antes de que se separe el grupo, este deberá claramente:

- (a) Identificar que acción deberá tomarse;
- (b) deslindar responsabilidades;
- (c) y cuando debe ser cumplida (completada) la acción.

El grupo debe dejar establecido como y cuando se examinará de nuevo este problema.

Toda esta información que incluye datos, problemas, soluciones y planeación implementada es remitida a la gerencia (en una versión inédita), así como a aquellas otras personas que estén vinculadas con el programa o que lo soliciten.

de esta manera, el grupo clara y objetivamente comunica a la gerencia de:

- (a) Qué es lo que se puede cambiar;
- (b) como se procederá a hacer el cambio;
- (c) cuando se hará el cambio;
- (d) y quien es responsable del cambio.

Este grupo comunicará también que otros cambios deberán efectuarse en otros niveles, así como el impacto de estos cambios, y que actitud debe asumir la gerencia siempre y cuando fuese necesaria, para bajar los costos.

Mediante su reacción ante la información, la gerencia está en posición de: hacerse solidaria al programa, y mantenerse informada del desarrollo del mismo; así como de verter su vital experiencia dentro de todo el proceso.

META (5) Entrenar y capacitar a los empleados de todos los niveles de la organización para que puedan encausar una gestión de dirección hacia la productividad.

El entrenamiento forma parte del programa integral de mejoramiento de la productividad y es vital para el éxito del programa porque:

- (a) Crea conciencia del programa.
- (b) Transmite el compromiso de la gerencia para con el mejoramiento de la productividad
- (c) Crea entusiasmo en torno al programa
- (d) Refuerza los conceptos del programa
- (e) Resalta problemas gremiales internos ó ya enterrados.

Dependiendo de la severidad de las deficiencias en una compañía o proyecto, las necesidades de entrenamiento variarán de un proyecto a otro.

Se recomienda que los siguientes cursos de capacitación se impartan para lograr el máximo impacto del programa:

- (a) Capacitación del nivel de cuadrillas en el uso del análisis de tareas y de los métodos mejorados de trabajo.

- (b) Capacitación de los sobrestantes en todos los niveles, para que sepan como planear, organizar, guiar, dirigir y controlar los detalles de sus trabajos.
- (c) Capacitación de superintendentes en todos los niveles, para que sepan como planear, organizar, guiar, dirigir y controlar los detalles de sus trabajos.
- (d) Capacitación en el uso de la fotografía estereoscópica y de los métodos mejorados de trabajo.

Estos cursos establecen las bases para proveer al programa con los conocimientos que permitirán.

- (a) Al sobrestante empezar a planear detalladamente y a programar en intervalos cortos;
- (b) la introducción voluntaria de los grupos de productividad "círculos de calidad"
- (c) a los superintendentes medir y evaluar eficientemente la productividad así como identificar los obstáculos que impiden el logro de un esfuerzo productivo.

META (6) Desarrollar un medio en la Empresa que estructure, controle, evalúe y reoriente el programa.

Existen varias razones importantes para lograr esta meta, las tres más importantes son:

- (a) La involucración del personal experimentado de la compañía en el establecimiento de las metas del programa causará por sí solo un compromiso con esas metas.
- (b) El establecimiento de metas y bases y la unidad del éxito en función de aquellas metas y bases evitará que el programa se estanque.

(c) El programa debe tener la habilidad y flexibilidad para adaptarse a las necesidades del cambio de la compañía.

El método recomendado para alcanzar la Meta (5) es crear un comité para la formulación de iniciativas. Los miembros de este comité deben ser entusiastas para con el programa así como del tipo de líderes informales que con su participación darán credibilidad al programa.

La medida del éxito deberá ser hecha en función de ciertas bases. Es importante definir las tan pronto como sea posible y lograr que el comité acepte su precisión.

Se sugiere que las siguientes fuentes de información se consideren para las bases: (en el nivel de proyecto y a todo lo ancho de la compañía).

- (a) Reporte de costos (actualizados hasta la fecha)
- (b) Tasas de severidad de los accidentes
- (c) Tasas de ausentismo
- (d) Tasas de cambios de personal
- (e) Encuestas de los trabajadores
- (f) Estudio del retraso de los sobrestantes
- (g) Muestreo del trabajo y evaluaciones de cinco minutos.

A estas alturas, se recomienda fuertemente el que se cree la posición de "Oficial de Productividad" la cual funcionará de manera similar a la de "Oficial de Seguridad". Esta posición además deberá estar a la misma altura que el Comité encargado de la formulación de iniciativas.

5.4 CONCLUSION

El programa anterior de mejoramiento de la productividad está basado en las siguientes afirmaciones:

- (a) El trabajo realizado por los niveles de cuadrillas en un proyecto de construcción es la expresión final de la dirección de la compañía.
- (b) El trabajo es controlado e influenciado por cada nivel de la organización de la compañía así como por la organización del dueño y del ingeniero.

Ha probado servir para mejorar drásticamente la planeación y reducir los retrasos.

El diseño e implementación inicial del programa debe ser llevado a cabo por un consultor con experiencia probada en este campo.

El papel del consultor debe incluir lo siguiente:

A corto plazo.

- (a) Desarrollar y presentar los trabajos encomendados a la Gerencia.
- (b) Participar en la Planeación detallada del programa de la compañía.
- (c) Desarrollar y presentar los trabajos de entrenamiento según se necesiten
- (d) Participar tanto en el entrenamiento como en la iniciación de varios vehículos para resolver problemas, y
- (e) Participar en la introducción de un programa completo en su proyecto por lo menos.

A largo plazo.

- (a) Actuar en forma imparcial, con opinión neutral para la dirección y crecimiento del programa. Los consultores deben realizar una revisión periódica de vez en cuando.
- (b) Actuar como líder del equipo que labora en proyectos que o son un problema muy serio o que son tan largos y complejos que el personal necesita ayuda y dirección exterior.

Esta clase de programas representa una mayor inversión de capital y tiempo. Las experiencias de varias compañías indican que la recuperación de esa inversión varía del quinientos a más del mil por ciento. Si una de las metas de la compañía es tener la máxima recuperación de su inversión, invertir en este tipo de programas es una manera de lograr esa meta.

CAPITULO 6 CONCLUSIONES

Hemos visto a lo largo del tema por mí desarrollado que el Estudio de Tiempos y Movimientos se apoya en principios muy básicos y en la actualidad se ayuda con las técnicas más modernas (cámara de cine modificada, proyector, etc.) desarrolladas en países altamente industrializados.

El Estudio de Tiempos y Movimientos es un paso a dar para estandarizar métodos constructivos al igual que se ha hecho en la industria fabril; con la gran dificultad que representan, hablando de la industria de la construcción los factores climatológicos a los que siempre se está expuesto al trabajar a la intemperie, otro factor como es el de la falta en muchas ocasiones del equipo adecuado para llevar a cabo una actividad y por lo cual generalmente se improvisa con otro equipo que no ha sido diseñado para ese propósito, etc.

El que en cierta forma el pequeño esfuerzo realizado al llevar a la práctica el Estudio no haya tenido el éxito esperado por mí, no me desalienta, ya que hubo ingenieros que vieron en el Estudio una ayuda para darse cuenta de lo que estaba pasando casi en sus narices y que no le daban importancia a las pequeñas demoras que acumuladas ya no daban la misma impresión.

Lo elemental en conclusión es, manejar el Estudio de Tiempos y Movimientos como lo que es, una herramienta fundamental y básica, mediante la cual va uno a ver el grado de organización en que se encuentra la gente al efectuar una actividad dada para que dependiendo de ese resultado, se corrijan los errores.

La última parte de mi trabajo sintetiza los esfuerzos llevados a cabo en otros países, tratando de adaptar todas esas experiencias a las condiciones de trabajo de México y a la Organización generalmente existente en las compañías constructoras que operan en el país, destacándose que debe haber ingenieros preparados y dedicados a llevar un continuo control de la productividad, desarrollando y planeando programas para la realización de los diferentes proyectos a ejecutar, llevar a cabo programas de entrenamiento o capacitación a personal, etc. En conclusión, que es inminente ya la necesidad de contar dentro de una Empresa constructora con gente dedicada al control de la productividad, mediante la realización de Estudios de Tiempos y Movimientos; implementación en base a estos Estudios de métodos renovadores, estandarización de cuadrillas de trabajo y su productividad, capacitación del personal que forma estas cuadrillas para así elevar la calidad en la construcción y el nivel de vida del trabajador, crear políticas de incentivos para fomentar la participación y la creatividad de este, en fin una serie de objetivos que beneficiarán a la Empresa, al trabajador y al país.

A P E N D I C E

EQUIPO PARA TOMAR FOTOGRAFIAS A INTERVALOS
DE TIEMPO CONSTANTE
(TIME-LAPSE)

INSTRUCTIVO PARA EL USO DE LA CAMARA DE CINE MODIFICADA

1. Sacar el tripié de su estuche.
2. Ajustar los tacones de las patas:
 - a) hacia abajo, si la superficie de apoyo esta pavimentada.
 - b) hacia arriba, si la superficie de apoyo es floja (terreno suelto).
3. Aflojar tornillo inferior, abrir las patas y apretar nuevamente el tornillo inferior (ver figura 1).
4. Aflojar el tronillo telescópico superior de una de las patas; alargarla al máximo de su longitud y volver a apretar el tornillo telescópico. Hacer lo mismo con la 2a. y 3a. patas (si se requiere mayor altura, se debe proceder a extender la 2a. sección de las patas).
5. Orientar el tripié con una de las patas apuntando hacia la zona por filmar, quedando los tornillos de ajuste hacia el operador y el nivel de burbuja hacia el lado derecho.
6. Proceder a nivelar el tripié, ajustando la longitud de las patas hasta conseguir que la burbuja coincida con el círculo rojo central del nivel. Acto seguido, apretar los tornillos al llegue.
7. Sacar del estuche el maneral largo y atornillarlo al mecanismo correspondiente. Controlar con él el movimiento de inclinación en el plano vertical a la orientación de la filmación.
8. Sacar del estuche el maneral corto y atornillarlo igualmente al mecanismo correspondiente. Controlar con este el mo-

vimiento de inclinación vertical, perpendicular a la orientación del aparato.

9. Nivelar la placa azul de apoyo, utilizando los niveles de burbuja a los lados de la misma.
10. Aflojar, si se requiere, el tornillo de seguro de la cremallera y utilizando el maneral largo, levantar la placa azul de apoyo hasta la altura que, para el montaje de la cámara, se considere conveniente. Volver a apretar inmediatamente el tornillo de seguro de la cremallera.
11. Sacar con cuidado la cámara de su estuche; centrarla en la placa azul de apoyo y atornillarla firmemente a ella.
12. Abrir la tapa negra que se encuentra en la parte frontal inferior de la cámara; revizar la correcta colocación de la batería y cerrar la tapa.
13. Retirar el protector de la lente de la cámara y guardarlo en el estuche.
14. Liberar los seguros laterales de la caja protectora y levantarla hasta dejar expuesta la cámara.
15. Abrir la tapa posterior y mover el interruptor izquierdo a la posición "on".
16. Revizar la zona de filmación; enfocar a la distancia adecuada utilizando el zoom en su posición extrema "T"; girar la zona extrema de la lente hasta hacer coincidir la imagen del medio sector superior con la inferior en el telemetro; cambiar a gran angular o telefoto, según sea necesario.
17. Ajustar la graduación del zoom más conveniente para captar el área seleccionada para realizar el estudio.

18. Comprobar si se dispone de suficiente intensidad de luz para la iluminación, observando a travez del visor en la parte inferior de la cámara.
19. Fijar el intervalo de tiempo de filmación más adecuado a las necesidades del estudio por realizar, siguiendo las recomendaciones aue a continuación se enlistan.

ACTIVIDAD POR FILMAR	INTERVALO DE TIEMPO
Cuadrilla de gente	4 segundos
Una persona	2 "
Cargador frontal	4 "
Vehículos en movimiento	8 "

NOTA: Mientras más se concrete la filmación a un objetivo específico, mejor se estará en condiciones de analizarlo.

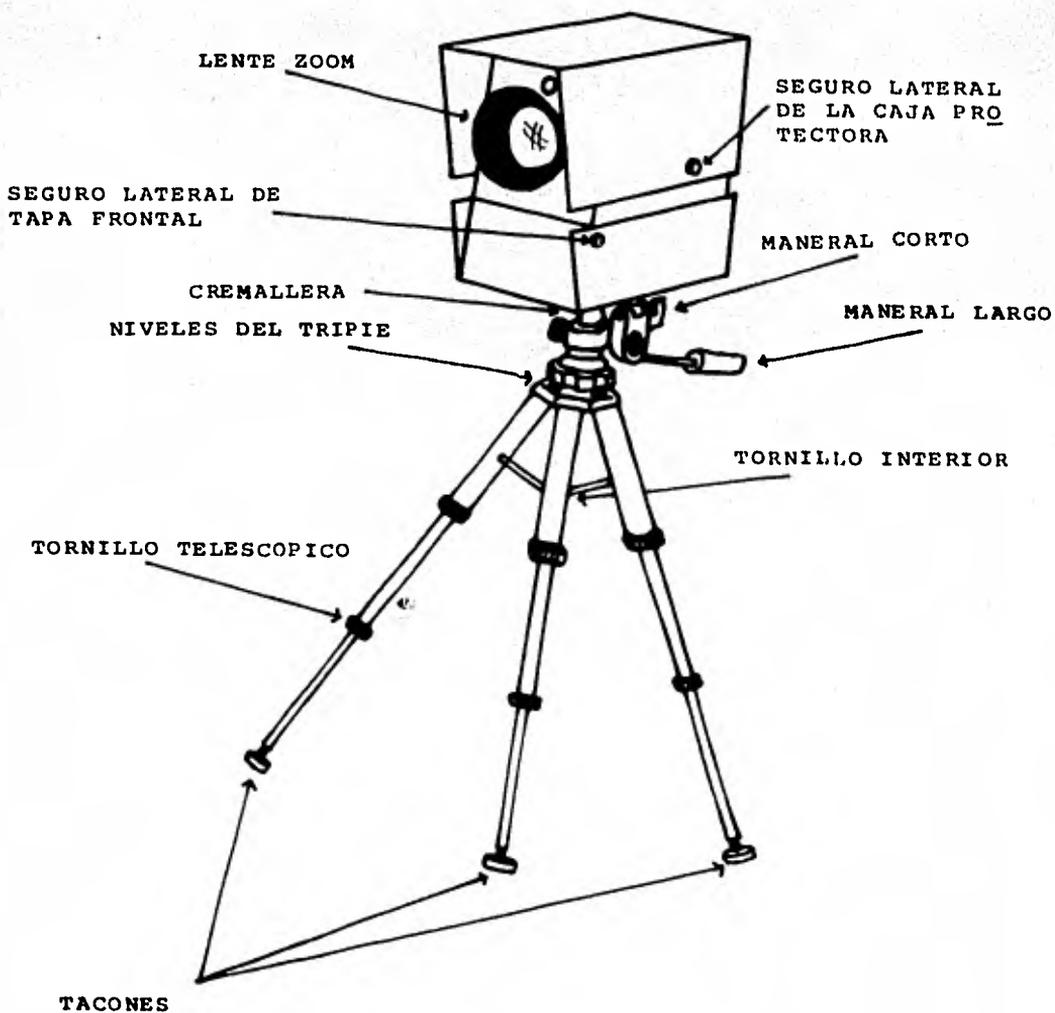


FIGURA 1

INSTRUCTIVO PARA EL USO DEL PROYECTOR TIMELAPSE, MODELO 3400

El proyector tiene un lente de 22 mm (f/1.5) que permite una confortable claridad, no obstante que exista un moderado ambiente de luminosidad en el cuarto de proyección. Para proyectar una imagen de gran tamaño, lo más deseable será disminuir ese ambiente de luminosidad.

DISTANCIA DE PROYECCION	AMPLITUD DE LA IMAGEN EN LA PANTALLA
1.14 m (85 in)	0.25 m (10 in)
1.72 m (68 in)	0.38 m (15 in)
2.60 m (8.5 in)	0.61 m (24 in)
4.27 m (14 in)	1.02 m (40 in)

INSTRUCCIONES PARA UTILIZAR EL PROYECTOR

1. Remueva el carrete (8) tomándolo hacia arriba de la base del eje del proyector en el sentido de las manecillas del reloj, hasta que se libere de las dos abrazaderas que lo retienen. (ver FIG 1)
2. Desenrolle el cordón conductor de energía (9) desde el marco (10) donde se encuentra guardado, cerca de la base del proyector.
3. Continúe hacia abajo del proyector con la manija en dirección de usted. Empuje el cerrojo (1) hacia la izquierda, como está indicado por la flecha en el cerrojo y levante la cubierta a una posición vertical.

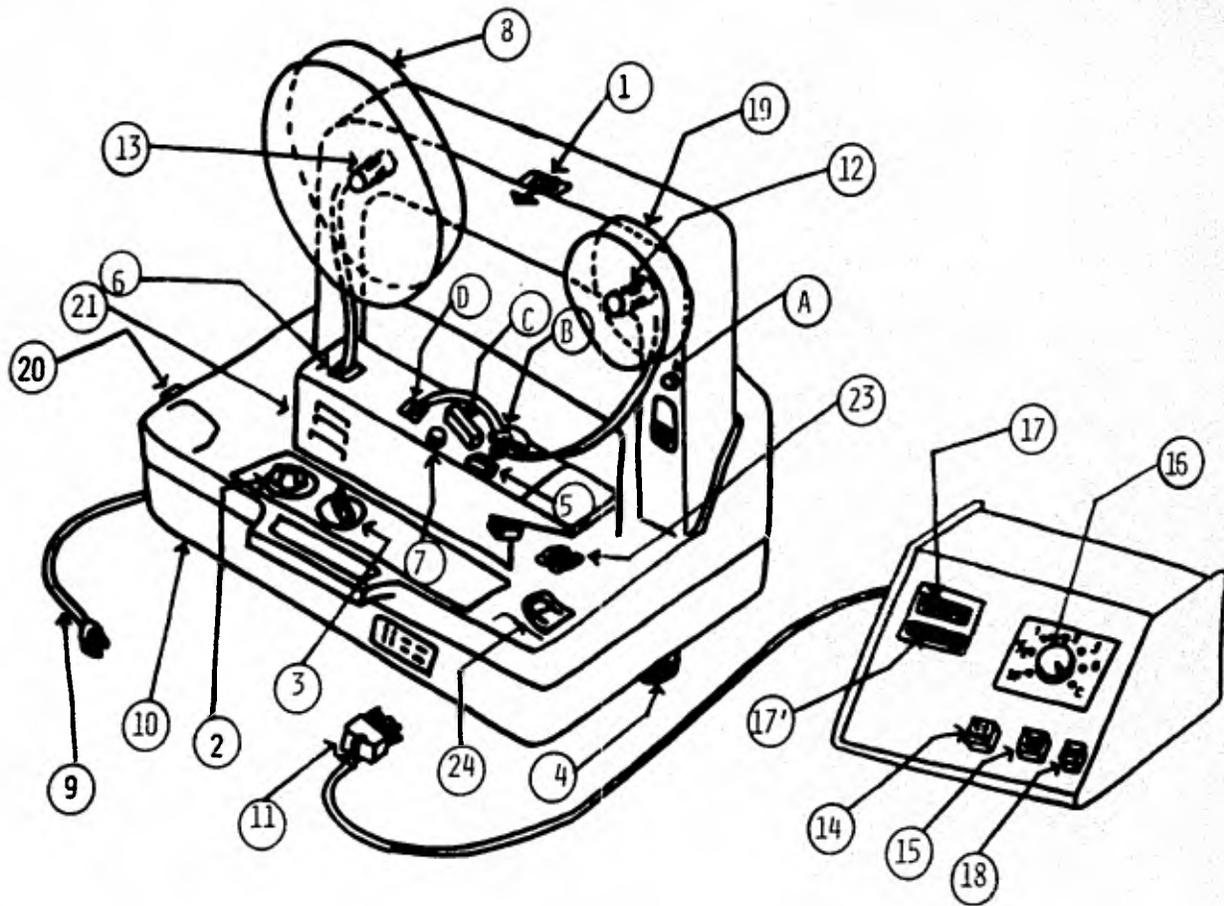


FIGURA 1

4. Conecte el cordón conductor de energía (9) a una salida de C. A. (corriente alterna) de 115 a 120 volts (60 Hz) y después el cable de la unidad de control remoto (11) en el proyector.
5. Ya sobre el proyector, de un giro al interruptor MOTOR/LAMP (2) para prender la lámpara. Después, gire el botón DIRECTION/SPEED (3) a la posición FORWARD/NORM (normal/hacia adelante). El área iluminada se centra verticalmente sobre la pantalla girando el disco de elevación, ELEVATION WHEEL (4). Dando vuelta al disco para afocar, FINE FOCUS WHEEL (5) sostenga y adelante hasta que el margen del área iluminada sobre la pantalla se ajuste. Entonces, gire el interruptor MOTOR/LAMP (2) a la posición OFF.

UNIDAD DE CONTROL REMOTO

1. INTERRUPTOR PARA ARRANCAR Y DETENER, GO/HOLD (14)
Cuando este interruptor de dos posiciones este en la posición GO, el proyector pondrá en movimiento la película hacia adelante en cualquier velocidad que este puesta, incluyendo la de CINE. Cuando el interruptor este en la posición HOLD la película permanecerá estacionaria.
2. INTERRUPTOR HACIA ADELANTE/REVERSA, FWD/REV (15)
Este interruptor determina la dirección en que viajará la película. El proyector deberá ser detenido con el interruptor GO/HOLD (14) en la posición HOLD, antes de que la dirección del viaje de la película sea invertida.

3. INTERRUPTOR PARA CUADROS INDIVIDUALES, SF (18).

Este interruptor es usado para observar un cuadro de la película en un tiempo dado o una porción de la película por cuadros individuales.

4. Conecte el cordón de la unidad de control remoto (11) a la salida cercana a la manija del proyector. Sitúe la unidad de control remoto cerca de un lugar conveniente para poder ser usada durante la proyección. Continúe con el interruptor GO/HOLD en la posición HOLD.

COLOCACION DE LA PELICULA EN EL PROYECTOR

1. Asegúrese que el interruptor REWIND/RELEASE (A) esté en la posición OFF. (Ver FIGURA 2)
2. Coloque un carrete de película Super 8 de 40 ft. (12.19 m.) de longitud máxima sobre el eje integrado, SUPPLY SPINDLE (12), asegurándose que la película siempre viaje en dirección de las manecillas del reloj hacia la base. El borde perforado debe estar en dirección de usted. Empuje el carrete dentro del eje integrado hasta el fondo.
3. Coloque el carrete vacío (8) tomándolo hacia arriba, sobre el eje (13). El carrete está marcado para mostrar cual -- borde deberá tener el frente hacia afuera. Empuje el carrete sobre el eje (13) hasta el fondo.
4. El camino de la película se guía por abajo con el rodillo guía, GUIDE ROLLER (8), entonces presione el rodillo hacia

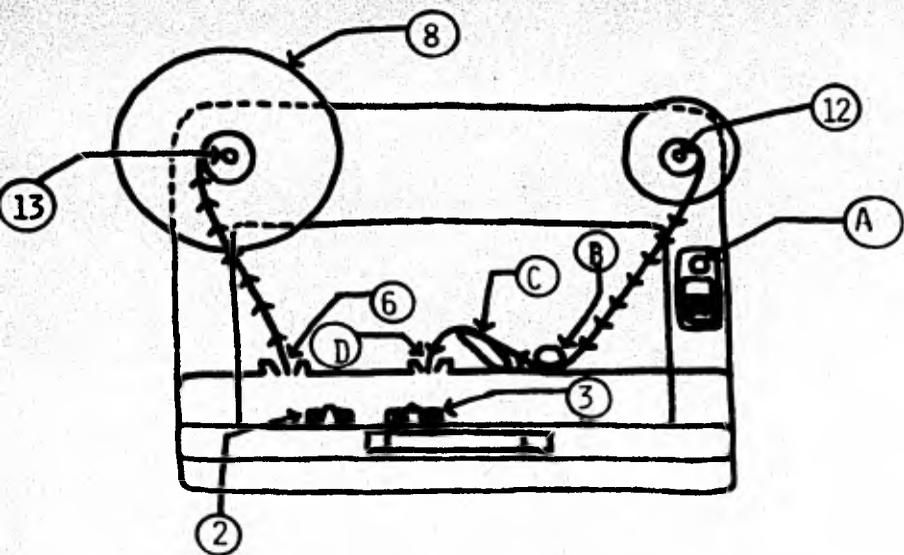


FIGURA 2

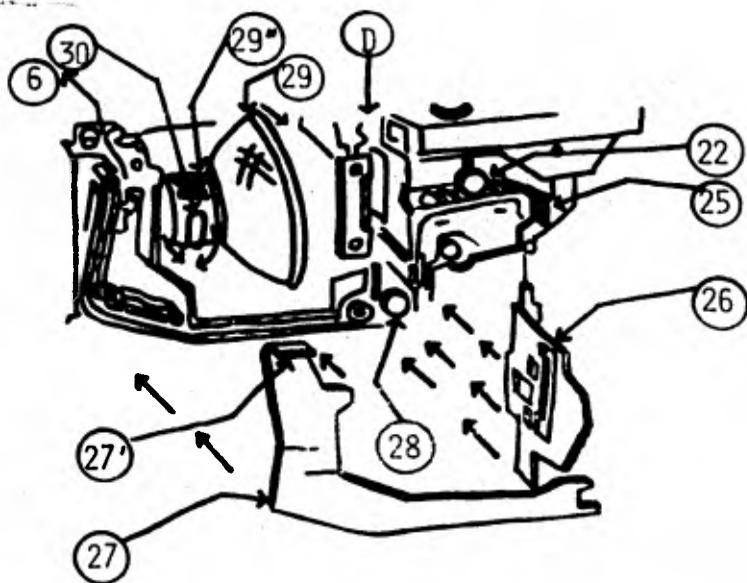


FIGURA 3

la posición cerrado. Gire el interruptor MOTOR/LAMP (2) hacia la posición MOTOR y asegúrese que el control DIRECTION/SPEED (3) esté en la posición FORWARD/NORM. Después, alimente la película sobre la barra de tensión, TENSION BAR (C), y dentro de la entrada para la película, FILM ENTRANCE (D). En este tiempo, el rodillo guía liberará a la misma, estando en posición normal de corrida. Pasando a través de él, automáticamente correrá la película dentro hasta la abertura (6) y hacia arriba tomándola con el carrete (8). Ahora, el proyector está listo para mostrar la película.

PROYECCION DE LA PELICULA

1. Gire el interruptor MOTOR/LAMP (2) a la posición LAMP. Continúe con el interruptor DIRECTION/SPEED (3) en la posición FORWARD/NORM. Continúe con el interruptor GO/HOLD (14) en la posición HOLD. Continúe con el interruptor FWD/REV (15) en la posición FWD. Seleccione la velocidad o número de cuadros por segundo deseados (1/2, 1, 2, 3 ó 6) o CINE, usando el botón cuenta cuadros (16) y entonces libere el interruptor GO/HOLD (14).
2. Tan pronto como una fotografía sea proyectada en la pantalla use el disco de ajuste del foco, FOCUS WHEEL (5), para llevar sobre esta el ajuste del foco.
3. El contador de cuadros FC (17) sobre la unidad de control remoto muestra en que número de cuadro está usted. El contador de cuadros cuenta hacia adelante y en reversa en todas

las velocidades, excepto en la posición CINE. Para una mayor exactitud del contador, siempre se coloca el proyector en la posición HOLD (detenerse) antes de cambiar la dirección a REVERSA.

4. Si el margen de la película aparece en la pantalla, gire el botón de cuadros (7) hasta que la fotografía esté correctamente encuadrada.
5. El orden para avanzar un cuadro individualmente es el siguiente: Coloque el botón cuenta cuadros (16) en la posición SF en la unidad de control remoto. Enseguida, presione el interruptor para cuadros individuales (18) para avanzar cada cuadro. Cuando el proyector se encuentre detenido (en HOLD), este avanzará un cuadro cada vez que el interruptor para cuadros individuales (18) sea oprimido. Este avanzará en la posición GO solamente si el interruptor cuenta cuadros está en la posición SF.
6. Para parar la película cerca de algún punto, presione el interruptor GO/HOLD (14) en la posición HOLD. Para continuar con la película, libere el interruptor GO/HOLD de su posición volviendolo a presionar.
7. Para poner la película en dirección REVERSA, presione el interruptor GO/HOLD (14) en la posición HOLD, después el interruptor FWD/REV en la posición REV y por último presione el interruptor GO/HOLD (14) en la posición GO.
8. Cuando toda la película se encuentre en el carrete (8), gire el interruptor MOTOR/LAMP a la posición OFF.

REGRESANDO LA PELICULA

1. La película deberá ser regresada directamente desde el carrete toma película (8) al carrete original (19). No se necesita apagar el motor con el interruptor MOTOR/LAMP girando a la posición OFF. Adhiera la película en el carrete original (19) insertando el extremo de esta dentro de la hendidura que se encuentra en el centro del carrete en sentido contrario al de las manecillas del reloj, dándole al menos una vuelta. Asegurese haciendo que la película quede tirante contra el centro del carrete. Mueva el interruptor REWIND/RELEA SE (A) a la posición REWIND. Después, la película es regresada completamente, por último, gire el interruptor MOTOR/LAMP (2) a la posición OFF.

CUIDADOS Y PRECAUCIONES PARA CON EL PROYECTOR

1. La lámpara de proyección usada es de halógeno y tungsteno, marca SYLVANIA DNE. Esto es útil para TIME-LAPSE.- Es una buena idea tener una lámpara disponible a la mano para reemplazamiento.
2. Deje que se enfríe la lámpara del proyector con el motor en marcha al finalizar la proyección de la película y mientras, cargue la siguiente película.
3. Limpie el lente, la abertura y el canal de la película (Ver FIGURAS 1, 2 y 3).
- 3A. LENTE. El lente debe ser limpiado continuamente; el polvo y las impresiones digitales reducirán la claridad y brillan-

tez de la imagen.

Cuando sea necesario remover el lente para limpiarlo, siga los siguientes pasos:

1. Remueva la cubierta protectora de la lámpara (21).
2. Gire el disco del foco, FOCUS WHEEL (5) hasta que el lente este afuera tanto como sea posible.
3. Tire hacia el exterior (hacia afuera del proyector) de el botón retenedor del lente, LENS RETAINING KNOB (22) y al mismo tiempo levante la barra del control hasta el seguro, cerca del extremo del brazo de extensión del lente (23), estando libre de la hendidura que tiene el seguro retenedor. Cuando aún se tenga fuera el botón retenedor del lente, retire el lente cuidadosamente de donde está alojado.
4. Cuidadosamente limpie la superficie trasera y frontal del lente con papel limpiador para lente KODAK o un paño de hilaza suave. No use un paño húmedo; si se requiere humedad, exhale sobre la superficie del lente, o use una gota de limpiador para lentes KODAK.
5. Recemplace el lente tirando hacia afuera el botón retenedor del lente y al mismo tiempo inserte la extremidad estrecha del barril del lente. Presione el lente durante su camino en el interior y baje el brazo de control del foco hasta que el seguro esté montado de nuevo dentro de su hendidura. Libere el botón retenedor, luego gire hacia afuera el lente hasta oír el golpe de detención "click".

3B. ABERTURA Y FORRO DE PRESION. Remueva la cubierta protectora de la lámpara y el lente de proyección (ver paso anterior). Luego, siga el siguiente procedimiento:

1. Tire del cerrojo de resorte SPRING LATCH (25) hacia a delante (con dirección al frente del lente) y hacia a arriba hasta abrir el cerrojo.
2. Remueva el FORRO DE PRESION (26) pivoteando hacia a fuera para desligar a este de la guía fijadora de la película, luego tire de este hacia afuera.
3. Limpie todas las superficies y bordes del forro de pre sión con un paño o lienzo de hilaza suave.
4. Remueva cualquier partícula extraña de la abertura por alcance, de un lado a otro del compartimiento del lente y desempolva el marco de la abertura con un cepillo sua ve.

3C. CANAL DE LA PELICULA. Presione la oreja del protector, COVER TAB (27') hacia abajo y tire hacia afuera sobre el canal protector de la película (27), luego levante hacia a fuera el protector. Limpie el exterior del canal de la película con un pequeño cepillo suave; use un lienzo de hilaza limpio y suave para limpiar completamente las superficies del protector. Para reemplazar el canal protector de la película, deslice con dirección al frente de el proyector el pasador retenedor del protector (28) hasta el final de la hendidura fijada. Luego, presione hacia abajo y sobre la oreja del protector para volverlo a asegurar.

4. CAMBIANDO LAMPARA. La lámpara (29) consta de un espejo reflector (29') con un bulbo de cuarzo alderredor montado sobre una base (29'') la cual está provista con dos puntas. El proyector tiene una pinza de alambre (30) que actúa con un resorte para abrazar la base en una posición alta.
- Cuando instale una lámpara nueva DNE, manéjela por la base (29''). No haga contacto con el bulbo; las impresiones digitales acortan la vida de la lámpara. (remueva inmediatamente cualquier impresión digital con limpiador para lentes KODAK; cuide que la limpieza no se efectúe sobre el reflector). Cuando presione los seguros de la lámpara dentro de la caja, tenga cuidado de no doblar las costillas de la base.

A continuación se presentan algunos modelos de equipos utilizados para tomar fotografías a intervalos de tiempo constantes y se mencionan algunas de sus principales características. Este tipo de herramientas son las más sofisticadas que existen en la actualidad para llegar a realizar Estudios más completos encaminados a mejorar e implementar nuevos métodos de construcción.

CAMARA DE CINE MODIFICADA TIMELAPSE, MODELO 1210.



CARACTERISTICAS:

- Bajo costo y economía usando película Super-8 mm.
- Control de exposición automático.
- Capacidad de filmación con poca iluminación.

- Intervalo entre fotografías que va de 0.5 a 99.5 segundos, con incrementos de 0.5 segundos.
- Caja protectora resistente al agua.
- Opción a tener múltiples usos con facilidad.
- Batería recargables de larga vida.
- Lente gran angular.
- Lente telefotográfico.
- El equipo completo incluye estuche para ser transportado.

CAMARA DE CINE MODIFICADA KODAK



ESPECIFICACIONES:

- Intervalos. Tiene un rango de intervalo entre fotografías que va de 1.25 a 90 segundos.

- **Optica.** Lente zoom de 13 a 18 mm.

Control de exposición automático.

Indicador de exposición insuficiente en el enfocador.

Control de rango de exposición de la película; para film ASA 40 ó 160. Esto consiste en cambiar de posición uno de los dos filtros de color que se encuentran en el interior de la cámara y que corresponde a uno de los dos tipos de film especificados.

- **Electrónica y transporte.** En la parte frontal la cámara tiene integrado un foco de color rojo, el cual se ilumina cuando el final de la película se aproxima durante la filmación.

Utiliza cuatro baterías alcalinas que proporcionan energía para la filmación de dos películas de 100 ft (30.48 m).

La caja protectora es removible, resistente al agua, absorbente del sonido y cuenta con un vidrio antireflejante. La dimensión de la caja es 20 x 14 x 12 cm.

La cámara se monta sobre un brazo especialmente diseñado para ella.

- Accesorios recomendados. Como equipo adicional, la cámara cuenta con un convertidor de voltaje (117V-60Hz).

Córdon de control remoto de 25 ft (7.6 m).

PROYECTOR TIMELAPSE, MODELO 3410.

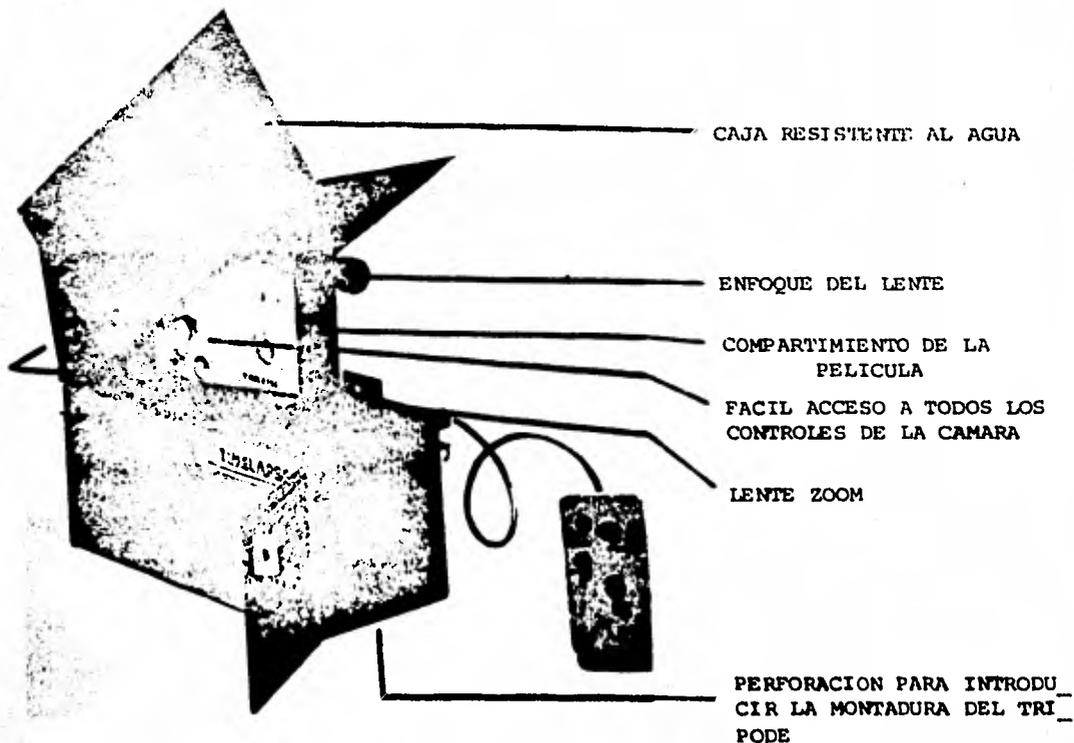


CARACTERISTICAS:

- Contador de cuadros que funciona en cualquier velocidad y en cualquier dirección (adelante o en reversa).
- Pantalla con cuatro dígitos brillantes en la unidad de control.

- Botones de presión para seleccionar la velocidad requerida: 1, 2, 3, 6, 9 y 18 cuadros/segundo.
- Puede detenerse en cualquier velocidad en que este funcionando.
- Se detiene sobre el cuadro o fotografía en el que falte iluminación o donde el film esté dañado.

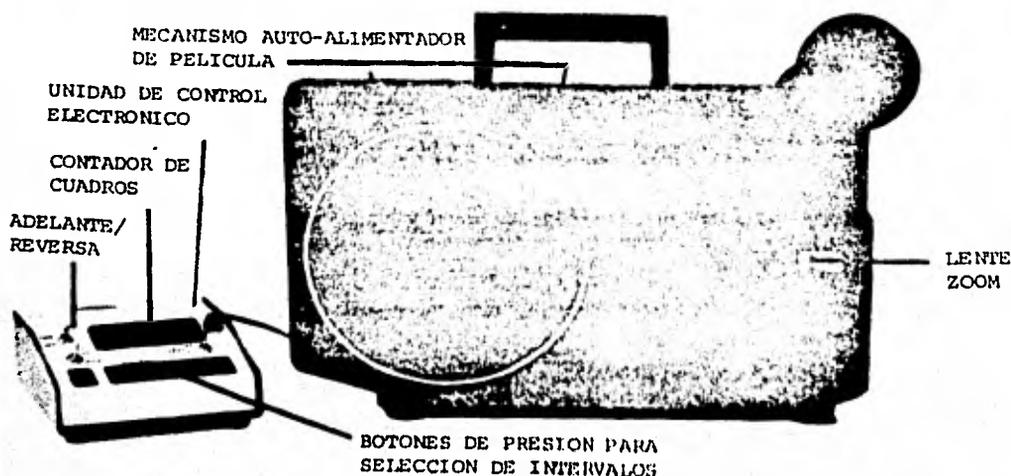
CAMARA DE CINE TIMELAPSE MODIFICADA CON RELOJ DIGITAL, MODELO 2420.



CARACTERISTICAS:

- Medición del tiempo con cuatro dígitos que aparecen en el visor y se imprimen en el film a la hora de filmar.
- Existen cuatro modalidades de que aparezca el tiempo en la pantalla: horas y minutos, minutos y segundos, fecha de filmación y si se prefiere no aparecerá nada.
- Brillantez controlada y sincronizada por el obturador. 199 intervalos (de 0.5 segundos hasta 99.5 segundos, en incrementos de 0.5 segundos).
- Caja protectora resistente al agua.
- Control de exposición automático.
- Batería recargable.
- Lente zoom (f/1.8) de 5.5° a 42° de alcance angular.

PROYECTOR TIMELAPSE, MODELO 3420.



CARACTERISTICAS:

- Contador de cuadros que funciona en todas las velocidades, hacia adelante y en reversa.
- Unidad de control con pantalla de cuatro dígitos brillantes.
- Botones de presión para seleccionar la velocidad: 1, 2, 3, 6, 9 y 18 cuadros/segundo.
- Mecanismo auto-alimentador de película.
- Operación silenciosa en todas las velocidades.
- Se detiene sobre el cuadro o fotografía en el que falte iluminación o donde el film esté dañado.

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

1. Barnes M. Ralph
Estudio de Movimientos y Tiempos
Colección Económica de la Empresa
Ed. Aguilar, S.A.
México, 1979

2. Henry W. Parker, Clarkson H. Oglesby
Methods improvement for construction managers
Ed. Mc. Graw Hill Book Company, Inc.
U.S.A., 1972

3. Mundel E. Marvin, Ph. D.
Estudio de Tiempos y Movimientos.
Principios y prácticas
Ed. C.E.C.S.A., 4a. Edición
México, 1975

4. Nadler Gerald, Ph. D.
Motion and Time Study
Ed. Mc. Graw Hill Book Company, Inc.
U.S.A., 1975

5. Niebel W- Benjamín
Motion and Tiem Study
Ed. Richard D. Irwin, Inc., 4a. Edición
Homewood, Illinois.
U.S.A., 1967

6. Oliver Emile
Organización práctica de la Construcción
y Obras Públicas
Ed. Blume, 1a. Edición
España, 1973

7. Organización Internacional del Trabajo (O.I.T.)
Introducción al Estudio del Trabajo

8. Orvañanos Castro José
Curso de Control y Programación de Obras
Centro de Educación Contínua (C.E.C.), Facultad
de Ingeniería. U.N.A.M.
México, 1975

9. Rodríguez Garrido Ramón
Estudio de Tiempos y Movimientos aplicados a la
Industria de la Construcción.
1er. Seminario de Ingeniería Civil en la Industria
Petrolera.
Colegio de Ingenieros Civiles de México (C.I.C.M.)

10. Rodríguez Soriano Gerardo
Mejoramiento de Métodos de Construcción con
Técnicas de Análisis de Tiempos y Movimientos.
Tesis Profesional, U.N.A.M.
México, 1975

11. Rosado Jimenez Cesar Gabriel
Excavación del Túnel Interceptor Central uti-
lizando Escudo de Frente Abierto y Aire Compri-
mido.
Tesis Profesional, U.N.A.M.
México, 1980