



207
17
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMACION Y CONTROL DE PROYECTOS

TESIS PROFESIONAL

que para obtener el título de

LICENCIADO EN INGENIERIA CIVIL

p r e s e n t a :

LUIS ROBERTO AYON CARDENAS

México, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Universidad Nacional
de Chile

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-122

A Pasante señor LUIS ROBERTO AYON CARDENAS,
P a s a n t e .

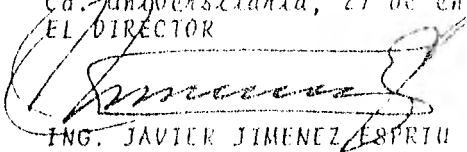
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Emilio Gil Valdivia, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"PROGRAMACION Y CONTROL DE PROYECTOS"

- 1) Introducción: La necesidad de los programas, las ventajas de la mecanización.
- 2) La red de actividades.
- 3) Control y monitoreo del programa.
- 4) Los programas disponibles, su evaluación y comparación.
- 5) Ejemplo.
- 6) Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesionales, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPRITU"
Cd. Universidad, 27 de enero de 1962
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/OBLH/scr

2.2	PLANEACION DE RECURSOS	28
2.2.1	PROGRAMACION CON RECURSOS LIMITADOS	32
2.2.2	PROBLEMAS CONCEPTUALES EN EL ANALISIS DE LA RUTA CRITICA AL PROGRAMAR CON RECURSOS	37
3.0	CONTROL Y MONITOREO DEL PROGRAMA	41
3.1	TIPOS DE REPORTES	42
3.1.1	TABLAS O GRAFICAS DE USO CONTRA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS	42
3.1.2	REPORTE DE ACTIVIDADES CRITICAS	43
3.1.3	LISTAS DE TRABAJOS A CORTO PLAZO	44
3.2	CONTROL Y MONITOREO DEL PROGRAMA	44
	ANEXO: REPORTE DE CONCEPTOS CRITICOS	49
4.0	LOS PROGRAMAS DISPONIBLES, SU EVALUACION Y COMPARACION	53
5.0	EJEMPLO	54
5.1	PLAN DE ACCION	54
5.1.1	INFORMACION BASICA	54
5.1.2	ESTRUCTURACION DE LOS DIAGRAMAS LOGICOS	55
5.1.3	OBTENCION DE TIEMPOS O DURACION	58
5.2	PLANEACION DE RECURSOS	71

5.3	REPORTES COMPUTARIZADOS	73
6.0	CONCLUSIONES	76
6.1	PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA APLICACION DEL CPM	76

1.0 INTRODUCCION: LA NECESIDAD DE LOS PROGRAMAS Y LAS
VENTAJAS DE LA MECANIZACION

En la actualidad, el desarrollo de un proyecto mayor de ingeniería, plantas generadoras de electricidad, complejos industriales, petroquímicas, etc., requiere de una organización compleja con una división de responsabilidades mayor que aquélla que pudiera satisfacer a un proyecto de menor escala.

Es común, que aparte del grupo de construcción, se cuente con grupos de dirección del proyecto, abastecimientos, control de calidad, ingeniería (aún en fases avanzadas del proyecto), control de construcción, puesta en servicio, etc.

Para lograr un trabajo coordinado entre cada uno de estos grupos, así como para establecer prioridades y enfocar adecuadamente la fuerza de trabajo, es necesario establecer un plan maestro del proyecto, que indique el alcance del trabajo a desarrollar, los recursos (costos, materiales, horas-hombre, equipo) que serán necesarios para el cumplimiento del plan y cuando se requiere realizar determinada actividad.

Un proyecto en la etapa de construcción, es posible que requiera de 15 ó 20000 actividades para ser descrito -

adecuadamente, por lo que se ha vuelto una necesidad - económica la computarización de la red de actividades - para utilizarla eficientemente, analizar nuevas alternativas de construcción, estudiar planes de recuperación, etc.

Esta tesis tiene como finalidad, el mostrar los pasos - necesarios para el desarrollo e implementación de un - plan de trabajo, la organización requerida para su aplicación y cuales son los problemas que generalmente se - presentan durante y para su utilización.

1.1 Objetivos

Los principales objetivos que se persiguen al diseñar un Sistema de Planeación y Programación son:

- Desarrollar un programa realista del proyecto, basado en una sólida secuencia lógica entre actividades y en los recursos disponibles.
- Generar información, respecto a fechas y recursos de utilidad a la dirección del proyecto en la toma de decisiones y para la satisfacción de diversas necesidades como pueden ser: requerimientos del cliente, recuperación de atraso, - impacto de los cambios de diseño, falta de materiales, personal especializado, etc.

- Establecer prioridades a corto plazo para enfoc ar los recursos a las disciplinas que lo re--
quieran.
- Establecer una base de datos contra la cual -
pueda ser medido y evaluado el progreso de la
obra.
- Mantener un aparato de comunicación entre to--
das las áreas para estar al tanto de los pro--
blemas y necesidades mutuas y poder identifi--
car y asignar responsabilidades.

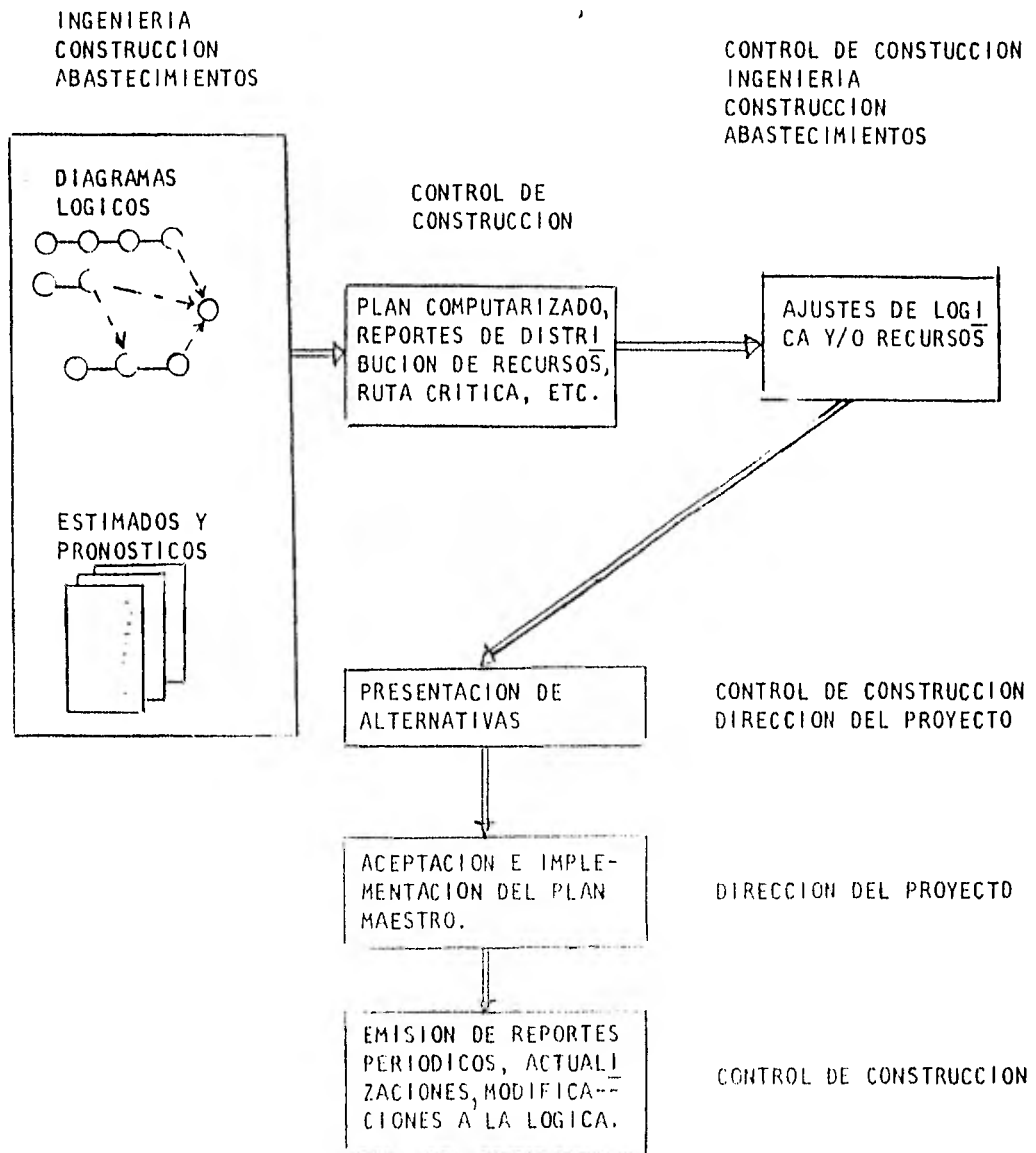
1.2 Ubicación Dentro de la Estructura Organizativa del Proyecto

Como se puede apreciar en el inciso anterior, la -
información de fechas y recursos que proporciona -
la ruta crítica debe ser obtenida, conjuntada y ac-
tualizada a partir de distintos grupos de trabajo.

Generalmente, es responsabilidad del grupo de Con-
trol de Construcción y en particular del grupo de
Programación/Costos el organizar la información -
obtenida de otros departamentos para obtener un -
plan viable en la construcción del proyecto.

A continuación, se muestra el flujo de información
requerido para la estructuración de la red de - -

actividades y por quién debe ser generado:



1.3 Análisis de su Aplicabilidad en Distintos Tipos de Proyectos

El método de ruta crítica (CPM o PERT) se desarrolló durante los años cincuenta en Estados Unidos como una ayuda en la planeación y programación de proyectos grandes. En particular, el método PERT existe debido a la necesidad de programar el proyecto POLARIS, referente a la investigación y desarrollo de un sistema de proyectiles lanzados por submarinos desde distintos puntos del océano.

Han pasado más de 20 años desde entonces, la popularidad del método ha sido variable, pero se puede afirmar que en la actualidad, en Estados Unidos, el método se utiliza comúnmente en la dirección de proyectos grandes, medianos y chicos.

Es importante considerar que los costos involucrados en el desarrollo de la red son altos, la Fuerza Aérea Norteamericana ha estimado estos costos entre 0.1 y 0.5% del costo total del proyecto (este último número para proyectos de investigación).

Por tanto, para proyectos medianos y chicos (representables por 500 ó 600 actividades) aunque el CPM ha demostrado su utilidad, es conveniente efectuar

ciertos ahorros como pueden ser:

- Evitar la formación de un grupo de Programación/ Costos y asignar al personal disponible más capacitado la responsabilidad del desarrollo y mantenimiento de la red de actividades como una más de sus funciones.
- Efectuar en forma manual, los cálculos de las fechas temprana y tardía, holgura, etc., lo cual no es tan complicado como podría parecer sobre todo si se utiliza un método gráfico.

Obviamente, los beneficios obtenidos por la utilización del CPM deben ser mayores que los gastos y requieren la misma o mayor atención. Los ahorros que el método ofrece en cuanto a una mejor coordinación, disminuir retrasos, efectuar pronósticos más acertados, etc., son más difíciles de identificar y cuantificar que por ejemplo los costos directos y muchas veces son sólo visibles para la dirección del proyecto.

Definitivamente, los mayores éxitos en la implementación del PERT o CPM han sido en proyectos grandes y no repetitivos, PERT en proyectos de investigación y CPM en construcción.

A continuación, se enumeran ciertos tipos de proyectos en los que PERT/CPM han demostrado su utilidad:

- La construcción de un edificio o de un sistema de carreteras.
- La planeación, desarrollo y producción de un nuevo producto.
- La construcción de refinerías.
- La instalación de un sistema de computación.
- La construcción y/o reparación de barcos.
- La fabricación y montaje de generadores.

Cada uno de estos proyectos tiene ciertas características que son esenciales en el análisis por el método de ruta crítica.

- a) El proyecto consiste de una serie de trabajos bien definidos que al ser terminados nos marcan la terminación del proyecto.
- b) Los trabajos llevan un orden, o sea, deben seguir una secuencia definida por la naturaleza del proyecto y por la técnica a utilizar.

Estas características serán definidas con más detalle y utilizadas al hablar del desarrollo de la red de actividades (capítulo 2.0).

Por el momento, sólo nos importa saber qué tipo -
de proyectos son susceptibles de ser controlados -
por el método de la ruta crítica.

2.0 LA RED DE ACTIVIDADES

2.1 Plan de Acción

El desarrollo de un plan de acción, es el primer - paso en el proceso de programación de un proyecto.

Este plan debe indicar claramente el trabajo a desarrollar, la secuencia lógica entre trabajos e inferir los métodos que deben ser usados para su realización. Es necesario considerar a nivel general los requerimientos de recursos para cada trabajo al desarrollar el plan.

Resumiendo, se puede afirmar que en el proceso de planeación es de gran importancia la toma de decisiones cualitativas como son: "el qué, cómo y en - qué orden".

2.1.1 Información Básica

2.1.1.1 Alcance del proyecto

La ingeniería debe estar lo suficientemente avanzada como para permitirnos identificar los edificios, elevaciones, distintos sistemas de tubería, equipo mayor, - etc., de que consta nuestro proyecto.

Esto nos permitirá, entre otras cosas, - definir el trabajo por ejecutar, estable-

cer posibles secuencias, descubrir interferencias y estructurar la red de actividades como se verá más adelante.

2.1.1.2 Estimaciones y rendimientos

Esta información es indispensable para asignar duraciones a las distintas actividades.

La necesidad de contar con un buen estimado se manifiesta desde el momento del concurso y, para fines del programa, es también de mucha importancia, ya que finalmente la validez de las rutas críticas y/o potencialmente críticas dependerá de haber estimado correctamente las duraciones.

Asimismo, es vital contar con información de proyectos similares en cuanto al tipo de obra y métodos constructivos se refiere, para usarla en el cálculo de rendimientos. En este renglón es recomendable contar con personal experimentado, de ser posible en construcción, capaz de cuestionar la validez de los rendimientos obtenidos.

2.1.1.3 Entregas de equipos y terminación de Ingeniería.

Si la ingeniería no ha sido terminada antes del inicio de la construcción y/o se tienen planeadas fechas tardías de entrega de equipo (lo cual es común en proyectos grandes) es necesario considerar estos factores en la elaboración del plan, desarrollando una secuencia lógica de estas actividades e impactando con ella la red de construcción.

2.1.1.4 Cuadrilla tipo

Si el cálculo de duraciones va a ser efectuado con base a rendimientos, esto es, tratando de definir el total de horas-hombre requeridas para una actividad (cantidad x rendimiento = horas-hombre) es necesario contar con información histórica referente al personal (cantidad y categoría) que integra una cuadrilla. El número de cuadrillas tipo, dependerá de las distintas clases de trabajos que involucre nuestro proyecto, por ejemplo, para una obra civil posiblemente se tengan frentes de excavación, cimbrado, armado,

montaje, colados, etc.; teniéndose, por -
tanto, cuadrillas tipo para cada una de -
estas actividades.

2.1.1.5 Fecha de terminación

Aunque la fecha de terminación no es re--
quisito indispensable para iniciar los -
trabajos de planeación, tales como planes
preliminares y obtención de la fecha natur
al de terminación, sí lo es para establec
er el plan definitivo, ya que comparando
esta fecha con la fecha requerida de ter-
minación es posible tomar ciertas decision
es tales como:

- Retrasar la fecha de inicio, disminuir
el flujo de capital y/o restringir la
contratación de personal, etc., si es
que la fecha requerida es posterior a
la calculada.
- Aumentar los recursos, efectuar traba-
jos en paralelo (cuando sea posible),
etc., si la fecha requerida es ante-
rior a la calculada.

Una vez que se ha recopilado esta informam
ción y se tiene una buena idea sobre el -

alcance del proyecto, es posible iniciar la preparación de los diagramas lógicos - (de flechas) y el cálculo de duraciones - como se muestra a continuación.

2.1.2 Estructuración de Diagramas Lógicos

Un proyecto de construcción, generalmente, se puede englobar en 3 grandes disciplinas:

- Civil
- Mecánica
- Eléctrica

Comprendiendo cada uno de estos distintos trabajos como pueden ser:

CIVIL

- excavaciones
- relleno y compactación
- cimbrado
- habilitado de acero de refuerzo
- colados
- montaje de acero estructural
- soportería
- soldadura
- colocación de embebidos
- acabados, etc.

MECANICO

- montaje y soldadura de tubería
- montaje de equipo
- instrumentación
- aire acondicionado, etc.

ELECTRICO

- instalación de charolas
- instalación de conduit
- instalación de alumbrado
- instalación de tierras
- cableado y terminaciones
- montaje de equipo eléctrico, etc.

Todos éstos, son trabajos perfectamente definidos, o sea, su inicio y terminación son eventos que claramente se pueden determinar y de los que se conoce a que restringen y - por que son restringidos.

La red de actividades que se desee desarrollar debe mostrar estos distintos trabajos y su interrelación.

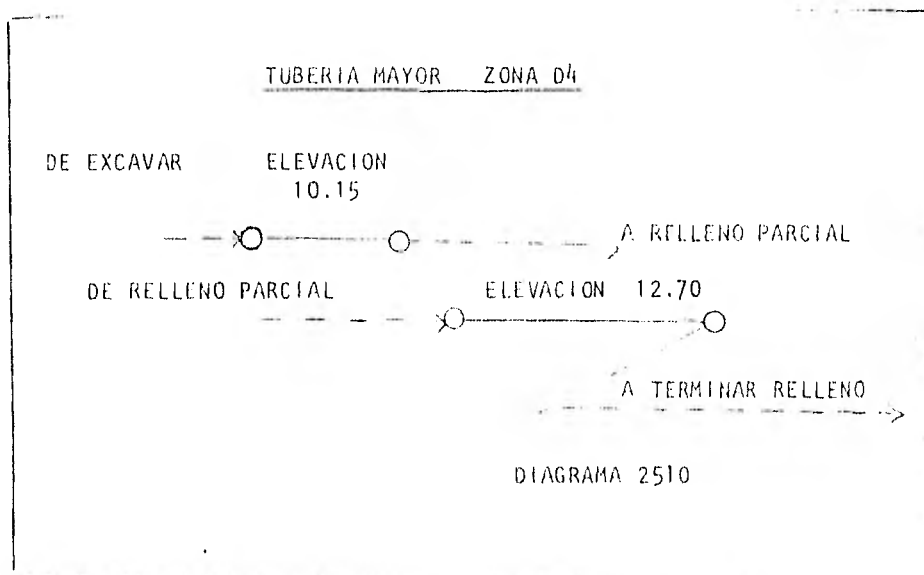
Hay 2 factores importantes que se deben considerar en la estructuración de la red.

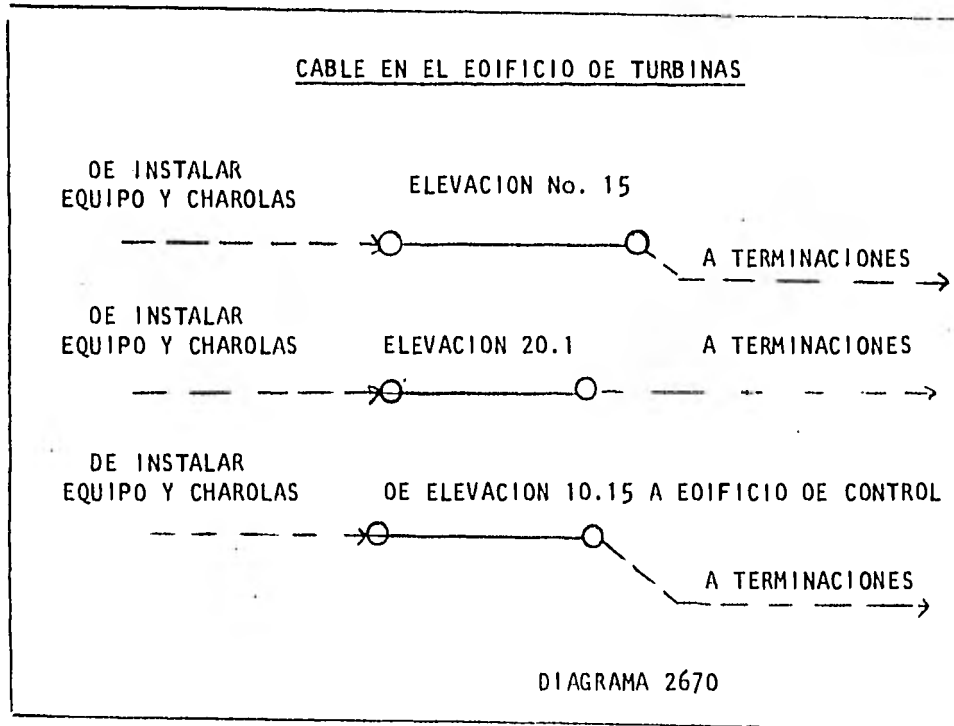
2.1.2.1 Organización de construcción.

La red de actividades debe reflejar el trabajo tal y como se va a realizar en el campo.

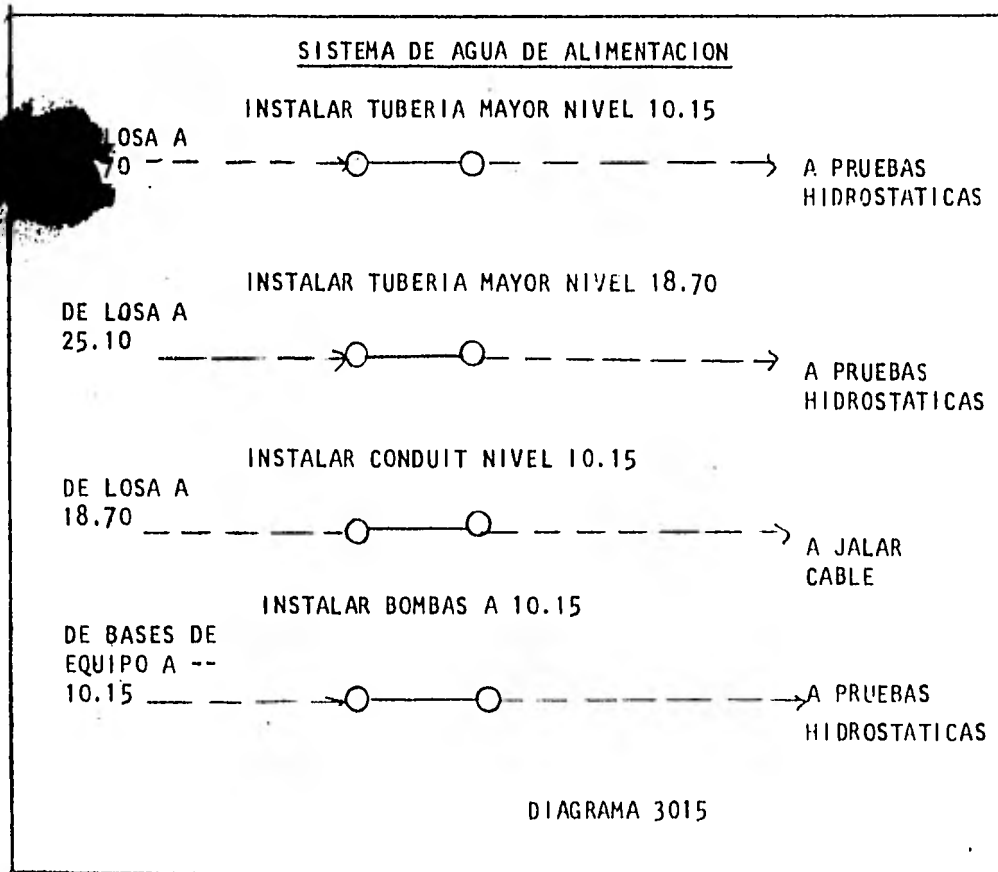
Si construcción está organizada por superintendencias de área (por ejemplo edificios) el CPM debe estructurarse por edificios, por elevación, posiblemente, por zona y por disciplina. Este tipo de organización es común cuando se está en la fase civil del proyecto y falta aún gran cantidad de tubería, cable, etc., por instalar.

Ejemplos de diagramas lógicos para esta etapa serían:



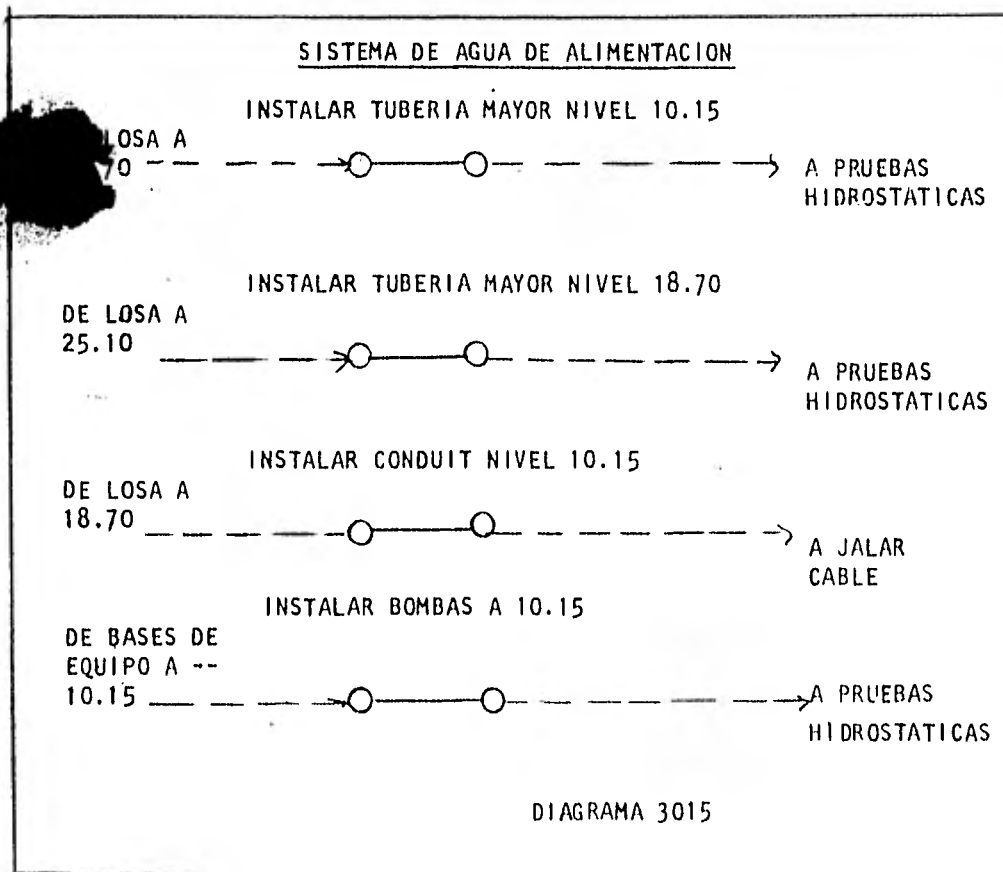


Hay ocasiones en que por el avance de la obra, construcción está organizada por sistemas, entonces es necesario estructurar el CPM por sistema, por ejemplo:



Como se puede apreciar, la estructuración de los diagramas al variar la organización es radicalmente distinta, aunque en realidad se puede estar programando el mismo cable y la misma tubería.

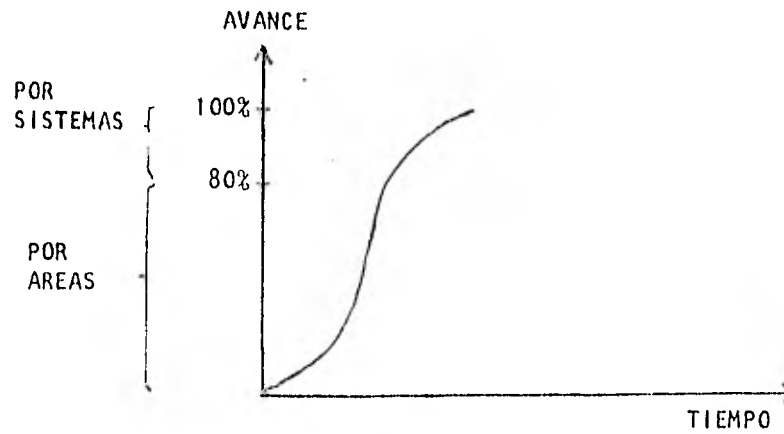
La siguiente curva de avance nos muestra cuando es recomendable programar de una



Como se puede apreciar, la estructuración de los diagramas al variar la organización es radicalmente distinta, aunque en realidad se puede estar programando el mismo cable y la misma tubería.

La siguiente curva de avance nos muestra cuando es recomendable programar de una -

forma u otra:



2.1.2.2 Nivel de Detalle.

La elección del nivel de detalle con que va a ser construída la red, depende de varios factores.

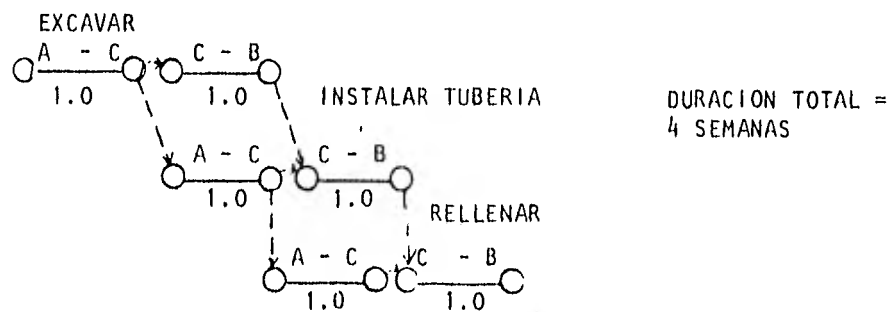
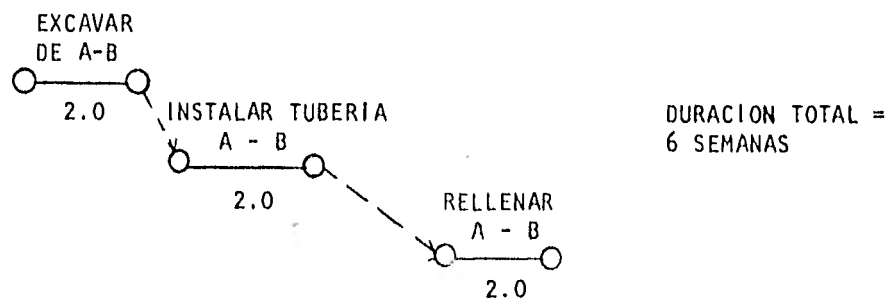
El uso que se le intenta dar a la red, Para el control de construcción, generalmente, se lleva mucho detalle (digamos hasta programar por colados, tubería por zona y por sistema, etc.).

Si lo que interesa es el control de la ingeniería y el programa de construcción sólo nos da fechas tope para ingeniería; entonces lo más conveniente, posiblemente, sea programar construcción con poco detalle (digamos por edificio, por elevación).

El conocimiento que el responsable de la planeación tenga del área.

El traslape que se desee tener entre actividades.

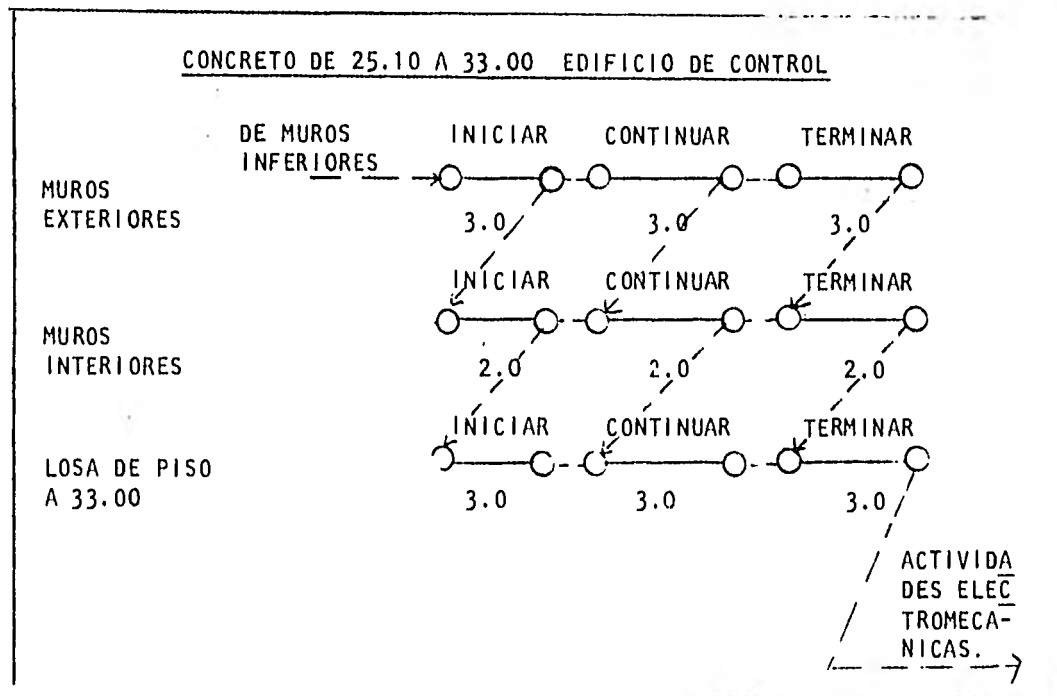
La red inicial, generalmente, se construye con poco traslape (poco detalle). Si la fecha de terminación natural es posterior a la requerida, es necesario buscar formas de acortar la duración de las rutas críticas; una de estas maneras es trabajar ciertas actividades en paralelo, por ejemplo:



Como se puede apreciar, será común que el nivel de detalle sea mayor en las actividades críticas.

Estos dos factores - Organización y Nivel de Detalle - nos definirán el número de actividades total de la red, la presentación de los diagramas lógicos, la numeración de nodos, códigos para sorteo, etc., (factores que intervienen también en la elección del programa de ruta crítica y tipo de computadora que se desee utilizar, ver capítulo 4.0).

Supongamos que ya tenemos definida la información básica de las actividades a programar, conocemos el nivel de detalle requerido y la organización de construcción; entonces nos es posible estructurar un diagrama lógico como el siguiente:



En la elaboración de estos diagramas, hay que establecer ciertos criterios como son:

- sólo incluir actividades de la misma -- disciplina en un diagrama
- colocar la descripción de la actividad en la parte superior de la línea y la duración en la parte inferior
- no incluir más de 30 actividades en un diagrama

Es conveniente utilizar hojas pequeñas -- (por ejemplo, doble carta, por la comodidad de su manejo, facilidad para el copiado, etc.

Aún, nos es necesario incluir cierta información indispensable para poder implementar este diagrama en el archivo de computadora, esta información se refiere

a:

- numeración de nodos
- códigos de sorteo
- numeración de nodos

Si la numeración de nodos está bien estructurada, nos puede dar información valiosa para el uso y manejo de los archivos.

Se puede pensar por ejemplo en identificar cada nodo por 6 dígitos de la siguiente manera:

1er. dígito - indica si es actividad de ingeniería, construcción o puesta en servicio.

2o. dígito - indica el edificio o área

3er. dígito - indica la disciplina

4o. dígito - indica la elevación

5o. y 6o. dígitos - identificación del nodo en el diagrama

Número de
Diagramas

Por ejemplo la actividad:

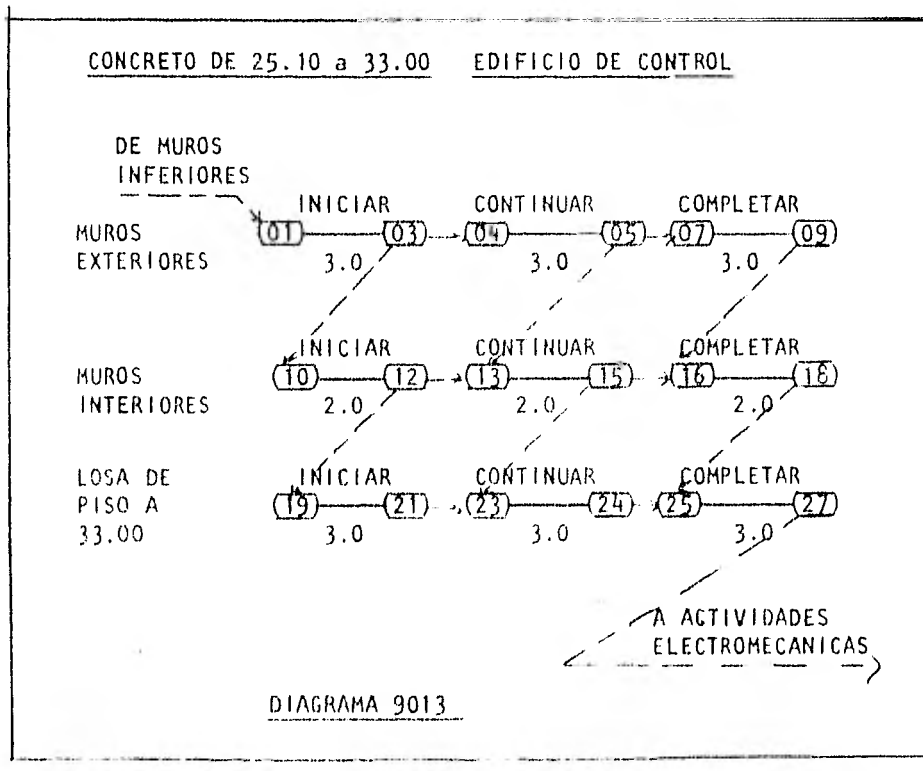
901319 - 901321 iniciar losa a 33.00

nos dice lo siguiente

9	0	1	3	19
CONSTRUCCION	EDIFICIO	CIVIL	3a. ELEVACION	NUMERO
	DE			DE
	CONTROL			NODO

NUMERO DE DIAGRAMA

El diagrama mostrado anteriormente, quedaría terminado como se muestra a continuación:



El código de sorteo nos permite clasificar y elegir de toda la red tan sólo las actividades que nos interesen por tener algún rasgo en común. Se acostumbra utilizar - códigos para el número de sistema, categoría, edificio, elevación, etc.

Así, por ejemplo, para la actividad 901319-901321 sería necesario añadir un código - como el siguiente:

9.1452	000	92	10	013
NUMERO DE CUENTA	FECHA CLAVE	SISTEMA (CIVIL)	CATEGORIA (CONCRETO)	EDIFICIO, ELEVACION

Esta información es, generalmente, para -- control interno del departamento y, por - tanto, no se incluye en los diagramas lógi - cos.

La utilidad del número de cuenta se verá - al hablar de planeación de recursos, inci - so 2.2.

2.1.3 Obtención de tiempos de duración

El método más aceptado para el cálculo de du - raciones es el que se basa en rendimientos -

(horas-hombre/m³, H-H/m², H-H/kg., etc.) y volúmenes de obra (m³, m², kg., etc.). Estos pueden ser de dos tipos, históricos (estimados) y reales, por supuesto, lo más deseable es contar con datos reales pero, por lo general, sólo se cuenta con rendimientos reales una vez que se ha iniciado la actividad y para tener volúmenes reales es necesario haber terminado completamente la ingeniería, lo cual es difícil en proyectos grandes, por tanto, lo más común es contar con rendimientos y volúmenes estimados. De aquí la importancia de tener un buen banco de datos, con información de proyectos similares, que nos permita efectuar pronósticos con la mayor exactitud.

Cuando se contrata una obra por precios unitarios, es importante usar en el cálculo de duraciones los mismos rendimientos que se utilizaron para obtener los precios unitarios, con el fin de asegurar la validez de éstos, lo cual se puede apreciar con el siguiente ejemplo:

Estimar el costo de excavación y relleno de una trinchera de 2 mts. de profundidad por 3 mts. de ancho y una longitud de 100 mts., en tierra ordinaria. No se necesitan ademes. Supongamos que se cuenta con una cuadrilla de 6 gentes supervisadas por un sobreestante.

VOLUMEN DE TIERRA $3 \times 2 \times 100 = 600 \text{ m}^3$

Rendimientos

Aflojar la tierra	1.5	H-H/m ³
Palear la tierra	1.0	H-H/m ³
Rellenar	0.3	H-H/m ³

Horas-Hombre

Aflojar	$600 \times 1.5 = 900$	H-H
Palear	$600 \times 1.0 = 600$	H-H
Rellenar	$600 \times 0.3 = 180$	H-H
T O T A L	1680	H-H

Duración de la obra $1680 \text{ H-H} \div 6 \text{ H} = 280 \text{ hrs.}$

Costo total

Peónes	$1680 \text{ H-H a } 56.25\$/\text{H-H} = 94,500.00$
Sobreestante	$280 \text{ H-H a } 65.00\$/\text{H-H} = 18,200.00$
T O T A L	112,700.00

Costo por m³ $112,700 \$ \div 600 \text{ m}^3 = 187.83 \text{ \$/m}^3$

Si en el transcurso del trabajo no se controlan los rendimientos y/o si antes de efectuar el mismo se le asigna mayor duración a la actividad, (usando mayores rendimientos o menor personal) el costo unitario variará pudiendo costar más el trabajo de lo planeado.

Supongamos que el trabajo se realiza con 3 peones.

Duración de la obra $1680 \text{ H-H} - 3\text{H} = 560 \text{ hrs.}$

Costo total

Peones	1680 H-H a 56.25 \$/hr =	94,500.00 \$
Sobrestante	560 H-H a 65.00 \$/hr =	<u>36,400.00 \$</u>
T O T A L		130,900.00 \$

Costo por m² $130,900.00 \div 600 = 219,17 \text{ $/m}^3$

El costo aumentó aproximadamente en 16% por m³.

Como se puede apreciar, el aumento se debió al incremento en el tiempo de supervisión, ya que las horas-hombre totales de mano de obra permanecieron constantes.

Del ejemplo también se puede observar que -- además de contar con volúmenes y rendimien-- tos es necesario conocer la fuerza de trabajo disponible. Es práctica común, suponer una cantidad ilimitada de recursos en la etapa de estimación de duraciones y considerar esta restricción posteriormente como se verá al hablar de planeación de recursos (inciso 2.2).

2.2 Planeación de Recursos

Hasta ahora, hemos supuesto que las únicas restricciones para programar una actividad han sido físicas, ésto es, para que una actividad pueda iniciar sólo necesitamos haber terminado sus actividades - predecesoras.

Si todas las actividades fuesen programadas lo más pronto posible, (respetando las restricciones físicas) tendríamos un programa de fechas tempranas; de la misma forma, retrasando lo más posible el inicio de todas las actividades (respetando la fecha de - terminación del proyecto) tendríamos un programa a fechas lejanas. Si estos dos programas fuesen dis-- tintos como comúnmente lo son, hay un número n de - programas que resultan de mover las fechas de ini--

cio y terminación de las actividades dentro de sus respectivas holguras. Todos estos programas hasta ahora sólo pueden ser generados partiendo de dos tipos de información:

- 1) restricciones entre actividades
- 2) duraciones de actividades

Para que estos programas sean válidos, se tiene que considerar implícita la siguiente suposición: los recursos necesarios para llevar a cabo todas las actividades son disponibles en cantidades ilimitadas. Es cierto que a veces los estimados individuales están influenciados por restricciones de recursos pero estos estimados son hechos independientemente de otros estimados de duraciones y, por tanto, no se están considerando en forma general los límites en la disponibilidad de recursos.

La falta de recursos ilimitados es a menudo un problema real, puede tratarse de maquinaria, un presupuesto limitado, etc. Ciertos trabajos que se desarrollan en rutas paralelas pueden estar utilizando los mismos recursos y aunque estén programados en las

mismas fechas debido a la falta de recursos es posible que tengan que ser reprogramados en secuencia.

Consideremos el siguiente ejemplo:

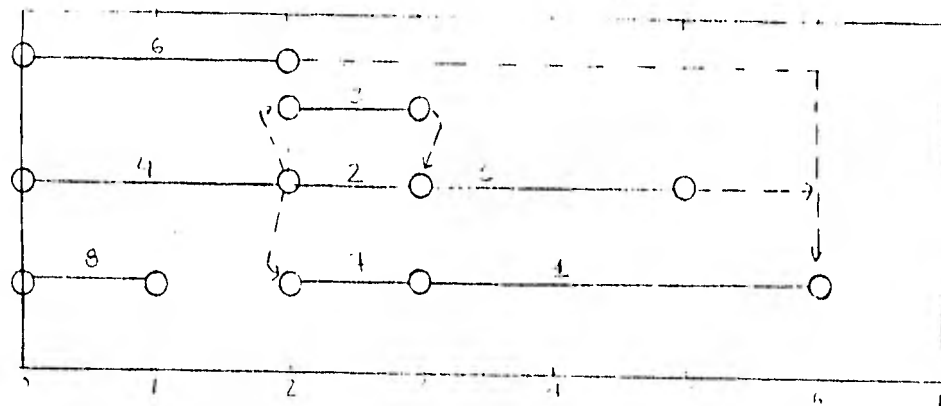


FIGURA # 1

El proyecto consta de 8 actividades, la duración de cada actividad está representada por la longitud horizontal y el número arriba de la línea horizontal representa la fuerza de trabajo (días-hombre) necesarios para llevar a cabo cada actividad. Al ser distintos todos los días-hombre, éstos nos servirán como números de identificación de las actividades.

El programa arriba mostrado es un programa de fechas tempranas, ya que cada actividad está programada tan pronto terminan sus actividades predecesoras. Supongamos ahora que

sólo disponemos de 10 hombres diariamente, -
 es obvio que los trabajos 6, 4 y 8 no pueden
 ser programados en paralelo al igual que los
 trabajos 2, 3 y 7, por tanto, habrá que re-
 trasar el inicio de algunas actividades y -
 una alternativa de solución podría ser la si-
 guiente:

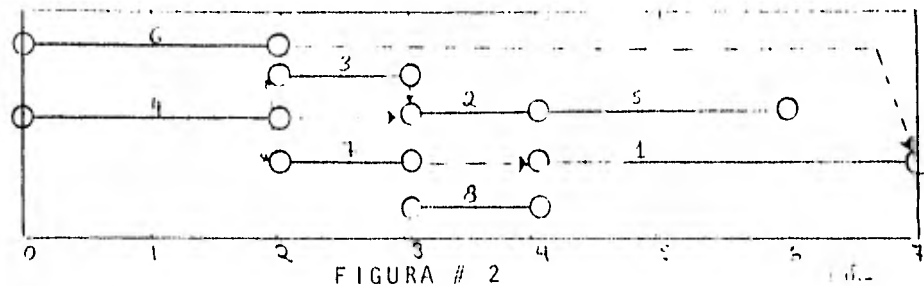


FIGURA # 2

Hay más soluciones posibles que se obtienen
 programando en distintas fechas los trabajos
 pero ninguna nos lleva a concluir el trabajo
 en menos tiempo.

En este caso, al igual que en muchos otros,
 se puede apreciar que la falta de disponibi-
 lidad de recursos nos acarrea un retraso en
 la fecha de terminación.

Dos cosas se pueden apreciar del anterior -
 ejemplo:

La limitación en recursos nos crea problemas reales para el programador y para el usuario del programa, ya que nos impone toda una serie de restricciones no consideradas anteriormente. ¿Cómo puede uno decidir qué actividades programar en determinada fecha, cuando son varios los trabajos que se pueden iniciar en cuanto a restricciones físicas se refiere?

La limitación en recursos nos trae problemas conceptuales en el análisis de la ruta crítica, las nociones de holgura y criticalidad pierden su significado normal ya que, como se puede ver en el ejemplo anterior, no contamos más con una serie de actividades que nos marque la ruta crítica y algunas actividades han sido reprogramadas de manera que su holgura también ha cambiado.

A continuación, trataremos estos problemas:

2.2.1 Programación con Recursos Limitados

Los problemas de la programación con recursos pueden ser de varios tipos, dependiendo de la naturaleza del proyecto y de su estructura

organizacional. En algunos casos, solamente un recurso, una grúa, un tipo especial de soldadura, etc., será el problemático, tal vez habrá una pequeña cantidad de recursos que por su poca disponibilidad deberán ser considerados al programar. Otro caso, es el de un proyecto que requiera muchos recursos, la mayoría de los cuales sean disponibles en cantidades limitadas.

El problema de programar actividades, de manera tal que la disponibilidad de recursos no sea excedida y que las restricciones físicas se respeten es una tarea difícil hasta para proyectos pequeños y que se complica aún más si uno trata de minimizar la duración del proyecto y tener una utilización de recursos nivelada.

En seguida, se muestran los criterios de programación con recursos limitados usados por un programa comercial "Ebasco Scheduling System" (ESS).

1. Primero, clasifica todas las actividades por orden de inicio tardío, comenzando por la fecha de inicio tardío más cercana al reporte.

2. El programa escoge, de aquellas actividades que tengan la misma fecha de inicio tardío, la que a su vez coincida con su fecha de inicio temprano, es decir, a aquélla que tenga menos holgura.

3. A continuación, checa cada recurso requerido contra el límite disponible (no utilizado), si el requerimiento es menor la actividad es programada, si uno o más de los recursos no son disponibles el programa se traslada a otra fecha de inicio posterior hasta que todos los recursos sean disponibles y la actividad sea programada o hasta que se alcance la fecha de inicio lejano para el trabajo.

En este caso, cuando el trabajo aún no ha sido programado, se programa EN ERROR, después de la fecha de terminación programada de sus predecesores.

La disponibilidad de recursos es excedida según se requiera y la actividad se enlista en un reporte llamado "Reporte de Actividades Programadas por Error". Posteriormente, el programa sigue el -

proceso con la siguiente actividad en la lista de trabajos a fechas de inicio y fin.

4. Una vez que un trabajo ha sido programado, sus requerimientos de recursos son restados de los límites de disponibilidad, obteniéndose así el nuevo o remanente límite de disponibilidad.

Es importante recordar, que los límites de disponibilidad que fijemos deben ser congruentes con el método de programación por recursos que utilizemos. En este caso, lo único que hay que vigilar es que los límites de disponibilidad caigan dentro de las fronteras de la envoltura de recursos (FIGURA 3).

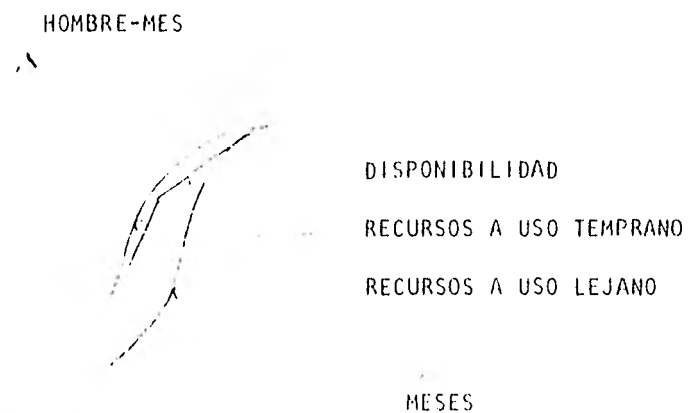


FIGURA 3

De los criterios de programación puede apreciarse lo siguiente:

1. El ESS no nos permite programar actividades más allá de la fecha de terminación requerida.
2. La nivelación de recursos no se logra automáticamente, por tanto, es necesario proceder por tanteos para lograr la nivelación.
3. El ESS no rompe actividades para lograr su programación.

Otros programas comerciales utilizan uno o varios de estos factores dentro de sus criterios de programación. (ver capítulo 4.0).

Es obvio, que estos factores, de ser tomados en cuenta, influirán en la programación de las actividades y, por tanto, en los pronósticos sobre los requerimientos futuros de personal, materiales y equipo.

La elección sobre qué programa utilizar, dependerá de varios factores como pueden ser:

- costo de corridas
 - personal requerido para el mantenimiento del programa
 - tipo y capacidad de la computadora en que el programa puede implementarse
 - en la exactitud y confiabilidad que se desee lograr del programa de obra, etc.
- (para mayor información ver capítulo 4.0)

2.2.2 Problemas Conceptuales en el Análisis de la Ruta Crítica al Programar con Recursos. Consideremos el ejemplo de la figura 2, en el que hemos fijado un límite de recursos de 10 hombres por día.

En el caso de recursos limitados este es un programa de fechas tempranas, ya que ningún trabajo puede ser iniciado antes, debido a las restricciones físicas y de recursos, pero a diferencia del caso de recursos ilimitados (fig. 1) en el que sólo había un programa a fechas tempranas, el programa de la figura 1, es uno de los muchos posibles programas a fechas tempranas.

De aquí se desprenden las siguientes observaciones:

1. La holgura depende tanto de restricciones físicas como de la disponibilidad de recursos.
2. En general la limitación de recursos disminuye la holgura del programa.
3. La holgura depende de los criterios de programación, usados al considerar restricciones de recursos, ya que como antes dijimos existe un número n de programas a fechas tempranas.
4. Es posible que al programar con recursos no exista una serie de actividades interconectadas que nos marque la ruta crítica del proyecto, pero si se puede hablar de una "secuencia crítica" de trabajos con holgura cero programados a lo largo del proyecto en forma continua, aunque no se deba ésto a restricciones físicas. Un ejemplo de ésto, lo forman los trabajos 6, 3, 2, 1 de la figura 1. Los trabajos 4, 7 y 8 que también tienen holgura cero formarán una "ruta crítica" paralela a la anterior.

Actualmente, se cuenta con varios programas comerciales que consideran restricciones de recursos y que han demostrado su utilidad en distintos proyectos, tanto para generar programas semanales como para la planeación a largo plazo. Con ello, es posible identificar cuellos de botella y tomar acciones correctivas, se pueden probar distintas cargas de recursos y comparar los resultados obtenidos, etc.

Es difícil imaginar una situación en la que el Jefe del Proyecto no tenga la necesidad de estar enterado de los requerimientos de recursos que un programa de trabajo acarrea, por lo cual siempre es necesario contar con un método de generar cargas de recursos, aunque sólo sea para los más importantes.

El nivel de detalle y la exactitud que se quiera lograr al programar con recursos, ya sea a mano o con programas de computadora, dependerá del tamaño e importancia del proyecto, de lo "apretado" del programa

ma, del efecto que la limitación de recursos tenga en el programa y de la disponibilidad y el costo de la información base.

3.0 CONTROL Y MONITOREO DEL PROGRAMA

El resultado del proceso discutido anteriormente, es un programa definitivo para el proyecto en el que se cumple lo siguiente:

- es un programa de actividades específicas
- a cada actividad se le ha asignado un período específico de tiempo para su ejecución
- es congruente con la estrategia del proyecto y con los requerimientos de recursos y su disponibilidad

Este programa será distribuido en formatos estándar que brindarán la siguiente información:

- fechas de inicio temprano
- fechas de inicio programado
- fechas de terminación programada
- fechas de terminación crítica
- holgura programada
- holgura total

Estos reportes se podrán clasificar de distintas maneras. La flexibilidad en la obtención de distintos tipos de reportes dependerá de los códigos de sorteo utilizados, (ver inciso 2.1.2).

A continuación, hablaremos sobre tres tipos de reportes comúnmente utilizados:

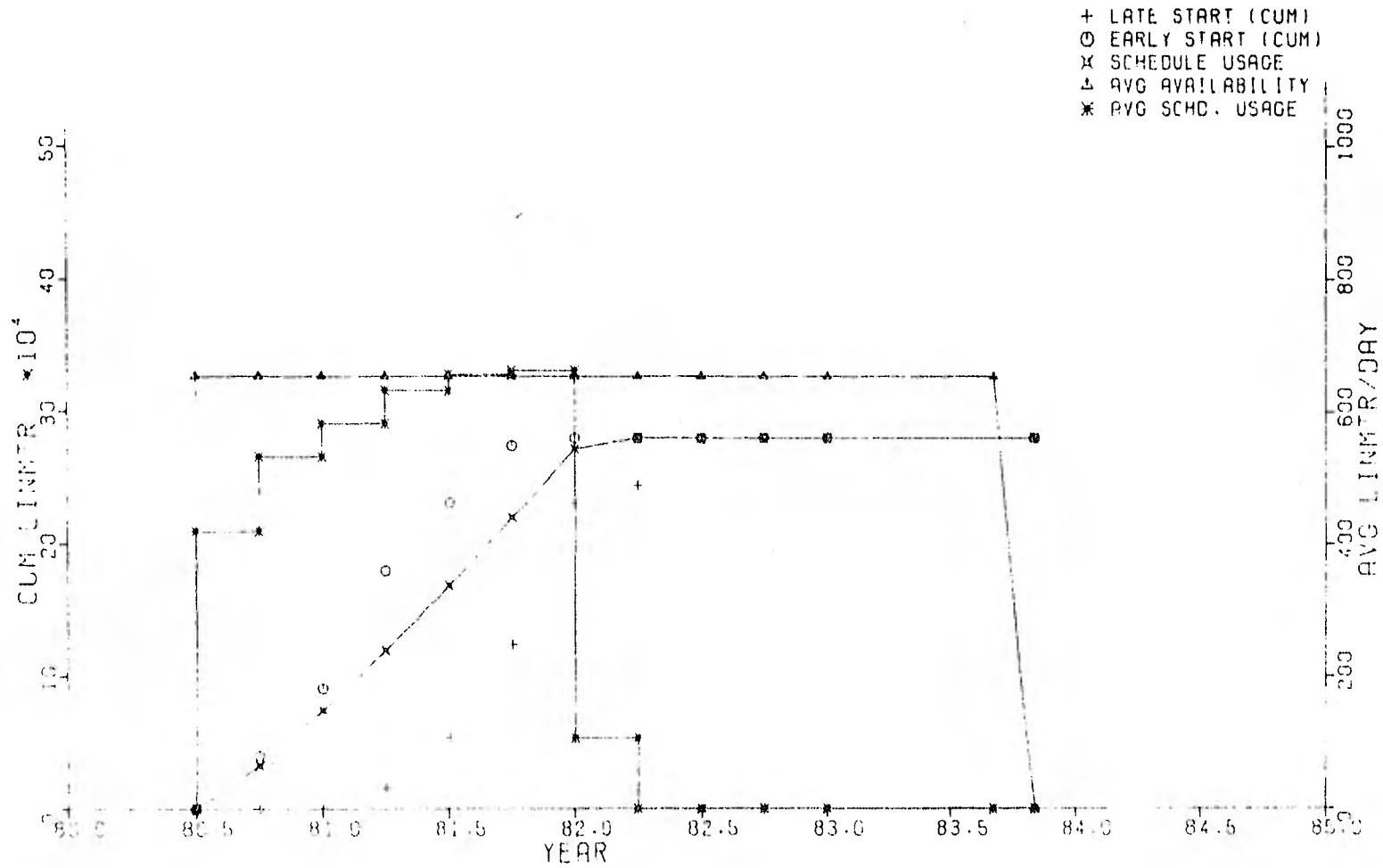
- gráficas o tablas de uso contra disponibilidad de recursos
- listado de actividades críticas
- listas de trabajos a corto plazo

3.1 Tipos de Reporte

3.1.1 Tablas o Gráficas de Uso Contra Disponibilidad de Recursos.

Este reporte nos muestra para cada recurso, sus requerimientos y disponibilidad mensual hasta la terminación del proyecto. Una cruz al lado derecho del requerimiento nos indica cuando éste excede a la disponibilidad, (ver figura 4).

Un listado al inicio de este reporte nos indica aquellas actividades restringidas por recursos y que, debido a esto, están programadas en error, esta lista también nos muestra los recursos requeridos por cada actividad. Gracias a esto, es posible, previo análisis, determinar si la disponibilidad puede ser incrementada, si es necesario revisar la lógica, o si el impacto de la actividad es tal que se requiere retrasar la fecha de terminación.



0343--MTRS PWR CBL
 EFF 07/01/80 RUN 2030677

RPSM ANALYSIS
 LVNGS UN 1

FIGURA 4

3.1.2 Reporte de Actividades Críticas

Este reporte es esencial para el análisis de aquellas actividades que muestren atrasos. En esta lista las actividades están clasificadas por orden ascendente de holguras y en orden cronológico para así poder obtener rutas o cadenas de actividades, (ver figura 5).

Supongamos que la primera ruta de holgura ce ro, nos muestra un atraso de 2 semanas, con respecto a la fecha de terminación requerida del proyecto. Será necesario identificar - aquella actividad que haya contribuido al - atraso y tomar medidas correctivas como puede ser:

- cambiar el tamaño de las cuadrillas o el número de ellas
- añadir turnos extra
- desarrollar una nueva lógica
- cambiar prioridades

Es conveniente tratar a las actividades que muestren una holgura de hasta 2 semanas como actividades críticas, ya que ellas también - están causando atraso (aunque menor) para el buen cumplimiento del programa.

3.1.3 Listas de Trabajos a Corto Plazo

Estas listas nos dan un programa a corto plazo por edificio, por disciplina y por inicio temprano, ya sea en forma tabular o de diagrama de barras.

El lapso de tiempo más usado es de 90 días, (ver figura 6).

Sirve como guía al contratista o superintendente en la ejecución de los trabajos inmediatos. Muestran todos los trabajos que se espera que él ejecute en ese intervalo.

3.2 Control y Monitoreo del Programa

De todas las etapas de la implementación del CPM en obra, la del control, monitoreo y actualización es la más importante para cumplir con el programa de obra. Desarrollar un CPM y nunca actualizarlo es como comprar un carro y nunca darle mantenimiento. Las vidas útiles del CPM y del carro se reducen considerablemente. Al progresar una obra, la técnica requerida para efectuar los últimos trabajos se afina y clarifica. Será necesario, por tanto, incorporar estos refinamientos en el programa.

Pocos proyectos, sino es que ninguno, proceden completamente de acuerdo al plan original. Este plan no debe ser considerado un plan fijo, sino simplemente el mejor con el que se cuenta a la fecha y todos los cambios futuros encaminados a reflejar la realidad deberán hacerse sin temor.

La fase de control y monitoreo del CPM es la más cara y la que más horas-hombre consume, aproximadamente el doble que la fase de preparación de la red.*

Una actualización completa de la red, ésto es, incluir todos los cambios en los procesos constructivos, estimar los tiempos de duración remanente para las actividades en progreso, declarar terminadas las actividades que así lo estén, modificar los recursos para las actividades en las que haya cambios, hacer las nuevas corridas, obtener reportes, distribuirlos, analizar de nuevo las rutas críticas y recomendar soluciones, debe hacerse cada mes aproximadamente.

* CONTRACTORS MANAGEMENT HANDBOOK; OBRIEN & BILLY.

El período variará según las condiciones del proyecto. Si hay pocos fondos y, por tanto, poco avance entonces la actualización podrá hacerse cada 2 ó 3 meses.

Si el programa de trabajo es muy apretado y es esencial planear detalladamente las actividades, posiblemente se requiera actualizar la red cada 15 días.

La persona más indicada para estar a cargo del monitoreo es alguien con autoridad, experiencia en construcción y en el manejo de redes. Es posible que deba criticar ciertas áreas, lo que puede crear fricciones con el responsable del área, por ésto, es conveniente que el planeador no dependa directamente del superintendente de construcción. Un planeador experimentado debe ser capaz de presentar una situación crítica en forma política y así lograr que las partes afectadas cooperen en su solución.

La información necesaria para el control y monitoreo se recolecta por medio de inspecciones visuales y de los reportes de campo, sobre cantidades instaladas. El o los planeadores deben hablar con los superintendentes de construcción y contratistas para averiguar sus planes futuros.

Del encargado de abastecimientos se debe obtener el estado de los materiales y equipo que no se encuentren en sitio. Del encargado de ingeniería se debe obtener el estado de los planos aún no aprobados para construcción.

Una vez obtenida toda esta información él o los planeadores deben identificar las actividades afectadas, codificar la información y hacer corridas de computadora. Con base en éstas, el Jefe de Planeación debe checar la fecha natural de terminación contra la fecha requerida, si el programa muestra atraso, entonces será necesario tomar acciones correctivas.

El Jefe de Planeación debe analizar las rutas críticas y preparar un reporte narrativo explicando la situación actual de la obra. Parte de este análisis comprende el predecir situaciones futuras, con base en la red y anticipar problemas.

En el anexo, se muestra un reporte de conceptos críticos para la ruta mostrada en la figura 5.

Un planeador experimentado debe buscar soluciones económicas, tales como efectuar ciertas actividades

en paralelo o buscar mejores formas de secuenciar - las actividades.

Tiempo extra, trabajar turnos completos en sábado y domingo, turnos dobles o triples y aumentar la mano de obra también son soluciones factibles, pero generalmente más caras.

Ocasionalmente, es necesario cambiar completamente la red, debido a cambios en los procesos constructivivos pero si la red se mantiene al día estos cambios probablemente no serán necesarios. Si ésto llega a suceder, es responsabilidad del planeador conjuntar la información requerida para la actualización al igual que se hizo en la fase de preparación de la red, efectuar las revisiones necesarias, hacerr corridas, preparar y distribuir reportes y el análisis de las rutas críticas. Al incluir cambios mayores debe ponerse gran atención en los efectos - que éstos provocarán en la fecha de terminación.

Es función también del grupo de planeación llevar - un registro histórico de los estimados de duración, duración real, secuencias constructivas, cuotas de instalación reales, etc., que pueden ser de ayuda en la preparación de redes para proyectos similares.

ANEXO: REPORTE DE CONCEPTOS CRITICOS

Fecha de corte 1°NOV 1981
 Fecha de corrida 4 NOV 1981

Fecha de Operación Comercial Unidad 1

Deseada 20/DIC/1984
 Calculada 15/DIC/1984 (media semana antes)

Fechas Clave

Descripción	Inicio temprano	Holgura (Semanas)
INICIAR TRABAJOS ELECTROMECA- NICOS. EN EL CONTENEDOR PRI- MARIO.	26/NOV/81	0.6
INICIAR LAVADO INTEGRAL	2/NOV/83	0.6
INICIAR PRUEBA HIDROSTATICA DE LA VASIJA.	8/DIC/83	0.6
CARGA DE COMBUSTIBLE.	15/JUN/83	0.6

RUTA CRITICA (0,6 SEMANAS DE HOLGURA)

Descripción :	Terminación Temprana
Sandblasteo y pintura de los muros interiores del contenedor primario, muro de sacrificio, losa diafragma	24/DIC/81
Iniciar la instalación de la plataforma a ---	

Iniciar la instalación de la plataforma a --- 30.703	24/DIC/81
Instalar plataforma a 22,19	10/JUL/82
Instalar plataformas a 24.254, 25.42 y 26.64	14/AGO/82
Terminar la instalación de la plataforma a --- 30.708	15/SEP/82
Instalar tuberfa de venteo de alivio (VR)	12/ENE/83
Instalar tubing de manejo de las barras de con trol.	2/NOV/83
Efectuar el lavado integral	7/DIC/83
Efectuar la prueba hidrostática de la vasija	5/ENE/84
Terminar pruebas preoperacionales	15/MAY/84
Carga de combustible	15/JUN/84
Pruebas de Potencia	15/DIC/84

ANALISIS

La operación comercial de la unidad 1, está pronosticada para el 15 de diciembre de 1984. Esto es, 5 días antes de la fecha requerida.

Aparentemente, nos encontramos dentro de programa, pero considerando que hubo reprogramación total del proyecto el mes anterior, esta actualización puede resultar engañosa.

El sandblasteo y pintura de la pared cónica del pozo seco, muro de sacrificio y losa diafragma es crítico, ya que restringe a todas las actividades -- electromecánicas en el pozo seco.

La terminación de la pintura está programada para el 26 de noviembre de 1982, fecha que parece difícil de cumplir, ya que el contratista encargado de los trabajos "COCOSA" ha estado trabajando en este frente desde mayo, con resultados poco satisfactorios y es probable que se le rescinda el contrato.

De ser así, CFE debe estudiar seriamente las opciones de realizar por sí misma el trabajo o buscar otro contratista. El ciclo de elaboración de un contrato dura aproximadamente 6 meses, por lo que la primera opción parece ser la mejor.

Es posible acortar la ruta si se piensa en efectuar en paralelo ciertas actividades, tales como instalación de plataformas y tuberías. Pero debido a lo reducido del espacio ésto dificultaría las manio- -bras y puede causar daños al material.

Debido a las condiciones de la obra como son: poca disponibilidad de soldadores calificados, espacio - limitado, restricción al número de trabajadores por disciplina autorizados para trabajar en el área y - la imposibilidad de trabajar doble turno, consideramos que el tiempo total estimado para la realización de los trabajos electromecánicos en el pozo seco - 18 meses - es realista y no debe ser modificado, sino hasta contar con datos de campo.

Recomendamos que se acepte el programa actual como bueno y se proceda a la calificación de los pinto- -res de CFE como prioridad 1, para continuar los trabajos de pintura en el pozo seco.

4.0 LOS PROGRAMAS DISPONIBLES, SU EVALUACION Y COMPARACION

En este capítulo, intento mostrar las ventajas y desventajas de los programas de ruta crítica existentes en el mercado, a través de cuadros comparativos. Muestro únicamente 10 programas, por considerar que éstos son los más poderosos según los siguientes criterios de selección:

- Las técnicas de manejo de redes deben ser por lo menos flechas y precedencias
- El programa debe aceptar un mínimo de 30,000 actividades
- El programa debe trabajar con un calendario de 20 años por lo menos

Los datos mostrados son a enero de 1980. Como se puede apreciar, los 10 programas elegidos fueron desarrollados en Estados Unidos y son los únicos capaces de manejar redes grandes eficientemente. Para mayor información sobre programas de menor capacidad ver en la bibliografía el "SURVEY OF CPM, SCHEDULING SOFTWARE PACKAGES".

A.- DATOS GENERALES:

- 1.- Nombre del Paquete OPTIMA.
- 2.- Vendedor SPERRY UNIVAC
- 3.- Dirección P.O. BOX 500, BLUE BELL PH. 19424
- 4.- Representante A.W. SHAPIRO, MAIL STATIO - B222H

B.- INFORMACION GENERAL:

- 1.- Técnicas para Redes: Diagrama de Flechas
 Precedencias
 Pert
 Otras: _____
- 2.- Capacidad: 500,000 Número de Actividades por Red
126 Número de Relaciones por Actividad.
4,095 Número de Relaciones por Red.
63 Recursos por Actividad.
511 Recursos por Red.
- 3.- Múltiples nodos iniciales y finales: Si No.
- 4.- Periodos de Trabajo: Días
 Semanas
 Horas
 Variable.
- 5.- Días Festivos: Standard
 Definidos por el usuario.
- 6.- Extensión del Calendario: 100 Años.
- 7.- Manejo de Multicalendarios: Si No.
En caso afirmativo, número de multicalendarios por Proyecto: 12

- 8.- Numeración de los Nodos: Secuencial
 Random.
 Alfa-Numérica.
 Numérica solamente.
- 9.- Número Máximo de caracteres para descripción de actividades 12.
- 10.- Número máximo de caracteres para numeración de nodos 6.
- 11.- Existencia de código para sorteo: si no.
En caso afirmativo, número de caracteres: 12.
Tipo: Alfa-Numérico.
 Número solamente.
- 12.- Detección y análisis de Loops: Si
 No
 Limitado.
- 13.- Identificación de nodos abiertos: Si
 No
 Limitado.
- 14.- Detección y diagnóstico de errores de entrada: Si
 No
 Limitado.
- 15.- Medios de trabajo: Tarjetas
 Cinta
 Otros: _____
- 16.- Formatos de codificación: Fijo
 Libre.

17.- Emisión de Reportes de Multiproyectos: Si No.

En caso afirmativo: 4,505 Número de redes

511 Numero de Recursos

2,701 Número de Interrelaciones.

18.- Facilidad de simulaciones: Si, alterando el archivo maestro

Si, sin alterar archivo - maestro.

No.

C.- INFORMACION DE COSTOS:

1.- Emisión de Reportes de Costos: Si No.

D.- REPORTES DE RECURSOS

1.- Emisión de Reportes de Recursos: Si, No.

2.- Opciones de Reportes: Limitación de Recursos

Limitación de Tiempos

Optimatización

3.- Algoritmos de asignacion de Recursos: En paralelo

En Series

Rompe actividades

E.- REPORTES DE PROGRESO:

1.- Emisión de Reportes de Progreso: X Si _____ No.

En caso afirmativo, formatos aceptados:

X Por porcentaje realizado.

X Por duraciones remanentes.

X Por fechas actuales.

X Por fechas estimadas.

2.- Emisión de Reportes de Programa Objetivo: X Si, _____ No.

En caso afirmativo, número de líneas básicas retenidas: _____.

F.- REPORTES:

1.- Reportes Disponibles:

X Tabulares, de acuerdo a las fechas generadas en la red (Inicios tempranos, tardíos, etc.).

X Por excepción.

X Resúmenes.

X Diagramas de Barras (en graficador)

X Dibujo de la Red (en graficador)

X Curvas de costo.

X Reportes de Recursos

X Reportes de Requerimientos de Recursos

X Reportes de Archivo Maestro.

_____ Otros.

2.- Opciones disponibles de Sorteos:

X Por fechas de Inicio,

X Por fechas de Terminación

X Por Nodos.

X Por Holguras.

Por Responsabilidades.

Por tipo de Trabajo

- 3.- Cálculo de Holguras: Totales
 Libres
 Negativa
 Asignación de Holguras al Programar
por Recursos.

4.- Capacidades de Sumarización: Si, No.

5.- Número de Reportes Standard: 11

6.- La generación de Reportes es controlada por el usuario:
 Si, No.

G.- REQUERIMIENTOS DE HARDWARE/INFORMACION TECNICA:

1.- Configuración mínima para su proceso: 1100 C.P.U.

IMPRESORA U-200

2.- Requerimientos del Graficador: _____

3.- Lenguaje de Programación: FORTRAN, ASSEMBLER, COBOL

4.- Programas fuente disponibles: Si, No.

5.- Memoria requerida: 50 K.

H.- COSTOS Y EXPERIENCIA:

1.- Fecha en que fue liberado el paquete: 1968

2.- Número de clientes-usuarios: _____

3.- Documentación disponible: Diagramas de flujo.

Manuales del sistema

Manuales de usuario.

Otros: _____

4.- Costo del paquete: 300 DLLS MENSUALES

5.- Costo de Procesamiento: SIN COSTO ADICIONAL

6.- Costo de los manuales de usuario: SIN COSTO ADICIONAL

7.- Costo del soporte: SIN COSTO ADICIONAL Instalación.
SIN COSTO ADICIONAL Mantenimiento.
SIN COSTO ADICIONAL Entrenamiento.

A.- DATOS GENERALES:

- 1.- Nombre del Paquete PROJECT/2
2.- Vendedor PROJECT SOFTWARE & DEVELOPMENT, INC.
3.- Dirección 14 STORY ST., CAMBRIDGE, MA. 02138
4.- Representante MR. RAY HARSTICK, VICE PRESIDENTE, SALES

B.- INFORMACION GENERAL:

- 1.- Técnicas para Redes: Diagrama de Flechas
 Precedencias
 Pert
 Otras: _____
- 2.- Capacidad: 32,500 Número de Actividades por Red
ILIMITADO Número de Relaciones por Actividad.
ILIMITADO Número de Relaciones por Red.
ILIMITADO Recursos por Actividad.
ILIMITADO Recursos por Red.
- 3.- Múltiples nodos iniciales y finales: Si No.
- 4.- Períodos de Trabajo: Días
 Semanas
 Horas
 Variable.
- 5.- Días Festivos: Standard
 Definidos por el usuario.
- 6.- Extensión del Calendario: 37 Años.
- 7.- Manejo de Multicalendarios: Si No.
En caso afirmativo, número de multicalendarios por Proyecto: 100

- 8.- Numeración de los Nodos: Secuencial
 Random,
 Alfa-Numérica,
 Numérica sólomente.
- 9.- Número Máximo de caracteres para descripción de actividades ILIMITADO
- 10.- Número máximo de caracteres para numeración de nodos
9.
- 11.- Existencia de código para sorteo: si no.
En caso afirmativo, número de caracteres: ILIMITADO
Tipo: Alfa-Numérico,
 Número sólomente,
- 12.- Detección y análisis de Loops: Si
 No
 Limitado.
- 13.- Identificación de nodos abiertos: Si
 No
 Limitado.
- 14.- Detección y diagnóstico de errores de entrada: Si
 No
 Limitado.
- 15.- Medios de trabajo: Tarjetas
 Cinta
 Otros: _____
- 16.- Formatos de codificación: Fijo
 Libre.

17.- Emisión de Reportes de Multiproyectos: Si No.

En caso afirmativo: LIMITADO Número de redes

LIMITADO Numero de Recursos

LIMITADO Número de Interrelaciones.

18.- Facilidad de simulaciones: Si, alterando el archivo maestro

Si, sin alterar archivo - maestro.

No.

C.- INFORMACION DE COSTOS:

1.- Emisión de Reportes de Costos: Si No.

D.- REPORTES DE RECURSOS

1.- Emisión de Reportes de Recursos: Si, No.

2.- Opciones de Reportes: Limitación de Recursos

Limitación de Tiempos

Optimatización

3.- Algoritmos de asignacion de Recursos: En paralelo

En Series

Rompe actividades

E.- REPORTES DE PROGRESO:

1.- Emisión de Reportes de Progreso: X Si No.

En caso afirmativo, formatos aceptados:

X Por porcentaje realizado.

X Por duraciones remanentes.

X Por fechas actuales.

X Por fechas estimadas.

2.- Emisión de Reportes de Programa Objetivo: X Si, No.

En caso afirmativo, número de líneas básicas retenidas: ilimitado

F.- REPORTES:

1.- Reportes Disponibles:

X Tabulares, de acuerdo a las fechas generadas en la red (Inicios tempranos, tardíos, etc.).

X Por excepción.

X Resúmenes.

X Diagramas de Barras (en graficador)

X Dibujo de la Red (en graficador)

X Curvas de costo.

X Reportes de Recursos

X Reportes de Requerimientos de Recursos

X Reportes de Archivo Maestro.

X Otros.

2.- Opciones disponibles de Sorteos:

X Por fechas de Inicio.

X Por fechas de Terminación

X Por Nodos.

X Por Holguras.

Por Responsabilidades,

Por tipo de Trabajo

- 3.- Cálculo de Holguras: Totales
 Libres
 Negativa
 Asignación de Holguras al Programar
por Recursos.
- 4.- Capacidades de Sumarización: Si, No.
- 5.- Número de Reportes Standard: 50
- 6.- La generación de Reportes es controlada por el usuario:
 Si, No.

G.- REQUERIMIENTOS DE HARDWARE/INFORMACION TECNICA:

- 1.- Configuración mínima para su proceso: _____
IBM 370, UNIVAC 110, UNIVAC SERIE 90
- 2.- Requerimientos del Graficador: CUALQUIER GRAFICADOR DE PLUMA O ELECTROSTÁTICO
- 3.- Lenguaje de Programación: ICETRAM
- 4.- Programas fuente disponibles: Si, No.
- 5.- Memoria requerida: 256 K EN IBM

H.- COSTOS Y EXPERIENCIA:

- 1.- Fecha en que fue liberado el paquete: 1970
- 2.- Número de clientes-usuarios: 430
- 3.- Documentación disponible: Diagramas de flujo.
 Manuales del sistema
 Manuales de usuario.
Otros: _____

- 4.- Costo del paquete: 2000 DLS MENSUALES USO ILIMITADO O 2000 DLLS
POR HORA DE CPJ EN IMB 370 CON 750 DLS. MENSUALES MINIMO.
- 5.- Costo de Procesamiento: DEPENDIENDO DEL PROBLEMA Y TIPO DE COMPUTADORA
- 6.- Costo de los manuales de usuario: HASTA 35 DLLS:
- 7.- Costo del soporte: SIN CARGO Instalación.
SIN CARGO Mantenimiento.
1875 DLS. POR 4 DIAS Entrenamiento.

A.- DATOS GENERALES:

- 1.- Nombre del Paquete PROSYS/80 PROJECT CONTROL SYSTEM
2.- Vendedor DATA SYSTEMS INCORPORATED
3.- Dirección 20 CROSSWAY PARK NORTH, WOODBURY, N.Y. 11797
4.- Representante LES SESKIN

B.- INFORMACION GENERAL:

- 1.- Técnicas para Redes: Diagrama de Flechas
 Precedencias
 Pert
 Otras: _____
- 2.- Capacidad: 32,000 Número de Actividades por Red
ILIMITADA Número de Relaciones por Actividad.
160,000 Número de Relaciones por Red.
6 Recursos por Actividad.
960 Recursos por Red.
- 3.- Múltiples nodos iniciales y finales: Si No.
- 4.- Períodos de Trabajo: Días
 Semanas
 Horas
 Variable.
- 5.- Días Festivos: Standard
 Definidos por el usuario.
- 6.- Extensión del Calendario: 20 Años.
- 7.- Manejo de Multicalendarios: Si No.
En caso afirmativo, número de multicalendarios por Proyecto: 3

17.- Emisión de Reportes de Multiproyectos: Si No.

En caso afirmativo: LIMITADO Número de redes

900 Numero de Recursos

LIMITADO Número de Interrelaciones.

18.- Facilidad de simulaciones: Si, alterando el archivo maestro

Si, sin alterar archivo - maestro.

No.

C.- INFORMACION DE COSTOS:

1.- Emisión de Reportes de Costos: Si No.

D.- REPORTES DE RECURSOS

1.- Emisión de Reportes de Recursos: Si, No.

2.- Opciones de Reportes: Limitación de Recursos

Limitación de Tiempos

Optimización

3.- Algoritmos de asignacion de Recursos: En paralelo

En Series

Rompe actividades

E.- REPORTES DE PROGRESO:

1.- Emisión de Reportes de Progreso: X Si No.

En caso afirmativo, formatos aceptados:

X Por porcentaje realizado.

X Por duraciones remanentes.

X Por fechas actuales.

X Por fechas estimadas.

2.- Emisión de Reportes de Programa Objetivo: X Si, No.

En caso afirmativo, número de líneas básicas retenidas: .

F.- REPORTES:

1.- Reportes Disponibles:

X Tabulares, de acuerdo a las fechas generadas en la red (Inicios tempranos, tardíos, etc.).

X Por excepción.

X Resúmenes.

X Diagramas de Barras (en graficador)

X Dibujo de la Red (en graficador)

X Curvas de costo.

X Reportes de Recursos

X Reportes de Requerimientos de Recursos

X Reportes de Archivo Maestro.

X Otros.

2.- Opciones disponibles de Sorteos:

X Por fechas de Inicio.

X Por fechas de Terminación

X Por Nodos.

X Por Holguras.

Por Responsabilidades.

Por tipo de Trabajo

- 3.- Cálculo de Holguras: Totales
 Libres
 Negativa
 Asignación de Holguras al Programar
por Recursos.
- 4.- Capacidades de Sumarización: Si, No.
- 5.- Número de Reportes Standard: ILIMITADO
- 6.- La generación de Reportes es controlada por el usuario:
 Si, No.

G.- REQUERIMIENTOS DE HARDWARE/INFORMACION TECNICA:

- 1.- Configuración mínima para su proceso: _____

- 2.- Requerimientos del Graficador: DE PLUMA, ELECTROSTATICA, ETC.
- 3.- Lenguaje de Programación: FORTRAN
- 4.- Programas fuente disponibles: Si, No.
- 5.- Memoria requerida: 256K MINIMO 550 MAXIMO

H.- COSTOS Y EXPERIENCIA:

- 1.- Fecha en que fue liberado el paquete: 1976
- 2.- Número de clientes-usuarios: 25
- 3.- Documentación disponible: Diagramas de flujo,
 Manuales del sistema
 Manuales de usuario.
- Otros: _____

- 4.- Costo del paquete: DE 32,000 DLS. A 70,000 DLS COMPRA
de=800 DLS A 1750 DLS MENSUALES SEGUN U.D.
- 5.- Costo de Procesamiento: DE 2 cts. DLS. A 5cts. dependiendo del
tipo de reporte.
- 6.- Costo de los manuales de usuario: 45 DLS.
- 7.- Costo del soporte: SIN CARGO EXTRA Instalación.
2400 DLS. ANUALES Mantenimiento.
SIN CARGO EXTRA Entrenamiento.

5.0 EJEMPLO

Desarrollo de la red de actividades para el control de la construcción de la obra negra de un conjunto CONALEP.

Seguiré para el desarrollo de este ejemplo, los incisos - del capítulo 2.

5.1 Plan de Acción

5.1.1 Información Básica

5.1.1.1 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto está definido en - los planos civiles de los que se derivan - los croquis mostrados en las figuras 7 y 8.

Los conceptos a programar son los mostrados en la tabla 9.

5.1.1.2 Estimaciones y rendimientos

Se utilizarán los mismos rendimientos y estimaciones utilizados en la elaboración de los precios unitarios, ver tabla 9.

5.1.1.3 Entregas de equipo y terminación de ingeniería

No existe ningún equipo mayor, cuya fabricación pueda retrasar la terminación del proyecto.

La ingeniería está completamente terminada y los planos civiles aprobados para construcción

5.1.1.4 Cuadrillas tipo

En el cálculo de duraciones se usarán las mismas cuadrillas tipo que fueron utilizadas en el cálculo de los precios unitarios, ver tabla 10.

5.1.1.5 Fecha de terminación

Se requiere terminar la obra negra 5 meses después de la firma del contrato.

5.1.2 Estructuración de los Diagramas Lógicos

5.1.2.1 Organización de construcción

La organización es muy simple en este caso. Se tendrá un residente de obra a cargo de todos los frentes civiles. Debido a que él será el único ingeniero responsable y a que sólo estamos programando la obra civil no habrá necesidad de destinar uno o dos números del código de sorteo para identificar responsabilidades o disciplinas.

5.1.2.2 Nivel de detalle

La obra se controlará por edificio, elevación y por zona (por colado), ya que se - -

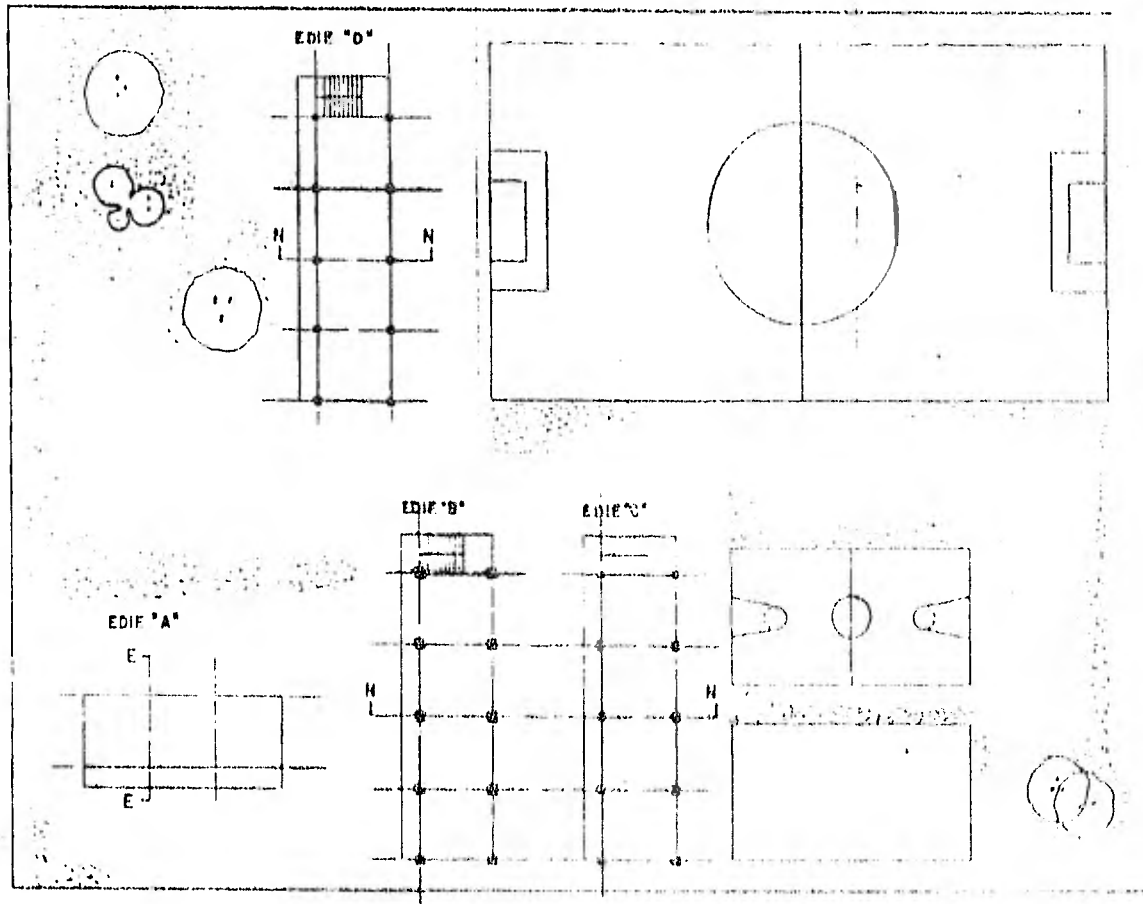
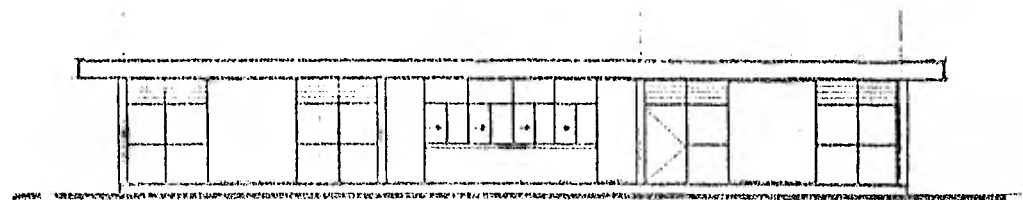
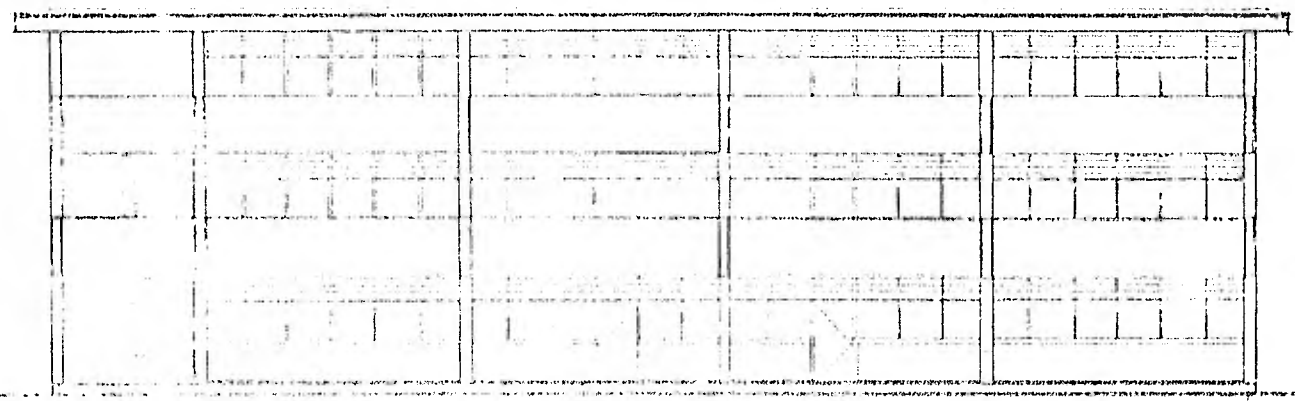


FIGURA 7



EDIFICIO A



EDIFICIOS P.G.D.

FIG. 2

trata de un proyecto civil de menor escala en el que el alcance y los procedimientos constructivos están perfectamente definidos y, por tanto, es posible estructurar una red con bastante detalle sin invertir una gran cantidad de horas-hombre en su desarrollo y mantenimiento.

Para este ejemplo utilizaré precedencias - como método de manejo de redes y, por tanto, tendremos números de identificación actividades en vez de nodos.

Cada actividad será identificada por 4 dígitos, con la siguiente interpretación:

1er. dígito - identificador del área o edificio

2o. dígito - identifica la naturaleza del trabajo

P-PRELIMINAR

C-CIMENTACIONES

E-ESTRUCTURA

3o. y 4o. dígitos - número de la actividad.

El 1o. y 2o. dígitos también servirán para identificar los distintos diagramas.

EJEMPLO:

LA ACTIVIDAD ACO1 A-EDIFICIO A

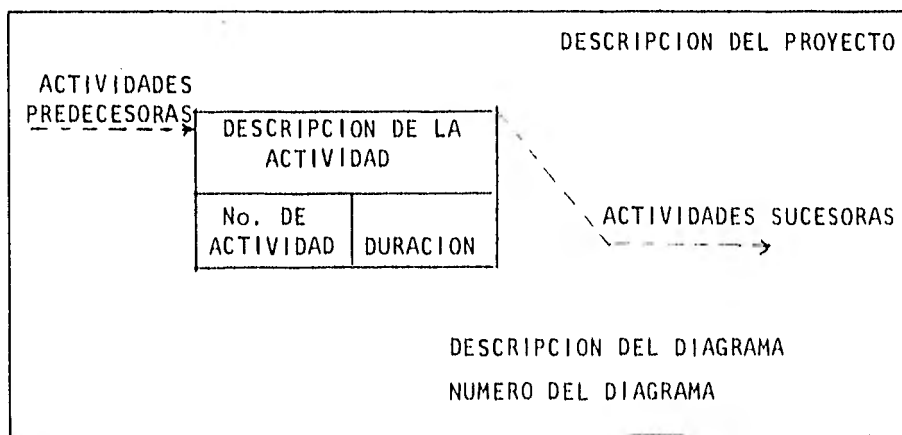
C-CIMENTACIONES

01-NUMERO DE LA ACTIVIDAD

EN EL DIAGRAMA AC

NOTA: La actividad OP01 es general para todos los edificios y la actividad AE99 se refiere a la terminación del proyecto. No se utilizará otro código de sorteo.

El formato de los diagramas lógicos será el mostrado a continuación:



CONALEP

OBRA NEGRA

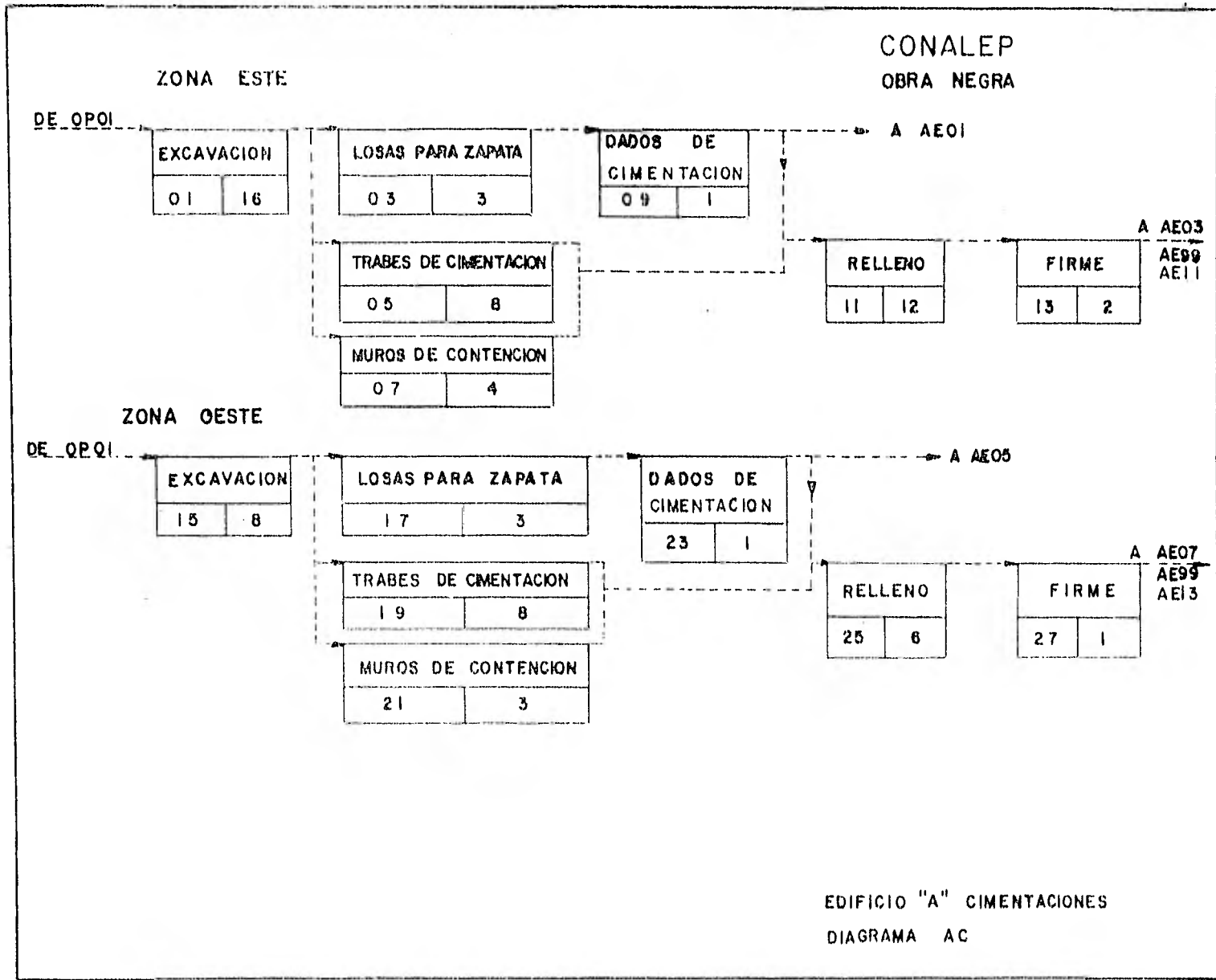
LIMPIA DE TERRENO TRAZO Y NIVELACION	
01	8

A

AC01
AC15
B/C/D/CO1
B/C/D/CI5

OBRAS PRELIMINARES
DIAGRAMA OP

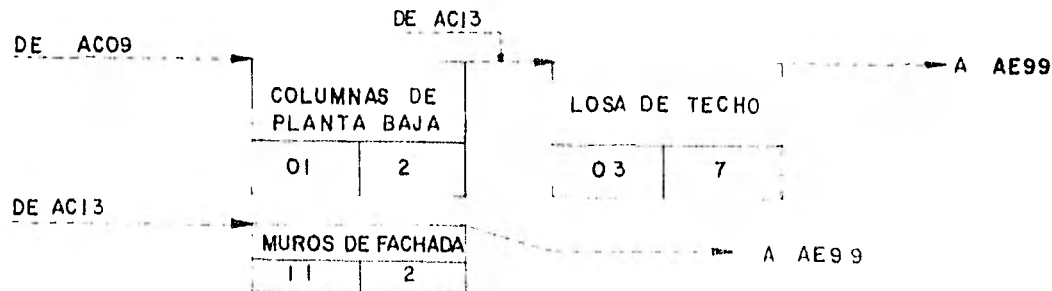
CONALEP
OBRA NEGRA



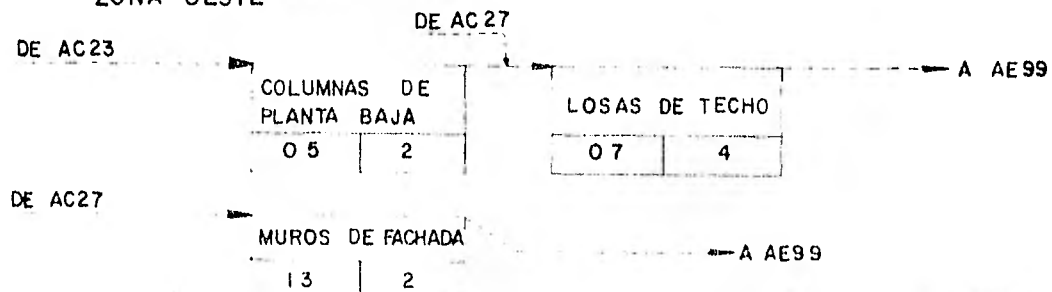
EDIFICIO "A" CIMENTACIONES
DIAGRAMA AC

CONALEP
OBRA NEGRA

ZONA ESTE



ZONA OESTE



DE: AC13
AC27
AE03
AE07
B/C/D/E03
B/C/D/E05
B/C/D/E27
B/C/D/E29
B/C/D/E31
B/C/D/E09
B C D E13

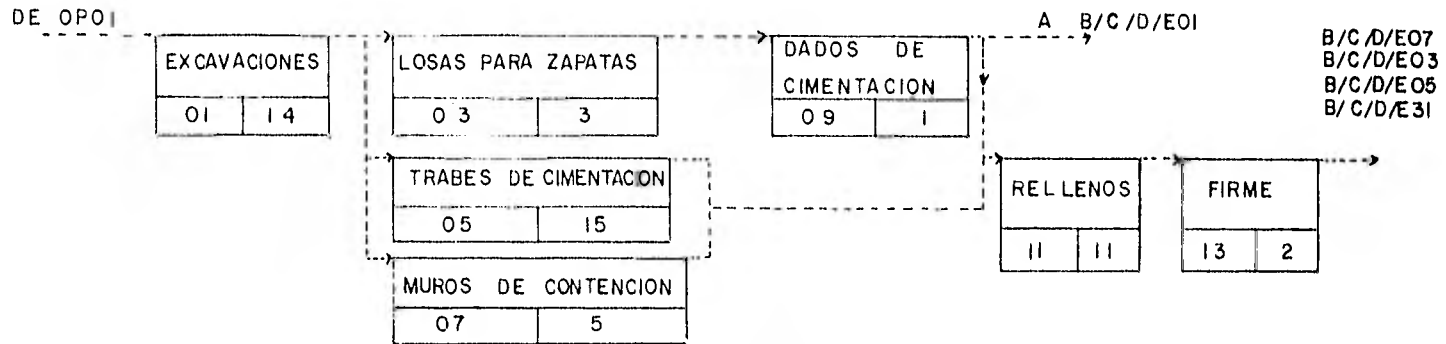
B/C/D/E35
B/C/D/E39
B/C/D/E27
B/C/D/E23
B/C/D/E21
B/C/D/E43
B/C/D/E49
B/C/D/E47
AE11
AE13

TERMINACION DE OBRA NEGRA	
99	1

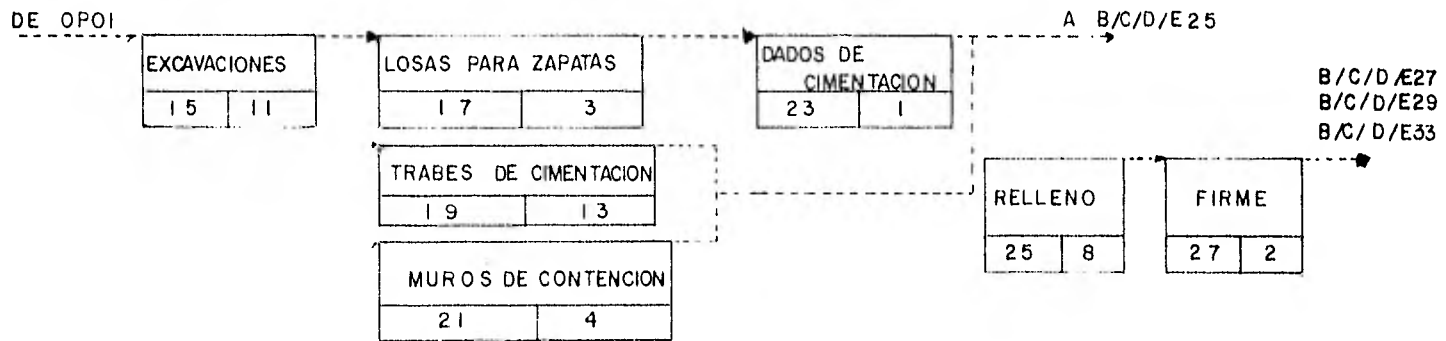
EDIFICIO "A" ESTRUCTURA
DIAGRAMA AE

CONALEP
OBRA NEGRA

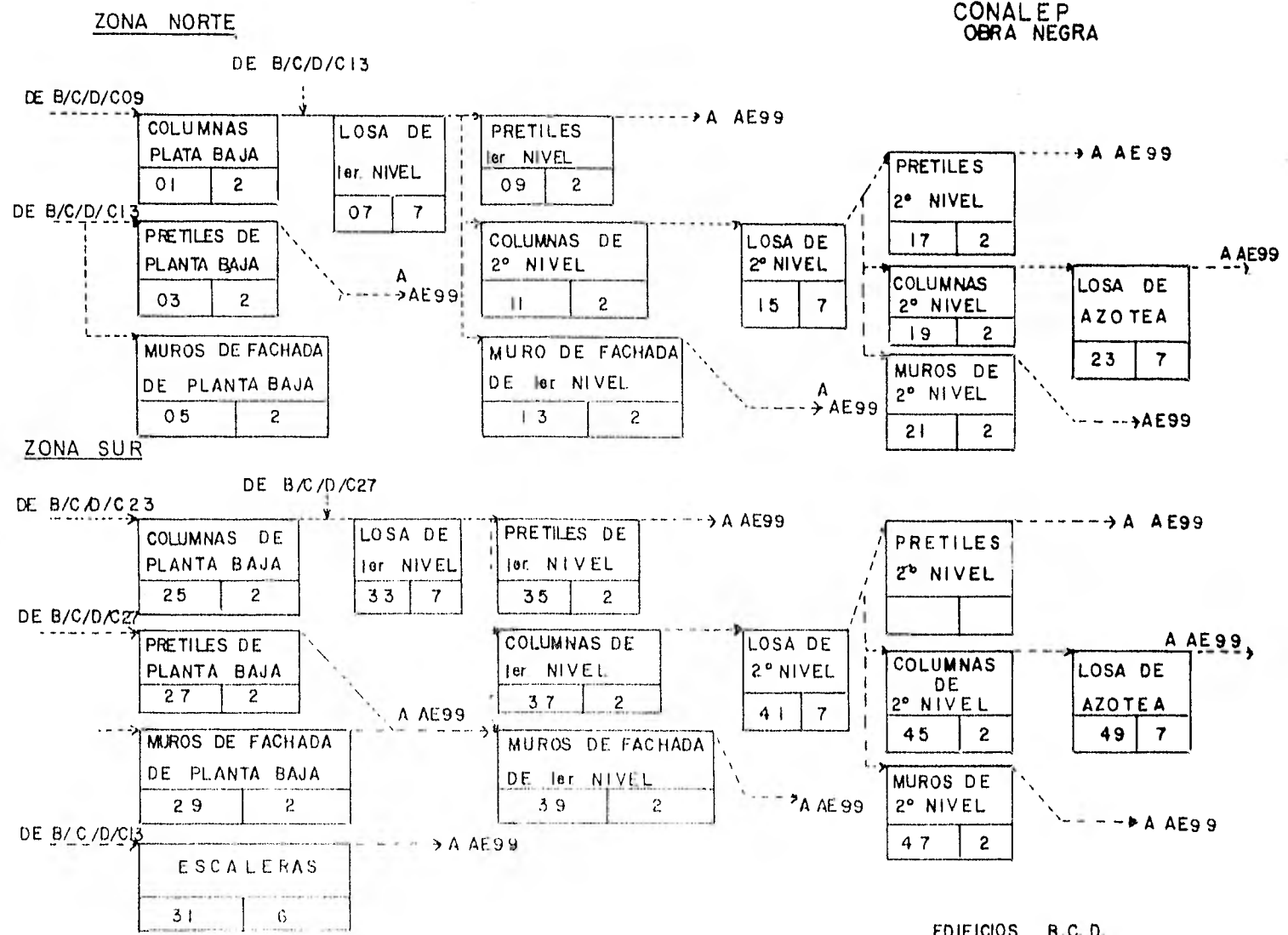
ZONA NORTE



ZONA SUR



EDIFICIOS B,C,D
CIMENTACIONES
DIAGRAMAS BC,CC,DC.



EDIFICIOS B.C.D.
ESTRUCTURA
DIAGRAMAS BE, CE, DE.

TABLA 9

CONCEPTO	CANTIDAD	UNID.	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO CONSIDERANDO Cimbra
LIMPIEZA DE TERRENO, TRAZO Y NIVELACION	2100	m2	30.94	0.42 hrs/m2	
EXCAVACION, INCLUYE ACARREO	1500	m3	318.53	5.13 hrs/m3	
PLANTILLA DE CONCRETO f'c = 100 KG/CM2, 6 CM. DE ESPESOR	955	m2	129.91	.36 hrs/m2	0.36 hrs/m2
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN - LOSAS PARA ZAPATA DE CIMENTACION	239	m3	2766.48	2.28 hrs/m3	2.28 hrs/m3
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN - TRABES DE CIMENTACION	206	m3	5399.27	21.88 hrs/m3	26.65 hrs/m3
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN - MUROS DE CONTENCIÓN, ESPESOR DE 25 CM.	60	m3	5339.27	21.88 hrs/m3	27.00 hrs/m3
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN DADOS DE CIMENTACION	6	m3	2766.48	2.23 hrs/m3	9.8 hrs/m3
RELLENO CON MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACION	1500	m3	233.53	3.85 hrs/m3	
HABILITADO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO fy = 4000 KG/CM2 EN CIMENTACION	72500	kg	5.30	0.015hrs/kg*	
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN COLUMNAS	42	m3	5569.27	21.38 hrs/m3	26.65 hrs/m3
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN LOSA ALIGERADA	2400	m2	1715.34	0.71 hrs/m2	1.8 hrs/m2
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN LOSA DE TRAMPAS DE ESCALERAS	643	m3			
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN LOSA DE TRAMPAS DE ESCALERAS	11	m3	10244.20	10.94 hrs/m3	14.9 hrs/m3
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN PERFILES DE ENTREPISO Y AZOTEA	37	m3	4818.33	2.10 hrs/m3	10.00 hrs/m3
CONCRETO f'c = 200 KG/CM2 EN MUROS DE FACHADA	86.6	m3	10244.20	10.94 hrs/m3	14.9 hrs/m3
HABILITADO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO EN ESTRUCTURA fy = 4000 KG/CM2	125000	kg	5.3	0.015hrs/kg*	

* EL RENDIMIENTO SE REFIERE UNICAMENTE A COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO.

TABLA 10

CONCEPTO	PEON	CABO	HOMBRES POR CUADRILLA					
			AYUDANTE	FIERRERO	ALBAÑIL	OFICIAL	TOPOGRAFO	CARPINTERO
LIMPIA DE TERRENO, TRAZO Y NIVELACION	10		3			1	1	
EXCAVACION, INCLUYE ACARREO	1	1/10						
PLANTILLA DE CONCRETO f'c = 100 kg/cm2, 6cm ESPESOR	3	1/10			1			
CONCRETO f'c =200 kg/cm2 EN LOSAS PARA ZAPATA CIMENTACION	3	1/5			2			
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN TRABES DE CIMENTACION	2	1/4	3		2			1
CONCRETO f'c =200kg/cm2 EN MUROS DE CIMENTACION, ESPESOR DE 25 cm.	2	1/4	3		2			1
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN DADOS DE CIMENTACION	3	1/5	1		2			1
RELLENO CON MATERIAL PRO--DUCTO DE LA EXCAVACION	1	1/10						
COLOCACION DE ACERO DE RE-FUERZO fy=4000kg/cm2 EN CIMENTACION				2	2		1/2	
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN COLUMNAS	2	1/4	3		2			1
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN LOSA ALIGERADA	4	1/2	1		3			1
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN LOSA DE TRAMPAS DE ESCALERA	2	1/4	3		2			1
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN PERFILES DE ENTREPISO Y AZOTEA	4	1/2	1		3			1
CONCRETO f'c=200kg/cm2 EN MUROS DE FACHADA	2	1/4	3		2			1
COLOCACION DE ACERO DE RE-FUERZO fy=4000kg/cm2 EN ESTRUCTURA				2	2		1/2	
COLOCACION DE BLOQUES DE POLIESTILENO EN LOSAS	10	1						

5.1.3 Obtención de Duraciones

ACTIVIDAD OP01

cantidad 2100 m²

rendimiento 0.42 hrs/m²

mano de obra 15 gentes

$$\text{duración} = \frac{2100 \times 0.42}{15 \times 7} = 8.4 \text{ días}$$

todas las duraciones se redondearán a días enteros ∴ duración = 8 días

ACTIVIDAD AC15

el volúmen de excavación se repartirá proporcionalmente al área

$$\text{área} = \frac{498.39}{3} = 166.13 \text{ m}^2$$

$$\text{volumen} = \frac{166.13}{2100} \times 1500 = 118.66 \text{ m}^3$$

rendimiento = 5.13 hrs/m³

mano de obra = 1.1 gentes

$$\text{duración} = \frac{118.66 \times 5.13}{1.1 \times 7} = 79 \text{ días}$$

suponiendo, mano de obra = 11 gentes

$$\text{duración} = \frac{118.66 \times 5.13}{11 \times 7} = 8 \text{ días}$$

ACTIVIDAD AC01

$$\text{volumen} = 118.66 \times 2 = 237.32 \text{ m}^3$$

rendimiento = 5.13 hrs/m³

mano de obra = 11 gentes

$$\text{duración} = \frac{237.32 \times 5.13}{11 \times 7} = 16 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BC01

CC01

DC01

$$\text{área} = 533.87 \text{ m}^2 \times 0.56 = 299.49 \text{ m}^2$$

$$\text{volumen} = \frac{299.49}{2100} \times 1500 = 213.92 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 5.13 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 11 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{213.92 \times 5.13}{11 \times 7} = 14 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BC15

CC15

DC15

$$\text{área} = 533.87 - 299.49 = 234.38 \text{ m}^2$$

$$\text{volumen} = \frac{234.38}{2100} \times 1500 = 167.42 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 5.13 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 11 \text{ gentes}$$

$$\text{duración: } \frac{167.42 \times 5.13}{11 \times 7} = 11 \text{ días}$$

ACTIVIDAD AC27

$$\text{área} = \frac{226.65}{3} = 75.55 \text{ m}^2$$

$$\text{rendimiento} = 0.36 \text{ hrs/m}^2$$

$$\text{mano de obra} = 4.1 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{75.55 \times 0.36}{4.1 \times 7} = 1 \text{ día}$$

ACTIVIDAD AC13

$$\text{área} = 226.65 - 75.55 = 151.1 \text{ m}^2$$

$$\text{rendimiento} = 0.36 \text{ hrs/m}^2$$

$$\text{mano de obra} = 4.1 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{151.1 \times 0.36}{4.1 \times 7} = 2 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BC13

CC13

DC13

$$\text{área} = 242.78 \times 0.56 = 135.96 \text{ m}^2$$

$$\text{rendimiento} = 0.36 \text{ hrs/m}^2$$

$$\text{mano de obra} = 4.1 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{135.96 \times 0.36}{4.1 \times 7} = 2 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BC27

CC27

DC27

$$\text{área} = 242.78 - 125.96 = 106.82 \text{ m}^2$$

$$\text{rendimiento} = 0.36 \text{ hrs/m}^2$$

$$\text{mano de obra} = 4.1 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{106.82 \times 0.36}{4.1 \times 7} = 2 \text{ días}$$

ACTIVIDADES AC17

AC03

el volumen se repartirá proporcionalmente al número de zapatas.

$$\text{No. de zapatas} = 4 \text{ unidades}$$

$$\text{volumen} = \frac{4}{44} \times 239 = 21.73 \text{ m}^3$$

rendimiento = 2.28 hrs/m³

mano de obra = 5.2 gentes

$$\text{duración} = \frac{21.73 \times 2.28}{5.2 \times 7} = 2 \text{ días}$$

para el total de acero para zapatas, aquel se repartirá proporcionalmente al volumen de concreto

$$\text{acero} = \frac{230}{511} \times 72500 = 33909 \text{ kg}$$

para el cálculo de duraciones supondremos que cada zapata puede ser cimbrada y colada después de armada.

$$\text{acero} = \frac{1}{44} \times 33909 = 770.6$$

rendimiento = 0.015 hrs/kg

mano de obra = 4.5 gentes

$$\text{duración} = \frac{770.6 \times 0.15}{4.5 \times 7} = 1 \text{ día}$$

∴ duración total = 3 días

ACTIVIDADES BC03 BC17

CC03 CC17

DC03 DC17

No. de zapatas = 6 unidades

$$\text{volumen} = \frac{6}{44} \times 239 = 32.59 \text{ m}^3$$

rendimiento = 2.28 hrs/m³

mano de obra = 5.2 gentes

$$\text{duración} = \frac{32.59 \times 2.23}{5.2 \times 7} = 2 \text{ días}$$

duración total = 2 + 1 = 3 días

ACTIVIDAD AC19

el volumen se repartirá proporcionalmente a la longitud de las trabes.

$$\text{volumen} = \frac{28.80}{406.40} \times 206 = 14.06 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 26.65 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 8.25 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{14.6 \times 26.65}{8.25 \times 7} = 7 \text{ días}$$

$$\text{volumen de acero para trabes} = \frac{206}{511} \times 72500 =$$

$$29227.0 \text{ kg}$$

para la actividad

$$\text{acero} = \frac{7.2}{406.4} \times 29227 = 517 \text{ kg}$$

$$\text{rendimiento} = 0.015 \text{ hrs/kg}$$

$$\text{mano de obra} = 8.25 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{517 \times 0.015}{8.25 \times 7} = 1 \text{ día}$$

$$\therefore \text{duración total} = 8 \text{ días}$$

ACTIVIDAD AC05

$$\text{volumen} = \frac{43.20}{406.40} \times 206 = 21.90 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 26.65 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 8.25 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{21.90 \times 26.65}{8.25 \times 7} = 10 \text{ días}$$

$$\text{duración total} = 10 + 1 = 11 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BC05

CC05

DC05

$$\text{volumen} = \frac{58.4}{406.4} \times 206 = 29.6 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 26.65 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 8.25 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{29.6 \times 26.65}{8.25 \times 7} = 14 \text{ días}$$

$$\text{duración total} = 15 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BC19

CC19

DC19

$$\text{volumen} = \frac{50.4}{406.4} \times 206 = 25.55 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 26.65 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 8.25 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{25.55 \times 26.65}{8.25 \times 7} = 12 \text{ días}$$

$$\text{duración total} = 12 + 1 = 13 \text{ días}$$

ACTIVIDAD AC21

el volumen se repartirá proporcionalmente a la longitud de los muros

$$\text{volumen} = \frac{21.6}{297.6} \times 60 = 4.25 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 27 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 8.25 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{4.35 \times 27}{8.25 \times 7} = 2 \text{ días}$$

$$\text{duración armado} = 1 \text{ día}$$

duración total = 3 días

ACTIVIDAD AC07

$$\text{volumen} = \frac{36}{297.6} \times 60 = 7.26 \text{ m}^3$$

rendimiento = 27 hrs/m³

mano de obra = 8.25 gentes

$$\text{duración} = \frac{7.26 \times 27}{8.25 \times 1} + 1 = 4 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BC07

CC07

DC07

$$\text{volumen} = \frac{44}{297.6} \times 60 = 8.87 \text{ m}^3$$

rendimiento = 27 hrs/m³

mano de obra = 8.25 gentes

$$\text{duración} = \frac{8.87 \times 27}{8.25 \times 7} + 1 = 5 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BC21

CC21

DC21

$$\text{volumen} = \frac{36}{297.6} \times 60 = 7.26 \text{ m}^3$$

rendimiento = 27. hrs/m³

mano de obra = 8.25 gentes

$$\text{duración} = \frac{7.26 \times 27}{8.25 \times 7} + 1 = 4 \text{ días}$$

ACTIVIDADES AC09

AC23

el volumen se repartirá proporcionalmente al número de dados

$$\text{volumen} = \frac{4}{44} \times 6 = 0.55 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 9.8 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 7.2 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{0.55 \times 9.8}{7.2 \times 7} + 1 = 1 \text{ día}$$

ACTIVIDADES BC09 BC23

CC09 CC23

DC09 DC23

$$\text{volumen} = \frac{6}{44} \times 6 = 0.82 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 9.8 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 7.2 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{0.82 \times 9.8}{7.2 \times 7} + 1 = 1 \text{ día}$$

ACTIVIDAD AC25

el volumen de relleno se repartirá proporcionalmente al área

$$\text{volumen} = 118.66 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 3.85 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 11 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{118.66 \times 3.85}{11 \times 7} = 6 \text{ días}$$

ACTIVIDAD AC11

volumen = 237.32 m³

rendimiento = 3.85 hrs/m³

mano de obra = 11 gentes

duración = $\frac{237.32 \times 3.85}{11 \times 7} = 12$ días

ACTIVIDADES BC11

CC11

DC11

volumen = 213.92 m³

rendimiento = 3.85 hrs/m³

mano de obra = 11 gentes

duración = $\frac{213.92 \times 3.85}{11 \times 7} = 11$ días

ACTIVIDADES BC25

CC25

DC25

volumen = 167.42 m³

rendimiento = 3.85 hrs/m³

mano de obra = 11 gentes

duración = $\frac{167.42 \times 3.85}{11 \times 7} = 8$ días

ACTIVIDADES AE01

AE05

el volumen se repartirá proporcionalmente al número de columnas.

volumen = $\frac{4 \times 42}{116} = 1.45$ m³

rendimiento = 26.65 hrs/m³

mano de obra = 8.25 gentes

$$\text{duración} = \frac{1.45 \times 26.65}{8.25 \times 7} = 1 \text{ día}$$

total de acero

$$\text{para columnas} = \frac{42}{824.6} \times 125000 = 6366.7 \text{ kg}$$

para la actividad

$$\text{acero} = \frac{4}{116} \times 6366.7 = 219.54 \text{ kg}$$

rendimiento = 0.015 hrs/kg

mano de obra = 8.25 gentes

$$\text{duración} = \frac{219.5 \times 0.015}{8.25 \times 7} = 1 \text{ día}$$

duración total = 2 días

ACTIVIDADES	BE01	BE25	BE11	BE37	BE19	BE45
	CE01	CE25	CE11	CE37	CE19	CE45
	DE01	DE25	DE11	DE37	DE19	DE45

$$\text{volumen} = \frac{6}{116} \times 42 = 2.17 \text{ m}^3$$

rendimiento = 26.65 hrs/m³

mano de obra = 8.25 gentes

$$\text{duración} = \frac{2.17 \times 26.65}{8.25 \times 7} + 1 = 2 \text{ días}$$

ACTIVIDAD AE07

área = 75.55 m²

rendimiento = 1.8 hrs/m²

mano de obra = 9.5 gentes

$$\text{duración} = \frac{75.55 \times 1.8}{9.5 \times 7} = 2 \text{ días}$$

total de acero para

$$\text{losas} = \frac{648}{824.6} \times 125000 = 98229.4 \text{ kg}$$

para la actividad

$$\text{acero} = \frac{75.55}{2411.67} \times 98229.4 = 3077.22 \text{ kg}$$

rendimiento = 0.015 hrs/kg

mano de obra = 4.5 gentes

$$\text{duración} = \frac{3077.22 \times 0.015}{4.5 \times 7} = 2 \text{ días}$$

duración total = 2 + 2 = 4 días

ACTIVIDAD AE03

área = 151.1 m²

rendimiento = 1.8 hrs/m²

mano de obra = 9.5 gentes

$$\text{duración} = \frac{151.1 \times 1.8}{9.5 \times 7} = 4 \text{ días}$$

acero de refuerzo

$$\text{volumen} = \frac{151.1}{2411.67} \times 98229.4 = 6154.43 \text{ kg}$$

rendimiento = 0.015 hrs/kg

mano de obra = 4.5 gentes

$$\text{duración} = \frac{6154.43 \times 0.015}{4.5 \times 7} = 3 \text{ días}$$

duración total = 7 días

ACTIVIDADES	BE07	BE15	BE23	BE33	BE41	BE49
	CE07	CE15	CE23	CE33	CE41	CE49
	DE07	DE15	DE23	DE33	DE41	DE49

NOTA: supondré despreciable el efecto de la losa de techo en la sección de escaleras para efectos del ejemplo:

$$\text{área} = 242.78 \times 0.5 = 121.39 \text{ m}^2$$

$$\text{rendimiento} = 1.8 \text{ hrs/m}^2$$

$$\text{mano de obra} = 9.5 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{121.39 \times 1.8}{9.5 \times 7} = 4 \text{ días}$$

acero de refuerzo

$$\text{volumen} = \frac{121.39 \times 98119.4}{2411.67} = 4944.13 \text{ kg}$$

$$\text{rendimiento} = 0.015 \text{ hrs/kg}$$

$$\text{mano de obra} = 4.5 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{4944.13 \times 0.015}{4.5 \times 7} = 3 \text{ días}$$

$$\text{duración total} = 7 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BE03 BE09 BE17
CE03 CE09 CE17
DE03 DE09 DE17

el volumen se repartirá proporcionalmente a la longitud

$$\text{volumen} = \frac{18.40 \times 37}{295.2} = 2.31 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 10 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 9.5 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{2.31 \times 10}{9.5 \times 7} + 1 = 2 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BE27 BE35 BE43
 CE27 CE35 CE43
 DE27 DE35 DE43

$$\text{volumen} = \frac{14.4}{295.2} \times 37 = 1.8 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 10 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 9.5 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{1.8 \times 10}{9.5 \times 7} + 1 = 2 \text{ días}$$

ACTIVIDAD AE13

El volumen se repartirá proporcionalmente a la longitud

$$\text{volumen} = \frac{24.20}{746.80} \times 86.6 = 2.81 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 14.9 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 8.25 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{2.81 \times 14.9}{8.25 \times 7} + 1 = 2 \text{ días}$$

ACTIVIDAD AE11

$$\text{volumen} = \frac{38.6}{746.8} \times 86.6 = 4.48 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 14.9 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 8.25 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{4.48 \times 14.9}{8.25 \times 7} + 1 = 2 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BE05 BE13 BE21 BE29 BE39 BE47
 CE05 CE13 CE21 CE29 CE39 CE47
 DE05 DE13 DE21 DE29 DE39 DE47

Consideraré despreciable el efecto del muro posterior de la escalera

$$\text{volumen} = \frac{36}{746.8} \times 86.6 = 4.17 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 14.9 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 8.25 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{4.17 \times 14.9}{8.25 \times 7} + 1 = 2 \text{ días}$$

ACTIVIDADES BE31
 CE31
 DE31

$$\text{volumen} = \frac{11}{3} = 3.67 \text{ m}^3 \text{ trabajando un nivel a}$$

$$\text{la vez: volumen} = 1.22 \text{ m}^3$$

$$\text{rendimiento} = 14.9 \text{ hrs/m}^3$$

$$\text{mano de obra} = 8.25 \text{ gentes}$$

$$\text{duración} = \frac{1.22 \times 14.9}{8.25 \times 7} + 1 = 2 \text{ días}$$

$$\text{para los 3 niveles: duración} = 6 \text{ días}$$

5.2 Planeación de Recursos

Supondremos que la principal restricción, en cuanto a recursos se refiere, será la cimbra para losas; - sólo será posible cimbrar 4 zonas simultáneamente - o sea aproximadamente 480 m², lo que tomando en cuenta la duración de las actividades son aproximadamente 80 m² diarios.

Por otra parte, para lograr una nivelación de recursos adecuada en cimentaciones, supondremos un máximo de 35 m³/día de excavación.

Los criterios de optimización de recursos serán los siguientes:

- 1) todas las actividades serán tomadas en cuenta.
- 2) las actividades serán enlistadas en orden ascendente de holgura, tendrán prioridad aquéllas que tengan menos holgura.
- 3) el programa tomará la primera actividad de la lista en el primer período de tiempo y comparará los requerimientos de recursos de la actividad contra su disponibilidad, si aquéllos son menores la actividad será programada y la nueva disponibilidad para ese período de tiempo se obtendrá restando los recursos usados por la actividad ya programada. Si la actividad no puede ser programada será retrasada un período de tiempo para ser reanalizada posteriormente.
- 4) el programa buscará la siguiente actividad en la lista en ese período de tiempo y realizará el mismo proceso enunciado en el punto 3.

Si al llegar a la fecha de terminación todavía faltan actividades por programar, esta fecha será rebasada, pero el límite en la disponibilidad de recur-

... sos permanecerá igual. Para el ejemplo, ésto es -
conveniente ya que el programa a fechas tempranas -
termina el 20 de abril (ver figura 28) y, por tanto,
es posible retrasar algunas actividades sin exceder-
nos del lapso requerido de 5 meses.

5.3 Reportes Computarizados

Para la computarización de la red, utilizaré el pro-
grama de ruta crítica OPTIMA, descrito con anteriori-
dad en el capítulo 4.

TABLAS O GRAFICAS DE USO CONTRA DISPONIBILIDAD DE RE-
CURSOS.

De las figuras 11 a la 27 se muestran las cargas de
recursos necesarias para cumplir con el programa de
obra.

Las figuras 13 y 23 muestran los requerimientos de -
recursos para la excavación y el concreto en losas -
aligeradas en un programa a fechas tempranas para su
comparación con las figuras 12 y 13.

La figura 27 muestra los costos acumulados a lo lar-
go del proyecto.

REPORTE DE ACTIVIDADES CRITICAS

En la figura 28 se muestran las rutas críticas para

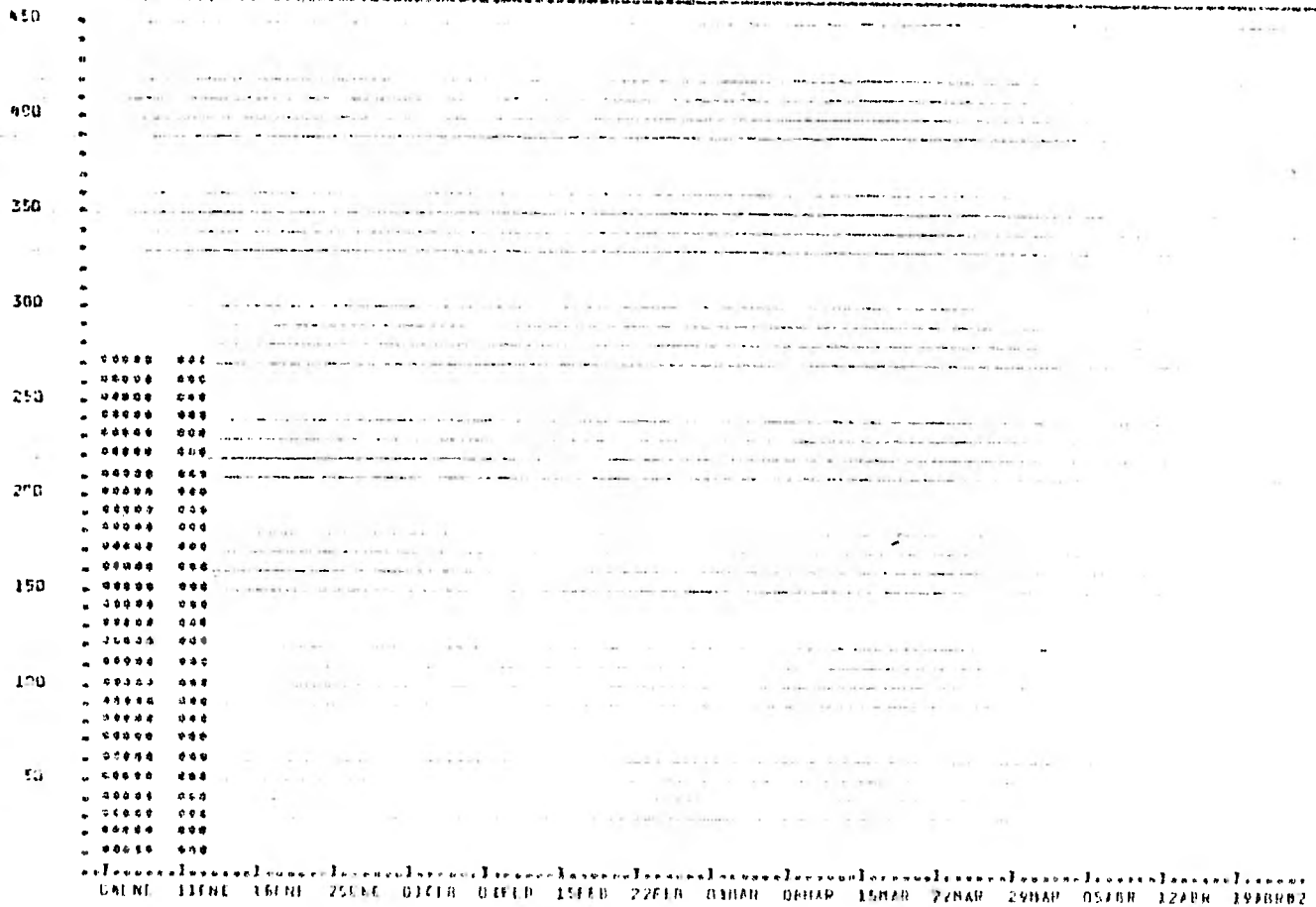


FIGURA 11

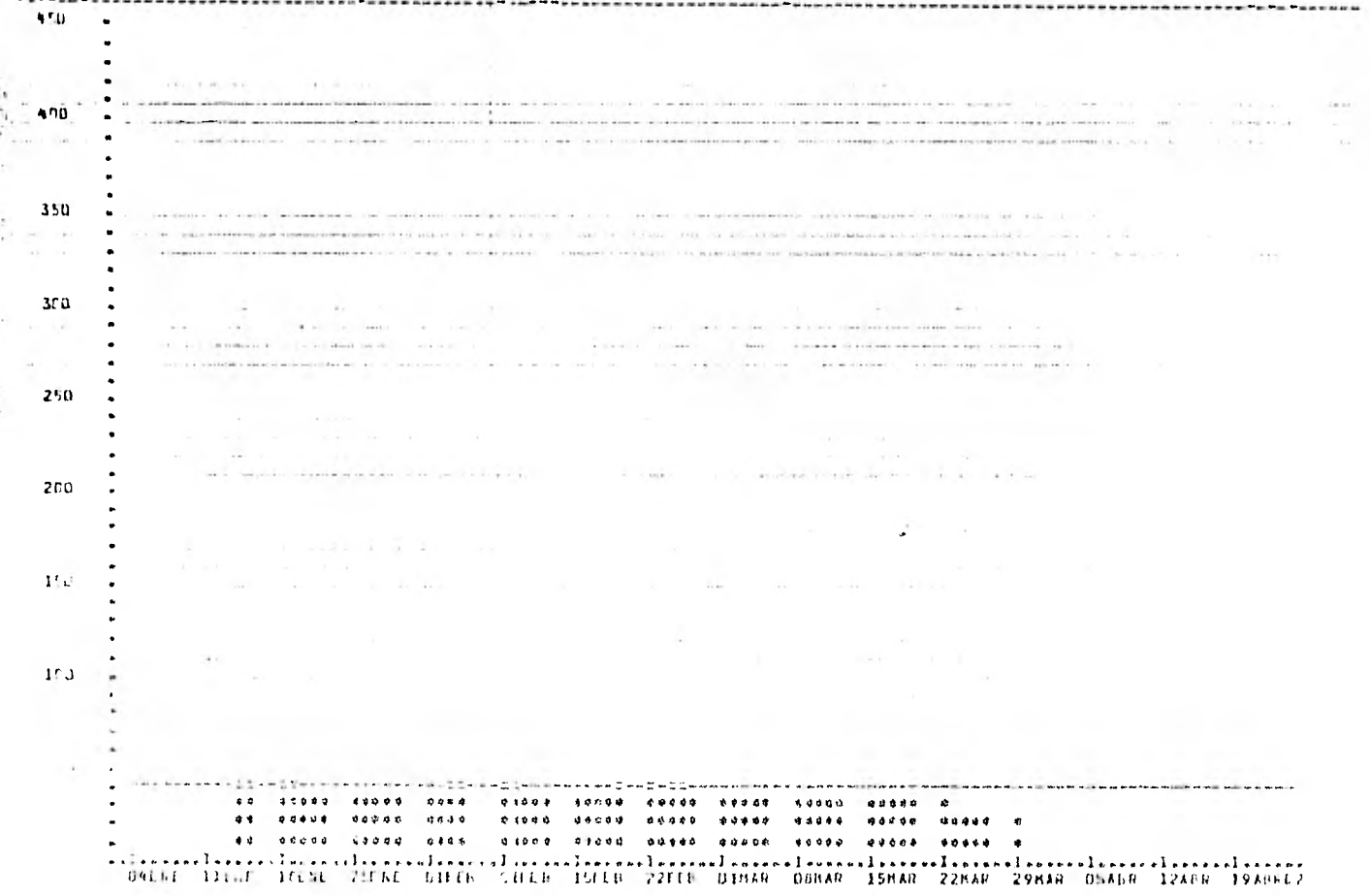


FIGURA 12

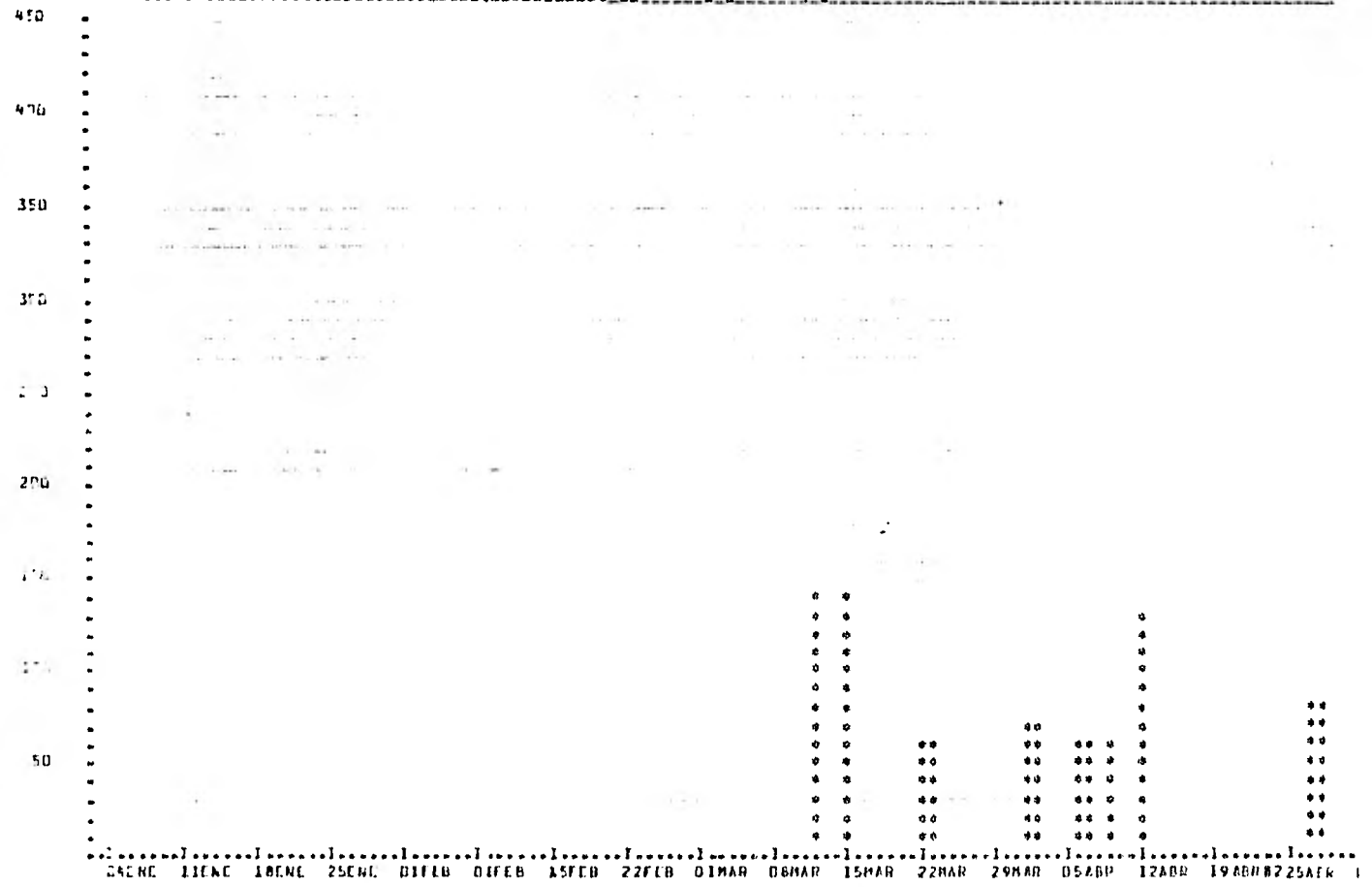


FIGURA 14

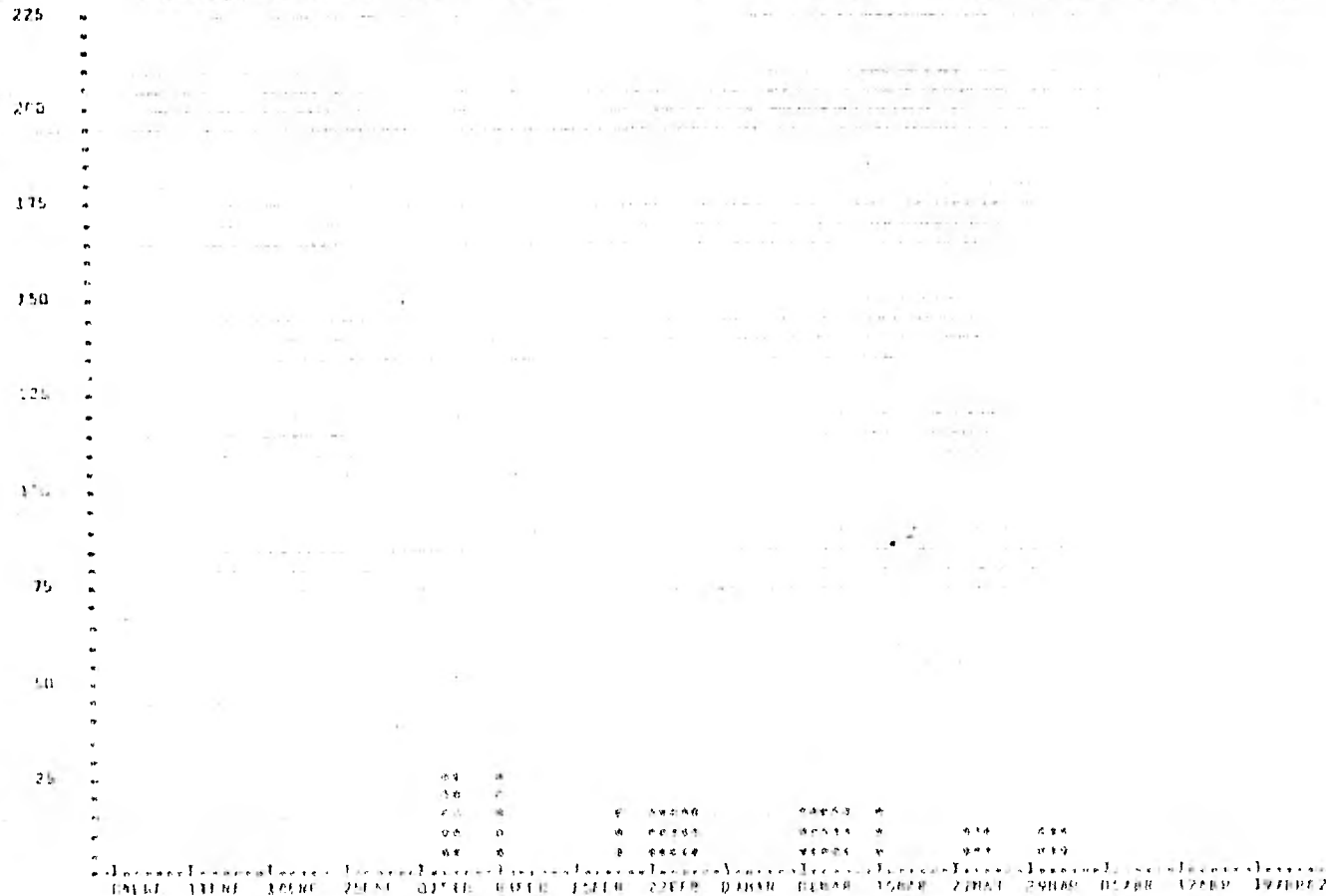


FIGURE 15

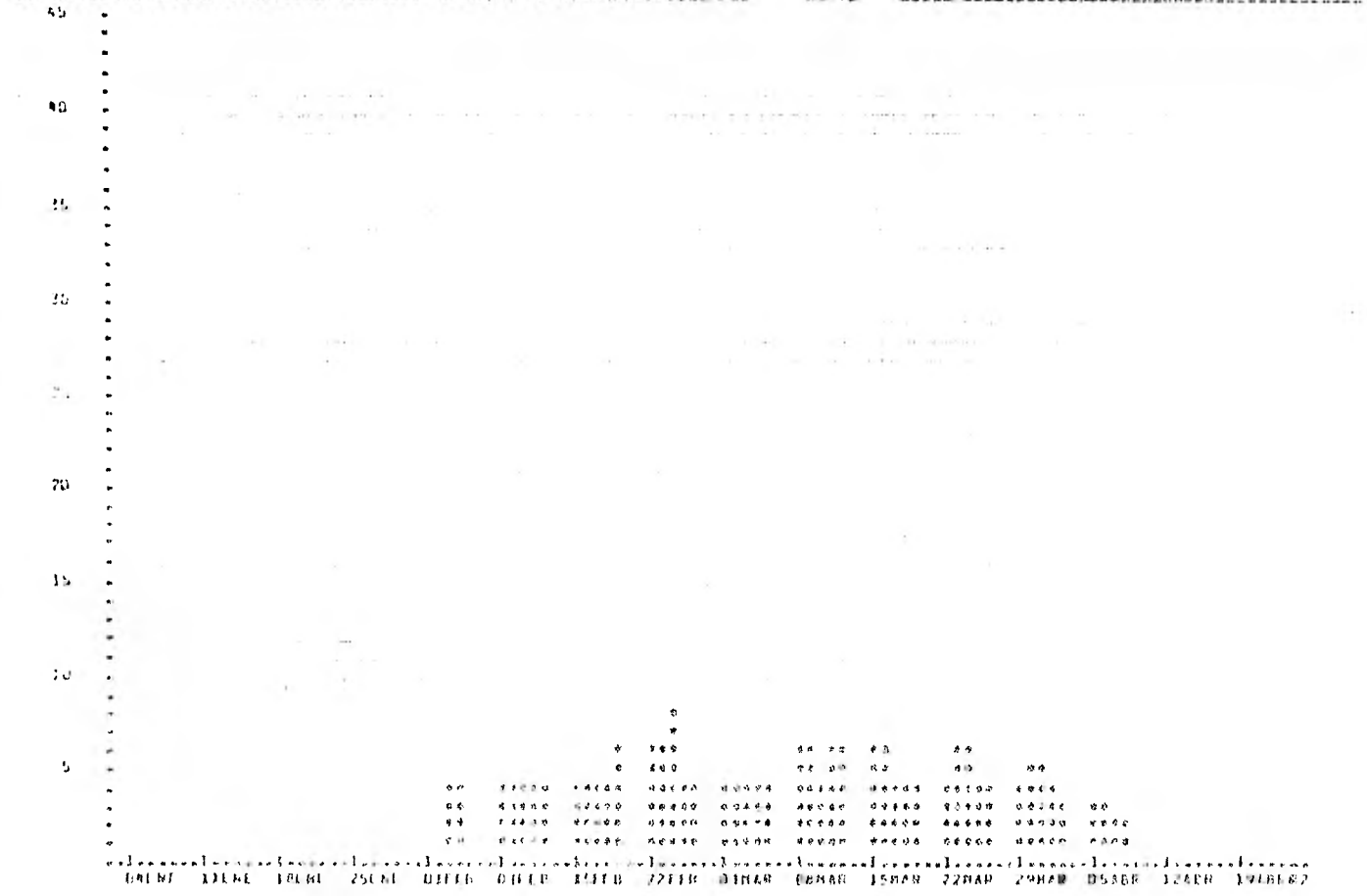


FIGURA 16

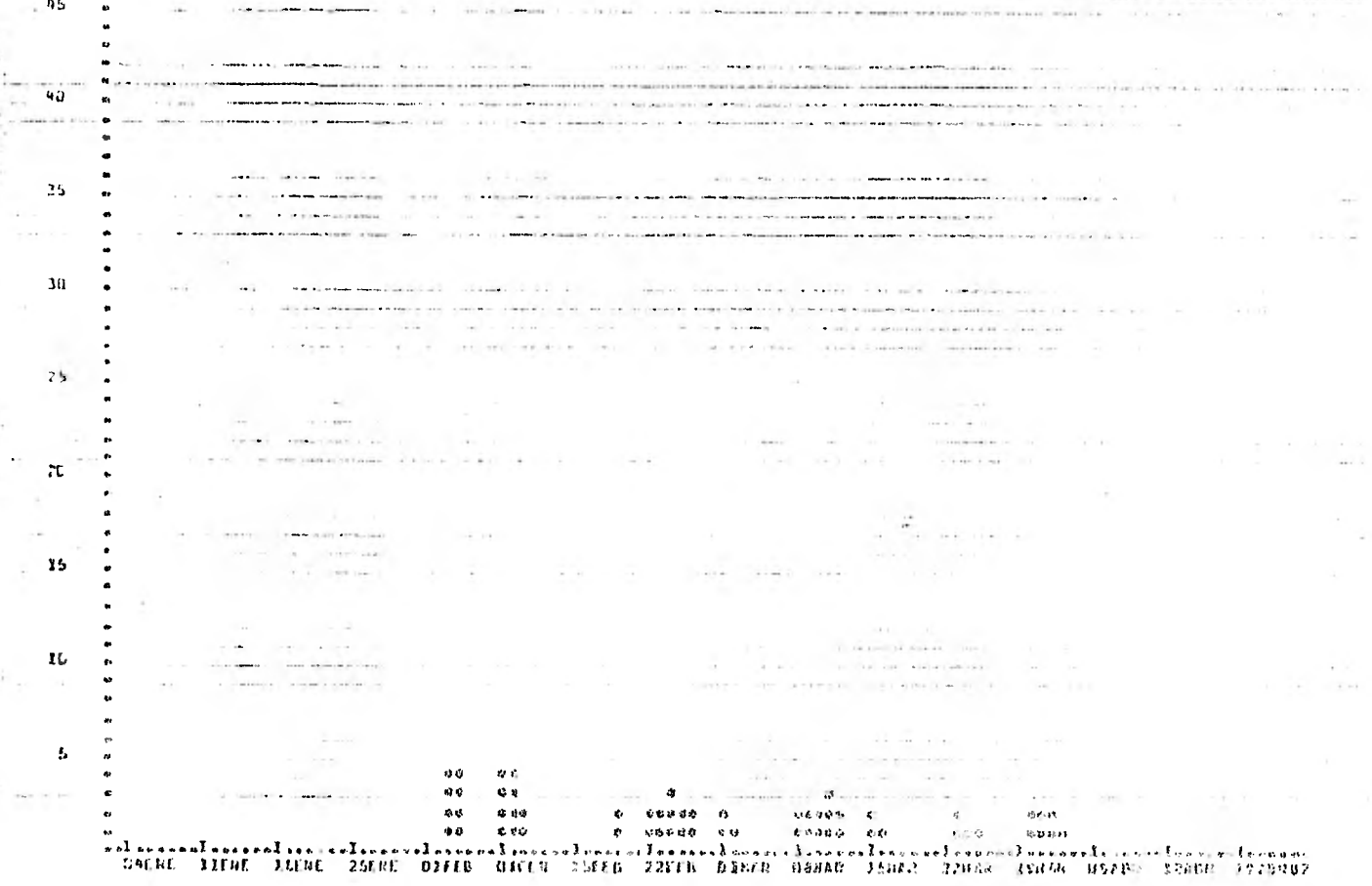


FIGURA 17

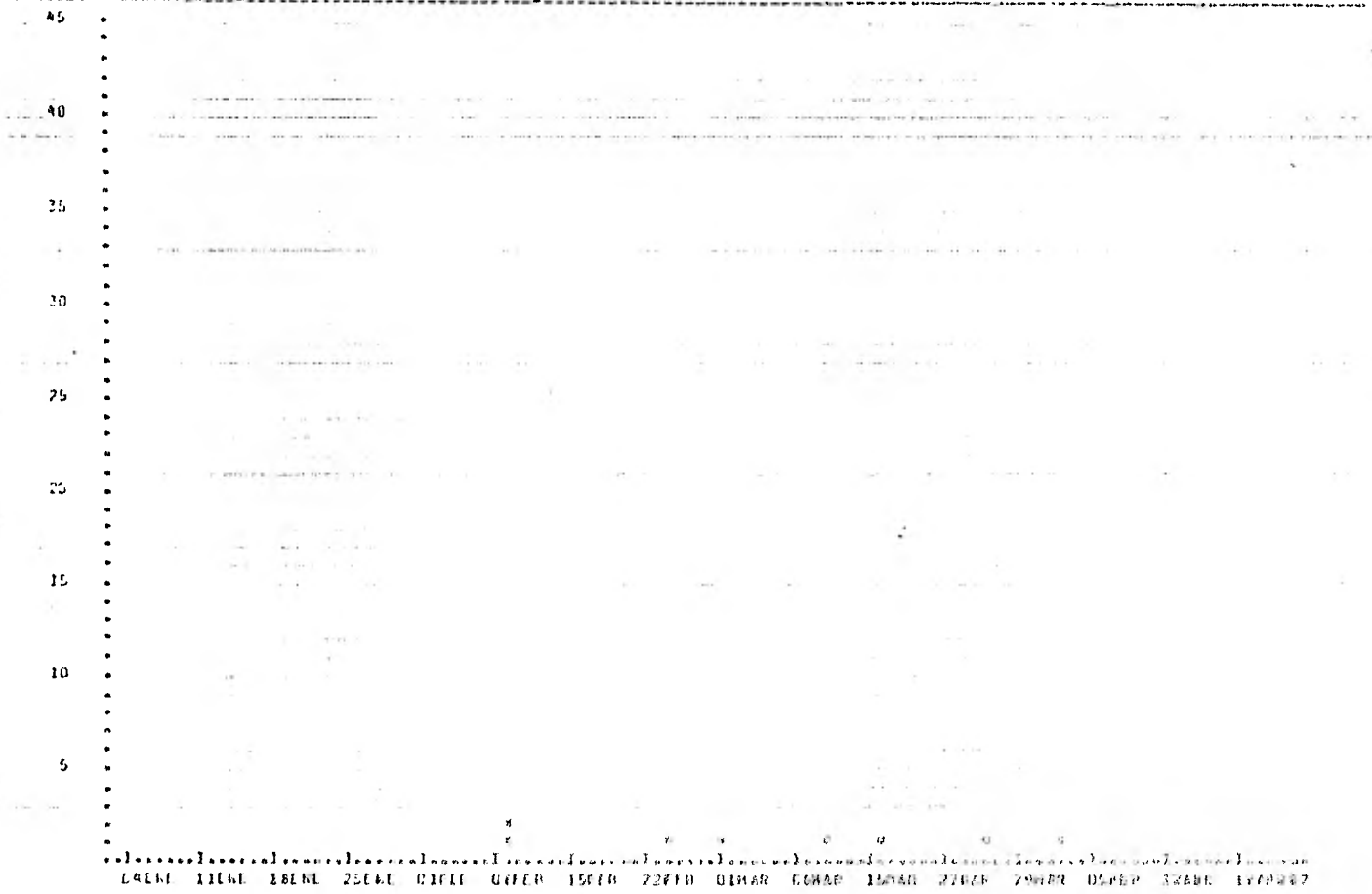


FIGURA 18

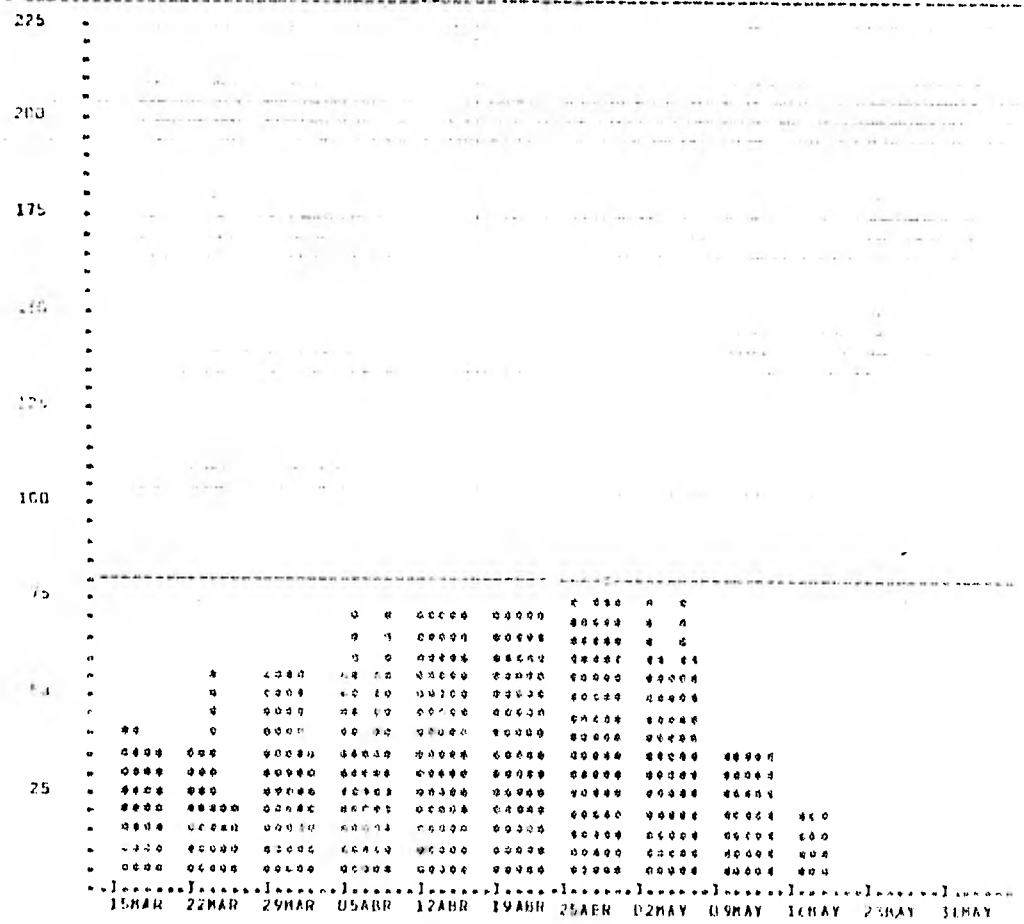


FIGURA 22

DATE 15/06/82 TIME AXIS 04/06/82 - 20/06/82 TIME UNIT DAY

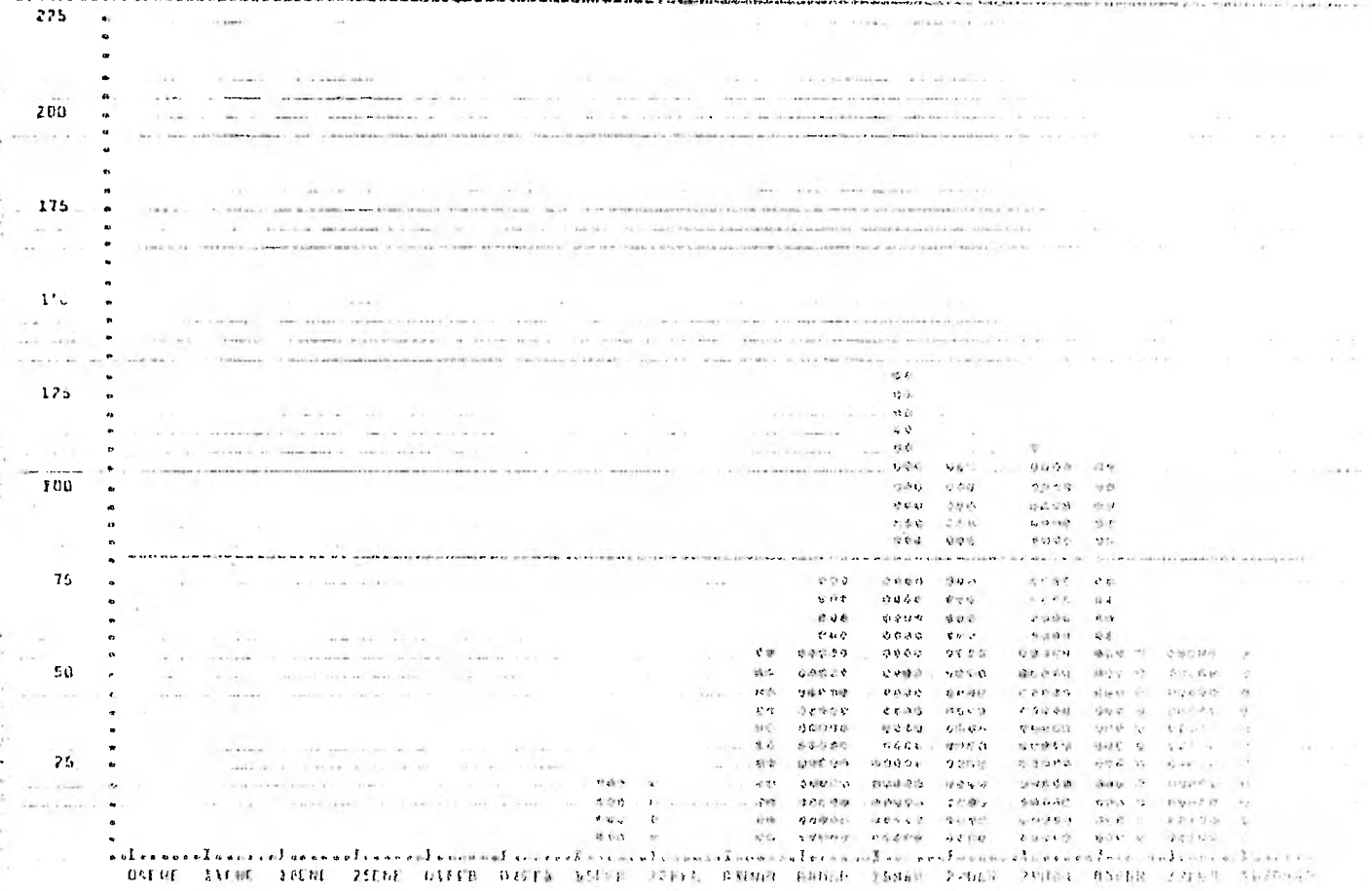
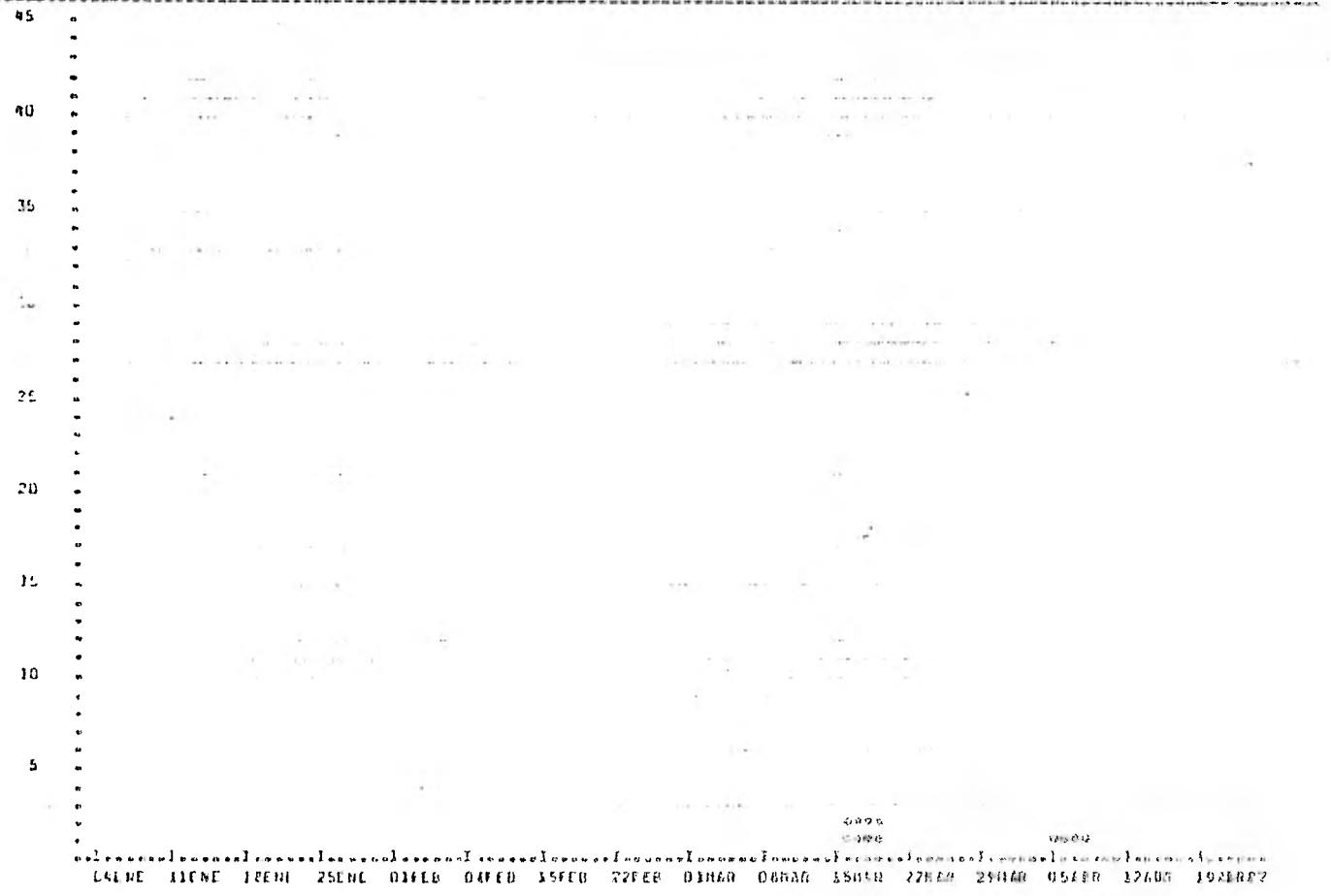


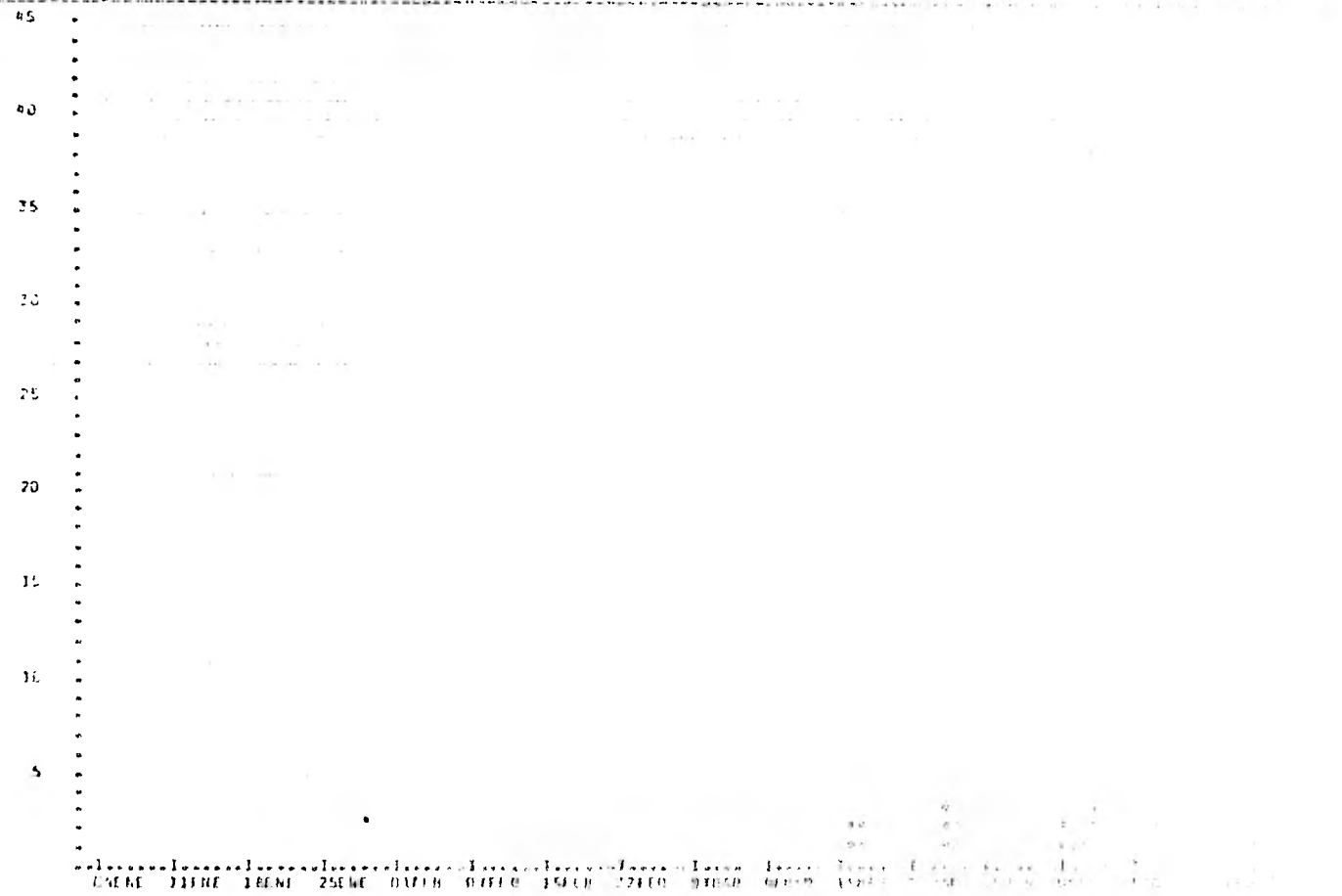
FIGURA 23



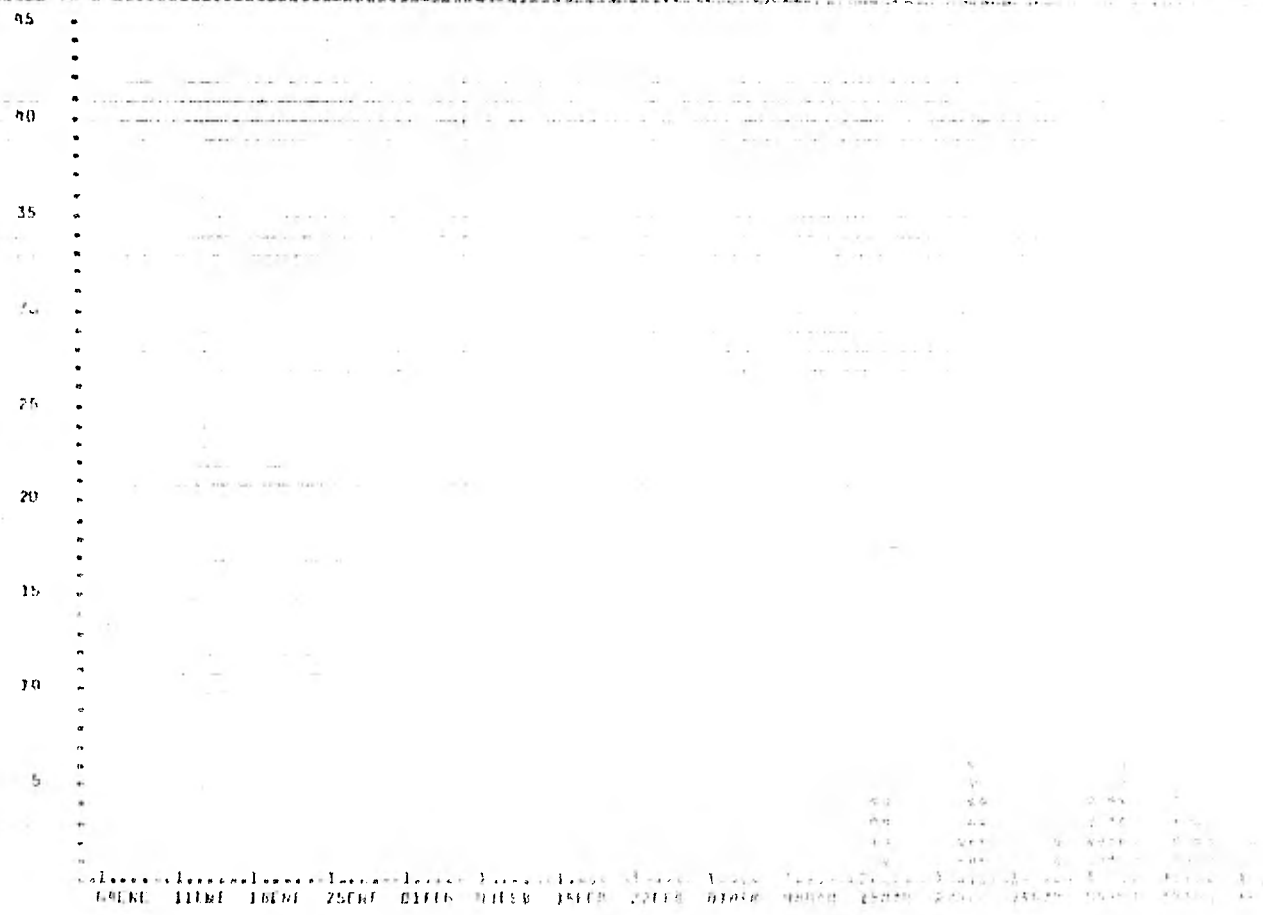
CFIIPA 1100 4.0 * 4 * RESOURCE LOADING IN HISTORICAL FORM
 PROJECT MANAGEMENT SYSTEM RESOURCE PROFILE CONCRETO IN PRELILS

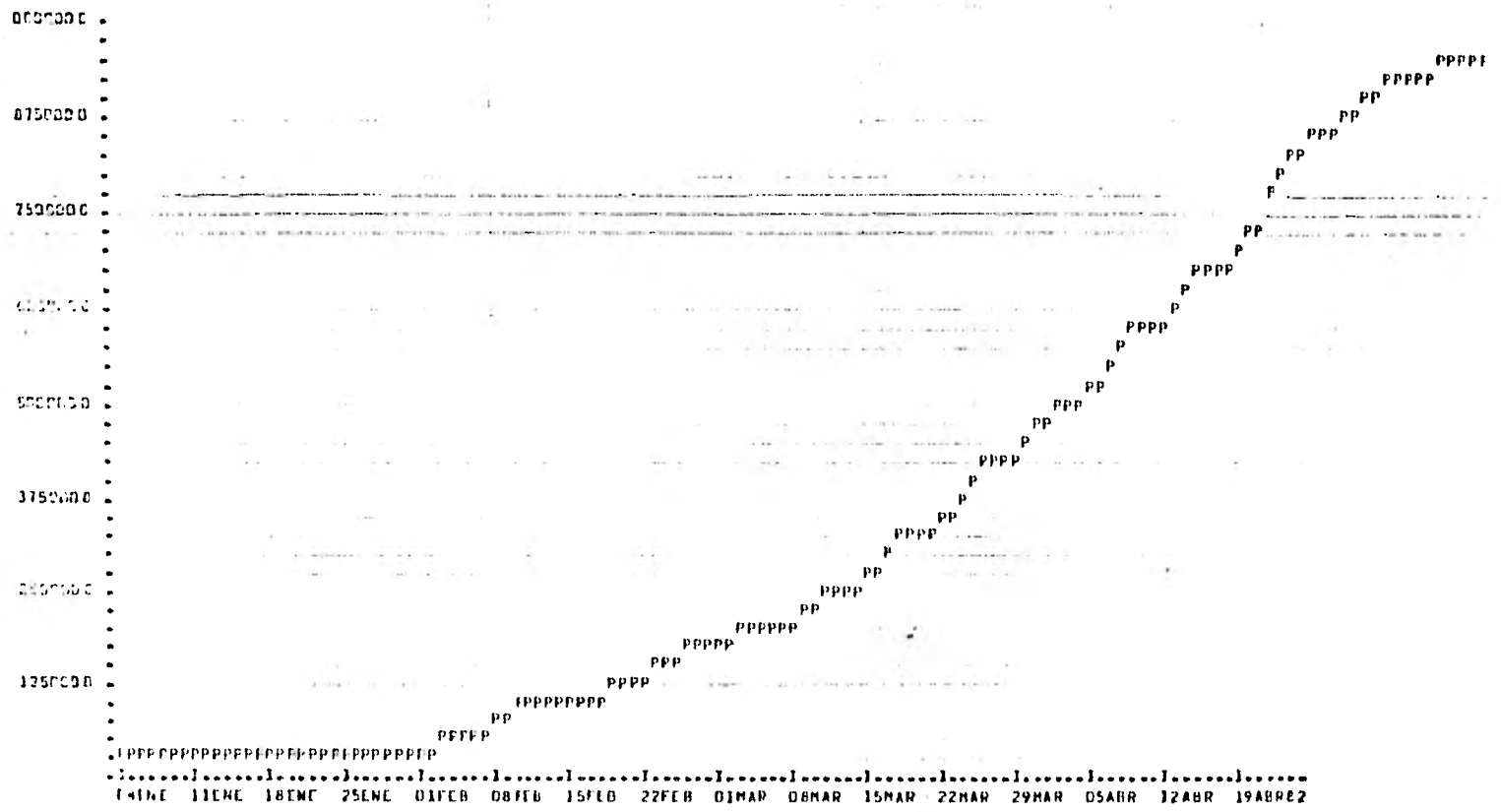
400 OPTIMIZACION DE RECURSOS 400

DATE 15/11/82 TIME AXIS ORIGIN = 21JUN82 TIME UNIT DAY



OPTIMA 1100 A.D. * * * RESOURCE LOADING IN HISTOGRAM FORM * * * PAGE 1
 PROJECT MANAGEMENT SYSTEM RESOURCE VACUO CONCRETO EN MUROS DE FACHADA INSTANT: 11ME8
 DATE 197802 TIME AXIS UNRELO2 - 21JUN78 TIME UNIT DAY RESOURCES: 1





CH-10A 1100 4.0 *** COST REPORT IN S-CURVE FORM *** PAGE 2
 PROJECT MANAGEMENT SYSTEM COST TYPE FL CURRENCY MM *)
 DATE 15FEB82 *** OPTIMIZACION DE RECURSOS ***
 TIME AXIS 04ENE82 - 19MAY82 TIME UNIT DAY NETWORK(S) 1

FIGURA 27

DATE 15FEB82 NETWORK SERIES

PROJECT
*** OBRA NEGRA CONJUNTO CONALEP ***
ACTIVIDADES CRITICAS

ACTIVITY IDENTIFICATION	ACTIVITY DESCRIPTION	ACTIVITY TIME CL	EARLIEST START	EARLIEST FINISH	LATEST START	LATEST FINISH	P	FLOAT	TOT	FR
CD03	LIMPIA DE TERRENO TRAZO Y NIVELACION	0	04NEB2	131NEB2				0	0	
EC01	EXCAVACION ZONA NORTE EDIFICIO B	14	14NEB2	02FEB82				0	0	
CC01	EXCAVACION ZONA NORTE EDIFICIO C	14	14NEB2	02FEB82				0	0	
CC01	EXCAVACION ZONA NORTE EDIFICIO D	14	14NEB2	02FEB82				0	0	
CC05	TRABES DE CIMENTACION ZONA NORTE EDIFICIO B	15	03FEB82	24FEB82				0	0	
CC05	TRABES DE CIMENTACION ZONA NORTE EDIFICIO C	15	03FEB82	24FEB82				0	0	
CC05	TRABES DE CIMENTACION ZONA NORTE EDIFICIO D	15	03FEB82	24FEB82				0	0	
CC11	RELLENO ZONA NORTE EDIFICIO B	11	25FEB82	11MAR82				0	0	
CC11	RELLENO ZONA NORTE EDIFICIO C	11	25FEB82	11MAR82				0	0	
CC11	RELLENO ZONA NORTE EDIFICIO D	11	25FEB82	11MAR82				0	0	
EC13	FIRME ZONA NORTE EDIFICIO B	2	12MAR82	15MAR82				0	0	
CC13	FIRME ZONA NORTE EDIFICIO C	2	12MAR82	15MAR82				0	0	
CC13	FIRME ZONA NORTE EDIFICIO D	2	12MAR82	15MAR82				0	0	
CC07	LOSA DE 1ER NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO B	7	16MAR82	24MAR82				0	0	
CC07	LOSA DE 1ER NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO C	7	16MAR82	24MAR82				0	0	
CC07	LOSA DE 1ER NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO D	7	16MAR82	24MAR82				0	0	
CC11	COLUMNAS DE 1ER NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO B	2	25MAR82	26MAR82				0	0	
CC11	COLUMNAS DE 1ER NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO C	2	25MAR82	26MAR82				0	0	
CC11	COLUMNAS DE 1ER NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO D	2	25MAR82	26MAR82				0	0	
CC15	LOSA DE 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO B	7	29MAR82	06ABR82				0	0	
CC15	LOSA DE 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO C	7	29MAR82	06ABR82				0	0	
CC19	COLUMNAS DE 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO B	2	07ABR82	08ABR82				0	0	
CC19	COLUMNAS DE 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO C	2	07ABR82	08ABR82				0	0	
CC19	COLUMNAS DE 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO D	2	07ABR82	08ABR82				0	0	
CC27	LOSA DE AZOTEA ZONA NORTE EDIFICIO B	7	09ABR82	19ABR82				0	0	
CC27	LOSA DE AZOTEA ZONA NORTE EDIFICIO C	7	09ABR82	19ABR82				0	0	
CC27	LOSA DE AZOTEA ZONA NORTE EDIFICIO D	7	09ABR82	19ABR82				0	0	
CC99	*** TERMINACION DE OBRA NEGRA ***	1	20ABR82	20ABR82				0	0	
CC99		22	21ABR82	20MAY82				0	0	
CC17	PRETILES DE 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO B	2	07ABR82	08ABR82	16ABR82	19ABR82		7	7	
CC17	PRETILES DE 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO C	2	07ABR82	08ABR82	16ABR82	19ABR82		7	7	
CC17	PRETILES DE 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO D	2	07ABR82	08ABR82	16ABR82	19ABR82		7	7	
CC11	MUROS DE FACHADA 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO B	2	07ABR82	08ABR82	16ABR82	19ABR82		7	7	
CC11	MUROS DE FACHADA 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO C	2	07ABR82	08ABR82	16ABR82	19ABR82		7	7	
CC11	MUROS DE FACHADA 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO D	2	07ABR82	08ABR82	16ABR82	19ABR82		7	7	
CC15	EXCAVACIONES ZONA SUR EDIFICIO B	11	14NEB2	281NEB2	261NEB2	10FFEB82		6	0	
CC15	EXCAVACIONES ZONA SUR EDIFICIO C	11	14NEB2	281NEB2	261NEB2	10FFEB82		6	0	
CC15	EXCAVACIONES ZONA SUR EDIFICIO D	11	14NEB2	281NEB2	261NEB2	10FFEB82		6	0	
CC15	TRABES DE CIMENTACION ZONA SUR EDIFICIO B	13	291NEB2	17FFEB82	11FFEB82	01MAR82		6	0	
CC15	TRABES DE CIMENTACION ZONA SUR EDIFICIO C	13	291NEB2	17FFEB82	11FFEB82	01MAR82		6	0	
CC15	TRABES DE CIMENTACION ZONA SUR EDIFICIO D	13	291NEB2	17FFEB82	11FFEB82	01MAR82		6	0	
CC25	RELLENO ZONA SUR EDIFICIO B	8	18FFEB82	01MAR82	02MAR82	11MAR82		6	0	
CC25	RELLENO ZONA SUR EDIFICIO C	8	18FFEB82	01MAR82	02MAR82	11MAR82		6	0	
CC25	RELLENO ZONA SUR EDIFICIO D	8	18FFEB82	01MAR82	02MAR82	11MAR82		6	0	

FIGURA 28

el programa a fechas tempranas.

Como es lógico, éstas pasan por los edificios B, C y D, desde la excavación hasta la losa de techo.

Debido a las restricciones de recursos, las rutas críticas cambian como se ve en la figura 29, las actividades antes consideradas como críticas ahora tienen holgura (en tiempo, pero no en recursos), debido a que se rebasó la fecha anterior de terminación y las actividades críticas son las que tenían baja prioridad anteriormente. En realidad, en un programa optimizado por recursos es importante que cada actividad se lleve a cabo cuando está programada para no exceder la cuota de recursos.

LISTAS DE TRABAJOS A CORTO PLAZO

En este caso, el proyecto es a corto plazo y es posible editar programas de obra que abarquen toda la extensión del proyecto como se ve en la figura 30. Este listado está clasificado por edificio y por tipo de trabajo (cimentación o estructura).

Como se ve, la fecha de terminación del programa optimizado por recursos es el 20 de mayo, esto es, aproximadamente 10 días antes de lo requerido. Lo

DATE 15/06/82 NETWORK NETWORKS PROJECT OBRA NEGRA CONJUNTO CONALEP ***
NETWORK 04ENE82 - 21JUN82
SELECTED 04ENE82 - 21JUN82
ACTIVIDADES CRITICAS REC. OPT.

ACTIVITY IDENTIFICATION	ACTIVITY DESCRIPTION	ACTIVITY TIME CL.	EARLIEST START	LATEST FINISH	START	FINISH	P	FLOAT	S	FR
EC41	LOSA DE 2 NIVEL ZONA SUR EDIFICIO B	7	28ABR82	06MAY82	29MAR82	06ABR82	-22	0		
BC45	COLUMNAS DE 2 NIVEL ZONA SUR EDIFICIO B	2	07MAY82	10MAY82	07ABR82	06ABR82	-22	0		
BC49	LOSA DE AZOTEA ZONA SUR EDIFICIO B	7	18MAY82	19MAY82	09ABR82	19ABR82	-22	0		
AE99	*** TERMINACION DE OBRA NEGRA ***	3	20MAY82	20MAY82	20ABR82	20ABR82	-22	0		
AE98		0	20MAY82		20ABR82		-22	0		
9599		22	21MAY82	21JUN82	21ABR82	20MAY82	-22	0		
EC23	LOSA DE 1ER NIVEL ZONA SUR EDIFICIO B	7	14ABR82	22ABR82	16MAR82	24MAR82	-21	0		
EC27	COLUMNAS DE 1ER NIVEL ZONA SUR EDIFICIO B	2	23ABR82	26ABR82	25MAR82	26MAR82	-21	0		
CC14	EXCAVACIONES ZONA SUR EDIFICIO B	11	24FEB82	10MAR82	26FEB82	10FEB82	-20	0		
BC14	TRABES DE CIMENTACION ZONA SUR EDIFICIO B	13	11MAR82	29MAR82	11FEB82	01MAR82	-20	0		
BC25	RELLENO ZONA SUR EDIFICIO B	8	10MAR82	08ABR82	02MAR82	11MAR82	-20	0		
BC27	FIRME ZONA SUR EDIFICIO B	2	09ABR82	12ABR82	12MAR82	15MAR82	-20	0		
CE41	LOSA DE 2 NIVEL ZONA SUR EDIFICIO C	7	23ABR82	03MAY82	29MAR82	06ABR82	-19	0		
CC45	COLUMNAS DE 2 NIVEL ZONA SUR EDIFICIO C	2	09MAY82	05MAY82	07ABR82	06ABR82	-19	0		
CC49	LOSA DE AZOTEA ZONA SUR EDIFICIO C	7	10MAY82	19MAY82	09ABR82	19ABR82	-19	0		
CC17	EXCAVACIONES ZONA SUR EDIFICIO C	11	19FEB82	05MAR82	26FEB82	10FEB82	-17	0		
CC19	TRABES DE CIMENTACION ZONA SUR EDIFICIO C	13	08MAR82	24MAR82	11FEB82	01MAR82	-17	0		
CC25	RELLENO ZONA SUR EDIFICIO C	8	25MAR82	05ABR82	02MAR82	11MAR82	-17	0		
CC27	FIRME ZONA SUR EDIFICIO C	2	06ABR82	07ABR82	12MAR82	15MAR82	-17	0		
CE33	LOSA DE 1ER NIVEL ZONA SUR EDIFICIO C	7	08ABR82	16ABR82	16MAR82	24MAR82	-17	0		
EC37	COLUMNAS DE 1ER NIVEL ZONA SUR EDIFICIO C	2	19ABR82	20ABR82	25MAR82	26MAR82	-17	0		
EC45	LOSA DE 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO B	7	19ABR82	27ABR82	24MAR82	06ABR82	-15	0		
BC49	COLUMNAS DE 2 NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO B	2	28ABR82	29ABR82	07ABR82	06ABR82	-15	0		
BC17	LOSA DE AZOTEA ZONA NORTE EDIFICIO B	7	30ABR82	10MAY82	09ABR82	19ABR82	-15	0		
BC43	PRELIMINARES DE 2 NIVEL ZONA SUR EDIFICIO B	2	07MAY82	10MAY82	16ABR82	19ABR82	-15	0		
BC47	MUROS DE FACHADA 2 NIVEL ZONA SUR EDIFICIO B	2	07MAY82	10MAY82	16ABR82	19ABR82	-15	0		
BC51	EXCAVACION ZONA NORTE EDIFICIO B	14	03FEB82	23FEB82	14FEB82	02FEB82	-14	0		
BC55	TRABES DE CIMENTACION ZONA NORTE EDIFICIO B	15	24FEB82	16MAR82	03FEB82	24FEB82	-14	0		
AE11	EXCAVACION ZONA ESTE EDIFICIO A	16	08MAR82	29MAR82	16FEB82	09MAR82	-14	0		
BC11	RELLENO ZONA NORTE EDIFICIO B	11	17MAR82	31MAR82	25FEB82	13MAR82	-14	0		
AC15	TRABES DE CIMENTACION ZONA ESTE EDIFICIO A	8	30MAR82	08ABR82	10MAR82	19MAR82	-14	0		
BC13	FIRME ZONA NORTE EDIFICIO B	2	01ABR82	02ABR82	12MAR82	15MAR82	-14	0		
BC17	LOSA DE 1ER NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO B	7	05ABR82	13ABR82	16MAR82	24MAR82	-14	0		
AC11	RELLENO ZONA ESTE EDIFICIO A	12	09ABR82	26ABR82	22MAR82	06ABR82	-14	0		
BC11	COLUMNAS DE 1ER NIVEL ZONA NORTE EDIFICIO B	2	14ABR82	15ABR82	25MAR82	26MAR82	-14	0		
BC13	FIRME ZONA ESTE EDIFICIO A	2	27ABR82	28ABR82	07ABR82	06ABR82	-14	0		
AC15	LOSA DE 1ER NIVEL ZONA ESTE EDIFICIO A	7	29ABR82	07MAY82	09ABR82	19ABR82	-14	0		
CC44	PRELIMINARES DE 2 NIVEL ZONA SUR EDIFICIO C	2	09MAY82	05MAY82	16ABR82	19ABR82	-12	0		
CC47	MUROS DE FACHADA 2 NIVEL ZONA SUR EDIFICIO C	2	09MAY82	05MAY82	16ABR82	19ABR82	-12	0		
BC17	LOSAS PARA ZAPATAS ZONA SUR EDIFICIO B	3	11MAR82	15MAR82	24FEB82	26FEB82	-11	0		
BC27	MUROS DE CIMENTACION ZONA SUR EDIFICIO B	4	11MAR82	16MAR82	24FEB82	01MAR82	-11	0		
BC23	BANOS DE CIMENTACION ZONA SUR EDIFICIO B	1	16MAR82	16MAR82	01MAR82	01MAR82	-11	0		
AC23	LOSAS PARA ZAPATAS ZONA ESTE EDIFICIO A	3	10MAR82	01ABR82	16MAR82	10MAR82	-10	0		
BC27	MUROS DE CIMENTACION ZONA ESTE EDIFICIO A	4	30ABR82	07ABR82	16MAR82	19MAR82	-10	0		
AC45	BANOS DE CIMENTACION ZONA ESTE EDIFICIO A	3	02ABR82	02ABR82	19MAR82	19MAR82	-10	0		

FIGURA 29

más conveniente será agregar una actividad llamada IMPREVISTOS de 10 días de duración al final del -- proyecto, a la cual se le dará progreso según sea - requerido.

Hasta aquí llega el alcance del ejemplo - la obtención del plan original - posteriormente, con información real de la obra será necesario actualizar el plan y monitorearlo como se indica en el inciso 3.2.

6.0 CONCLUSIONES

6.1 Problemas que se Presentan en la Aplicación del CPM

En una estadística realizada en Estados Unidos para una muestra de 500 compañías de construcción, se encontró que el 16% de ellas estaban insatisfechas - con los resultados obtenidos al utilizar el CPM, - 61% reportaron éxito moderado y tan sólo el 15% consideraron al CPM como extremadamente útil. ¿Qué - contribuye al éxito o al fracaso entre los usuarios?, ¿Es el CPM tan útil como se cree?. Estas pregun--tas pueden ser contestadas analizando las suposiciones hechas al desarrollar un sistema de ruta crítica.

El modelo básico es muy sencillo y los cálculos de redes, aunque tediosos no son complejos, los resultados son una consecuencia de las suposiciones en - que se basa la red y, por tanto, analizando éstas - será posible evaluar que tan apegado a la realidad es nuestro modelo.

Suposiciones:

- 1) Un proyecto puede ser subdividido en una serie de actividades predecibles e independientes.

Dos aspectos dentro de este inciso son sujetos de duda. Primero, está la suposición de que

las actividades son predecibles. Aunque esto es aceptable para proyectos en los que la tecnología y los procedimientos constructivos están bien establecidos, no es posible anticipar todos los problemas y será necesario modificar la red al avanzar el proyecto, volviéndose obsoleto el plan original.

El segundo aspecto, se refiere a la independencia de las actividades; a menudo la terminación de una actividad y el inicio de obra son eventos arbitrarios. Esto causa problemas para la asignación de recursos y puede proporcionar resultados distorsionados.

- 2) Las duraciones de las actividades pueden estimarse y son independientes unas de otras.

Los cálculos hechos por el CPM dependen de -- tiempos estimados para las actividades y estos estimados pueden ser bastante vagos si el proyecto involucra nueva tecnología o resultados inciertos. También, como se vio anteriormente, las limitaciones de recursos pueden causar dependencias entre actividades que utilicen -- los mismos recursos.

Para todos los proyectos, los estimados de duraciones son subjetivos y dependen del individuo que los realice. Si el estimador es el mismo que va a ejecutar la actividad, la duración estimada posiblemente sea mayor que la necesaria.

Si el usuario es consciente de las limitaciones que estas suposiciones acarrearán será capaz de utilizar esta herramienta con mayor eficiencia.

Por otra parte, se ha encontrado que el éxito o el fracaso en la implantación del CPM en obra dependen de la importancia que se le da en la toma de decisiones. El CPM será más aceptado en todos los niveles si la dirección del proyecto es la que requiere su implementación. Esta aceptación es esencial, ya que el CPM requiere de todos los departamentos, información en forma continua y consistente para facilitar su proceso y es necesario también, que todos los departamentos estén familiarizados con los reportes para asegurar que se trabaje con las mismas prioridades.

En conclusión, cita las palabras de David C. -
Murphy que ilustran claramente cual es el criter
río a seguir para asegurar el éxito en el uso -
del CPM.

En el manejo de redes se considera implícitament
te que éstas serán usadas por personas intelig
gentes, en forma razonables, con un propósito -
razonable. A menudo este no es el caso. El
problema no es la técnica, sino que no es usada
apropiadamente con las precauciones requeridas,
entendiendo claramente las limitaciones de su -
uso. *

* Determinants of Project Success
David C. Murphy

BIBLIOGRAFIA

- 1.- "MANAGEMENT GUIDE TO PERT/CPM"
JEROME D. WIEST, FERDINAND K. LEVY
PRENTICE-HALL 1977
- 2.- "CPM IN CONSTRUCTION MANAGEMENT"
JAMES N. O'BRIEN
MC GRAW-HILL 1965
- 3.- "ESTIMACION DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCION"
ROBERT L. PEURIFOY
MC GRAW-HILL 1977
- 4.- "CONTRACTOR'S MANAGEMENT HANDBOOK"
O'BRIEN AND BILLY
MC GRAW-HILL 1971
- 5.- "SURVEY OF CPM SCHEDULING SOFTWARE PACKAGES AND
RELATED PROJECT CONTROL PROGRAMS"
PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE
EDICION 1980
- 6.- "EBASCO SCHEDULING SYSTEM (ESS)"
EBASCO SERVICES INCORPORATED
EDICION 1979
- 7.- "OPTIMA 1100. PROJECT MANAGEMENT SYSTEM"
SPERRY-UNIVAC
EDICION 1976