

CAPITULO III

DETERMINACION DE LA RUTA CRITICA POR EL METODO DE FLECHAS

III.a) CALCULOS DE LOS TIEMPOS DE DURACION DE LAS ACTIVIDADES.

Para el método de flechas utilizaremos como notaciones de -- los tiempos de cada actividad de la manera siguiente:



- IP Tiempo de iniciación mas próxima de la Actividad de A
- IR Tiempo de iniciación mas remota de la Actividad A
- TP Tiempo de terminación mas próxima de actividad A
- TR Tiempo de terminación mas remota de Actividad A

Se numeran los nodos ascendentemente de acuerdo con el flujo y siempre será mayor el número del evento final que el número del evento inicial de cualquier actividad.

PASOS A SEGUIR PARA OBTENER LA RUTA CRITICA

I. Numerar todos los eventos de las actividades de la red en -- forma ascendente, y anotar los tiempos de duración de cada actividad en el diagrama de flechas previamente elaborado.

Se anota en la parte baja de cada flecha el tiempo de duracion de cada actividad. Este tiempo es sacado de acuerdo al método constructivo y el rendimiento de maquinaria o de Mano de Obra aplicando la experiencia en la OBRA EN CUESTION.

2.- Calcular el IP de cada actividad, empezando de el evento inicial hacia el final (de izquierda a derecha), sumando el IP de la actividad más el tiempo de duración de la actividad, dando por resultado el IP de la siguiente actividad.

NOTA:

Quando llegan a un evento inicial de una actividad "Y" dos o más actividades, se toma la mayor suma de sus (IP + tiempo de duración) respectivos y ese será el IP de la actividad "Y".

EJEMPLO:

Sacar el IP de la siguiente red de actividades.

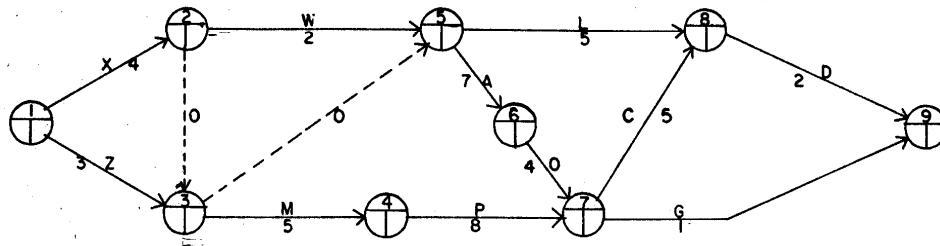
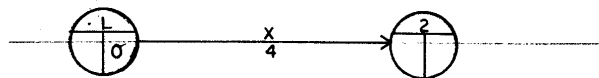
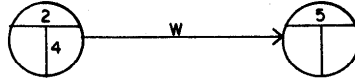


FIGURA NO. 1

Para la primera actividad "X" que va del evento 1 al evento 2 siempre el $Ip=0$ y se anota en el evento inicial 1 en el margen inferior derecho.



Para la actividad "W" que va del evento 2 al evento 5, su I_p es igual al I_p de la actividad "X" (que la antecede) más la duración de la misma y se pone en el evento 2 en el margen inferior derecho. $I_p=0+4=4$.



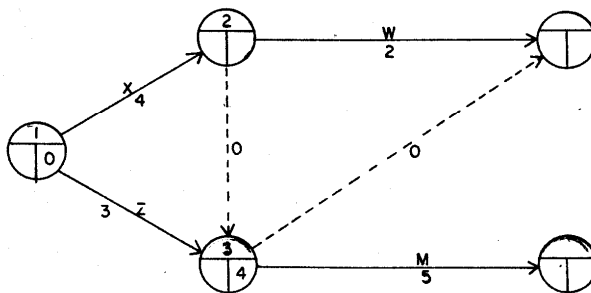
Vemos que al evento 3 llegan dos actividades, la actividad "Z" y la actividad "X", (relacionada con una actividad ficticia - cuya duración es cero), entonces para calcular el I_p de la actividad cuyo primer evento es 3 (Actividad "M") procedemos como sigue:

Actividad ficticia, $I_p+d=4+0=4$

(del evento 2 al --
evento 3)

Actividad "Z", (del $I_p+d=0+3=3$
evento 1 al evento 3)

Se escoge el mayor I_p de las dos actividades que llegan a -- dicho evento (evento 3), siendo este valor de $I_p=4$, y se coloca -- en el margen inferior derecho del evento 3.



Y así sucesivamente hasta llegar al último evento de la Red, donde pueden llegar una o más actividades; para este caso en lugar de calcular el Ip de la siguiente actividad (como ya no hay más actividades será el Tp del último evento que es el tiempo de terminación más próxima del proyecto o red.

Para esto en el ejemplo lo calculamos como sigue:

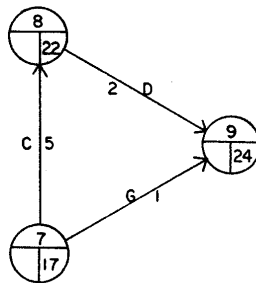
Al último evento de la Red (evento 9) llegan 2 actividades:-

Actividad D y Actividad G; entonces:

$$\begin{array}{rcl} \text{Ip de la Actividad D} & & \text{Duración de la} \\ \text{(del evento 8 al evento 9)} & + & \text{Actividad D} \\ & & = 22 + 2 = 24 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Ip de la Actividad G} & & \text{Duración de la} \\ \text{(Del evento 7 al evento 9)} & + & \text{Actividad G} \\ & & = 17 + 1 = 18 \end{array}$$

Por lo tanto el Tp del Proyecto es la suma mayor siendo éste Tp=24.



A continuación se presenta una tabla y la Red con los Ip calculados:

TABLA No. 1

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>Ip Mayor</u>
1 - 2	0
1 - 3	0
2 - 3 (ficticia)	4
2 - 5	4
3 - 4	4
3 - 5 (ficticia)	4
4 - 7	9
5 - 6	6
5 - 8	6
6 - 7	13
7 - 8	17
7 - 9	17
8 - 9	22

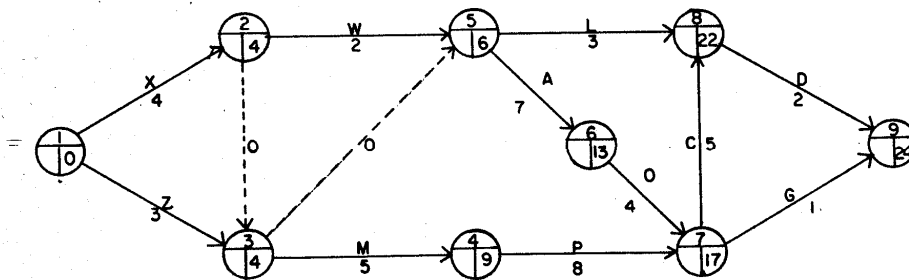


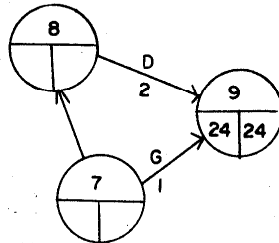
FIGURA NO. 2

3.- Cálculo de los Tr.

Para el cálculo de los Tr nos iremos (en la Red del Evento - final al Evento inicial) restando el Tr de la Actividad menos su duración nos dará el Tr de la Actividad anterior.

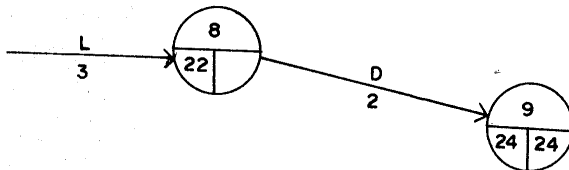
NOTA:

Cuando en un evento final de una actividad "Y" salen 2 o más actividades el Tr de la Actividad "Y" será la menor cantidad que resulte del restar el Tr menos duración de cada una de las actividades que salen de dicho evento. Siguiendo con el ejemplo anterior, para el último evento el $Tp=Tr=24$ de las Actividades D y G.



Para el cálculo del Tr de la Actividad "L" (que va del Evento 5 al Evento 8) el Tr será:

Tr de la Actividad D menos su duración = $24-2=22$ y se anota en el margen inferior izquierdo del evento 8.

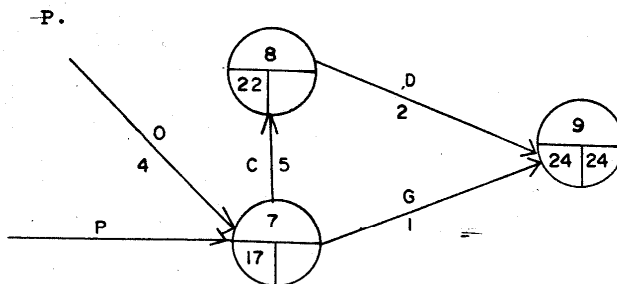


Cálculo del Tr para Actividad O y Actividad P, vemos que el Evento final 7 de dichas Actividades salen la Actividad C y la Actividad G; para el cálculo de los Tr procedemos como sigue:

$$\text{Tr de la Act. C} - \text{Duración Act. C} = 22 - 5 = 17$$

$$\text{Tr de la Act. G} - \text{Duración Act. G} = 24 - 1 = 23$$

Se escoge la menor, siendo ésta Tr=17 de las Actividades O y



Y así sucesivamente hasta llegar al Evento inicial de la Red en el ejemplo vemos que del evento inicial 1 salen dos actividades:

$$\text{Tr de Act. X} - \text{Duración de Act. X} = 4 - 4 = 0$$

$$\text{Tr de Act. Z} - \text{Duración de Act. Z} = 4 - 3 = 1$$

Por lo tanto el valor menor en el evento inicial es cero y se coloca en el margen inferior izquierdo de dicho evento (1).

A continuación presentamos una Tabla con los Tr calculados:

TABLA No. 2

Actividad	Tr Menores
8 - 9	24
7 - 9	24
7 - 8	22
5 - 8	22
6 - 7	17

Actividad	Tr Menores
4 - 7	17
5 - 6	13
3 - 5 (ficticia)	6
2 - 5	6
3 - 4	9
2 - 3 (ficticia)	4
1 - 3	4
1 - 2	4

Y la Red con sus Ip y Tr ya calculados.

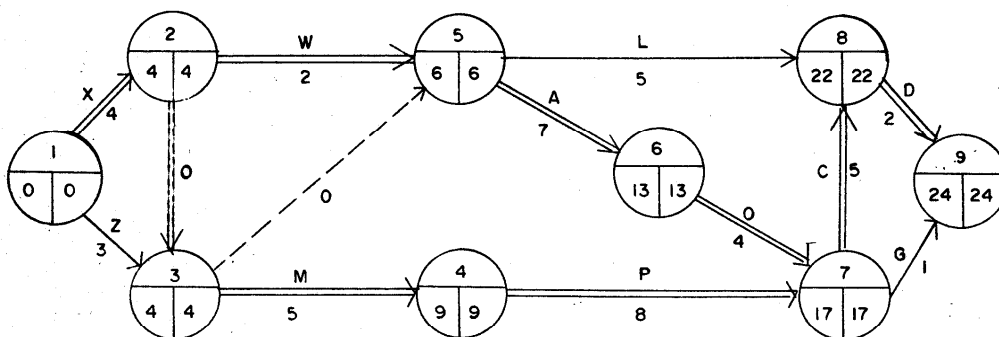


FIG. No. 3

4.- Cálculo de los Ir y Tp:

Para esto nos apoyaremos en una tabla en donde colocaremos -- las actividades y sus respectiva duración, los Ip y Tr obtenidos -- de la Red y los Ir y Tp se calcularán con la fórmula siguiente:

T_p (de la Tabla) = I_p + Duración (Fórmula A).

I_r (de la Tabla) = T_r - Duración (Fórmula B).

Siguiendo con el ejemplo anterior colocamos los valores de -
 I_p y T_r en la Tabla siguiente:

TABLA NO. 3

ACTIVIDAD	DURACION	* I_p	** I_r	** T_p	* T_r
1 - 2 (X)	4	0	0	4	4
1 - 3 (Z)	3	0	1	3	4
2 - 3 (Ficticia)	0	4	4	4	4
2 - 5 (W)	2	4	4	6	6
3 - 5 (Ficticia)	0	4	6	4	6
3 - 4 (M)	5	4	4	9	9
4 - 7 (P)	8	9	9	17	17
5 - 6 (A)	7	6	6	13	13
5 - 8 (L)	5	6	17	11	22
6 - 7 (O)	4	13	13	17	17
7 - 8 (C)	5	17	17	22	22
7 - 9 (G)	1	17	23	18	24
8 - 9 (D)	2	22	22	24	24

* CALCULADO CON LA RED

** CALCULADO CON LAS FORMULAS A Y B

Siguiendo con el ejemplo; una vez puestos los valores de I_p y T_r en la Tabla No. 3, calculamos para cada Actividad I_r y T_p -- con las fórmulas A y B.

$$\text{Para la Actividad 1-2: } I_r = T_r - D = 4 - 4 = 0$$

$$T_p = I_p + D = 0 + 4 = 4$$

y lo anotamos en la columna de I_r y T_p respectivamente y así sucesivamente hasta completar la Tabla.

5.- Cálculo de las Holguras:

Existen 2 tipos de Holgura para una Actividad dada, estas -- son: Holgura Total y Holgura Libre.

Holgura Libre.- Es el tiempo que se puede desplazar una actividad sin modificar el inicio más próximo de las Actividades que en cadena le siguen y la podemos calcular con la Fórmula siguiente:

$$H_L = T_p (\text{de la Red}) - T_p (\text{Calculada en la Tabla}) \quad (c)$$

siendo T_p (calculada en la Tabla) = I_p (de la Red) + d

Tenemos que:

$$H_L = T_p (\text{de la Red}) - I_p (\text{de la Red}) - d \quad (d)$$

Holgura Total.- Es el tiempo que puede desplazarse una actividad sin que se modifique la duración del Proyecto pudiéndose presentar el caso de modificar los inicios más próximos de las actividades que en cadena le siguen. Esto se cumple cuando $H_T > H_L$. Se calcula con cualquiera de las dos fórmulas siguientes:

$$H_T = T_r - T_p (\text{de la Tabla}) \quad (E)$$

$$H_T = I_r - I_p \text{ (de la Tabla) (F)}$$

Ya teniendo éstas fórmulas podemos calcular las Holguras - - (total y libre) para cada una de las Actividades en nuestro ejemplo y colocarlas en sus columnas correspondientes en la Tabla No. 3 dando como resultado la Tabla No. 4

Cálculo de HL

Para la Actividad X (1-2) lléndonos a la Red (Fig. 3) vemos que el $T_p=4$ y en la Tabla el $T_p=4$, entonces $H_L = 4-4=0$; y se coloca en la Tabla No. 4 correspondiente a la columna de H_L y la Actividad X.

Para el cálculo de H_L de la Actividad W, el T_p de la Red es $T_p=6$ y $T_p=6$ de la Tabla No. 4 entonces $H_L = 6-6=0$ y se coloca en la columna de H_L y renglón de la Actividad " en la Tabla 4.

Para el cálculo de H_L de la Actividad L, el T_p de la Red es $T_p=22$ y en la Tabla No. 4 el $T_p=11$ entonces $H_L = 22-11=11$ y se coloca en la columna de H_L y Renglón de la Actividad L de la tabla -- No. 4.

Nótese que siempre T_p de la Red será mayor o igual que T_p de la Tabla en el caso de la Actividad L es mayor porque el T_p de -- las Actividades C y L en la Red es 22 y en la Tabla el T_p de C es 22 y el T_p de L es 11 pero en la Red debe regir la que tenga T_p - con mayor duración que en este caso es 22 para las dos Activida-- des que llegan al mismo Nodo #8.

Entonces para la Actividad C vemos que T_p de la Red es igual al T_p de la Tabla por lo tanto $H_L = 22-22=0$ y así podemos seguir_

calculando con el mismo procedimiento H_L para todas las actividades y colocándose en la Tabla No. 4:

Cálculo de H_T (Holgura Total).

Lo calcularemos con cualquiera de las 2 fórmulas dadas anteriormente en este caso usaremos $H_T = I_R - I_P$ en la Tabla No. 4

Actividad (X), $H_T = 0 - 0 = 0$

Actividad (Z), $H_T = 1 - 0 = 1$

Actividad "W" $H_T = 4 - 4 = 0$

Actividad (L), $H_T = 17 - 6 = 11$

Y así sucesivamente hasta completar todas las actividades y colocar sus H_T calculadas en la Tabla.

A continuación presentamos la Tabla con H_T y H_L anexadas sin incluir Actividades Ficticias.

TABLA No. 4

Actividad	Duración	I_p	I_r	T_p	T_r	H_t	H_l
1-2 (x)	4	0	0	4	4	0	0
1-3 (z)	3	0	1	3	4	1	1
2-5 (w)	2	4	4	6	6	0	0
3-4 (m)	5	4	4	9	9	0	0
4-7 (p)	8	9	9	17	17	0	0
5-6 (a)	7	6	6	13	13	0	0
5-8 (L)	5	6	17	11	22	11	11
6-7 (o)	4	13	13	17	17	0	0
7-8 (C)	5	17	17	22	22	0	0
7-9 (G)	1	17	23	18	24	6	6
8-9 (D)	2	22	22	24	24	0	0

De la Tabla No. 4 podemos desprender los siguientes resultados: Analizando la Actividad (5-8) vemos que su $H_T=11$ y su $H_L=11$ esto quiere decir que la Actividad se puede retrasar hasta 11 días como máximo sin afectar la duración total del proyecto y también se puede retrasar 11 días sin afectar el inicio próximo de las Actividades que en secuencia le siguen, que es la Actividad D (8-9) ya que ésta tiene un $I_p=22$.

Para visualizar mejor en el ejemplo siguiente veremos Actividades en las que $H_T > H_L$ ya que en el ejemplo anterior vimos Actividades donde $H_T = H_L$

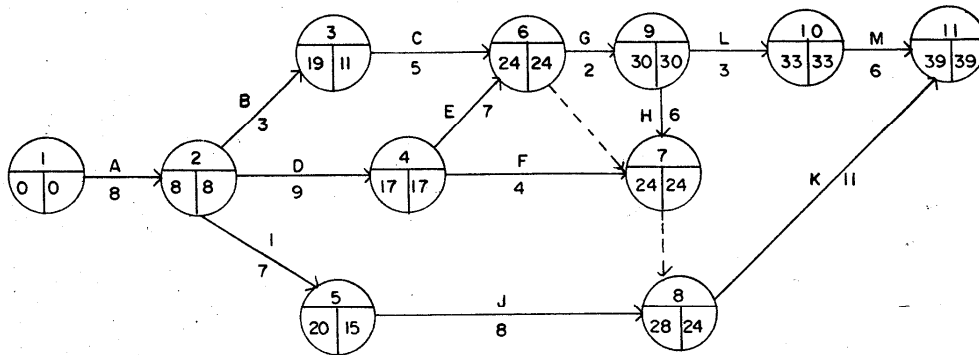


FIGURA NO. 4

TABLA NO. 5

ACTIVIDAD	DURACION	Ip	Ir	Tp	Tr	Ht	Hl
1-2 <u>A</u>	8	0	0	8	8	0	0
2-3 <u>B</u>	3	8	16	11	19	8	0
2-4 <u>D</u>	9	8	8	17	17	0	0
2-5 <u>I</u>	7	8	13	15	20	5	0
3-6 <u>C</u>	5	11	19	16	24	8	8
4-6 <u>E</u>	7	17	17	24	24	0	0
4-7 <u>F</u>	4	17	20	21	24	3	3
5-8 <u>J</u>	8	15	20	23	28	5	1
6-7 <u>*</u>	0	24	24	24	24	0	0
6-9 <u>G</u>	2	24	28	26	30	4	4
7-8 <u>*</u>	0	24	28	24	28	4	0
7-9 <u>H</u>	6	24	24	30	30	0	0
8-11 <u>K</u>	11	24	28	35	39	4	4
9-10 <u>L</u>	3	30	30	33	33	0	0
10-11 <u>M</u>	6	33	33	39	39	0	0

De la Tabla No. 5 podemos desprender los siguientes resultados: Para la Actividad A (1-2) vemos que H_T y H_L son cero, esto nos indica que no se puede retrasar su inicio ni su terminación para no afectar la duración total del Proyecto ya que con un día que se retrase dicha Actividad se atrasaría 1 día la duración total del Proyecto.

Para la Actividad B (2-3) que es secuencia de la Actividad A (1-2) vemos que su inicio próximo es el día 8 (inmediatamente des

pués de terminar la Actividad A (1-2) y su terminación próxima sería el día 11, como la Holgura total de ésta Actividad son 8 días la iniciación remota sería el día 16 y su terminación remota sería el día 19; esto quiere decir que se puede retrasar 8 días ésta Actividad sin retrasar la duración total del proyecto pero como su Holgura libre es cero, los días que se retrase esta Actividad se, se retrasará la Actividad o Actividades que en secuencia le siguen, en el ejemplo sería la Actividad C (3-6) ya que su próximo es el día 11 y su iniciación remota es el día 19; si por ejemplo la actividad B se retrasara 2 días en su inicio, entonces su terminación sería el día 13, aquí estaremos retrasando la iniciación de la Actividad C en dos días y su iniciación sería el día 13 en lugar de ser su $I_p=11$, vemos que aquí este retraso no afectaría la duración total del proyecto porque en este caso la Actividad C tiene Holgura total de 8 días. Si la actividad B la retrasamos en 8 días que es su Holgura total entonces la Actividad C se retrasaría en 8 días su iniciación próxima, en este caso sería su IR (iniciación Remota) que es el día 19; pero como ésta Actividad C tiene Holgura libre igual a 8 al haber retrasado su iniciación en 8 días no afectará la iniciación próxima de la Actividad o Actividades que en secuencia le siguen siendo éstas las Actividades J (6-9) y K (8-11).

III.B Maneras para Obtener la Ruta crítica por el Método de Flechas.

- 1) Observamos en la tabla que las actividades críticas serán las que tengan $H_L =$ y $H_T = 0$.
- 2) Viendo la misma tabla donde $I_p=I_r$ y $T_p=T_r$ para cada Actividad.

3) Viendo la Red con el cálculo de sus I_p y Tr podemos ver las Actividades críticas teniendo una poca de experiencia en la Red, donde los números en el evento sean iguales.

Pero se da el caso de que hay actividades en que tienen los número iguales en sus eventos pero no son actividades críticas como lo veremos en el ejemplo siguiente:

Cálculo de la Ruta Crítica del ejemplo anterior por medio de la Tabla No. 5

Vemos que las actividades críticas son las que tienen holgura total cero y holgura libre cero y sus $I_p=I_r$ y $T_p=Tr$, siendo estas actividades:

Actividad A, D, E, H, L y M.

Ya teniendo las actividades críticas las marcaremos éstas con doble raya en la red y obtendremos la ruta o rutas críticas.

Observando en la Red vemos la ruta crítica siguiente:

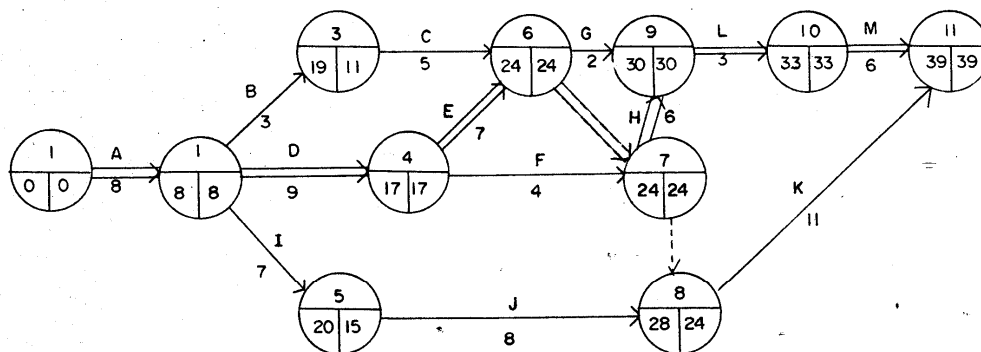


FIGURA No. 5

Para sacar la Ruta Crítica por medio de la Red donde los números dentro del evento inicial y final para esa actividad son -- iguales. Vemos por ejemplo las actividades A, D, E, F, G, H, L, - M, que cumplen con la anterior.

Teniendo cuidado en las actividades F y G las cuales no son críticas ya que por los conceptos vistos anteriormente para el -- cálculo de los I_p en la Red se escogía el mayor de los $I_p + d$ de todas las actividades que llegaban a dicho evento. En este caso -- en la Actividad F $I_p + d = 17 + 4 = 21$ y la Actividad ficticia (6-7) -- $I_p + D = 24 + 0 = 24$ por lo tanto el $I_p + d$ mayor es 24 y aquí podemos ver -- que la actividad F tiene holgura y por lo tanto no es crítica, -- siendo el mismo caso para la actividad G que tampoco es crítica.

III.c Obtención del Diagrama de Barras o Diagrama GANTT.

Es la representación gráfica en Barras de cada una de las actividades del proyecto y nos muestra las duraciones y fechas calendaria de iniciación y terminación. Es evidente que ésta gráfica de Barras es similar al programa convencional de Construcción -- pero indica además las actividades críticas e información sobre -- las holguras de cada actividad.

El conocimiento de estas holguras nos permite hacer cambios -- para las actividades con relación al programa dentro de sus límites para no afectar la duración total del proyecto. Además -- también la Holgura total nos da un margen de seguridad que se puede -- utilizar para compensar retrasos deliberados e imprevistos en actividades a lo largo de rutas no críticas. Si hubiera algún retraso deliberado o imprevisto en alguna actividad de la Ruta Crítica se tendría que reprogramar la actividad o actividades para no -- afectar la duración total del proyecto.

Además el conocimiento de las holguras libres y totales nos permite hacer cambios en las actividades para llegar a uniformizar los requerimientos de mano de obra, equipo, herramienta, materiales, etc., siendo una de las ventajas del método en la industria de la construcción, ya que mediante éstos cambios en las actividades no críticas. Se puede obtener un plan de construcción sin aumentar la duración del proyecto, este aspecto se conoce con el nombre de "Asignación de Recursos".

Después de éstos ajustes en las actividades no críticas y -- dentro de sus holguras, se llegará a un programa final.

En general para todos los proyectos de construcción que sean planeados por medio del método de la Ruta Crítica, se sigue todo el procedimiento anterior explicado hasta aquí, usando los datos de costo-tiempo normales. Pueden investigarse algunos otros métodos y equipos de construcción para cualquier actividad, pero hasta este momento, al nivel normal únicamente así la persona encargada de la planeación obtiene la solución normal al costo-directo más bajo para su proyecto y calcula su duración total.

A continuación veremos un ejemplo de como graficar el diagrama de barras apoyándonos en la Tabla No. 5 quedando de la siguiente manera:

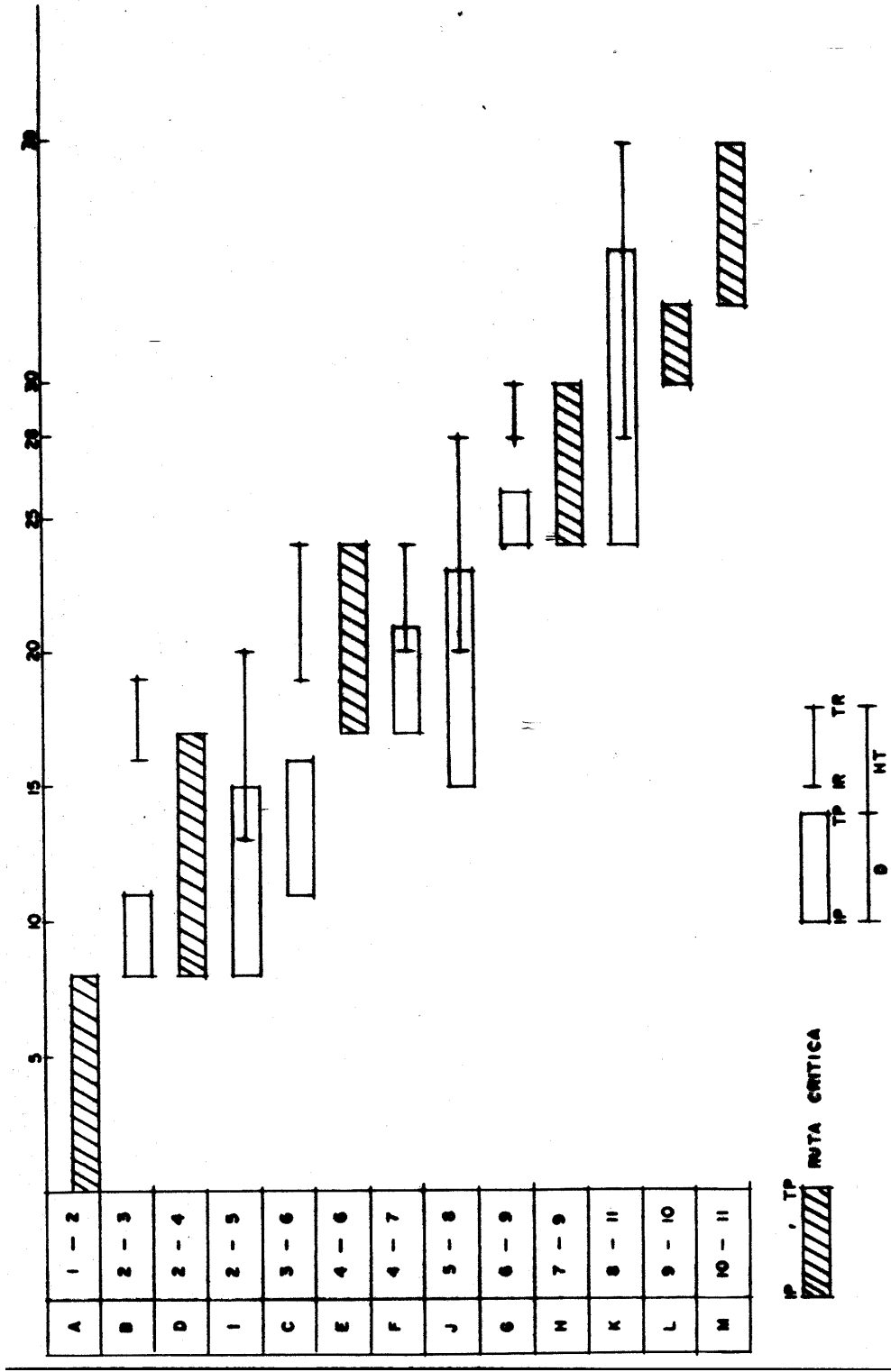
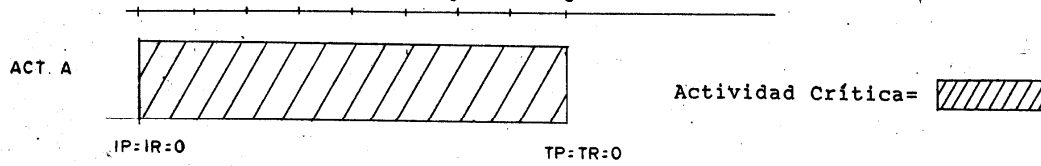


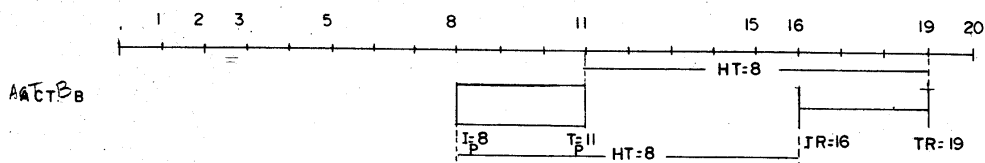
FIGURA Nº 6

Para graficar la Actividad A (1-2) vemos en la Tabla No. 5 - que su $I_p=I_r=0$ y su $T_p=Tr=8$ y $H_t=0$ y $H_L=0$. Ya teniendo estos datos se representa en la gráfica ver la siguiente manera.



El hecho de que sus Holguras sean cero nos indica que el T_p de ésta Actividad será igual al I_p de la Actividad que le sigue - (esto se debe cumplir para todas las Actividades que son Críticas).

Observemos ahora la Actividad B (2-3) que es la que sigue de la Actividad A, de la Tabla No. 5 $I_p=8$, $I_r=16$, $T_p=11$ y $Tr=19$; esto nos indica que la Actividad B se puede iniciar inmediatamente después de terminar la Actividad A. Cuando el I_p de la Actividad B sea igual a 8 ($I_p=8$) y dado que su duración ($d=3$) entonces su $T_p=11$; pero también se puede iniciar a mas tardar ($I_r=16$) y su terminación sería el día 19, se representa en la gráfica como si-



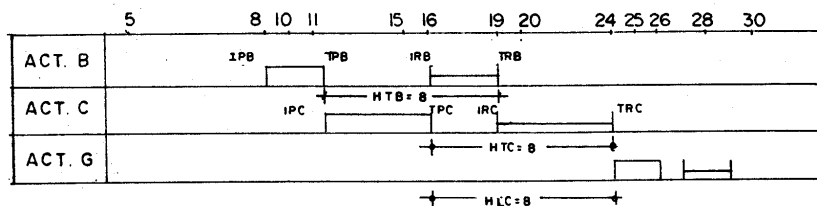
De aquí podemos comprobar que la Holgura total es igual a 8 días.

La Holgura libre de la Actividad B es $H_L=0$, esto nos indica que el T_p de la Actividad B va a ser igual al I_p de la Actividad

C (3-6) que es la que le sigue y también el Tr de la Actividad B es igual al Ir de la Actividad C.

Seguidamente vemos la Actividad C (3-6), la cual tiene 3 alternativas para su ejecución:

- I) Iniciarse cuando su $I_p=11$ con una duración de 5 días y terminarse cuando su $T_p=16$.
- II) Podemos iniciar ésta actividad a más tardar con un $I_r=19$ y terminada el día 24 ya que su $H_T=8$ y no existe inconveniente para su ejecución debido a que la Actividad que le sucede -- que es la G (6-9) su iniciación más próxima es el día 24.
- III) Puede iniciarse cualquier día después de su $I_p=11$ pero sin sobrepasar al $I_r=19$; nótese que aquí no afectaría el inicio más próximo de la Actividad G ya que $H_T=H_L=8$.

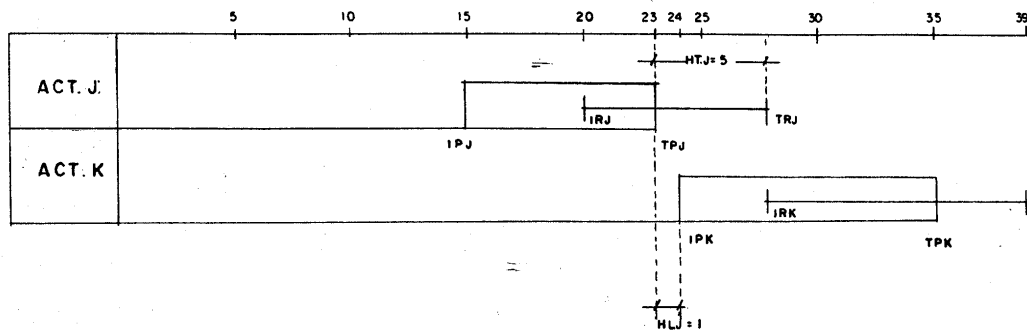


Ahora veremos un ejemplo donde la Holgura total de una Actividad es diferente de su Holgura libre y mayor que cero, para esto analizaremos la Actividad J (5-8) del ejemplo que estamos tratando, la cual tiene varias alternativas para su ejecución y son:

- I) Iniciarse cuando su $I_p=15$ con una duración de 8 días y terminarse cuando $T_p=23$.
- II) Podemos iniciar ésta Actividad a más tardar con un $I_r=20$ y terminarla el día $T_r=28$.

Sin afectar la duración total del proyecto ya que su $H_t=5$,

debido a que la terminación próxima de la Actividad J ($T_p=23$) y - el inicio remoto de la Actividad K que es la que le sigue ($I_r=28$), Afectando la I_p de la Actividad K en 4 días ya que su valor es 24. III) Para no afectar el I_p de la Actividad K que es la que le sigue a la Actividad J, debemos de empezar esta a más tardar - el día 16 para tener una terminación el día 24 e inmediatamente después empezar la Actividad K con su $I_p=24$, dado que tenemos 1 día de Holgura Libre.



III.d) ASIGNACION DE RECURSOS

Como vimos anteriormente la asignación de recursos no es más que uniformizar los recursos en el programa de obra (llámese mano de obra, herramienta, equipo, maquinaria, etc.) y esto lo haremos moviendo las actividades de acuerdo a sus holgura, posteriormente se presentará la gráfica de Barras modificada. Para este ejemplo, utilizaremos como recurso la maquinaria donde en la gráfica de -- Barras anteriormente vista (FIGURA 6), la presentaremos agregando le el requerimiento de maquinaria por día a cada Actividad, des--

pués sumaremos el requerimiento total por día de todas las Actividades según el diagrama de Barras original, con estos resultados_ haremos una gráfica de maquinaria contra tiempo y posteriormente_ esta curva se ajustará a la que en estadística conocemos como - curva o campana de GAUSS, esto nos indica que los recursos irán - creciendo conforme al tiempo y llegar a un pico y decrecer, de tal manera que estos no sufran cambios bruscos. -

En la figura No. 7, presentamos el diagrama de Barras, agregándole el requerimiento de maquinaria por día utilizada en cada actividad y además la suma total por día de maquinaria de todas las actividades.

Además presentamos en la figura No. 8, la gráfica de Maquinaria contra tiempo de la tabla anterior.

Vemos que esta curva presenta algunas irregularidades en cuanto a utilización de maquinaria, principalmente en el día 15 donde baja bruscamente la utilización de la maquinaria y sube bruscamente en el día 23, lo cual nos indica que en éstos días la maquinaria permanecería parada casi en su totalidad, lo cual significa un costo adicional ya que la maquinaria al estar parada, hay un costo por cargos fijos y si ésta se quiere trasladar a otra obra habría un costo adicional por flete debido a que de el día 23 en adelante se tendría que volver a utilizar.

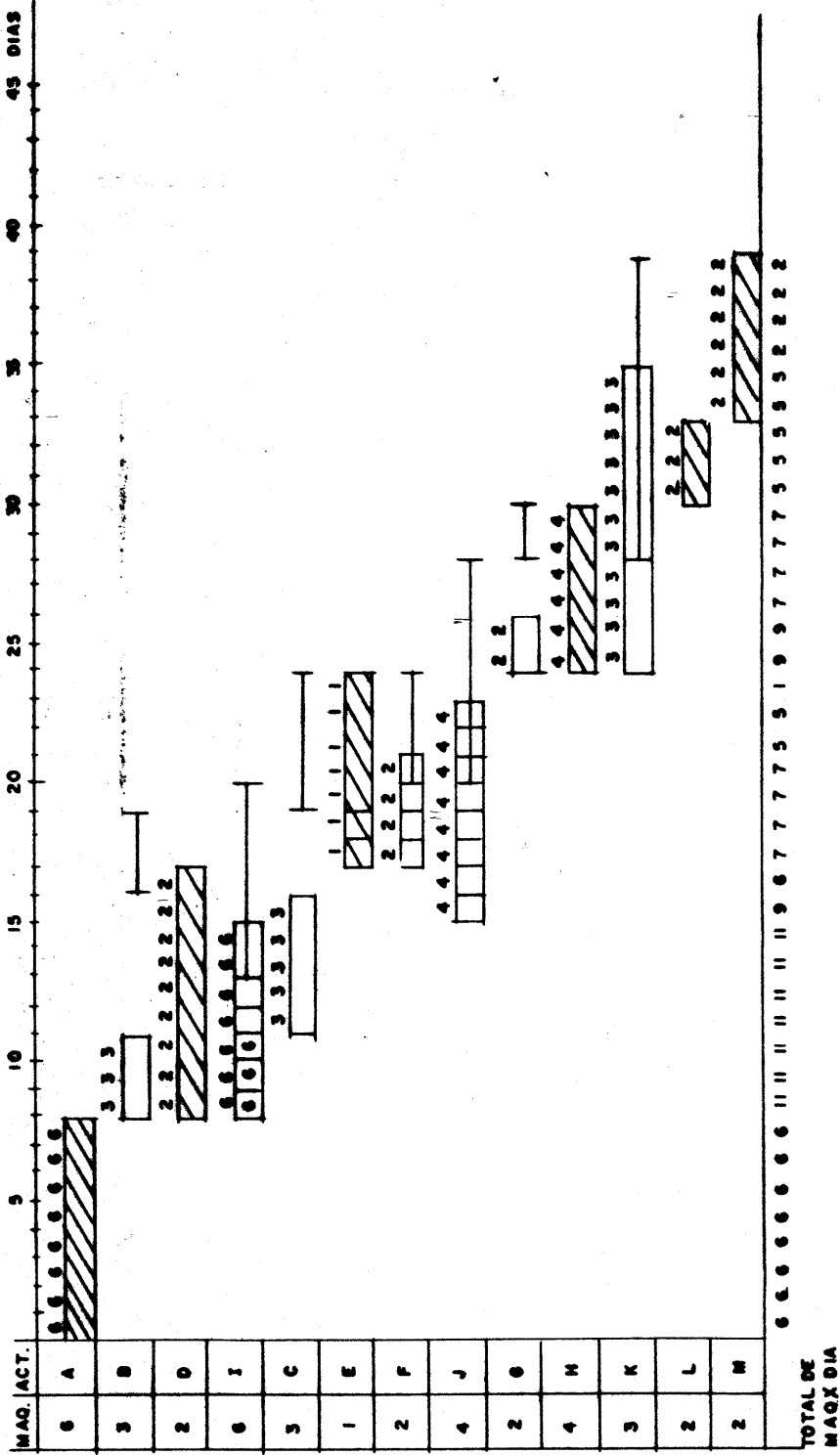
Para evitar esto trataremos de uniformizar la curva o histograma moviendo las actividades que tienen holgura.

En este caso moveremos las actividades B y C; la actividad B se moverá de su inicio que es el día 8 al día 15 y la actividad C de su inicio que es el día 11 al día 15 lo cual nos da como resultado el diagrama de barra de la figura No. 9.

Teniendo esta figura, procedemos a graficar los totales de maquinaria por día de todas las actividades contra el tiempo dando como resultado la gráfica de la figura No. 10.

De la figura anterior notamos que sigue existiendo un cambio brusco en el uso de la maquinaria del día 18 al día 24, lo cual trataremos de eliminar haciendo otro ajuste en las actividades --

FIG. No.7



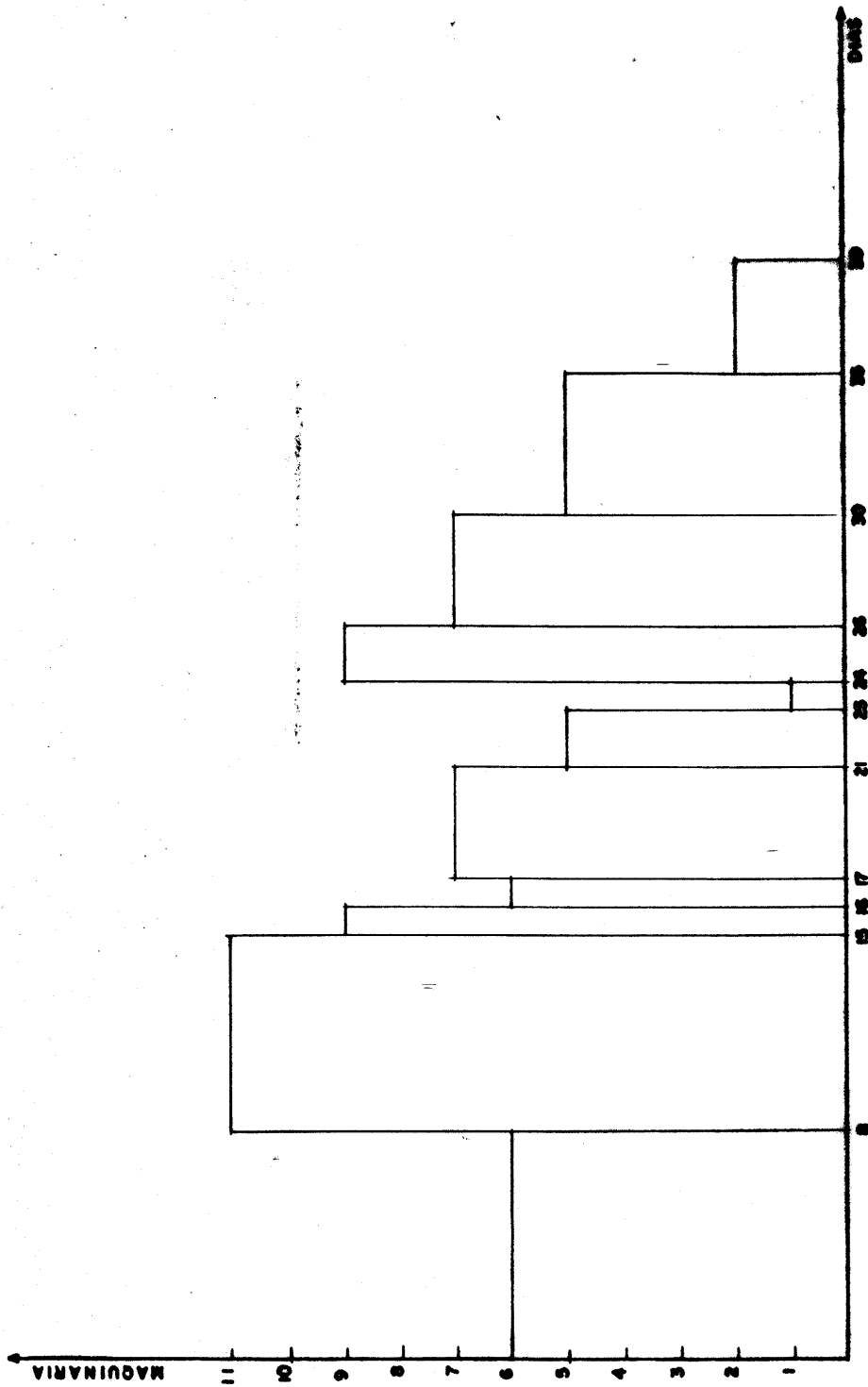


FIGURA Nº 8



FIGURA Nº 10

que tienen holgura, siendo éstas las actividades F, J, G, K. A -- continuación se presenta la figura No. 11 con los ajustes anteriormente descritos y su gráfica siendo la figura No. 12.

Observamos en esta última gráfica (Fig. No. 12) que con los ajustes hechos anteriormente se uniformizó más la gráfica y esto nos indica que el uso de la maquinaria se hace más eficiente evitando así tiempos muertos de maquinaria y por lo tanto un menor costo en el proyecto.

Estos ajustes dependerán del criterio de la persona o personas encargadas de la asignación de los recursos en cuanto a la manera de acomodar las actividades para un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

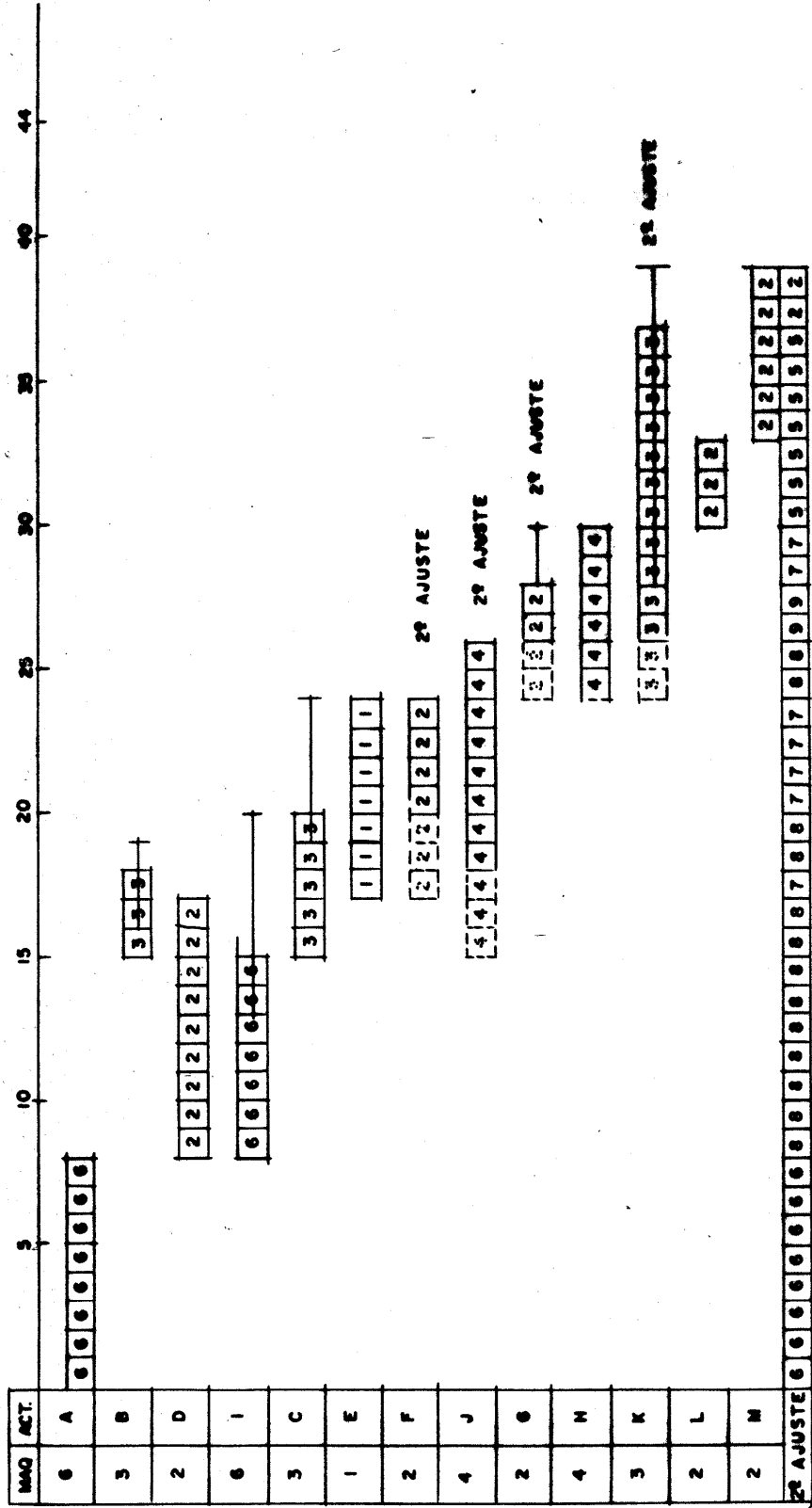


FIGURA Nº 11

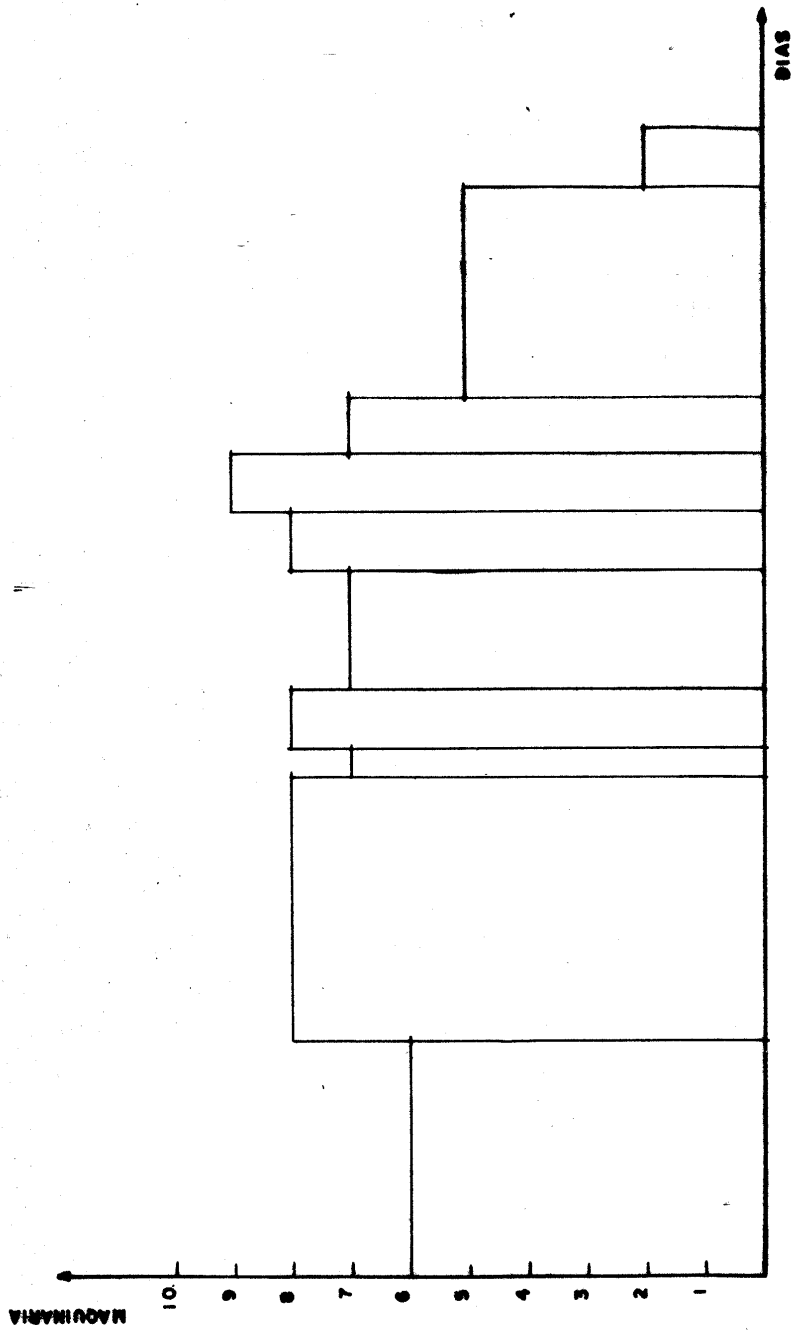
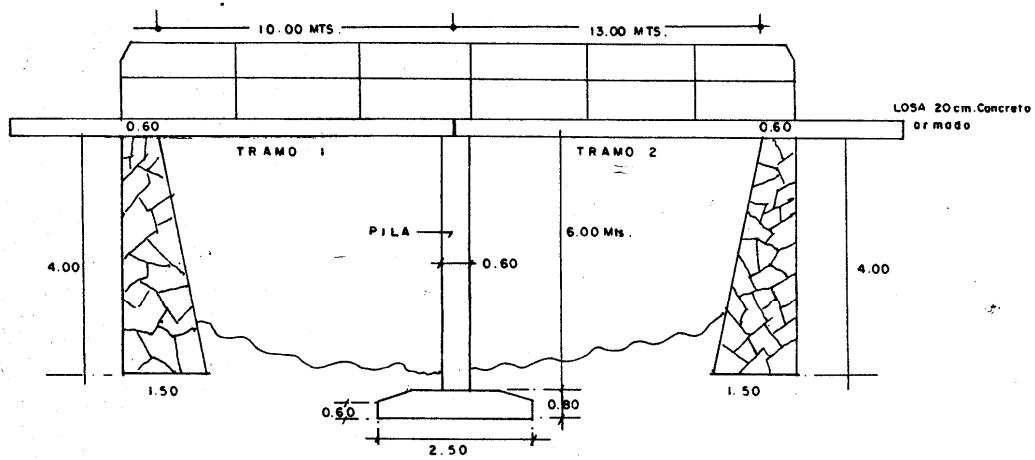


FIGURA Nº 12

III Ejemplo de aplicación de la Ruta Crítica en un Proyecto.

En este ejemplo desarrollaremos todos los pasos a seguir para la obtención de la Ruta Crítica y su aplicación como es la elaboración del diagrama de barras y asignación de recursos, explicados en todos los apuntes vistos con anterioridad sobre el tema que tratamos.

Ejemplo. Se construirá un puente de concreto armado sobre un arroyo en tiempo de secas, con las siguientes medidas y especificaciones se muestra en la figura.



Para su construcción se dividirá en los: Tramo 1 a la izquierda y tramo 2 a la derecha.

De acuerdo al proceso constructivo se hará el listado de actividades y el tiempo de ejecución de cada actividad.

A	Excavación para Zapata Pila	2 Días
B	Excavación para muros mampostería 1 y 2	3 Días
C	Plantilla Zapata Pila	1 Día
D	Habilitado y colocado acero en zapata Pila	1 Día
E	Cimbra Zapata Pila	1 Día
F	Colado Zapata Pila	1 Día
G	Mampostería en Muro 1	5 Días
H	Mampostería en Muro 2	5 Días
I	Habilitado y Colocado de acero en pila	2 Días
J	Cimbra en pila	3 Días
K	Colado en Pila	2 Días
L	Cimbra Losa Tramo 1	3 Días
M	Cimbra Losa Tramo 2	4 Días
N	Habilitado y colocación acero en losa Tramo 1	2 Días
P	Habilitado y colocación acero en losa Tramo 2	3 Días
O	Colado Losa Tramo 1	1 Día
Q	Colado Losa Tramo 2	1 Día
R	Suministro y colocación de barandal metálico	3 Días
S	Limpieza y retiro de escombros	2 Días

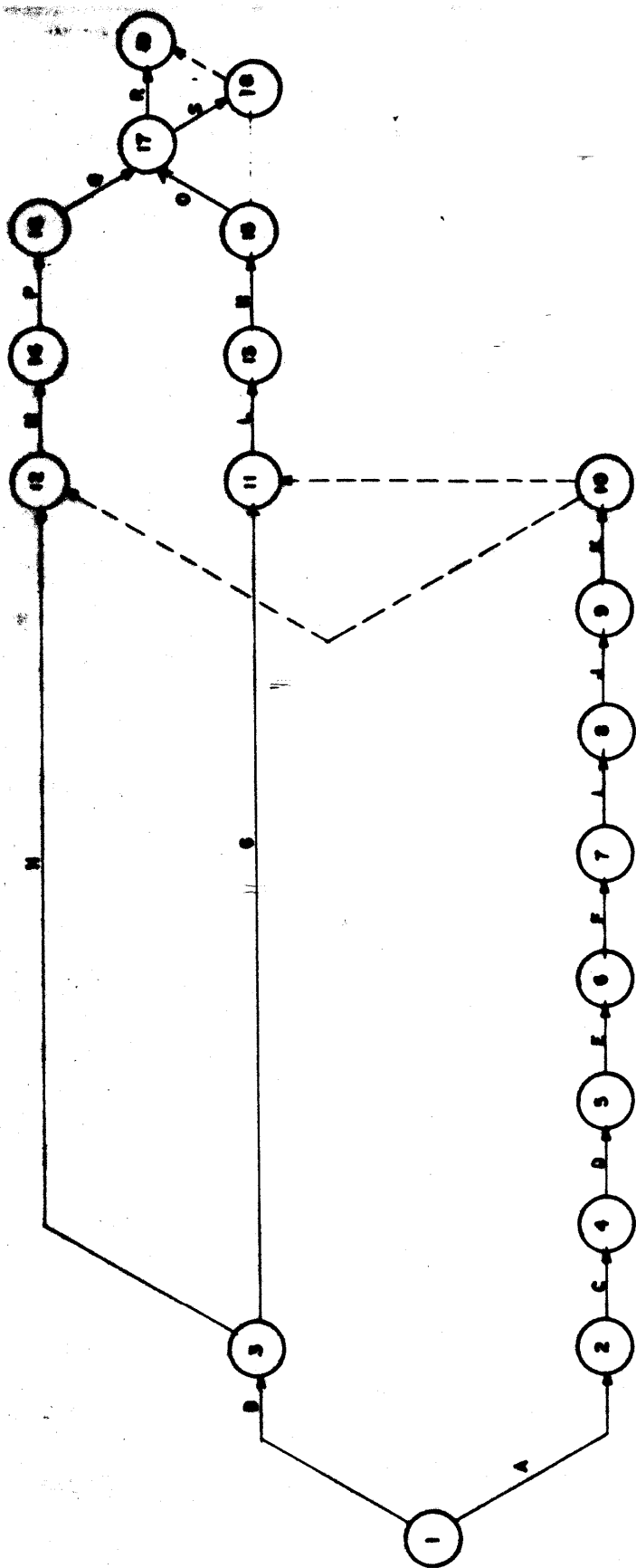
NOTA: Para las actividades L y M se cuenta con un juego de --

cimbra cada una de las losas.

Ahora procedemos a hacer la tábula de secuencia que a continuación se presenta.

ACT. INMEDIATAS

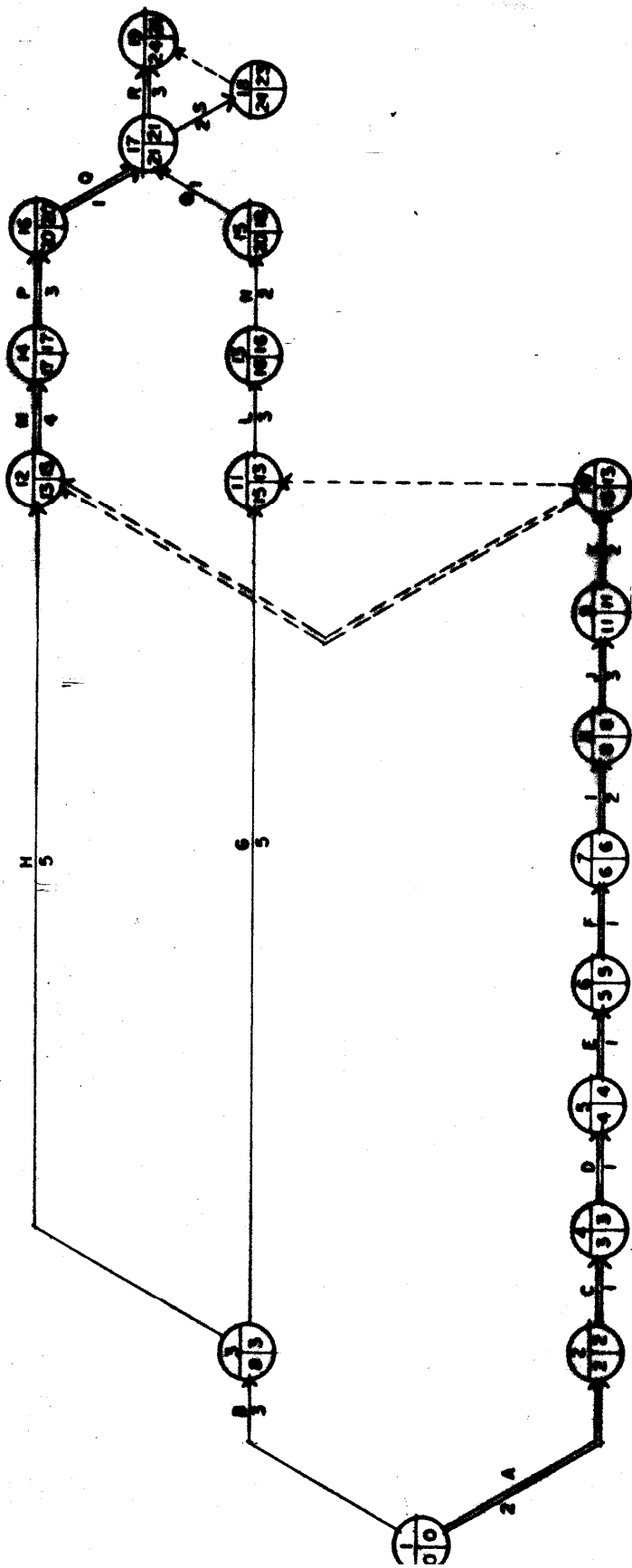
ACT. INMEDIATAS	PRECEDENTES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
A	Exc. en Pila			X																
B	Ex. en Muros de Contensión							X	X											
C	Plantilla en Pila				X															
D	Habilitado y Coloc. de Acero en Zapata					X														
E	Cimbra Zapata Pila						X													
F	Colado en Zapata en pila								X											
G	Mampostería Muro de Cont. 1											X								
H	Mampostería Muro de Cont. 2												X							
I	Hab. y colocado de Acero en Pila									X										
J	Cimbra Pila										X									
K	Colado pila											X								
L	Cimbra Losa Tramo 1												X							
M	Cimbra Losa Tramo 2													X						
N	Armado de Losa 1														X					
O	Colado de Losa 1															X				X
P	Armado Losa 2																X			
Q	Cola de Losa 2																	X		X
R	Suministro y Colocación de Barandal																			
S	Limpieza y Retiro de Escombro																			

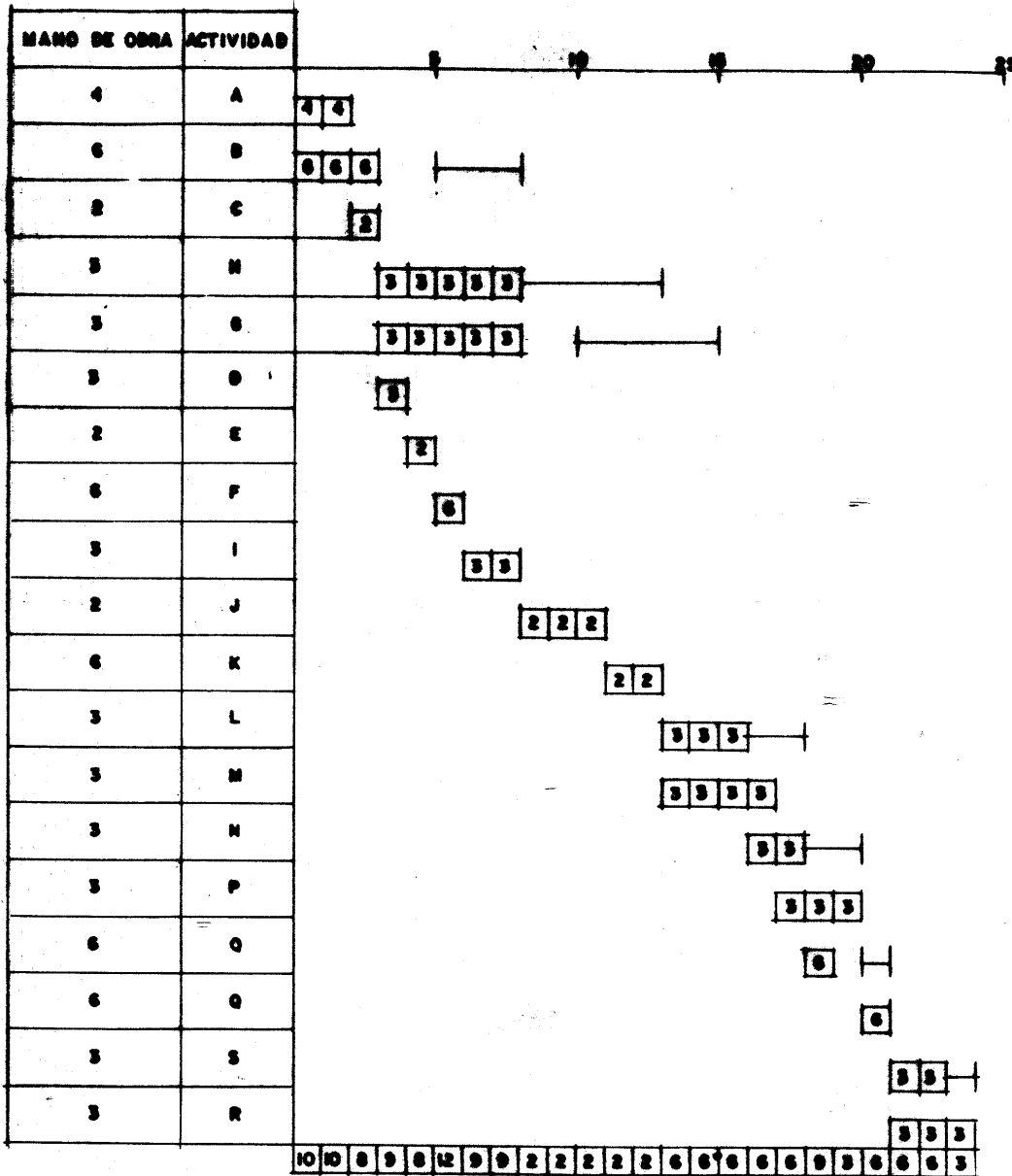


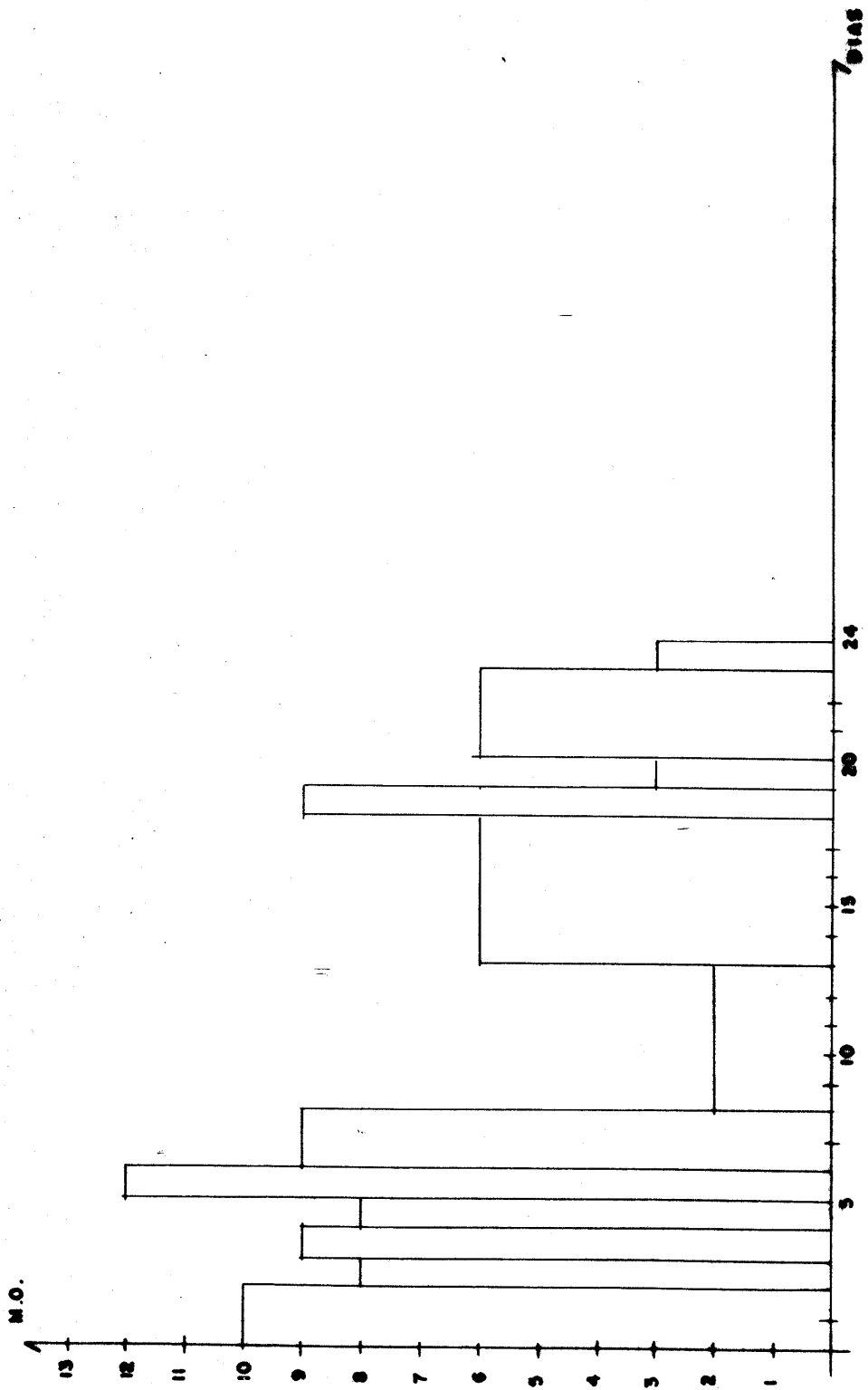
ACT.	DURACION	Ip	Ir	Tp	Tr	H _z	H _t	
1-2 (A)	2	0	0	2	2	0	0	Crítica
1-3 (B)	3	0	5	3	8	0	5	
2-4 (C)	1	2	2	3	3	0	0	Crítica
3-12 (H)	5	3	8	8	13	5	5	
3-11 (G)	5	3	10	8	15	5	7	
4-5 (D)	1	3	3	4	4	0	0	Crítica
5-6 (E)	1	4	4	5	5	0	0	Crítica
6-7 (F)	1	5	5	6	6	0	0	Crítica
7-8 (I)	2	6	6	8	8	0	0	Crítica
8-9 (J)	3	8	8	11	11	0	0	Crítica
9-10 (K)	2	11	11	13	13	0	0	Crítica
10-11 (*)	0	13	15	13	15	0	2	
10-12 (*)	0	13	13	13	13	0	0	Crítica
11-13 (L)	3	13	15	16	18	0	2	
12-14 (M)	4	13	13	17	17	0	0	Crítica
13-15 (N)	2	16	18	18	20	0	2	
14-16 (P)	3	17	17	20	20	0	0	Crítica
15-17 (O)	1	18	20	19	21	2	2	
16-17 (Q)	1	20	20	21	21	0	0	Crítica
17-18 (S)	2	21	22	23	24	0	1	
17-19 (R)	3	21	21	24	24	0	0	Crítica
18-19 (*)	0	23	24	23	24	1	1	

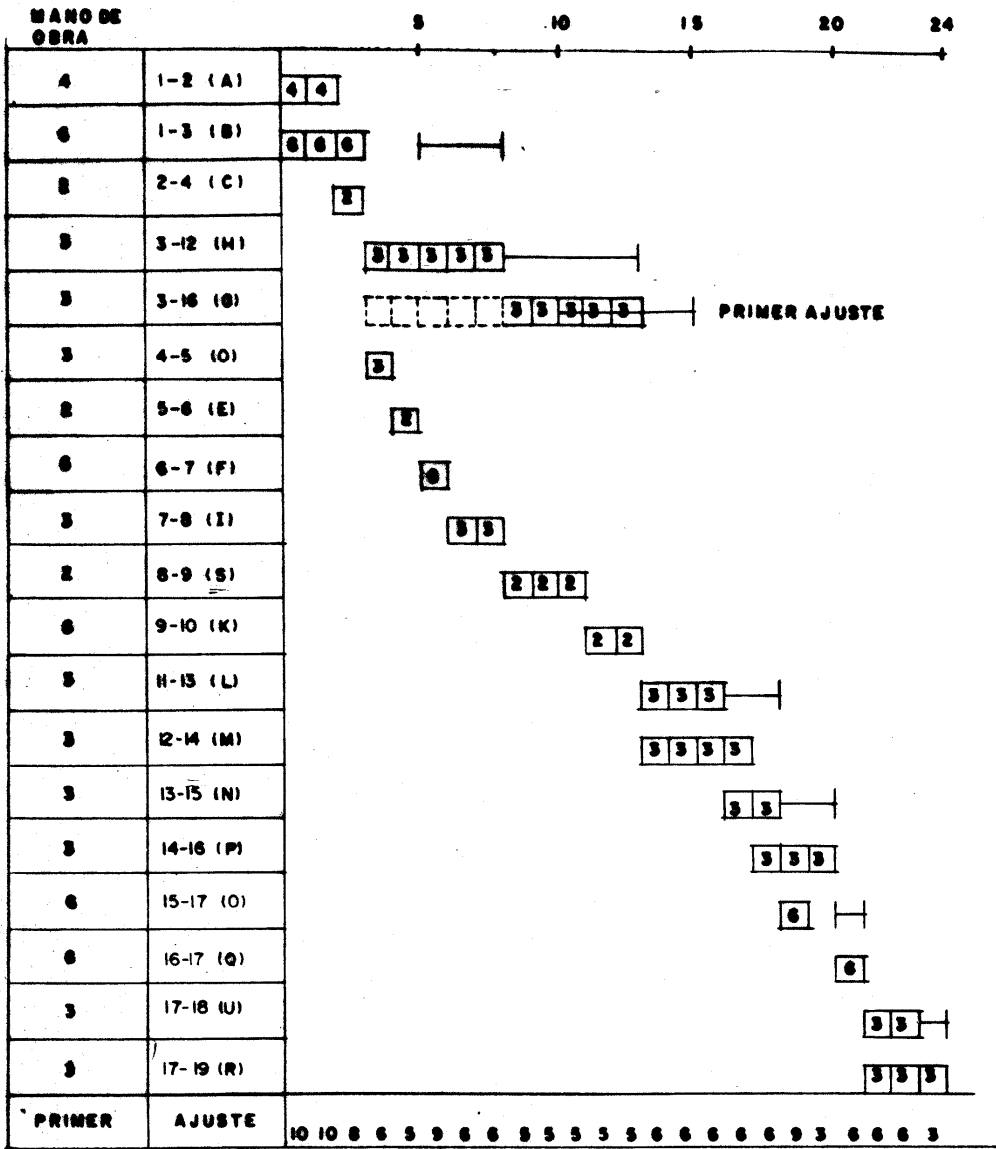
* Calculado de la Red.

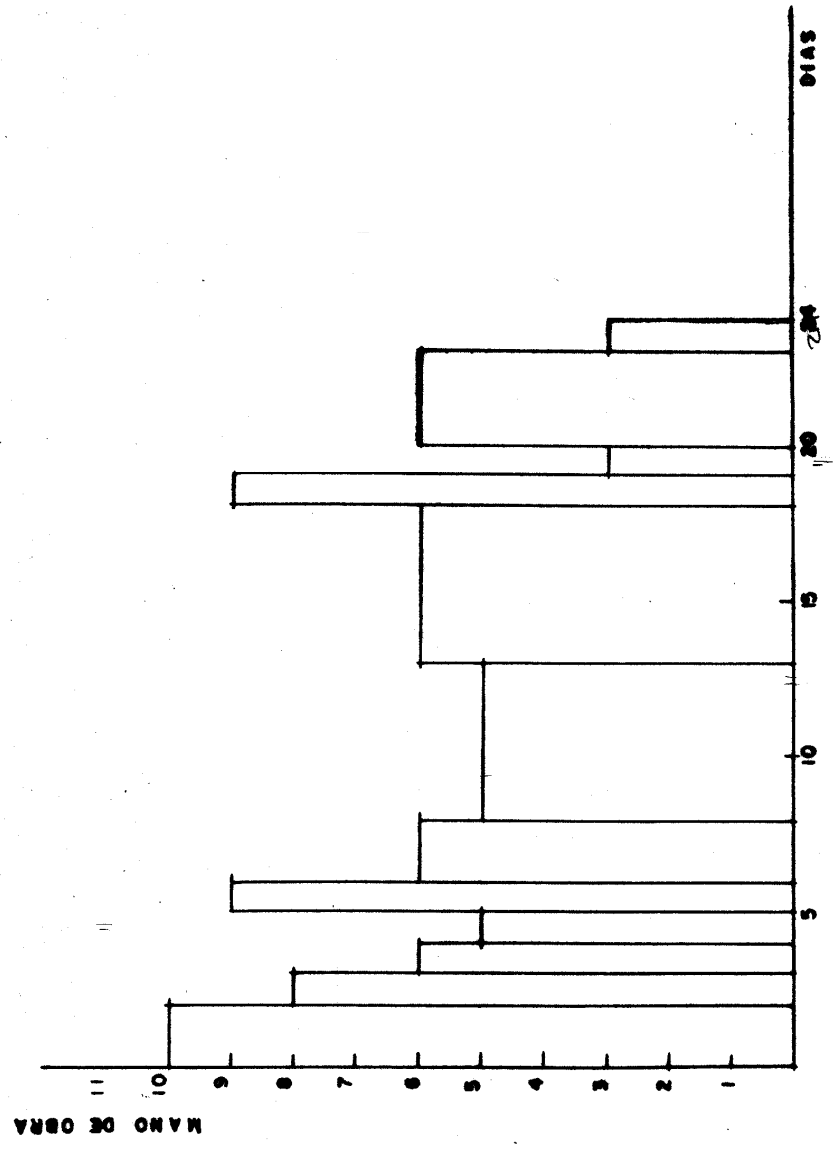
** Calculado de la Tabla.



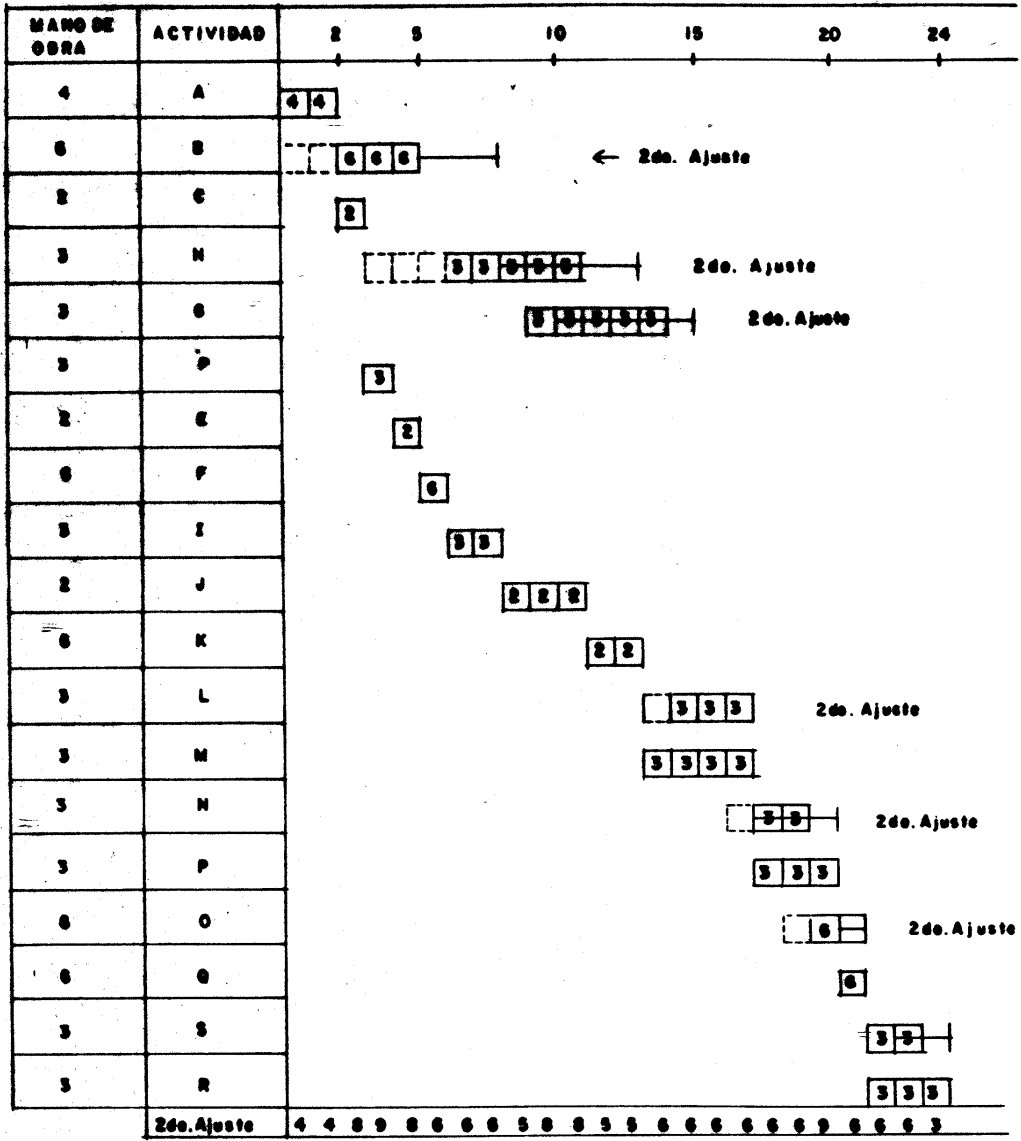








PRIMER AJUSTE



200. AJUSTE

