



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

"PROGRAMACION DE OBRAS POR EL METODO
DE VELOCIDADES RITMICAS"

Tesis

Presentada a la Junta Directiva de la

Facultad de Ingenieria

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

por

CARLOS ERNESTO ANDRADE MORALES

Al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

Guatemala, Enero de 1977

TESIS DE REFERENCIA

NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

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

Decano: Ing. Raúl Molina
Vocal 1o.: Ing. Julio Campos B.
Vocal 2o.: Ing. Julio R. Barrios M.
Vocal 3o.: Ing. Leonel Aguilar
Vocal 4o.: Br. Jorge V. Guzmán B.
Vocal 5o.: Br. Felipe A. Berganza R.
Secretario: Ing. Carlos Cabrera G.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano: Ing. Raúl Molina
Examinador: Ing. Edgar Monroy
Examinador: Ing. Victor Molina
Examinador: Ing. José León Castillo
Secretario: Ing. Carlos Cabrera G.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por la ley universitaria presento a vuestra consideración, previo a optar el Título de Ingeniero Civil mi trabajo de tesis titulado:

PROGRAMACION DE OBRAS POR EL METODO DE
VELOCIDADES RITMICAS

Tema que me fue asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

DEDICATORIA

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES:

José Ernesto Andrade Keller
María de la Luz Morales de Andrade

A MI ESPOSA:

Luz del Carmen Piñol de Andrade

A MIS SUEGROS:

Ing. Rafael Piñol Ramírez
Edda Ligia Marroquín de Piñol

A MIS HERMANOS:

Ana María Andrade de Stein
María de la Luz Andrade de Coronado
Ricardo Andrade

A MIS CUÑADOS:

Carlos Stein
Roberto Coronado
Rafael Piñol
María Elisa Piñol
María Antonia Piñol

A MIS TIOS, SOBRINOS, PRIMOS Y DEMAS FAMILIARES

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

A LA FACULTAD DE INGENIERIA

AGRADECIMIENTO

- AL ING. MANUEL ANGEL CASTILLO BARAJAS
Por su guía y consejos durante mis estudios.
- AL ING. EDUARDO RAMIREZ SARAVIA
Por su guía en la realización del presente trabajo.
- AL CENTRO CHILENO DE PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION.
- AL ING. HECTOR DAVID TORRES
Por su guía en la realización del presente trabajo.
- AL ING. RONY SARMIENTOS
- AL ARQUITECTO VICTOR DEL VALLE
- AL ARQUITECTO MARIO RACASERMEÑO
- AL ING. INFIERI JORGE EDUARDO ARIAS
- AL INSTITUTO TECNICO DE CAPACITACION Y PRODUCTIVIDAD INTECAP
- A TODOS AQUELLOS PROFESIONALES QUE EN UNA U OTRA FORMA AYUDARON A LA REALIZACION DLE PRESENTE TRABAJO.
- A MIS CATEDRATICOS
- A MIS COMPANEROS

INTRODUCCION

Sabiendo que hoy en día el ritmo de la construcción en Guatemala es cada día más grande, considero necesario investigar nuevos sistemas de programación de obra con el fin de poder mejorar métodos y obtener así una eficiencia satisfactoria en el ramo de la construcción.

Actualmente se usan únicamente los sistemas de programación PERT, CPM, y de Precedencia para obras singulares. Este motivo me ha llevado a profundizar y estudiar un nuevo sistema.

Este nuevo sistema, se basa en un análisis detallado de los recursos, (como son mano de obra, materiales, etc.) y en el concepto rítmico de velocidad en las diferentes actividades. Su interpretación por medio de gráficas es de muy fácil comprensión para todo el personal intermedio de un obra en sí, y además es un gran aliado para el control de la obra a través del tiempo.

El nuevo sistema de programación R.P.A., R (ritmo), P (partida), y A (actividad) está basado como se indicó anteriormente en el análisis de los recursos, obteniendo las duraciones y velocidades así como el tiempo de inicio y de fin de cada una de ellas.

El R.P.A. es aplicable a obras repetitivas y singulares

pero sobre todo a obras donde se repiten las actividades por ejemplo: la construcción de varias casas en serie o la construcción de un edificio de varios niveles donde los niveles son iguales. Por medio de un estudio de los requerimientos y recursos se determina la velocidad más adecuada a la partida dominante de un grupo de partidas y a las de mas se les imprime un ritmo igual.

En el sistema R.P.A. se hace una representación gráfica vectorial en la cual se ve claramente la interrelación entre las actividades y partidas.

La continuidad en la ejecución se obtiene por medio del análisis de la proporcionalidad que tienen las actividades con respecto a su partida (se entiende por partida las diferentes etapas en una obra repetitiva por ejemplo en un edificio llamaremos partidas al renglón de estructuras, acabados, fachadas, etc.), la que determina el desfase (tiempo entre dos diferentes actividades ordenadas secuencialmente) entre dos partidas. Este desfase es el que nos garantiza, junto con la velocidad, que los tiempos de espera entre dos o más actividades serán eliminados o mínimos.

Por medio de este trabajo pretendo contribuir a la introducción de un nuevo sistema de programación de obras a la construcción de obras grandes en Guatemala.

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES DE PRODUCTIVIDAD
Y FORMAS DE PODERLA INCREMENTAR.

1.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES PARA LA MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD.

Rentabilidad:

Es el rendimiento o ganancia por unidad de capital invertido; es decir, el grado en que valió la pena la actividad realizada. Es un aspecto contable y su fórmula fundamental es:

$$\frac{\text{Producción} - \text{Gastos}}{\text{Capital}}$$

Economicidad:

Es la producción (media en unidades monetarias) por unidad de costo; es decir, relación entre el resultado económico y el costo logrado. Es un aspecto económico y su fórmula fundamental es:

$$\frac{\text{Producción}}{\text{Costos}}$$

Producción:

Es el valor de los artículos fabricados; es decir, la cantidad de unidades del producto que se obtienen en un período de tiempo.

Productividad:

Es el aprovechamiento de los recursos necesarios para obtener el producto. Es un aspecto técnico y su fórmula fundamental es:

$$\frac{\text{Producción}}{\text{Total de recursos empleados}}$$

Eficiencia:

Es el grado con el cual se cumplió una meta. Es un aspecto gerencial y su fórmula fundamental es:

$$\frac{\text{Rentabilidad obtenida}}{\text{Rentabilidad prevista}}$$

$$\frac{\text{Economicidad obtenida}}{\text{Economicidad prevista}}$$

$$\frac{\text{Productividad obtenida}}{\text{Productividad prevista}}$$

CUADRO 1Medición de la ProductividadPirámide de Tasas

(1) Tasa Global	(1) $\frac{\text{Producto}}{\text{Total de insumos}}$	
(2) Tasas parciales	(2a) $\frac{\text{Producto}}{\text{Materias primas}}$	(2c) $\frac{\text{Producto}}{\text{Capital}}$
	(2b) $\frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo}}$	
(3) Tasas explicativas	(3a) $\frac{\text{Producto}}{\text{Materia prima principal}}$	(3d) $\frac{\text{Producto}}{\text{Horas-máquina}}$
	(3b) $\frac{\text{Producto}}{\text{Energía}}$	(3e) $\frac{\text{Producto}}{\text{Depreciación del Capital invertido}}$
	(3c) $\frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo directo}}$	
(4) Tasas explicativas específicas	Tasas según los conceptos (2) y (3) - por departamentos - por artículos - por procesos de producción	
(5) Tasas especiales	(5a) $\frac{\text{Horas-hombre indirectas}}{\text{Horas-hombre directas}}$	
	(5b) $\frac{\text{Horas-hombre}}{\text{Horas-máquina}}$	
	(5c) $\frac{\text{kwh}}{\text{Horas-hombre directas}}$	etc, etc.
	(5d) $\frac{\text{Materia prima}}{\text{Horas-hombre}}$	

CUADRO 2Medición de la PentabilidadPirámide de Tasas

(1) Tasa básica	(1) $\frac{\text{Ganancia}}{\text{Capital}}$		
(2) Tasas auxiliares	(2a) $\frac{\text{Ganancia}}{\text{Producción*}}$	(2b) $\frac{\text{Producción}}{\text{Capital}}$	
(3) Tasas explicativas	(3a) $\frac{\text{Ganancia}}{\text{Capital fijo}}$	(3d) $\frac{\text{Producción*}}{\text{Capital propio}}$	
	(3b) $\frac{\text{Ganancia}}{\text{Capital circ.}}$	(3e) $\frac{\text{Producción}}{\text{Capital Circul.}}$	
	(3c) $\frac{\text{Ganancia}}{\text{Capital propio}}$		etc.
(4) Tasas explicativas específicas	(4a) $\frac{\text{Capital fijo}}{\text{Capital circulante}}$		
	(4b) $\frac{\text{Capital fijo}}{\text{Capital propio}}$		etc.
	(4c) $\frac{\text{Capital circulante}}{\text{Cuentas pendientes}}$		

* Producción = Ventas más/menos cambio en las existencias.

CUADRO 1Medición de la ProductividadPirámide de Tasas

(1) Tasa Global	(1) $\frac{\text{Producto}}{\text{Total de insumos}}$	
(2) Tasas parciales	(2a) $\frac{\text{Producto}}{\text{Materias primas}}$	(2c) $\frac{\text{Producto}}{\text{Capital}}$
	(2b) $\frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo}}$	
(3) Tasas explicativas	(3a) $\frac{\text{Producto}}{\text{Materia prima principal}}$	(3d) $\frac{\text{Producto}}{\text{Horas-máquina}}$
	(3b) $\frac{\text{Producto}}{\text{Energía}}$	(3e) $\frac{\text{Producto}}{\text{Depreciación del Capital invertido}}$
	(3c) $\frac{\text{Producto}}{\text{Trabajo directo}}$	
(4) Tasas explicativas específicas	Tasas según los conceptos (2) y (3) - por departamentos - por artículos - por procesos de producción	
(5) Tasas especiales	(5a) $\frac{\text{Horas-hombre indirectas}}{\text{Horas-hombre directas}}$	
	(5b) $\frac{\text{Horas-hombre}}{\text{Horas-máquina}}$	
	(5c) $\frac{\text{kwh}}{\text{Horas-hombre directas}}$	etc, etc.
	(5d) $\frac{\text{Materia prima}}{\text{Horas-hombre}}$	

CUADRO 2Medición de la RentabilidadPirámide de Tasas

(1) Tasa básica	(1) $\frac{\text{Ganancia}}{\text{Capital}}$		
(2) Tasas auxiliares	(2a) $\frac{\text{Ganancia}}{\text{Producción*}}$	(2b) $\frac{\text{Producción}}{\text{Capital}}$	
(3) Tasas explicativas	(3a) $\frac{\text{Ganancia}}{\text{Capital fijo}}$	(3d) $\frac{\text{Producción*}}{\text{Capital propio}}$	
	(3b) $\frac{\text{Ganancia}}{\text{Capital circ.}}$	(3e) $\frac{\text{Producción}}{\text{Capital Circul.}}$	
	(3c) $\frac{\text{Ganancia}}{\text{Capital propio}}$		etc.
(4) Tasas explicativas específicas	(4a) $\frac{\text{Capital fijo}}{\text{Capital circulante}}$		
	(4b) $\frac{\text{Capital fijo}}{\text{Capital propio}}$		etc.
	(4c) $\frac{\text{Capital circulante}}{\text{Cuentas pendientes}}$		

* Producción = Ventas más/menos cambio en las existencias.

CUADRO 3Medición de la EconomicidadPirámide de Tasas

(1) Tasa global	(1)	$\frac{\text{Producción}}{\text{Costos}}$	
(2) Tasas explicativas	(2a)	$\frac{\text{Producción}}{\text{Costos de Producción}}$	
	(2b)	$\frac{\text{Producción}}{\text{Costos de Administración}}$	
	(2c)	$\frac{\text{Producción}}{\text{Costos de Distribución y Ventas}}$	
(3) Tasas explicativas específicas	(3a)	$\frac{\text{Producción}}{\text{Costo de Materias primas}}$	
	(3b)	$\frac{\text{Producción}}{\text{Costo de la Mano de Obra Directa}}$	
	(3c)	$\frac{\text{Producción}}{\text{Costo total del personal}}$	
	(3d)	$\frac{\text{Producción}}{\text{Costo del Capital}}$	
		etc.	
(4) Tasas especiales	(4a)	$\frac{\text{Costo de Materias Primas}}{\text{Costo de la Mano de Obra Directa}}$	
	(4b)	$\frac{\text{Costo de la Mano de Obra Directa}}{\text{Costo Total del Personal}}$	
	(4c)	$\frac{\text{Costo del Capital}}{\text{Costo total del Personal}}$	etc.

1.2 Principios básicos para el aumento de la Productividad

a) Organización:

Una empresa debe estar preparada para implantar sus métodos de programación y su punto clave es la organización.

Su función principal es la planificación.

-Definir objetivos

-Establecer las funciones y actividades:

Financieras

administrativas

técnicas

ventas

-Jerarquizar las funciones y actividades

-Establecer la coordinación de secciones

-Establecer las líneas de mandos

-Establecer los mecanismos de control interno

b) Establecimiento de Normas:

Es el conjunto de normas, procedimientos, especificaciones y detalles que van a regir a una empresa. Es uno de los elementos básicos de diseño, ya que si se normalizan los materiales se logra un ahorro de dinero y de tiempo.

c) Estudio de Métodos:

-Seleccionar la actividad de trabajo que se va a realizar. (Se estudian las actividades más repetitivas que ocurren .)

- Registrar el método actual. (Dejar una constancia gráfica de la forma en que se está realizando un trabajo determinado.)
- Examinar y criticar el método actual. (Con esta crítica surgen ideas nuevas.)
- Desarrollar un método mejor. (Ya sea para la reducción de tiempos de duración, de costo, de actividades, etc.)
- Medir la cantidad de trabajo.
- Ensayar el nuevo método.
- Capacitar al personal de acuerdo con el nuevo método.
- Mantener el método por medio de controles para no volver al método antiguo, ya que los trabajadores tienden a regresar al método antiguo.

d) Aprovisionamiento y Control de Existencia:

Este renglón parte esencialmente de un programa de consumo de insumos. (Materiales de construcción, herramientas, equipo, papelería, útiles de escritorio, combustibles, lubricantes, maquinaria, mantenimiento, etc.) Hay que tener una serie de especificaciones, normas y cantidad de los insumos necesarios.

El encargado del control de existencia tiene a su cargo la responsabilidad de hacer un inventario de insumos a diario, para poder saber en cualquier momento la existencia de cierto insumo, como también decir donde se coloca ca-

da insumo que ingresa en bodega, también velar por evitar los accidentes de sus empleados, mercadería etc. y llevar un control de lo que sale y entra.

e) Capacitación de Personal:

Es de gran importancia para una empresa tener personal calificado y para poder lograrlo hay dos formas: una, es adiestrando al personal fuera de la empresa y la otra forma es adiestrando al personal dentro de la propia empresa.

f) Relaciones Humanas:

Consiste en el arte de poder resolver los problemas humanos y ser resueltos de una manera amistosa.

Un supervisor de obra ante un problema humano debe actuar de la siguiente manera:

- Reunir datos
- Pensar, meditar y tomar una decisión al respecto.
- Actuar y ser honesto
- Comprobar los resultados para ver si actuó bien o mal.

g) Medición del Trabajo (Cantidad de trabajo x unidad de Producción.)

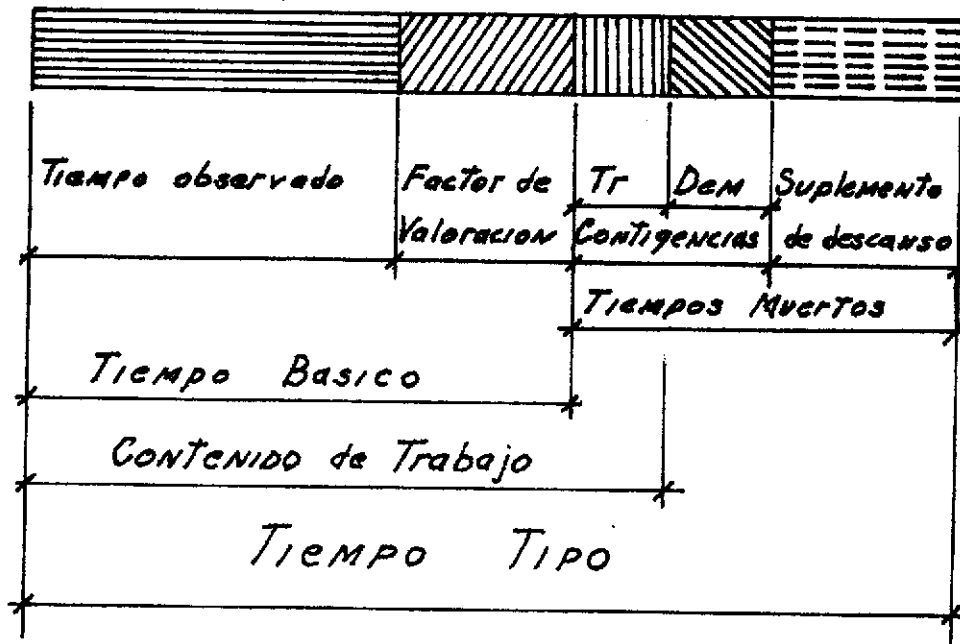
La medición del trabajo es el conjunto de técnicas que nos permiten determinar el tiempo que invierte un traba-

jador calificado promedio en llevar a cabo una tarea de acuerdo con las normas establecidas. (Normas de seguridad, calidad y cantidad de trabajo).

¿Cómo se puede establecer un tiempo tipo?

El tiempo tipo se establece observando el trabajo y midiendo con un cronómetro o por medio de un reloj con una precisión de minuto lo que hizo el trabajador durante la jornada laboral y se divide entre la jornada de trabajo.

El tiempo tipo en una operación se establece de la manera siguiente:



-Factor de valoración se obtiene:

$$\frac{\text{Tiempo observado (ritmo normal)} - 100}{100}$$

-Contingencias:

Es alguna demora durante el día. Pueden ser imputables al trabajador o a la dirección.

Es 5% del tiempo básico.

-Suplemento de descanso:

Es el 9% del tiempo básico cuando el trabajador es hombre y si es mujer es del 11% del tiempo básico.

-Tiempo tipo:

Minutos (puntos) para fines de remuneración.

Hombre/día para fines de programación.

-Tiempo improductivo:

Tiempo tipo - tiempo básico

h) Plan de incentivos económicos

Es necesario hoy en día que el trabajador tenga un estímulo económico.

Métodos de incentivos:

- El trabajo por día. (Sólo con que el trabajador se haga presente gana su día tenga o no herramientas para trabajar.)
- A destajo. (La persona gana según las unidades que haga.)
- Por tarea. (Cuando se fija una cierta cantidad de trabajo y si hay bonificación el trabajador se queda más tiempo trabajando para producir más económicamente.

i) Programación.

En este renglón entran todos los sistemas de programación como son el CPM, PERT, RAMPS, LINEA DE BALANCE y EL RPA que es el que vamos a tratar en este trabajo.

j) Control de la Programación.

Sirve para ir señalando los progresos y comparándolos con el programa original.

VENTAJAS DEL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA
DE LA CONSTRUCCION

Para el Constructor:

- cumplimiento de los plazos de entrega
- crecimiento de la empresa
- mejores posibilidades de competencia
- reducción de costos
- mayores utilidades

Para el Público:

- mejor calidad de las construcciones
- menor plazo de entrega
- precios más bajos

Para el Trabajador:

- Reducción de fatiga y esfuerzo innecesarios
- mejores condiciones de trabajo
- reducción de accidentes de trabajo
- mejores relaciones con jefes y compañeros
- oportunidad de adiestramiento
- mayor estabilidad en el puesto
- mejores salarios

Para el Estado:

- reducción de la tasa de desempleo

- reducción de conflictos laborales
- aumento del producto nacional bruto
- mayores ingresos sobre ventas y sobre utilidades.

ETAPAS EN LA ORGANIZACION DE UN PROCESO PRODUCTIVO

Planificación:

Conjunto de decisiones que deben tomarse sobre una serie de alternativas evaluadas, que den por resultado la división del trabajo en sus actividades componentes, y establezcan la secuencia de ejecución de las mismas, en la forma más económica y eficiente.

Programación:

Acción de enmarcar la planificación del tiempo, representando los resultados en: Gráficos, listados, tablas, cuadros, etc.; o sea, utilizando la forma gráfica más adecuada y conveniente. Además dentro de este aspecto se incluye la cuantificación exacta y asignación oportuna, de los recursos necesarios para la ejecución de las actividades componentes del proceso.

Control:

Acción de comparar periódicamente las predicciones contra lo ejecutado, (sobre duración, recursos y costos) a fin de, que en todo caso, poder tomar las medidas correctivas que demanden las circunstancias.

CAPITULO II

LA LINEA DE BALANCE

Una línea de montaje de una fábrica y un proyecto de vivienda tienen aparentemente poco en común, sin embargo, la construcción de edificios es una forma de construir en masa y en ciertos aspectos los casos son similares. En un edificio elevado los pisos son idénticos, la construcción de cada piso revela que el mismo proceso de operación ha sido repetido. Esta repetición de operaciones es semejante a la producción masiva de las fábricas.

En una fábrica los productos se mueven a lo largo de una línea de montaje mientras los operarios trabajan en lugares fijos. En una construcción habitacional los productos se vuelven estacionarios y los operarios se mueven de casa en casa o de un piso a otro.

Pero la construcción y la producción industrial tienen también en común que las operaciones se vuelven repetitivas si la sección intermedia de una línea de montaje trabaja demasiado a prisa, no se obtendrá por eso una ventaja adicional. Para proteger el sistema contra demoras eventuales, se instalan reservas de material entre las secciones centrales, a esa reserva de material se le llama amortizador; ahora bien, cuando la sección intermedia trabaja demasiado a prisa o muy lenta

mente la línea de producción es protegida por la reserva amortiguadora.

La línea de montaje logra así su mayor eficiencia con cada sección trabajando a la misma velocidad dentro de las normas descritas.

Para mantener la fluidez a lo largo de la línea de montaje, se debe establecer un ritmo de trabajo uniforme; para ese propósito se ha desarrollado una técnica planificadora de producción, a la que se denominan Línea de Balance, aplicada inicialmente a la producción fabril y que también se emplea con gran éxito en la industria de la construcción. Lo esencial de una línea de balance es que para llenar una determinada cuota de producción, cada operación se realice a la misma velocidad. Por supuesto hay unos procesos que toman más tiempo que otros. Al construir una casa según los cálculos se podría necesitar sólo 10 días para la cimentación, 15 días para la estructura y 10 para el acabado; esto sería lo ideal, pero sabemos que en la práctica se debe conceder un margen complementario por las demoras inevitables.

En una línea de montaje se intercala una existencia de productos amortiguadores; en el ramo de la construcción el tiempo hace las veces de amortiguador. Por experiencia dejamos varios días entre cada operación para proteger nuestro programa; en el presente ejemplo son recomendables cinco

días. Ver Figura # 1. Tenemos una franja gráfica en la cual el tiempo total necesario para terminar una casa es de 45 días. Si unimos las gráficas de las cimentaciones, las estructuras y los acabados, habremos construido una gráfica básica de líneas de balance. Ver Figura # 2.

A pesar de ser un ejemplo sencillo, vemos que pueden aportar una gran cantidad de información útil, establecer un ritmo uniforme de trabajo, y formar una guía de fechas para iniciar y terminar cada operación en cada casa. Después de observar el ritmo de trabajo y sus efectos, si es necesario se pueden acelerar la producción con el empleo de personal extra, o bien reducir la velocidad en las construcciones empleando menos personal; esto último implica que el contrato correspondiente será de más de 65 días. La gráfica mostrará los efectos en la programación y los cambios en algunas de las operaciones. Si se retrasa el ritmo de la construcción de las estructuras, se rebajará el margen del tiempo de reserva o amortiguador. Si los cimientos se construyen a un ritmo más acelerado que las demás partes, no se beneficiará la terminación de los trabajos. Ver Figuras 2 A y 2B respectivamente.

Vemos ahora un ejemplo más realista en la construcción de 220 casas en 300 días.

Pueden mostrarse planes separados para sus estructuras, mampostería, en primero y segundo niveles, colocación de pi-

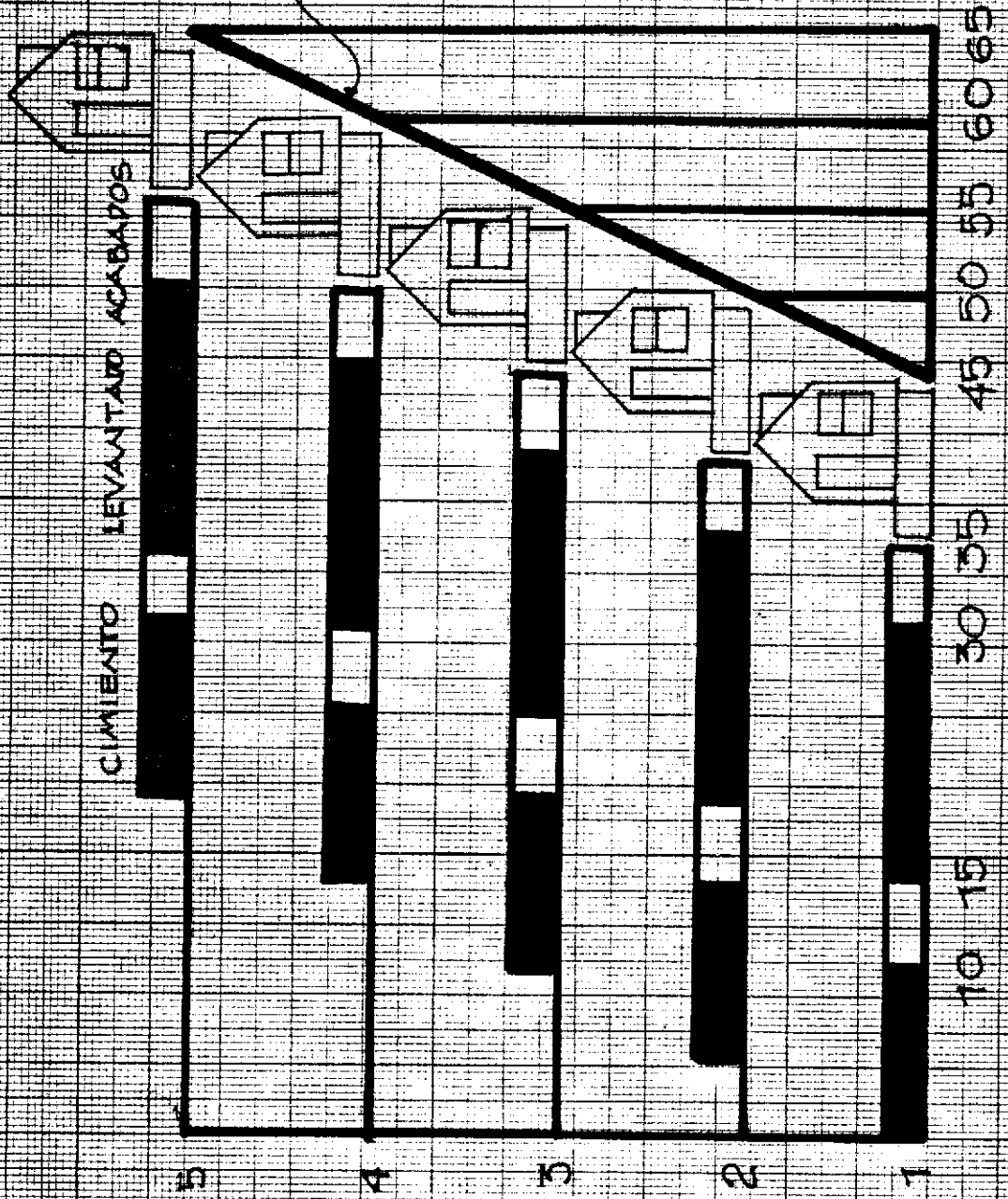


FIG #17

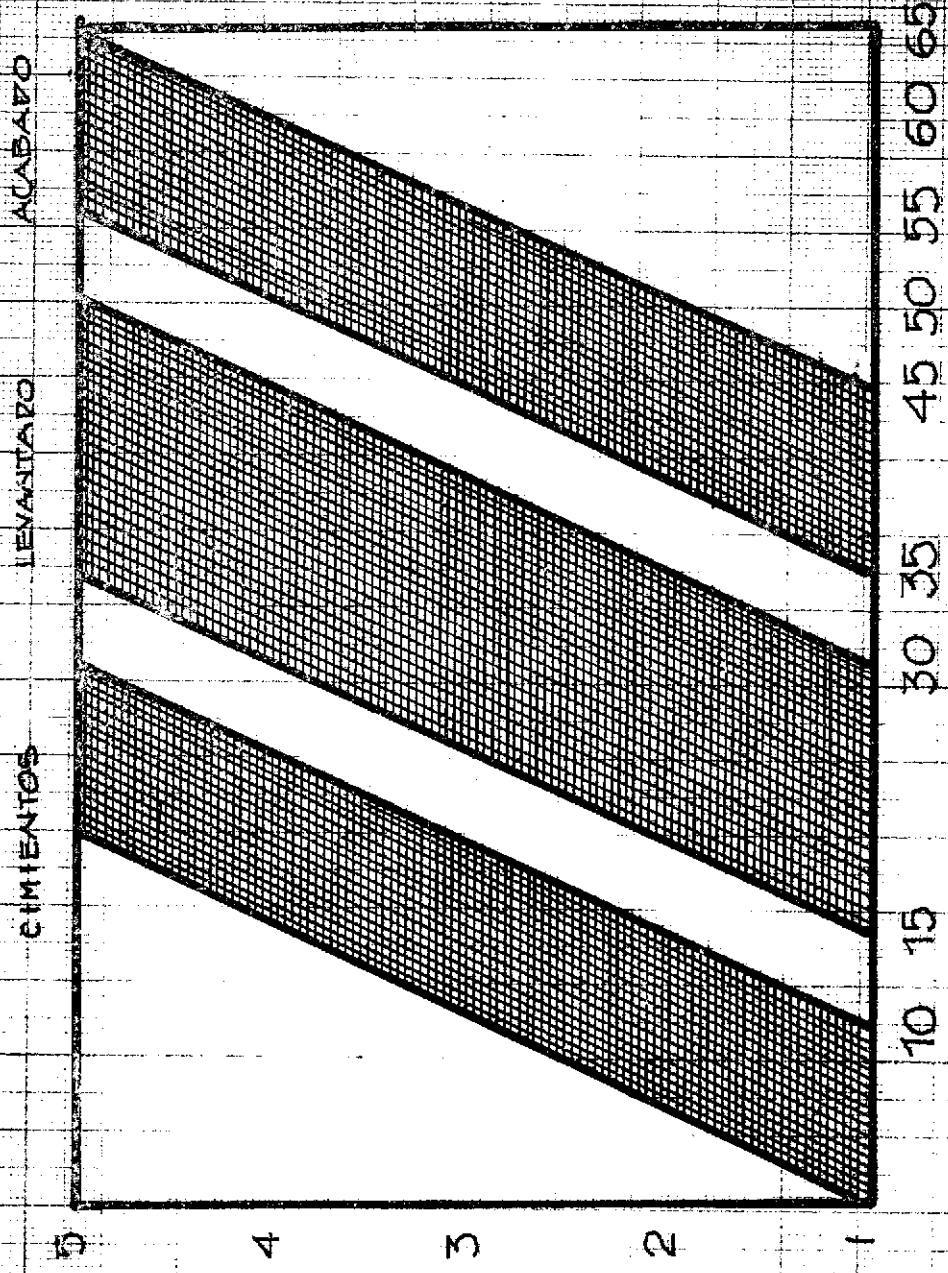


FIG. # 2

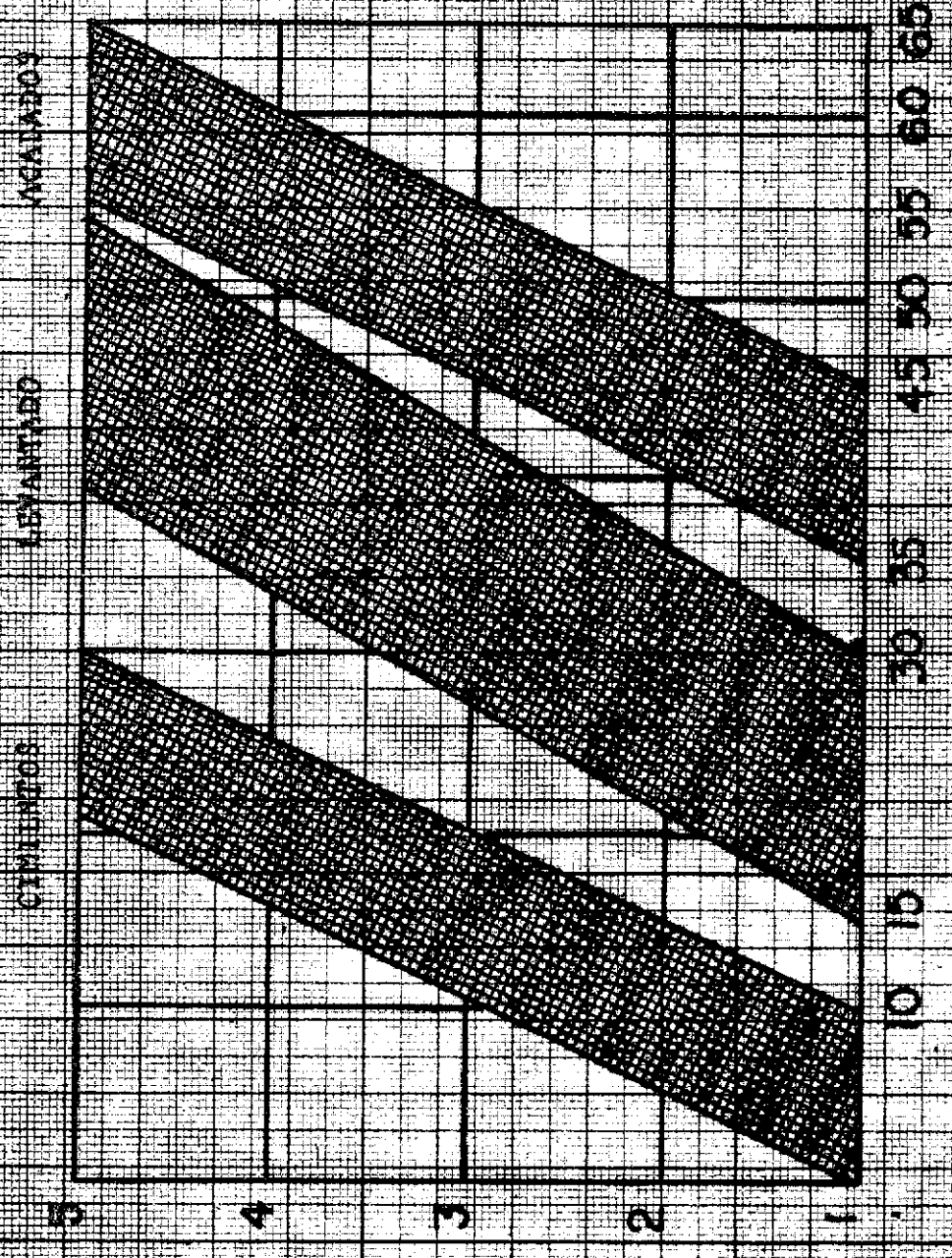


FIGURA # 24

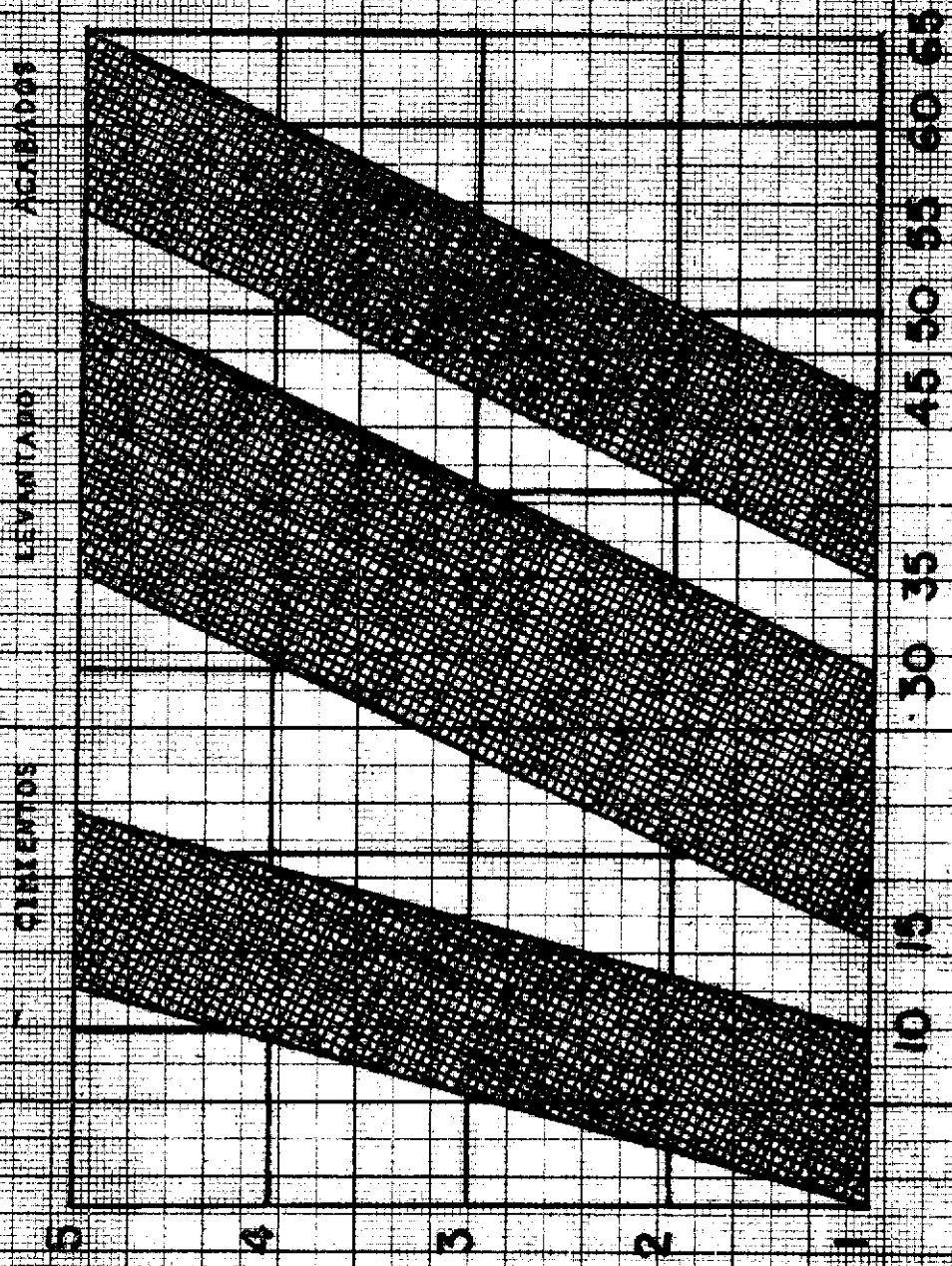


FIGURA H 20

tos, mampostería en el tercero y cuarto niveles, carpintería losas de entrepiso, ventanería, instalación eléctrica, plomería, acabados en paredes, etc. Ver Figura # 3.

En este ejemplo el trabajo de los acabados en paredes dista mucho de llevar un ritmo uniforme; si se pudiera mejorar, se ahorraría tiempo en toda la programación. Por lo tanto, podríamos emplear cuadrillas adicionales de albañiles para acelerar el trabajo. Sin embargo, para el día 110 los operarios no tendrían casas que repellar; ante esta situación, lo indicado es prescindir de la cuadrilla adicional y continuar con el personal original. Ver Figura # 4.

Otra alternativa sería prescindir de todos los repelladores para volver a utilizarlos posteriormente. **Tales medidas** mejoran el tiempo total del contrato porque acerca este personal al ritmo uniforme de trabajo. Ver Figura # 5.

La línea de Balance se puede aplicar también en edificios de pisos múltiples, tanto los cimientos como el primer piso no se repiten, pero sí son repetitivos los pisos restantes y se pueden programar por la línea de balance; el techo tampoco es repetitivo. Los trabajos se realizan en todos los pisos hasta que el edificio quede terminado; la última línea inclinada es la de la limpieza, que se realiza de arriba a abajo. Ver Figura # 6.

La línea de balance se puede aplicar utilizando porcentajes de terminaciones en grandes proyectos que no son estrictamente repetitivos, como plantas eléctricas y hospitales. Ver Figura # 7. El método también es útil para propósitos de control, señalando los progresos y comparándolos con el programa original.

Las gráficas de líneas de balance mejoran el control y fácilmente pueden ser interpretadas por un supervisor. A la gerencia de construcción la línea de balance le es valiosa, tanto para la planeación como para el control. Le aporta una imagen de los avances de todo el proyecto y lo capacita para anticiparse a demoras potenciales y para tomar las medidas de corrección pertinentes.

Con la línea de balance también se pueden calcular los trabajos en equipo y los materiales requeridos para proseguir con los planes de un programa. También puede señalar el número de trabajadores de diversos oficios necesarios cada semana, así como lo relativo a entregas de material y equipo. Durante el contrato puede proporcionar al gerente de construcción comparaciones entre los costos y avances actuales y los programados originalmente. La Línea del Balance es un sistema integral de programación y control, que puede ser comprendido a cualquier nivel, indicando el progreso de la construcción y como la falta de ritmo puede causar demoras, contribuyendo a prevenir fracasos en las empresas.

REPELLAPRES

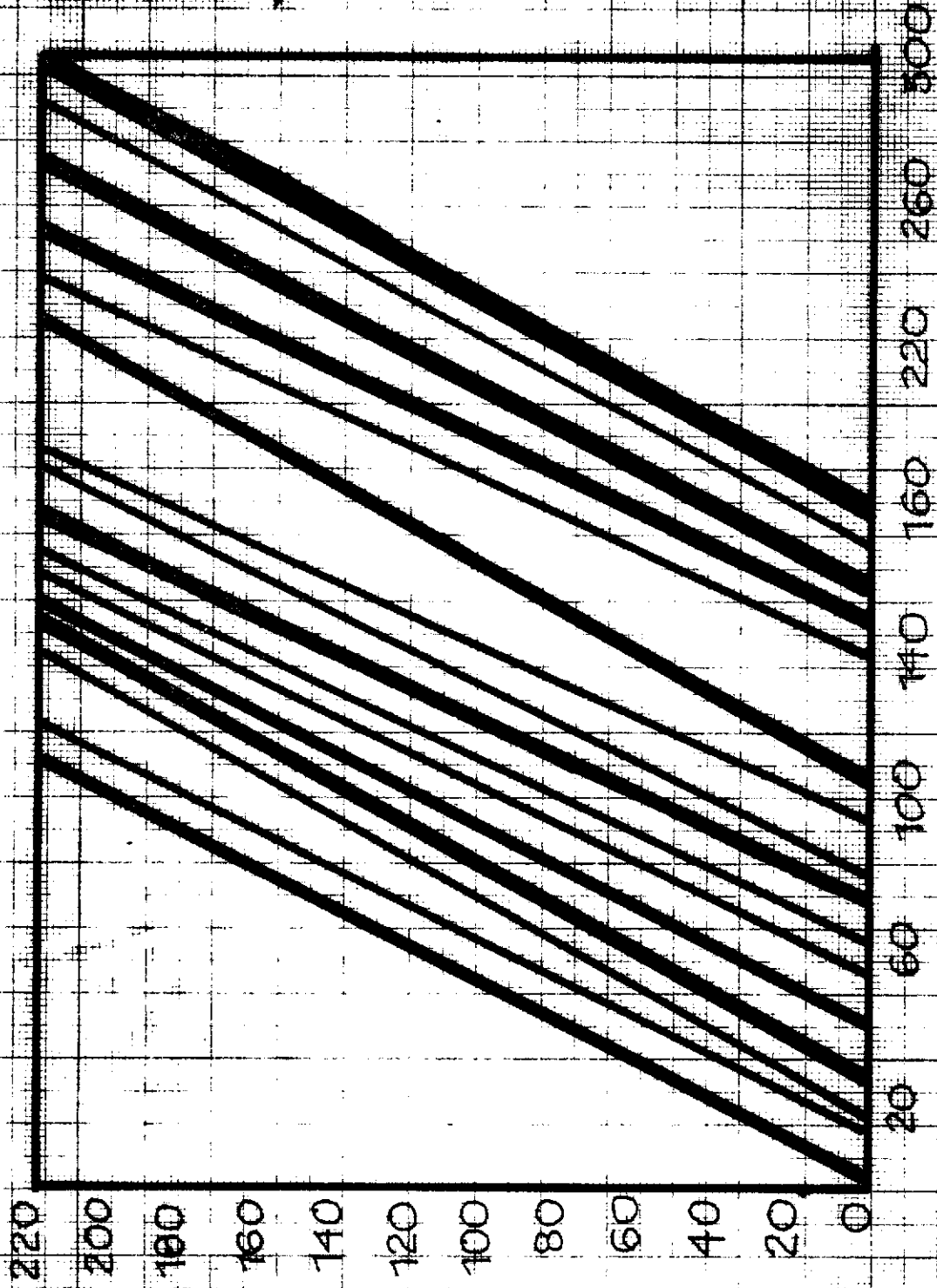


FIG. # 3.

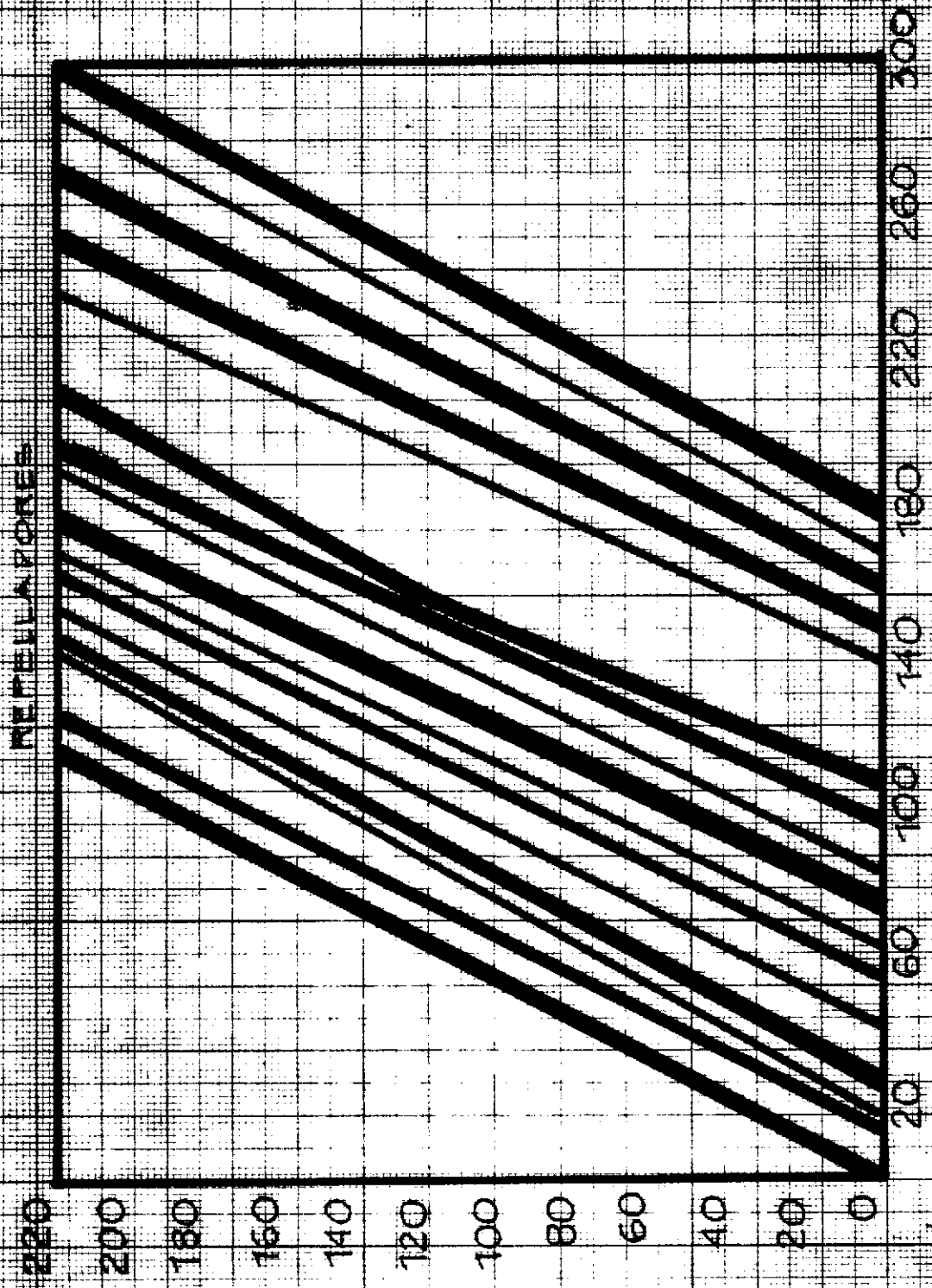


FIG. #14

SATELLITES

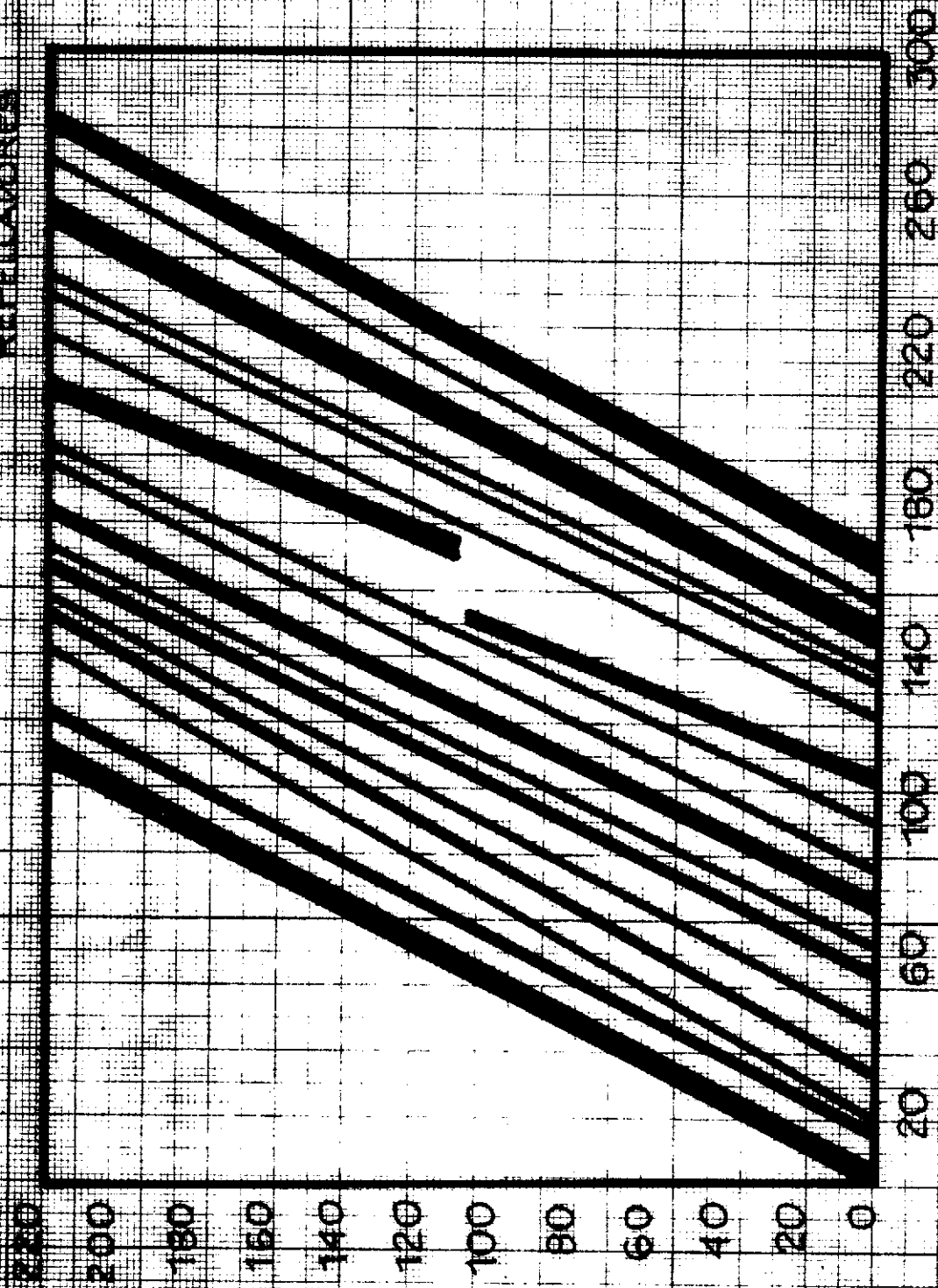


FIG. # 5

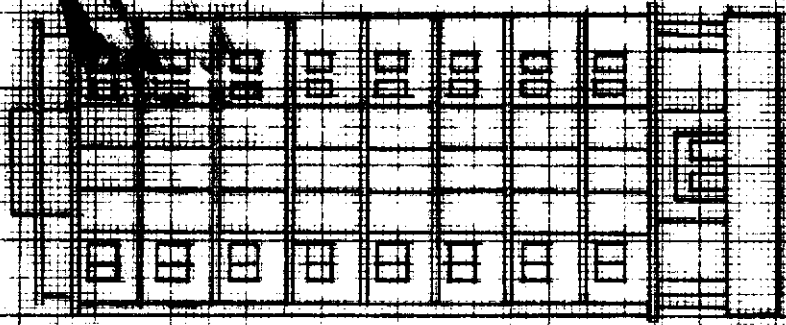
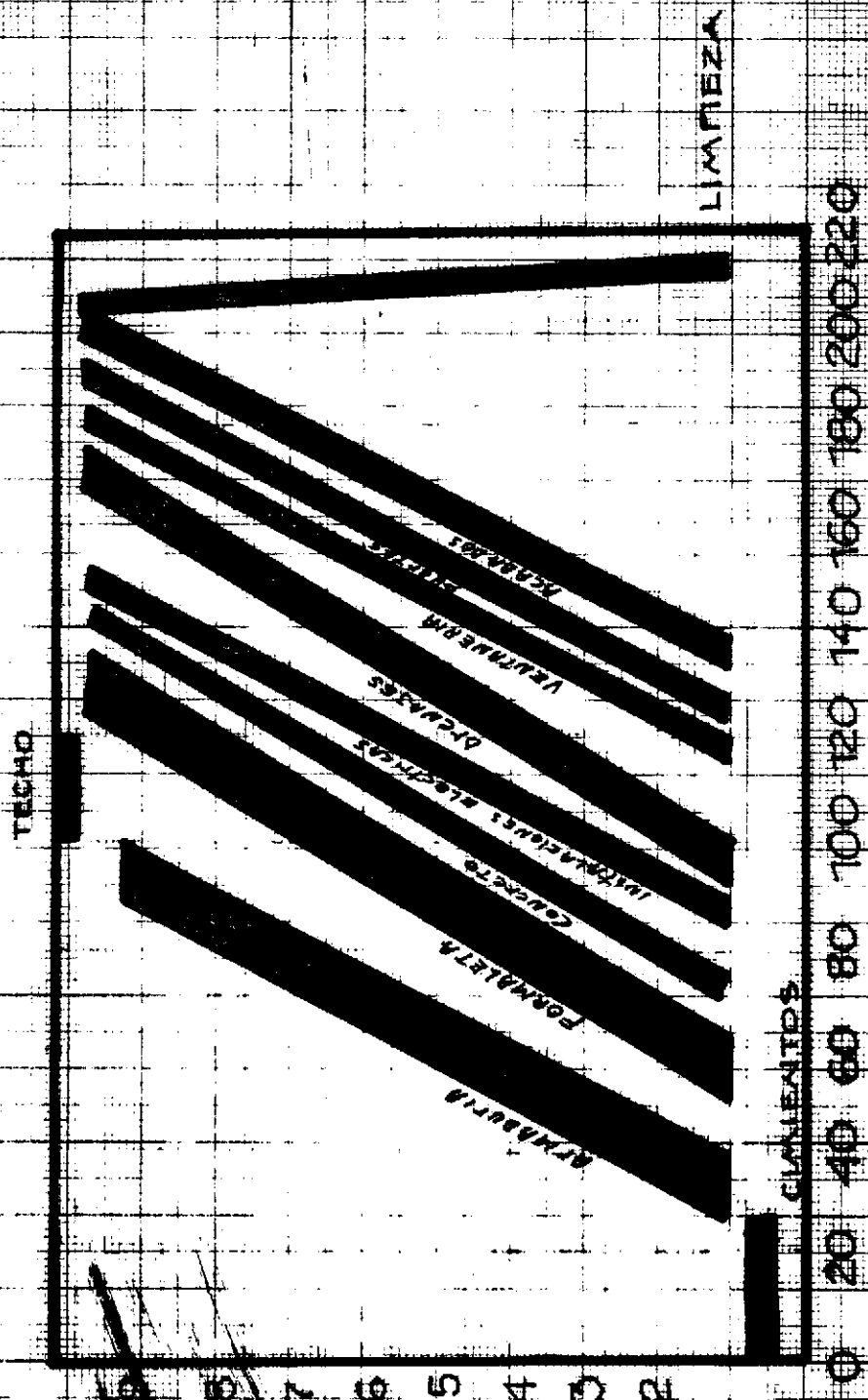


FIG. # 6

LIMPIEZA

TECHIO

CIMENTOS

6
5
4
3
2
1
0

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220

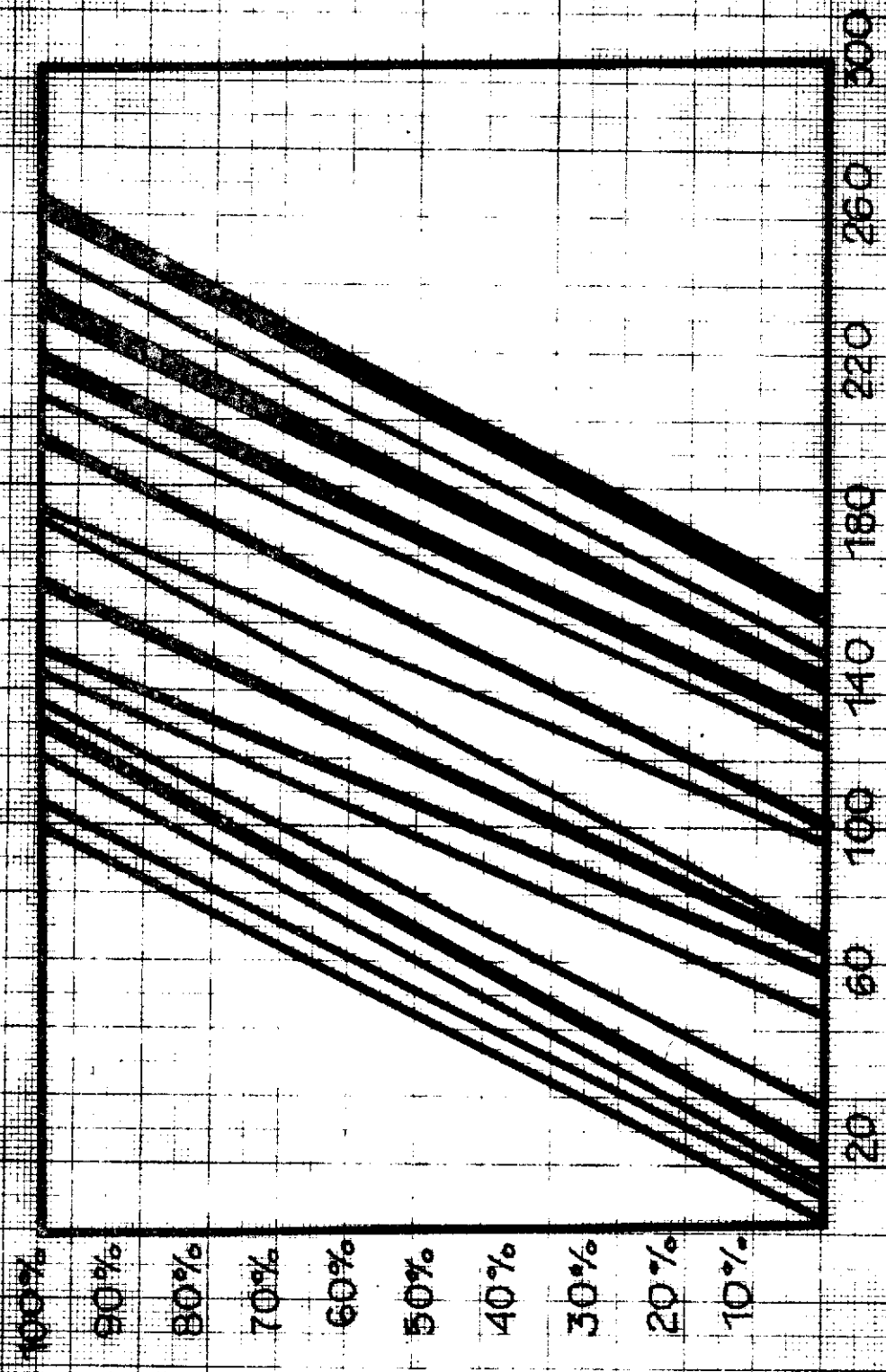


FIG. # 7

SISTEMA DE PROGRAMACION DE VELOCIDADES RITMICAS PARA OBRAS SINGULARES

" R P A "

CAPITULO III


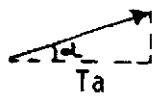
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

CAPITULO III

3.0 En este capítulo expondré la teoría del nuevo sistema R.P.A. que quiere decir Ritmo, Partida, Actividad para lo cual me he basado en el folleto proporcionado por el centro chileno de la productividad de la construcción.

3.1 Conceptos Generales:

En los sistemas PERT, C.P.M. y Fondall las actividades tienen una representación como lo ilustran las figuras.

SISTEMA	REPRESENTACION DE LA ACTIVIDAD	GRAFICACION	DURACION
C.P.M.	Entre 2 nodos con sentido	0 $\frac{N^*}{T}$ 0	T
PERT	Entre 2 nodos con sentido	0 $\frac{N^*}{T_e}$ 0	$T = \frac{T_e + 4t_{mp} + t_p}{6}$
PROCEDENICA O FONDALL	nodo		T
RPA	Vector		100% Ta

En cualquiera de estos sistemas de programación habituales de obras singulares, el programador debe dar una duración de cada actividad en particular, basada en su experiencia personal de rendimiento y en las cubicciones.**

* N = Actividad

** Para que el lector tenga una base de los rendimientos recomiendo el libro de "Costos, presupuestos y avalúos del Ing. Amando Vides Tobar.

Desgraciadamente, este criterio, no permite establecer una inter-relación de velocidades de las actividades entre sí ya que el punto de partida es arbitrario.

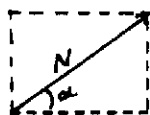
Sólo el cálculo analítico o bien la optimización de los recursos a través del computador electrónico, en los casos más complejos, permite determinar las velocidades óptimas de avance de las actividades.

Es pues nuestro enfoque del problema a través del Sistema RPA, partir del análisis de recursos para poder determinar los ritmos adecuados de duración comunes a ciertos grupos de partidas. Se entiende como PARTIDA, al conjunto de operaciones de la misma naturaleza que corresponde al desglose de los procesos secuenciales que integran una obra de construcción; y GRUPO DE PARTIDAS, como el conjunto de partidas afines de igual velocidad; y ACTIVIDAD comprende a una partida referida a un área, sector, o etapa de la obra.

En el sistema RPA , la actividad está representada por un trazo con dirección (vector). Es decir se grafica la actividad sobre la base de la cantidad de obra en función del tiempo, lo que determina cierta velocidad expresada como $t g \alpha =$ cantidad de obra por unidad de tiempo.

Actividad = N

100 %
Cantidad
de obra



Velocidad = $t \cdot g \alpha$ = avance
tiempo.

La optimización de los recursos nos obliga a graficar en forma general el desarrollo de la obra, en grupos de partidas en función del óptimo aprovechamiento de los recursos y recurriendo al concepto de duraciones similares de las partidas que denominamos RITMO. Con, esto programamos el mejor aprovechamiento de los recursos, minimizando los tiempos muertos y obteniendo los plazos más cortos de duración de la obra.

Esta determinación de velocidades sobre la base del análisis de recursos, nos condiciona el programa de actividades en detalle en un cuadro de velocidades de avance, que será el programa a controlar en forma periódica y el determinará el avance parcial y la eficiencia del uso de los recursos de las actividades.

Si estos datos son traspasados a un programa general, nos arroja el avance, general de la obra y una eficiencia, que son la base de la información necesaria para que la Empresa pueda decidir sobre la marcha de la obra.

De lo expresado anteriormente se determinan los



programas siguientes:

- a) Cuadro de velocidades de grupos de partidas determinado por el análisis de recursos.
- b) Cuadro de velocidades de las actividades, deducido del anterior.
- c) Cuadro de avance general de la obra.
- d) Curva ocupacional deducido de los programas de avance, que permite tener claridad sobre la eficiencia de la mano de obra.

A) Análisis de recursos para obtener la velocidad de avance de grupos de partidas:

Para establecer la velocidad de construcción, debemos optimizar los recursos en base al análisis de estos y fijar las condiciones de precedencia entre los distintos grupos y partidas.

Las diferentes velocidades de los grupos de partidas permite tener claramente las condiciones de avance y velocidad (Ver Figura # 8) de la obra; así, con estas determinantes se llega posteriormente a establecer el cuadro de velocidades de avance de cada una de las actividades. Los principales aspectos que debe considerar este análisis son:

1. Optimizar los costos

G. General	}	Directos Indirectos
Labores		
G. Financieros		

2. Capacidad de Producción de Hormigón.

3. Izaje, equipo de elevación
4. Transporte

{	Interno
{	Corta Distancia
{	Larga Distancia
5. Utilización de formaleta
6. Capital de explotación
7. Recursos humanos
8. Abastecimiento de materiales
9. Energía disponible
10. Programa financiero

Las partidas que integran este grupo de partidas son dominantes. Las partidas no dominantes debido a su holgura, tienen diferente velocidad que la del grupo de partidas. Estas últimas, son frecuentemente utilizadas como "Operaciones Colchón".

B) Cuadro de velocidades de las Actividades:

Como se ha explicado, el análisis de recursos nos determina el avance de cada actividad y un programa apto para ser usado en la obra (ver Figura # 9).

El control de este gráfico, nos expresa la eficiencia de la mano de obra y la comparación de las actividades en ejecución con respecto al total, y el avance de ellos mediante la relación

Hombres días programado según avance real:

Hombre días totales programados. HD (hombre-día)

SISTEMA A.P.A.

CUADRO VELOCIDADES DE GRUPO DE PARTIDAS

EDIFICIO DE 11 PISOS

20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

FIG.	ALB. B.
	OCT 76

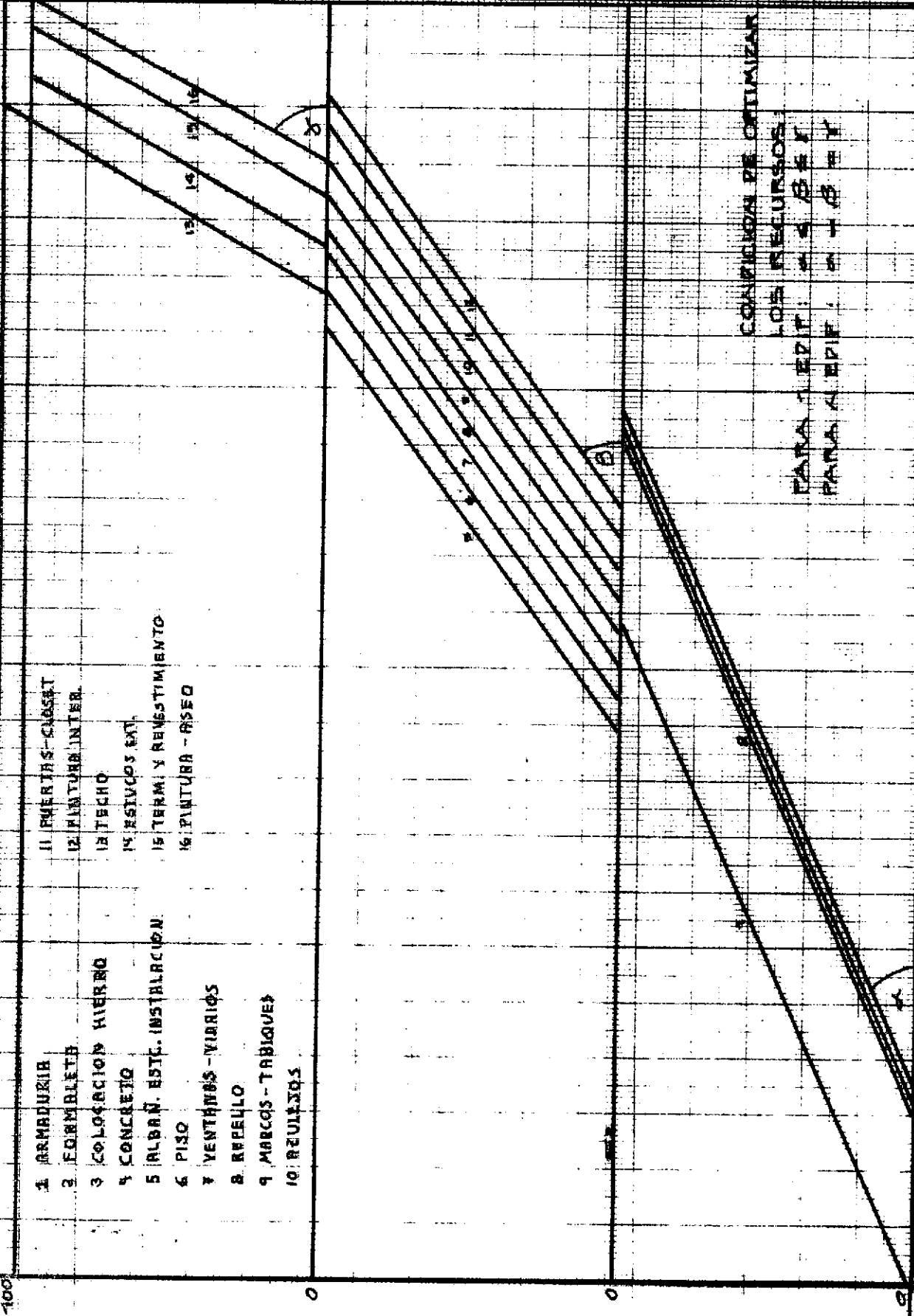
- 1 ARMADURIA
- 2 FORMALETA
- 3 COLOCACION HIERRO
- 4 CONCRETO
- 5 ALBAN. ESTE. INSTALACION
- 6 PISO
- 7 VENTANOS - VARIOS
- 8 REPELLO
- 9 MARCOS - TABIQUES
- 10 REJESOS

- 11 PUERTAS-CLOSET
- 12 MANTONERIA INTER.
- 13 TECHO
- 14 REJESOS EXT.
- 15 TERM. Y REVESTIMIENTO
- 16 PINTURA - RISO

GRUPO PARTIDAS DE FACHADA

GRUPO PARTIDAS DE ACABADOS

GRUPO PARTIDAS DE ESTRUCTURA



CONDICION DE OPTIMIZAR
LOS RECURSOS
PARA T. EPIT. = 4.3.8.5.1
PARA A. EPIT. = 5.4.8.5.1

20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

C) Curva ocupacional.

Es obtenida por la suma parcial a través del tiempo de la inversión de HD/día de las actividades en ejecución. (Ver Figura #10).

D) Cuadro de avance general de la obra:

En este cuadro podemos ir graficando los puntos de cada informe periódico de avance, obteniendo con la metodología anteriormente expuesta. Esto es importante, ya que los gráficos parciales nos permiten ver un contexto general, que podemos tenerlo en este gráfico. El programa de HD acumulado se obtiene de la curva ocupacional, el avance de la obra se determina graficando la incidencia acumulada en porcentaje de HD a través de su desarrollo. (Ver Figura #11).

3.2 Relación de velocidades de Partidas y sus actividades Componentes.

La relación que existe entre la velocidad de una actividad y la de la partida que la contiene está dada por el siguiente análisis:

T_p = Duración total de la partida

T_a = Duración de la actividad.

R_p = Recursos de la partida

R_a = Recursos de la actividad

V_p = Velocidad de la partida

V_a = Velocidad de la Actividad.

V_r = Velocidad de inversión de recursos

En el cuadro de velocidades de partida tenemos:

En Estructuras $V_p = t g \alpha$

En Acabados $V_p = t g \beta$

En Fachadas $V_p = t g \gamma$

Luego para todos los grupos de partida:

$$V_p = \frac{1}{T_p} \quad \delta \quad T_p = \frac{1}{V_p}$$

Ahora bien, en el cuadro de velocidades de las actividades tenemos:

$$V_a = \frac{1}{T_a}$$

$$T_a = T_p \frac{R_a}{R_p} = V_a = \frac{1}{T_p} \frac{R_a}{R_p}$$

Reemplazando obtenemos que:

$$V_a = V_p \frac{R_p}{R_a}$$

Es decir que V_a es directamente proporcional a la relación de recursos $\frac{\text{Totales}}{\text{Parciales}}$ y a la velocidad de la partida.

De lo que deducimos que $V_a > V_p$

De la expresión $V_a = V_p \frac{R_p}{R_a}$ deducimos además que:

a) En el cuadro de velocidades de partidas, la velocidad de avance es igual a la velocidad de inversión de recursos ya que:

$$V_r = \frac{R_p}{T_p} \quad \text{y} \quad R_p = 100\% \quad \text{o sea} \quad \frac{V}{R} = \frac{V}{P}$$

b) En el cuadro de velocidades de actividades con respecto

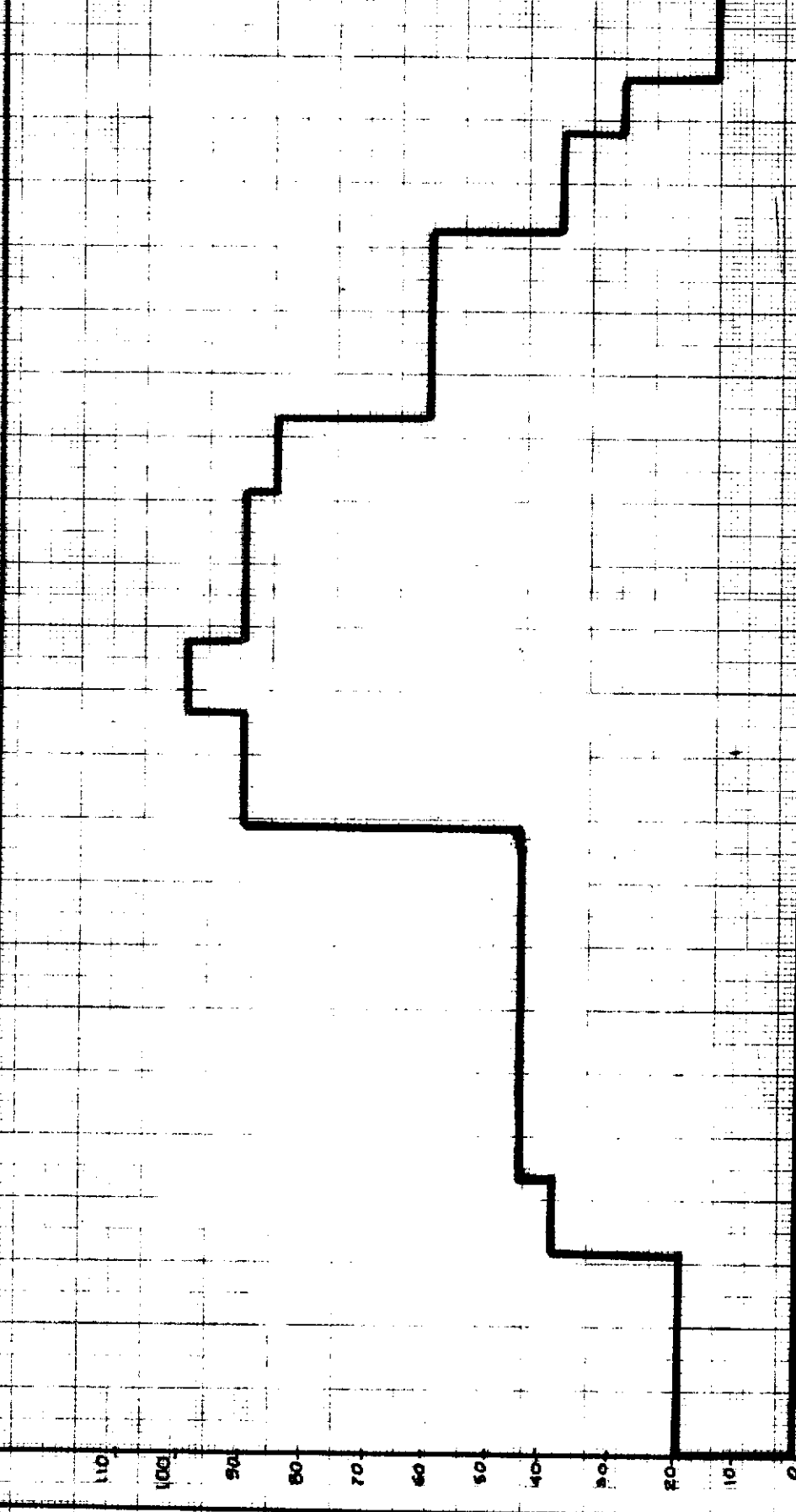
SISTEMA B.T.A.

CURVA OCUPACIONAL

EPIFICIO PE 11 F1508

FIG. A/R 10

25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475



25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475

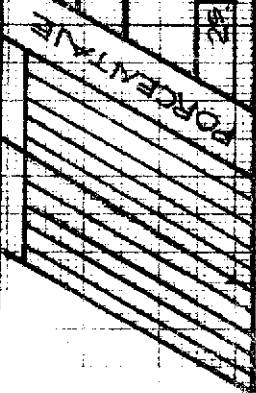
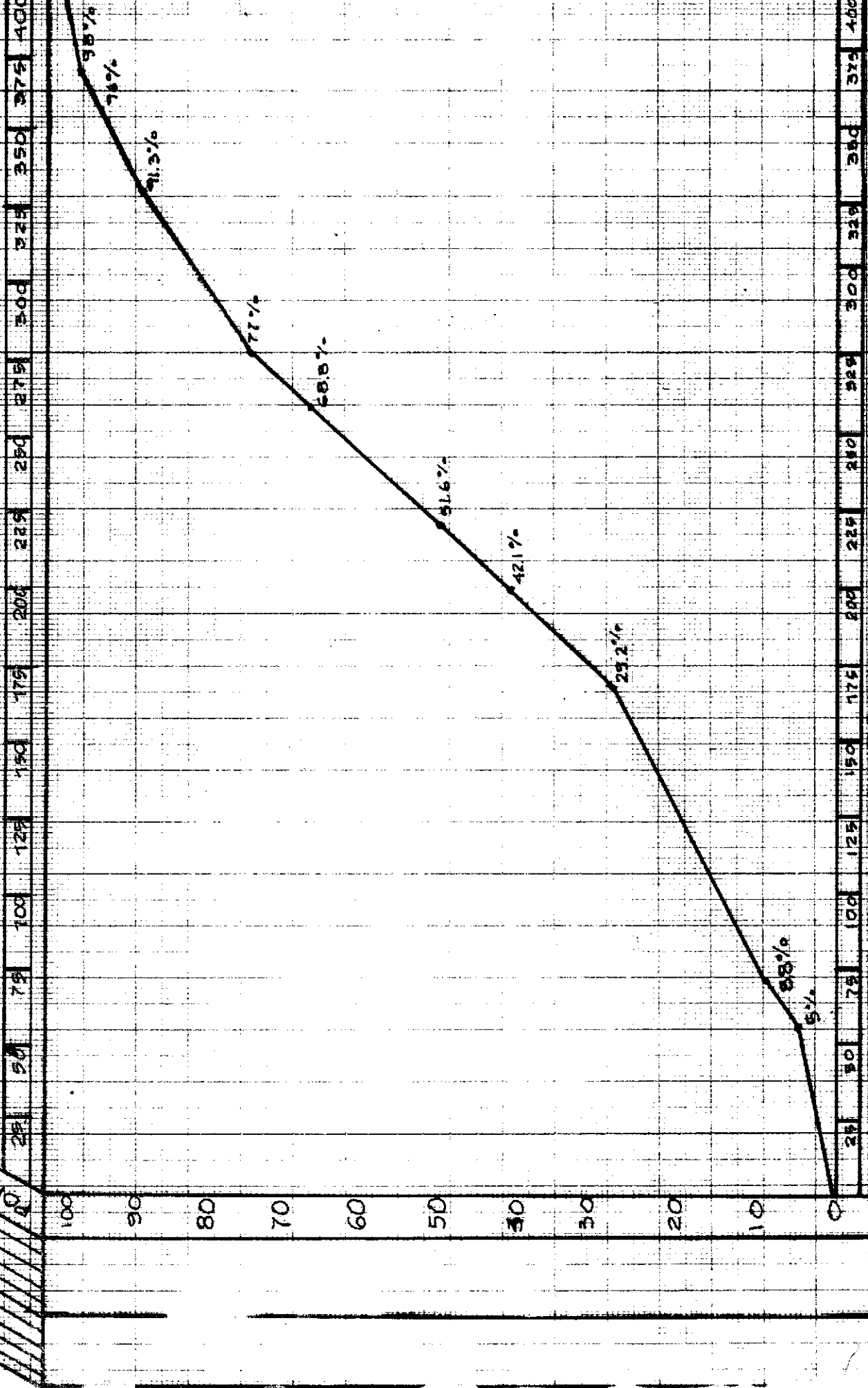
CURVA PERMANENTE	19	40	45	90	100	90	85	80	40	30	15
INVERSION ACID	1045	1845	6380	6320	10820	14420	16120	19120	20120	20570	20940
PERCENTAJE	15	9.8	28.8	42.1	51.6	55.5	77	91.3	96	98	100

SISTEMA R. P. A.

CURVA DE AVANCE GENERAL DE LA OBRA.

EVOLUCION DE 11 PISOS

FIG. Nº 10



las partidas, tenemos pues:

$$\frac{R_p}{R_a} > 1 \text{ y } V_a = V_r \frac{R_p}{R_a}$$

La relación de recursos de las actividades con respecto de las partidas, nos determinan los avances de las actividades en los grupos de partidas correspondientes a cada una de las etapas (1 er. piso, 2 o. piso, 3 er. piso).

En una programación del grupo de partidas de Obra Gruesa tenemos que la velocidad de las actividades de una misma etapa están en relación directa al volumen de concreto de esa etapa con respecto al volumen total de la partida de concreto el grupo de partidas de terminación de acabados. tiene relación de recursos diferentes al de Estructuras y por lo tanto, la velocidad de las actividades de una misma etapa en este grupo de partidas, están en relación a los acabados.

Lo mismo sucede para el grupo de terminación de fachadas. donde la relación de recursos se plantea entonces en función de estas terminaciones.

La relación de recursos de las actividades con respecto a las partidas, en un grupo de partidas, nos determina los avances de las actividades y por lo tanto la intersección de las partidas con una recta paralela a las abscisas, nos da los puntos de iguales avances de las actividades, tér-

mino y duración de cada una de las actividades.

Ahora bien, en un edificio de 11 pisos, cuando por ej. existe un subterráneo, el cociente de $\frac{\text{recursos de las actividades.}}{\text{Recursos de las partidas.}}$ en obra gruesa, es mayor que el de los otros niveles debido a que absorbe ésta etapa, una mayor proporción de recursos.

En cambio, la relación de recursos es menor cuando los recursos de las actividades son pequeños; sería el caso por ej. del 1er. piso, de ahí viene este cambio de velocidades de las actividades entre un piso y otro.

Las diferentes velocidades que determinaron la programación dibujada, se debió a que el grupo de partidas de estructuras, fijó la iniciación del grupo de partidas de terminación de acabados, cuando el avance, alcanzó a un 45%, ya que eso significaba que se iniciaba la fundición del 2o. piso y sólo en esa etapa, se podía disponer de la habilitación del subterráneo para iniciar los acabados.

Como caso práctico de interés, podemos desarrollar la aplicación de "RPA" a un conjunto de edificios de manera de reemplazar la habitual malla de los sistemas de PERT, CPM, o FONDALL. Para tal objeto en el cuadro de velocidades de grupos por partidas, las partidas son interceptadas por líneas horizontales que indican la ejecución de cada edifi-

cio, con un 100 % de ejecución de cada sub-partida.

Los puntos de intersección de las partidas totales y las rectas horizontales de relación de recursos de las sub-partidas, nos determina la fecha de iniciación y de término para cada sub-partida. El conjunto de puntos así obtenidos nos indica la inter-relación de las sub-partidas en el programa desarrollado, determinándose automáticamente la procedencia de ellas y la visualización muy clara de cualquier alteración del programa, lo que permite ver fácilmente la influencia de las variaciones de atraso o adelanto de la obra. La determinación de las actividades en cada edificio depende de la relación de recursos de las actividades con respecto a los grupos de sub-partidas de cada edificio. Ahora bien, estas rectas horizontales que expresan el 100% de ejecución de las sub-partidas, son distanciadas unas de otras de manera de su ubicación, está en función de la relación de recursos críticos ocupados por cada edificio en particular. Se acompaña aplicación gráfica de los expresado en forma simplificada (ver Figura # 12).

Es del caso mencionar que en este ejemplo del grupo de edificios los diferentes grupos de partidas deben tener igual velocidad para determinar una contratación de personal uniforme y asegurar la continuidad de la ejecución.

3.3 Condiciones de interrelación para asegurar la continuidad de el trabajo de construcción.

En un edificio de altura tradicional, existen actividades que se interrelacionan entre sí, por condiciones de precedencia, por condiciones de consecuencia o por condiciones de concurrencia.

a) Condición de precedencia.

Tiempo de término de $A_I \leq$ Tiempo de iniciación de B_I

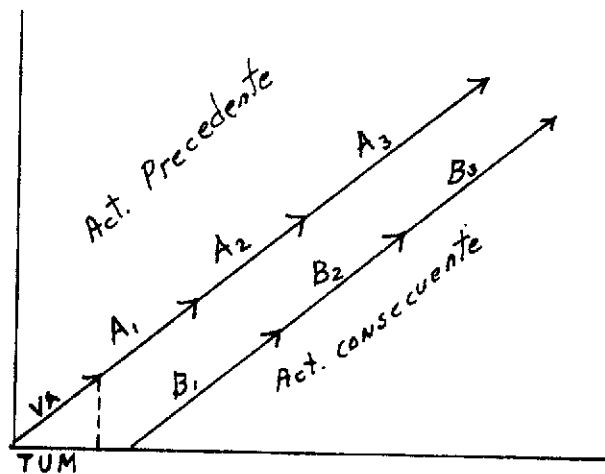
b) Condición de consecuencia.

Término de $B_I \leq$ Tiempo de iniciación de A_3

c) Condición de continuidad.

Debe cumplir a) y b); pero para cumplir con las 2 condiciones debemos descomponer

$A_1 A_2 A_3$ en subactividades o unidades modulares de manera que $T_{um} \leq$ desfase \leq Menor duración de la actividad.



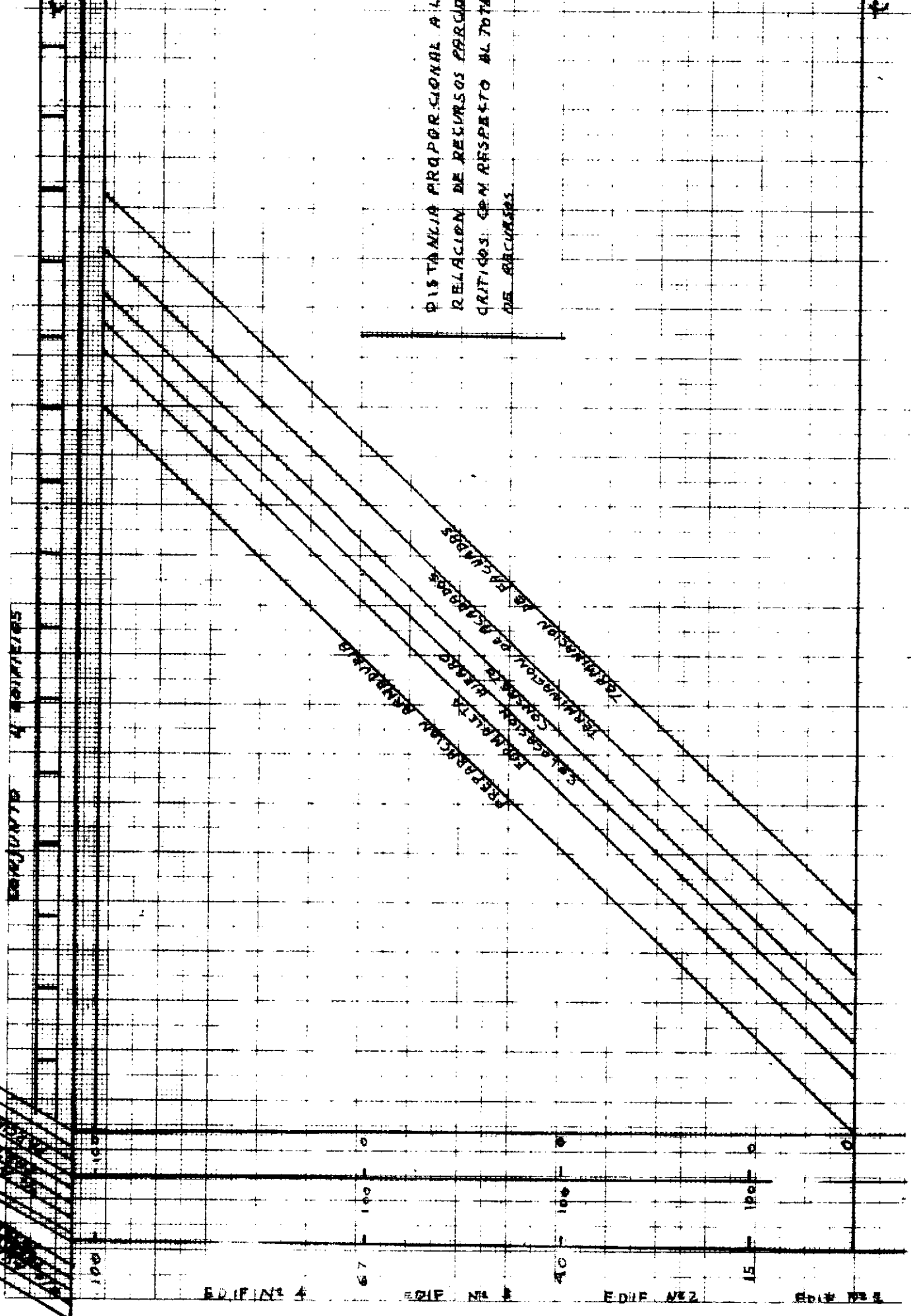
T.U.M. = Unidad Modular de tiempo.

SISTEMA R.P.A

FIG

Nº 12

CUADRO DE VELOCIDADES DE GRUPO DE PARTIDAS



d) La condición de concurrencia.

Está dada cuando, 2 actividades de distintas partidas secuenciales se programan para una misma fecha de término.

$$\text{Término de } A_1 = \text{Término de } B_1.$$

La unidad modular (u. m.) consiste en la subactividad indivisible, que corresponde a una unidad de ejecución, dentro de la actividad, la que al cumplir con la condición de precedencia, permite además, que las actividades cumplan con la condición de consecuencia.

Vemos pues que en base a lo desarrollado la continuidad es función del desfase de la relación de recursos de las actividades, de la cantidad de obra y de la velocidad de las actividades; lo que podemos escribir en forma abreviada como:

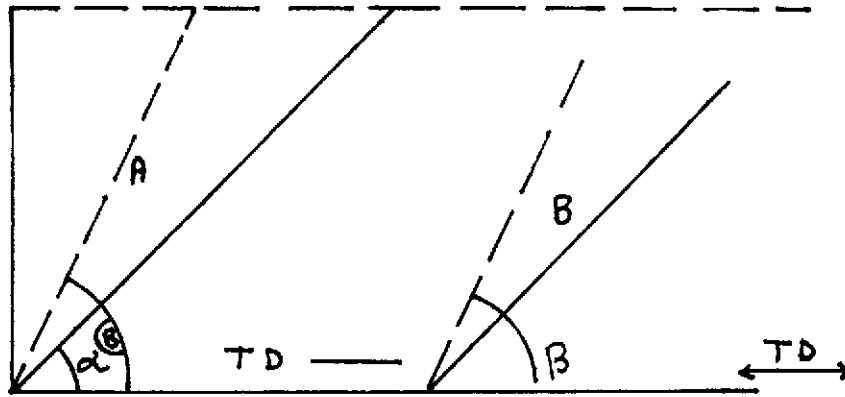
$$\text{continuidad} = f \left(T_p, \frac{R_a}{R_p}, R_a, V_a \right).$$

siendo $T_D = \text{desfase}.$

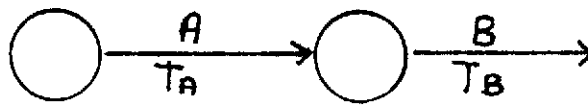
Con el objeto de visualizar más aun la interrelación de las variables planteadas en la función de continuidad, detallaremos cada una de ellas:

a) Variable velocidad y su interrelación con el desfase (V_a ; T_D).

Si suponemos una condición de precedencia entre dos actividades es decir que el tiempo de iniciación de la

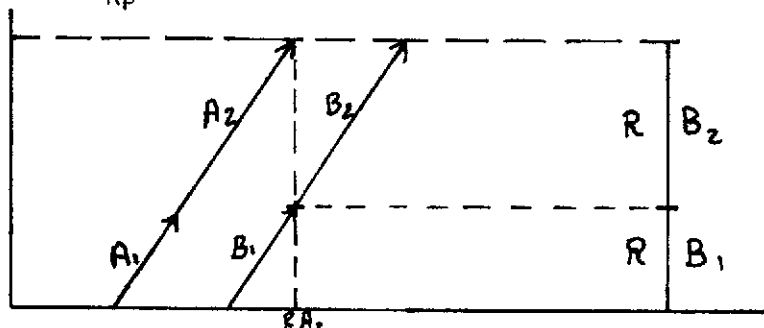


actividad B sea mayor que el Tiempo de término de la actividad A o bien es un esquema C P M podría ser:

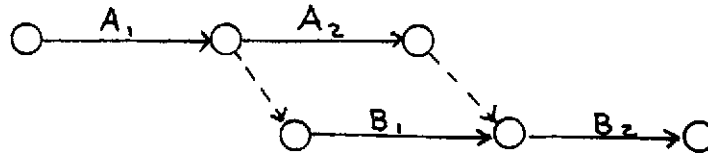


Vemos que dada las condiciones del problema, no podría cumplirse la condición de precedencia si se plantea una solución con la velocidad $\text{tg}\alpha$ si mantenemos constante un cierto desfase T_d . para poder resolver el problema de dar la condición de precedencia y mantener el desfase T_d ; debemos aumentar la velocidad a $\text{tg}\beta$ y poder así determinar tiempos de término de la actividad A menores que el tiempo de iniciación de la actividad B.

b) Variable relación de recursos y su interrelación con el desfase ($\frac{R_a}{R_p}; T_a$)



Si suponemos una condición de precedencia de manera que



Vemos que la relación de recursos $R_a; R_{a2}$, comparada con R_{B1} y R_{B2} nos plantea que el desfase para que exista continuidad no puede determinarse con el término de la actividad A_1 ; ya que se produciría discontinuidad en la actividad B_2 , pues no se habrá ejecutado aún, la actividad A_2 que es precedente a la actividad B_2 . Por lo tanto, el desfase está dependiendo de la relación de recursos más desfavorables; cual sería en este caso R_{A2} .

Para determinar pues el desfase adecuado, tendríamos que colocar en una vertical las relaciones de recursos de las actividades A y B; con el objeto de producir la intersección de un punto determinado, por la proyección del término de la actividad A_2 y de la nota horizontal que corresponde a la relación de recursos B_2 . Posteriormente trazamos una paralela a las actividades A_1 y A_2 por el punto determinado anteriormente; y cortamos con esta recta de velocidad las abscisas; obteniendo el desfase que pretendemos determinar para que la continuidad de las actividades B_1 y B_2 se produjese.

c) Cantidad de Obra.

Para que las actividades cumplan con la condición de consecuencia, nos vemos obligados a plantear la subdivisión de las

actividades, de tal manera, que puede dificultar la continuidad de obra; ya que esas actividades determinadas pueden no tener la cantidad de recursos mínimos, para establecer una ejecución económica. Tenemos pues, que esta variable de la función está determinando la continuidad de ellas, por la condición de que existan los recursos mínimos económicos.

3.4 Situaciones Especiales de Desarrollo de las Actividades.

Como casos especiales frecuentes que se presentan podemos tener:

- a) Actividades cuyo tiempo de duración es inferior al ritmo escogido.
- b) Actividades cuyo tiempo de duración es superior al ritmo.
- c) Actividades intermedias que se suprimen.
- d) Actividades locales (cuando las actividades se ejecutan en sólo algunas etapas).

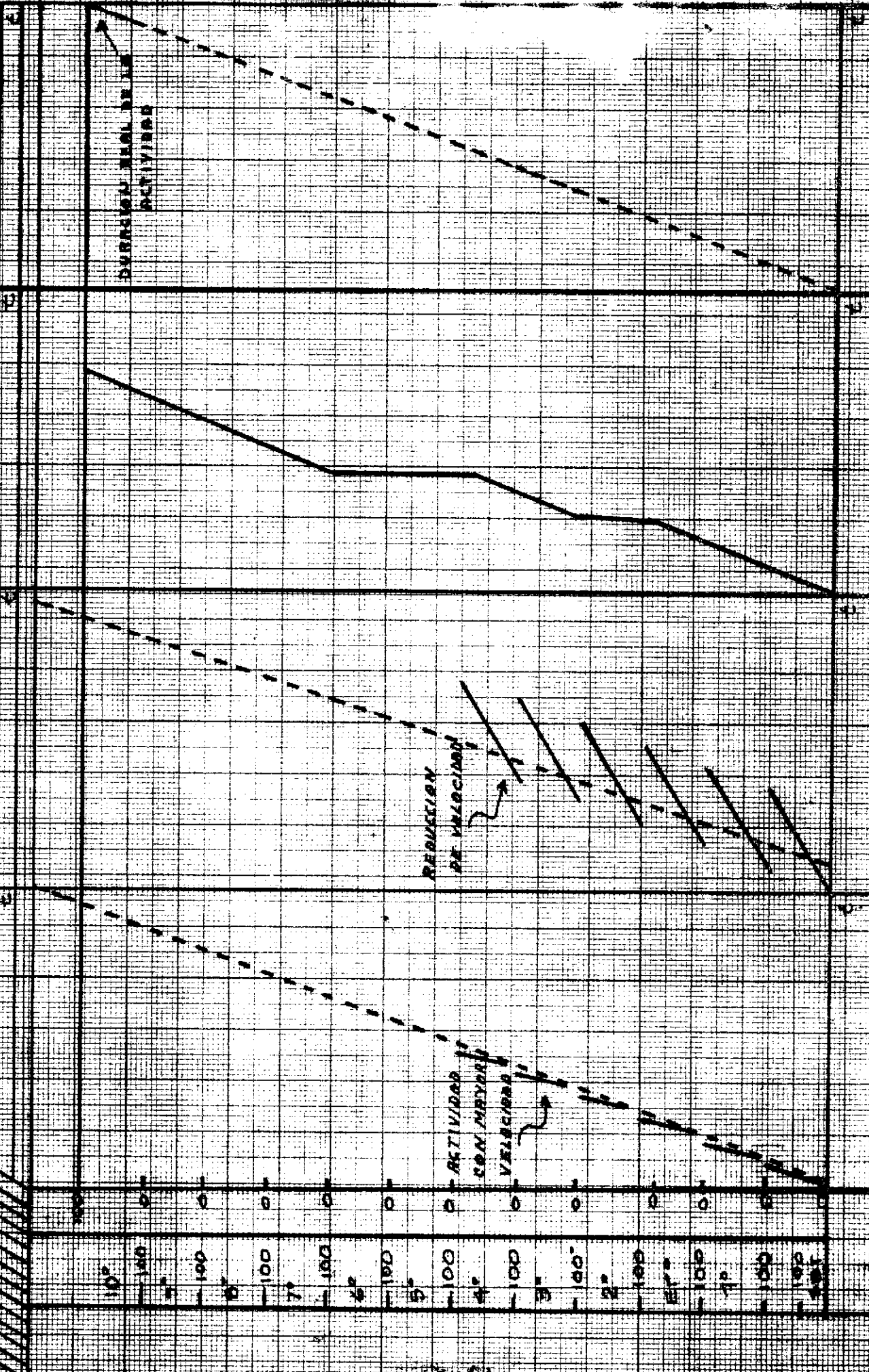
Caso a) Actividades cuyo tiempo de duración es inferior al ritmo.

En este caso, la descomposición de una determinada actividad, se realiza fraccionándola en operaciones de mayor velocidad, que producen pequeños tiempos muertos. Las cuadrillas que trabajan en este tipo de operaciones deben combinarse con las operaciones colchón (Ver Figura #13).

SISTEMA R.P.A.

DESARROLLO DE ACTIVIDADES CASOS ESTADIALES

Caso a Caso b Caso c Caso d



Caso b) Actividades cuyo tiempo de duración es superior al ritmo.

En este segundo caso, debemos programar de manera de incorporar tantas cuadrillas por actividad como la razón entre la duración de la actividad y el tiempo de ritmo.

Se puede graficar la actividad descompuesta como lo indica la figura.13

Caso c) Actividades intermedias que se suprimen.

En el tercer caso se ilustran claramente a través de la graficación.

Aquí las actividades intermedias suprimidas son de tiempo duración cero.

Caso d) Actividades locales.

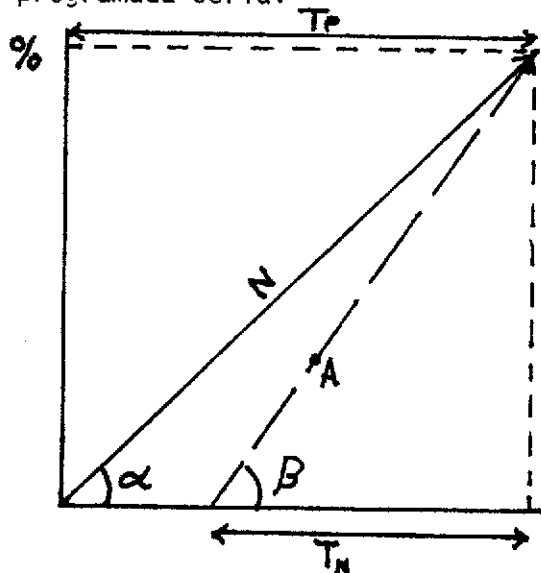
En este caso debemos programar la partida descomponiéndola en dos partes, dando origen a una partida de duración ficticia y a otra de duración real. Para clarificar más el concepto, podemos citar el ejemplo del edificio de 11 pisos, en que la partida de techo tendría una representación gráfica igual que las otras, pero una duración ficticia, que iría desde su iniciación ficticia a su iniciación real.

3.5 Reprogramación.

Cuando la obra se encuentra atrasada respecto de su programación, podemos ver que el avance real se encontraría en un punto tal como A.

Si queremos reprogramar una actividad atrasada tendríamos que imprimir a ésta una mayor velocidad de avance ($\text{tg } \beta$) luego tenemos $\text{tg } \beta > \text{tg } \alpha$.

Como el desarrollo de ésta actividad se ha determinado en función de las HD invertidos, tenemos que cualquier reprogramación estaría en función de la relación de HD que queden por incorporar en el plazo disponible para terminar la actividad en la fecha programada. De ahí pues, se obtiene que el personal necesario para cumplir en la fecha programada sería:



$$1) \text{ HD/D} = t \text{ g } \alpha$$

$$2) \text{ HD/D reprog.} = t \text{ g } \beta$$

$$\text{luego } 2/1: \text{ HD/D reprog.} = \frac{\text{HD/D } \text{tg } \beta}{\text{tg } \alpha}$$

$$\text{y tenemos que } t \text{ g } \alpha = \frac{1}{T \text{ p.}}$$

$$t \text{ g } \beta = \frac{1}{T \text{ n.}}$$

de donde se obtiene

$$\text{HD/D reprog.} = \frac{\text{HD/D } T \text{ p.}}{T \text{ n.}}$$

* H. D = hombres- días

3.6 Metodología de aplicación del sistema de programación por velocidades rítmicas "RPA".

Creemos que la mejor manera de explicar una metodología es a través de la aplicación de su teoría a un ejemplo. Para este caso hemos elegido la construcción de seis vigas de concreto armado dentro del conjunto de un edificio imaginario.

Supondremos que estas vigas se repiten con iguales características en los "N" pisos de este edificio.

1. Ordenamiento secuencial de las partidas de una obra:

- a) Preparación de hierro
- b) Confección y colocación de la formaleta
- c) Colocación de la armadura.
- d) Confección y colocación del concreto.
- e) Fraguado y curado del concreto
- f) Desencofrado de la formaleta

2. Determinación de los requerimientos de recursos de las actividades y proporcionalidad con respecto a las partidas que las componen.

		formaleta		hierro		concreto	
		M2.	%	Kg.	%	M3	%
VIGA	A	70	12,3	519	11,1	7,4	13,5
VIGA	B	50	8,8	305	6,4	4.0	7,2

VIGA	C	150	26,6	2.045	43,3	18,0	32,5
VIGA	D	70	12,3	531	11,3	6,0	10,8
VIGA	E	130	22,8	708	15,0	12,0	21,6
VIGA	F	100	17,4	610	12,9	8,0	14,4
TOTAL		570	100,0	4.718	100,0	55,4	100,0

3. Proporcionalidad de requerimientos acumulado.

Preparación de hierro	=	P
Confección y colocación de formaleta	=	M
Colocación de armadura	=	E
Confección y colocación del concreto	=	C
Desencofrado de formaleta	=	D

		P	M	F	C	D
VIGA	A	11,1	12,3	11,1	13,5	12,3
VIGA	B	17,5	21,1	17,5	20,7	21,1
VIGA	C	60,8	47,5	60,8	53,2	47,5
VIGA	D	72,1	59,8	72,1	64	59,8
VIGA	E	87,1	82,6	87,1	85,6	82,6
VIGA	F	100,0	100	100	100	100

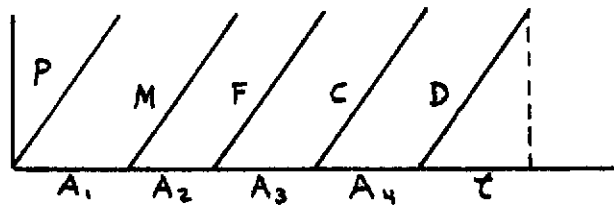
De las condiciones de precedencia de las partidas se determinan los porcentajes de desfase máximo entre las actividades, las que para este ejemplo son:

Desfases.

RECURSO

MC	→	PC	=	60,8	-	47,5	=	13,3%
FB	→	MC	=	47,5	-	17,5	=	30,0%
CB	→	FC	=	60,8	-	20,7	=	40,1%
DB	→	CC	=	53,2	-	21,1	=	<u>32,1%</u>
Desfase más desfavorable TOTAL								115,5%

4. Determinación del plazo teórico de la obra.



pero $a_1, a_2, a_3, a_4 = f(t)$

por lo tanto

$$P = (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) t + t$$

ahora bien los desfases parciales y el total son fracciones del ritmo, por lo que el plazo de ejecución teórico para este ejemplo está dado por:

$$P = 1,155 t + t$$

5) Determinación del plazo de ejecución de una partida.

Analizar el cuadro de requerimiento de recursos de las partidas y por otro lado los recursos con que disponemos para ejecutarlas lograremos determinar el ritmo. Para este caso sencillo el recurso más importante es el de mano de obra y es por eso que determinaremos el ritmo sobre la base de él.

PARTIDA	CANTIDAD	RENDIMIENTO	RECURSO HD
P	4.718	7,7 HD/TON	36,4
M	570	0,24 HD/M2	136,8
F	4.718	11,87 HD/TON	56,0
C	55,4	0,8 HD/M3	47,0
D	570	0.08 HD/M2	45,6

De analizar los recursos de HD vemos que para tener cuadrillas normalmente conformadas debemos elegir un Ritmo de 10 días con lo que obtenemos.

Nº	op	=	$\frac{\text{Recursos HD}}{t}$
P	4	=	36.4/10
M	14	=	136.8/10
F	6	=	56/10
C	5	=	47/10
D	5	=	45.6/10

6. Plazo ejecución y desfase de las partidas.

Tenemos que el plazo está dado por

$$P = 1,155 t + t.$$

Debemos además considerar que entre la partida de concreto y el desencofrado, existe un tiempo de fraguado, que lo estimaremos en 10 días. Por lo tanto el plazo será

$$P = 1,155 t + t + 10.$$

$$P = 1,155 \times 10 + 10 + 10 = 31,55 \text{ días.}$$

y el desfase entre las partidas será

$$M \quad P = 0,133 \times 10 \quad 1,33 \text{ días}$$

$$P \quad M = 0,30 \times 10 \quad 3,00 \text{ días}$$

$$C \quad F = 0,401 \times 10 \quad 4,01 \text{ días}$$

$$D \quad C = 0,321 \times 10 \quad \underline{10 = 13,21 \text{ días}}$$

$$\text{Plazo Total} \quad 21,55 + 10 = 31,55$$

3.7 Control del R.P.A.

Como necesidad fundamental para realizar programaciones de obras de construcción que se cumplan, es necesario que éstas, estén alimentadas con la experiencia de registro de datos que el control de obra pueda proporcionar en forma eficaz y fidedigna.

Es importante entonces, tener un sencillo pero eficiente sistema de control, con el objeto de poder disponer de antecedentes valiosos y poder así efectuar una programación real.

La metodología de control del R.P.A, que se desarrollará, se basa en las técnicas de control de obras repetitivas, con algunas modificaciones de adaptación para el sistema.

La elaboración de formularios apropiados para cumplir este objeto, es la herramienta simplificadora del proceso.

En un esquema general plantearemos el desarrollo del proceso de esta metodología de control. Este proceso detecta, en el momento de colocar los avances reales en el programa R.P.A., la necesidad de reprogramar la obra.

Como aspecto importante, debemos hacer notar la facilidad de comprensión de la graficación de las actividades, por los mandos medios de la Empresa. Esto reviste una importancia para el autocontrol de la eficiencia de la dirección de la obra.

Además, el apoyo de los mandos medios en la elaboración de programas y control de ellos es definitivo para el buen éxito.

Estas razones y además la necesidad de obtener resultados en forma oportuna, nos ha llevado a plantear la programación y control de obras singulares sobre la base de sistemas sencillos, geométricos, visuales y donde pueda verse a través de su registro, el desarrollo de toda la obra como una especie de radiografía, sintetizando los obstáculos y ubicando en la graficación situaciones que pueden llegar a detectarse en forma muy clara, los que en los sistemas de control analíticos sería imposibles de visualizar.

3.8 Proceso de control de la mano de obra y materiales en una obra de construcción programada con el sistema R.P.A.

1. Capataz registra en formulario "planilla diaria" insumo de HD por actividad diariamente.
 2. Administrativo registra diariamente en un formulario de "resumen de HD": la inversión de HD por actividad.
 3. Jefe de Obra dibuja en la programación, el avance de cada actividad al "resumen de HD" por actividad y avance de la obra.
 4. Profesional a cargo de la obra elabora los datos anteriores del resumen de HD para hacer "informe de gestión en obras" que determina el avance, eficiencia y velocidad de la obra.
 5. Gerencia determina, de acuerdo al informe de "gestión de Obra" del profesional, la situación financiera de la Empresa.
 6. Depto. Técnico registra los resultados para obtener rendimientos y antecedentes para nuevos programas.
- 1a. Bodega entrega materiales con cargo a las diferentes actividades de acuerdo al programa.
 - 3a. Bodeguero controla la entrega de materiales de acuerdo al programa de entrega de materiales a obra e informa al profesional del avance, eficiencia y velocidad de la inversión de materiales.
 - 4a. Jefe de Adquisiciones, controla el precio unitario de adquisición y compra de acuerdo al programa de adquisiciones; informa del avance, eficiencia y velocidad de la adquisición de materiales.

CAPITULO IV

El objetivo de este capítulo es dar una idea del uso del nuevo sistema R.P.A.

Para el ejemplo se utilizó la obra del IFES (Instituto Femenino Estudios Superiores), situado en la 23 calle 15-45 zona 13 y que se encuentra a cargo del Ing. Rony Sarmiento.

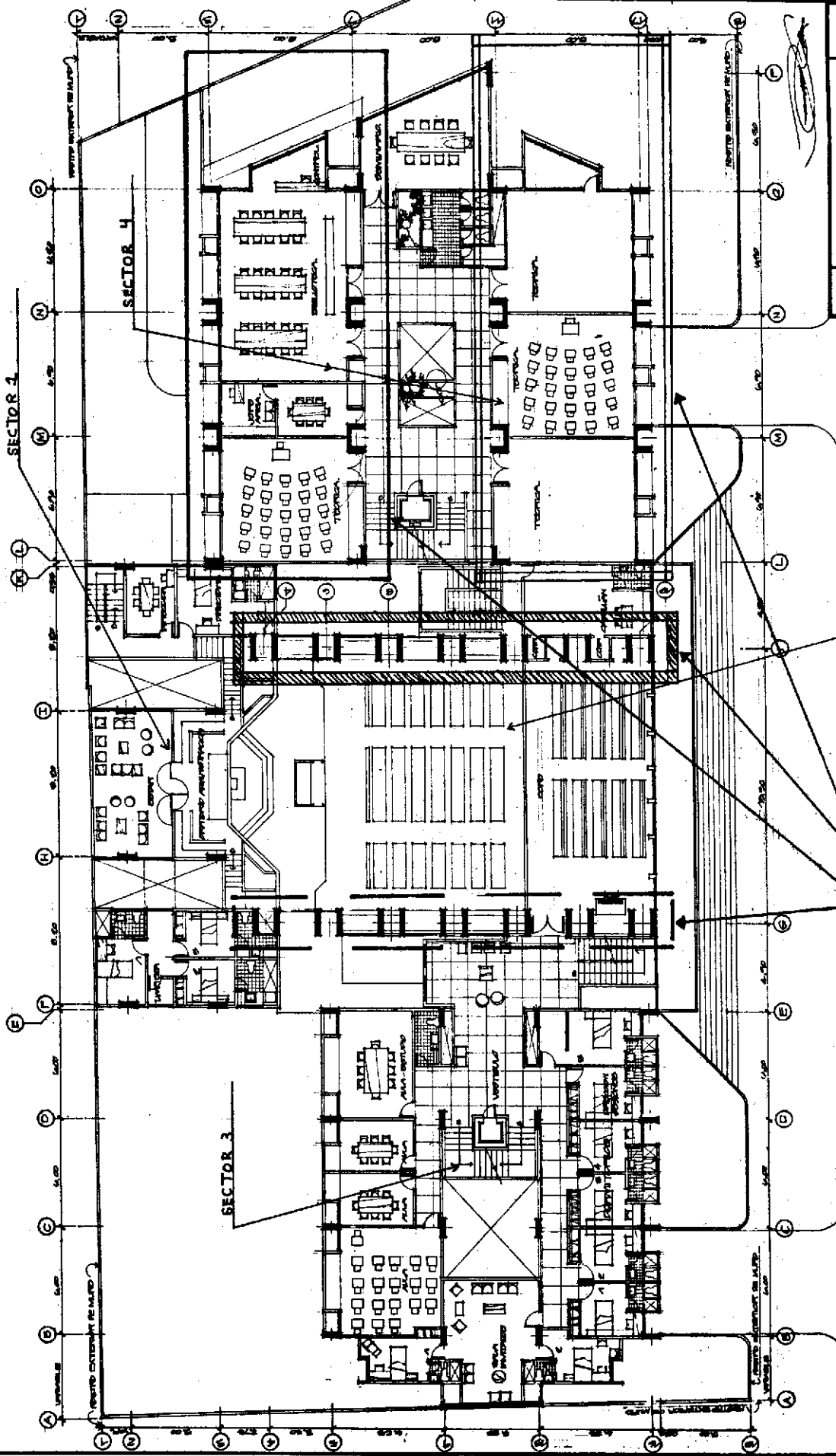
Los sistemas utilizados pueden considerarse como ficticios, sin embargo se ajustan a la realidad de nuestro medio.

Esta obra consta de cuatro sectores o módulos y para el estudio presentado en este capítulo se han tomado en cuenta únicamente los sectores dos y cuatro.

En la planta de conjunto el lector puede visualizar fácilmente los dos sectores considerados así como las diferentes fases de cimentación para cada uno de estos sectores considerados.

La cimentación de este edificio ha sido posible programarla por el método de velocidades rítmicas, pues las cuatro fases pueden considerarse para la realización de dichos cimientos.

A continuación se detallan las diferentes actividades con sus diferentes tiempos.



VIP VERAPAZ-IFES	79-71
795 PROYECTO 75	INVANTO
VICTOR M. DEL VALLE MARIO RODRIGUEZ A. B. U. I. T. S. O. Y. B. ROY BARRIENTO INGENIERO CIVIL ASISTENTE TECNICO (Nº 1280) ASISTENTE TECNICO (Nº 1281) INGENIERO (Nº 1282) INGENIERO (Nº 1283)	
PROYECTO	CONJUNTO
PROYECTO	CONJUNTO

SECTOR 4

SECTOR 4

SECTOR 2

SECTOR 3

- FASE 4
- FASE 2
- FASE 3
- FASE 4

NOTA: (1) CAMBIO EN EL DISEÑO
 (2) CAMBIO EN EL DISEÑO (Y.B.)

Actividad A:

Inicio (tiempo que tarda cualquier obra para poder empezar. (12 días hábiles)

Actividad B:

Excavación. Este renglón se toma en cuenta la excavación hecha con maquinaria, así como la excavación hecha a mano y se considera que lleva un tiempo aproximado de siete días hábiles.

Actividad C:

Armaduría. En este renglón se prepara el hierro que se usará en las diferentes zapatas, así como la preparación del hierro para los muros incluyendo la hechura de los estribos. Se considera que se puede llevar a cabo en un tiempo aproximado de once días hábiles.

Actividad D:

Fundición de zapatas. En este renglón se considera la fundición en sí, así como el trazo de centros, niveles, placas, etc. Se considera que se puede llevar a cabo en un tiempo aproximado de veinte días hábiles.

Actividad E:

Formaletas de muros. En este renglón se prepara la madera, y se coloca la formaleta en el lugar de trabajo. Se supone que dicho renglón lleva un tiempo aproximado de seis días hábiles.

Actividad F:

Fundición de muros. En este renglón se compone de vestir (vestir un nuevo=colocación de la armadura), muros y de la fundición en sí.

Actividad G:

Tarima del sector dos y cuatro. Para poder ejecutar este renglón tienen que estar los muros de la etapa uno y dos para poder hacer la tarima del sector cuatro y los muros de la etapa tres y cuatro para poder realizar la tarima del sector dos. Se supone que dicho renglón nos tomará un tiempo aproximado de veinte días hábiles.

Actividad H:

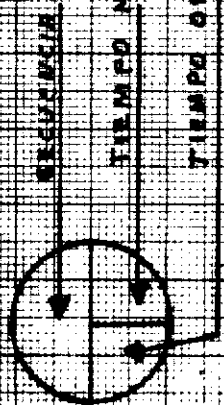
Fundición de losas del sector cuatro y dos. En este renglón se toma en cuenta el armado de losas y la fundición propiamente dicha. Se supone que dicha actividad nos llevaría aproximadamente de veinte y ocho días hábiles por sector.

Actividad I:

Finalización. O sea la finalización de nuestro programa con sus tiempos ficticios.

Después de tener nuestra lista de actividades procederemos a hacer un programa de CPM de una etapa de la cimentación. Ver figura #14. Dicho CPM nos da la secuencia típica de una de las etapas de la cimentación con sus tiempos de inicio y de fin.

CPM



RECURSOS
 TIEMPO MINIMO DE FINALIZACION DE UNA ACTIVIDAD
 TIEMPO OPTIMO DE FINALIZACION DE UNA ACTIVIDAD

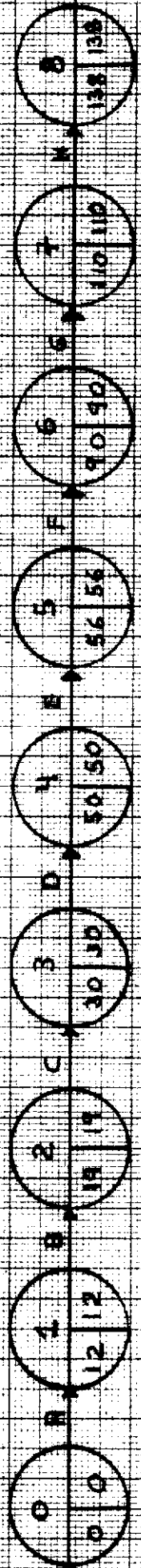


FIGURA 2.14

Ya con la ayuda del CPM procederemos a hacer nuestro esquema de barras de las cuatro etapas al mismo tiempo (como podemos apreciar en la gráfica # 15.)

En la figura nos podemos dar cuenta que arriba de cada línea aparecen los números 1,2,3, y 4 que nos indican las cuatro etapas en que se hizo la cimentación de los sectores cuatro y dos.

Ya teniendo nuestro esquema de las cuatro etapas juntas por actividad procedemos a hacer el cuadro de velocidades por partidas, como se muestra en la figura # 16.

Para que se tenga una mejor visualización de como se logran dichas velocidades de las diferentes partidas se ha tomado una actividad cualquiera.

Tomemos por ejemplo la actividad "Fundición Zapatas". Sabemos por la figura # 14 que dicha actividad nos llevaría un tiempo aproximado de veinte días hábiles, después nos trasladamos a la figura # 15 donde están dibujada la actividad "Fundición Zapatas" de las cuatro etapas; en la escala horizontal tenemos días y podemos determinar que dicha actividad comienza el día treinta con la etapa uno y termina el día ciento diez con la etapa cuatro. Así obtenemos la línea de velocidad mostrada en la figura # 16 donde tenemos en la escala horizontal arriba y abajo días.

Partiendo de la escala de abajo la línea de velocidad en treinta y terminando dicha línea en la escala de arriba en ciento diez obtenemos nuestra velocidad para la actividad "Fundición Zapatas".

Espero que este capítulo les haya podido aclarar cualquier duda al respecto; y obtendré satisfacción si este trabajo puede contribuir en mínima parte al desarrollo de programas de construcción de obras.

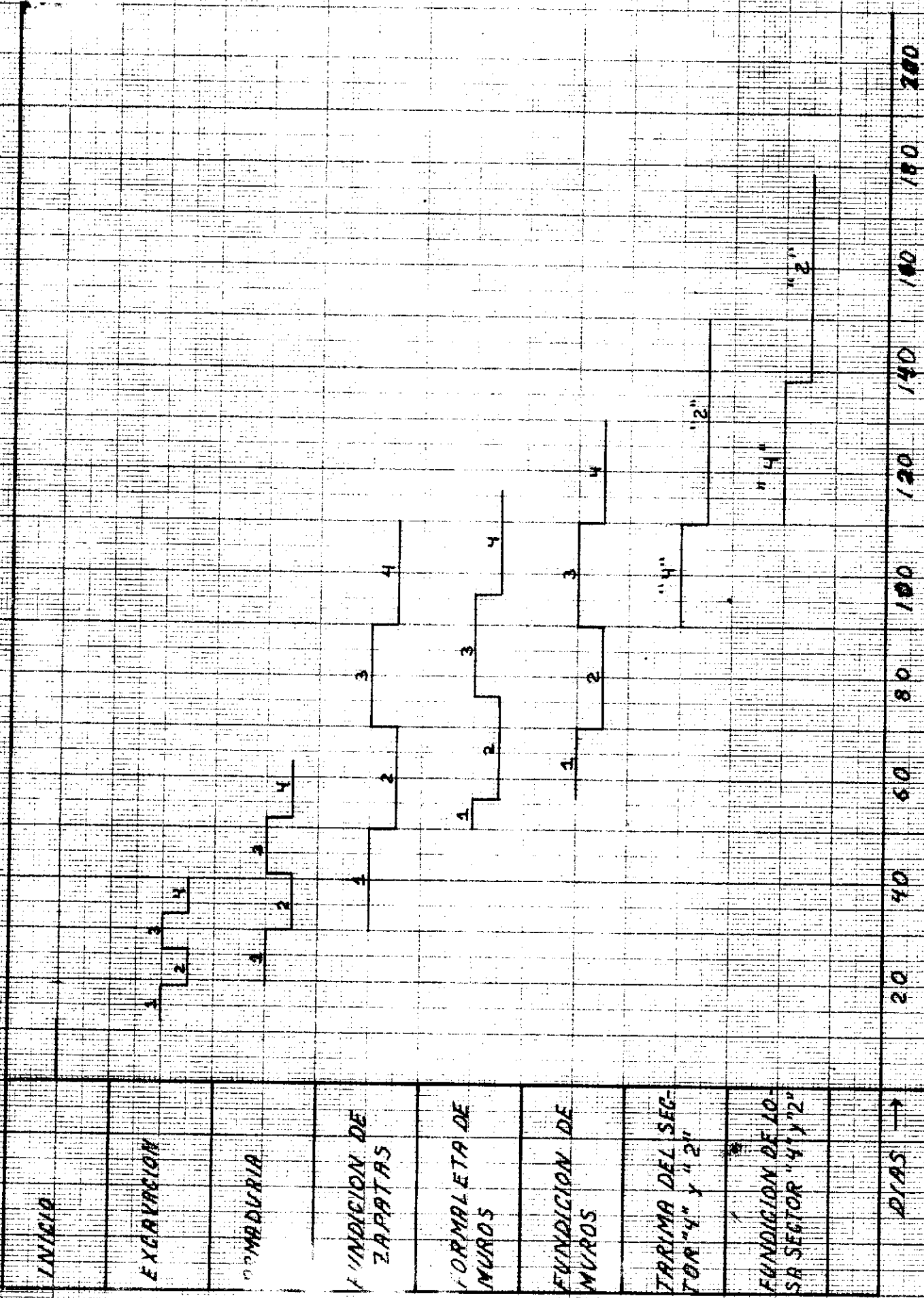


Figura #15

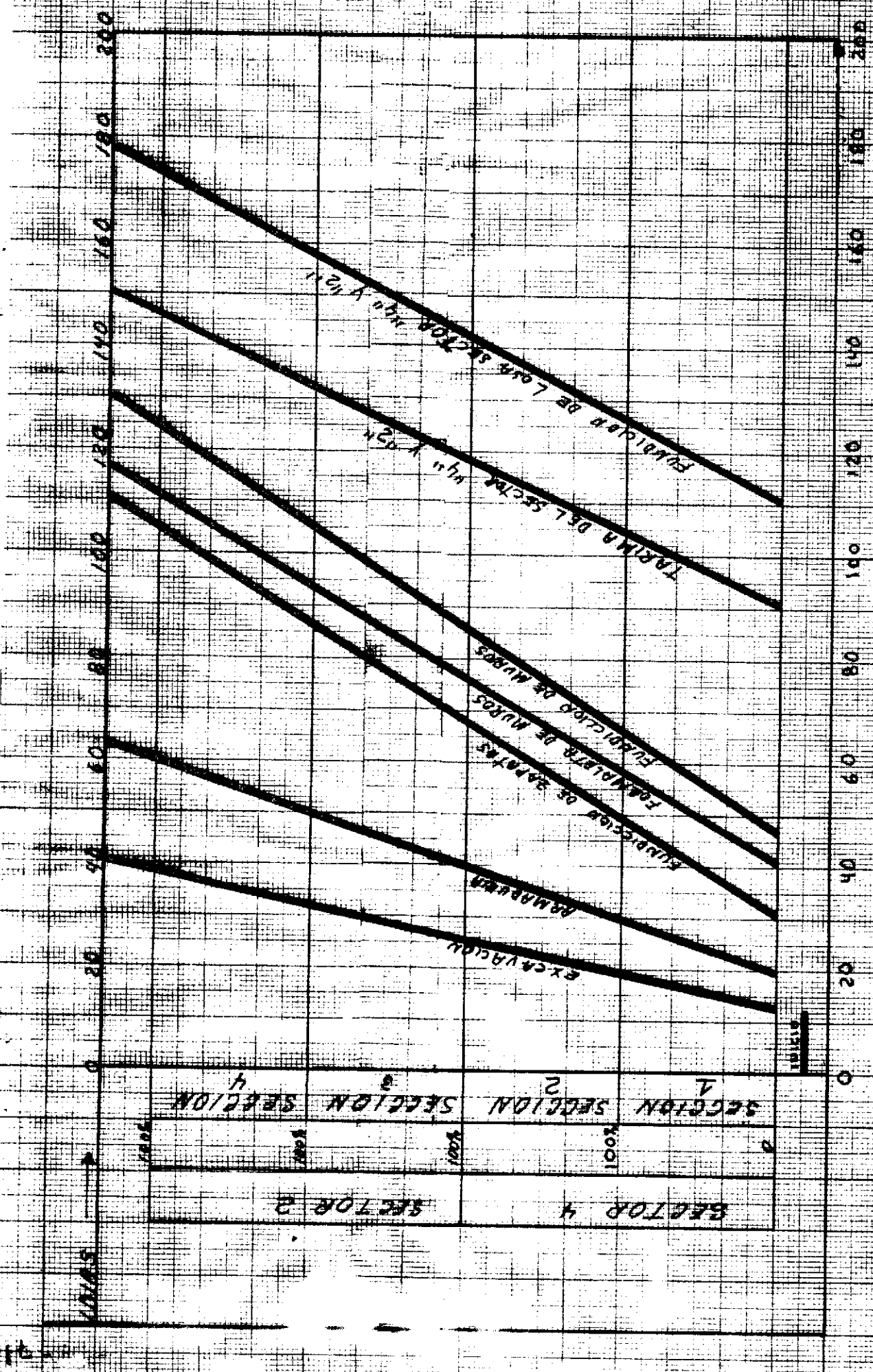


Figura #16

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Antes de programar una obra por el método de velocidades rítmicas es necesario tener conocimiento de los otros sistemas de programación como son el CPM, RAMPS, PERT; ya que son la base para poder programar una obra con el sistema R.P.A.
2. Recomiendo dedicar un buen tiempo en la realización del CPM de una actividad clásica repetitiva, ya que es el éxito o fracaso de una buena programación por el sistema R.P.A.
3. Es muy importante el análisis de todos los elementos que integran el estudio de la programación de obras por el método de velocidades rítmicas, para que así no haya necesidad de una nueva reprogramación.
4. Uno de los factores fundamentales en toda programación es el estudio de los tiempos tipos empleados en las diferentes etapas de la construcción ya que por medio de ellos nos podremos dar cuenta del tiempo de duración de la obra.
5. Otro factor importante en la programación es el personal, ya que lo recomendable es tener un máximo de personal durante la etapa intermedia de la construcción y así obtendremos una relación humana muy favorable.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE G
Biblioteca Central

6. Es muy importante que haya un buen control sobre el programa y sobre todo en los recursos empleados. Ya que por falta de un buen control se podría paralizar la obra y por consecuencia el programa no llenaría su objetivo principal. Este control debe realizarse sobre todo en la existencia de materiales en la obra, para lo cual recomiendo un buen bodeguero.

BIBLIOGRAFIA

1. RAMON UNDURRAGA MONTES
ALBERTO BUCCICARDI KRETSCHMER
Seminario sobre R.P.A.
Santiago de Chile, Abril de 1976
2. INTECAP
Película y Seminario sobre línea de balance
Guatemala, Noviembre de 1976
3. ANTILL Y WOODHEAD
Método de la Ruta Crítica y su Aplicación a la Construcción
Editorial Limusa-Wiley, S.A. México. 1967
4. COMRANES RAMON
Planificación de Proyectos. Métodos PERT-ROY-CPM y Derivados
Editorial Limusa-Wiley, S.A. México. 1968
5. KAUFMANN A. Y DESBAZAILLE, G
El método del Camino Crítico
Sagitaro, S.A. Barcelona. 1965
6. EVARTS-HARRY F.
Introducción al PERT
Sagitaro, S.A. 1965
7. SICARD, P.
¿Cómo aplicar el PERT?
Sagitaro, S.A. 1969
8. O'BRIEN, J.J.
CPM in Construction Management.
Mc. Graw-Hill. 1965
9. CUTCLIFFE, LLOY
Critical Path Method of Planning, Scheduling and Controlling
Construction Projects
Cambridge. 1968
10. MODER J.J. AND PHILLIPS
Project Management with CPM and PERT
Editorial Reinhold. 1964.