

BIBLIOTECA CENTRAL-USAÇ
DEPOSITO LEGA'
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, Centro America

PROGRAMACION DE RECURSOS

T E S I S

Presentada a la Junta Directiva de la

Facultad de Ingeniería

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

por

EDGAR ANTONIO DIAZ GARCIA

Al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

Guatemala, Julio de 1968

DL
08
T(26)

C O N T E N I D O

- I Introducción y Generalidades
- III Planteamiento del Problema
- III Generalidades sobre Planificación y Programación con C.P.M., Diagrama de Flechas y Diagramas de Barras
- IV Recursos que Intervienen en un Proceso Productivo y su forma de Programarlos; Diagrama de Mano de O-
bra como recurso limitante; Diagrama de Disponibilidad Económica
- V Programa de entrega de materiales según su disponibilidad en el mercado
- VI Instructivos de Trabajo para obras de Ingeniería
- VII Conclusiones y Recomendaciones
- VIII Bibliografía

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

Decano : Ing. Amando Vides T.
Vocal 1o. : Ing. Otto E. Becker M.
Vocal 2o. : Ing. Francisco Ubieto B.
Vocal 3o. : Ing. Leonel Pinot Leiva
Vocal 4o. : Br. Rolando Llovera
Vocal 5o. : Br. Víctor Hugo González W.
Secretario : Ing. José A. Massanet P.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano : Ing. Amando Vides T.
Vocal 1o. : Ing. Otto E. Becker M.
Examinador : Ing. Juan Papahiu
Examinador : Ing. Jorge Erdmenger L.
Secretario : Ing. José A. Massanet P.

I) INTRODUCCION

En todo proyecto de Ingeniería, se conjugan cuatro condiciones básicas que norman el éxito en su ejecución, a saber:

- a) Que el diseño cumpla la función para que se destina
- b) Cumplir con el tiempo previsto de ejecución
- c) Que la calidad esté de acuerdo a las normas establecidas
- d) Tener un margen de utilidad aceptable

Quando se llenan estas cuatro condiciones, podemos decir que el proyecto se ha ejecutado felizmente y ha sido un éxito. Normalmente en nuestro medio, esta evaluación se hace al finalizar los trabajos, siendo lo verdaderamente importante, poder predecir estos resultados de antemano y comprobar durante el transcurso de su ejecución, que los resultados parciales son satisfactorios, o bien tener a mano las herramientas, para aplicar medidas correctivas, a las desviaciones ocurridas. Por tales razones es imprescindible el uso de métodos modernos de planificación, programación y control, tales como el C.P.M. (Critical Path Method) y Pert (Program Evaluation and Review Technique); Métodos estos que, usados convenientemente, nos permiten predecir con mucha exactitud los resultados esperados, haciendo a la vez que através de la ejecución de un proyecto utilicemos todos los recursos en forma óptima y coordinada.

Todo desarrollo de un trabajo utilizando métodos científicos lleva consigo los pasos generales siguientes:

1.- Planteamiento y Análisis del Problema

2.- Planificación

- 2.1. Lista de Actividades
- 2.2. Establecimiento de Precedencia
- 2.3. Elaboración del diagrama de flechas

3.- Programación

- 3.1. Cálculo de Volumen de trabajo por cada actividad
- 3.2. Asignación de tiempos y personal
- 3.3. Cálculo de la Red
- 3.4. Cálculo de Holguras
- 3.5. Determinación de Ruta Crítica
- 3.6. Elaboración del Diagrama de Barras
- 3.7. Elaboración de Diagramas de Recursos
- 3.8. Programas Parciales e Instructivos de trabajo

4.- Organización

- 4.1. Organización de sistemas.
 - a) De control físico de obra
 - b) De control contable
- 4.2. Elaboración de documentos para control

5.- Ejecución

Llevar a cabo los trabajos según el programa elaborado.-

- 6.- Ejecución de control, en períodos de Ejecución: Consiste en la verificación de que el programa se está cumpliendo, o bien en la aplicación de medidas correctivas, para ajustar las desviaciones ocurridas.-

De los puntos enumerados anteriormente, varios han sido desarrollados en detalle, en otros trabajos de tesis anteriores a éste, pero atendiendo a que han dejado por un lado, sin darle la debida importancia a otros entre ellos a los puntos correspondientes a los numerales 3.7. y 3.8., se dedujo la necesidad y el propósito de este trabajo, que presenta un desarrollo preliminar de estos dos puntos, que complementan los trabajos anteriores y que se desarrollan como un modesto aporte a la completación de tales aspectos, básicamente su desarrollo implica lo siguiente:

- a) Hacer un análisis, de los recursos que intervienen en proyectos de Ingeniería más comunes en el medio.
- b) Establecer en términos generales los recursos limitantes, con el objeto de adecuar el Programa de trabajo definitivo, atendiendo a la disponibilidad de los mismos.-
- c) Dar orientación sobre la base que establece la programación científica de trabajo, para los diferentes programas.-

C.1. Programas de pago

C.2. Programa de entrega de materiales

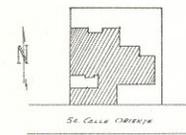
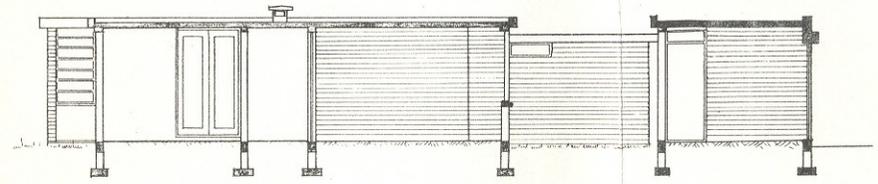
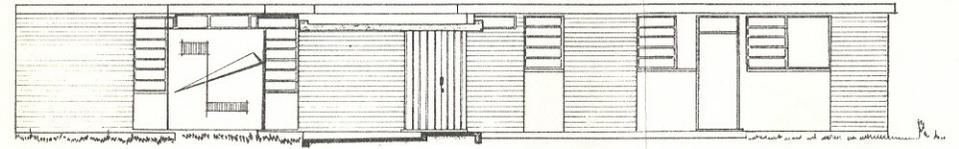
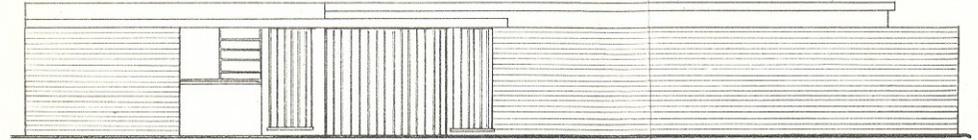
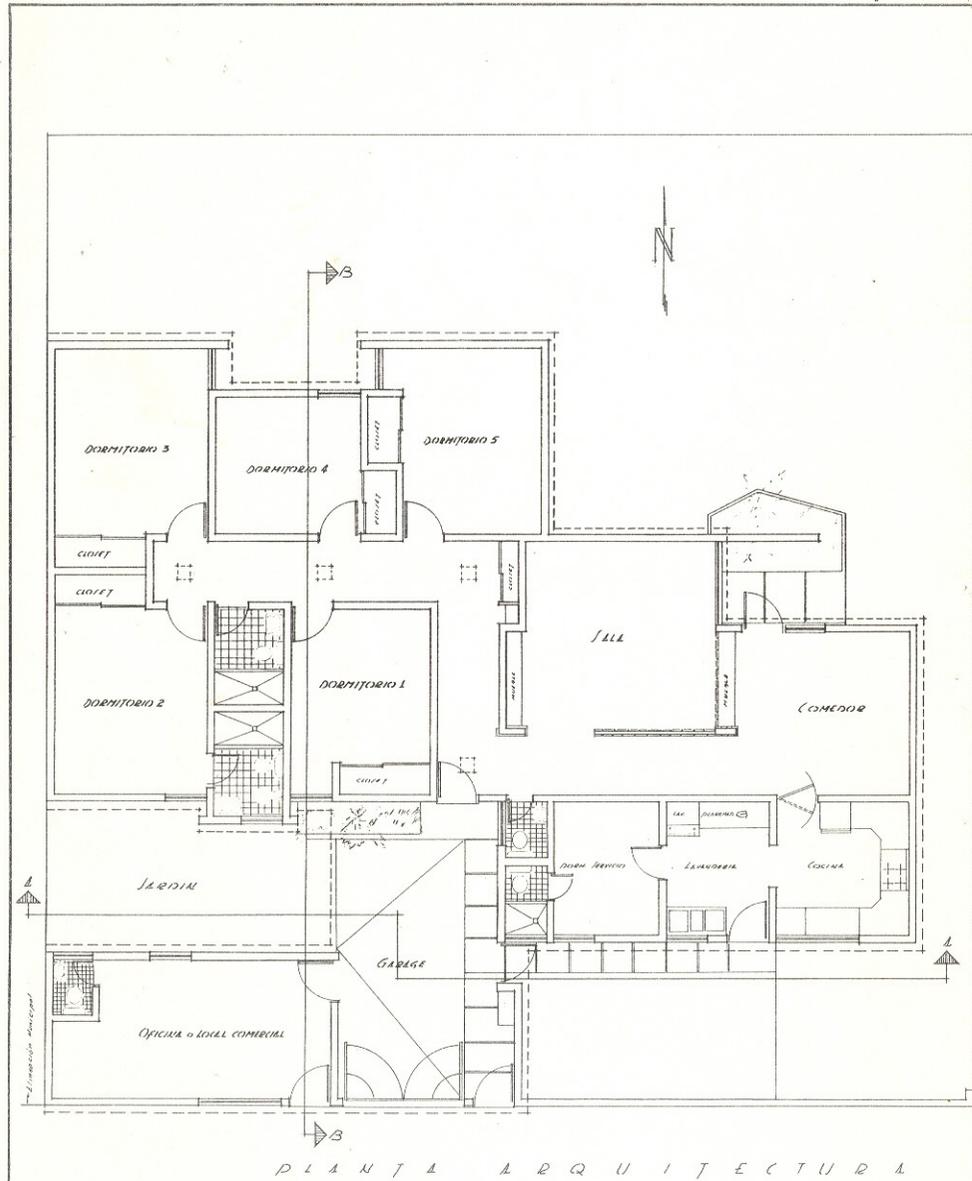
C.3. Programas de trabajo e instructivos de personal etc. La forma de presentación, está hecha en base de un ejemplo práctico para hacer más objetivo y ameno el desarrollo del tema.-

II) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema a tratar es el de la construcción de una casa de habitación con todos sus servicios e instalaciones. La Empresa encargada de ejecutar el proyecto, cuenta ya con planos completos del mismo, y decide hacer una planificación y programación con C. P. M., del proceso de construcción. Posteriormente con base en la programación del proceso, programa mano de obra, materiales y pagos, para poder de esta manera distribuir el trabajo coordinadamente en sus diversos departamentos.-

CARACTERISTICAS DE LA OBRA

Techo	_____	Losa de concreto
Paredes	_____	Ladrillo tayuyo
Columnas	_____	Concreto
Pisos	_____	Cemento líquido
Muro Colindante	_____	Block de poma
Area Cubierta	_____	210 m ²
Area Jardines	_____	190 m ²
Instalaciones :		
Eléctricidad	_____	110 y 220 Volt.
Agua Potable	_____	Fría y caliente
Drenajes	_____	Aguas negra y Pluvial
Tiempo de entrega	_____	90 días hábiles



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS	
FACULTAD DE INGENIERIA	
ARQUITECTURA	
FACEDAS Y CORTEJ	
Calculo y Dibujo:	Escala: 1/50.
Diseño:	Guatemala, Junio/68

1/5

III) GENERALIDADES SOBRE PLANIFICACION Y PROGRAMACION CON C.P.M.

Siguiendo el orden establecido para la planificación, se procedió para el ejemplo a descomponer el trabajo en elementos o sea en actividades de primer y segundo orden de la siguiente forma:

Actividades de primer orden:

Aquellos trabajos principales ó reglones gruesos por ejemplo: paredes, techos, drenajes etc..-

Actividades de segundo orden:

Subdivisiones de las actividades de primer orden por ejemplo: marcar zanjas, zanjeo, colocar tubería, colocación de cajas etc., que constituyen las actividades de segundo orden o subdivisiones de la actividad de primer orden.

Esta subdivisión se puede seguir haciendo en actividades de tercero cuarto orden etc., según la complejidad del problema. Para nuestro caso esto se hizo hasta segundo orden.-

Una vez elaborada la lista de actividades y cerciorado de que no falta ninguna, se procede a elaborar una tabla de precedencias, la cual se hace tomando como base la misma lista de actividades, colocando a la par de cada actividad, la ó las actividades que tienen que estar terminadas para poder realizar la actividad en cuestión o sea poner las actividades precedentes.-

El listado mencionado anteriormente nos da la secuencia en que se deben realizar las actividades. Para establecer tal secuencia solamente se requiere pensar con lógica y hacerse las siguientes preguntas: ¿Qué se debe hacer antes de hacer esto, cómo y por qué?; con base a la secuencia establecida se elabora el diagrama de flechas, que no es más que la represen-

tación gráfica de tal secuencia. en el listado de precedencias se acostumbra anotar, a continuación algunos datos del programa tales como la estimación de tiempos y personal que va a consumir la actividad en cuestión.-

Como ejemplo al listado descrito anteriormente se presenta la tabla 1, donde se encontrará la estimación de tiempo anotada en horas, esto se puede hacer en días, semanas, etc., según el tipo de actividades de que se trate, lo importante de observar, es que a través de todas las estimaciones de tiempo, se debe ser consistente en tales unidades. En las dos últimas columnas, se incluyen las cantidades de personal que van a ejecutar cada actividad; para nuestro caso: albañiles y peones, donde estos no sean aplicables aparecerá una abreviatura, según sea el personal especial o tipos de subcontratista a saber: electricista, herrero, plomero, carpintero, pintor, o subcontrato.-

DIAGRAMA DE BARRAS:

El diagrama de barras se hace como ya es común, asignando a cada actividad una barra cuya longitud a escala representará su duración, en las actividades críticas esta barra la indicaremos llena y no muestra ninguna holgura. No así en las "No críticas" que muestran holgura, la cual utilizaremos para ajustar y homologar nuestros recursos, moviendo estas actividades según nos sea más conveniente, para lograr una mejor distribución de recursos, adaptados a las limitaciones de éstos.-

Tal diagrama no se presentará en este capítulo pues será usado en el capítulo siguiente combinado con la programación de recursos.-

EVENTO	ACTIVIDAD		PRECEDENCIA	TIEMPO	PERSONAL	
	No.	DESCRIPCION				
67-70	10.13	Repellar paredes exteriores	10.12, 10.9	8	2	1
70-75	10.14	Fraguado de repello exterior	10.13	8		
75-88	10.15	Cernido o granceado paredes exteriores	10.14	8	2	1
88-93	10.16	Quitar andamio exterior	10.15	2	1	2
85-86	10.17	Azulejear baños principales	10.4	8	2	2
86-102	colocar	accesorios en baños	10.17	8	1	1
	11.	<u>APARATOS SANITARIOS</u>				
86-89	11.1	Colocación de inodoro	10.17	2	1	1
89-97	11.2	Instalación de aparatos sanitarios	11.1	16		1 plomero
97-102	11.3	Prueba de red de agua potable y aparatos sanitarios	11.2	8		1 plomero
	12.	<u>VIDRIOS</u>				
96-99	12.1	Colocación de vidrios	8.6	8		Vidriero
	13.	<u>CARPINTERIA</u>				
87-90	13.1	Colocación de marcos	10.5	24		2 carp.
90-95	13.2	Colocación de puertas y chapas	13.1	24		2 carp.
87-91	13.3	Armar Closets	10.5	16		2 carp.
87-95	13.4	Armar tabiques y muebles	10.5	48		2 carp.
	14.	<u>TRABAJOS COMPLEMENTARIOS</u>				
43-81(93)	14.1	Fundición de garage y patio de servicio	6.23	8	4	2
93-98	14.2	Colocación de tierra negra y grama	10.15, 14.3	16	1	4
43-93	14.3	Colocación de rebosaderas de jardín	6.23	8	1	1
102-103	14.4	Limpieza general	14.2	16		4
53-102	14.5	Colocación de tragaluces	7.14	4	1	1

EVENTO	ACTIVIDAD		PRECEDENCIA	TIEMPO	PERSONAL	
	No.	DESCRIPCION				
1-48	8.3	Hechura de sillares prefabricados		32	1	1
(43)48-72	8.3A	Colocación de sillares	6.23	4	2	2
74-77	8.4	Formaleteado y fundición de sillares no Standard	8.2	4	2	2
92-96	8.6	Limpieza de ventanas y pintura de batientes	10.5,10.15	4		3
	9.	<u>PISOS</u>				
79-80	9.1	Relleno y nivelación con granza	7.23, 10.5	4	2	6
80-82	9.2	Colocación de pisos	9.1	40	2	2
82-83	9.4	Estuque de pisos	9.3	4	2	1
83-84	9.5	Fraguado de estuque	9.4	16		
84-85	9.6	Pulir y lustrar pisos (primera manos)	9.5	8	1	2
	10.	<u>ACABADOS</u>				
1-69	10.1	Hacer mezcla y cernir arenas		48		3
68-69	10.2	Colocar maestras en paredes interiores	9.6, 10.1	4	8	4
69-71	10.3	Repellar paredes interiores	7.21,	16	5	4
71-76(78)	10.4	Fraguado del repello de paredes interiores	10.3	8		
78-79	10.5	Cernido de paredes	10.4	16	4	2
54-57	10.7	Hacer andamio para acabado de gota y cernido exteriores	7.10	4	2	2
57-59	10.8	Colocar maestras en gota	10.7	4	2	2
59-61	10.9	Repellar gota	10.8	8	2	2
61-63	10.10	Fraguado de repello gota	10.9	8		
63-66	10.11	Blanqueado gota	10.10	8	4	2
66-67	10.12	Colocar maestras paredes exteriores	10.11	4	1	1

EVENTO	ACTIVIDAD		PRECEDENCIA	TIEMPO	PERSONAL		
	No.	DESCRIPCION					
	7.	<u>TECHO</u>					
45-46(47)	7.1	Colocación de escuadras y gota, hechura	7.13	8	4	2	
45-47	7.2	Formaleteado interior	7.13	16	8	6	
26-47	7.3	Preparación de armadura vigas y hierros para losa	6.1	16	2	2	
46)47-49	7.4	Armadura del techo	7.1,7.2,7.3	16	6	4	
50-51	7.5	Preparación para fundición (arrastrés) y vigas hacia arriba	7.6	8	4	4	
49-50	7.6	Colocación de ductos eléctricos y cajas	7.4	16			Electricista
51-52	7.8	Fundición de losa	7.5	8	10	12	
52-55	7.9	Fraguado de losa	7.8	48			
52-54	7.10	Desencofrado de gota	7.8	4	2	4	
44-45	7.13	Encofrado de faldones de solera superior	6.22	8	4	2	
52-53	7.14	Hechura de bordillo de mezcla y curado	7.8	2	1	2	
55-56	7.15	Desentaramado de losa	7.9	4	4	6	
56-58	7.16	Hacer tarima para acabado losa	7.15	4	4	4	
58-60	7.17	Picado y limpieza de ciclos	7.16	4	8	6	
60-62	7.18	Forjado de ciclos	7.17	8	6	4	
62-64	7.20	Colocación de maestras	7.18	4	6	4	
64-68	7.21	Repello de cielos	7.19,7.20,8.2	16	8	6	
38-73	7.22	Fraguado de repello	7.21	8			
77-78	7.23	Cernido de cielos	7.22,2.24	16	8	6	
68-77	7.24	Alambrado de electricidad	7.21	8			Electricista
	8.	<u>VENTANAS</u>					
1-72	8.1	Hechura de ventanas		96			Herrería
72-74	8.2	Colocación de ventanas	8.1,7.18,3	8	6	4	

EVENTO	ACTIVIDAD		PRECEDIENCIA	TIEMPO	PERSONAL		
	No.	DESCRIPCION					
27-30	6.2	Colocación de cols. 4 hierros, y de 2 y 1, 2a. etapa	6.1. 5.11	4	2	2	
30-31	6.3	Emplantillado	6.2	8	6	4	
2-12	6.4	Preparación de Mezcla rústica y cernido de arena	5.4	48		3	
29-31	6.5	Colocación de muñecos de plomería	5.12	8	2	2	
28-31	6.6	Colocación de codales y hechura de los mismos	5.11	24	1	1	
31-32	6.7	Levantado 2a. etapa (colocar ductos eléctricos en cocina a la 3a. hilada)	6.3, 6.6.	4	8	4	
32-33	6.8	Colocación de block "U" de solera intermedia	6.7	4	6	2	
34-36	6.9	Colocación de armadura de solera	6.10 y 6.11	2	2	1	
33-34	6.11	Limpieza de hoyos donde va fundición	6.8	1	2	2	
36-37	6.12	Fundición de cols. 2a. etapa y solera intermedia	6.9, 6.15	8	6	6	
37-39	6.13	Colocación de cols. de 2 y 1 hierro de 3a. etapa.	6.12	4	2	2	
39-40	6.14	Levantado de 3a. etapa.	6.13	24	8	4	
32-36	6.15	Formaleteado cols. aisladas 2a. etapa	6.7	8	4	3	
37-38(40)	6.16	Desencofrado " " " "	6.12	1	1	2	
1-31	6.17	Hechura de cizadores	6.7	16			Herrería
56-78	6.18	Colocación de zoquetes	7.15	8	4	2	
32-35(36)	6.19	Colocación de ductos eléctricos 3a. etapa y cajas eléctricas	6.14	8	2	2	
(38)40-41	6.20	limpieza de hoyos	6.14	1	1	1	
(38)40-42	6.21	Formaleteado cols. aisladas 3a. etapa	6.14	8	4	3	
43-44	6.22	Desencofrado " " " "	6.23	1	1	2	
(41)42-43	6.23	Fundición cols. aisladas (3a. etapa y pines	6.21, 6.20	8	6	6	

EVENTO	ACTIVIDAD		PRECEDENCIA	TIEMPO	PERSONAL	
	No.	DESCRIPCION				
22-23	4.7	Prueba de drenajes	4.6	4	1	1
24-25	4.8	Relleno de zanjas	4.9	8		6
23-24	4.9	Colocación de tapaderas prefab. con cajas	4.7	4	2	2
	5.	<u>CIMENTACION</u>				
5-9	5.1	Marcar con cal las zanjas de cimientos	3.2	2	1	1
9-10	5.2 A	Zanjear cimientos	5.1	12	1	8
2-7 (10)	5.2	Hechura de armadura, cimientos cols. primera etapa y solera de humedad	1.3	32	1	1
10-11	5.3	Colocación de armadura de cimientos y cols. la. etapa	5.2A y 5.2	8	2	2
11-12	5.4	Fundición de cimientos	5.3	8	4	8
12-13	5.5	Levantado primera etapa	5.4	16	6	4
13-14	5.6	Colocación de solera de humedad (armadura)	5.5	4	2	2
14-15	5.7	Formaleteado de solera de humedad	5.6	8	4	2
15-16	5.8	Fundición de solera de humedad	5.7	4	4	4
16-17	5.9	Desencofrado	5.8	2	2	2
17-25	5.10	Relleno y compactación de zanjas de cimientos	4.9	8	1	6
25-28(27)	5.11	Emparejado General	4.8,5.10	4	1	4
28-29	5.12	Colocación de tubería de agua y luz enterradas	5.11	4	2	2
	6.	<u>LEVANTADO DE PAREDES</u>				
7-26	6.1	Preparación de Armadura de columnas de columnas de 4 hierros (2a. y 3a. etapa), cols. de 2 y 1 hierro 2a. etapa y 3a. etapa: solera intermedia y solera superior	5.2	32	1	1

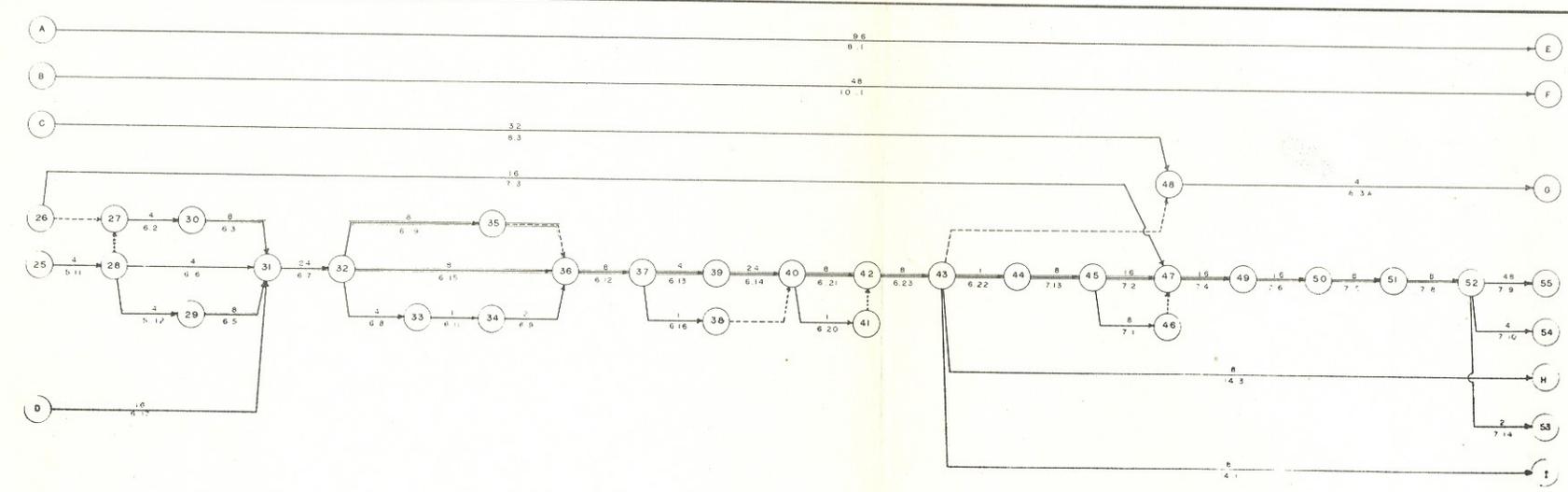
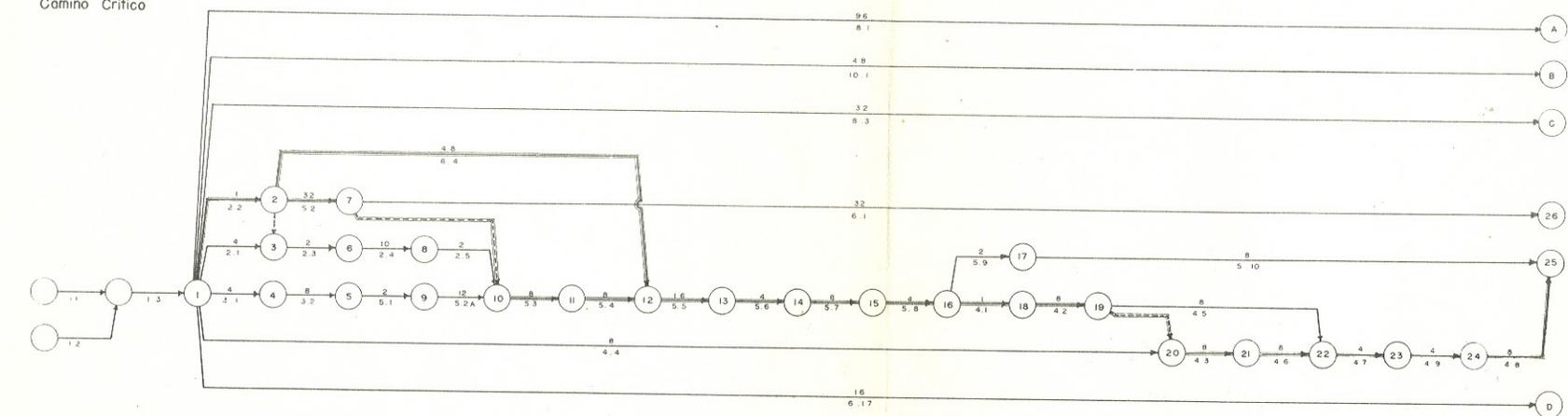
EVENTO	ACTIVIDAD		PRECEDENCIA	horas TIEMPO	PERSONAL		
	No.	DESCRIPCION			Alb.	Ay.	
	1.-	<u>TRABAJOS PREPARATORIOS</u>					
	1.1	Chapeo	-----				
	1.2	Construcción de Guardiania	-----				
	1.3	Limpieza y nivelación preliminar	1.3				
	2.-	<u>MURO COLINDANTE</u>					
1-3	2.1	Zanjeo	1.3	4		2	
1-2(3)	2.2	Preparación de armadura cimiento y cols.	1.3	1	1		
(2)3-6	2.3	Colocación de arm. cim. y fundición cim.	2.2,2.1	2	1	2	
6-8	2.4	Levantado	2.3	10	2	1	
8.10	2.5	Formaleteado y fundición de albardón	2.4	2	2	2	
	3.-	<u>TRAZO</u>					
1-4	3.1	Colocación de puente corrido	1.3	4	2	2	
4.5	3.2	Trazo y nivelación	3.1	8	2	2	
	4.-	<u>DRENAJES</u>					
16-18	4.1	Marcar zanjas de drenaje con cal	5.8	1	1	1	
18-19	4.2	Zanjeo de drenajes y cajas	4.1	8	1	8	
20-21	4.3	Colocación de Tubería	4.2,4.4.	18	5	3	
1-20	4.4	Hechura de cajas y (tapaderas fabricadas)	1.3	8	4	2	
19-22	4.5	Hechura de cajas constr. en el lugar y coloc.	4.2	8	2	1	
21-22	4.6	Colocación y centrado de bajador L.G.	4.3	8	1	1	

EVENTO	ACTIVIDAD		PRECEDENCIA	TIEMPO	PERSONAL		
	No.	DESCRIPCION					
	15.	<u>PINTURA</u>					
99-100	15.1	Pintura de cielos	15.2	16			Pintor
95-98(99)	15.2	Pintura de carpintería (primera mano)	13.2,13.3,13.4	8			
100-101	15.3	Pintura de paredes interiores	15.2	16			
101-102	15.4	Pintura de carpintería (segunda mano)	15.3,15.5	16			
98-101	15.5	Pintura de paredes exteriores	15.2	16			

GRAFICO DE FLECHAS

Guaracha (Muro)
19 Orden Actividad

Camino Crítico



IV) RECURSOS QUE INTERVIENEN EN UN PROCESO PRODUCTIVO

Los recursos que intervienen en toda obra de Ingeniería, asumimos en términos generales que son los siguientes:

- a) Mano de obra
- b) Materiales
- c) Maquinaria, herramientas, equipo
- d) Tiempo
- e) Dinero

Estos recursos son los que necesariamente hay que conjugar para, que utilizados en forma óptima y coordinada, se logre el mayor rendimiento posible o bien el menor desperdicio de todos ó cada uno de ellos.-

Lo relativo a recursos debe analizarse en varias etapas, a saber:

- 1.- Recordando los pasos generales que lleva el desarrollo de un trabajo, donde el de "Plan--tamiento del problema y su análisis", en el cual en forma general se analizan las limitaciones, que condicionan los recursos que intervienen, y posiblemente desde allí sepamos cual o cuales sean los que regirán el desarrollo de la planificación y programación.-
- 2.- Como etapa subsiguiente tomando como base la planificación y la programación general, se procede a la optimización requerida.-

Como métodos de optimización de recursos, hemos adoptado en base a anteriores experiencias, un método gráfico que posteriormente daremos

integrado al ejemplo que mostramos como guía, y que se desarrolla según los pasos siguientes.-

El primer paso necesario para programar recursos, consiste en calcular qué cantidad de cada uno de ellos se necesita para poder ejecutar cada una de las actividades componentes del proceso. Esto es lo que se conoce como cuantificación y se calcula en la forma tradicional en base del volumen de trabajo, se encuentra la cantidad de cada recurso necesario por actividad.-

Como segundo paso: con los datos del diagrama de barras y los datos de recursos requeridos se procede a hacer un gráfico, usando como escala horizontal ó de tiempos la misma del diagrama de barras y como escala vertical una que sea representativa de cantidad de recursos.-

Como tercer paso: dado las limitaciones de el recurso que se analiza, se procede a la optimización que nos dé un resultado satisfactorio.-

La cantidad total de recursos se encuentra sumando los valores de recursos que consume cada actividad y representándola gráficamente por un rectángulo en los ejes coordenadas descritos anteriormente.-

Este gráfico así construido nos permite conocer los siguientes aspectos:

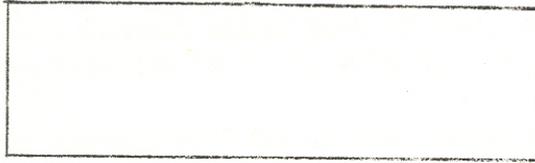
- a) Cantidad de recursos que se necesitan en el período que se decida durante la ejecución del proyecto.-
- b) Determinar si la cantidad requerida de alguno de los recursos sobrepasa en determinado momento la disponibilidad del mismo.-
- c) Si las distribuciones de recursos son adecuadas atendiendo a grandes concentraciones, acumulaciones muy rápidas o bien períodos largos e intermitentes de no u-

tilización de los mismos.-

- d) Nos da elementos para organizar eficientemente las compras, contratación ó sub-contratación tanto de materiales específicos fuera del mercado, como de personal.-

Para el caso de personal en obras específicas, este diagrama deberá tener cierta configuración general que podríamos enumerar en cuatro casos ideales:

A)



B)



C)



D)



Analisis de los casos ideales de distribución de recursos; para el que se tomó como ejemplo:

- Caso a) Este caso nos muestra que el personal a que se refiere será usado durante toda la duración del proyecto y su magnitud será constante.-
- Caso b) En este caso la utilización del personal es paulatina, va aumentando conforme el tiempo, hasta llegar a su máxima utilización, donde sigue constante hasta el final.
- Caso c) Este caso es igual que el anterior, aquí el uso del personal se va haciendo menor conforme se acerca el final del proyecto.-
- Caso d) Este caso es una unión de los dos casos anteriores y es una distribución muy conveniente cuando se trata de este recurso específico, Mano de obra, calificada y no calificada, personal especializado, etc. porque se podrá contratar ésta paulatinamente según el gráfico en ciertos períodos de tiempo, hasta llegar a su máximo de utilización, lo mismo que al final del proyecto se podrá ir disminuyendo en la misma forma.

Si logramos enmarcar nuestra distribución de estos recursos en alguna de sus configuraciones ideales nuestra programación de ellos será óptima

puesto que nuestro desperdicio sera nulo. Además se podrán proveer de recursos de recursos económicos, según demanden las gráficas de recursos, separadas o conjuntamente.-

El orden de pasos para elaborar el diagrama de recursos en forma gráfica es el siguiente:

- 1.- Colocar los recursos correspondientes a las actividades críticas.-
- 2.- Colocar a continuación los recursos de las actividades no críticas, contando con el margen -- permisible por las holgueras, dándole prioridad a las de menor holgura.-
- 3.- Adecuar el diagrama a su o sus formas óptimas, aunque en algunos casos, se requiere para ello un cambio en duración de su actividad y consecuentemente un cambio de trayectoria.-

Llegar a tener una distribución óptima (ideal) es bastante difícil y en ciertos casos imposible sin variar la duración del proyecto. Habrá sin embargo que tratar de que la curva final del diagrama sea reflejo de la que asumimos de antemano como ideal.-

Al programar los diferentes recursos nos puede suceder que alguna o algunas de estas distribuciones no sean convenientes, por lo que habrá que recordar que:

- a) No todos los recursos son igualmente importantes ó determinantes.-
- b) La distribución óptima para uno o para varios de ellos puede ser incompatible con la de otro u otras.-

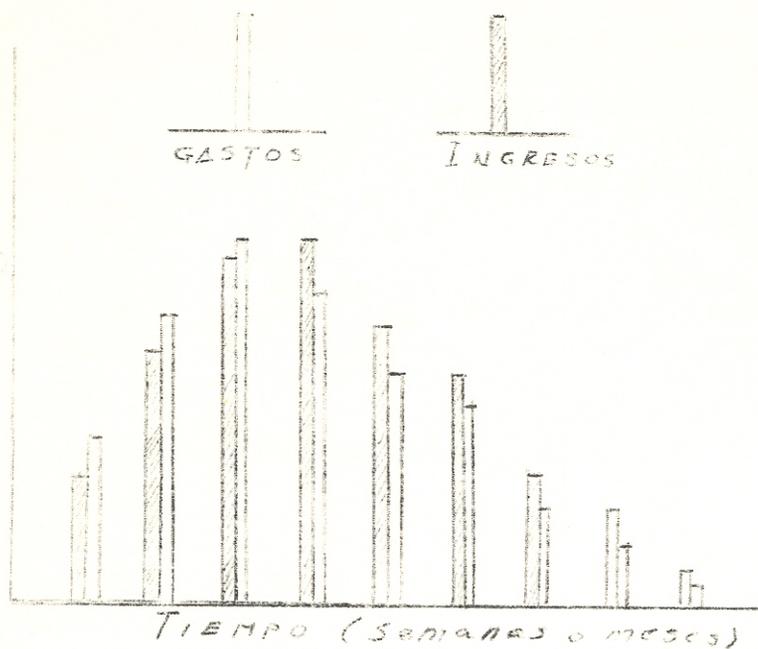
De donde se recomienda clasificar los recursos , desde el principio en el análisis general del problema, en orden de importancia, escoger los más importan-

tes, programas éstos y en base de ellos programar a los menos importantes.-

En nuestro ejemplo se asumió que el factor rector es mano de obra, el cual en nuestro medio cuando se trata de obras aisladas, es frecuente que sea el rector.-

En nuestro ejemplo se presenta el diagrama de barras correspondientes a los primeros 17 días de trabajo. Se ha hecho el diagrama de mano de obra, dividido en tres especialidades: peones, contratistas y albañiles; en los primeros y los últimos se ha tratado de nivelar, hasta donde fué posible, el límite superior; la escala de tiempo se puso en horas, (por haber sido hechas las estimaciones iniciales en horas). Además se ha fechado en días calendarios y semanas donde las iniciales corresponden al día de la semana (ver diagrama de barras).-

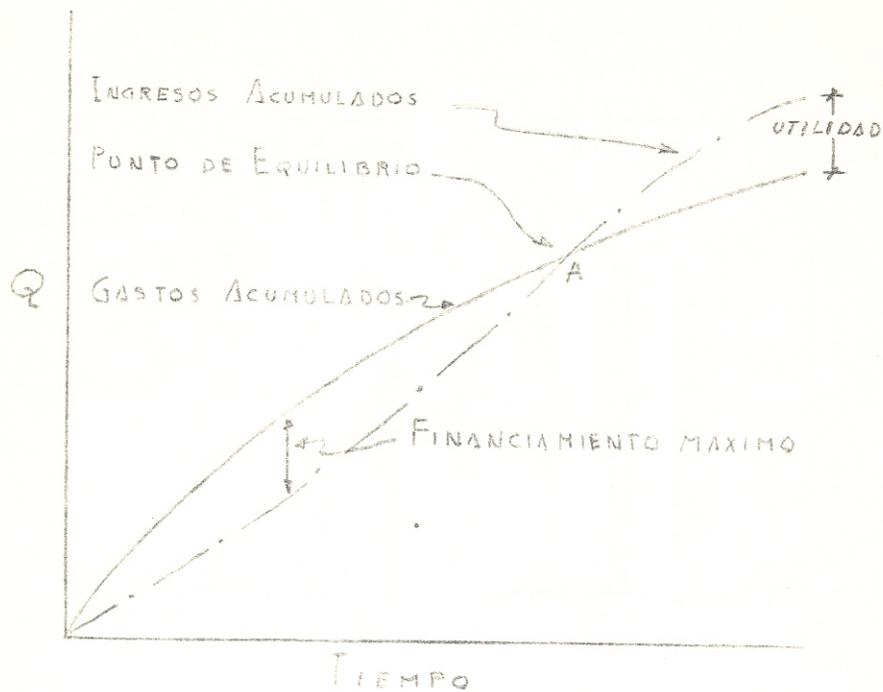
Diagrama de Disponibilidad Económica. Cualquiera que sea la actividad de que se trate siempre podrá ser fácilmente expresada en términos de dinero; por lo que este tipo de diagrama es de gran importancia, sobre todo para el personal que dirige una empresa. Para el ejemplo adjunto se determinó el gasto por semana, ploteando barras en tal período de tiempo, pudiendo según el caso usar cualquier otra unidad conveniente para tal objeto. Como resultado, mostramos el gráfico que se muestra a continuación.-



NOTA:

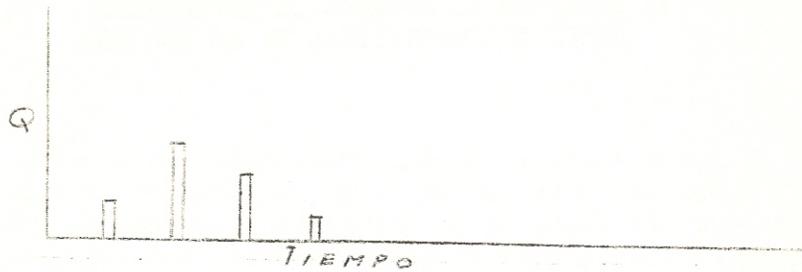
Este gráfico y los siguientes, tienen valor asumidos, es decir no corresponden fielmente al ejemplo, dado que no son valores los que interesa conocer, sino por el contrario, el concepto básico.-

Sumando las cantidades mostradas, por las barras de ingreso y por las barras de pagos en forma acumulada, obtendremos respectivamente las curvas de ingreso acumulados, las cuales se muestran a continuación y nos servirán para determinar el posible financiamiento o la holgura de recurso económico.-

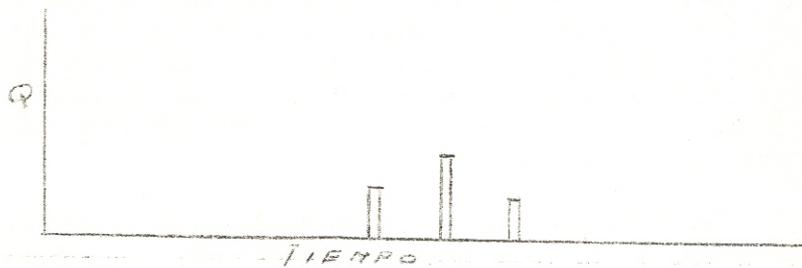


En estas curvas, la diferencia de ordenadas, dará el financiamiento necesario o utilidad según sea la colocación relativa de las curvas de ingresos acumulados y gastos acumulados. De estas dos gráficas anteriores podemos deducir fácilmente el financiamiento, amortización de financiamiento y las utilidades esperadas, Si se cree necesario pueden obtenerse por separado en forma de diagrama de barras como sigue:

- a) **Financiamiento:** Desde inicio hasta punto de financiamiento máximo.



- b) **Amortización de Financiamiento:** Desde punto de financiamiento máximo hasta punto de equilibrio.



- c) **Utilidades:** Desde punto de equilibrio hasta final del proyecto.



Si se quiere evitar financiamiento habrá que reformar el programa de pagos del propietario, de tal forma que - la curva de ingresos acumulados esté siempre sobre la curva de gastos acumulados.-

V) PROGRAMA DE ENTREGA DE MATERIALES
SEGUN DISPONIBILIDAD EN EL MERCADO

Los materiales están involucrados en todas o casi todas las actividades de un proyecto de construcción. De donde es de primordial importancia programar el abastecimiento de los mismos, con fechas previstas con anterioridad al uso de ellos, y tomando en cuenta el espacio que se disponga en la obra.-

Debe observarse que, los pedidos hechos con mucha anticipación no acelerarán la actividad en que van hacer usados, pero por el contrario la demora en pedir materiales para una actividad si la retrasa y según la importancia de esta, puede atrasar todo el proceso indefinidamente.-

La anticipación de los pedidos puede también desequilibrar la curva de pagos, haciendo que ésta tenga un corrimiento obligando a dar financiamiento ó aumentar éste según como se hubiera programado restándole fondos que la Empresa podría emplear en otros proyectos. De él planteamiento anterior surge la necesidad de estar informados de las necesidades de materiales y sus fechas de utilización, cuyo programa se elabora fácilmente tomando como base el diagrama de barras general y las condiciones del mercado.-

Para programar los materiales, habrá que tomar en cuenta sus categorías de importancia, según el caso por ejemplo:

- 1.- Aquellos que se pueden pedir y que su período de entrega es corto más o menos de una semana.-
- 2.- Aquellos que tienen tiempo de entrega largos o que necesitan ser hechos bajo orden especial ,

tales como:

Tanques para agua, lamparas especiales, pisos de diseño original y así sucesivamente, dependiendo de la disponibilidad en el mercado.-

En conclusión los pedidos de materiales se programarán con una semana o más de anticipación a su uso, dependiendo de condiciones tales como; espacio para almacenaje, requisitos especiales de calidad q' supervisar, acondicionamiento especial antes de su utilización etc...

Si existiera alguna condición de las anteriores habría que aumentar el tiempo de pedido a manera de llenar las condiciones exigidas.

En algunos casos, desde que se elabora el plan general de trabajo, se antepone a las actividades que consumen materiales, cuyo tiempo de entrega es largo, como precedencia a tal actividad, el tiempo de entrega; lo anterior es recomendado en algunos casos especiales para que al incluir estas actividades el camino crítico, se adecúe más a la realidad, la fecha de terminación del proyecto, representando fielmente la influencia de estos pedidos en el desarrollo del programa.-

Las órdenes de pedidos y las fechas correspondientes, las encontraremos tomando como base el diagrama de barras, y haciendo un listado que nos servirá de control, debiendo contener este la fecha en que debe hacerse el pedido y la fecha de utilización, clase de material, unidades, y en que actividad va a usarse. Con base a este conforme se va llegando a las fechas se hacen los pedidos. ó bien se hacen todos los pedidos a la vez dando a los distribuidores, las fechas de entrega según su utilización.-

VI) INSTRUCTIVOS DE TRABAJO PARA OBRAS DE INGENIERIA

Los instructivos de trabajo tienen una función de distribución de personal, a la vez que de Dirección para el Director ó Supervisor de trabajo en el campo.-

En ellos debe darse la información necesaria para el buen desarrollo del proyecto, dejando a criterio del Ingeniero Supervisor y del encargado de la misma la distribución específica del personal atendiendo a su especialización.-

Además de guía de dirección, estos documentos sirven para registrar inicialmente los cambios en cuanto tiempo y asignación de personal que posteriormente servirá para el control final.-

Los instructivos de personal se desarrollan en períodos quincenales o mensuales, evitando perder el trabajo de su hechura, si en el transcurso de la ejecución se observa cualquier cambio apreciable, a la Programación inicial que la modifique. Si por el contrario se desarrollaran todos de una vez al inicio, al sufrir algún cambio, habría que rehacerlos de nuevo desde donde éste afecte.-

La forma más conveniente de elaborarlos que se sugiere es usando como base los diagramas de mano de obra, utilizando para su representación los mostrados posteriormente como ejemplo.-

EVENTO	ACTIVIDAD	SEMANAS																
		1				2				3				4				
		L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V
1-2	Prep. arm. cimientos y colun. muro																	
2-7(10)	Hechura cimientos, colun. la. etapa y solera humedad																	
2-12	Prep. mezcla rústica y cernido arena																	
10-11	Coloc. arm. cimientos y columnas la.																	
11-12	Fundición cimientos																	
12-13	Levantado la. etapa																	
13-14	Coloc. arm. solera humedad																	
14-15	Formateado solera humedad																	
15-16	Fundición solera humedad																	
16-18	Marcar drenaje																	
18-19(20)	Zanico drenajes																	
20-21	Coloc. tubería y cajas drenaje																	
21-22	Coloc. bajadas H.S.																	
22-23	Prueba de drenajes																	
23-24	Coloc. tapaderas prefabricados																	
24-25	Relleno zanjas drenaje																	
25-28(27)	Emparejado gral.																	
27-30	Coloc. colun. 4 hierros y de 2 y 1 2a. ESADA.																	
30-31	Enplantillado																	
28-29	Coloc. tubo agua y luz enterrado																	
29-31	Coloc. muñecos plomería																	
1-3	Anjico cimentación muro																	
3-6	Coloc. arm. cim. y colun. muro																	
6-8	Levantado muro																	
8-10	Form. y fund. albardón muro																	
1-4	Coloc. puente corrido																	
4-5	Trazo y nivelación																	
5-9	Marcar cimientos																	
9-10	Zanjar cimientos																	
1-20	Hechura tapaderas y cajas pref. drenaje																	
16-17	Desencofrado solera																	
17-25	Relleno y comp. cimientos																	
19-22	Hechura cajas constr. en el lugar																	
7-26	Prep. arm. colun. paredes																	
1-31	Hechura cizadores.																	
28-31	Hechura y coloc. codules																	
1-72	Hechura ventanas																	
1-69	Hacer mezcla y cernir arenas;																	
1-48	Hechura sillares prefabricados																	
26-47	Prep. arm. vigas y hierros losa																	

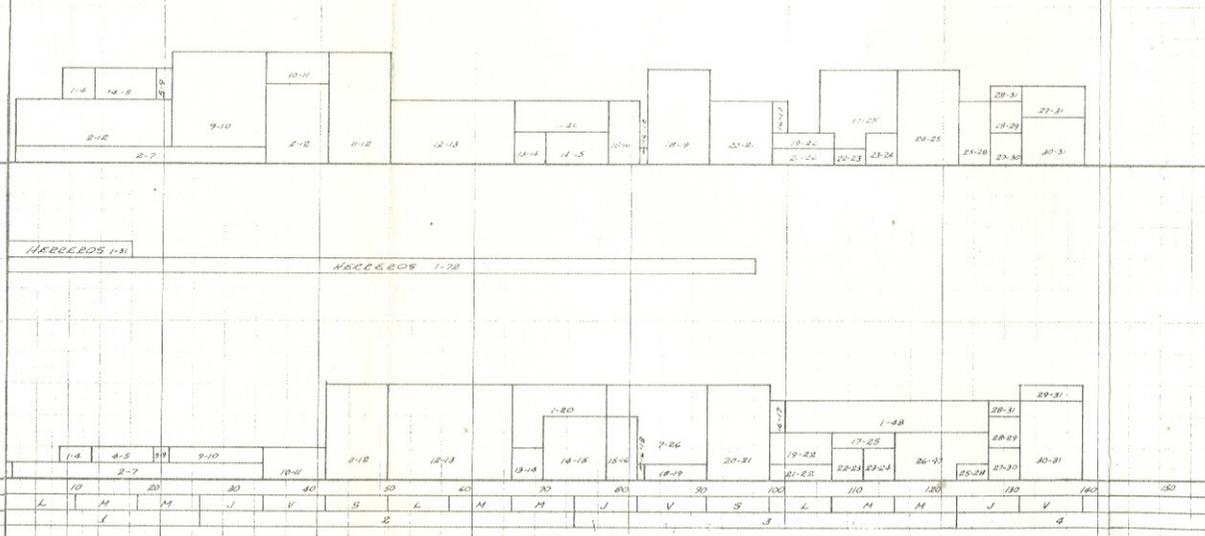
403
387
399
207

9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

REDUQS

CONCRETISTAS

ALBAÑILES



SEMANAS
DÍAS
DÍAS

		PROGRAMA DE T		Hoja No. 1/1	
		OBRA _____		SEMANA No. 1	
		DEL _____ AL _____			
DIAS		TOTAL PERSONAL POR SEMANA : 2 ALBAÑILES 7 PEONES			
		1 Alb. 1 Ay.	1 Alb. 2 Ay.	4 Ay.	
1	L COMENZAR : HACER CIMENTO, COLUMNA 1A ETAPA Y SOLERA DE HUMEDAD (2 - 7)	COLOCACIÓN PUENTE CORRIDO (1 - 4) TRAZO Y NIVELACION (4 - 5) MARCAR CIMIENTOS (5 - 9) EMPEZAR: ZANJEAR CIMIENTOS (9 - 10)			
2					
3					
		FIN DE 1A. SEMANA			

HOJA No. 1/1
 SEMANA No. 2
 DEL ____ AL ____

		6 ALBAÑILES				7 PEONES	
		2 ALB.	2 ALB.	1 ALB. 1 AY.	1 ALB. 1AY	2 Ay.	3 Ay.
4 J	X			TERMINAR DE HACER CIMIENTOS COL 1 ETAPA Y SOLERA DE HUMEDAD (2-7)	TERMINAR DE HACER CIMIENTOS (9 - 10)		
5 V				COLOCAR ARMADUR(A CIMIENTOS Y COLUMNAS 1A. ETAPA (10 - 11)	PREPARAR MEZCLA RÚSTICA Y CERNIDO DE ARENA (2 - 12)		
6 S	FUNDIR CIMIENTOS (11-12)						
7 L	HACER LEVANTADO 1A. ETAPA HASTA SOLERA DE HUMEDAD						X
8 M	(12 - 13)						
9 M	HACER TAPADERAS Y CAJAS DRENAJES PREFABRICADOS (1 - 20)	COLOCAR ARMADUR(A SOLERA DE HUMEDAD (13 - 14)			AYUDAR A HACER CAJAS Y TAPADERAS DRENAJES PREFABRIC* (1-20)		
	PONER FORMALETA A SOLERA DE HUMEDAD (14 - 15)						

HOJA No. 1/2
 SEMANA No. 3
 DEL _____ AL _____

					HOJA No. 1/2 SEMANA No. 3 DEL _____ AL _____	
		TOTAL PERSONAL POR SEMANA : 6 ALBAÑILES				
		1	1	2	1	1
10	J	TERMINAR DE PONER FORMALETA EN SOLERA DE HUMEDAD (15 - 16)			TERMINAR DE HACER TAPADERAS Y CAJAS PREFABRIC. DRENAJES (1-20)	
		FUNDIR SOLERA DE HUMEDAD (15 - 16)				
11	V	MARCAR DRENAJES (16-18) ZANJEO DRENAJES (18 - 19)	PREPARAR ARMADURÍA COLUMNAS PAREDES (7 - 26)			
12	S	COLOCACION TUBERIAS Y CAJAS DRENAJE (20 - 21)				
13	L	DESENCOFRAR SOLERA DE HUMEDAD HACER SILLARES	HACER CAJAS CONS- TRUIDAS EN EL LU- GAR.- (19-22)	COLOCAR BAJADAS DE H.G. (21 - 22)		
14	M	PREFABRICADOS	PROBAR DRENAJES (22 - 23) COLOCAR TAPADE- RAS PREFABRIC (23-24)	RELLENAR Y COMPACTAR CIMIENTOS (17-25)		
15	M	(1 - 48)	PREPARAR ARMADURÍA VIGAS Y HIERROS LOSA.- (26 - 47)			

TOTAL PERSONAL POR SEMANA : 6 PEONES					
		2	2	1	1
10	AYUDAR A HACER TAP.Y CAJAS PREFABRIC DRENAJES (1-20)	AYUDAR A FORMALETEAR SOLERA DE HUMEDAD (14-15)	X		
J	AYUDAR A FUNDIR SOLERA DE HUMEDADES (15 - 16)				
11			AYUDAR A MARCAR DRENAJES (16-18)	X	
V	ZANJEAR DRENAJES (18 - 19)				
12	AYUDAR A COLOCAR TUBERÍA Y CAJAS DRENAJE (20 - 21)		X		
S					
13	X		DESENCOFRAR SOLERA DE HUMEDAD (16-17)	AYUDAR A HACER CAJAS CONSTRUIDAS EN EL LUGAR.- (19-22)	AYUDAR A COLOCAR BAJADAS DE H.G. 21 - 22
L					
14	RELLENAR Y COMPACTAR CIMENTOS (17-25)			AYUDAR A PROBAR DRENAJE (22 - 23)	
M				AYUDAR A COLOCAR TAP. PREFABRIC. (23-24)	
15	RELLENAR ZANJAS DE DRENAJE (24 - 25)				
M					

HOJA No. 1/2
 SEMANA No. 4
 DEL ___ AL ___

		TOTAL PERSONAL POR SEMANA : 3 ALBAÑILES				
		2	2	1	1	2
16	TERMINAR DE PREPARAR VIGAS H.L.O.SA (26-47)	TERMINAR DE HACER SILLARES PREFABCS (1-48)	EMPAREJADO GENERAL (25-28)			X
J	COLOCAR TUB. AGUA Y LUZ ENTERRADO (28-29)	COLOCAR COL DE 4 Y 2H 1A. Y 2A. ETAPA (27-30)	HACER Y COLOCAR CODALES (28-31)			
17	EMPLANTILLAR (30-31)				COLOCAR MUÑECOS DE PLOMERÍA (29-31)	X
V						
18	LEVANTADO 2A. ETAPA (INCLUYE COLOCACIÓN DE DUCTOS)					
19	EN COCINA 3A. HILADA (31-32)					
20						
M						
21	FORMALETEAR COLUMNAS AISLADAS 2A. ETAPA.	COLOCAR BLOCK "U" SOLERA INTERMEDIO 32-33			COLOCAR DUCTOS ELECTRICOS 2A. ETAPA Y CAJAS	
M	(32-36)	COLOCAR ARMADURÍA SOLERA INTERMEDIO (34-36)			32-35	

En tal ejemplo se tomó períodos semanales (en nuestro caso de jueves a miercoles) y se plecteo en la escala horizontal del formato el personal a usarse y en escala vertical los días de la semana, que inicialmente se numeran en forma correlativa, como días efectivos de trabajo y posteriormente se le colocan fechas, según los días hábiles de trabajo. Seguidamente se anota los trabajos que deben hacerse, su tipo y cantidad de personal. Es conveniente también anotar el número de las actividades.-

Estos instructivos pueden hacerse para albañiles y peones, separados o combinados según la complejidad que presenten, aunque las dos formas son completamente válidas y trabajan eficientemente. Se incluyen a continuación los instructivos de trabajo del ejemplo escogido, correspondientes a las cuatro primeras semanas de duración del proceso, mostrándose el desarrollo de la primera y segunda semana con instructivos combinados y las dos restantes con instructivos separados; o sea uno para albañiles y otro para peones, con el objeto que sirvan de término de comparación.-

VII) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los puntos desarrollados anteriormente podemos sacar como conclusiones:

- a) El C.P.M. trabajado en forma ordenada y completa, nos permite tener un programa, bastante - apegado a la realidad o en el cual las variaciones respecto al plan original sean mínimas, factor éste que, al "NO" observarse y hacer una programación incompleta, nos lleva al fracaso, y al concepto que priva en el medio de que es una técnica susceptible de uso sólo en Empresas de gran magnitud.-
- b) Deben programarse los recursos siempre, y con mayor detenimiento, los que tengan factores limitantes para con los mismos, según su orden de importancia, y así evitar trastornos con concentraciones excesivas o bien carencia de los mismos en un momento dado.-
- c) El hacer las curvas de ingreso acumulado y gastos acumulados nos presenta un panorama exacto del movimiento de fondos propios ó ajenos y nos permite si habrá necesidad de dar o no financiamiento. En caso de dar financiamiento nos hace saber con anticipación cuánto es y la forma de recuperación del mismo. También permitira hacer planes económicos para inversión de utilidades.
- d) Al programar pedidos de materiales se estará evitando retrasos, almacenamientos de materiales ó movimientos de capitales innecesarios.-

- e) La elaboración de instructivos de personal, dirige la distribución y organización de personal en el lugar de la obra, así como también dirigen la supervisión.-
- f) La Programación de recursos es básica para un buen control presupuestario.-

RECOMENDACIONES

- a) Al usar la técnica del C.P.M. deberá seguirse el orden establecido completamente.-
- b) Para la buena ejecución de un proyecto, deberán siempre programarse los recursos necesarios, estableciendo orden de prioridad según su importancia y disponibilidad en el mercado, para tomar las medidas convenientes.-
- c) Siempre que el recurso limitante sea el económico se deberán investigar las curvas de ingresos y gastos acumulados.-
- d) En los diagramas de mano de obra en obras específicas de carácter único debe de tratarse que las curvas de personal de cada especialidad sean de tal forma que la cantidad total en cualquier unidad de tiempo sea uniforme.-
- f) Los instructivos de personal deben hacerse dejando en libertad al supervisor para que éste pueda tener opción de distribuir tal personal según su experiencia, tipo de obra y personal auxiliar de dirección.-
- g) El personal que ha de dirigir la obra debe tener el conocimiento de las técnicas de programación al grado necesario y según sus atribuciones, debe tomar parte en su elaboración para que esté bien empapado del proceso, sienta su participación en él y se motive su interés por llevarlo a cabo.-

VIII) BIBLIOGRAFIA

- 1.- ASIGNACION Y PROGRAMACION DE RECURSOS
R. L. Martino. Impresora Azteca. México
- 2.- PERT- C. P. M.
J. Figueroa Andu. Saeta. Madrid
- 3.- PERT
Gabriel N. Stilian. Deusto, España
- 4.- METODOS MODERNOS DE PLANEACION, PROGRAMACION
Y CONTROL DE PROCESOS PRODUCTIVOS
Melchor Rodríguez Caballeros, México.
- 5.- C.P.M. IN CONSTRUCTION MANAGEMENT.
James O'Brien, Mc Graw-Hill
- 6.- PLANIFICACION Y CONTROL DE PRODUCCION
Antonio Arjona Ciria. Deusto, España
- 7.- REVISTA DE INGENIERIA, Diciembre 1967
F. Méndez. Colegio de Ingenieros de Guatemala
- 8.- METODOS MODERNOS DE PLANIFICACION, PROGRAMACION,
CONTROL DE PROCESOS PRODUCTIVOS
F. Méndez C.D.P.I, Guatemala.

Edgar Antonio Díaz García

VºBº

Ing. Héctor Manuel Rivera E.
A s e s o r

Ing. Enrique Godoy S.
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica Industrial

IMPRIMASE

Ing. Amando Vides Tobar
D e c a n o