

T-UES
1501
AS53a
1992
Ej. 2.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**APLICACION DEL METODO DE LA RUTA
CRITICA (PERT - CPM) EN LA CONSTRUCCION
DE CAMINOS RURALES Y SU ADAPTACION
A PROGRAMAS DE COMPUTACION**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

**RAUL ALFREDO ANDRADE CRUZ
JOSE RAUL CASTRO AVILES
MIGUEL ANTONIO SERVELLON MARTINEZ**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

MAYO DE 1992.



15101707
15701707

Rec. 9 junio / 92

SAN SALVADOR,

EL SALVADOR,

CENTRO AMERICA.

CONFIDENTIAL - SECURITY INFORMATION



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL :

LIC. MIGUEL ANGEL AZUCENA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. JUAN JESUS SANCHEZ SALAZAR

SECRETARIO :

ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR :

ING. VICTOR MANUEL FIGUEROA MORAN



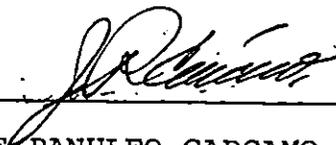
THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

CHICAGO, ILLINOIS 60637

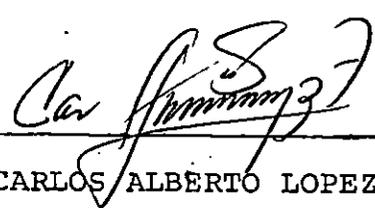
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

COORDINADOR :



ING. JOSÉ RANULFO CARCAMO Y CARCAMO

ASESOR :



ING. CARLOS ALBERTO LOPEZ ARGUETA



ASESOR :



ING. OSCAR AMILCAR PORTILLO PORTILLO

AGRADECIMIENTOS

- Hacemos público el agradecimiento a la UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, por brindarnos sabias enseñanzas a través del personal docente, y en especial a los Ingenieros: José Ranulfo Cárcamo y Cárcamo, Oscar Amilcar Portillo y Carlos López Argueta, por su valiosa colaboración en la coordinación y asesoría de nuestro trabajo de graduación.
- A la DIRECCION GENERAL DE CAMINOS y especialmente a los Ingenieros : Ramón Alejandro Aragón y Roxana del Milagro Grande de Castañeda, por sus aportes en el área de caminos rurales.
- A nuestra amiga y compañera MARTA DE OSEGUEDA, por su cooperación desinteresada, GRACIAS.

Raúl Alfredo
José Raúl
Miguel Antonio

DEDICATORIA

- A DIOS OMNIPOTENTE :
Por haber sido la luz del camino, ayudándome a vencer todas las dificultades que se me presentaron en esta - difícil tarea que hoy finalizo.

- A MIS PADRES :
Por su valiosa y abnegada colaboración y apoyo brindado en todo momento.

- A MIS HERMANAS : SCARLET E IVONNE :
Por su preocupación y colaboración desinteresada.

- A MI ABUELITA, TIOS, PRIMOS :
Por su preocupación.

- A MIS AMIGOS :
Que de alguna forma colaboraron en la realización de - nuestro trabajo.

Gracias.

"ASI QUE, OFREZCAMOS SIEMPRE A DIOS, POR MEDIO DE EL, SACRIFICIO DE ALABANZA, ES DECIR, FRUTO DE LABIOS QUE CONFIESAN SU NOMBRE"

Heb. 13:15

Raúl Alfredo Andrade Cruz

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO Y A MARIA SANTISIMA, con amor y -
gratitud por haberme iluminado en el árduo camino de
mis estudios y darme vida para poder culminar uno de
mis sueños.

- A MIS PADRES :
JOSE RAUL CASTRO MACAL
ANA MARGARITA AVILES
Que con sus esfuerzos, sacrificios y amor hicieron po-
sible que alcanzara tan deseada meta.

- A MI HERMANA :
AENNE MARGARETH, con especial cariño.

- A MIS FAMILIARES Y AMIGOS :
Por ese aporte de ayuda y amistad tan valiosa:

José Raúl Castro Avilés

DEDICATORIA

- NUESTRO ETERNO PADRE : Gratitud por enseñarme el camino de tan difícil meta.

- A MI MADRE :
Reina Isabel Martínez de Servellón
Por su incansable apoyo y confianza en todo momento.

- A MI ESPOSA :
Silvia Elena Méndez de Servellón
Por su comprensión, apoyo y amor.

- A MI TIA :
Rosa E. Martínez
Por su cariño y fe en mi persona

- A MI ABUELITA :
María Concepción v. de Martínez
Por su confianza y cariño

- A MIS SUEGROS :
José Santos Méndez
Rita Avilés de Méndez
Por sus atenciones

- A MIS AMIGOS :
Por el apoyo en todo momento

Miguel Antonio Servellón Martín
nez

I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	i
CAPITULO I : GENERALIDADES.	1
1.1. Caminos rurales, antecedentes e importancia en el desarrollo	2
1.1.1. Evolución en los programas de caminos rurales y proyecciones	2
1.1.2. Clasificación de la red vial de El Salvador	7
1.1.3. Alcance de los caminos rurales en el progreso socio-económico de El Salvador	11
1.1.4. Consideraciones ecológicas a tomar en cuenta en la construcción de caminos rurales	15
1.2. Métodos de programación en la construcción de caminos rurales	19
1.2.1. Dificultad en la elaboración de programación de actividades y eficiencias en los resultados	19
1.2.2. Métodos de programación utilizados ...	21
1.2.3. Uso de programas de computación en construcción	26

CAPITULO II : LA LICITACION PARA LA CONSTRUCCION - DE CAMINOS RURALES	29
2.1. Terminología utilizada en la Licitación	30
2.2. Precalificación de empresas	34
2.2.1. Información necesaria para precalifi- cación	34
2.3. La Licitación	51
CAPITULO III : EL METODO DE LA RUTA CRITICA (CPM) APLICADO A OBRAS DE INGENIERIA CI- VIL	54
3.1. GENERALIDADES	55
3.2. Ventajas del método de la ruta crítica (CPM).	56
3.3. Elementos esenciales en la planeación	57
3.4. Grado de división en los proyectos	60
3.5. Diagrama de flechas	61
3.5.1. Secuencia lógica de la red	61
3.5.2. Pasos iniciales en la construcción - del diagrama de flechas	65
3.5.3. Numeración de la red	68
3.5.4. Determinación de la duración de las actividades del proyecto	70
3.6. Fechas de inicio y terminación tempranas y - tardías	72
3.6.1. Programa de inicio temprano	75

	Página
3.6.2. Programa de terminación tardía	76
3.7. Holgura de tiempo en el desarrollo del proyec <u>t</u> to	81
3.7.1. Holgura total	81
3.7.2. Holgura libre	82
3.7.3. Holgura interferente	82
3.7.4. Holgura independiente	83
3.8. Determinación de la ruta crítica	85
CAPITULO IV : ELEMENTOS CONSTITUYENTES, ESPECIFICA <u>C</u> CIONES TECNICAS Y RENDIMIENTOS EN LA CONSTRUCCION DE CAMINOS RURALES	88
4.1. INTRODUCCION	89
4.2. Elementos constituyentes de un camino rural "A"	90
4.3. Especificaciones técnicas	97
4.4. Rendimiento del equipo y mano de obra utiliza <u>d</u> dos	106
CAPITULO V : MODELO DE APLICACION	124
5.1. INTRODUCCION	125
5.2. Análisis del proyecto	126
5.2.1. Antecedentes del proyecto	126
5.2.2. Descripción del proyecto	129
5.2.3. Características de diseño	130

	Página
5.2.4. Análisis de progreso	131
5.2.5. Rendimiento del contratista	133
5.2.6. Conclusiones del proyecto	134
5.3. Aplicación del CPM para el proyecto estudiado.	136
5.3.1. Elementos esenciales a tomar en <u>cu</u> ta en la planeación de un proyecto - carretero	136
5.3.2. Pasos a seguir en la construcción de la tabla de secuencias	145
5.3.3. Bases necesarias para aplicar el pro- grama HTPM en una programación de -- obras	147
CONCLUSIONES	168
RECOMENDACIONES	170
BIBLIOGRAFIA	173

INTRODUCCION

Las vías de comunicación son uno de los medios básicos mediante los cuales se pueden alcanzar metas de desarrollo requeridas. Por ello es necesario propiciar un crecimiento adecuado de la infraestructura vial, donde el objetivo fundamental sea la incorporación de las áreas del país de -relativamente baja producción, pero de gran potencial económico.

En El Salvador se ha fomentado durante muchos años un desarrollo vial desequilibrado mostrando con ello muchas deficiencias tales como: falta de red vial en muchas zonas, carreteras mal construidas, mantenimientos inadecuados; desarrollándose unas zonas más que otras, ya sea por razones socio-económicas, políticas y otras.

La ejecución de caminos rurales es un problema que siempre ha existido a lo largo de la historia del país. En la actualidad para realizar proyectos de caminos rurales, los encargados se valen de la experiencia obtenida en el campo y de ciertos datos recopilados de estudios hechos anteriormente.

Con el presente documento se pretende orientar al encargado de programar obras de construcción de caminos rurales, desde la etapa de Licitación hasta la entrega de las obras terminadas.

El documento consta de cinco capítulos :

CAPITULO I : Generalidades.

CAPITULO II : La Licitación para la construcción de caminos rurales.

CAPITULO III : El método de la Ruta Crítica (CPM) aplicado a obras de Ingeniería Civil.

CAPITULO IV : Elementos constituyentes, especificaciones técnicas y rendimientos en la construcción de caminos rurales.

CAPITULO V : Modelo de aplicación en la programación.

El Capítulo I muestra antecedentes, así como las distintas clasificaciones de la red vial en el país, y señala la importancia de los caminos rurales en el desarrollo socioeconómico del país no descuidando el aspecto ecológico a tomar en consideración al construir caminos rurales. También se tratan los distintos métodos de programación utilizados.

El Capítulo II trata sobre los distintos pasos que entran en juego en todo proceso de licitación de obras.

El Capítulo III aplica el método de programación CPM a un ejemplo práctico para un mayor entendimiento del mismo.

El Capítulo IV abarca una breve descripción de los elementos que forman parte de un camino rural tipo "A". A continuación se describen las actividades generales que se realizan en la construcción de caminos rurales, y al final del capítulo se presentan los rendimientos de mano de obra y equi

po utilizado en cada proceso constructivo.

En el Capítulo V, teniendo una programación de obras de un proyecto específico real de un camino rural, se fusiona éste con los procesos a seguir en una Licitación para tener una programación completa. Finalmente aquí, se dan lineamientos a seguir para efectuar una programación de obras, valiéndose de un programa computarizado ya realizado (Harvard Total Project Manager), el cual podrá ser aplicado con las bases presentadas.

CAPITULO I:
GENERALIDADES

1.1. Caminos Rurales antecedentes y su importancia en el desarrollo de El Salvador.

1.1.1. Evolución en los programas de caminos rurales y proyecciones en los próximos años.

Las vías de comunicación son uno de los medios básicos mediante los cuales se pueden alcanzar metas de desarrollo requeridas. Por ello, es necesario propiciar un crecimiento a decuado de la infraestructura vial , donde el objetivo fundamental sea la incorporación de las áreas del país relativamente bajas en producción, pero de gran potencial económico.

En El Salvador se ha fomentado durante muchos años un desarrollo vial desequilibrado mostrando con ello muchas deficiencias tales como: falta de red vial en muchas zonas, carreteras mal construidas, mantenimientos inadecuados; desarrollándose unas zonas más que otras, ya sea por razones socioeconómicas, políticas y otras.

La ejecución de caminos rurales es un problema que siempre ha existido a lo largo de la historia del país. Sin embargo para llevar a cabo la realización de caminos rurales es indispensable que dicho camino pase por zonas de gran cantidad de población y no por regiones en la que sólo existan propiedades o fincas privadas.

El Programa de caminos rurales tiene 16 años de haberse puesto en marcha, el cual ha tenido un financiamiento exter-

no e interno; hasta la fecha se han realizado 29 proyectos, la mayor parte de ellos financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

La Agencia Internacional para el Desarrollo (AID) proporciona también ayuda económica para proyectos de reconstrucción y mantenimiento de caminos rurales.

En el año de 1975 el Ministerio de Obras Públicas (MOP), a través de la Dirección General de Caminos (DGC) realizó un estudio sobre el déficit de caminos rurales en la red vial del país, en éste se llegó a determinar una extensión aproximada de 1,200 km de caminos rurales, para satisfacer en parte, la demanda de éstos para el desarrollo económico y social.

Ante esta situación el MOP planteó al BID, la necesidad de desarrollar un programa de caminos rurales a nivel nacional.

Hasta 1990 el MOP ha obtenido dos financiamientos por parte del BID, para la ejecución de dos etapas del programa y presentó otra solución de financiamiento para una tercera etapa, siendo éstas las siguientes:

1^a etapa: Programa de caminos rurales, préstamo GOES-BID No. 472/SF-ES.

Por medio de este programa se construyeron doce (12) caminos, durante los años de 1978 a 1983, haciendo una longitud de 210 km de caminos terciarios y rurales localizados en la zona meridional del país.

La ejecución física del programa fue dividida en dos etapas: una primera etapa consistente en 7 proyectos con una longitud de 124.7 km y una segunda en 5 proyectos, con una longitud de 86.0 km.

2ª etapa: Programa de caminos rurales, préstamo GOES-BID No. 665/SF-ES.

Con fecha 28 de diciembre de 1981, el Gobierno de la República suscribió el contrato de préstamo GOES-BID No. 665/SF-ES, con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), por un monto de ¢ 111,675,000.00, para la construcción de un programa de caminos terciarios y rurales consistente en 200 km de caminos localizados en la zona Noroeste del país, así como también la adquisición de un lote de maquinaria, herramientas y repuestos; estos caminos fueron ejecutados durante los años de 1985 a 1989.

Según este programa, la zona Noroeste fue delimitada al Norte del país por el límite fronterizo con la República de Honduras, al Sur por la Carretera Panamericana CA-1, al Oriente por el cauce del Río Lempa y al Occidente por el límite fronterizo con la República de Guatemala, comprendiendo los departamentos de Santa Ana, La Libertad, San Salvador, Chalatenango, Cuscatlán, Cabañas y San Vicente. La ejecución física del programa se dividió en tres grupos denominados: Grupo "A" que comprende 9 proyectos con una longitud de 84.9 kms; Grupo "B" que comprende 4 proyectos y una longitud

de 59.4 kms; y Grupo "C" con 4 proyectos y una longitud de 57.0 kms.

Grupo "A" :

El Grupo "A" del programa comprende la construcción de nueve (9) caminos, con una longitud de 84.9 km.

La supervisión de las obras fue encomendada por el MOP a la firma consultora "CONSULTORA TECNICA, S.A.". Debido a la situación sociopolítica del país, el ritmo de trabajo de estos proyectos no fue normal, ocasionando demoras en el pago de estimaciones mensuales de obra a los contratistas.

Grupos "B" y "C" :

Los Grupos "B" y "C" del programa comprende la construcción de cuatro proyectos por cada grupo, con una longitud de 59.4 y 57.0 km de caminos respectivamente.

El MOP seleccionó a la firma "CONSULTORA TECNICA, S.A." para la supervisión del grupo "C" y a la firma Mauricio Lara, para la supervisión del grupo "B".

3^a etapa : El Gobierno de la República, consciente de la necesidad de proporcionar vías de comunicación con transitabilidad durante todo el año entre centros de producción y consumo, así como la facilitación de otros servicios, solicitó al BID; financiamiento para una tercera etapa de caminos rurales, para lo cual se realizaron los estudios de fac

tibilidad técnico-económico y diseños finales de Ingeniería de 35 caminos totalizando una longitud de aproximadamente 400 km, ubicados en la zona sur del país.

Como complemento de dichos estudios, el BID, solicitó al Gobierno de la República, a través del MOP, la presentación de un estudio del impacto al medio ambiente que ocasionaría la ejecución de los caminos propuestos.

Para la elaboración de dicho estudio, el MOP integró una comisión de trabajo constituida por un representante del MAG, un representante del MOP y un consultor individual, con el apoyo de un grupo de profesionales y técnicos de la DGC.

A la fecha (1992) el proyecto está por iniciarse, y está compuesto por varias etapas :

- a) La primera etapa comprenderá la parte occidental del país (Ahuachapán, Sonsonate, La Libertad). Son 11 caminos que totalizan 109.5 km.
- b) La segunda etapa son 116.5 km que comprenden 12 caminos en la parte oriental (La Unión, San Miguel).
- c) La tercera etapa son 156.0 km que totalizan 11 caminos (Ahuachapán, Sonsonate, La Paz, San Vicente, Usulután, San Miguel).

El objeto del programa es el desarrollar ciertos polos para detener la migración a la ciudad y se planea efectuarlo en 4 años.

Para la realización del proyecto se tomará en cuenta el

factor ecológico, comenzando con caminos de pequeño impacto ecológico, luego mediano y finalmente alto impacto. Será necesaria la asistencia internacional para calificar lo ecológico.

1.1.2. Clasificación de la red vial de El Salvador.

Con el objeto de establecer categorías en la importancia de las carreteras de el país, nuestra legislatura estableció una clasificación vial en el año de 1969 en la Ley de Carreteras y Caminos Vecinales, en base a sus características e importancia, ley que aún no ha sido modificada. Ante el desarrollo en las vías de comunicación ha sido necesario establecer otro tipo de clasificación denominada "técnica" y propuesta por la D.G.C.

Así también podemos hablar de otra clasificación de las vías y corresponde a la función que éstas desempeñarán, tales como :

- a) Carreteras de función social: son proyectos en los cuales las consecuencias de invertir se manifiesta principalmente en el campo social, porque la zona afectada sea de escasa potencialidad económica, pero con fuerte concentración de población.
- b) Carreteras de penetración económica: Son obras en las que el impacto principal es la incorporación al proceso de desarrollo general de zonas potencialmente productivas.

- c) Carreteras para zonas en pleno desarrollo: Son aquellas ubicadas en una zona en las que ya existen las vías necesarias para prestar el servicio de transporte y las cuales se desea mejorar o sustituir. La consecuencia principal de su construcción será la disminución en los costos de transporte que los usuarios tienen necesidad de afrontar.

Según la legislatura salvadoreña y tomando en cuenta el volumen de tránsito y las características geométricas de las vías, las carreteras de El Salvador se clasifican en:

- a) Carreteras especiales: Son todas aquellas que reúnen condiciones geométricas superiores a las primarias.
- b) Carreteras primarias: Son aquellas que tienen capacidad para intensidades de tráfico superior a dos mil vehículos promedio por día, con doce metros de plataforma, siete metros treinta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros noventa centímetros de rodaje en los puentes.
- c) Carreteras secundarias: Son aquellas que tienen capacidad para intensidades de tránsito comprendidas entre quinientos y dos mil vehículos promedio por día, con nueve metros cincuenta centímetros de plataforma, seis metros cincuenta centímetros de rodaje y un mínimo de siete metros cuarenta centímetros de rodaje en los puentes.
- d) Carreteras terciarias: Aquella cuya intensidad de tránsito está comprendida entre cien y quinientos vehículos promedio por día, con seis metros de plataforma, revesti

do de materiales locales selectos y un mínimo de seis metros cincuenta centímetros de rodaje en los puentes.

- e) Caminos rurales: Son aquellos cuyas capacidades para una intensidad de tránsito es cien vehículos promedio por día con cinco metros de plataforma y un mínimo de seis metros de rodaje en los puentes o que sin llenar tales características, dicha carretera haya sido construida por el gobierno central.
- f) Caminos vecinales o municipales: Son aquellos que no estando comprendidos en la clasificación del artículo anterior, comunican villas, pueblos, valles, cantones o caseríos entre sí o conectan éstos con cualquier carretera.

Actualmente esta clasificación se subdivide aún más y se han establecido por ejemplo Rurales del tipo A y B y las vías terciarias se han dividido en terciarias y terciaria modificada y a esta clasificación se le llama, técnica:

- a) Carreteras especiales: Son aquellas que están capacitadas para un tránsito promedio diario anual (TPDA) superior a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual (THMA) de 360 vehículos o más; con 30.60 m de ancho de vía, con 7.30 m de ancho de rodaje y 8.50 m de ancho de rodamiento para puentes.

- b) Carreteras primarias:

Son aquellas que están capacitadas para un TPDA de 2,000 a 3,000 vehículos equivalente a un THMA de 180 a 360 vehí

culos; con 12 m de ancho de vía, 7.30 m de ancho de rodaje y un mínimo de 7.90 m de rodaje en los puentes.

- c) Carreteras secundarias: Son las que están capacitadas para un TPDA de 500 a 2,000 vehículos, equivalentes a un THMA de 60 a 180 vehículos; con 9.50 m de ancho de vía, 6.50 m de ancho de rodaje y un mínimo de 7.40 de rodaje en los puentes.
- d) Carreteras terciarias modificadas: Son las que están capacitadas para un TPDA de 200 a 500 vehículos, equivalentes a un THMA de 24 a 60 vehículos; con 8.0 m de ancho de vía, 6.0 m de ancho de rodaje y con 7.40 m de rodaje en los puentes. Este tipo de vía no existe en la actualidad.
- e) Carreteras terciarias: Son las que están capacitadas para un TPDA de 50 a 200 vehículos equivalentes a un THMA de 6 a 24 vehículos; con 8.0 m de ancho de vía y 6.5 m de ancho de rodaje en los puentes.
- f) Caminos rurales A:
Son aquellos que están capacitados para un TPDA de 10 a 50 vehículos, equivalentes de un THMA de 1 a 6 vehículos; con 5.0 m de ancho de vía y 6.0 m de ancho de rodaje en los puentes.
- g) Caminos rurales B:
Son aquellos que están capacitados para un TPDA de 0 a 10 vehículos, equivalentes a un THMA de 0 a 1 vehículo; con 5.0 m de ancho de vía y 6.0 m de rodaje en los

puentes. Ver resumen en Cuadro 1.

Aún podemos hablar de otro tipo de clasificación y que depende de la superficie de rodamiento de las vías y es la siguiente:

- a) Carreteras pavimentadas.
- b) Carreteras revestidas.
- c) Caminos de tierra.

1.1.3. Alcance de los caminos rurales en el progreso socio-económico de El Salvador.

El actual sistema socio-económico de nuestro país, está caracterizado por darle impulso a las exportaciones de los productos de tipo no tradicional y donde se encuentran muchos que son producidos por el sector agrícola y otros del tipo industrial, sin olvidar los productos generadores de divisas como lo es la exportación del café, henequén, etc. que son productos que ayudan a sustentar las necesidades de ingresos de los gobiernos. Pero a pesar de todos estos intentos - resulta muy difícil abandonar el subdesarrollo.

Durante la década de los años 80's se ha dado auge a la Reforma Agraria, como un intento más por lograr mejores condiciones de vida al campesino y al país, lo cual ha sido beneficioso en cierto grado, pero aún se presentan muchas dificultades como lo es por ejemplo lograr un incremento uniforme de las actividades económicas en todas las zonas y princi

CLASIFICACION TECNICA

TIPO DE CARRETERA	VEHICULOS T.P.D.A.	VEHICULOS T.H.M.A	D.V.	ROD.	ROD. P.
ESPECIAL	3000 →	360 →	30.6	7.3	8.5
PRIMARIA	2000-3000	180-360	12	7.3	7.9
SECUNDARIA	500-2000	60-180	9.5	6.5	7.4
TERCIARIA MODIFICADA	200-500	24-60	8.0	6.0	7.4
TERCIARIA	50 - 200	6 - 24	8.0	-	6.5
CAMINO RURAL A	10 - 50	1 - 6	5.0	-	6.0
CAMINO RURAL B	0 - 10	0 - 1	5.0	-	6.0

CUADRO I

palmente en aquellas regiones con posibilidades de producción y que actualmente son subexplotadas.

Para el desarrollo de un país son importantes los caminos rurales, debido a que contribuyen con la infraestructura en muchos aspectos: Estos alientan el flujo de personas, dando origen a los sistemas de transporte de zonas rurales a poblados y a carreteras donde se observa la generación de empleos en estos servicios; además, se propicia la producción de bienes, con la facilidad que se tiene al transportarlos a las ciudades. Este último aspecto presenta mucha relevancia.

Las cooperativas del sector reformado encuentran mayores incentivos para aumentar su producción, generándose así mayor comercio. Los beneficios que estos productores encuentran son por ejemplo:

- Reducción en el precio que el productor paga por insumos y bienes de capital.
- Posibilidades de crédito.
- Asistencia Técnica.
- Eleva el precio que recibe por sus productos.
- Mejora sus ingresos e incentivos para aumentar su producción.
- Se posibilita el envío de sus productos a zonas con mercados nuevos y con mejor oportunidad.

La construcción de caminos rurales en sí no es toda la solución para el desarrollo en algunos casos, sino que también lo es el adecuado mantenimiento, pues algunos productos

o cultivos demandan de un cuidadoso transporte.

Debe recordarse que los beneficios mencionados no sólo pertenecen al ramo de agricultura, sino que las actividades de ganadería, pesca y recursos marinos, actividades de minería, industria y comercio, así como la comunicación y los transportes salen beneficiados también.

Además del crecimiento económico de las zonas de influencia de los caminos rurales, deben resaltarse otros beneficios de igual importancia y lo son las mejoras en las condiciones de vida de los habitantes de las regiones.

Las mejoras de tipo social no pueden ser cuantificadas - ni valuadas, dentro de las que podemos mencionar las siguientes: Incremento de la cultura a través de la educación, donde si no es factible la construcción de escuelas, puede ser posible el traslado de personas en busca de ellas a lugares aledaños; de igual manera los servicios de salud se tendrán a mayor disposición.

Finalmente en los beneficios producidos se ofrece la posibilidad de generación de empleo en lo que es la ejecución propia de los proyectos de construcción, ayudando a paliar necesidades básicas de la población rural durante las largas jornadas de desempleo, que se dan en los meses en que no existe recolección o siembra de cultivos.

Es de esta manera que la construcción y mejoramiento de los caminos rurales contribuye en el desarrollo económico y social de los países y de las zonas poco beneficiadas con

los planes de crecimiento de los gobiernos.

1.1.4. Consideraciones Ecológicas a tomar en cuenta
en la construcción de caminos rurales.

En la actualidad la grave situación de los recursos naturales de El Salvador ha alcanzado un punto crítico de tal magnitud que, de no tomarse medidas urgentes y efectivas, los recursos que todavía quedan y que son muy valiosos, podrían llegar a ser destruidos en una forma irreparable.

De esta forma se privaría a las generaciones venideras del acceso a las posibilidades de un verdadero desarrollo, basado en el bienestar económico y en el mejoramiento de la calidad de vida.

La principal causa de la grave crisis ecológica que se vive actualmente, es la inadecuada relación existente entre el ser humano y el resto de la naturaleza, la cual es producto de una falta de conocimiento y conciencia en los diferentes sectores sobre la dimensión del problema y la urgencia de formular un plan de desarrollo integral que complete la satisfacción de las necesidades de las personas, en un marco de armonía y respeto que exista entre los seres humanos y también con la naturaleza.

El Salvador, un país con un territorio de 21,000 km² y con una densidad de 240-300 habitantes por km², se ha visto sometido a grandes presiones ecológicas que cada día van en

aumento mayor.

La emigración de habitantes del área rural a las ciudades grandes surge también en El Salvador. Es así como San Salvador, la capital del país, cuenta ya con más de un millón de habitantes, convirtiéndose en una ciudad plagada de problemas.

El objetivo de la construcción en todos sus campos debiera ser mejorar las condiciones del hábitat del ser humano, por lo tanto, todas las actividades de la industria de la construcción deben estar orientadas a lograr una mejora en los factores que hacen posible tal objetivo.

La evaluación que se realizó del impacto ambiental del Programa de Rehabilitación y Mejoramiento de Caminos Rurales mostró grandes impactos ambientales y culturales negativos, directos e indirectos, durante y después de la ejecución de las obras civiles previstas. Se considera que a través de la ejecución del Programa de Rehabilitación pueden ser corregidos los problemas de drenaje y erosión a lo largo de los caminos, aunque existe la posibilidad de una erosión adicional si los taludes de los caminos no se protegen.

También existe presión sobre los recursos arqueológicos que muestran nuestras raíces. Para minimizar efectos perjudiciales se debe identificar, medir, interpretar y comparar los impactos ambientales potenciales en las diferentes etapas del proyecto y sus operaciones, así como evaluar las necesidades de tomar medidas de protección y supervisión ambienta

tal. Cuando dichas medidas se consideren necesarias, deberán proyectarse y presentarse con los planos y especificaciones correspondientes, lo que al mismo tiempo aumentará el nivel de vida de los agricultores en las áreas de influencia de los caminos. Según estudios realizados se tiene que 4 caminos afectarían indirectamente a 3 parques nacionales, 6 caminos afectarían reservas, la región de manglares se verían afectadas por 1 camino y posiblemente 3 caminos afectarían a sitios arqueológicos.

Las empresas constructoras deberán cerciorarse de tomar en cuenta los impactos ambientales y evitar y disminuir repercusiones negativas, ya que cuando se proceda a la evaluación de los impactos ambientales se considerará:

a) Fase de construcción:

- Deterioro de las condiciones de estabilidad de las zonas de influencia;
- Inestabilidad de las masas de los taludes;
- Erosión del suelo causada por la remoción de la cobertura vegetal o por la acción mecánica del curso del agua;
- Interrupción de los flujos de agua;
- Desmantelamiento en la directriz de ampliación y modificación de los proyectos; en los caminos de acceso, canteras de obra, plazas de servicios y áreas de contaminación de las aguas por desechos humanos o por materiales utilizados durante la obra;

- Levantamientos de materiales sueltos, a causa de los servicios de revestimiento, terraplenes y transporte de materiales;
 - Impactos ocasionados por la localización de los botaderos de ripio (contaminación de las aguas, desestabilización de los acotamientos);
 - Creación de empleo durante las fases de planeamiento y ejecución de las obras;
 - Establecimiento en forma temporal de mano de obra junto al proyecto;
 - Aumento de flujo de vehículos de carga ligados a la obra, perjudicando la operación de tráfico normal;
 - Creación de núcleos endémicos.
- b) Fase de operación de los Proyectos:
- Posible ruptura física de las relaciones típicas entre los elementos que forman las cadenas alimenticias.
 - Factible formación de barreras físicas o movimiento natural de especies animales;
 - Aumento de volumen de vehículos y peatones en las líneas urbanas colindantes al proyecto;
 - Incremento de riesgos de contaminación de las aguas por materiales depositados sobre las pistas; inclusive tóxicos, corrosivos e inflamables;
 - Especulación inmobiliaria rural y urbana; registrando como impacto positivo la mejora de eficiencia de un sistema de cargas y pasajeros, vital para la economía

del país. 1/

1.2. Métodos de programación en la construcción de caminos rurales.

1.2.1. Dificultad en la elaboración de programación de actividades y eficiencias en los resultados.

A todo programa de construcción o mejoramiento de un camino antes de llevarlo a cabo se le han seguido ciertos estudios de factibilidad en la zona.

La rehabilitación y mejoramiento de caminos rurales, en el interior del país preveen una alta rentabilidad ya que aumentan las condiciones socio-económicas del campesino residente en el lugar de los proyectos o alrededores al mismo.

Con la creación de nuevas vías se pretende que se pongan en operación nuevas escuelas, centros de salud, centros de trabajo, en beneficio de los pobladores del lugar. También se abre la oportunidad para que maquinaria agrícola como tractores u otro equipo pueda tener acceso a penetrar en áreas de terreno donde nunca antes habían llegado. En las grandes zonas de cultivo de productos tradicionales como café, caña de azúcar y henequén es indispensable la creación de caminos a sus

1/ Términos de referencia para los servicios de consultoría para la ejecución de Protección Ambiental en el Programa de Rehabilitación y Mejor. de Caminos Rurales.

alrededores ya que esto le facilita el cumplimiento de su tarea al campesino y lo hace más eficiente en su trabajo.

Por regla general todo camino terminado presta los servicios necesarios para los cuales se hizo, aunque ningún organismo encargado hace una evaluación de la obra al estar finalizada, sino que todo se basa en los estudios previos realizados.

Comúnmente en la elaboración de Programaciones de Construcción de Caminos se utiliza el Método de la Ruta Crítica (CPM), ya que es uno de los que más se adapta a los tipos de proyectos a realizar. Conjuntamente a este método, el Diagrama de GANTT o Diagrama de Barras se elabora en la mayor parte de las obras, ya que ofrece de manera objetiva las duraciones, es decir las fechas de iniciación y terminación posible para cada actividad en que está dividido el proyecto.

Tanto el método C.P.M. como el Diagrama de Barras están sujetos a reprogramaciones durante el transcurso de la obra ocasionadas por atrasos en el proyecto.

En la actualidad, los encargados de realizar las programaciones de construcción de caminos rurales, se valen además de los métodos de programación conocidos, de la experiencia obtenida en el campo y de cierta información recopilada de estudios realizados con anterioridad.

1.2.2. Métodos de Programación Utilizados.

Los procesos en que intervienen gran cantidad de actividades complejas y de mutua dependencia no pueden ser eficazmente coordinados sin un planeamiento previo. Esas actividades ponen en juego diversos elementos: financieros, comerciales, técnicos, administrativos y sociales cuyas interacciones son necesarias a fin de permitir equilibrar, orientar y controlar sus realizaciones, consiguiendo un rendimiento óptimo de todos los medios utilizados.

El planeamiento es un medio que permite establecer y atender determinados objetivos. En los últimos años nuevas técnicas y control han tenido un rápido desenvolvimiento, siendo una de las más útiles la que se conoce como técnica del -- Camino Crítico. Esta técnica comprende varios métodos, entre los que se destacan:

- 1) C.P.M. (Método de Ruta Crítica)
- 2) P.E.R.T. (Técnica de Evaluación y Control de Programas)
- 3) R.A.M.P.S. (Distribución de Recursos y Programación de Proyectos Múltiples y otras técnicas Relacionadas).
- 4) Gráfico de Gantt
- 5) Red ABC (Análisis por gráfico de barras).

Para efectos de nuestro estudio el método en el que profundizaremos es el C.P.M.

1) C.P.M.

El método de la Ruta Crítica es una técnica eficaz en la planeación y administración de todo tipo de proyectos. En esencia es la representación del plan de un proyecto en diagrama o red, que describe la secuencia e interrelación de todas las componentes del proyecto, así como el análisis lógico y la manipulación de esta red, para la completa determinación del mejor programa de operación.

Es un método que se adapta perfectamente a la industria de la construcción, pues brinda un enfoque más útil y preciso, que las gráficas de barras convencionales, anteriormente empleadas como bases de las planeaciones y control de la construcción. Más aún, permite la evaluación y comparación rápida de distintos programas de trabajo, métodos de construcción y tipos de equipo. Una vez que el mejor plan ha sido elaborado en esta forma, el diagrama de la Ruta Crítica indica claramente las operaciones que controlan la ejecución clara de los trabajos. Finalmente, durante la construcción, el diagrama provee al director del proyecto de una información precisa de los efectos de cada variación o retraso en el plan adoptado, permitiéndole así identificar las operaciones que requieren cambios.

2) P.E.R.T.

El PERT introduce la incertidumbre en los tiempos estimados para las duraciones de las actividades, y por ende, del proyecto. Es, por lo tanto, conveniente para aquellas situa

ciones en donde no haya antecedentes suficientes para especificar con exactitud los datos de costo-tiempo, o donde las actividades del proyecto requieran investigaciones y experimentación.

El PERT emplea la duración de las actividades llamada tiempo medio esperado, junto con una medida asociada de incertidumbre para esta duración de la actividad. Esta incertidumbre puede expresarse como la desviación estándar o como la varianza de la duración.

3) R.A.M.P.S.

Es el método que incorpora los conceptos de tiempo, costo, requerimiento y disponibilidad de recursos y agrega además una característica que la convierte en una poderosa herramienta de planificación: La planificación en forma simultánea de varios proyectos que utilizan las mismas fuentes de recursos.

4) Gráfico de GANTT.

Aún hoy en día en trabajos de ingeniería y en la industria, el método de planificación que sigue siendo utilizado es el Diagrama de GANTT o Diagrama de Barras. Este método tiene la gran ventaja de su simplicidad y fácil elaboración.

Son características principales del método que :

- a) Visualiza las actividades principales en que se divide un proyecto.
- b) Muestra una estimación de la duración de cada actividad y establece un orden de ejecución de las actividades.

dés.

c) Cada actividad está representada por medio de una barra recta cuya longitud, a determinada escala, es la duración de la actividad.

5) Red ABC.

Además de los métodos manuales tradicionales conocidos para realizar programación de obras existe un nuevo método desde hace varios años aún no generalizado en nuestro medio por las empresas constructoras de carreteras.

Utilizando el método ABC (Análisis por Gráfico de Barra), este método conjuga los elementos más valiosos de los sistemas convencionales como el PERT y el CPM, dando como resultado un método manual de gran sencillez y eficacia para la planificación y control del proyecto.

En este método, cada actividad del proceso tiene un número o código específico establecido para diferenciarse una de otra; el código varía según las actividades técnicas descritas.

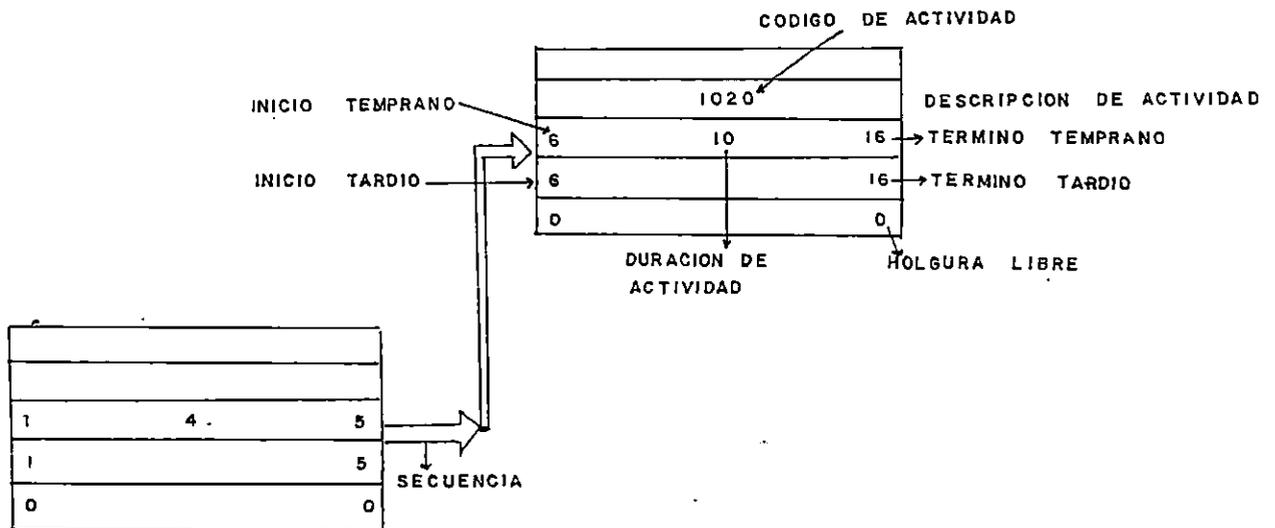
Para su mejor comprensión, la red ABC destaca lo siguiente:

- La ruta crítica se determina tomando en cuenta los tiempos de duración más tardía de las actividades y a la vez viene determinada cuando en los rectángulos, donde se dan a conocer las actividades a realizarse, los tiempos más tardíos y tempranos de inicio de éstas son iguales, así como los tiempos más tardíos y más tempranos de fin

lización de las actividades son iguales.

- Las holguras se determinan en aquellas actividades que no pertenecen a la ruta crítica y se calculan a partir de la diferencia entre el tiempo más tardío menos el tiempo más temprano de la finalización de las actividades. 1/

A continuación se presenta la simbología utilizada en la red:



1/ Tomado de Tesis: "Estudios que deben realizarse para llevar a cabo un modelo administrativo en la ejecución de proyectos". Realizada por: Gilma Flores Guevara-Héctor Portillo. 1985. U.E.S.

1.2.3. Uso de programas de computación en construcción.

El alcance que han logrado las computadoras hoy en día en todos los campos es realmente sorprendente, y es así como el campo de la ingeniería no ha logrado escaparse de su participación.

Para la elaboración de Programaciones de Obras (Construcción de edificaciones, carreteras, caminos rurales, etc.), existen ciertos programas codificados que al proporcionarles una lista de actividades componentes de un proyecto en una secuencia lógica, éstos pueden accederlos a su memoria y elaborar Diagramas de Barras o Gantt, PERT y CPM.

En el medio en que se desenvuelven las programaciones de Obras Camineras existen variedad de programas entre los cuales se puede mencionar: el Harvard Total Project Manager (HTPM) y el Time Line.

El grado de eficiencia logrado por tales programas computacionales es significativo ya que facilita las operaciones de programación generando ahorro de tiempo y dinero que es un fin indispensable que se persigue en todo proyecto a realizar. Asimismo, los programas de construcción de caminos elaborados pueden ser sujetos a reprogramaciones posteriores sin que por ello causen interferencias en el programa de trabajo preestablecido.

A continuación se proporciona cierta información especí-

fica correspondiente al Programa denominado HTPM, ya que es el que ha estado a mayor disposición de consulta.

Harvard Total Project Manager (HTPM) es un conjunto completo de herramientas, de manejo de proyectos que es utilizada para administrar los proyectos de construcción de caminos en forma más eficiente.

El HTPM permite usar muchos de los métodos estandar para la definición de proyectos y la organización de las tareas que componen un proyecto, incluyendo la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT), Diagramas de Gantt, Método de la Ruta Crítica (CPM), Estructuras de desglose del trabajo y muchas variantes sobre estos métodos. El HTPM - permite supervisar el progreso y costos planificados, y también asignar y supervisar los recursos humanos y de equipo usados para un proyecto. El Harvard Total Project Manager (HTPM) puede automatizar muchas de las tareas inherentes al manejo moderno de proyectos.

Harvard Total Project Manager (HTPM) es un poderoso sistema de administración de proyectos que dispone de las herramientas y técnicas que se necesitan para administrar proyectos en forma exitosa.

Típicamente, el proceso de programar las tareas y las fechas de inicio y finalización de un proyecto representa un paso esencial en la administración de un proyecto. Se necesita saber cuándo debería iniciar un proyecto y cuándo debe-

ría estar finalizado. También es importante saber cuando se necesitan comenzar las tareas que forman un proyecto y si se pueden atrasar ciertas tareas sin efectos adversos.

De la misma manera se requiere saber cuándo contratar las personas requeridas para un proyecto y cuándo programar las fechas de contratación del equipo necesario para un proyecto.

Para proyectos en los que se necesita administrar en forma más efectiva el recurso humano y el equipo involucrado, el HTPM provee una opción de administración de recursos: esta opción permite asegurar que el recurso humano y el equipo necesario para completar un proyecto y dentro de un presupuesto establecido estarán disponibles cuando se necesiten.^{1/}

^{1/} Tomado de Seminario de Computación para Constructores. Julio 1991. ASIMEI.

C A P I T U L O II :

LA LICITACION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS RURALES

2.1. Terminología utilizada en la licitación para la construcción de caminos rurales.

A continuación se presenta un listado de términos y su respectivo significado, los cuales son utilizados en la licitación de obras.

Adjudicación:

La aceptación por escrito, por parte del gobierno, de una propuesta (cotización).

Anuncio:

El aviso público, según el requisito legal, en el cual se solicitan ofertas para trabajos por realizarse, o el surtido de materiales que se especifiquen.

Carta de Resolución:

La carta del Ministerio dirigida al oferente triunfador en la licitación, informándole que se le adjudicará el contrato.

Contratista:

La persona natural o jurídica que, de acuerdo al contrato, tiene a su cargo la ejecución de la obra.

Contrato:

El instrumento jurídico suscrito, entre el gobierno y el contratista, de conformidad con la ley y que establece los derechos y obligaciones de ambas partes, para la ejecución de determinada obra.

Convocatoria para licitaciones:

El arreglo completo de documentos relacionados (bien sea

que vayan adjuntos o incorporados por referencia), suministrados a los presuntos licitadores para fines de sus propuestas.

Cotización:

La oferta de un licitador, en las formas prescritas, para ejecutar el trabajo y surtir los materiales, al precio cotizado.

Día calendario:

Cualquier día civil o natural del año, comenzando y terminando a medianoche.

Documentos contractuales:

Los documentos que forman parte integral del contrato, que son: La información para licitantes, los documentos de oferta, el instrumento jurídico firmado entre la proveeduría y el contratista, los requisitos especiales, los diseños de ingeniería, la fianza de fiel cumplimiento y las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes editadas por el Ministerio de Obras Públicas (Documento EG-78), las que serán obligatorias en todo, excepto en lo que discrepen con los otros documentos.

Duración del contrato:

El número de días laborables o de días corridos permitidos para el cumplimiento del contrato, incluyendo las ampliaciones del período que fuesen autorizadas. Cuando en la propuesta se fijasen un período de días corridos, en lugar del número de días laborables o naturales, el contrato deberá

quedar cumplido para esa fecha.

El Proveedor:

El funcionario encargado por ley, de las actividades de la Proveduría Específica de Obras Públicas. El Proveedor, firmará los contratos de estudios, diseños y construcción de caminos por parte del gobierno.

Fiadora:

La empresa, compañía o persona, aparte del contratista, que formaliza una fianza que deberá proporcionar el contratista.

Fianza de Pago:

La fianza proporcionada por el contratista y su fiador para garantizar el pago de las deudas amparadas por la fianza.

Fianza de Ejecución de Obra:

La fianza proporcionada por el contratista y su fiador para garantizar la ejecución del trabajo de acuerdo con el contrato.

Gobierno:

El Gobierno de la República de El Salvador, quien actúa por medio de sus representantes autorizados.

Licitador:

Un individuo, sociedad, empresa colectiva, o sociedad mercantil, que someta una propuesta para ejecutar el trabajo anunciado.

Licitación Pública:

Procedimiento previsto por la ley para contratar la ejecución de obras públicas.

Obra:

El trabajo o construcción a ejecutarse de acuerdo con los planos, especificaciones y demás documentos que forman parte del contrato.

Oferente:

Persona natural o jurídica que hace una oferta o propuesta para ejecutar el trabajo solicitado.

Oferta:

Propuesta presentada acompañada con todos los documentos requeridos.

Planos:

Los dibujos del proyecto que muestran la ubicación, índole y dimensiones del trabajo incluyendo la disposición, perfiles, cortes transversales y otros detalles.

Plazo:

Días calendario de que dispone el contratista para ejecutar la obra.

Subcontratista:

La persona natural o jurídica con quien el contratista subcontrata la ejecución de cualquier parte de la obra, con la debida autorización de la Proveduría Específica de Obras Públicas.

2.2. Procedimientos en la licitación para la construcción de caminos rurales.

2.2.1. Precalificación de Empresas.

2.2.1.1. Precalificación de empresas.

Anterior a una licitación ha aparecido, básicamente, la calificación de empresas, por la necesidad de garantizar la participación de aquellas empresas que cumplan con los requisitos mínimos indispensables, a criterio del propietario, para ser consideradas como apropiadas para ejecutar el proyecto a licitar.

La precalificación es un análisis de la capacidad técnica y financiera, organización empresarial y experiencia de las personas naturales o jurídicas, interesadas en participar posteriormente en una licitación y puede efectuarse con el propósito de clasificar a las empresas en grupos, ya sea por su capacidad económica o especialidad.

La precalificación tiene un uso generalizado en el sector público, a través de los Ministerios y entidades autónomas; además es un procedimiento recomendado por instituciones u organismos internacionales de financiamiento. Generalmente, en los casos de contratos de magnitud o complejidad considerable es aconsejable la precalificación, a fin de ase

gurar con anterioridad a la presentación de ofertas, que las llamadas a licitación se envíen solamente a empresas apropiadas.

La precalificación de empresas está representada en el esquema 1.

2.2.1.2. Información necesaria para la precalificación de empresas.

1. Características básicas de la Empresa.

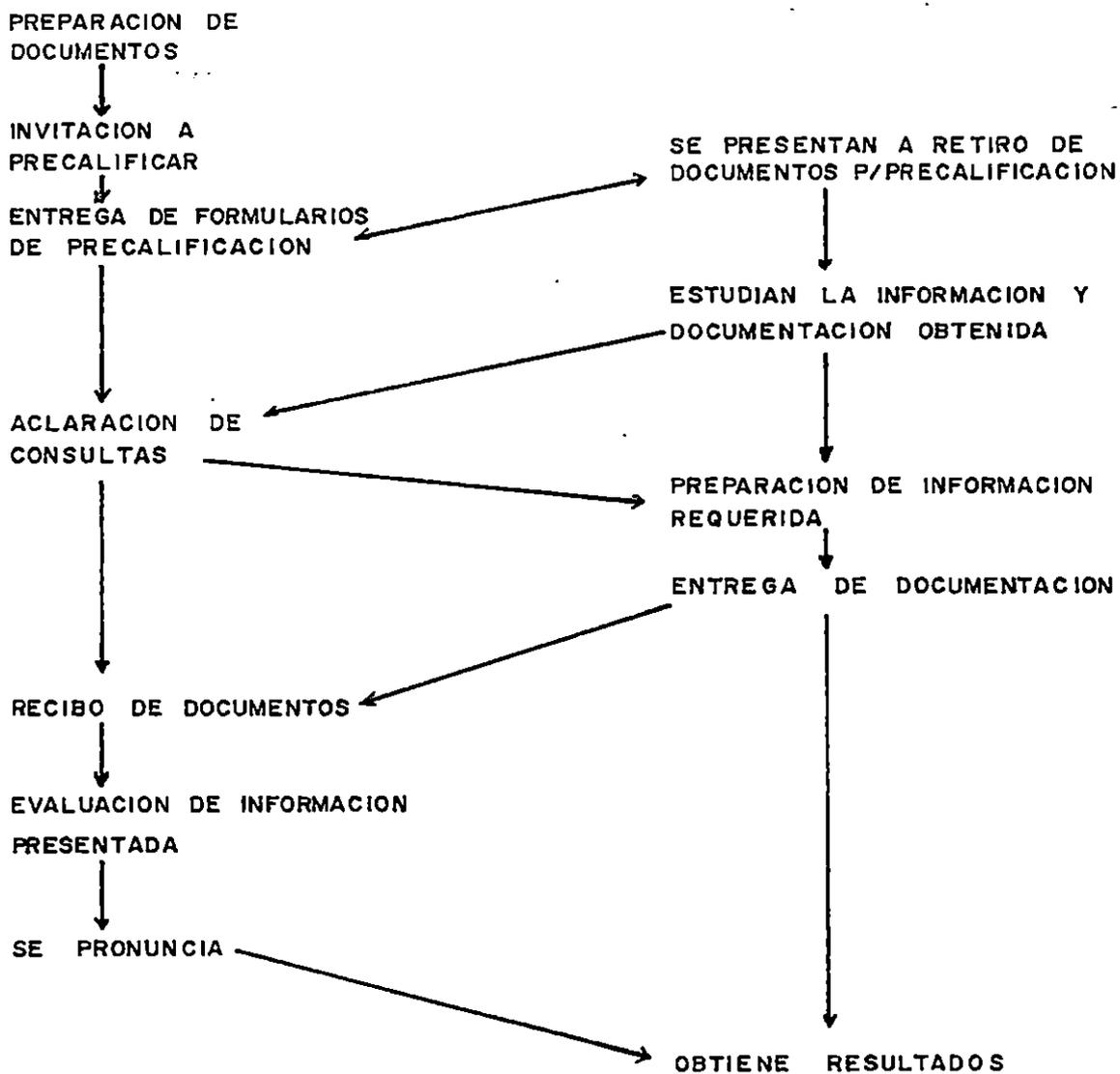
Con los datos suministrados, se analizarán el tamaño adecuado de la Firma con relación al Proyecto, su capacidad financiera y su estabilidad, debiendo proporcionar los concursantes la información que sigue:

- a) Nombre de la empresa.
- b) Año de fundación.
- c) Tipo de Organización.
- d) Dirección de la Oficina Principal.
- e) Nombres de los socios principales de la empresa.
- f) Nombre de los miembros asociados a la empresa.
- g) Nombres y especialidades del personal clave de la empresa.
- h) Número total de profesionales, en los últimos tres años, en especialidades afines al Proyecto, con desglose de acuerdo a éstas.

PROCESO DE PRECALIFICACION

PROPIETARIO

INTERESADOS



ESQUEMA I

- i) Número total de empleados durante los últimos tres años.
- j) Estados financieros de los últimos tres años, acreditados mediante certificados contables.

2. Experiencia de la empresa.

Con esta información se evaluará la experiencia de la empresa en Proyectos semejantes al propuesto, en un ámbito general; para lo cual los concursantes deben proporcionar:

- a) Número de Proyectos semejantes al propuesto realizados por la empresa en los últimos tres años.
- b) Monto total del contrato suscrito por la empresa en cada uno de los Proyectos anteriores.
- c) Número de proyectos semejantes al propuesto, realizados por empresas o Firmas asociadas, en áreas de desarrollo similar a la contemplada durante los últimos tres años.

Para cada proyecto debe indicarse el nombre y tipo; su localización, nombre y dirección del dueño y costo estimado de la construcción.

3. Aptitudes de la empresa.

Con los datos que los concursantes suministren, se evaluará la disponibilidad de servicios especializados, si ellos son necesarios, y la experiencia tanto del personal clave de la empresa como de los otros profesionales,

debiendo para ello, informar lo siguiente:

- a) Instalaciones de computación, propia, laboratorios y otros servicios requeridos por el Proyecto.
- b) Número y nombres de expertos del personal clave y de los otros profesionales.
- c) Número y nombres de expertos del personal profesional con más de diez años de experiencia en sus disciplinas.

4. Capacidad para la ejecución del Proyecto.

La información requerida servirá de base para cuantificar el cumplimiento en el desarrollo de Proyectos dentro de programas; dentro de presupuestos y la asistencia que puede obtener de otras Firmas y expertos individuales, para lo cual es necesario:

- a) Información certificada de los meses programados y los realmente empleados en el desarrollo de Proyectos, semejantes al propuesto, concluidos en los últimos tres años. Las extensiones en tiempo, si las hubo deben ser plenamente justificadas.
- b) Información certificada del costo originalmente propuesto y del costo real, para Proyectos concluidos, semejantes al propuesto realizados durante los últimos tres años. Los incrementos en el costo, si los hubo, deben ser plenamente justificados.
- c) Asociación o consorcio con otra u otras empresas para

la ejecución del Proyecto propuesto. El concursante debe suministrar para todas y cada una de las Firmas integrantes del consorcio, información igual a la que se solicita para la precalificación.

- d) Relación con otra u otras Firmas que tengan expertos especializados en actividades del Proyecto.
- e) Relación con expertos individuales de alto nivel, especializados en actividades del Proyecto.

2.2.2. La licitación.

2.2.2.1. La licitación.

Esta etapa abarca desde la invitación a licitar, publicada en el periódico o por carta si hubo precalificación, hasta la recepción y apertura de ofertas.

Dentro de todo el procedimiento de licitación pública, se cuenta con dos elementos importantes: los documentos involucrados y los procedimientos. Son fundamentales los documentos en la etapa de licitación, pues para el propietario tenga la oportunidad de seleccionar una buena oferta debe proporcionar a los oferentes la información necesaria para que preparen sus ofertas de acuerdo a los requerimientos del propietario.

Toda esta información se encuentra contenida en los docu

mentos de licitación. Es ahí donde se establecen las bases y condiciones para el proceso que lleva hasta tener a la vista la oferta.

El procedimiento básico de una secuencia lógica de licitación se muestra en el esquema 2.

2.2.2.2. Contenido de la Oferta Técnica.

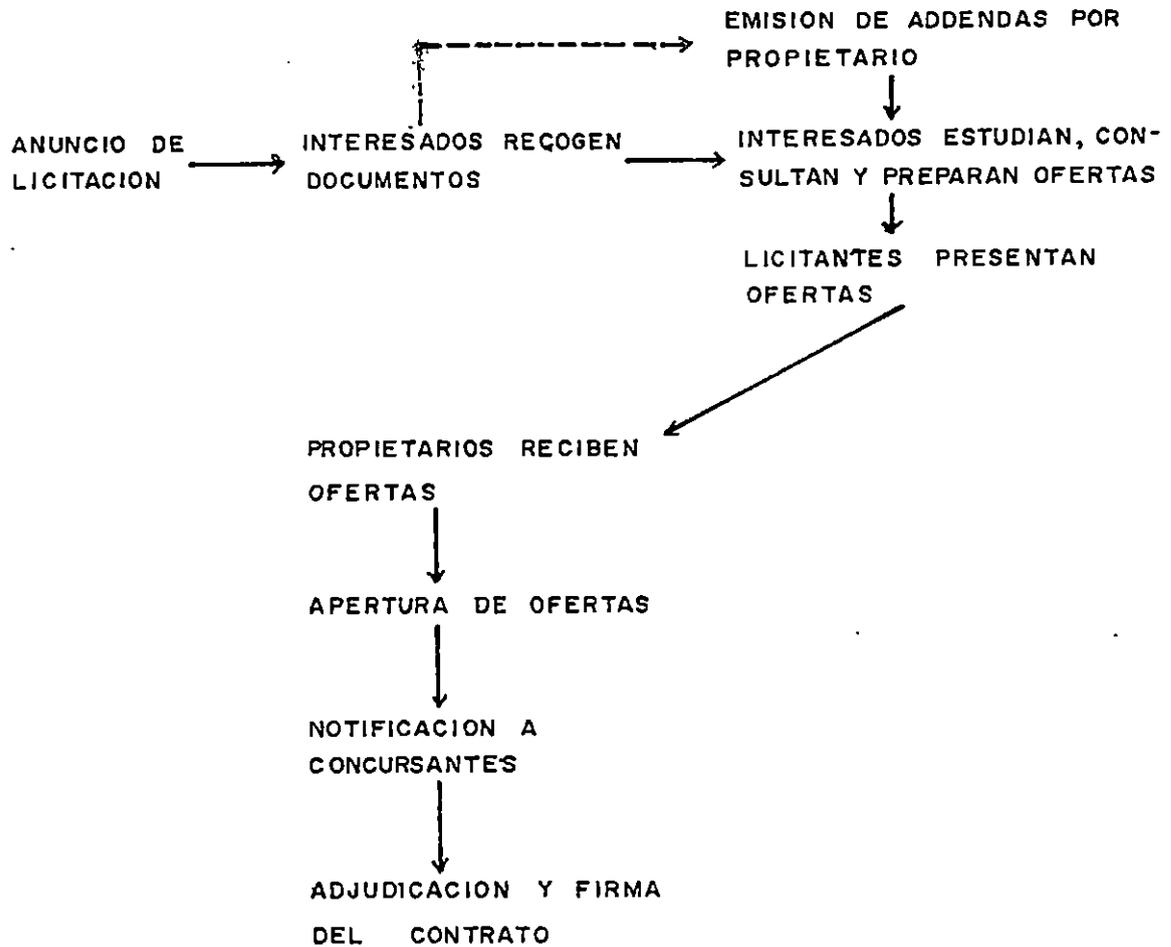
Los concursantes preseleccionados, una vez que han recibido la notificación respectiva, prepararán, para entregar en el lugar, fecha y hora señalados en el documento, su oferta Técnica, la cual debe comprender, en el orden y alcances indicados, lo siguiente:

1. Información de tipo General.

El concursante debe suministrar:

- a) Nombre de la empresa.
- b) Dirección de la oficina Principal.
- c) Documentos que acreditan la autorización para la persona que firma la Oferta Técnica.
- d) Comentarios en cuanto al alcance de los servicios requeridos, al sistema de remuneración, a la forma de pago y al contenido del Contrato.
- e) Declaración de haber recibido la documentación aclarando o modificando aspectos del Concurso.
- f) Declaración de haber visitado o no, la región o sitio

SECUENCIA DE LICITACION



ESQUEMA 2

del proyecto.

2. Alcance de los servicios ofrecidos por la empresa.

La oferta técnica debe contener, en forma clara y precisa, una descripción del alcance de los servicios que la empresa ofrece al cliente.

3. Metodología.

El concursante describirá detalladamente la metodología que pretende usar en el desarrollo del Proyecto.

4. Programa de Trabajo.

Mediante diagramas y descripción, el concursante indicará el programa de trabajo que se propone desarrollar, mostrando claramente la duración de todas las actividades que el Proyecto involucra.

5. Asignación de Personal.

La empresa hará la asignación del personal, cuantificando en meses-hombre las labores para todos y cada uno de ellos, acompañando las hojas de vida de los profesionales y técnicos, en las cuales debe identificarse con precisión, la educación profesional y los años de experiencia que poseen para el cargo a desempeñar.

Se especificará el personal de oficina y el asignado directamente al proyecto, señalando sustitutos.

Será rechazada la oferta técnica cuando un miembro del personal clave de la empresa, presta sus servicios profesionales con remuneración a otra organización.

6. Organización Administrativa.

Con el uso de organigramas, el concursante debe indicar y luego describir la Organización Administrativa que pretende dar al Proyecto.

7. Iniciación de actividades

La Oferta Técnica debe señalar los días calendario que la empresa necesita para dar inicio a las actividades del Proyecto, contados a partir de la orden de proceder.

8. Subcontratos.

Si alguna de las fases del Proyecto, considera el oferente darla por subcontrato, está obligado a suministrar la información que permita al Comité Ejecutivo poder calificar la responsabilidad y experiencia de la empresa o em-presas que la llevarán a cabo.

Para este fin, debe proporcionar, por lo menos:

- a) Nombre de la empresa o empresas.
- b) Año de fundación.
- c) Dirección de la oficina principal.
- d) Nombre y especialidades del personal clave.
- e) Nombre y especialidades de otro personal profesional.
- f) Estados financieros.
- g) Número y cuantía de contratos, similares al propuesto, realizados durante los últimos tres años, indicando condiciones de cumplimiento.
- h) Organización y asignación de personal, cuantificando

en hombre-meses la duración de las actividades de todos y cada uno de ellos, acompañando las hojas de vida de los profesionales y técnicos.

- i) Programa de trabajo.
- j) Iniciación de actividades.

2.2.2.3. Contenido de la oferta económica.

La oferta económica debe elaborarse guardando debida concordancia con el sistema de remuneración que el documento Bases para el Concurso, señala como el adoptado.

Su contenido, en el orden y alcances indicados, debe ser el siguiente:

1. Información de tipo general.
 - a) Nombre de la empresa.
 - b) Dirección de la oficina principal.
 - c) Documentos que acreditan la autorización para la persona que firma la oferta económica.
2. Asignación de los salarios básicos mensuales a todo el personal involucrado en actividades del Proyecto.
3. Cuantificación y desglose de las prestaciones sociales inherentes a los salarios básicos anteriores (soportado en estados financieros).
4. Desglose y cuantificación de los costos indirectos (soportado en estados financieros).

5. Desglose y cuantificación de los costos directos.
6. Indicación del porcentaje para cubrir riesgos y ganancia.
7. Importe total de la oferta económica.
8. Desglose en moneda nacional.
9. Forma de Pago.

Si en la oferta técnica se ha considerado la realización de alguna actividad del Proyecto por subcontrato, debe suministrarse igual información para éste último.

Para la evaluación o negociación de la Oferta Económica por parte del Comité, se tendrá como referencia el presupuesto Base elaborado por él.

2.2.3. La adjudicación.

2.2.3.1. La adjudicación.

Posteriormente a la recepción y aperturas de ofertas, el propietario procede al análisis y evaluación de las mismas, para luego seleccionar al futuro contratista, o bien para declarar desierto el concurso, si así lo estima conveniente.

De esta forma, lo relevante de esta etapa son los procedimientos de evaluación. Dependiendo de lo acertado que sea el análisis, así será el resultado que se obtenga.

Existen dos procedimientos que indican cuándo presentar

una oferta económica y cuando una oferta técnica; así:

- a) Con calificación previa. Si el procedimiento de licitación pública, previa a la invitación a licitar, precalificó las firmas, lo normal es que ya en esta etapa de adjudicación, sólo se analice la oferta económica de las empresas calificadas; lo cual indica que ya se evaluó su respectiva oferta técnica. Sin embargo, puede darse el caso que el propietario solicite cierta información adicional junto a la oferta económica, si el lapso entre la precalificación y la presentación de ofertas ha sido lo suficientemente prolongado como para que la situación técnica o financiera de las empresas concursantes hubiere sufrido cambios.
- b) Sin calificación previa. En este caso es aquel en que no ha habido precalificación y por tanto la presentación de la oferta económica es simultánea a la presentación de la oferta técnica. Debido a esta simultaneidad, surgen dos diferencias fundamentales con relación al procedimiento normal:
 - En la apertura de las ofertas, sólo se hace una revisión del cumplimiento de los requisitos en cuanto a documentos a presentar.
 - Si del análisis de la oferta técnica, resultan eliminadas algunas empresas, entonces se

les devuelve, sin haber sido abierto, el sobre que contiene su oferta económica.

A partir de este momento, el procedimiento es igual que si hubiere precalificación.

2.2.3.2. Evaluación de ofertas.

Para decidir que ofertas de las presentadas es la más adecuada a los intereses del propietario, se estudian minuciosamente cada una de ellas a fin de seleccionar la más acertada para la eficiente ejecución del proyecto.

La evaluación de las ofertas que se realizan actualmente por la mayor parte de los organismos gubernamentales encargados, carecen considerablemente de los lineamientos que en realidad deberían ser tomados en cuenta a la hora de evaluarlas, ya que prevalecen aspectos de carácter preferencial a ciertas empresas; y todo el proceso evaluador se realiza sólo por cumplir con un requisito exigido por el que financia el proyecto.

Aunque se hace necesario que el gobierno publique a través de los medios de comunicación (periódicos) una lista de las cotizaciones de precios de costos unitarios.

El proceso evaluativo persigue conocer la capacidad tanto técnica como económica, y la disponibilidad de las empresas que concursan para la realización del proyecto; estos as

pectos deben ser discutidos ampliamente entre los encargados de dicho estudio, de acuerdo a las necesidades y la importancia de la obra a ejecutar.

Las personas encargadas de hacer el estudio de las ofertas forman parte de un comité de análisis que está integrado por personas de las diferentes ramas que comprende el proyecto, para poseer mayor objetividad.

El comité tiene la autorización de aceptar o rechazar aquellas ofertas que se encuentren bajo las siguientes circunstancias:

- a) Que estén en conflicto con los documentos contractuales.
- b) Que incluyan partidas indebidas, rubros o cantidades de obra y sumas globales del plan de propuesta y alternativas no requeridas.
- c) Que hayan sido entregadas después de la hora estipulada en las bases de licitación.

Criterios y Parámetros en el tratamiento de la Oferta Económica.

Las instituciones y organismos financieros internacionales, no son muy específicos en la adjudicación. Por ejemplo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), establece que la adjudicación debe hacerse a la oferta más ventajosa de acuerdo con las bases de licitación.

Comúnmente el criterio básico es seleccionar a la oferta

que resulte ser la más conveniente a los intereses del propietario, y que el aspecto que es considerado más importante en construcción al evaluar las ofertas, es el costo y, en algunos casos, el tiempo de ejecución.

Cuando existe variedad de aspectos a evaluar, de la optimización de los criterios establecidos se obtiene la propuesta más conveniente.

El procedimiento más utilizado en el país para la evaluación de las ofertas es el siguiente:

- 1- En la primera etapa del análisis de ofertas se eliminarán todas aquellas que no cumplan con lo previsto en el plan de propuestas y demás especificaciones del concurso.
- 2- En la segunda etapa se descalificarán todas las ofertas que se encuentran fuera del intervalo comprendido entre el 85% y el 110% del presupuesto oficial; y únicamente clasificarán para la etapa final de la adjudicación las ofertas que se encuentren dentro de dicho rango.
- 3- Se adjudica a la oferta más baja dentro de ese rango o intervalo.

2.2.4. La Contratación.

El momento último del procedimiento de licitación pública podría señalarse como aquel en que las personas encargadas de manejar el concurso, y específicamente quien anali

za las ofertas, hace la recomendación concreta a las autoridades respectivas, del oferente a quien ha de adjudicarse el contrato.

La contratación puede considerarse de carácter jurídico, pues aquí se desarrolla una serie de trámites legales, propo-siciones y discusión del borrador de contrato, que finalizan con la firma del mismo por ambas partes.

Cuando se ha llegado a un acuerdo en la contratación entre el propietario y el oferente, producto de una negociación en donde podría modificarse la cantidad por la que serán efec-tuados los trabajos, si existe financiamiento externo, dicho contrato es enviado a la institución financiera para que dé el visto bueno.

Posteriormente, se envía todo el expediente del concurso a la Corte de Cuentas de la República, quien aprobará defini-tivamente el contrato, pues es ella la encargada de llevar la fiscalización de los contratos. En dicho expediente deben incluirse: la reserva de crédito, las fianzas, la resolución, los documentos del concurso y el contrato. En caso de que no sea satisfactorio el contrato por incumplimiento de algún re-quisito, la Corte de Cuentas lo devuelve al propietario con las observaciones respectivas para que sean tomadas en cuen-ta y repetir este trámite.

El contrato es el instrumento legal en el que se estable-cen las normas bajo las cuales, las partes involucradas se

regirán durante la realización del trabajo. En él se explica la manera en que el contratista debe llevar a cabo los trabajos; la forma en que el propietario o su representante los aceptará y la manera en que serán cancelados los mismos.

En el contrato se define claramente: a) la identificación de las partes contratantes; b) la extensión y carácter del trabajo a ejecutarse, incluyendo el costo de la obra; c) condiciones y limitaciones; d) modalidad de contratación y e) documentos que se consideran parte integrante del contrato.

2.3. Duración de las actividades en el proceso de licitación.

Generalmente las programaciones elaboradas por las empresas dedicadas a la construcción de caminos no consideran la inclusión del lapso de licitación, porque tales trámites se consideran independientes de la ejecución del proyecto.

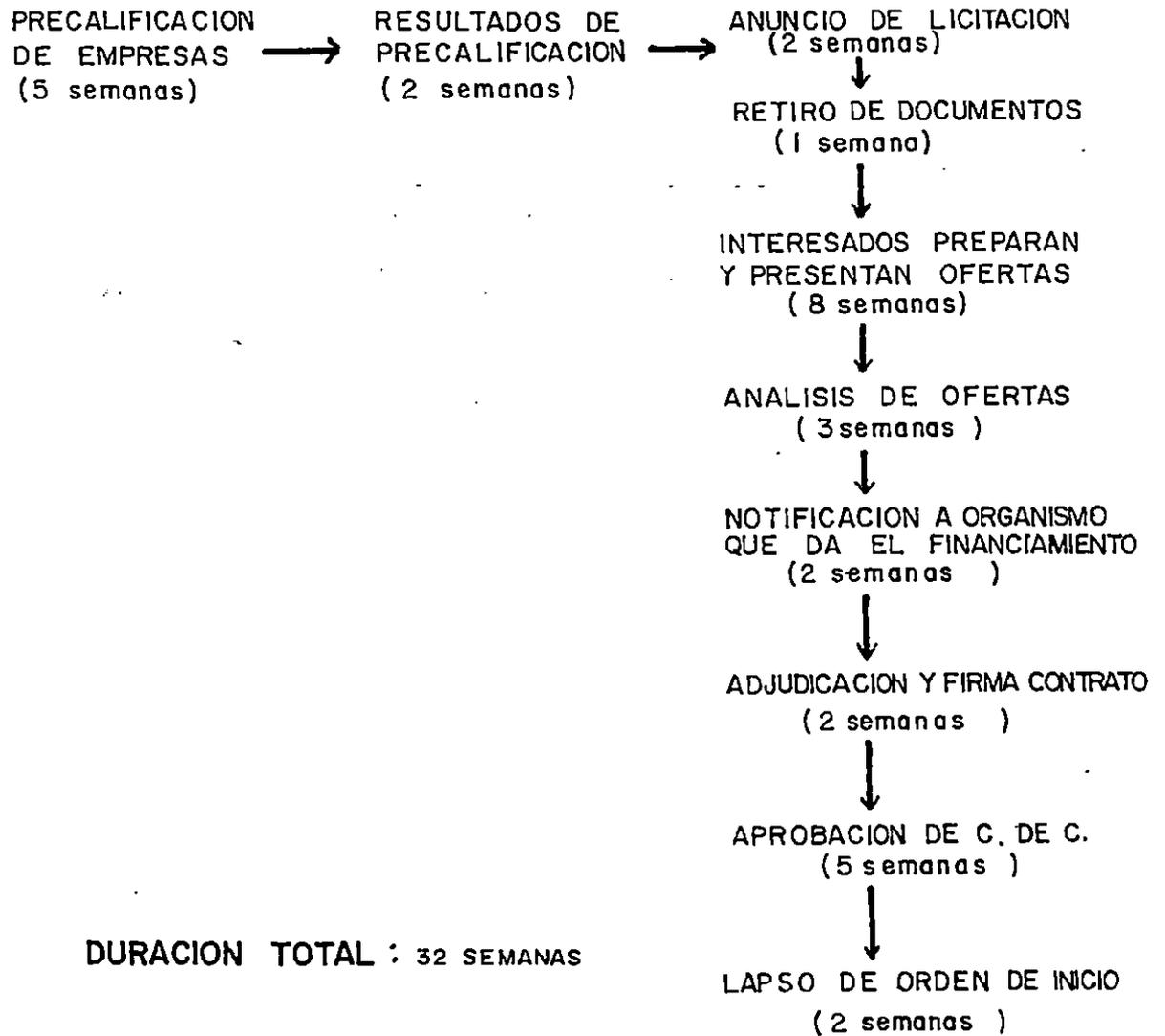
Sin embargo, la inclusión de estos pasos, por mínimos que se consideren son de gran ayuda a las empresas licitantes ya que les permitirá tener una idea más clara de todos los procesos que conlleva un proyecto caminero comenzando desde la etapa de licitación, continuando con el inicio de las obras y finalizando con la entrega de las mismas ya terminadas, pudiendo con ello identificar la conveniencia y oportunidad para licitar un proyecto específico según su volumen de trabajo.

La duración de los procesos que comprende la etapa de li citación debe ponderarse eficientemente a fin de lograr cul- minar a tiempo con la presentación de la oferta y la orden - de inicio de las obras.

En todo proyecto de construcción de obras, ya sean éstas de edificaciones o construcción de caminos o carreteras, dentro del proceso de licitación, la preparación de la oferta consume una duración, la cual es importante saber llevar a - tiempo ya que el descuido de esta fase puede llevar a una empresa constructora a perder la oportunidad de concursar para obtener la adjudicación de un proyecto determinado al prepararla tardía o ineficiente.

Seguidamente, en el esquema 3, se muestran las distintas actividades que componen una etapa de licitación. Las duraciones especificadas no son datos precisos que deban cumplirse al pie de la letra, sino datos estimados que pretenden -- ayudar en alguna forma a las empresas concursantes a conducir un mejor programa de actividades para la culminación con éxito de dicha etapa.

DURACION DEL PROCESO DE LICITACION



ESQUEMA 3

CAPITULO III :

"EL METODO DE LA RUTA CRITICA (CPM)
APLICADO A OBRAS DE ING. CIVIL"

3.1. Generalidades

El método de la ruta crítica constituye una técnica - eficaz en la planeación de todo tipo de proyectos. Consiste en la representación del plan de un proyecto en un diagrama o red donde se expresa la relación de los componentes del - proyecto, así como una secuencia lógica entre tales componentes.

Anteriormente, era el diagrama de Gantt el más usado en - los planes de construcción, pero desde su invención, el método de la ruta crítica "CPM" (critical path method) o camino crítico ha resultado más útil y eficaz.

El CPM permite la consideración de varios tipos de técnicas constructivas para su evaluación.

Una vez elaborado el diagrama CPM se observa cuales se-- rán las actividades que regirán la ejecución de actividades para su finalización.

A fines de los años cincuenta (1956-1958), en su inicio, el método del camino crítico empleó la técnica del diagrama de flechas para construir un modelo gráfico del proyecto.

El diagrama de flechas es una técnica que se emplea mu-- cho desde que se empezó a aplicar la planeación de redes y se ha comprobado que se puede computarizar fácilmente, lo que es muy conveniente cuando se trata de proyectos que contienen muchas actividades.

Además, el esquema de dos números para identificar la actividad es una referencia conveniente, ya sea que los cálculos del programa se hagan manual o mediante computadora.

Con este diagrama se puede hacer fácilmente una representación con escala de tiempo, similar al conocido diagrama de barras; esto es muy útil.

3.2. Ventajas del método de la ruta crítica (C.P.M.)

Este método permite :

1. Descomponer un proceso productivo en actividades de diferente orden de importancia y organizar la planeación, programación y ejecución del proceso de acuerdo con esa descomposición.
2. Coordinar efectivamente el trabajo y deslindar las responsabilidades de los diferentes organismos involucrados en cada una de las partes de un proceso productivo durante la planeación, programación y ejecución del proceso.
3. Utilizar eficientemente la experiencia del personal directivo adquirida en la ejecución de procesos similares para elaborar en conjunto un plan maestro que incluya todas las actividades de un proceso.
4. Determinar cuales son las actividades de un proceso que controlan su duración (actividades críticas) y las holgas o márgenes de tiempo disponible para retrasar ciertas actividades sin alterar la terminación del proceso -

productivo.

5. Determinar la forma de acelerar un proceso para lograr el costo directo mínimo, así como el de analizar el efecto de cualquier situación imprevista y tomar medidas correctivas eficientes.
6. Determinar de antemano, con la precisión que se desee, los recursos requeridos en cualquier momento durante la ejecución de un proceso.
7. Comparar planes y programas alternativos para un mismo proceso o parte del mismo, y seleccionar el que mejor se adapte a las condiciones propias de la empresa o institución encargada de ejecutar el proceso.
8. Que el personal directivo principal de un proceso sólo tenga que intervenir cuando ocurra una situación imprevista.
9. Hacer sustituciones del personal directivo en cualquier momento, sin trastornar la ejecución del proceso.
10. Comparar ordenadamente los datos supuestos con los valores reales de ejecución y determinar el efecto de las variaciones. Esto servirá para la ejecución de planes futuros.

3.3. Elementos esenciales en la planeación

Cualquiera que sea la técnica que se escoja para planear

un proyecto, se puede mostrar un breve bosquejo de los elementos, sin los cuales no se puede trabajar, siendo estos los siguientes: materiales, maquinaria de trabajo, mano de obra, dinero y tiempo.

Los materiales constituyen los elementos o insumos necesarios para terminar el trabajo, los que son estimados a partir de los planos y demás especificaciones contenidos en el proyecto; así se encontrará cuales son los tipos y cantidades de materiales requeridos.

La maquinaria de trabajo que se utilizará depende de los procedimientos constructivos y de los materiales que se vayan a emplear. Es importante contar con la existencia y disponibilidad del equipo; esta condición debe preverse con anterioridad, especialmente en los casos de grandes movimientos de tierra como lo es la terracería en construcción de carreteras.

En lo que respecta a la mano de obra, la necesidad de ésta puede ser muy diversa: personal especializado, personal nacional o extranjero, obreros con hábitos propios de la zona del proyecto, etc., todo con el objeto de no ocasionar atrasos en los trabajos.

El capital es lo que permite que se proyecten y desarrollen las obras; éste puede ser propio de la empresa o adquirido mediante créditos. Los fondos son necesarios para otorgar garantías a los clientes al inicio de los proyectos y -

principalmente para su desarrollo, ya que en muchos casos - la empresa debe efectuar compra de material, pago de equipo y mano de obra, mientras se recibe el pago de los servicios, el cual se realiza hasta finalizado cierto porcentaje físico de las obras. Deben efectuarse todos los arreglos previos - para que el dinero siempre se encuentre disponible.

El último elemento a considerar es el tiempo. Además de que el cliente puede disponer en el contrato de fechas de -- terminación de las obras, la empresa debe buscar la duración óptima de los proyectos. Si el tiempo no tuviera consecuencias, cada operación podría ser ejecutada con el objeto de - obtener el mínimo costo directo y esto podría ser logrado -- con maquinaria barata y con suficiente tiempo, lo cual tendr-- dría como consecuencia mayores costos indirectos.

Como se habrá observado, existe una dependencia aparente entre los elementos antes expuestos, lo cual puede evitarse en cierto grado preparando en el siguiente orden un programa para cada elemento: - El tiempo es básico y debe programarse en el primer momento y dársele mucha atención.

- Programar los requerimientos de material; de esta forma, las entregas pueden ser fácilmente cumplidas si se relacionan con la determinación del tiempo de las actividades dadas por el diagrama básico.

- Preparar un programa de la utilización de maquinaria y equipo. Esto contribuirá con la toma de decisiones sobre la

compra o renta del equipo, además se agilizará la localización del equipo que se puede requerir en determinado momento.

- Cumplido lo anterior se debe programar la mano de obra, - sea esta especializada o no. Una programación óptima servirá para la reducción de gastos de contratación o despidos; - así mismo se logrará efectuar una asignación eficaz para cada operación.

3.4. Grado de división en los proyectos

Antes de efectuar los trabajos de planeación del proyecto debe tenerse muy claro cual será el grado de división de la obra en sus distintas operaciones.

Con frecuencia, las redes se tienen que asignar a diversos niveles administrativos. Ninguna red satisfecerá tales necesidades, y el planeador considerará si se deben elaborar dos o tres redes adicionales para satisfacer estas exigencias. El planeador puede empezar por elaborar primero la red destinada a los niveles superiores y luego dividir las actividades en sus componentes; o bien, puede empezar al nivel más bajo que desee y elaborar la red destinada a los niveles superiores integrando varias actividades en una sola.

No hay reglas firmes a seguir para determinar el nivel de detalle de una red. Puede seleccionarse el tipo de trabajo o la clasificación de las tareas de los recursos humanos, o ambos, como base para elaborar la lista de actividades.

Otro procedimiento aceptado ampliamente es dividir el - proyecto de acuerdo con sus diversos elementos. Su aceptación se debe a que la mayoría de los proyectos tienen elementos fácilmente identificables a los que se les pueden asignar tiempos de duración. Estos elementos coinciden también con ideas tradicionales de proyecto que a menudo se expresan en el diagrama de barras de programación.

La cantidad de trabajo puede servir como guía para la división de un proyecto en actividades, la cual es similar a - una selección basada en la localización. Por lo general, esto implica hacer una división arbitraria con base a una cantidad razonable de trabajo; la intención es acortar el tiempo de duración que tarda el proyecto.

3.5. Diagrama de flechas

3.5.1. Secuencia lógica de la red

El diagrama de flechas consiste en la representación esquemática de un proyecto determinado, y está formado por los elementos siguientes: Evento y Actividad.

Evento : Es un hecho bien definido en el tiempo que marca el comienzo o terminación de una actividad (no la ejecución de la misma); generalmente está representado por un círculo y no consume recursos.

Actividad : Puede ser real o ficticia.

Actividad Real :

Es una parte del proyecto que se desarrolla entre dos -- eventos sucesivos y se encuentra representada por una flecha. No representa ninguna magnitud escalar o vectorial. Consume uno o varios de los recursos humanos, económicos ó materiales.

Actividad Ficticia:

Es la que se utiliza para indicar una imposición y dependencia entre ciertos eventos de la red o diagrama. No consume tiempo ni recursos y es representada por una flecha pun--teada.

En términos generales la forma de representación de es--tos eventos es la siguiente:



- Condiciones para la correcta elaboración del diagrama de flechas

El diagrama de flechas está constituido por un número de caminos o cadenas de eventos y actividades consecutivas necesarias para desarrollar completamente el proyecto.

A la correcta preparación del diagrama de flechas se le atribuye un gran porcentaje del valor del método del camino crítico. Algunos estiman que representa un 50% del valor del CPM, ya que una buena planificación constituye la parte esencial para la eficaz ejecución del proyecto. Un diagrama de flechas, por el mismo dinamismo del método CPM, requiere revi-

siones periódicas, análisis, reajustes y actualizaciones.

La exacta elaboración del diagrama de flechas depende en gran parte de las siguientes condiciones :

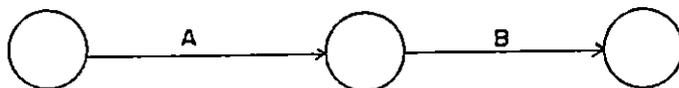
- a) Cada actividad está representada por una sola flecha y a cada flecha corresponde una sola y única actividad, por lo que dos eventos no pueden estar unidos más que por -- una flecha.
- b) Toda actividad que termina en un mismo punto debe preceder a aquella que empieza en ese punto y toda actividad que empieza en un punto debe estar precedida por toda -- aquella que termina en ese punto.
- c) El diagrama no puede tener ningún circuito cerrado, es - decir que cuando una actividad es ejecutada ya no se puede volver a ella.
- d) Una actividad no puede iniciarse hasta que aquella o aque- llas que la preceden en forma inmediata no sean realiza- das.

- Diagramas de precedencia

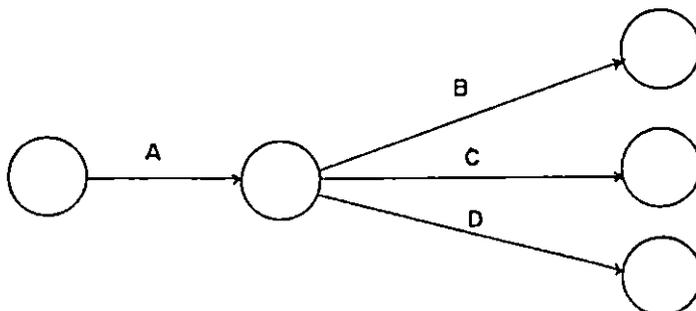
En todo proyecto hay tareas que deben ser ejecutadas antes o en forma simultánea con otras, es decir, hay relaciones de orden que deben respetarse. Por medio de los diagramas - puede representarse en forma gráfica esta situación.

Ejemplo de diagrama de precedencia :

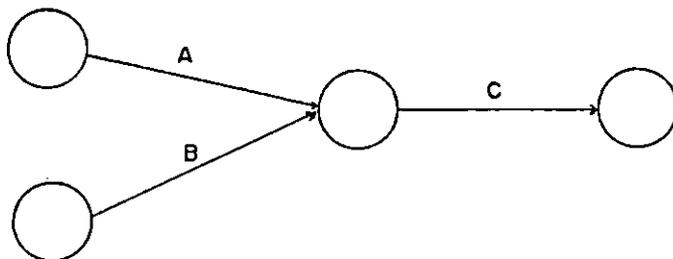
- La actividad A, representada por la primera flecha, debe preceder a la actividad B.



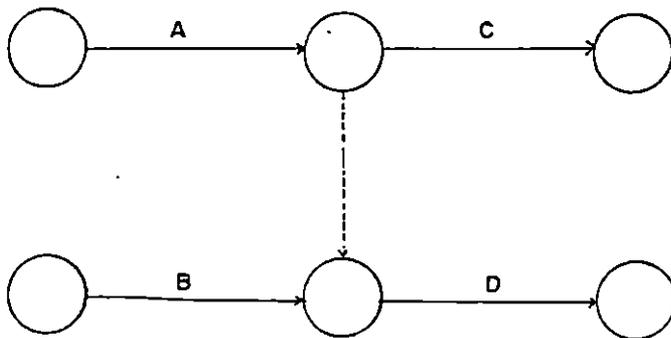
- La actividad A precede a las actividades B, C y D.



- Las actividades A y B deben preceder a la actividad C.



- La actividad A precede a la actividad C y las actividades A y B preceden a la actividad D.



3.5.2. Pasos Iniciales en la construcción del Diagrama de Flechas.

Un proyecto de construcción es un conjunto de operaciones individuales o actividades. El orden en que estas actividades se inician y la relación de unas con otras, constituye el plan de construcción del proyecto.

En el inicio del proyecto, deben establecerse algunos - pasos preliminares que ayudarán de gran medida para la construcción del programa de trabajo. Se enumeran a continuación tales pasos:

1. Deberá tenerse claro cuál será el grado de división del proyecto en sus actividades. Como ilustración se propone el proyecto de construcción de una red de tuberías. Esta obra consta de varias actividades, las cuales pueden especificarse y subdividirse aún más, según sea el interés del constructor. Así inicialmente se plantea la siguiente división de trabajo.

Actividades principales en la construcción de una red de tuberías: Adquisición de tuberías, adquisición de válvulas, trazo de excavación, excavación, colocado de tubería y válvulas, prueba, relleno, limpieza y entrega.

Algunas actividades pueden dividirse aún más, por ejemplo, el colocado de tubería y válvulas, se dividiría en colocado de tubería y colocado de válvulas y esta última se divide aún más, en hacer cajas para válvulas y colocar luego las

válvulas.

Posteriormente se dará una ampliación de las actividades según sea la necesidad del programador.

2. Las actividades en que se ha dividido el proyecto deben colocarse en una tabla para establecer luego su orden de secuencia o si se desea de precedencia. Tal cuadro se llamará "Tabla de Secuencias" o "Tabla de precedencias."
3. Debe formularse una lógica de construcción o el orden específico de las actividades. Esto implicaría un planteamiento preciso de las relaciones entre todas ellas. La ordenación general de las actividades de un proyecto no es fácil, ya que muchas veces su propia descripción implica una localización relativa dentro del trabajo, sin embargo, el orden específico es más difícil y requiere consideraciones cuidadosas.

Se presentan a continuación preguntas sencillas que deben formularse en el establecimiento de la lógica de construcción y donde se obtienen las relaciones entre actividades :

- a -¿Qué actividades deben ser terminadas inmediatamente antes del inicio de la actividad que se analiza?
- b -¿Qué actividades son independientes y pueden ejecutarse simultáneamente con la actividad que se considera?

c -¿Qué actividades deben iniciarse después de la terminación de la actividad que se analiza?

Se recomienda para este trabajo el uso de la última pregunta, ya que permite mayor facilidad de análisis.

Cuando se analiza cada actividad contribuye considerablemente a tener presente limitaciones como la mano de obra, otras impuestas por decisiones administrativas y las restricciones dadas por las técnicas constructivas.

Las respuestas a la pregunta c) deben ser colocadas a continuación de la tabulación de actividades.

La tabulación de actividades y sus secuencias se presentan a continuación; al mismo tiempo, debe observarse que las actividades han sido modificadas en su división.

Lista de actividades ampliada y secuencia lógica para el proyecto de construcción de una red de tuberías.

<u>Actividades</u>	<u>Secuencia de - las actividades</u>
1. Contratación de personal y equipo	2, 3, 4
2. Transporte al sitio de la obra	5
3. Adquisición de tuberías	5, 6, 9
4. Adquisición de válvulas	10
5. Trazo de ejes	7
6. Acondicionamiento de accesorios	10
7. Excavación de zanjas	11
8. Preparación de cajas para válvulas	12, 13
9. Colocar y pegar la tubería	12, 13

10. Colocar válvulas	14, 15
11. Anclajes de concreto	15
12. Relleno de zanjas	15
13. Terminar cajas para válvulas	16
14. Prueba de la red de tubería	17
15. Limpieza	16
16. Retiro personal y equipo	17
17. Entrega	-

La secuencia de las actividades se ha encontrado al analizarlas una por una, preguntándose ¿qué actividades se realizarían luego de finalizar aquella que se considera?; algunas operaciones describen de por sí su orden de ejecución, como lo es el efectuar el trazo de ejes antes de la excavación de zanjas.

Se observará en la Fig. 1 como se ha elaborado el diagrama de flechas para el ejemplo de la red de tuberías, basándose en el listado de actividades anterior y efectuando un arreglo apropiado de las flechas y nodos.

3.5.3. Numeración de la red

La numeración de los eventos se efectúa una vez que se han completado las partes esenciales del diagrama. Las letras "i" y "j" son asignadas sin ningún criterio.

La numeración en la red se efectúa para su identificación.

El orden de numeración debe ser tal, que el número en la

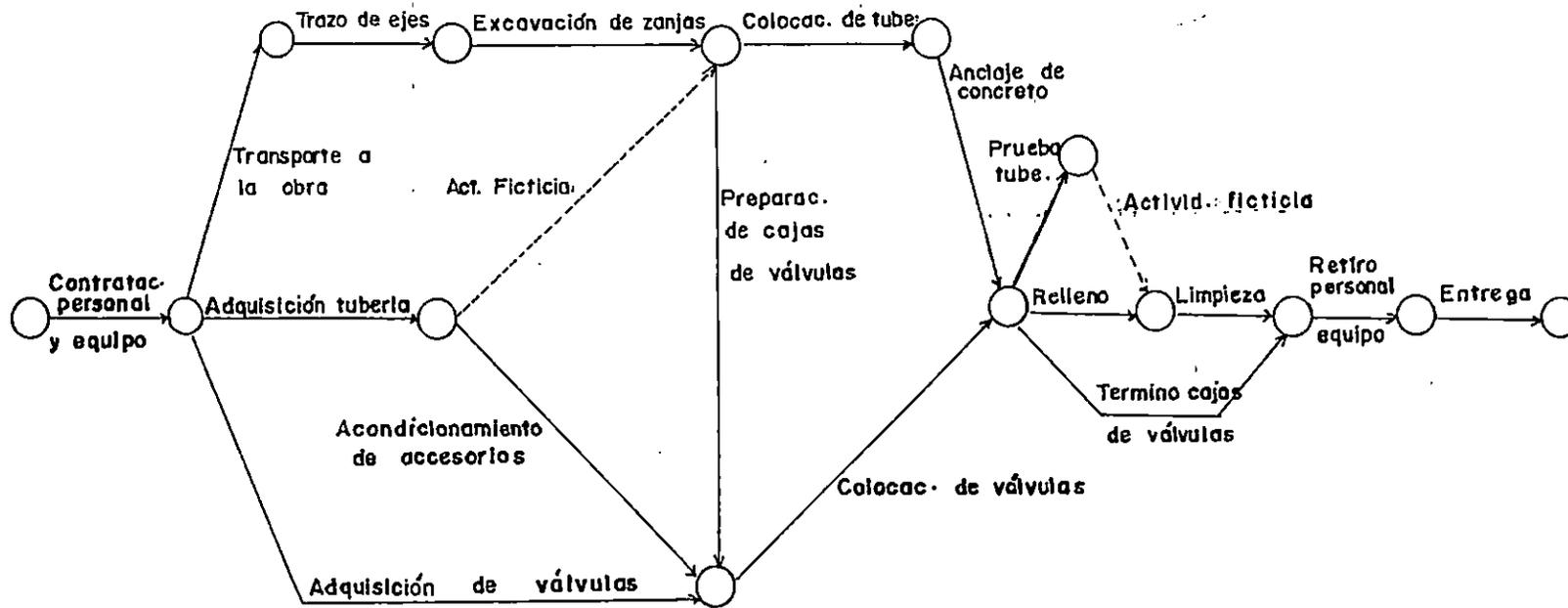


Diagrama de secuencia para la construcción de una red de tuberías

FIGURA 1

punta de la flecha sea siempre mayor que el número que aparece en su inicio. El proyecto, entonces, se comienza con el primer evento (con un dato de referencia) y se continúa, evento por evento, hasta la terminación del trabajo.

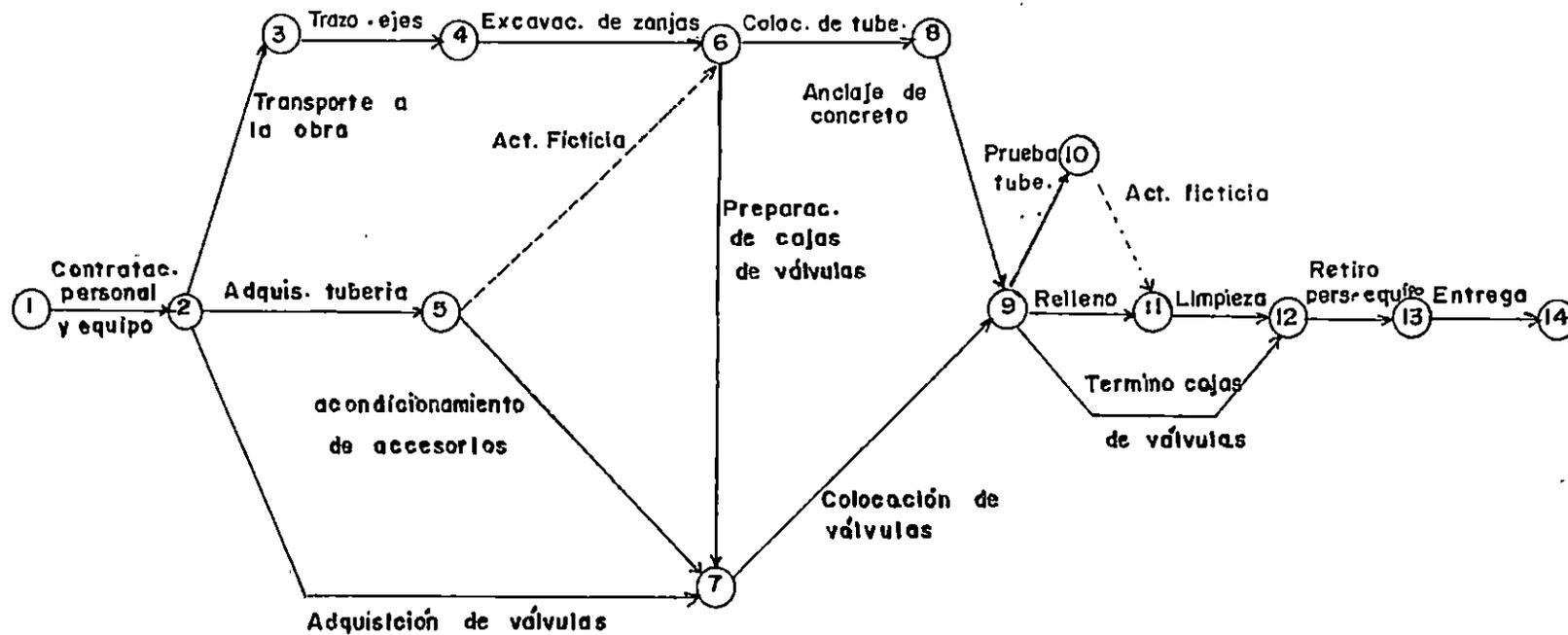
En el trazo de un diagrama de flechas siempre deberá verificarse :

- A) Que cada nodo represente correctamente la relación completa que existe entre todas las actividades que concurren a él, y parten de él.
- B) Que todas las actividades que salgan de un nodo tengan idéntico índice inicial, y todas aquellas que llegan a uno, tengan idéntico índice final.
- C) Que cada actividad tenga un sólo par de índices que la represente, con el número del evento de la punta mayor que el número del inicio.

Para ilustrar este punto se realizó la numeración del diagrama de flechas del proyecto de construcción de una red de tuberías, ver la Fig. 2.

3.5.4. Determinación de la duración de las actividades del proyecto

Cada actividad tiene un tiempo estimado de ejecución, el cual se indica colocando bajo la flecha que la identifica, un número que representa ese tiempo, medido en horas, días, semanas, etc. Este tiempo llamado "duración normal" se de-



Numeración del diagrama de flechas del proyecto de construcción de una red de tuberías

FIGURA 2

termina en base a :

1. Registros referentes a la duración de actividades iguales. Las empresas constructoras han elaborado registros de tiempos tipo para las distintas actividades ejecutadas, que se llaman "tablas de rendimiento"; de no poseer se esta información, es necesario efectuar entrevistas directas en el campo u observaciones de las operaciones que se ejecutan.
2. Experiencia del programador o sus ayudantes en la ejecución de proyectos similares. Esto contribuye mucho al no contarse con las estadísticas o registros adecuados.
3. Estimaciones del programador en aquel tipo de obras que no se hayan ejecutado antes.

Cuando se estime la duración de las actividades debe tratarse de ser lo más exacto posible, ya que la eficacia de la programación en C.P.M. dependerá de ello.

Para el ejemplo propuesto de la red de tuberías, los --
 NO tiempos se han tomado sin ningún criterio y se presentan en la red de la Fig. 3. La fórmula utilizada para obtener el tiempo de ejecución de las actividades es :
$$\text{Duración} = \frac{\text{Cantidad de obra}}{\text{Recursos} \times \text{Rendimiento unitario}}$$

3.6. Fechas de inicio y terminación tempranas y tardías

Cada actividad de la red o diagrama de flechas está relacionada con cuatro valores del tiempo de su ocurrencia. Estos se identifican como:

FTEI : Fecha temprana de inicio

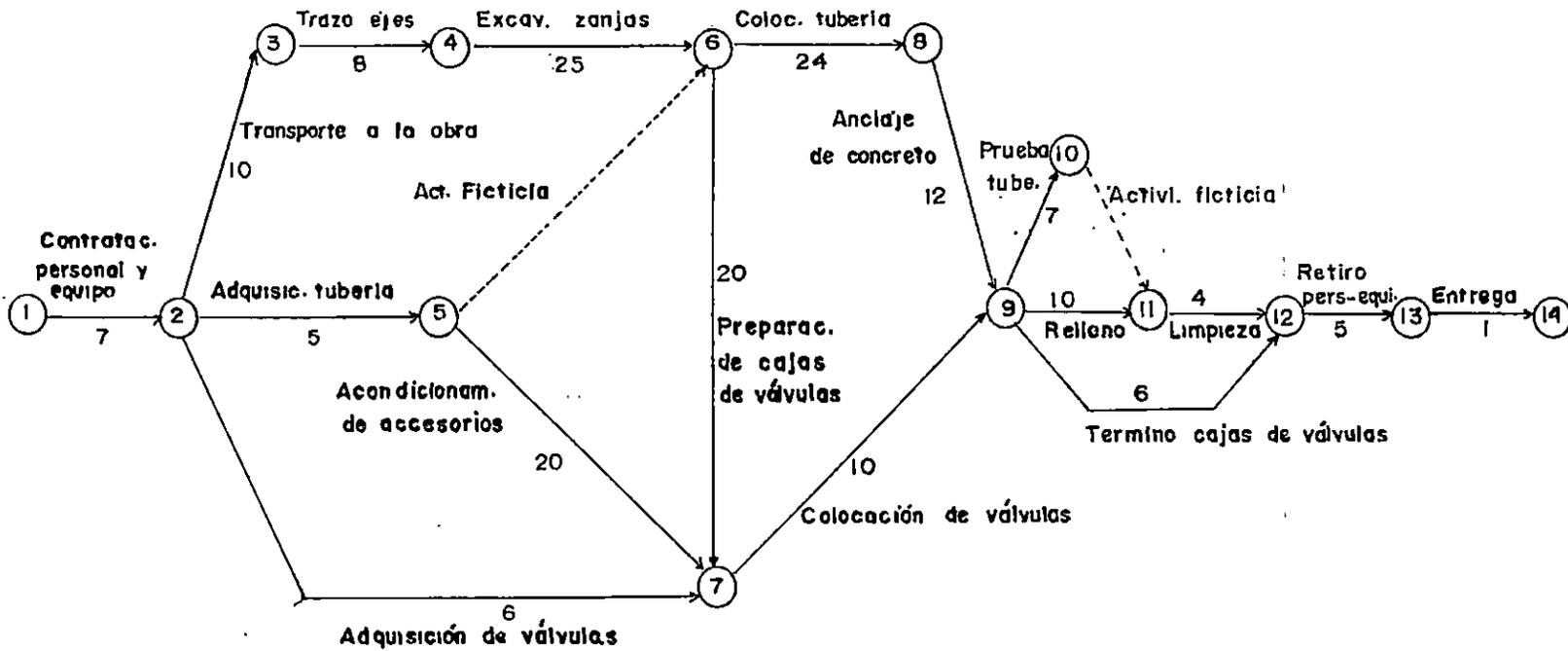


Diagrama de flechas para el proyecto de tubería con su duración de las actividades en días.

FIGURA 3

FTET : Fecha temprana de terminación
 FTAI : Fecha tardía de inicio
 FTAT : Fecha tardía de terminación

Teniendo presente que cada actividad posee un inicio y una terminación definidos y que éstas se representan en los nodos mediante los extremos inicial y final de las flechas de actividades, simbolizaremos a estos nodos con las letras "i" y "j" que nos servirán como índice al tratar las cuatro fechas mencionadas y otros valores relativos a las actividades.

La fecha temprana de inicio para una actividad, FTEI, es el punto más cercano en el tiempo en que puede iniciarse una actividad que sale de su nodo inicial. La fecha tardía de terminación, FTAT, es el punto más lejano en el tiempo en que puede terminar una actividad que llega al nodo final de dicha actividad. La fecha temprana de terminación, FTET, depende de la determinación de la fecha temprana de inicio, y la fecha tardía de inicio, FTAI, está relacionada con la fecha tardía de terminación.

En la Fig. 4, se representa una actividad con una barra en escala de tiempo. El tiempo de duración de la actividad se presenta en T_{ij} .

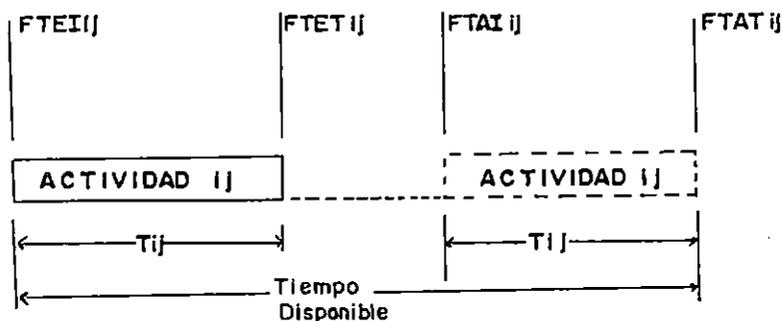


FIGURA 4

Con base en las definiciones planteadas, el tiempo total disponible está dado por la diferencia de tiempos entre $FTAT_{ij}$ y $FTEI_{ij}$. Dentro de este lapso se muestra la actividad en dos posibles posiciones en el programa; una en el punto más cercano y otra en el punto más lejano. El programa que se tiene cuando todas las actividades de la red están situados en el lugar de inicio temprano, se llama PROGRAMA DE INICIO TEMPRANO. De manera semejante cuando cada actividad está situada en el lugar más lejano, se llama PROGRAMA DE TERMINACION TARDIA.

3.6.1. Programa de inicio temprano

El objetivo de los cálculos será de estimar la duración del proyecto, utilizando en este caso las fechas tempranas de inicio y terminación. La duración del proyecto se determina buscando en la red una cadena continua de actividades, que se inicia en el nodo inicial, que termina en el nodo final y que tenga el mayor tiempo de duración.

El procedimiento que se usará para tal estimación es el de sumar sucesivamente la duración de las actividades a lo largo de la cadena hasta llegar a un nodo de fusión. En éste, la suma mayor de los tiempos de duración de cada ruta que llega al nodo, se toma como el inicio de las actividades siguientes. La suma continúa hasta el siguiente punto de fusión, y estos pasos se siguen hasta llegar al nodo final. -

Mientras se hacen las sumas, se pueden encontrar los valores de inicio y terminación tempranos de una actividad, y éstos pueden ser tabulados conforme se encuentran. Los cálculos del programa se empiezan asignando el valor de "Tiempo cero" a los valores de FTEI de las actividades que se inician en el nodo inicial.

La fecha temprana de terminación, $FTEI_{ij}$, para cualquier actividad ij , se obtiene al agregar la duración de la actividad, T_{ij} , a la $FTEI_{ij}$, lo cual se puede expresar de la manera siguiente :

$$FTEI_{ij} = FTEI_{ij} + T_{ij}$$

3.6.2. Programa de terminación tardía

Mediante el procedimiento que se explica a continuación, se obtienen los tiempos más lejanos posibles para la iniciación y terminación de las actividades. Estos valores se obtienen encontrando la ruta con mayor tiempo de duración que va desde el nodo final hacia atrás hasta el nodo inicial de la red del proyecto.

Los cálculos se inician asignando una fecha tardía de terminación a todas las actividades que se fusionan en el último nodo del proyecto y restando sucesivamente las duraciones de las actividades a lo largo de cada cadena hasta llegar a un nodo de bifurcación. En este último, el valor más pequeño de las fechas de inicio más tardía calculada pa-



ra cada ruta que sale de ese nodo, se toma como fecha tardía de terminación para todas las actividades que entran al nodo de bifurcación. Una vez que se tomó la decisión, se continúa restando hasta llegar al próximo punto de bifurcación. Entonces se toma la decisión de nuevo y se continúa el proceso de manera parecida hasta llegar al nodo inicial.

Es necesario para efectuar el procedimiento anterior, que se establezca una suposición respecto a cual será la fecha de terminación tardía del proyecto, para lo cual es muy común el empleo de valor de la fecha temprana de terminación.

Los valores de inicio y terminación tardíos para las actividades, deben ser tabulados a medida que se encuentran al determinar la ruta más larga, cuando se efectúa la revisión desde el final hasta el inicio.

La fecha tardía de inicio, $FTAI_{ij}$, para cualquier actividad ij , se encuentra restando la duración de la actividad, T_{ij} , de la fecha tardía de terminación, $FTAT_{ij}$, y se expresa con la ecuación siguiente :

$$FTAI_{ij} = FTAT_{ij} - T_{ij}$$

Ejemplo :

Para lograr una mayor ilustración de la obtención de valores para las fechas temprana y tardía de inicio y terminación, así como de los programas de inicio temprano y terminación tardía se continúa con el ejemplo de la red de tuberías.

Inicialmente se efectúan los cálculos para obtener el programa de inicio temprano, obteniéndose la siguiente tabla :

i	j	Descripción de actividad	Duración	FTEI	FTET
1	- 2	Contratación de personal y equipo	7	0	7
2	- 3	Transporte al sitio de la obra	10	7	17
2	- 5	Adquisición de tubería	5	7	12
2	- 7	Adquisición de válvulas	6	7	13
3	- 4	Trazo de ejes	8	17	25
4	-- 6	Excavación de zanjas	25	25	50
5	- 6	Actividad Ficticia	0	12	12
5	- 7	Acondicionamiento accesorios	9	12	21
6	- 7	Preparación de cajas de válvulas	20	50	70
6	- 8	Colocar y pegar tubería	24	50	74
7	- 9	Colocar válvulas	10	70	80
8	- 9	Anclajes de concreto	12	74	86
9	-10	Prueba de la red	7	86	93
9	-11	Relleno de zanja	10	86	96
9	-12	Terminar cajas de válvulas	6	86	92
10	-11	Actividad ficticia	0	86	86
11	-12	Limpieza	4	96	100
12	-13	Retiro de personal y equipo	5	100	105
13	-14	Entrega	1	105	106

Para encontrar los valores de la tabla anterior se empleó

la ecuación $FTET_{ij} = FTEI_{ij} + T_{ij}$. Por ejemplo, la actividad 2-3, depende de la terminación de la actividad 1-2; por lo tanto, lo más temprano que se puede iniciar la actividad 2-3, es lo más temprano que se terminará la 1-2. Por lo tanto la FTET de la actividad 1-2 es de 7 días, así será para la actividad 2-3 la FTEI de 7 días. De igual manera el proceso continúa hasta el final de la red.

Debe prestarse atención a la FTEI de la actividad 6-7. Este valor depende de la FTET de las actividades 4-6 y 5-6 que se fusionan en el nodo 6 y que poseen valores de 50 y 12 días respectivamente. Puesto que se busca la ruta de mayor duración, se elige la FTEI de la actividad 6-7 como de 50 días. De igual manera se procede en los siguientes nodos de fusión.

El resultado del programa de terminación tardía es el -
mostrado en la siguiente tabla :

i	j	Descripción de la actividad	Duración	FTAI	FTAT
1	- 2	Contratación de personal y equipo	7	0	7
2	- 3	Transporte al sitio de la obra	10	7	17
2	- 5	Adquisición de tubería	5	45	50
2	- 7	Adquisición de válvulas	6	70	76
3	- 4	Trazo de ejes	8	17	25
4	- 6	Excavación de zanjas	25	25	50
5	- 6	Actividad ficticia	0	50	50

....

i	j	Descripción de la actividad	Duración	FTAI	FTAT
5	- 7	Acondicionamiento de accesorios	9	67	76
6	- 7	Preparar cajas de válvulas	20	56	76
6	- 8	Colocar y pegar tubería	24	50	74
7	- 9	Colocar válvulas	10	76	86
8	- 9	Anclajes de concreto	12	74	86
9	- 10	Prueba de la red	7	39	96
9	- 11	Relleno de zanja	10	86	96
9	- 12	Terminar cajas de válvulas	6	94	100
10	- 11	Actividad ficticia	0	89	39
11	- 12	Limpieza	4	96	100
12	- 13	Retiro de personal y equipo	5	100	105
13	- 14	Entrega	1	105	106

Para encontrar los valores de FTAI y FTAT se utilizó la ecuación $FTAI_{ij} = FTAT_{ij} - T_{ij}$. En el programa de inicio temprano se encontró que la terminación temprana de la actividad 13-14 era de 106 días. Se supone que este valor es la mayor cantidad de tiempo que podría requerir el proyecto y se toma entonces como la FTAT de la actividad 13-14.

Aplicando la ecuación se encuentra que la actividad 13-14 tiene un valor de FTAI de 105 días. Considerándose luego la actividad 12-13, y su FTAT es el punto más lejano en el tiempo en que se puede iniciar la actividad que le sigue, - siendo el FTAI de 13-14 de 105, corresponde a FTAT de 12-13

igual a 105 días.

El procedimiento anterior continúa hasta encontrar el valor de FTAI de la actividad 1-2.

Debe darse atención a la FTAT para la actividad 8-9 que se ha tomado como 86, que es el valor más pequeño de los valores de FTAI de 9-10, 9-11 y 9-12, que se bifurcan en el nodo 9. En los demás nodos donde existe bifurcación de actividades se procede de igual manera.

3.7. Holguras de tiempo en el desarrollo del proyecto

El espacio libre en el programa de una red de actividades se llama holgura. Para cada actividad del proyecto es posible calcular cuatro clases de holgura, a partir de los resultados de los cálculos del PROGRAMA DE INICIO TEMPRANO y el PROGRAMA DE TERMINACION TARDIA. Estos son: holgura total, holgura libre, holgura interferente y holgura independiente.

3.7.1. Holgura total

Esta se define como la cantidad de tiempo que se puede demorar la terminación de una actividad sin demorar la terminación del proyecto. Esta cantidad de tiempo se puede limitar entonces por la fecha más tardía en que se debe terminar la actividad y la más temprana en que se puede terminar. En forma de ecuación se expresa así :

$$HT_{ij} = FTAT_{ij} - FTET_{ij} \quad \text{ó} \quad HT_{ij} = FTAT_{ij} - FTEI_{ij} - T_{ij}$$

Donde : HT_{ij} será la holgura total

3.7.2. Holgura libre

Se define como la cantidad de tiempo que se puede demorar la terminación de una actividad sin demorar la terminación del proyecto, ni demorar el inicio de cualquier actividad siguiente.

Esta cantidad de tiempo estará limitada por las fechas temprana de inicio de las siguientes actividades inmediatas y la fecha temprana de terminación de la actividad que se trate.

La expresión, para cualquier actividad ij es :

$$HL_{ij} = FTEI_{jk} - FTET_{ij}$$

Donde : HL_{ij} es la holgura libre de la actividad ij y $FTEI_{jk}$ es la fecha temprana de inicio para cualquier actividad jk siguiente.

La holgura libre se puede considerar como el tiempo adicional que una actividad dispone, si todas las actividades del proyecto se van a iniciar en los tiempos más tempranos posibles.

3.7.3. Holgura Interferente

Se define como: La cantidad de tiempo que se pue-

de demorar la terminación de una actividad, sin demorar la terminación del proyecto, pero cuyo uso demorará el inicio de alguna de las siguientes actividades.

Sus límites de tiempo son la fecha más tardía en que se puede terminar una actividad y la fecha más temprana en que se puede iniciar la actividad siguiente. Su expresión es :

$$HINT_{ij} = HT_{ij} - HL_{ij}$$

Donde : $HINT_{ij}$ es la holgura interferente; o también se expresa así :

$$HINT_{ij} = FTAT_{ij} - FTEI_{jk}$$

Donde jk representa la actividad siguiente.

3.7.4. Holgura Independiente

Esta holgura representa la cantidad de tiempo que se puede demorar la terminación de una actividad sin demorar la terminación del proyecto, sin demorar el inicio de cualesquiera actividades siguientes, y sin ser demorada por ninguna actividad precedente.

Para que una actividad tenga holgura independiente cada actividad que le siga debe empezar tan pronto como sea posible y cada actividad precedente debe terminar lo más tarde posible. Su expresión es la siguiente :

$$HIND_{ij} = FTEI_{jk} - FTAT_{hi} - T_{ij}$$

Ejemplo : El cálculo de las holguras se ha realizado con las ecuaciones planteadas para cada una. Los resulta

dos se expresan en la siguiente tabla, junto con los resultados de los programas de inicio temprano - y terminación tardía.

i	j	Descripción	Duración	FTEI	FTET	FTAI	FTAT	HT	HL	HINT	HIND
1	2	Contratación personal y equipo	7	0	7	0	7	0	0	0	0
2	3	Transporte al sitio de la obra	10	7	17	7	17	0	0	0	0
2	5	Adquisición de tuberías	5	7	12	45	50	38	0	38	0
2	7	Adquisición válvulas	6	7	13	70	76	63	57	6	57
3	4	Trazo ejes	8	17	25	17	25	0	0	0	0
4	6	Excavación de zanjas	25	25	50	25	50	0	0	0	0
5	6	Actividad ficticia	0	12	12	50	50	38	38	0	0
5	7	Acondicionamiento accesorios	9	12	21	67	76	55	49	6	0
6	7	Preparación cajas válvulas	20	50	70	56	76	6	0	6	0
6	8	Colocar, pegar, tubería	24	50	74	50	74	0	0	0	0
7	9	Colocar válvulas	10	70	80	76	86	6	6	0	0
8	9	Anclajes de concreto	12	74	86	74	86	0	0	0	0
9	10	Prueba de la red	7	86	93	89	96	3	3	3	0
9	11	Relleno	10	86	96	86	96	0	0	0	0
9	12	Terminar cajas válvulas	6	86	92	94	100	8	8	8	8
10	11	Actividad ficticia	0	86	86	89	89	3	0	3	0
11	12	Limpieza	4	96	100	96	100	0	0	0	0
12	13	Retiro de personal y equipo	5	100	105	100	105	0	0	0	0
13	14	Entrega	1	105	106	105	106	0	0	0	0

3.8. Determinación de la Ruta Crítica

Mediante el programa de inicio temprano se eligió la ruta más larga a partir del nodo inicial del proyecto hasta el nodo final, así también la elección de los valores más pequeños de FTAT en los nodos de bifurcación, para el cálculo del programa de terminación tardía se determinó la ruta más larga a partir del nodo final hasta el nodo inicial. Las actividades que se encontró con las mismas fechas de inicio y terminación en los cálculos, deben estar en la ruta más larga entre esos nodos y las cuales no permiten demoras. Esta ruta se denomina "Crítica" porque cualquier pérdida de tiempo en ellas demorará la terminación del proyecto. Estas actividades que se encuentran en la ruta crítica son llamadas "actividades críticas".

Una forma sencilla de establecer cuales son las actividades críticas es calculando sus holguras. Aquella actividad con holgura total igual a cero es una actividad crítica, su fecha tardía de terminación será igual a la fecha temprana de terminación y la sustitución de estos valores en la ecuación de holgura total (HT) dará un valor de cero.

Para nuestro ejemplo se ha calculado la holgura total para todas las actividades, debe observarse aquellas cuya HT es igual a cero.

Las flechas que siguen la ruta crítica suelen diferenciarse de las actividades no críticas, trazándose estas últi

mas con líneas finas y las primeras deben sobresalir de la red. Esto se observa en la red final del ejemplo que se -- ilustra, observar la Fig. 5.

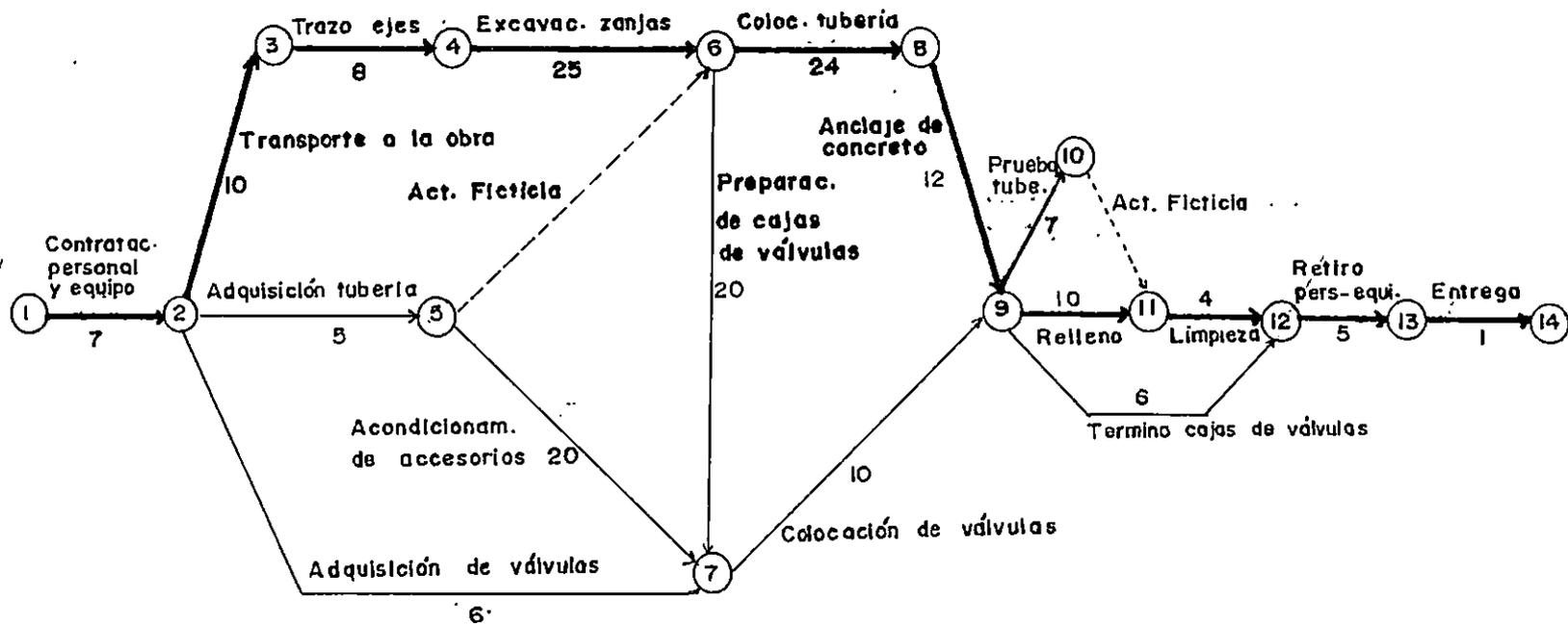


Diagrama de flechas para el proyecto de tubería mostrando la "Ruta Crítica"

- RUTA CRITICA
- RUTA NO CRITICA
- > ACTIVIDAD FICTICIA

FIGURA 5

CAPITULO IV :

ELEMENTOS CONSTITUYENTES, ESPECIFICACIONES TECNICAS Y
RENDIMIENTOS EN LA CONSTRUCCION DE
CAMINOS RURALES

4.1. Introducción

Este Capítulo abarca diversos apartados. El primero corresponde a una breve explicación de los elementos constituyentes de un camino rural tipo "A", destacándose elementos principales y complementarios. Seguidamente se muestran las secciones Típicas en corte y relleno del camino rural - "A", así como información sobre las especificaciones geométricas de diseño para un camino rural "A"

A continuación se procede a una descripción de las actividades generales que se realizan para la construcción de caminos rurales, desde el inicio de las obras hasta antes de la entrega de las mismas.

Finalmente, se presenta listas de materiales, mano de obra, maquinaria y equipo utilizado en las obras, así como sus correspondientes rendimientos.

4.2. Elementos constituyentes de un camino rural "A"

Los elementos más importantes que componen la sección transversal de un camino rural son: el ancho del camino (corona), las cunetas y contracunetas, los taludes, hombros, zona de derecho de vía, bombeo, distancia mínima de visibilidad, superficie de rodamiento balastada y otros elementos que se denominan complementarios como: las barreras o defensas protectoras, los hitos kilométricos, los bordillos, barandales y las obras de cruce.

- Definiciones de Elementos Principales :

a) Corona :

Es la superficie del camino limitada lateralmente por las aristas superiores de los taludes de terraplén y/o aristas interiores de las cunetas.

b) Bombeo :

Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación de agua sobre el camino.

c) Cunetas :

Son zanjas ubicadas a la orilla del camino en los cortes, destinadas a recoger el agua que escurre de la corona y de los taludes de los cortes.

d) Contracunetas :

Son canales cuya ubicación es prácticamente paralela al eje del camino, a media ladera del lado aguas arriba y a -- cierta distancia del corte, y tiene por objeto proteger contra el deslave de los taludes en los cortes.

e) Distancia Mínima de Visibilidad :

Es la mínima distancia de visibilidad que debe proporcionarse en cualquier punto de la carretera.

f) Hombro :

Area o superficie adyacente a ambos lados de la superficie de rodamiento, cuya finalidad es la de dar soporte lateral al pavimento, servir para el tránsito de peatones, y proporcionar espacio para el estacionamiento de vehículos. En los caminos rurales revestidos no están diferenciados.

g) Talud :

Es el área o superficie del terreno, en corte o relleno, comprendida entre la cuneta y el terreno original.

h) Superficie de Rodamiento Balastada :

Area o superficie formada por una o dos capas de balasto (material selecto sobre el que circulan los vehículos).

i) Zona de Derecho de Vía :

Area o superficie de terreno, propiedad del Estado, destinada al uso de una carretera o camino, con zonas adyacentes utilizadas para todas las instalaciones y obras complementarias y delimitada a ambos lados por los linderos de las propiedades colindantes.

j) Area de Reserva o Zona de Retiro :

Area o superficie de terreno adyacente a cada lado del Derecho de Vía comprendido entre el límite de propiedad frente a la vía pública y la línea de construcción.

Los elementos antes mencionados se ilustran en las Figs. 6 y 7.

- Definición de Elementos Complementarios :

a) Barandal :

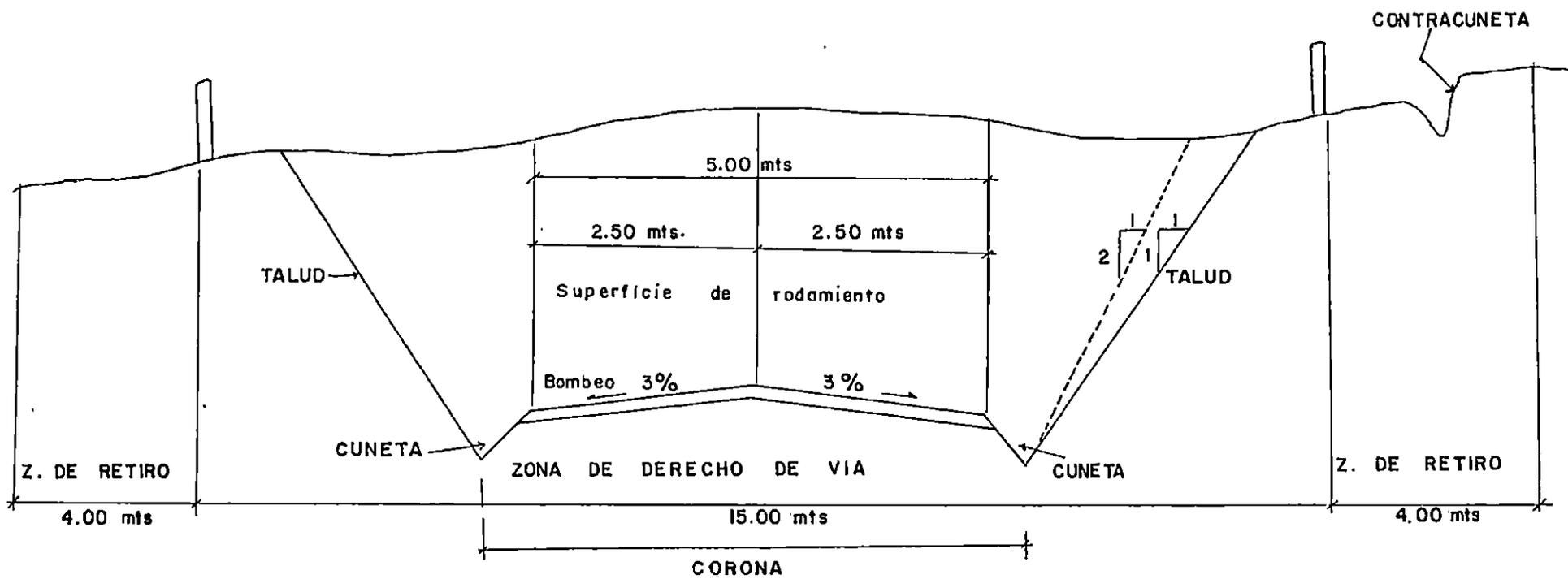
Armadura o muro construido a manera de remate de las aceras y que protegen a los vehículos y peatones.

b) Bordillo :

Es el cordón construido lateralmente al piso, que sirve para guiar la circulación de los vehículos y proteger las armaduras de los puentes.

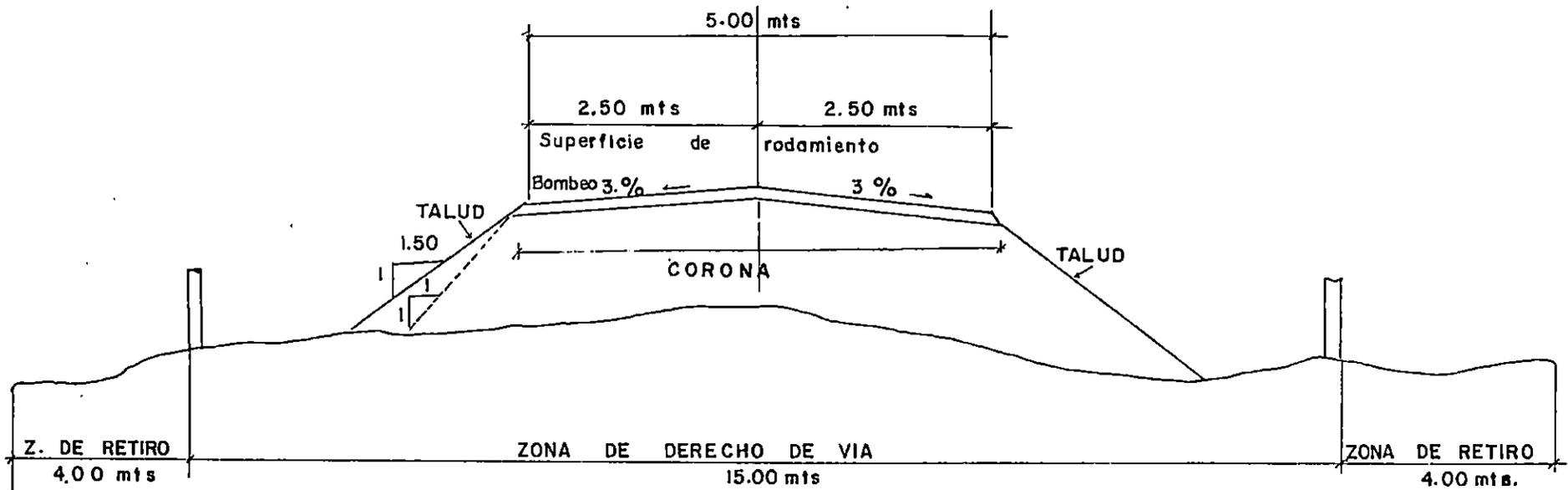
c) Defensas Protectoras :

Por sí solas no tienen un mensaje específico, sobre ellas podrán colocarse señales explicativas. Tienen como objeto -



SECCION TIPICA DE CORTE EN TANGENTE . CAMINO RURAL TIPO "A"

FIGURA 6



SECCION TIPICA DE RELLENO EN TANGENTE. CAMINO RURAL TIPO "A"

FIGURA 7

servir de obstáculo a la circulación en un tramo de la --
vía.

d) Hitos Kilométricos :

Mojón de concreto ubicado a la orilla del camino, el cual muestra la numeración de los kilómetros a lo largo de la vía.

e) Obras de Cruce :

i) Vado :

Estructura que permite el paso de vehículos a través de un río, arroyo o quebrada.

ii) Tubería :

Es una obra de drenaje construida con tubos de sección - circular o abovedada, diseñada y construida para desaguar - caudales de agua.

iii) Losas :

Son alcantarillas cuya sección transversal consiste de - una losa de concreto reforzado sobre estribos de mampostería.

iv) Bóvedas :

Son estructuras que reciben las cargas del camino en un arco de concreto simple o reforzado, de mampostería o de material corrugado.

v) Alcantarillas en cajón o celulares :

Son estructuras de concreto reforzado cuya sección transversal es un cajón diseñado con marco continuo.

En el Cuadro 2 se muestran las especificaciones de diseño para caminos rurales tipo "A".

CUADRO 2. ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS DE DISEÑO PARA CAMINO RURAL TIPO "A"

DESCRIPCION	UNIDAD	TIPO DE TERRENO		
		PLANO	ONDULADO	MONTAÑOSO
Tránsito promedio diario anual	Veh/día	50.00	a	100.00
Velocidad de Proyecto (V)	Km/h	50.00	40.00	30.00
Curva mínima	°Grado	17.00	30.00	58.00
Radio mínimo de curva	m	67.40	38.20	19.75
Distancia mínima de visibilidad para parar	m	45.00	30.00	22.50
Distancia mínima de visibilidad para evitar colisión	m	90.00	60.00	45.00
Pendiente máxima*	%	6.00	8.00	12.00
Curva valor $K \frac{l}{a}$	% m	8.00	4.00	3.00
Vertical longitud mínima = $0.6 v$	m	30.00	24.00	18.00
Sobreelevación máxima (s)	%	10.00	10.00	8.00
Bombeo (b)	%	3.00	3.00	3.00
Ancho del camino	m	5.00		
Ancho de los puentes	m	6.00		
Ancho del derecho de vía	m	15.00		
Carga para diseño		HS 20.44		
Tipo de superficie de rodaje		Revestido		
Drenaje		Definitivo		

* Las pendientes máximas indicadas pueden aumentarse hasta en un 3% en casos críticos y en longitudes cortas.

l = Longitud de curva vertical K = Recíproco de la variación de pendiente por unidad de longitud.
a = Dif. algebraica de pendiente.

FUENTE : SECCION DE CAMINOS RURALES. Dirección General de Caminos.

4.3. Especificaciones técnicas

SECCION I : TERRACERIA

1) Limpieza y chapeo.

Se desmontará, desyerbará, destronconará y removerá del terreno toda la vegetación y desechos dentro de los límites del Derecho de Vía de la nueva construcción y se prepararán todas las áreas sobre las cuales se va a colocar un relleno.

Dentro del área donde se lleven a cabo cortes y rellenos, se removerá del lugar de construcción todos los árboles marcados, así como las raíces, troncos, arbustos, cercas y cualquier otro material que interfiera.

El área a limpiar, podrá ser modificada por el Ingeniero residente o según instrucciones de la D.G.C. La limpieza y chapeo se hará con una cuadrilla de personal utilizando herramientas manuales y la maquinaria pesada sólo será utilizada para la operación de destronconado. Toda la limpieza, chapeo y destronque, deberá quedar terminada antes de iniciar las operaciones de descapote y se dispondrá de los desperdicios de manera que no perjudique la propiedad pública y privada.

2) Descapote.

Por descapote se considera la remoción de la capa superficial de material, hasta una profundidad de 30 cms.

Se descapotarán las áreas donde se harán excavaciones y cortes antes de que se comiencen éstos.

Los materiales producto del descapote se deberán transportar inmediatamente después de ejecutada dicha operación hasta zonas de desperdicios preestablecidas por el Contratista e Ingeniero residente. Las raíces y demás elementos combustibles deberán ser incinerados.

3) Remoción de estructuras existentes.

Las estructuras serán removidas por completo de la superficie de terreno y por debajo de ella. Todo trabajo se hará con un mínimo de movimiento de tierras.

El contratista no iniciará la demolición de una estructura hasta que sea notificado en forma escrita por el Ingeniero residente.

4) Excavación de la vía.

Será ejecutado todo el trabajo de terracería necesario para que la construcción se ajuste a los alineamientos, rasantes y secciones transversales a niveles de subrasantes, de acuerdo con los planos y especificaciones.

Los materiales a usarse en la construcción de la vía serán preferiblemente de naturaleza rocosa o granular.

La vía deberá ser nivelada a todo lo ancho de la sección transversal y conformada, incluyendo las cunetas típicas, an

tes de colocar el revestimiento granular de la superficie o de terminar la superficie de la vía.

La excavación de la vía debe iniciarse en un sitio o si tios definidos del Proyecto y durante este proceso, la vía deberá mantenerse bien drenada en todo momento.

Todos los materiales apropiados provenientes de la exca vación, se usarán en la conformación de terraplenes, hombros y accesos a cruces de caminos, rellenos y otros usos.

El material inadecuado será botado fuera de los límites del derecho de vía.

Los rellenos serán construidos con materiales procedentes de las partidas de excavación requeridas.

Los caminos existentes deberán ser nivelados a cuchilla y conformados de acuerdo con las especificaciones.

5) Préstamos .

Bajo esta partida, el Contratista suministrará material de préstamo apropiado, de fuentes fuera de la zona de la carretera o dentro de la misma y se usará para construir relle nos, rampas y cruces de caminos de acceso.

6) Contracunetas.

Se ejecutará el trabajo de excavación de contracunetas, necesario para formar una zanja de protección contra el deslave de los taludes de los cortes. Las zanjas serán abier-

tas a mano, con máquinas zanjadoras o mediante cualquier -
otra forma adecuada.

Las zanjas deberán ajustarse al declive del terreno, ni
vel y forma de la sección transversal requerida, sin que so
bresalgan raíces, rocas ó material similar.

7) Excavación de Estructuras Varias.

Aquí se ejecutará toda la excavación necesaria para la
construcción de estructuras de drenaje (tuberías), con excepti
ón de puentes y bóvedas.

El material de relleno para las fundaciones será un materi
al fino y de fácil compactación seleccionado del material
de excavación de estructuras.

La excavación de Estructuras Varias se hará por métodos
tales que no se altere el material original por debajo del
fondo para la fundación.

8) Excavación para Puentes y Bóvedas.

Se ejecutarán los trabajos de excavación necesarios para
las cimentaciones de estructuras y muros que sirven de -
apoyo a los puentes y las bóvedas. Esta partida comprenderá
la excavación propiamente dicha, la adecuada disposición de
los materiales excavados y el relleno contiguo a las estructu
ras. También comprende la limpia y chapeo dentro de las -
áreas de dicha excavación, el suministro, instalación, operaci
ón

ción y retiro de todas las instalaciones auxiliares necesarias para ejecutar los trabajos.

9) Relleno poroso.

Se suministrará y colocará relleno poroso (material granular) detrás de los estribos, de los muros de alas y de los de contención; se extenderá en capas que no tengan más que quince centímetros de espesor después de compactados.

Cada capa se compactará cuidadosamente según lo ordene el Ingeniero, por medio de compactadores, apisonándolo con pisonos mecánicos, con vibradores ó usando pisonos neumáticos.

SECCION II : DRENAJE MENOR

1) Tuberías de concreto simple.

Bajo esta partida se procederá e instalará tuberías de concreto simple, de los diámetros y tamaños indicados en los planos y con las pendientes, alineamientos y niveles señalados en los mismos.

También incluye el suministro de los tubos, materiales para unirlos, colocación y unión de tubos y finalmente, la remoción y retiro del material descartado, que pro venga de la instalación de los tubos.

2) Tuberías de concreto reforzado.

Se proveerá e instalará tuberías de concreto reforzado con los diámetros y tamaños indicados en los planos. Se incluye el material adecuado para su instalación.

3) Mampostería de piedra ligada con mortero.

Bajo esta partida se construirá la mampostería de piedra ligada con mortero para estribos, pilas, arcos de bóvedas, muros de tuberías y obras semejantes, donde y como lo indiquen los planos o lo ordene el Ingeniero.

4) Revestimiento de piedra ligada con mortero.

El revestimiento de piedra ligada con mortero se colocará en cunetas, bordillón, delantal, canales, vertederos, placas de construcción en la descarga de alcantarillas. Este revestimiento se construirá conforme el alineamiento, pendientes, niveles y dimensiones mostradas en los planos o como lo indique el Ingeniero.

SECCION_III : DRENAJE MAYOR

1) Concreto estructural Clase "A".

Bajo esta partida se suministrará y colocará concreto - clase "A" de cemento Portland, debidamente mezclado en las proporciones adecuadas, con agregados gruesos, finos y agua, colocándolo de acuerdo a especificaciones y de acuerdo con -

el alineamiento, pendientes, niveles, dimensiones y requisitos mostrados en los planos.

El concreto deberá dosificarse por peso o por volumen. Las mezclas de concreto serán diseñadas por el Contratista y estarán sujetas a los requisitos de las especificaciones.

2) Concreto Estructural Clase "B".

Se suministrará y colocará concreto Clase "B" de cemento Portland, debidamente mezclado en las porciones adecuadas - con agregados gruesos, finos y agua.

3) Acero de refuerzo

En esta partida se suministrará y colocará en las posiciones correctas para quedar dentro del concreto, el acero de refuerzo de conformidad con el grado de dureza y la cantidad indicada en los planos y de acuerdo con las especificaciones. Las barras a usarse podrán ser de los siguientes tipos: grado : 40, 50 ó 60.

4) Barandales de concreto para puentes.

Se construirán barandales de concreto para puentes, debiendo estar siempre de acuerdo con los detalles mostrados - en los planos y con lo especificado.

Esta partida incluye acero de refuerzo, los moldes o formaletas, el concreto, etc., para los barandales de los puen-

tes. Estos pueden construirse de concreto fundido en el lugar o de unidades de concreto prefabricado, a opción del - Contratista.

5) Vigas de hormigón postensado.

Este trabajo consistirá en la construcción de vigas de - hormigón postensado, realizadas de acuerdo con las especificaciones y ajustado a los alineamientos, rasantes, espesores, secciones típicas, etc., indicado en los planos o fijado por el Ingeniero residente.

El trabajo incluirá la fabricación, transporte, almacenamiento y montaje de vigas de hormigón postensado, preesforzadas por los métodos convencionales de postensado. El acero de refuerzo a utilizarse será grado 60.

6) Almohadas elastoméricas de soporte.

Estas pueden ser aprobadas y utilizadas para carga fija aplicada que no exceda de 36 kg/cm^2 ó para una combinación de carga viva, muerta y de impacto que no exceda de 57 kg/cm^2 . La deflexión inicial bajo la carga combinada no deberá exceder del quince por ciento del grueso de la almohadilla o cojín. Las juntas de dilatación se colocarán respetando los niveles y bombeo de la superficie de rodamiento indicado en los planos del puente.

El trabajo incluirá además de la fabricación, entrega,

erección y/o colocación; su correspondiente soldadura tal - como lo indican los planos y según, "Especificaciones Estandar para Soldaduras de Puentes de Caminos y Ferrocarriles".

SECCION IV : REVESTIMIENTO DE LA VIA

1) Material selecto.

Esta partida incluye el suministro de los materiales y la construcción de una capa de revestimiento de material selecto sobre la subrasante terminada de la vía, de acuerdo con las especificaciones y de conformidad con las líneas, - niveles y secciones típicas mostradas en los planos.

El material selecto será básicamente granular, libre de materia orgánica y de terrones de arcilla, graduado de gruesos a finos según especificaciones. .

El tamaño del agregado máximo será de dos pulgadas. El material selecto podrá provenir íntegramente de un banco natural o ser el resultado de una mezcla de materiales procedentes de distintos bancos.

SECCION V : MISCELANEA

1) Residencia y oficina de campo para el Ingeniero.

Bajo esta partida el contratista construirá o rentará, - según el caso, una edificación que reúna las condiciones su-

ficientes para instalar la residencia y la oficina de campo para el Ingeniero residente y su personal. Las instalaciones deben tener un área construida, que incluya un local para oficina, dormitorios e instalaciones sanitarias necesarias, además de contar con área de patios.

Se suministrará y mantendrá la energía eléctrica necesaria, agua corriente y potable; se contará con el equipo adecuado para dibujo. La ubicación e instalaciones de la oficina de campo deben reunir condiciones mínimas de seguridad, funcionalidad y habitabilidad aceptables por el Ingeniero. Aquí se considera la oficina para el Ing. residente del contratista y de la supervisión.

2) Local e instalaciones para el laboratorio de campo.

El contratista proporcionará local y facilidades para el laboratorio de campo para uso de la supervisión.

Las instalaciones del laboratorio de campo deben contar con un área construida mínima de cuarenta metros cuadrados, y área de patio de por lo menos treinta metros cuadrados. El equipo de laboratorio será seleccionado y proporcionado por la Supervisión.

4.4. Rendimiento del equipo y mano de obra utilizado

En este apartado se considera conveniente presentar un listado de los diferentes materiales, mano de obra y maquinaria y equipo utilizado en toda obra de construcción de caminos rurales.

La información que se proporciona se ha obtenido tomando

como base entrevistas realizadas a personas que se desempeñan en este campo y tomando como ejemplo proyectos realizados, aunque debe mencionarse que los listados que se presentan son generales y cada proyecto en particular puede requerir de materiales, mano de obra, maquinaria y equipo adicional al que se presenta.

Para la mano de obra y maquinaria se han obtenido también los rendimientos de acuerdo a cada actividad a realizar.

Lista de materiales que se utilizan en la construcción de caminos rurales : Arena, piedra, grava, material selecto, agua, cemento, acero de refuerzo, alambre de amarre; Madera de pino: Tabla, cuartón, costanera, regla pacha; Tubería de concreto reforzada : Clase II \emptyset 30", Clase II \emptyset 36", Clase II \emptyset 48"; gasolina especial, gasolina corriente, aceite diesel, aceite de motor, líquido hidráulico, aceite de transmisión, grasa.

- Maquinaria y equipo utilizado : Compactadora, compactadora manual, motoniveladora, tractor agrícola, tractor D6, Dragas y retroexcavadora, camión de volteo, camión pesado, trituradora, concretetera, compresor y perforador, equipo liviano, cargador, trailla.

- Mano de obra a emplear para la construcción de caminos rurales : Aquí sólo se menciona el personal de campo, no se ha incluido el personal administrativo y de oficina: Maestro de obra, capataz de maquinaria, albañiles, peones,

serenos, caporales, operador: compactadora, compactadora manual, motoniveladora, tractor agrícola, tractor D6, draga y retroexcavadora, camión de volteo, camión pesado, trituradora, concretera, compresor y perforador, equipo liviano, cargador, trailla, ayudante de operador, barreteros, carpinteros, armadores y pintores.

- Rendimientos :

Para efectos de análisis se ha considerado que el equipo trabajará bajo condiciones normales o promedio. La vida útil será igual a 10,000 hrs. de operación, con un promedio de 2,000 hrs. anuales.

Los datos han sido tomados del "Manual de rendimiento de los productos Caterpillar"; y los rendimientos de la mano de obra se han tomado de datos de proyectos realizados anteriormente.

A continuación se presentan tablas de rendimiento de -- Equipo y Mano de Obra separadas en las distintas actividades que comprende el proceso de construcción.

TABLAS DE RENDIMIENTO DE EQUIPO Y MANO DE OBRA

G L O S A R I O :.

Ha/h.	=	Hectárea/h
m ³ cap	=	metro cúbico
Ton	=	Tonelada
m ³ /h	=	metro cúbico/hora
Tub/h	=	Tubería/hora
m ² /h	=	metro cuadrado/hora

En los rendimientos presentados, el equipo mecánico utilizado como : Tractor, cargador, camión, etc., necesita de un operador para su funcionamiento, por lo que el rendimiento mostrado, tanto en equipo como mano de obra, es el mismo ya que aquí las dos partes se complementan para realizar el trabajo.

CANTIDAD DE TRABAJO	LIMPIEZA Y CHAPEO
---------------------	-------------------

I - EQUIPO

DESCRIPCION	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO
1 tractor	CAT	D6D	0.25 Ha/h
1 Cargador	CAT	920 CAT	0.25 Ha/h
1 Camión	MACK	8 m ³	0.25 Ha/h

II - MANO DE OBRA

Trabajador	Rendimiento
1 Caporal	0.08 Ha/h
1 Peón	0.08 Ha/h
1 Operador camión	0.25 Ha/h
1 Ayudante camión	0.25 Ha/h
1 Operador tractor	0.25 Ha/h
1 Ayudante tractor	0.25 Ha/h
1 Operador Cargad.	0.25 Ha/h

CANTIDAD DE TRABAJO	DESCAPOTE
---------------------	-----------

I - EQUIPO

DESCRIPCION	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO
1 tractor	CAT	D6D	90 m ³ /h*
1 cargador	CAT	920	120 m ³ /h
1 camión	MACK	8 m ³ Cap.	45 m ³ /h
			8 vjes x 8 m ³
			c/u.
			Dist = 500 x2
* 90 m ³ /h (en banco) = 128 m ³ /h (suelto)			= 100

II - MANO DE OBRA

TRABAJADOR	Rendimiento
1 Operador tractor	90 m ³ /h
1 Operador cargador	120 m ³ /h
1 Operador camión	45 m ³ /h
1 Ayudante tractor	90 m ³ /h
1 ayudante camión	45 m ³ /h

CANTIDAD DE TRABAJO	EXCAVACION DE LA VIA
---------------------	----------------------

I - EQUIPO

DESCRIPCION	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO
1 Tractor	CAT	D6D	90 m ³ /h
1 Cargador	CAT	920	120 m ³ /h
1 Camión	MACK	8 m ³	34 m ³ /h
1 Motoniveladora	CAT	12G	255 m ³ /h
1 Compactador	CAT	815	378 m ³ /h
1 Camión cisterna	MACK	7 Ton.	128 m ³ /h
1 Compresor y perforador	CAT		5 m ³ /h

II - MANO DE OBRA

T R A B A J A D O R	Rendimiento
1 Operador tractor	90 m ³ /h
1 Operador cargador	120 m ³ /h
1 Operador camión	34 m ² /h
1 Operador Mononivel	255 m ³ /h
1 Operador Compactador	378 m ³ /h
1 Oper. Compactador y Perf.	5 m ³ /h
1 Ayudante Comp. y Perf.	5 m ³ /h
1 Ayudante camión	34 m ³ /h
1 Ayudante tractor	90 m ³ /h
1 Ayudante mononiv.	255 m ³ /h

CANTIDAD DE TRABAJO - EXCAVACION ESTRUCTURAS VARIAS

I - EQUIPO

DESCRIPCION	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO
Herramientas varias			2.4 m ³ /h
1 Comp. manual			2.0 m ³ /h
1 Bomba Achic 6"			5%
1 Cargador	CAT	920	30 m ³ /h
1 Comp. y Perf.			5 m ³ /h

II - MANO DE OBRA

TRABAJADOR	Rendimiento
1 Caporal	2.4 m ³ /h
1 Peón	2.4 m ³ /h
1 Op. Comp. manual	2m ³ /hx0.5
1 Op. cargador	30 m ³ /hx0.5*
1 Op. Comp. y Perf.	5 m ³ /hx 0.4*
1 Ayud. y Comp. y Pef.	5 m ³ /h x0.4*
* 50% del volumen excavado.	
* 40% del volumen excavado.	

CANTIDAD DE TRABAJO - EXCAVACION PARA PUENTES Y BOVEDAS

I - EQUIPO

DESCRIPCION	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO
Herramientas varias*			2.4 m ³ /h
1 Tractor	CAT	D6D	30 m ³ /h
1 Cargador	CAT	920	30 m ³ /h
1 Compactador manual			2 m ³ /h
1 Bomba achicadora			20%
1 Comp. y Perf.			5 m ³ /h
* Herramientas varias : palas, picos, carretillas.			

II - MANO DE OBRA

TRABAJADOR	RENDIMIENTO
1 Caporal	2.4 m ³ /h
1 Peón	2.4 m ³ /h
1 Op. tractor	30 m ³ /h
1 Op. Cargador	30 m ³ /h
1 Op. Comp. manual	2 m ³ /h
1 Op. Comp. y Perf.	5 m ³ /hx0.6*
* 60% del volumen excavado	

CANTIDAD DE TRABAJO	RELLENO POROSO
---------------------	----------------

I - EQUIPO

DESCRIPCION	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO
1 Camión de volteo	MACK	8 m3	34 m3/h
1 Compactador manual			2 m3/h

II - MANO DE OBRA

TRABAJADOR	RENDIMIENTO
1 Op. de camión	34 m3/h
1 Ayudante camión	34 m3/h
1 Peón	2 m3/h

CANTIDAD DE TRABAJO - CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE "A" * $f'c = 280$

I - EQUIPO

DESCRIPCION		RENDIMIENTO
1 Bomba (gasolina)		1 m ³ /h
1 Vibrador (gasolina)		1 m ³ /h

II - MANO DE OBRA

TRABAJADOR	RENDIMIENTO
1 Carpintero	0.10 m ³ /h
1 Albañil	0.10 m ³ /h
1 Caporal	1.00 m ³ /h
1 Peón	1.00 m ³ /h
1 Operador bomba	1.00 m ³ /h
1 Operador vibrador	1.00 m ³ /h

* Esta partida abarca la hechura y colocación del concreto.

CANTIDAD DE TRABAJO	TUBERIA CONCRETO REFORZADO *
---------------------	------------------------------

I - EQUIPO Ø 24"

DESCRIPCION	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO
1 Cargador	CAT	920	10 tubos/h

II - MANO DE OBRA

TRABAJADOR	RENDIMIENTO
1 albañil	0.76 tub./h
1 peón	0.76 tub./h
1 Oper. cargador	10 tub./h
1 Ayud. cargador	10 tub./h

* Esta partida incluye hechura y colocación de la tubería de concreto reforzado.

CANTIDAD DE TRABAJO - TUBERÍA CONCRETO REFORZADO *
--

I - EQUIPO Ø 36"

DESCRIPCION	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO
1 cargador	CAT	920	8 tub./h

II - MANO DE OBRA

TRABAJADOR	RENDIMIENTO
1 albañil	0.42 tub/h
1 peón	0.42 tub/h
1 Oper. cargador	8 tub/h
1 Ayudante cargador	8 tub/h

* Esta partida incluye hechura y colocación de tubería.

CANTIDAD DE TRABAJO : TUBERIA DE CONCRETO REFORZ. *

I - EQUIPO Ø 42"

DESCRIPCION	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO
1 Cargador	CAT	920	5 tub/h.

II - MANO DE OBRA

TRABAJADOR	RENDIMIENTO
1 albañil	0.30 tub/h
1 peón	0.30 tub/h
1 Oper. cargador	5 tub/h
1 Ayud. cargador	5 tub/h

* Esta partida incluye hechura y colocación de tubería.

ACTIVIDAD : MATERIAL SELECTO

I - EQUIPO

DESCRIPCION	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO
1 Motoniveladora	CAT	12G	255 m3/h
1 Compactadora	CAT	815	378 m3/h
1 Camión de volteo			128 m3/h

II - MANO DE OBRA

TRABAJADOR	RENDIMIENTO
1 Oper. motonivel.	255 m3/h
1 Oper. Compact.	378 m3/h
1 Oper. camión.	128 m3/h
1 Ayudante camión	128 m3/h
1 Ayud. mononivel.	255 m3/h

CAPITULO V :

"MODELO DE APLICACION"

5.1. Introducción

Como una aplicación del método de la Ruta Crítica (CPM) en este apartado se procederá a realizar una programación de obras para la construcción de un camino rural, auxiliándose de un proyecto específico; para el caso se trata del proyecto : R-17: LA CABAÑA-EL MATAZANO-LOS DOS CERROS. HACIENDA SAN FRANCISCO, ubicado en el departamento de San Salvador.

Este proyecto ya fue realizado, con una fecha de ejecución de 10 meses, bajo la supervisión de la DGC a través de la sección de Caminos Rurales.

Cabe mencionar que la programación de obras a efectuar abarcará desde la etapa de Licitación hasta la entrega de las obras terminadas, detallándose de manera clara cada proceso y proponiéndose una duración de actividades de acuerdo a un rendimiento específico de equipo y mano de obra, obtenido de tablas de rendimiento y también de la experiencia obtenida en el campo de la construcción por empresas constructoras en el ramo de caminos o carreteras.

En síntesis, teniendo una programación de obras de un proyecto específico ya realizado; se fusionará junto a una programación de procesos a seguir en una licitación, para elaborar una programación completa que abarque desde La Licitación hasta el término del proyecto.

5.2. Análisis del proyecto

5.2.1. Antecedentes del proyecto

La red vial del país, apoyada en el sistema de vías primarias y secundarias, ha sido reforzada con el incremento de mayor número de kilómetros en la construcción de Caminos Rurales y Terciarios, localizados convenientemente en las regiones que reclaman obras de este tipo en el territorio nacional, los cuales permitirán el libre tránsito de personas y vehículos, con lo que se integrarán nuevas áreas productivas, dando por consiguiente, el apoyo para la realización de Programas de salud, educación, comercio, industria, agropecuarios, etc., que significan el desarrollo integral en la zona.

El Gobierno de la República formuló con bases acertadas, el Programa de Caminos Rurales, lográndose además, la generación de empleos durante su construcción, como la operación de los mismos, obteniéndose una mejor distribución de los ingresos.

Dejando sentados estos principios, el Ministerio de Obras Públicas, en representación del Gobierno de la República, suscribió con el Banco Interamericano de Desarrollo un nuevo Préstamo para la ejecución de una cantidad razonable de vías de alimentación a las redes principales, para la formación de tres grupos de Caminos Rurales y Terciarios, de los cuales se llevaron a cabo la construcción de 84.4 kilómetros.

tros originales, pero luego por circunstancias especiales se convirtió en 77.0 kilómetros, designándose como Caminos Rurales, II Fase, Grupo "A", el cual lo forman nueve Proyectos, siendo cinco Terciarios y cuatro Rurales.

Forma parte de este Grupo, el Proyecto R-17, LA CABAÑA-EL MATAZANO-LOS DOS CERROS-HACIENDA SAN FRANCISCO, que de acuerdo a su geometría, está clasificado como Rural, teniendo una longitud contractual de 10.7 kilómetros, la que por razones especiales conocidas, se redujo a 6.3 kilómetros. Se inicia en la Hacienda La Cabaña, a pocos kilómetros de la Carretera Troncal del Norte CA-4, orientándose con rumbo Oeste hasta la Hacienda San Francisco, dentro de la comprensión del Municipio de El Paisnal, al Norte del Departamento de San Salvador.

La columna vertebral que será alimentada por este Proyecto, es la carretera Troncal del Norte, denominada como CA-4 dentro de la clasificación regional, la que será beneficiada al incrementarse una cantidad de kilómetros que le permitirán nutrirse de esta nueva vía, llevando el potencial económico a los centros de consumo en el país.

La construcción del camino rural en referencia, estuvo a cargo de la empresa Constructora Delta, S.A. de C.V., dentro de los términos del Contrato No. 48/83, con la Proveeduría Específica de Obras Públicas.

El Diseño Geométrico fue elaborado por la empresa, CSYD

Ingenieros-Arquitectos, S.A. y la Supervisión a cargo de Consultora Técnica, S.A., quien revisó el Proyecto y efectuó ligeros cambios en el Diseño Original, con la finalidad de obtener mejoras en la construcción.

La Orden de inicio fue dada al Contratista el 2 de enero de 1984, con un tiempo para su construcción de 16 meses calendario, habiendo iniciado las labores el 3 de enero de 1984 y finalizado el 31 de julio de 1986, después de concederle cuatro extensiones de tiempo contractual.

La representación del Gobierno durante su ejecución, estuvo a cargo del MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, a través de la Dirección General de Caminos y la Oficina Coordinadora del Programa de Caminos Rurales.

A continuación se presenta un resumen de las características del proyecto.

PROYECTO R-17, LA CABAÑA-EL MATAZANO-LOS DOS CERROS-HACIEN
SAN FRANCISCO.

Característica	: Rurales
Longitud	: 10.7 kilómetros originales 6.3 kilómetros construidos
Adjudicado a	: CONSTRUCTORA DELTA, S.A. de C.V.
Contrato No.	: 48/83
Monto original del contrato	: ø 3.334.300.25 (US\$ 1.333.720.10).

Monto cobrado por contratista	: ¢ 2.133.516.93
Liquidación final arrojó un Saldo Positivo de (capital excedente de partida original que el Gobierno regresa al contratista).	: ¢ 14.796.86
Reajuste de Mano de Obra, Combustible y lubricantes (reajuste de precios con fórmula polinómica).	: ¢ 287.371.79
Costo total del proyecto	: ¢ 2.435.685.58
Firma del Contrato	: 30 de mayo de 1983
Orden de Inicio	: 2 de enero de 1984
Fecha de Inicio	: 3 de enero de 1984
Plazo de Ejecución	: 16 meses calendario
Fecha de Terminación Original	: 1 de mayo de 1985
1a. Prórroga Extensión Tiempo Resolución No. 81/85	: 17 de diciembre de 1985
2a. Prórroga Extensión Tiempo Resolución No. 25/86	: 30 de abril de 1986
3a. Prórroga Extensión Tiempo Resolución No. 48/86	: 31 de mayo de 1986
4a. Prórroga Extensión Tiempo Resolución No. 73/86	: 31 de julio de 1986
Fecha de Recepción por Comisión	: 27 de agosto de 1986

5.2.2. Descripción del proyecto

Su localización geográfica se enmarca en la zona central del país al Norte del Departamento de San Salvador, iniciándose en el casco de la Hacienda La Cabaña a pocos kilómetros al Poniente de la Carretera Troncal del Norte CA-4. Su construcción beneficia a las Haciendas La Cabaña y San Francisco, en el Municipio de El Paisnal, como también a los can

tones, valles y caseríos aledaños.

El sector beneficiado con la construcción del Proyecto, se apoya en el cultivo de caña de azúcar y granos básicos, consistentes en maíz, arroz y algunas zonas dedicadas al pastoreo.

La ruta atenderá, además de las Haciendas indicadas, otros núcleos de población rural como: El Matazano, Los Dos Cerros, Las Araditas, El Verdío, Agua Amarilla, El Mirador, La Mestiza, Cantón y Caserío San Antonio Grande, además de valles y caseríos que incidieron en el área y que justificaron su construcción, ya que el país necesita de vías de este tipo, para cimentar el desarrollo en beneficio de la salud, educación, comercio, agricultura, ganadería, etc., como el uso de la mano de obra de la zona durante su construcción.

A este Proyecto le favorece en su trayectoria el Ferrocarril Nacional de El Salvador, por correr casi paralelo con esa vía de comunicación.

5.2.3. Características de diseño.

El Proyecto está definido por un derecho de vía de 15 metros de ancho, compuesto de Material Selecto compactado y en ciertos tramos Empedrado Acuñado, que permitirán la meyor y eficiente transitabilidad de personas y vehículos durante todo el año, mediante el adecuado mantenimiento.

La topografía del terreno que atraviesa el Proyecto, va de lo plano a lo ondulado, con un pequeño tramo montañoso a

la altura del km. 5+000, con una pendiente máxima del 12%, contando con áreas erosionables.

La localización se halla en su totalidad hacia el Oeste desde el casco de la Hacienda La Cabaña hasta la Hacienda San Francisco.

La zona que atraviesa el Proyecto tiene áreas erosionables, especialmente aquellas de pendientes fuertes que oscilan entre el 8% y el 12%, definidas por el trazo.

En lo concerniente a la parte Hidrológica, el Proyecto consta de las obras de Drenaje Mayor descritas a continuación :

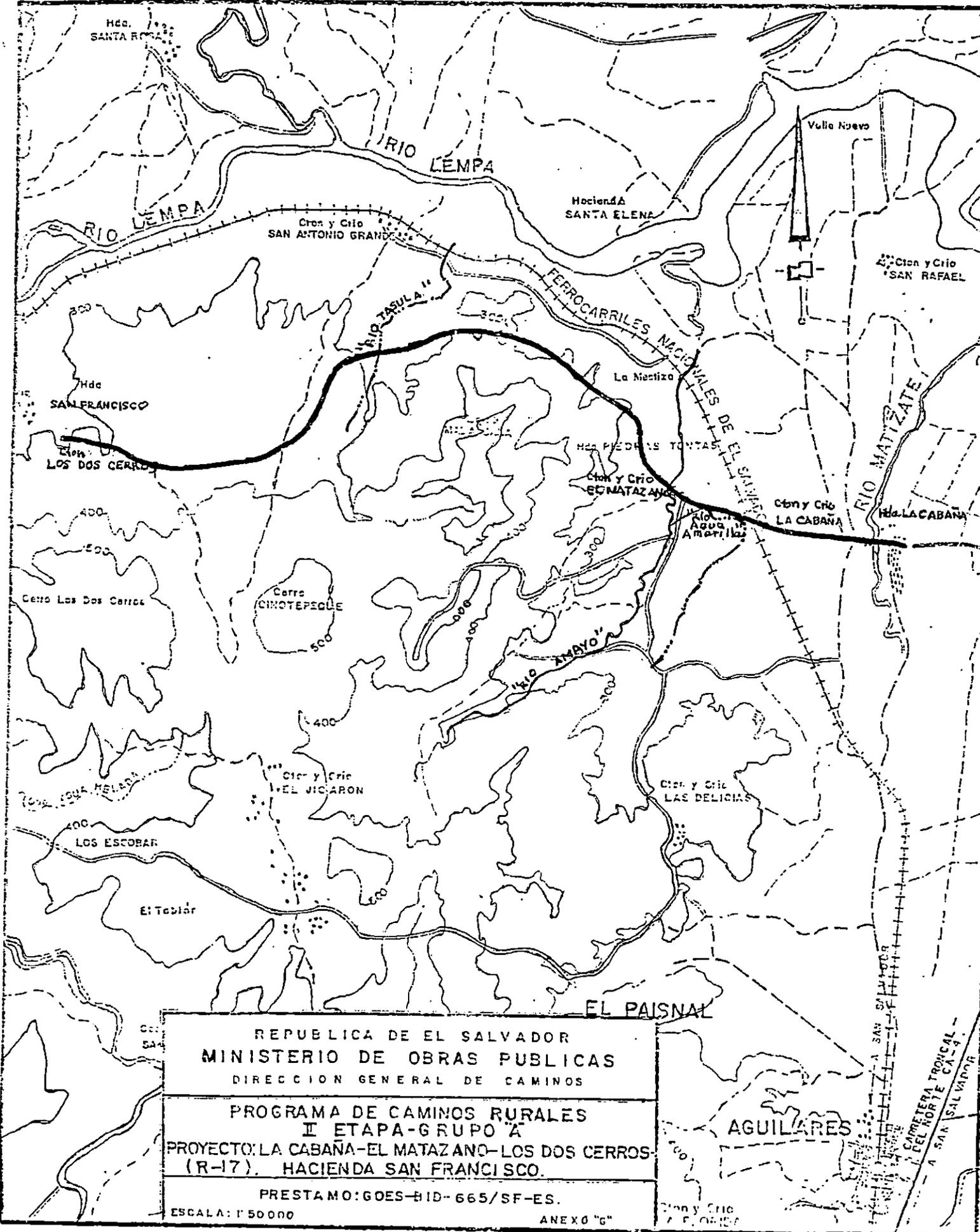
- Bóveda sencilla de 24 pies, localizada en el cauce del Río Agua Amarilla, en estación km. 1+476.50.
- Bóveda sencilla de 18 pies, ubicada en el cauce del Río Amayo en la estación km. 2+353.
- Bóveda sencilla de 18 pies, localizada en el cauce del Río Tazulá en la estación km. 6+260.

El Drenaje Menor consiste en un sistema de tuberías debidamente localizadas, que de acuerdo con la altura de los terraplenes que cargan sobre ellas, se diseñaron convenientemente, para dar paso durante la estación lluviosa, a una escorrentía razonablemente manejada.

Para visualizar el proyecto se presenta a continuación un mapa en el cual está marcado el camino.

5.2.4. Análisis de progreso

Originalmente se estableció que este Proyecto se desa



REPUBLICA DE EL SALVADOR
 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
 DIRECCION GENERAL DE CAMINOS
 PROGRAMA DE CAMINOS RURALES
 II ETAPA-GRUPO A
 PROYECTO: LA CABANA-EL MATAZANO-LOS DOS CERROS
 (R-17). HACIENDA SAN FRANCISCO.
 PRESTAMO: GOES-BID-665/SF-ES.
 ESCALA: 1:50000 ANEXO "G"

AGUILARES

CAMINERA TROPICAL
 DEL NORTE C.A.S.A.
 A SAN SALVADOR
 A SAN SALVADOR

rrollaría en 16 meses calendario, tomando en cuenta que el tiempo comprendería dos veranos y un invierno.

Este proyecto está ubicado en una zona altamente conflictiva, en la cual a través de su construcción se presentaron con frecuencia combates entre los alzados en armas y la Fuerza Armada; sin embargo, la construcción de la obra se llevó a cabo dentro de las limitaciones que la situación anterior imponía con relativa normalidad, hasta que a principios del mes de febrero de 1985, la guerrilla comunicó al Contratista, que por razones estratégicas no era de su conveniencia que continuara la construcción del Proyecto más allá de la bóveda sobre el Río Tazulá que se encuentra ubicada en el km 6+300 del referido Proyecto, estando totalmente terminado en todas sus partes hasta ese kilometraje.

De ahí en adelante las actividades guerrilleras se incrementaron en la zona de trabajo, impidiendo finalizar el proyecto al no permitir actividad alguna adicional.

Es de mencionar que el Drenaje Mayor del Proyecto fue ejecutado en su totalidad, ya que todas las obras de este tipo están contempladas dentro del tramo terminado.

5.2.5. Rendimiento del contratista

El rendimiento desarrollado durante la ejecución de la

obra por el Contratista, Constructora Delta, S.A. de C.V., se puede considerar bueno, ya que destacó en el Proyecto al personal calificado y no calificado ofertado así como el -- equipo apropiado para el buen desarrollo de la obra.

Se debe mencionar que el rendimiento del Contratista no fue uniforme, principalmente en las épocas de lluvias, agravadas por las condiciones de la zona; sin embargo, finalizó la obra en el tiempo contractual revisado, después de cuatro solicitudes posteriores al tiempo contractual, entregando el Proyecto en condiciones aceptables, hasta la estación km 6+300.

Durante el desarrollo de la obra, el Contratista vió disminuido su progreso en varias ocasiones, argumentando una serie de atrasos en los pagos y sobre todo los constantes incidentes socio-políticos, los que a la postre fueron el principal motivo que sostuvo en las Solicitudes de Extensión de Tiempo Contractual, dando como Fecha de Terminación Revisada, el 31 de julio de 1986.

5.2.6. Conclusiones del proyecto

En resumen, una vez concluida la construcción de la obra y después de haber sido recibido por la Comisión en referencia, el camino pasó a formar parte del patrimonio de -

las obras viales de la Dirección General de Caminos, la cual se encargará de mantenerlo en condiciones de transitabilidad. Con relación al proyecto se pueden hacer las siguientes consideraciones :

1. Por encontrarse ciertos tramos de la vía en donde el nivel freático es bastante superficial se recomendó :
 - a) Que el rodamiento de la vía se debería mantener con materiales granulares procedentes de los bancos de Material Selecto debidamente localizados que contuvieran el menor índice de plasticidad posible.
 - b) Mantener el sistema de drenaje a todo lo largo del mismo, especialmente las cunetas y tuberías en condiciones de servicio según su diseño.
 - c) Se debería tener especial cuidado para que el personal que limpia las cunetas no colocara el material de azolve en la vía, en vista de que agravaría más el problema, al contaminar la superficie de rodamiento.
2. En aquellas zonas en donde se desarrolló el Proyecto de Topografía montañosa y con pendientes fuertes, se consideraría que en el mantenimiento de la calzada se debería usar el material selecto de alta densidad, con índice -plástico a considerar de 10% y 12%, ya que con ello se evitaría que las capas de rodaje se erosionaren por -- efectos del tráfico y agentes atmosféricos.

5.3. Aplicación del C.P.M. para el proyecto estudiado

5.3.1. Elementos esenciales a tomar en cuenta en la planeación de un proyecto carretero.

Los elementos que son necesarios para la elaboración de una programación de un camino rural son los siguientes :

1) Cantidades de obra

Las cantidades de obra a utilizar en el proyecto son - estimadas a partir de planos y especificaciones de un - proyecto específico y para el camino en estudio se detallan a continuación :

<u>DESCRIPCION</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDADES PROGRAMADAS</u>
1. Limpieza y chapeo	Ha	11.82
2. Descapote	m ³	18,176.48
3. Remoción de Estructuras Existentes.	-	S.G.
4. Excavación de la vía	m ³	25,643.78
5. Préstamos	m ³	3,536.00
6. Contracunetas	m ³	674.34
7. Excavación estructuras varias	m ³	676.81
8. Excavaciones puentes y bóvedas	m ³	310.95
9. Relleno poroso	m ³	156.91
10. Tubería de concreto simple	ML	270.00
11. Tuberías de concreto reforzado	ML	96.00
12. Mampostería de piedra c/mortero	m ³	762.77

<u>DESCRIPCION</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDADES PROGRAMADAS</u>
13. Revestimiento de piedra c/mor tero	M ²	125.52
14. Concreto Estructural	M ³	158.00
15. Acero de refuerzo grado 60.	Kg.	17,260.00
16. Barandales de concreto p/puente	ML	123.00
17. Vigas de Hormigón Postensado	CU	6.00
18. Almohadas elastoméricas de soporte	CU	12.00
19. Juntas de Dilatación	ML	20.00
20. Material Selecto	M ³	14,400.00
21. Resid. y Ofic. campo p/Ingeniero	S.G.	
22. Equipo para laboratorio	S.G.	

2) El Equipo

El equipo de trabajo asignado al Proyecto depende de los procedimientos constructivos y de los materiales a utilizar en la Obra.

Durante la Etapa del proceso de Licitación se hace necesario la realización de ciertas actividades en el terreno para su reconocimiento como: levantamientos Topográficos para trazo de niveles y secciones transversales del eje definitivo del camino a realizar; obras de drenaje mayor y menor y demás elementos. Para esta etapa se necesitan niveles, teodolitos, estadias, cintas, trompos y demás equipo complementario.

El equipo a ser utilizado en el proceso de construcción de un camino debe proveerse con exactitud de acuerdo a la cantidad de material que se tenga que movilizar en la obra a fin de evitar restricciones de equipo y que puedan ocasionar el aplazamiento de una actividad porque los recursos para realizar no están disponibles: por ejemplo, la desocupación de cierto equipo que ha sido destinado a otro trabajo, no puede efectuarse hasta determinada fecha, y consecuentemente, algunas actividades deben posponerse hasta que el equipo esté disponible, atrasando de esta forma la duración total del proyecto.

Al momento de seleccionar el equipo a ser utilizado en un proyecto se deberá tomar en cuenta en qué condiciones se recibe el equipo, si es nuevo o usado, ya que el rendimiento de un equipo nuevo varía considerablemente con un equipo usado, ya que éste, posee una depreciación por su uso. También se deberá considerar la capacidad del equipo y de acuerdo a esto, así será el número de unidades requeridas para un proyecto específico.

Durante el proceso de construcción del camino, la lista de equipo asignado para el Proyecto por la empresa constructora es el siguiente :

- 1 Tractor D-8
- 1 Tractor D-6
- 1 Tractor D-5
- 2 Cargadores 950
- 1 Rodo Pata de Cabra

- 1 Rodo Vibrador
- 1 Tractor Agrícola
- 2 Motoniveladora
- 3 Camiones de volteo de 10 m³
- 2 Camiones de volteo de 5 m³
- 2 Motobomba
- 1 Equipo de Soldadura
- 2 Compresores de 150 lbs c/u
- 1 Pick Up.
- 1 Camión Pipa
- 1 Concretera de 2 bolsas.

3) El Personal.

La mano de obra es también un factor importante de tomar en cuenta, ya que de acuerdo a su rendimiento así será el avance o retraso en la obra. Al contratar el personal se requerirá de personal especializado y auxiliares según sea el grado de calidad que se requiera en un proceso determinado.

Con una programación bien elaborada se logrará una reducción de gastos de contratación o despidos; así como también se efectuará una asignación de personal necesario para cada operación en específico. En este tipo de obras, por lo general, es recomendable asignar personal por obra y por día, teniéndose en mayor número el de obra, ya que así el trabajo da muestras de ser más eficiente, tanto en calidad como en tiempo.

Durante la Licitación el personal del que se vale la Em presa es tanto de campo como de oficina, detallándose los - siguientes:

Sección de Suelos y materiales :

- Laboratoristas
- Inspectores de campo
- Perforadores
- Dibujantes
- Calculistas
- Motoristas.

División de edificación y arquitectura :

- Arquitectos
- Ingenieros planeadores
- Ingenieros estructurales
- Ingenieros de costos, presupuestos y especificaciones.
- Inspectores de campo

División Administrativa :

- Contadores
- Secretarias
- Ordenanzas
- Motoristas

División Jurídica

- Asesor Jurídico

La mano de obra que se presenta a continuación constituy la cantidad de personal propuesta por la empresa constructora para el proyecto en estudio.

CUADRILLA No. 1

1 Topógrafo
2 Cadeneros
2 Ayudantes

CUADRILLA No. 2

1 Jefe de Campo
2 Caporales
30 Peones
9 Operadores
6 Motoristas

CUADRILLA No. 3

1 Maestro de Obra
3 Carpinteros
3 Armadores
3 Albañiles
10 Peones

CUADRILLA No. 4

2 Mecánicos
1 Soldador
2 Ayudantes

CUADRILLA No. 5

1 Maestro de Obra
6 Albañiles
10 Peones

NOTA : Los rendimientos de la mano de obra y el equipo están incluidos en el Capítulo IV. Los rendimientos para un obrero varía según el tipo de actividad que desempeñe.

4) El Dinero.

Es el medio que permite la proyección y desarrollo de -

las obras.

El dinero es necesario para el pago de garantías exigidas al inicio de los Proyectos como: fianzas de anticipo, de fiel cumplimiento, etc.

Al obtener el costo total del Proyecto, éste se especificará por partidas considerando los imprevistos y el factor de desperdicio.

Muchas veces cuando una Empresa no es capaz económicamente para llevar a cabo un Proyecto, se asocia con otras empresas formando un consorcio y así tener mayor reserva económica.

Cuando se calcule el costo de un Proyecto se deberá tener presente la fluctuación de precios de materiales y equipo en el mercado a fin de llegar a costos reales previendo aumentos de precio, evitando de esta manera efectos negativos a la empresa.

Es recomendable que al realizar el Programa de Inversión por Partidas, se coloquen los costos mensuales con el propósito de saber con exactitud qué cantidad de dinero deberá invertirse por partida y de esta forma ir chequeando el monto invertido en cualquier etapa de la obra.

En el Proyecto desarrollado la Empresa constructora, DELTA, S.A. de C.V., presentó el presupuesto, detallándolo por partidas.



<u>DESCRIPCION</u>	<u>COSTO TOTAL</u> <u>(¢)</u>
1. Limpieza y Chapeo	20,094.00
2. Descapote	155,408.89
3. Remoción de Estructuras Existentes	17,000.00
4. Excavación de la Vía	487,231.82
5. Préstamos	37,128.00
6. Contracunetas	14,875.94
7. Excavación estructuras varias	18,639.34
8. Excavación de puentes y bóvedas	17,142.67
9. Relleno Poroso.	8,890.52
10. Tubería de concreto simple	24,300.00
11. Tubos de concreto reforzado	31,863.18
12. Mampostería de piedra c/mortero	142,683.75
13. Revestimiento de Piedra c/mortero	5,225.40
14. Concreto Estructural	75,539.75
15. Acero de refuerzo grado 60	83,711.00
16. Barandales de concreto para puentes	15,375.00
17. Vigas de Hormigón postensado	300,000.00
18. Almohadas elastoméricas de soportes	9,600.00
19. Juntas de dilatación	2,000.00
20. Material Selecto	432,000.00
21. Residencia y oficina de campo para Ingeniero	8,000.00
22. Equipo para laboratorio	10,000.00
5) El Tiempo	

Es esencial considerarlo y preverlo para terminar la -

obra a tiempo. Debe programarse en el primer momento y dár sele mayor atención.

Al realizar cualquier proyecto el tiempo debe ser calcu lado tomando en cuenta factores internos y externos al mismo, a fin de garantizar el término de la obra en el tiempo estipulado al inicio, evitando así, retrasos injustificados.

La estimación de la duración de las actividades deberá ser lo más exacto posible ya que dependerá de ello la efica cia de la programación.

Es muy común que al momento de programar el tiempo, las empresas constructoras sólo consideren el tiempo de la etapa de realización de las obras y no tomen en cuenta el dél proceso de Licitación, etapa preliminar al inicio del Proyec to; este tiempo debe ser calculado también con el objeto de llevar con tiempo suficiente todos los procesos del Proyecto.

En El Proyecto analizado aquí, el tiempo previsto por la Empresa Constructora inicialmente fue de 16 meses calendario, pero debido a ciertos inconvenientes sobre todo de carácter político sufridos a lo largo del proceso constructivo, incidieron en la causa principal del atraso de la obra. Sin embargo, el llevar a cabo una programación del tiempo lo más apegada a la realidad traerá un resultado satisfactorio al término de la obra ahorrándose con ello mucho dinero. El no considerar se riamente el factor tiempo a la hora de realizar las programa ciones de construcción de caminos puede traer como consecuen-

cia mayores costos indirectos que afectarían en cierta forma la economía de la empresa.

5.3.2. Pasos a seguir en la construcción de la Tabla de Secuencias.

El Proyecto propuesto (construcción de un camino rural), consta de un gran número de actividades, las cuales a medida que se avanza en la planeación pueden especificarse y subdividirse aún más, según sea el grado de interés que se tenga en la obra.

En el Proyecto presentado se proponen preliminarmente -- las siguientes actividades principales :

1. Proceso de Licitación
2. Limpieza y Chapeo
3. Descapote
4. Mampostería de piedra
5. Revestimiento ligado con mortero
6. Drenaje menor y mayor
7. Excavación de la vía y estructuras varias
8. Material Séllecto
9. Contracunetas
10. Excavación puentes y bóvedas
11. Préstamos
12. Miscelánea (Residencia y oficina Ingeniero y Laboratorio)
13. Remoción, Estructuras Existentes
14. Limpieza final y Entrega

A continuación se procede a la determinación del orden o secuencia de ejecución de las actividades del proceso. Aquí, las actividades consideradas inicialmente han sido ampliadas o detalladas de una manera más específica.

La secuencia de ejecución se facilita haciendo una tabla de secuencias, en la que :

- 1) Se analiza cada actividad de los renglones y se determina que actividad o actividades pueden hacerse inmediatamente después de terminada la actividad que se analiza y se marcan con una X.
- 2) Se analiza la actividad correspondiente a cada una de las columnas y se determina que actividades deben precederle inmediatamente antes de poder iniciar la actividad que se analiza, y se marca con una X.

5.3.3. Bases necesarias para aplicar el programa HTPM en una programación de obras.

Entrada al programa Harvard Total Project Manager
(HTPM)

Deberá encenderse el computador y cargarse en la memoria de la máquina el sistema operativo.

Es necesario que se trabaje el HTPM en la unidad de disco duro (drive C) debido a su capacidad de memoria: 512 Kbyte. Aquí, si el programa no se encuentra en los archivos, deberá cargarse de la siguiente manera :

1. Al estar trabajando con el drive C, debe crearse un subdirectorío donde serán guardados los archivos del HTPM. Teclar: MD HTPM (creando un subdirectorío llamado HTPM y presionar ENTER).
2. Luego se deberá cambiar el trabajo con el drive A ó B; a continuación se introducirá el primer diskette y luego se deberá teclar : COPY A:*. * C: (El diskette deberá contener únicamente los archivos del HTPM).
3. Repetir el paso 2, según el número de diskettes del programa.
4. Finalizado el paso anterior, debe cambiarse a trabajar en el drive C, donde ya están guardados los archivos del HTPM (34 archivos).
5. Estando en el drive C, teclar : CD HTPM y presionar : ENTER. En este punto puede iniciarse el trabajo con HTPM. En el caso de nunca haberse utilizado el HTPM y si se desea conocer como trabaja el programa puede escogerse la opción del programa TUTOR, donde se explican los pasos del HTPM, debiendo teclar : TUTORIAL y presionando ENTER. Habiendo hecho esto aparecen en la pantalla de la computadora el siguiente menú :

- The HTPM tutorial (Tutorial del HTPM)
- Getting around in HTPM (Profundización en el HTPM)
- Calendar (Calendario)
- Work breakdown and CPM (Secuencia de tareas y CPM)

- Task list and CPM (Lista de tareas y CPM)
 - Task and Project Form (Forma de proyecto y tarea)
 - Gantt Chart (Diagrama de Gantt)
 - Resources (Recursos)
 - Costs (Costos)
 - Subprojects (Subproyectos)
 - Project Monitoring (Control del proyecto)
 - Reports (Reportes)
- E = Exit (Salida)

Habiéndose familiarizado ya con los distintos tópicos del programa se presiona la tecla E con la cual se abandona el programa tutorial, se teclea HTPM y se presiona la tecla ENTER; aparece luego el menú principal del programa :

MAIN MENU (MENU PRINCIPAL)	
1. Create a project (Crear un proyecto)	5. Get/Save/Remove Conseguir/Guardar/borrar
2. Edit a project (Editar un proyecto)	6. Resources (recursos)
3. Create a calendar (Crear un calendario)	7. Report (Reportes)
4. Edit a calendar (Editar un calendario)	8. Set up (establecimiento)

De las principales opciones que deben conocerse y trabajarse en orden se encuentran :

1. Crear un calendario.

Se coloca el cursor en la opción 3 y se presiona ENTER, aquí se define el calendario a utilizar, según sean las

fechas de inicio y finalización prevista. Es necesario conocer días festivos y los días a trabajarse por semana, número de años que durará el proyecto y descripción del proyecto. (A continuación se muestra la forma correspondiente a este paso).

```

Esc-Cancel      F10-Confirm
-----
Description
Start year 1986      Number of years 3
----- Work schedule -----
Start of day 9:00am      Working hours per day 8.00
Sun Mon Tue Wed Thu Fri Sat
Workday  N  Y  Y  Y  Y  Y  N
Calendar form
Calendar wallchart
  
```

Para crearse un calendario, primero debe introducirse la información solicitada anteriormente y para confirmarla presionar la tecla F10 y a continuación aparecerá en la pantalla el calendario. Con las teclas direccionales se coloca el cursor en la fecha que se convertirá en día festivo o día --

trabajable. Presionar luego F4 aparecen las opciones : -día festivo; -búsqueda de fecha; -día trabajable; se elige la correspondiente y se presiona ENTER. Luego de crear el calendario debe ser almacenado como un archivo en el disco duro. Debe salirse de la opción crear calendario con la ayuda de la tecla ESCAPE.

Seleccionándose la opción GET/SAVE/REMOVE del menú principal se guardará el calendario, asignándole un nombre apropiado; colocado el cursor en dicha opción (lista de proyectos) se presiona F2, se elige SAVE A CALENDAR; luego el programa solicita un nombre para el calendario y para confirmarlo se presiona F10.

2. Editar un calendario.

Con esta opción puede llamarse a la pantalla cualquier calendario que haya sido almacenado, con el objeto de corregir algún dato.

A continuación se presentan las formas de Lista de calendario y de proyecto.

F1-Help F2-Graphs F3-Data F4-Edit F5-Format F6-Global

1992	1992	Calendar wait
January	February	March
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
S M T W T F S	S M T W T F S	S M T W T F S
1992	1992	1992
April	May	June
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
S M T W T F S	S M T W T F S	S M T W T F S

Project List

<p>F1-Help</p> <p>F2-Files</p> <p>F3-Directories</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Project</p> <p>MOP2.PRJ</p> <hr/> <p>MOP1.PRJ</p> <p>EJERCIT.PRJ</p> <p>ECLIPSE.PRJ</p> <p>CABANA.PRJ</p> <p>ECLIPSE.ARC</p> <p>CABANA.ARC</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>1. Get project</p> <p>2. Save project Ctrl S</p> <p>3. Remove project</p> <p>4. Rename project</p> <p>5. Archive project</p> <hr/> <p>6. Get calendar</p> <p>7. Save calendar</p> <p>8. Remove calendar</p> <p>9. Rename calendar</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>M MOP1</p> <p>M MOP1</p> <p>CI STANDARD</p> <p>S ECLIPSE</p> <p>S CABANA</p> <p>A.C ECLIPSE</p> <p>A.C CABANA</p> </div> <p>Calendar Status</p>
--	--

3. Crear un proyecto.

Seleccionando esta opción en el menú principal y presionando luego ENTER aparece una forma en la que se define el nuevo proyecto. Aquí se coloca el nombre del calendario, fecha de inicio y se deja en blanco fecha de finalización, luego se presiona F10. La forma es la que se muestra:

F1--Help	Graphs	Data	Edit	Format	Global
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">Goal</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Define new project</p> <hr/> <p>Calendar: </p> <p>Planned start: </p> <p>Planned finish: </p> <p style="text-align: center;">Esc-Cancel F10-Confirm</p> </div> </div>					
Work breakdown					

Luego de crear el proyecto se procederá a guardarlo como un archivo con la opción F2 (Save a project). Para entrar al

menú principal se presiona la tecla ESC, se ubica en opción 5 y se presiona ENTER. Debe darse al proyecto un nombre -- apropiado para luego ser reconocido.

4. Selección de viñetas o información adicional que llevará cada actividad.

Antes de editar o imprimir alguna información o resultado del programa es conveniente incluir otros datos como lo son encabezados, leyendas, etc, que sirven de orientación a quien estudiará tal información.

Para tal operación es necesario ubicarse en la opción 7, del menú principal, se presiona la tecla ENTER y se selecciona TASK LIST (listado de tarea); se presiona F2, eligiendo de este menú REPORT FORMAT (formato de reporte) y se da ENTER. Después se llega a una forma en la que se muestran los distintos letreros posibles que puede llevar cada tarea o actividad anotada. Cabe mencionar que el número máximo de letreros que puede tener cada actividad es de cinco.

Es interesante saber que después de elegir cada letrero aparece automáticamente la fecha a la que se hace referencia en la red.

Para indicarle al programa las opciones elegidas, se coloca el cursor, sobre cada letrero y se presiona ENTER, como se vuelve a la red de nuevo, se selecciona de nuevo F2 y se elige formato de reporte, continuándose así sucesivamente hasta haber elegido los cinco letreros.

En la siguiente forma se presentan los cinco letreros - elegidos para cada actividad del programa.

F1-Help		Options	
Order columns for Task & Milestone			
Description		Baseline duration	
Start date		Baseline work	
Finish date		1 Earliest start	
Planned start		3 Earliest finish	
Planned finish		2 Latest start	
5 Planned duration		4 Latest finish	
Planned work		Early constraint	
Actual start		Late constraint	
Actual finish		% Complete	
Actual duration		Slack	
Actual work		Code	
Baseline start		Responsible	
Baseline finish		Project name	
Esc-Cancel			
Reports			

5. Editar un proyecto.

Luego de haber creado y editado el calendario, creado el proyecto y seleccionado las viñetas para cada actividad, se procede a la edición del proyecto. Debe mencionarse que el programa utilizado no permite asignar la descripción completa de una actividad, como sería el caso de PRECALIFICACION DE EMPRESAS, es así como se ha nombrado esta actividad como TAREA.1 ya que es así como aparecerá en la edición final del

programa de obras.

Después de haber definido el proyecto y habiéndolo con firmado con FIO se presiona F4-Edit y se despliega el menú correspondiente; aquí se elige add Task (anotar tarea) y se presiona ENTER. Aparece luego en la pantalla un pequeño cuadro en la parte inferior derecha que solicita cierta información como nombre de la actividad y duración, luego se presiona FIO.

Inmediatamente después aparece otro cuadro en igual posición que el anterior, pero esta vez solicitando información con la actividad que se está trabajando, en relación con las actividades que le preceden o posteriores a ella. Terminada la entrada de datos sobre todas las actividades, se visualiza la red del programa.

A continuación se presentan dos formas correspondientes a este paso.

F1-Help F2-Graphs F3-Data F4-Edit F5-Format F6-Global

Goa

1. Find task Ctrl F
2. Add task Ctrl A
3. Move task Ctrl M
4. Remove task Ctrl X

5. Hide tasks
6. Show tasks

Work breakdown

s Data Edit Format Global

TAREA1	TAREA2	TAREA3	
2-Jan-1992	12-Feb-1992	28-Feb-1992	16-M
2-Jan-1992	12-Feb-1992	28-Feb-1992	16-M
11-Feb-1992	27-Feb-1992	14-Mar-1992	23-M
11-Feb-1992	27-Feb-1992	14-Mar-1992	23-M
35.00 Dys W	14.00 Dys W	14.00 Dys W	7.

Add task

Name: _____

Duration: 0.00 Dys W

Type: (M = Milestone)

Esc-Cancel F10-Confirm



6. Descripción específica de las actividades del proyecto.

Seleccionada la opción 5. GET/SAVE/REMOVE del menú principal se presiona ENTER; aquí se teclea F2 y se elige GET A PROJECT, a continuación se le da ENTER. Después de confirmar el nombre del proyecto con F10 aparecerá la red elaborada. Seguidamente se presiona F3 y se selecciona de este menú PROJECT FORM dándosele ENTER, llegándose a una forma en la pantalla que corresponde a una información general del proyecto en estudio, anotándose el nombre del mismo; después se le da ESC, se posiciona el cursor en la primera actividad de la red, se llega de nuevo al menú de F3 y se selecciona TASK FORM (forma de tarea) llegando a la pantalla que corresponde a la primera actividad (TAREA 1), aquí se digita el nombre de la actividad correspondiente. También en esta forma aparece información como duración de la actividad, fechas de inicio y finalización más temprana y tardía, etc. Luego se presiona ENTER y se posiciona el cursor en la segunda actividad de la red efectuando los mismos pasos seguidos anteriormente para la actividad 1; así se continúa hasta finalizar con todas las actividades del proyecto.

Seguidamente se presentan las formas de proyecto y tarea.

Esc-Cancel F10-Confirm

```

CABANA
  Planned start | 1-Jan-1992
  Planned finish | 2-Sep-1993
  Pln overhead cost | 0.00
  Act overhead cost

Schedule (ALAP/ASAP) | ASAP
Duration (Norm/Res) | Norm
Duration |
Minimum slack | 0.00
Default units | Dys W

Description | LA CABANA-LA HACIENDA-LOS DOS CERROS

          Start      Finish      Duration
Planned  1-Jan-1992   2-Sep-1993   503.00 Dys
Actual   (None)         (None)       (None)
Baseline (None)     (None)       (None)
% Complete : 0      Slack: 0.00 Dys W

          Overhead      Resource      Other
Planned      0.00          0.00          0.00
Actual       0.00          0.00          0.00
Projected    0.00          0.00          0.00
Project form
  
```

Esc-Cancel F10-Confirm

```

Name | TAREA1
Duration | 35.00 Dys W
Pln start | ASAP
Act start |
Act finish |
Code |
Responsible |
Pln other cost |
Act other cost |
% Complete |

Description | PRECALIFICACION DE EMPRESAS

          Start      Finish      Duration
Planned  2-Jan-1992   11-Feb-1992   35.00 D
Actual   (None)         (None)       (None)
Baseline (None)     (None)       (None)
Earliest 2-Jan-1992   11-Feb-1992
Latest   2-Jan-1992   11-Feb-1992   Slack

          Resource      Other      Total co
Planned      0.00          0.00          0
Actual       0.00          0.00          0
Projected    0.00          0.00          0
Task form
  
```

7. Impresión del Programa.

Completados todos los pasos anteriores, se procede a una revisión general de la red o diagrama realizado para la programación de la obra, con el objeto de agregar, corregir o quitar algún dato equivocado.

Luego, se selecciona opción 8. SET UP, del menú principal y se presiona ENTER; después se elige F2 y se le da información sobre el equipo que se está utilizando; se da ENTER y aparece una forma que pide datos del impresor a usar como ancho del margen izquierdo, tamaño del papel a utilizar y otras, después se confirma con F10.

A continuación, se presiona ESC dos veces para salir al menú principal y se selecciona F7 (Reports); se presiona ENTER y se selecciona CARTILLA O RED DEL PROGRAMA. Seguidamente, se presiona F2 y se eligen RUN REPORT; aquí, aparece en la pantalla un encabezado con el reporte a realizar y se llena con la información necesaria; antes de dar F10 para confirmar, se enciende el impresor colocándose de manera adecuada el papel para que al presionar F10 comience a imprimir el programa correctamente.

Seguidamente, se muestran las diferentes formas correspondientes a la impresión del programa.

F1-Help F2-Print/Plot F3-Other

```

Text printer:      Epson FX Series
                  Parallel output

Graphics printer: Epson FX,LX,RX Series
                  Parallel output

Plotter:           HI PC 595
                  Parallel output

Monitor is:        Monochrome

Create from:       Work breakdown

Date format:       DD/MM/YY
Time format:       am/pm
Numeric format:    1000.00

```

Setup

F1-Help Print/Plot Other

Set up text printer

```

IBM Left margin width: 5
IBM
IBM Paper size: U.S.-letter U.S.-wide A4-letter
Epsc
Epsc Port: prn lpt1 lpt2 lpt3 aux com1 c
Epsc
Epsc
Epsc
Epsc Serial output
Epsc Baud rate: 9600 4800 2400 1200 300
Epsc Data bits: 8 7
Epsc Stop bits: 1 2
Esc- Parity: None Odd Even
Xon/Xoff: Yes No

```

Esc-Cancel

F1

F1-Help		Options	
Graphics report options			
Header:			
Footer:			
Filename:			
Print to:	Printer	Print file	Plotter
			Plot
	Orientation:	Normal	Sideways
	Page breaks:	Yes	No
	Pause between pages:	Yes (No
	Quality:	Low	High
	Print in color:	Yes	No
	Change pens in plotter:	Yes	No
	Plot transparency:	Yes	No
	Timescale grid:	Show	Don't show
	Legend:	Show	Don't show
Report	Esc-Cancel		F10

En la programación de obras presentada, los nombres dados a cada actividad son los siguientes :

- TAREA 1 : Precalificación de Empresas
- TAREA 2 : Resultado de Precalificación
- TAREA 3 : Anuncio de licitación
- TAREA 4 : Retiro de documentos
- TAREA 5 : Interesados preparan y presentan ofertas
- TAREA 6 : Análisis de ofertas
- TAREA 7 : Notificación a organismo que da el financiamien
to.

- TAREA 8 : Adjudicación y firma del contrato
- TAREA 9 : Aprobación de Corte de Cuentas
- TAREA 10 : Lapso de orden de inicio
- TAREA 11 : Limpieza y chapeo
- TAREA 12 : Descapote y excavación de la vía
- TAREA 13 : Excavación de puentes y bóvedas
- TAREA 14 : Excavación de estructuras varias
- TAREA 15 : Tubería de concreto reforzado
- TAREA 16 : Mampostería de piedra con mortero
- TAREA 17 : Revestimiento ligado con mortero
- TAREA 18 : Relleno poroso
- TAREA 19 : Contracuneta
- TAREA 20 : Préstamos
- TAREA 21 : Material Selecto I
- TAREA 22 : Drenaje Mayor (Puente)
- TAREA 23 : Drenaje Menor (tubería de concreto simple)
- TAREA 24 : Material Selecto II
- TAREA 25 : Remoción de estructuras existentes
- TAREA 26 : Miscelánea (Residencia y oficina de campo p/Ingeniero y local para Laboratorio).
- TAREA 27 : Limpieza final
- TAREA 28 : Entrega

TRADUCCION DE PALABRAS UTILIZADAS EN EL HTPM

MD (make directory) = hacer directorio

Copy = Copiar

CD (change directory) = Cambio de directorio

Menu = Lista de opciones en el programa

Enter = Tecla de entrada de datos

Main menu = Menú principal

FIO = Tecla de función especial para confirmar

Description = Descripción

Start year = Año de inicio

Number of years = Número de años

Work schedule = Horario de trabajo

Start of day = Inicio de día de trabajo

Working hours per day = Horas diarias trabajadas

Work day = Día de trabajo

Project list = Lista de proyecto

Get project = Conseguir proyecto

Save project = Guardar proyecto

Remove project = Mover proyecto

Rename project = Renombrar proyecto

Archive project = Archivar proyecto

Get calendar = Obtención de calendario

Save calendar = Guardar calendario

Remove calendar = mover calendario

Rename calendar = Renombrar calendario
Calendar wallchart = Diagrama de calendario
Goal = Punto de inicio
Define newproject = Definición de nuevo proyecto
Calendar = Calendario
Planned start = Inicio planeado
Planned finish = Finalización planeada
Work finish = Finalización planeada
Work breakdown = Secuencia de tareas
Slack = Holgura
Earliest start = Inicio más temprano
Earliest finish = Finalización más temprana
Latest start = Inicio más tardío
Latest finish = Finalización más tardía
Find task = Encontrar tarea
Add task = Adicionar tarea
Move task = Mover tarea
Remove task = Quitar tarea
Hide tasks = Ocultar tareas
Show tasks = Mostrar tareas
Duration = Duración
Milestone = Actividad que no consume tiempo
Escape (Esc) = Cancelar
Schedule = Horario
ALAP = Tan tarde como sea posible

ASAP = Tan pronto como sea posible

Minimum slack = Holgura mínima

Base line = Fecha de referencia

Resource = Recurso

Overhead = Desfase

Others - Otros

Text printer = Texto de impresión

Graphics printer = Impresor de gráficos

Plotter = Elaborador de diagramas

Date format = Fecha de formato

Time format = Hora de formato

Numeric format = Formato numérico

Set up text printer = Establecimiento del texto del impresor.

Left margin width = Ancho del margen izquierdo

Paper size = Tamaño del papel

CONCLUSIONES

Luego de analizar los diferentes capítulos del presente estudio, se evidencia que el empleo del método de programación C.P.M. aplicado a la construcción de caminos rurales, utiliza criterios técnicos que permiten :

- Poseer una visión amplia sobre todos los procesos que deben tomarse en cuenta en la programación de la construcción de caminos rurales abarcando desde la etapa de licitación hasta la entrega de las obras terminadas.
- Enumerar los pasos a seguir en el proceso de licitación en forma detallada para la construcción de caminos rurales por parte de las empresas dedicadas a tal actividad.
- Tener un conocimiento general sobre cada una de las diferentes partidas a considerar en la construcción de caminos rurales tipo "A" y saber en qué consisten.
- Generar una programación calendarizada para la construcción de un camino rural, la cual facilita el control de ejecución del trabajo, el aprovechamiento de los recursos y cumplimiento de las metas previstas.
- La efectividad del empleo de programas de computación como herramienta en la industria de la construcción ha sido observada con la obtención de resultados rápidos y --

confiables, disminuyendo así el tiempo que se requiere en tales actividades si fueran efectuadas de manera manual. El programa HPTM ha permitido generar la red de actividades y su ruta crítica en muy corto tiempo.

- Hacer ver a las empresas constructoras que el objetivo de la construcción en todos sus campos debiera ser mejorar las condiciones del hábitat del ser humano y no perjudicarlo, analizando en cada proyecto el impacto ecológico que tendrá.
- La construcción y mejoramiento de caminos en el área rural del país es de suma importancia para facilitar la -movilización de bienes y personas, logrando con ello un desarrollo socio-económico y cultural de los residentes de la zona.
- La optimización del uso de costos y recursos en el programa no se han planteado en nuestro trabajo debido a que estos objetivos requieren un estudio complejo y de mucha experiencia para su eficaz desarrollo.

RECOMENDACIONES

- Con el objeto de lograr un amplio desarrollo económico y social para todo el país, es recomendable la continuación de los programas de construcción y mejoramiento de caminos rurales.
- Se recomienda a las Empresas constructoras de carreteras y caminos rurales estudiar detalladamente varias alternativas en los proyectos para minimizar los impactos ambientales.
- El otorgamiento de contratos por parte de la D.G.C. a las firmas constructoras consume gran cantidad de tiempo, debido a los trámites burocráticos en el proceso de licitación, lo cual debería agilizarse un poco más a fin de despertar el interés de las Empresas en el ramo de la construcción de caminos rurales.
- Se ha observado el poco interés existente en las Empresas Constructoras para efectuar la programación de actividades en la etapa de Licitación, por lo cual se recomienda el uso del C.P.M. logrando con ello mayor organización en cuanto al tiempo, control de las actividades, estudio de costos, etc., todo en beneficio de los intereses de la Empresa.

- Para el empleo de la técnica de programación desarrollada en este trabajo (C.P.M.) es deseable la experiencia en el ramo de construcción de caminos rurales o deberá tenerse fácil acceso a las técnicas de construcción y elaborar apuntes propios sobre tiempos, recursos y costos de cada actividad.
- Se recomienda a los organismos encargados de llevar a cabo la evaluación de las ofertas de un proyecto, actuar con responsabilidad evitando cualquier clase de preferencias particulares a ciertas Empresas.
- Aunque la programación de actividades realizada por cualquier método sea muy objetiva, la efectividad del programa resultará del adecuado control que se establezca en el desarrollo del proyecto.
- Es recomendable que al estimar la posible duración de una actividad, el valor del rendimiento de la mano de obra o equipo sea verificado o actualizado para mayor confiabilidad.
- Ante la ejecución de proyectos de construcción de caminos debe recomendarse el seguimiento de los detalles constructivos expuestos en el Capítulo IV únicamente como -- guía debido a que las condiciones de la obra pueden requerir algunas variantes.

- Para todos aquellos que deseen ampliar sus conocimientos en lo que se refiere al método de programación -- CPM utilizando el paquete HTPM, pueden acudir a la Escuela de Ingeniería Civil, donde hemos dejado como un aporte a la escuela una copia de dicho programa.

BIBLIOGRAFIA

- ROBERT HARRIS. 1987. Técnicas de redes, flechas y precedencias para la construcción. 2a. Edición. México, D.F., México, Editorial Limusa.
- JAMES ANTILL-RONALD W. WOOD. 1978. Método de la ruta crítica y su aplicación a la construcción. Cuarta reimpresión. México, D.F. México, Editorial Limusa. 315 Págs.
- DIRECCION GENERAL DE CAMINOS. 1991. Términos de refe-rencia para los servicios de consultoría para la ejecu-ción de protección ambiental en el programa de rehabili-tación y mejoramiento de caminos rurales. San Salvador, El Salvador.
- DIRECCION GENERAL DE CAMINOS. 1991. Programa de rehabi-litación y mejoramiento de caminos rurales III etapa, documentos contractuales, préstamos GOES-BID. No. 844/SF-ES. San Salvador, El Salvador.
- DIRECCION GENERAL DE CAMINOS. 1985. Informe final oficina coordinadora de caminos rurales de la reforma agraria. San Salvador, El Salvador.
- DIRECCION GENERAL DE CAMINOS. 1984. Programa nacional de caminos de acceso (normas y especificaciones de dise-ño). San Salvador, El Salvador.

- SIECA. 1974. Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras, alcantarillas y puentes. 3a. Edición. México, D.F., México, Editorial Limusa. Págs. 75-112.
- UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA, ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL. 1985. Técnicas de programación. San Salvador, El Salvador.
- SEMINARIO DE COMPUTACION PARA CONSTRUCTORES. (1991, HOTEL SIESTA, San Salvador, El Salvador). 1991. ASIMEI.
- FLORES GUEVARA, GILMA; PORTILLO, HECTOR. 1985. Estudios que deben realizarse para llevar a cabo un modelo administrativo en la ejecución de proyectos. Tesis Ing. Civil. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 232 Págs.
- REYES, CARLOS; LEIVA, ORLANDO. 1990. Diagnóstico de la tecnología utilizada en el diseño y construcción de vías terrestres. Tesis Ing. Civil. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 271 Págs.
- GUEVARA DEMING, ANDRES ANTONIO. 1988. Prefactibilidad técnica-económica para el mejoramiento de caminos terciarios y rurales de la zona sur Departamento de Sonsonate. Tesis Ing. Civil. San Salvador, Universidad Albert Einstein, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 218 Págs.
- TECONSA, S.A. de C.V. EMPRESA CONSTRUCTORA.
- DELTA, S.A. de C.V. EMPRESA CONSTRUCTORA

- DIRECCION GENERAL DE CAMINOS. Sección de Caminos Rurales. Ingenieros : Ramón A. Aragón - Roxana del Milagro Grande de Castañeda.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA. 1985. Redacción de referencias bibliográficas; normas oficiales del IICA. 3a. ed. rev. San José, C.R. 60 P. (IICA, Documentación e Información Agrícola No. 141).