Universidad de El Salvador

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Guía para la Programación de la Construcción de Urbanizaciones.

Trabajo de Graduación Presentado Por:

CECILIA DEL CARMEN BARRAZA MEJIA
ELIZABETH DE JESUS CASTELLON LARA
SILVIA MARITZA RODRIGUEZ MARTINEZ

Para Optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Julio, 1992

San Salvador, El Salvador, Centro América

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

INGENIERO CIVIL

GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONSTRUCCION DE URBANIZACIONES

Presentado Por: CECILIA DEL CARMEN BARRAZA MEJIA
ELIZABETH DE JESUS CASTELLON LARA
SILVIA MARITZA RODRIGUEZ MARTINEZ

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador y Asesor: ING. JOSE MARIO SORTO

Asesor: ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA

Asesor: ARQ. MARIO MARTINEZ OSEGUED

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL SAN SALVADOR

San Salvador, Julio de 1992.

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

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO:

Por haberme dado la vida y la luz del saber.

A MI PADRE:

Héctor Vladimir, por darme el apoyo donde cimentar la fortaleza que me hace llegar al final de una meta con solvencia.

A MI MADRE:

Juana Antonia, porque su amor y consejos me dan el ejemplo de responsabilidad, dedicación y han hecho posible finalizar mi carrera con éxito.

A MIS HERMANOS:

Irma Morena, Silvia América, Elsa Guadalupe, Roberto Arturo, Bella Argentina, Karla Maribel y Carlos, para que en cada etapa de nuestra vida nos sigamos brindando amistad, cariño y apoyo.

A JOSE ADOLFO:

Gracias por brindarme tu ayuda en la elaboración de este trabajo y por llegar a mi vida en el momento justo.

A MIS AMIGOS:

Lorena, por darme su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida. En especial a Rolando y Alvaro, porque la " brisa " de la recompensa nos llegaba al final de cada jornada.

A MIS FAMILIARES,
AMIGOS Y COMPAÑEROS:

Con todo cariño y aprecio.

A MIS MAESTROS:

Con todo respeto, por su abnegación. Especialmente al Ingeniero Mario Sorto, Ingeniero Roberto Berganza, Arquitecto Mario Maritínez Osegueda.

GRACIAS.

CECILIA DEL CARMEN.

DEDICATORIO

ACTO QUE DEDICO A DIOS TODOPODEROSO POR TODOS SUS BENDICIONES.

A MI MADRE:

Irma González vda. de Castellón, por todos sus sacrificios para darme una profesión. Madre querida usted es todo para mí y es la persona que más quiero admiro y respeto. El título obtenido nunca lo hubiera logrado sin el apoyo total que me brindó durante todos los años de estudio.

A MI PADRE:

Jesús Amílcar Castellón (de grata recordación).

A MIS ABUELOS:

Tomasa Lara (de grata recordación) que Dios llamó a su seno sin permitirle ver el fruto de sus esfuerzos y sacrificios. Gracias abuelita querida.
Concepción Menjivar vda. de Castellón, con cariño y respeto.
Eliseo Mejía, con cariño y respeto.

A MIS TIOS, PRIMOS Y FAMILIAS LARA Y CASTELLON.

A MIS PROFESORES, POR SU ALTO ESPIRITU Y ENSEÑANZA.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

GRACIAS.

ELIZABETH DE JESUS.

DEDICATORIA

A DIOS Y A LA BENDITA BELLEZA BAHA'U'LLAH

Por su guia divina.

A MIS PADRES:

Nelson G. Rodriguez.
Ana Gloria M de Rodriguez

Que mi triunfo sea para ellos una recompensa a su amor esfuerzos y sacrificios.

A MIS HERMANOS:

William, Dayanira, Samuel y Darío.
Con mucho amor.

A MIS MAESTROS:

Por guiarme academicamente en el transcurso de mis estudios.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

Que de alguna manera me brindaron su apoyo y con la promesa de recordarles siempre.

SILVIA MARITZA.

INDICE

ANEXOS

ANEXO No.

LISTA DE TABLAS

TABLA No.

LISTA DE FIGURAS

RESUMEN

El estudio que se presenta contiene esencialmente el desarrollo del tema " GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONSTRUCCION DE URBANIZACIONES". La intención de esta guía es mostrar los procesos y subprocesos de un proyecto de construcción de urbanizaciones mediante Métodos de Programación de la Ruta Crítica, CPM (Critical Path Method) y PERT (Program Evaluation Review Technique), manual y computarizado. Además demostrar como el uso de técnicas modernas de programación (Diagramas de Barras, CPM, PERT, etc.), pueden optimizar el uso de recursos.

Se ha elaborado el proceso general para urbanizar. Para ello se analiza un caso tipo de urbanización habitacional para clase media. La guía permite la programación mediante las técnicas CPM, PERT, GANTT, avance físico vrs. financiero, HTPM, desde la orden de inicio hasta la entrega de la obra.

Como limitantes en la realización de esta guía, podemos mencionar:

- De los diferentes métodos de programación existentes, la guía se limita al uso de CPM, PERT y el Diagrama de Barras;

- Comprende los procesos (contructivos ó no), desde la

orden de inicio hasta la entrega de la obra, sin tomar en cuenta la búsqueda, selección, evaluación y adquisición del terreno y demás trámites legales, debido a que sus duraciones difícilmente pueden ser medidas y dependen de cada empresa constructora que las realiza;

- Como se menciona anteriormente la guía analiza un caso tipo de urbanización habitacional de clase media (residencial), debido a la representatividad que presenta en cuanto a procesos constructivos se refiere;

- Esta guía es sólo un ejemplo de como planear, programar y controlar un proyecto urbanístico, dependerá de cada persona que utilice la guía incluir las variantes que pueda tener cada proyecto específico.

Las diferentes experiencias sobre la programación de urbanizaciones en el país no se han escrito. Esta guía se ha diseñado en un afán de agrupar estas experiencias, facilitando de esta forma los lineamientos necesarios de programación en la construcción de urbanizaciones, lo cual se constituirá en una ayuda para las diferentes empresas o personas que hagan uso de ella. Esperando además contribuir a la formación académica de los estudiantes de Ingeniería Civil y Arquitectura como documento de consulta.

A continuación se presentan las etapas que comprende el estudio:

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El contexto para la elaboración de la guía, lo definen las empresas constructoras de urbanizaciones, instituciones gubernamentales involucradas, universidades, etc.

Se visitaron empresas constructoras de urbanizaciones, las cuales proporcionaron información sobre planeación y programación de urbanizaciones y los problemas que encuentran al no planificar adecuadamente la construcción de éstas.

Además todas las entidades entrevistadas al respecto, estuvieron en común acuerdo sobre la conveniencia de la realización de una Guía par la Programación de la Construcción de Urbanizaciones, porque sólo existen textos con experiencias de otros países.

CAPITULO II. MARCO DE REFERENCIA

Se establece toda aquella información necesaria para identificar y delimitar la guía. Contiene definiciones sobre Urbanismo, Organismos e Instituciones involucradas, Reglamentos, Planeación, Programación, Control, Técnicas de

Programación y diversos comentarios a la información bibliográfica consultada.

CAPITULO III. DESCRIPCION GENERAL DE LAS OBRAS DE URBANIZACION E INFORMACION DE LA OBRA SELECCIONADA.

Básicamente se detallan los aspectos más relevantes de las obras de urbanización para cualquier proyecto. Obras de infraestructura que toda parcelación habitacional deberá poseer: tratamiento adecuado de vías, abastecimiento de agua potable, electricidad, alcantarillado sanitario, drenaje de aguas lluvias, etc.

Posteriormente presenta un panorama general de la obra seleccionada como ejemplo para este estudio. Dicho proyecto urbanístico se escogió para realizarle la planeación, programación y control. Realizándosele visitas periódicas en las cuales se tomaron fotografías, se consultó al maestro de obra, al bodeguero, a los albañiles, etc., sobre rendimientos, costos, procesos constructivos, etc.

Además para la elaboración de la planeación fué necesario obtener los planos del proyecto.

Toda la información obtenida y procesada en este capítulo es la base para elaboración y desarrollo del Capítulo IV.

CAPITULO IV. APLICACION DE LA PLANEACION, PROGRAMACION Y CONTROL MANUAL Y COMPUTARIZADO.

En este capítulo se realiza el análisis de la información obtenida en los capítulos anteriores. El cual inicia con la etapa de planeación, para ello se definen los diferentes tipos de actividades; se realiza el listado de las actividades específicas del proyecto en estudio.

Posteriormente se estiman los tiempos, las duraciones y los costos de éstas, para poder elaborar con estos datos la red preliminar.

Definida la red priliminar se procede a realizar la red definitiva la cual esta constituída por un detalle desglosado de las macro actividades que presenta la red preliminar.

Con esta red definitiva es que se trabaja en los cálculos matemáticos para la elaboración de la red CPM y PERT.

Finalmente para la etapa de control del proyecto es que se ha elaborado el Diagrama de GANTT, Diagrama de Avance Físico y Financiero. A partir de esta información se presenta en forma breve, cómo vigilar y actualizar el proyecto.

Se desarrolla la programación computarizada al proyecto, mediante el uso del paquete Harvard Total Project Manager

(HTPM), considerando que su uso y aplicación es fácil y útil.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cada etapa del estudio a proporcionado información y conocimientos dignos de enfatizar, sustrayendo a la vez recomendaciones que son útiles para el mejor aprovechamiento de la guía.

A lo largo del documento se menciona lo tedioso, trabajoso y lento que resulta la utilización de la programación en una forma tradicional, ésta resultaría más fácil si se utilizaran paquetes de computador, que nos permiten mediante formas y diagramas realizar una programación a cualquier proyecto, permitiendo el seguimiento y control al mismo.

Es notorio que la mayoría de empresas constructoras elaboran una programación para obtener el respectivo financiamiento, la cual conlleva a desorganización, descontrol y muchas veces a la quiebra.

Todo planeador debe recolectar y obtener la información necesaria para elaborar la programación. Muchos factores influyen al obtener dicha información, los cuales deben ser previstos con anterioridad.

El proceso general para urbanizar y programar es similar en los diferentes tipos de urbanizaciones por lo tanto esto puede ser útil al momento de estar planeando nuevos proyectos.

Se ha demostrado con el ejemplo especifico que el uso de CPM y PERT optimiza duraciones, costos y recursos. El proyecto debió haberse realizado en siete meses y ocho días calendarios, sin embargo éste aún no ha finalizado.

Es recomendable el uso de métodos modernos de programación, métodos constructivos y poseer una amplia experiencia de campo.

Consideramos que el esfuerzo que ha implicado la elaboración de este estudio no ha sido en vano, porque, si no existía información escrita sobre la construcción de urbanizaciones en El Salvador, con esta guía se han sentado las bases para posteriores estudios.

INTRODUCCION

A la Ingeniería Civil le corresponden la planeación, diseño y control del medio, desarrollo de los recursos naturales, construcciones, servicios de transporte y otras estructuras necesarias para la salud, bienestar, seguridad, empleo y recreación de la humanidad.

Es así como el proceso de urbanización tiene como característica principal la reubicación de la población dentro del espacio nacional; la elevada tasa de crecimiento demográfico hace intenso el proceso de concentración poblacional en las ciudades. En el país tomó auge la construcción de urbanizaciones desde hace un par de décadas; actualmente muchas empresas se dedican a la construcción de éstas.

El presente estudio, pretende ser una guía de información organizada que oriente el enfoque y solución de problemas en la planeación, programación y control de urbanizaciones. Describiendo a través de la aplicación directa a un caso real, algunas alternativas de programación que faciliten y optimicen el uso de recursos, dado que la industria de la construcción es uno de los aspectos principales para el desarrollo integral del país.

La información incorporada ha sido recolectada en las diferentes entidades que trabajan en el campo de la construcción, justificándose de esta forma la elaboración de este estudio, el cual se enmarca en las leyes y reglamentos de

las Instituciones encargadas que rigen la actividad de la construcciòn.

Cada secciòn presenta en forma precisa y breve, toda aquella informaciòn necesaria para identificar y delimitar el estudio.

La planeaciòn se llevò a cabo de acuerdo al proceso constructivo del proyecto urbanistico "El Manzano III", ubicado al Nor-Poniente de la ciudad de San Salvador. El cual se visitò periòdicamente para obtener datos reales de èste. Ademàs se describen las obras de urbanizaciòn en general y del proyecto seleccionado en particular.

En la fase de planeaciòn se definen las actividades que comprende el proyecto en estudio, determinando para cada actividad su respectivo tiempo; posteriormente se ha organizado una red preliminar de actividades, para asignarle duraciones y calcular sus costos en base a la técnica de costos unitarios.

En la fase de programaciòn se elaborò el programa definitivo por los métodos CPM y PERT, obteniéndose como resultado el Diagrama de Barras (GANTT). Para ambos métodos se describe la forma lògica de como se ejecuta la programaciòn.

En la fase de control se describe el ajuste tiempo-costo, la nivelaciòn de recursos y el avance físico y financiero. Para esta fase se han asumido datos y situaciones que estàn fuera del alcance de este trabajo.

Finalmente se ha desarrollado la programaciòn computarizada utilizando el paquete de programaciòn Harvard Total Project

Manager (HTPM), del cual se hace una breve introducciòn. Esperamos que este estudio sea de provecho para los estudiantes, profesionales y demàs personas involucradas en la construcciòn de obras civiles, especificamente de urbanizaciones.

CAPITULO 1.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.0. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Planificación, Programación y Control de la Construcción de Urbanizaciones, no es realizada adecuadamente, desde el punto de vista técnico por las diferentes empresas constructoras; es decir, utilizando métodos con base técnica científica (modelos lógico-matemáticos).

Aunque los métodos de programación son enseñados en las diferentes Universidades del país que ofrecen la Ingeniería Civil y son técnicas relativamente sencillas, que existen desde hace varias décadas, los profesionales de nuestro medio continúan con la tendencia de improvisar en la construcción, y nunca se sigue un programa de avance físico con base científica adecuadamente elaborado.

Muchas veces se realiza la programación para un proyecto con el fin de cumplir únicamente con un requisito legal-financiero, el cual es preparado sin un análisis previo, presentando el orden en que se propone ejecutar los trabajos y las fechas para comenzar y terminar cada operación; obteniendo un tiempo estimado de duración. Previa presentación de este programa (además de otros requisitos exigidos por las instituciones financieras), la institución otorga a la empresa el financiamiento que les permite iniciar el proyecto; pero una vez iniciada la ejecución de los trabajos, el programa no es respetado por el constructor ni exigido por la supervisión y aún cuando lo fuera, lo más seguro es que prácticamente es imposible darle seguimiento, debido a que es

elaborado sin ninguna base técnica. Los desembolsos generalmente se hacen en base a estimaciones de la obra ejecutada, y no a lo programado.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, cabe hacerse la pregunta siguiente: ¿Por qué los métodos de programaciòn no son utilizados efectivamente, para la construcciòn de urbanizaciones y obtener los beneficios en cuanto a costos, tiempo y recursos?.

No cabe duda que, existe suficiente informaciòn para la aplicaciòn de técnicas de programaciòn (como GANTT, CPM, PERT, y otras); pero ésta es tan general para usarse en cualquier proyecto en el campo del ingeniero civil, que al aplicarse a un proyecto especifico, surgen muchos requisitos exigidos en nuestro medio que quedan fuera de aplicaciòn.

De todos los estudios realizados sobre planeaciòn y programaciòn de obras civiles, no existe al alcance de profesionales y estudiantes una guia que agrupe toda la informaciòn para la programaciòn de construcciòn de urbanizaciones; que muestre todos los procesos y actividades necesarias en el orden de ejecuciòn que en el país exige y que tenga aplicaciòn directa, de tal forma que se considere como una herramienta de fàcil acceso a todo profesional que esté o no familiarizado con la construcciòn de proyectos urbanisticos como medio de consulta a estudiantes y personas relacionadas con la construcciòn.

Se pretende que sea una guia que permita al usuario, ajustar este estudio a los problemas individuales del proyecto en particular, ya que cada uno es un caso especifico, con sus propias caracteristicas y limitantes.

Para lograr los objetivos planteados, el desarrollo de este trabajo toma un caso real como ejemplo de aplicaciòn de la guia para la programaciòn de construcciòn de urbanizaciones. El proyecto habitacional que se analiza fue elegido de una gama de alternativas iniciales, las cuales fueron estudiadas para seleccionar la que fuera màs representativa en cuanto a obras de urbanizaciòn que se dan en el àmbito.

Los planteamientos anteriores, tienen como base la informaciòn obtenida de entrevistas realizadas en distintas empresas del pais.

Se visitaron varias empresas constructoras, grandes y medianas, con amplia experiencia en urbanizaciones, que nos proporcionaron informaciòn al responder a una serie de preguntas de un cuestionario base, previamente elaborado, para que los resultados se enmarcaran en el tema de estudio. (Ver Anexo No.1)

En forma general, los resultados obtenidos son los siguientes: Las técnicas GANTT, CPM, PERT, son utilizados para la programaciòn de obras que obtienen a través de licitaciòn y contrataciòn, donde se pretende optimizar la relaciòn tiempo-costo, y la construcciòn se realiza de acuerdo a la

programación, ya que hay un plazo contractual para la entrega de la obra. En las cláusulas del contrato se describen la multas por incumplimiento del tiempo de entrega o terminación del proyecto.

Los métodos de programación, sí son utilizados para este tipo de obras y se convierten en valiosos instrumentos que se utilizan efectivamente para la planificación, programación y control físico del proyecto.

En la construcción de urbanizaciones, sucede lo contrario, es decir, que pocas veces se realiza una adecuada programación, pues no existe ninguna institución que la exija, y queda a opción del constructor el realizarla o no.

Anteriormente, las instituciones financieras exigían una programación, pero en la actualidad sólo se requiere la presentación de un programa de avance de obra, y los desembolsos los realizan de acuerdo a estimaciones del trabajo realizado.

Algunas empresas sí realizan una programación, utilizando la mayoría de veces, un GANTT por su sencillez y fácil visualización; otras utilizan el CPM, el PERT, el HTPM u otro programa para computadora; pero estas últimas son pocas, pues expresan que el CPM y PERT son poco prácticos, más complicados y difíciles de visualizar.

En todos los casos se acepta que debería llevarse una

programación y control de proyectos urbanísticos, utilizando técnicas de programación que permitan reducción en el tiempo para terminar la obra, reduciéndose así los intereses sobre la inversión que se hace; pero éstas son poco usadas porque existe mucha ignorancia en nuestro medio o poca conciencia en los constructores de las ventajas de la programación; y porque ninguna institución la exige.

Al preguntarse sobre la conveniencia de la realización de una Guía para la Programación de la Construcción de Urbanizaciones y si ésta se utilizaría, la respuesta en general fue afirmativa, porque sólo existen textos con experiencias de otros países que no reflejan nuestra realidad.

Una guía tiene la ventaja de ser práctica, muestra los pasos básicos a seguir, con el consiguiente ahorro de tiempo, y recursos humanos, al facilitar el camino de la planificación, programación y control de la construcción de urbanizaciones.

CAPITULO 2.

MARCO DE REFERENCIA

2.0. MARCO DE REFERENCIA

2.1. DEFINICION DE URBANIZACION

"Parcelación de terreno rústico, urbano o potencialmente urbano, que implica la construcción de accesos, de redes de distribución y recolección de fluidos de los diferentes servicios públicos" 1/

Urbanizar es el proceso y resultado de dividir una porción de terreno, dotándola de servicios públicos, su uso podrá ser habitacional, industrial, comercial, institucional, recreativo, etc. Este proceso es indispensable para el crecimiento y desarrollo ordenado de las ciudades.

2.2. TIPOS DE URBANIZACION

En El Salvador los tipos comunes de urbanización son: 1/ (Ver Tabla No. 2.1.)

2.2.1. HABITACIONAL

Su uso prioritario es vivienda y sus servicios. Según su densidad neta la Oficina de Planificación del Area Metropolitana de San Salvador (OPAMSS) las divide así:

Interés Social	: 800 Hab/Ha
Popular	: 600 Hab/Ha
Residencial	: 400 Hab/Ha
Residencial	: 200 Hab/Ha
Residencial	: 100 Hab/Ha
Residencial	: 50 Hab/Ha

El Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) las divide asi (rangos de densidad expresados en àrea de lotes):

D1			Hasta 100 m^2
D2	Màs de 100 m^2	a	200 m^2
D3	Màs de 200 m^2	a	500 m^2
D4	Màs de 500 m^2	a	1000 m^2
D5	Màs de 1,000 m^2.		

Segùn el desarrollo de sus obras de urbanizaciòn OPAMSS las divide asi:

U1 : Urbanizaciòn Completa

U2 : Urbanizaciòn de Servicios Domiciliares

U3 : Urbanizaciòn de Servicios Colectivos

U4 : Urbanizaciòn Simple.

U1: Urbanizaciones Habitacionales residenciales, comerciales, industriales y cualquier tipo no habitacional.

U2, U3, U4 : Parcelaciones de interés social y popular segùn el desarrollo de su infraestructura

Segùn el grado de Urbanizaciòn inicial, el VMVDU las divide asi:

U1 : Urbanizaciòn Completa Tipo 1

U2 : Urbanizaciòn Completa Tipo 2

U3 : Urbanizaciòn Progresiva de Grado 1

U4 : Urbanización Progresiva de Grado 2

U5 : Urbanización Progresiva de Grado 3.

Según su Localización el VMVDU las divide así:

L1 : En poblados mayores de 50,000 hab. o en suelos de alta presión urbana.

L2 : En poblados menores de 50,000 hab. o en suelos de baja presión urbana.

L3 : Fuera de poblados existentes o suelos sin presión urbana.

L4 : En Zonas de Reserva Ecológica.

2.2.2. COMERCIAL

Son aquellas urbanizaciones en las cuales la actividad predominante es el intercambio de bienes y servicios.

"Un terreno urbano con vocación comercial, podrá fraccionarse en lotes..." 1/

OPAMSS permite el desarrollo de complejos urbanos con circulaciones internas de carácter privado y zonas destinadas a estacionamientos. Actualmente se distinguen cinco tipos de zonas:

Centro urbano, Sub-Centro urbano, Corredor urbano/servicios, Corredor urbano/ industria/ servicios, Centro de Barrio.

2.2.3. INDUSTRIAL

Son aquellas urbanizaciones en las que predomina

la actividad destinada a la transformaciòn de bienes en productos terminados, almacenamiento y servicios complementarios. OPAMSS las divide asi:

	Area	Frente
Pesada	1,500 M^2	30 M
Liviana	750 M^2	15 M
Artesanal	750 M^2	15 M

Se deben dotar de una zona de retiro arborizada cualquier sea el tipo de industria, ademàs no deberà colindar con urbanizaciones habitacionales o institucionales, se distinguen dos tipos: 1/

INDUSTRIA VECINA: No causa contaminaciòn.

INDUSTRIA AISLADA: Causa molestias por contaminaciòn.

2.2.4. INSTITUCIONAL

Son aquellas urbanizaciones donde predominan las actividades destinadas al apoyo de las demàs zonas de la ciudad.

OPAMSS permite el desarrollo de complejos institucionales en terrenos previamente calificados para ello. Los bloques deberàn disponer de circulaciones internas de caràcter privado y àreas para estacionamientos; ademàs de dotarse de una zona de retiro arborizada.1/

Algunas de las urbanizaciones de apoyo son: Administraciòn, salud, educaciòn, cultura;

recreación y deportes;

protección y seguridad;

mortuorio;

comunicación; etc.

2.2.5. OTRAS

Urbanización Especial;

Urbanización Mixta;

Urbanización Recreativa.

2.3. CRITERIOS URBANISTICOS

2.3.1. UTILIZACION DE AREAS

2.3.1.1. INSTITUCIONES INVOLUCRADAS Y REGLAMENTACION VIGENTE.

Las respectivas aprobaciones gubernamentales necesarias, dependiendo del tipo de proyecto urbanistico, deberàn tramitarse en:

a. OFICINA DE PLANIFICACION DEL AREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (OPAMSS).

Entidad responsable de investigar y analizar los problemas de desarrollo del Area Metropolitana de San Salvador. Algunas de sus funciones son: 2/

- Formular y actualizar el Plan de Desarrollo Metropolitano.
- Elaborar politicas de desarrollo en materia urbana y social.
- Coordinar y controlar el cumplimiento del esquema director de ordenamiento metropolitano.

TABLA No. 2.1. TIPOS DE URBANIZACIÓN

	PARCELACION HABITACIONAL	PARCELACION COMERCIAL	PARCELACION INDUSTRIAL	PARCELACION INSTITUCIONAL
TIPOS	1) Asentamiento Interes Social His. 2) Asentamiento Popular Hp. 3) Asentamiento Residencial Hr.	1) Centro Urbano CU 2) Corredor Urbano CS 3) Sub-Centro Urbano SU	1) Pesada 2) Liviana 3) Artesanal	
AREA TIPO DE LOTE	Lote tipo (mts. cuad.) / Densidad (1) (Hab/Ha) / Clave 62.5 (2) 800 His-80 85.5 (2) 600 Hp-60 125.0 400 Hr-40 250.0 200 Hr-20 500.0 100 Hr-10 1000.0 50 Hr-05 (1) Densidad neta s Hab/Ha (2) Dimensión puede reducirse para aumentar densidad en proyectos avalados por las municipalidades o el UMVDU.	Area mínima de lote 250 metros cuadrados.	Areas (metros cuadrados)	Lotes no menores de 1000 metros cuadrados de en - tensión.

CALCULO DE NUMERO DE LOTES PERMITIDOS	N = (A x 0.65 x D) / 5
	N = # de lotes.
	A = Area total del terreno en Ha.
	0.65 = Factor de área útil.
	5 = Habitantes por lote.			

FRENTE DE LOTE Y/O ZONA DE RETIRO	- Lotes frente a la vía Expresa, Arteria primaria, Arteria Secundaria o Vías de distribución = 250 m. cuadrados o más con frente no inferior a 10 metros. - Frentes mínimos en lotes frente a franja de estacionamiento y pje. vehicular. Clave / Con cochera Simple (m) / doble (m) / 2 accesos Hr -40 ...8 .....--.....- (1) Hr -20...10 .....--.....- (1) Hr -10 ..10 .....14.....- (1) Hr -05 ...14 .....14.....20 (1) Islas para árboles en área de de estacionamiento de: 2.00 x 2.00 m.	Frente del lote: No menor de 10 mts. (o múltiplo de 2.5). Fondo del lote: No menor de 2.5 veces su frente. Zona de retiro * CU = 16 mts. CS = 16 mts. SU = 11 mts. * Destinada a estacionamiento y circulación vehicular interna, medida a partir del límite exterior del derecho de vía o línea de verja.	Frentes: (1) 30 (2) 15 (3) 15 Zona de retiro (1) entre lote industrial y zona habitacional o institucional: (1) 50 mts. (2) 20 mts. (3) 20 mts. (1) Debidamente autorizada 400 árboles/Ha.	Frente mínimo: 20 mts. o múltiplo de 2.5 Zona de retiro destinada a estacionamiento: 16 mts. de ancho como mínimo.

COMPLEJOS	Complejos habitacionales = densidad.
	-Según plano General de lotificación, 5 hab./Apto. en relación al área total del lote.
	- # de Aptos. permitidos.
	N = (A X D) / 5
	N = # Aptos.
	A = Area total del terreno.
	D = Densidad de la zona.
	5 = hab./Apto.
	- Combinación parcelación individual y desarrollo habitacional por Aptos. = respetar densidad establecida en zona.
		Complejos comerciales:
		- Se permitirá trazo de bloques con circulaciones internas de caracter privado
		- Accesos y salidas.
		No podrán hacerse directamente a arterias de circulación pudiendo construirse "calles marginales".
		- Bloques con estacionamiento propio según norma (parte IV del reglamento).
				En terrenos calificados para tal fin, en bloques urbanos hasta de 500 mts. de largo máximo.
				- Podrán disponer de circulaciones internas privadas.
				- Disponer de estacionamiento (según norma señalada en parte IV).
				- Para defensa y seguridad pública = 16 mts. zona de retiro, frente a cualquier vía de circulación.

FUENTE: REGLAMENTO DE OPANSS. 1990.

- Dar asistencia a las municipalidades del AMSS
- Coordinar y supervisar la implementación por parte de las unidades ejecutoras de proyectos.

b. VICEMINISTERIO DE VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO (VMVDU)

Dependencia del Ministerio de Obras Públicas y se encarga de:

- La planificación y control del desarrollo urbano;
- La planificación y ejecución de obra física;
- Revisar y aprobar los proyectos de urbanizaciones y edificaciones;
- Calificar los terrenos y demarcar alineamientos para construcciones;
- Vigilar el cumplimiento de Normas de Diseño.

c. ALCALDIAS MUNICIPALES

Sus normas y leyes se basan en el Reglamento de VMVDU.3/

La revisión y aprobación de planos de urbanizaciones y/o construcción les permite recaudar impuestos, aunque no todas las alcaldias realizan este trámite, corresponde entonces al VMVDU realizar estas revisiones y aprobaciones.

d. MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL (MSPAS).

Ejecuta la política nacional en materia de

salud; dicta normas, organiza, coordina y evalúa las actividades relacionadas con la salud.

Para la creación de poblaciones y para construir urbanizaciones es indispensable obtener autorización escrita del MSPAS.

e. DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS.

Encargada de realizar, analizar y actualizar la información sobre censos de costos, áreas y otras características referentes a la construcción.

f. COMPAÑIA DE ALUMBRADO ELECTRICO DE SAN SALVADOR (CAESS).

Entidad encargada de vigilar la producción, transmisión y distribución de la energía eléctrica en el área metropolitana. Encargada de la distribución del flujo eléctrico en la industria, comercio, servicios domésticos y comunales en el AMSS.

Para proyectos urbanísticos, se le debe solicitar Factibilidad de Servicios para conocer si el terreno puede ser dotado de fluido eléctrico.

En el interior del país las compañías encargadas son: Compañía de Luz Eléctrica de Santa Ana (CLESA), Compañía de Luz Eléctrica de Ahuachapan (CLEA), Compañía de Luz Eléctrica de Sonsonate (CLES), Distribuidora Eléctrica de

Usulutàn Sociedad de Economia Mixta (DEUSEM) y Comisiòn Ejécutiva Hidroeléctrica del Rio Lempa (CEL).

g. DIRECCION GENERAL DE ENERGIA Y RECURSOS MINEROS (DGERM)

Es una dependencia del Ministerio de Economia y su funciòn principal es la de garantizar la seguridad de los servicios de energia eléctrica que se ofrecen a las empresas privadas, estatales, mixtas y hogares salvadoreños. Servicios que proporciona: 2/

-Solicitud para revisiòn y aprobaciòn de instalaciones eléctricas.

-Revisiòn y aprobaciòn de instalaciones eléctricas.

-Solicitud para: aprobaciòn de lineas de distribuciòn para zonas urbanas, rurales y marginales; inspecciòn de instalaciones eléctricas que se conectaràn en las lineas de compañias de distribuciòn eléctrica; inspecciòn de explotaciòn de los recursos mineros del pais.

h. ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (ANDA).

Instituciòn encargada de suplir la necesidad de servicio de agua potable y alcantarillado sanitario.

Para proyectos urbanisticos, los diseños y elaboración de las instalaciones hidraùlicas deben hacerse tomando en cuenta las Normas Técnicas de esta Institución.

ANDA supervisarà los planos constructivos y la obra ejecutada, de haberse cumplido con los requisitos previos, otorgarà "Constancia de Recepción de las instalaciones de Acueducto y Alcantarillado Sanitario" del proyecto respectivo. Seguidamente ANDA administrarà las nuevas instalaciones.

i. ASOCIACION NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (ANTEL)

Institución encargada de suministrar el servicio telefònico. Las instalaciones telefònicas deben hacerse segùn lo especifica esta institución; ANTEL supervisarà los planos y obra ejecutada. Deberà tramitarse con anterioridad Factibilidad de Servicio, ademàs ANTEL instalarà y administrarà el servicio.

REGLAMENTACION VIGENTE

La reglamentación para urbanizaciones, en lo relativo a la "utilización de àreas", pràcticamente està contenida en:

- Reglamento de la Ordenanza del Control del Desarrollo Urbano y de la Construcción de la

OPAMSS.

- Reglamento a la Ley de Urbanismo y Construcción en lo relativo a Parcelaciones y Urbanizaciones Habitacionales del VMVDU.

2.3.1.2. TOPOGRAFIA

La escasez de nuestros recursos agua y tierra, tiene mucha importancia para el mejor aprovechamiento de la topografía.

DRENAJE

El drenaje natural tiene tanta importancia para el sistema de alcantarillado que se adoptará en el proyecto. El diseño debe seguir la ruta natural del terreno.

El desafío es saber analizar la topografía y aprovecharla en servicio del hombre y no luchar contra ella.

PENDIENTE

Tiene importancia económica, porque reduce al mínimo los costos de mantenimiento de las obras de urbanización. En el diseño la meta debe ser limitar las excavaciones y nivelaciones reduciendo de esta manera los costos, obteniendo seguridad y comodidad.

2.3.1.3. LOTIFICACION

La lotificación debe estar funcionalmente diseñada para que tenga una estrecha relación con

las lotificaciones colindantes ya existentes; el tamaño y forma que se escoja para el trazo en las àreas reservadas para viviendas, tienen gran influencia en cuanto a los costos para las obras de infraestructura. Por esto, de la forma y tamaño que adopten los bloques de lotes dependen las longitudes de los sitemas de infrestructura.

FORMA DEL LOTE

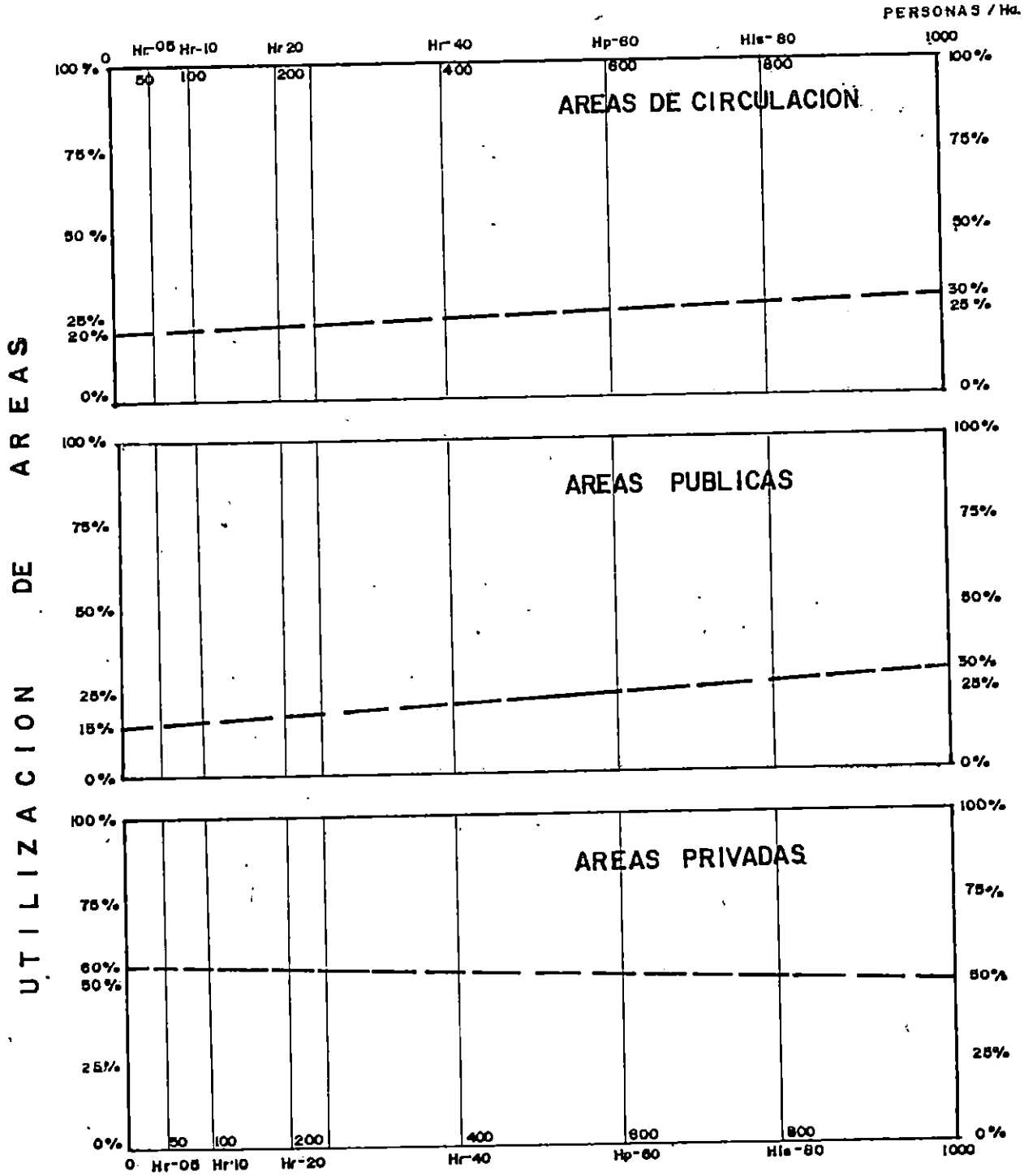
El frente que tenga el lote deberá estar relacionado con el tamaño del bloque de lotes; ya que las calles, pasajes, tuberías de agua potable, aguas negras, etc., se desarrollan en proyecciòn paralela a los frentes de los lotes, puede considerarse que los incrementos en el frente producirán altos costos en la infraestructura.

DENSIDAD DEL PROYECTO

La densidad se obtiene de relacionar el nûmero total de habitantes con el àrea del terreno. La poblaciòn esperada, se determina en funciòn del nûmero de lotes del proyecto, asumiendo una cantidad promedio de miembros por familia.

Los costos para las obras de infraestructura de una urbanizaciòn serán altos cuando la densidad sea demasiado baja o demasiado alta. (Ver Figura No. 2.1.).

FIGURA. No. 2.1 **SUPERPOSICION DE DENSIDADES DE PROYECTO CORRESPONDIENTES A LOS TIPOS DE URBANIZACION HABITACIONAL**



TRABAJO DE GRADUACION

FUENTE : Seminario Impartido para el BIRF. 1972. S. PATEL.

EFICIENCIA DE LA SUBDIVISION DE AREAS.

$$R = \frac{\text{Longitud Total de Servicio (M)}}{\text{Area Total Servida (M^2)}}$$ 4/

Relaciòn matemàtica entre la longitud de las redes de infraestructura y las àreas servidas.

Valores menores de R: mayores eficiencias del sitema de la red de infraestructura y corresponderàn a la mejor subdivisiòn de àreas.

2.3.1.4. EQUIPAMIENTO

Cuando un proyecto ha sido calificado como habitacional, éste deberà contar con àreas para uso comercial y/o institucional, a la vez que debe ser dotada de àreas verdes recreativas, deportivas, ecològicas, etc. 1/

2.3.2. SISTEMAS DE INFRAESTRUCTURA.

2.3.2.1. MOVIMIENTOS DE TIERRA

Aùn logrando una màxima utilizaciòn topogràfica del lugar, con toda seguridad en un proyecto de construcciòn, se encontrarà la necesidad de realizar trabajos de terracerìa. La meta en el diseño de la urbanizaciòn serà evitar el terreno erosionado, patios y calles lodosas e inundaciòn de los sistemas de alcantarillado pluvial.

La ventaja de diseñar minuciosamente las obras de terracerìa es evitar al mìnimo la construcciòn

de muros de retenciòn, trabajos en la correcciòn de pendientes, construcciòn y colocaciòn de tuberias adicionales, etc.

2.3.2.2. AREAS DE CIRCULACION

Las constituyen àreas para calles vehiculares y peatonales, para acceso, distribuciòn y colecciòn.

En la etapa de anteproyectò se deben tomar en cuenta las àreas para circulaciòn peatonal y vehicular, balancear el acceso vehicular a todas las àreas privadas ante emergencias.

2.3.2.3. AGUA POTABLE

Antes de la adquisiciòn del terreno, deberà obtenerse la factibilidad de servicio de la Administraciòn Nacional de Acueductos y Alcantarillados, debido a que el sistema de infraestructura del agua potable es un servicio bàsico. Podrà obtenerse segùn las siguientes alternativas:

- Conexiòn a un sistema existente;
- Desarrollo de sistemas individuales.

Componentes funcionales de los sistemas de agua potable:

A. DE INFRAESTRUCTURA EXTERIOR

-CAPTACION: Colecciòn del agua

-ADUCCION: Aducción del agua colectada al área donde será utilizada.

-TRATAMIENTO: Purificación del agua cuando sea necesario.

-BALANCE: Balance del abastecimiento con la demanda.

B. DE INFRAESTRUCTURA INTERIOR

-DISTRIBUCION: Dotación de agua a los usuarios.

Características del sistema de abastecimiento:

(Ver Figura No. 2.2.)

FUNCION: Es abastecer cada edificación.

TRAZO: El que garantice una presión balanceada.

CARGA EN LA TUBERIA: Sólo la del agua.

FLUJO EN LA TUBERIA: Es uniforme a presión constante.

TAMAÑO, UBICACION Y PROFUNDIDAD DE LAS TUBERIAS: Basarse en las Normas Técnica de ANDA.

CRITERIOS DE DISEÑO: Será establecido por el flujo económico.

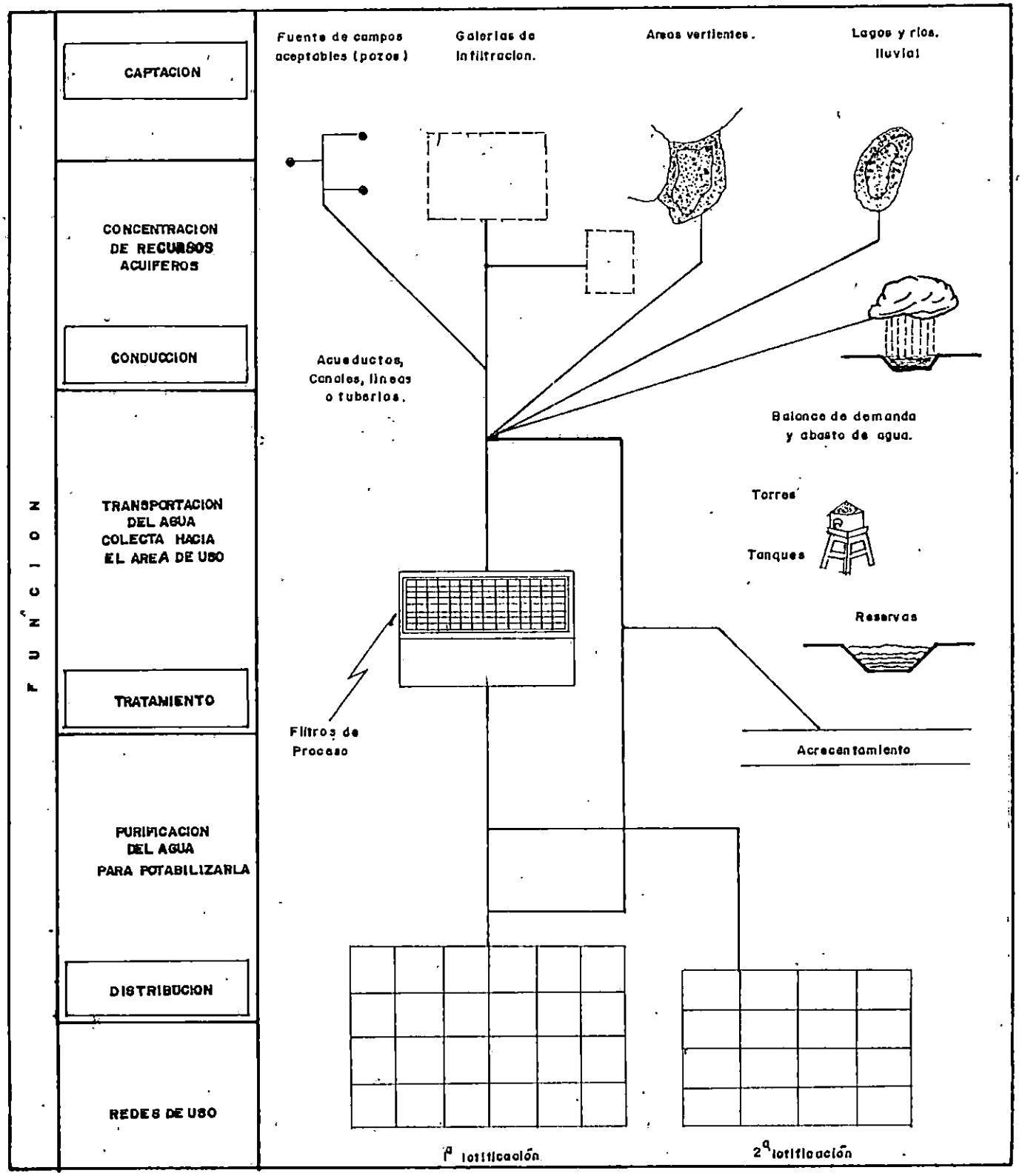
CANTIDADES DE DISEÑO: Dotación establecida por ANDA.

2.3.2.4. AGUAS NEGRAS

Los componentes funcionales de un sistema de alcantarillado sanitario son: 4/

-COLECCION: Concentración de aguas servidas por medio de colectores.

FIGURA No. 2.2. **COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL AGUA.**



FUENTE: Manual de Criterios de Diseño Urbano.
Jam Bazan S. 1983

TRABAJO DE GRADUACION

-TRATAMIENTO: Operaciòn necesaria para aminorar la contaminaciòn.

-DISPOSICION: Transferencia de las aguas servidas al nuevo ciclo ecològico.

Las caracteristicas son: (Ver Figura No.2.3.)

FUNCION: Es la disposiciòn de aguas servidas en forma sanitaria.

TRAZO: Proyecciòn horizontal formando una red; proyecciòn vertical en tramos con pendientes.

CARGA EN LA TUBERIA: Son los sòlidos suspendidos en el fluido.

FLUJO: Es gravitacional no constante ni uniforme.

VELOCIDAD, TAMAÑO, UBICACION Y PROFUNDIDAD DE LA TUBERIA: Basarse en la Normas Técnicas de ANDA.

CRITERIO DE DISEÑO: Serà determinado por la demanda de agua potable.

CANTIDAD DE DISEÑO: Hacer anàlisis preliminar del sistema segùn:

-Acometidas domiciliares;

-Ramales en calles y pasajes;

-Elementos de conexiòn (pozos, cajas de sostén, etc.);

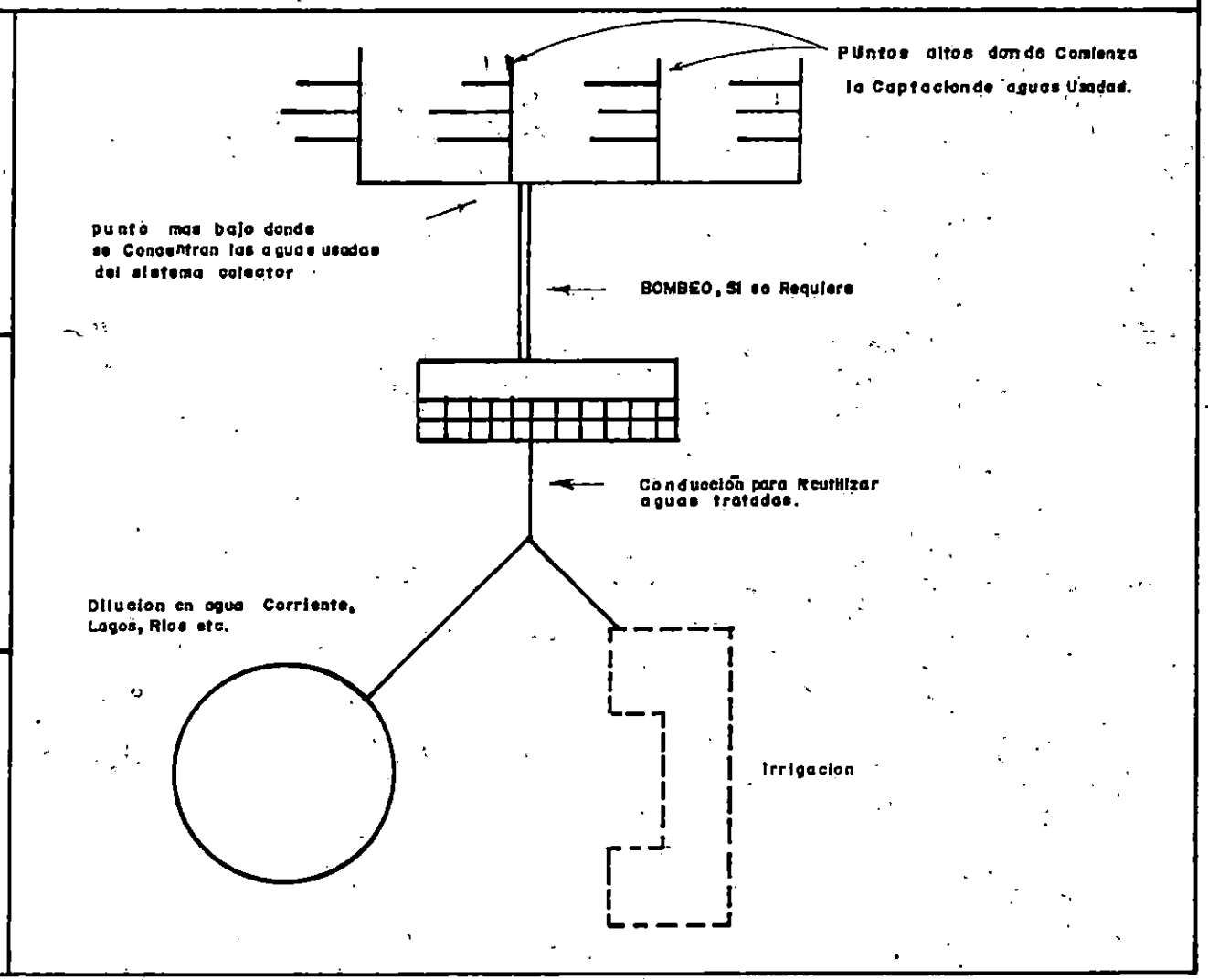
-Colectores Secundarios;

-Obras de paso (viga-canal, puentes, sifones, etc.);

-Obras de Protecciòn: (muros, losas, etc.)

FIGURA No. 2.3 **CRITERIO GENERAL DEL SISTEMA**

Componentes del sistema de alcantarillado		
Colección	CAPTACION Y CONDUCCION DE AGUAS NEGRAS MEDIANTE TUBERIAS.	
Tratamiento	PURIFICACION DE AGUAS NEGRAS PARA EVITAR CONTAMINACION Y APROVECHARLAS NUEVAMENTE. EN USOS NO DOMESTICOS	
Desalojo	DISPOSICION DE AGUAS NEGRAS AL CICLO ECOLOGICO.	



TRABAJO DE GRADUACION

FUENTE : Manual de Criterios de Diseño Urbano
Jam Bazan S. 1983

2.3.2.5. AGUAS LLUVIAS

El sistema de alcantarillado pluvial generalmente està constituido por:

-Sistema de colecciòn Superficial;

-Sistema de tragantes y resumidero

Sus caracteristicas son las siguientes: 4/

FUNCION: Es la de prevenir inundaciones.

TRAZO: Red con inclinaciones dependientes de la topografia.

CARGA EN LA TUBERIA: Son los sòlidos suspendidos en el flujo.

FLUJO EN EL TUBO: Es gravitacional no constante ni uniforme.

TAMAÑO Y UBICACION DE LAS TUBERIAS: Basarse en las Normas Técnicas de ANDA.

CRITERIO DE DISEÑO: Segùn:

-Intesidad de la lluvia (I)

-Coeficiente de Escurrimiento (C)

-Area tributaria (A)

-Diàmetro y pendiente dependen de la velocidad minima de diseño.

CANTIDAD DE DISEÑO: Fòrmula Racional Q = C.I.A.

El sistema de colecciòn superficial tiene las siguientes caracteristicas:

COMPONENTES: Cordones, cunetas, canales cubiertos y sin cubrir, calles con bombeo, pasajes y aceras con pendientes hacia canales y cunetas.

FUNCION: El control inmediato del agua escurrida.

2.3.3. DOTACION DE SERVICIOS.

2.3.3.1. ENERGIA ELECTRICA

La red de alumbrado pùblico es un sistema de distribuciòn completo que depende de la Compañía de Alumbrado Eléctrico, quien administra dicha distribuciòn, provee al proyecto las instalaciones bàsicas. Para el servicio domiciliar los costos por conexiòn e instalaciòn los paga el usuario.

2.3.3.2. TELEFONOS

La Administraciòn Nacional de Telecomunicaciones, ANTEL, es la instituciòn que desarrolla a cargo econòmico del usuario la instalaciòn del servicio telefònico.

2.3.3.3. TRANSPORTE

En el estudio de factibilidad se deben observar los nexos de transporte entre el proyecto y los centros industriales, comerciales e institucionales. En el anteproyecto se deberà confirmar dicho servicio mediante consulta a la Direcciòn General de Transporte Terrestre.

2.3.4. UNIDAD HABITACIONAL

Tanto el diseño como la construcciòn de la edificaciòn dependerà de factores que deben ser

estudiados en la etapa de anteproyecto, tales como:

TERRENO: Su ubicación, situación, orientación, topografía, suelo, ecología, servicios comunales adyacentes, etc.

EDIFICACION: Si será de uno o más niveles; de interés social o residencial, etc.

A QUIEN VA DIRIGIDO EL PROYECTO: A grupos familiares de escasos recursos, de clase media, etc.

AMBIENTE MINIMOS: De estar, dormir, preparar comidas, sanitarias, circulación, servicios, almacenar y depositar, cochera, jardines, etc.

MATERIALES DE CONSTRUCCION: Para exteriores, para interiores.

INSTALACIONES BASICAS: Electricidad, etc.

Este estudio debe ir acompañado de una evaluación financiera y de comercialización.

La selección de diferentes tipos de construcciones residenciales debe estar basada en el concepto de la comunidad, ya que un determinado vecindario podría consistir de un solo tipo de construcción. Además las instalaciones de agua potable y drenaje públicos influyen en el tipo de vivienda que puede construirse.

2.4 PLANEACION

2.4.1. DEFINICIÓN GENERAL

PROYECTO: Es una colección de sub-tareas o actividades (ó grupos de actividades) que actúan conjuntamente dentro de una acción requerida orientada a la realización de una idea u objetivo.5/

PLANEACION: Función vital de la administración de proyectos de obras civiles. Se define como la determinación de las necesidades de recursos del proyecto y su orden de aplicación en las diversas operaciones que deben de realizarse para lograr los objetivos del mismo.5/

2.4.2. LOS CINCO ELEMENTOS PARA LA PLANEACION

La decisión respecto al método que se va usar en la planeación de un proyecto es responsabilidad del administrador o planeador de dicho proyecto, y del equipo que colabora con él. El éxito o el fracaso depende, en gran parte, del conocimiento que se tenga acerca de los procedimientos disponibles y la capacidad para elegir el método que rendirá el máximo beneficio a la empresa. Cualquiera que sea la técnica que se escoja para planear un proyecto, la decisión implicará recopilar tanta información como sea posible (dentro de los límites prácticos) acerca de las

siguientes partidas: **materiales, maquinaria, mano de obra, dinero y tiempo.**

La selección de material preparada por el departamento de estimación a partir de los planos y especificaciones, se puede resumir con el objeto de determinar la cantidad y tipo de material que se necesitarán para ejecutar el trabajo. La disponibilidad y el tiempo probable de entrega de estos materiales se deben determinar con base en la experiencia previa o en la información de los proveedores.

El equipo que se requiera depende por supuesto, del tipo de material que se vaya a usar y del procedimiento constructivo que se haya previsto. Una vez seleccionado el posible tipo de equipo, se deben confirmar la disponibilidad y la promesa de entrega de éste.

En la mayoría de los proyectos se necesita emplear diversos tipos de recursos humanos. Se puede necesita personal especializado, lo que puede implicar la necesidad de entrenarlos, o bien ambas cosas. No se puede subestimar la importancia de la localización geográfica de la obra y su influencia en el ámbito laboral.

Ningún proyecto puede sostenerse por mucho tiempo sin contar con fondos para pagar los materiales, maquinaria y mano de obra. Para esto se requiere

un presupuesto y la determinación de un flujo efectivo viable. En la mayoría de los casos, la empresa no está en posibilidades de obtener fondos de sus propios recursos, pero puede obtenerlos de alguna institución de crédito. Es necesario determinar desde el principio el tiempo que tomará el arreglo de estas necesidades financieras, a fin de asegurar el éxito del plan.

De lo anterior, resulta evidente que la disponibilidad de recursos que se necesitan para el proyecto y las restricciones de tiempo que implican, constituyen el marco básico dentro del cual debe trabajar el planeador.6/

2.4.3. REDES

Una red consta de dos elementos básicos, los nodos y los enlaces entre éstos.

En la definición anterior no se menciona el elemento que se debe destacar, así como la naturaleza de la interacción (sentido) entre los elementos mediante sus conexiones.

Mediante la aplicación de estos conceptos en la construcción se tendrán dos maneras distintas de representar la red. Las diversas actividades de la construcción se pueden considerar como los enlaces en la red y las relaciones entre éstos representados por los nodos que las conectan, el

resultado es un "diagrama de flechas". Si las actividades de la construcción se consideran como nodos en la red, los enlaces representarán entonces las relaciones existentes y el diagrama resultante se denomina "diagrama de actividades en el nodo" o "diagrama de precedencias". Fig. No. 2.4.1. y 2.4.2.

Ambos tipos de red sirven como modelos de los procesos constructivos y muestran las mismas relaciones entre las actividades, por tanto al planeador le corresponde decir cuál va á usar. 6/

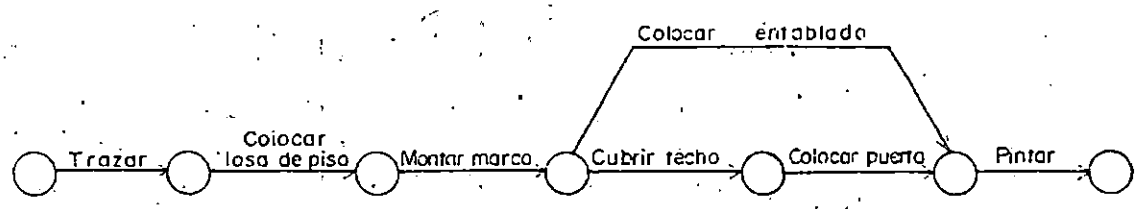


FIG. No 2.4.1 DIAGRAMA DE FLECHAS PARA UNA PEQUEÑA COCHERA.

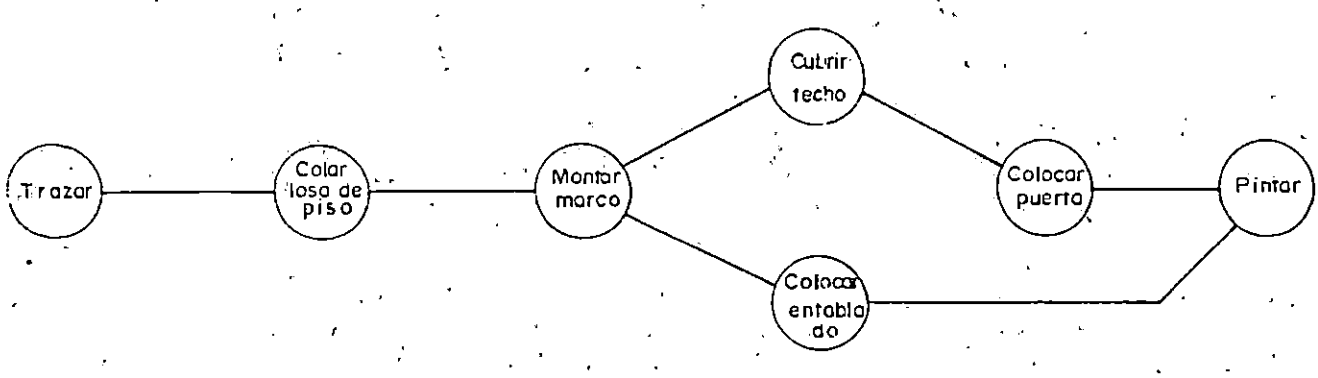


FIG. No 2.4.2 DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS PARA UNA PEQUEÑA COCHERA.

2.4.4. ORGANIZACION DEL PROYECTO

Una vez que se ha decidido la técnica de redes a utilizar para la ejecución de un proyecto el planeador afronta el primer conjunto de decisiones que tienen como punto central la pregunta ¿Cómo se organizará el proyecto?

Por lo general, los grandes proyectos están divididos en varias etapas de construcción. Cada una de estas etapas puede constituir por sí misma un proyecto separado, aunque forme parte de un conjunto. Las etapas de construcción se pueden dividir en muchas operaciones, que a su vez son los principales elementos a construir.

Las operaciones se pueden dividir en suboperaciones que se pueden detallar aún más en subsuboperaciones o actividades.

La planeación de redes se puede utilizar para representar un proyecto por cada nivel de la organización. Mientras más complejo sea el proyecto, más complejos serán la red y el programa resultante.6/

2.4.5. DEFINICION DE ACTIVIDAD

Una definición precisa y sencilla del término "actividad" y que servirá para evitar cualquier confusión aparente es la siguiente:

Una actividad es una unidad única del proyecto que

se puede definir dentro de los límites determinados de tiempo. En otras palabras, es cualquier tarea, función o decisión que sume tiempo, no es necesario que tenga un costo ni que necesite otro recurso que no sea tiempo.

En los diagramas de redes, en ocaciones es conveniente o necesario introducir una actividad que tiene un tiempo de duración igual a cero. Estas actividades llamadas **actividades ficticias** parecen oponerse a la definición que se dió de actividad; éstas se pueden incluir facilmente si se piensa que cada una representa el límite más bajo de tiempo que puede tener una actividad. La definición de actividad no se refiere a la cantidad de tiempo que dura ésta, sino a que necesita límites de tiempo.6/

2.4.6. CRITERIOS Y SUPUESTOS DEL PLANEADOR

Antes de iniciar la elaboración real de un diagrama de redes para el proyecto, el planeador debe estar preparado para la tarea y debe tener una actitud tan abierta como sea posible ante los métodos de construcción. No se deben imponer restricciones arbitrarias a las actividades y suponer que se cuenta con recursos ilimitados.

En la industria de la construcción, las fallas de la planeación de la red se deben a la falta de

información realista y válida, más que a ninguna otra fuente. Un diagrama de redes eficiente no puede ser elaborado por alguien que no está totalmente preparado para cumplir con la exigencia del proyecto. Aunque la lista de actividades se haya elaborado y revisado por el personal encargado de la construcción, el planeador que no entiende los métodos que se usarán será incapaz de dibujar una buena red.

El planeador debe aceptar los métodos que se van a emplear y también buscar las diversas alternativas. Esta actitud abierta por parte del planeador revelará muchas técnicas y procedimientos no conocidos, propiciando ahorros en cuanto a costos y algunas veces de gran magnitud.

Al trazar la red inicial, no es bueno considerar las restricciones de tiempo y espacio. El tiempo de decidir cuál actividad se debe programar primero, viene más adelante, después de que se hayan efectuado los cálculos de la red. Las únicas restricciones que se deben imponer durante la elaboración del diagrama son aquellas impuestas por los planos y especificaciones o el método elegido por el personal de campo.

El supuesto del planeador de que se deben cumplir las exigencias de recurso conocidos, está mu

relacionado con la tendencia a imponer restricciones indebidas. El planeador debe suponer que si se necesita un recurso, podrà disponerse de él. Este es el supuesto de recursos ilimitados, uno de los supuestos bàsicos que cada planeador debe siempre hacer y que es una regla clave en la planeaciòn eficiente de redes.6/

2.5. PROGRAMACION

2.5.1. DEFINICION GENERAL

PROGRAMACION: La programaciòn puede definirse como una tabla de tiempos calendario, para asignar o aplicar recursos a a las actividades del proyecto, dentro de los limites disponibles. Tal asignaciòn debe tener lugar hasta después de que haya sido trazado, refinado y aprobado el plan de ejecuciòn. El objetivo principal es nivelar recursos al asignarlos a las actividades con el fin de reducir los costos de producciòn.5/

La segunda fase de la administraciòn del proyecto, la de la programaciòn, depende de la determinaciòn de la duraciòn adecuada para cada actividad, para lograr que el programa sea eficaz. A veces es fàcil establecer estas duraciones, pero con frecuencia es una tarea compleja que toma mucho tiempo.

2.5.2. INTERVALOS PARA LA PROGRAMACION DE REDES

La administración de proyectos puede elegir entre muchas medidas de tiempo existentes, y se puede usar como base cualquiera que sea conveniente: segundos, minutos, horas, días, semanas, años, décadas, etc., todas son aceptables. La elección puede ser o se puede derivar de la práctica usual. La cantidad de tiempo que se necesita para ejecutar las actividades representativas del proyecto, puede imponer esta selección natural de la medida básica.

El período usual de empleo de los recursos de las actividades es quizás el que se adopta con más frecuencia para el programa. Por lo general, a los trabajadores de la industria de la construcción, se les paga por hora, siendo la jornada comúnmente de siete horas. Por tanto, la jornada viene a ser la medida básica del programa. De manera semejante lo más común es utilizar la semana de 40 horas de trabajo como base para proyectos grandes.

Cualquiera que sea la medida que se elija para la duración de las actividades de la red, ésta se debe usar de manera constante en todo el diagrama. 6/.

2.6. CONTROL DEL PROYECTO

Esta fase es la encargada de emitir reportes periódicos

del progreso del proyecto.

Ningùn proyecto que se haya planeado por el método de la ruta crítica se puede completar satisfactoriamente si sòlo se efectùan las fases de planeaciòn y programaciòn. Es necesario efectuar una fase adicional a fin de considerar la naturaleza dinàmica del proceso de construcciòn. En una palabra el control proporciona este aspecto dinàmico.

Ningùn sistema puede desarrollar su mayor potencial si se permite proceder de una manera irresponsable; el sistema se debe controlar.

Un sistema de construcciòn bien planeado y programado que permita proceder sin control puede conducir al caos, causar demoras e incluso el abandono total del sistema.

En un buen plan de control hay tres objetivos principales que se deben buscar y cumplir. En primer lugar, y el màs importante, en el plan se debe representar con exactitud el trabajo a fin de ejecutarlo de una manera compatible con los planos y especificaciones determinados de la construcciòn. Segundo, el plan debe permitir reconocer, evaluar y pronosticar las desviaciones del programa. Y tercero, el plan debe prever medidas correctivas periòdicas para linear cualquier programa remanente con el programa propuesto.

El control incluye las funciones de vigilancia y de actualizaciòn. La vigilancia implica retroalimentaciòn de calidad del proyecto para saber qué està sucediendo, en

qué punto se encuentra el proyecto, como llegó a dicho punto y el pronóstico para lo que vendrá. La actualización implica que habrá revisiones que darán resultados importantes y que será necesario hacer ajustes a la red.6/

2.7 TECNICAS DE PROGRAMACION

A partir de la revolución industrial los talleres se enfrentaron con la necesidad de satisfacer las demandas de cantidad y envio cada vez mayores, por lo que las industrias se vuelven más complejas, presentando la necesidad de contar con métodos más rápidos para planear programas de los trabajos que se realizaban en sus fábricas.

Es en la 1a. Guerra Mundial, cuando Henry L. Gantt creó un procedimiento gráfico para el control de la producción, que consistía básicamente en un diagrama de barras en donde se indicaban puntos específicos de tiempo.

El diagrama de barras llegó a ser una técnica de programación aceptable para el trabajo de construcción porque representaba las tareas a realizar y facilitaba la elaboración de un programa de recursos humanos. El control del trabajo se efectuaba señalando en el diagrama el trabajo que se iba terminando, y se tenía una idea del avance logrado, observando la cantidad de trabajo marcada de esa manera.

A medida que se empezaron a usar los productos industriales en la construcción, al planeador se le dificultó el manejo de la programación debido a los nuevos materiales y equipos, por lo que el diagrama de barras comenzó a cambiar sustancialmente.

En el año de 1956, con el objetivo de mejorar la programación y planeación del diseño y construcción de ingeniería, se formó un equipo por Morgan Walker, de Du Pont y James E. Kelly Jr. de Remington Rand Corportion (empresas dedicadas a la construcción de plantas químicas) este equipo presentó su concepto de planeación de redes y estableció la teoría matemática inicial en que está basado el Método de Análisis de Ruta Crítica.

En Julio de 1958 un grupo de investigadores de la firma Booz, Allen y Hamilton y el doctor Charles E. Clark a solicitud de la Special Projects Office de la Marina de los EE.UU. introdujeron el concepto de red con una estimación de tres tiempos para cada actividad, y establecieron las bases lógicas y matemáticas que fundamentan el PERT. Este método se creó para controlar el programa para el submarino POLARIS.

En 1961 John Fondahl, de la Universidad de Stanford, publicó un informe preparado para la Marina de EE.UU., que presentaba un enfoque no computado para programas. Es un método de ruta crítica, donde se utiliza una técnica de representación distinta de la que propusieron originalmente Walker y Kelly. Desde entonces, el

procedimiento de Fondahl constituye una de las técnicas màs importantes para el anàlisis de proyectos.

Aunque el método de la ruta crítica (CPM) y la técnica de evaluaciòn y revisiòn de programa (PERT) se desarrollaron en forma independiente, en ambos se utilizò la red como modelo gràfico y sus soluciones se refirieron a la ruta màs larga o crítica. Desde entonces ambos nombres se han usado en un sentido genérico aunque las estimaciones del tiempo de duraciòn de las actividades son significativamente distintas.

La eficiencia de los métodos en poder resolver y controlar proyectos ha sido de incalculable beneficio para las empresas modernas, cuyos màrgenes de error deben ser disminuidos debido a las enormes presiones a que son sometidas en el medio en que se desenvuelven, cada vez màs abrumador por la competencia, el alza en el costo de materiales y mano de obra, etc., que de no ser controlados por un sistema adecuado, reducen enormemente en el mejor de los casos, el margen de utilidades, aparte de que las empresas, a fin de mantener su margen de seguridad en cuanto a sus beneficios, tienen que aumentar el radio de sus actividades.6/

2.7.1. DIAGRAMA DE BARRAS O DIAGRAMA DE GANTT

Se ha dicho que el Diagrama de Barras es uno de los métodos màs antiguos para la programaciòn y el control de los proyectos de construcciòn; sin

embargo, cuando se está planeando una construcción moderna y compleja, tiene grandes limitaciones para su elaboración.

Estas provienen de las dificultades que afronta el planeador que decide el orden de las actividades. Con frecuencia, las operaciones seleccionadas tienden a ser muy extensas, obligando a decir cuál operación se programa primero, cuál después, etc., por lo tanto, está claro que entre éstas amplias actividades se traslapan en muchas ocasiones los posibles tiempos de ejecución. Además, las relaciones existentes entre las operaciones no se pueden graficar con suficiente exactitud aunque el planeador tenga un conocimiento completo de ellas.

A pesar de sus limitaciones, el diagrama de barras tiene gran aceptación porque cualquier persona lo puede entender fácilmente, presenta todo el programa en un formato compacto y fácil de usar tanto en la oficina como en la obra y permite mostrar visualmente el plan y el avance del proyecto. Estas ventajas no se deben desaproyechar; además, la aplicación a la planeación de redes mejorará el aspecto de comunicación de estos diagramas. Esto puede hacerse si el ordenamiento y la determinación de tiempos se separa inicialmente y el diagrama se construye con base en los cálculos resultantes del

programa.6/

Este diagrama se forma como sigue:

a) Se determinan cuàles son los trabajos o actividades principales del proceso.

b) Se hace una estimaciòn de la duraciòn efectiva de cada actividad.

c) Se representa cada actividad mediante una barra recta cuya longitud es, a cierta escala, la duraciòn efectiva de la actividad.

d) Se hace la lista de actividades, de manera que a cada actividad corresponda un renglòn de ésta, estableciendo un orden de ejecuciòn de las actividades, se sitùa la barra que representa a cada actividad a lo largo de una escala de tiempos efectivos.

e) Se convierte la escala de tiempos efectivos en una escala de "dias calendario", haciendo coincidir el origen de la escala con la fecha de inciaciòn del proyecto. Se ajustan en seguida las posiciones de las barras que representan a las actividades, teniendo en cuenta los dias no laborales (dias de descanso y dias festivos), y el estado probable del tiempo en las diferentes épocas del año, si dicho factor tiene importancia en la ejecuciòn del proyecto. El diagrama resultante es el diagrama de barras para el proyecto. Ver Figura No. 2.5.

f) Si la fecha de terminación del programa resulta satisfactoria, se acepta el diagrama de barras. En caso contrario, recurriendo al criterio y a la experiencia del personal que prepara el diagrama se desplazan las barras hacia el origen de la escala de tiempos, y se reducen las longitudes de algunas de ellas. 7/

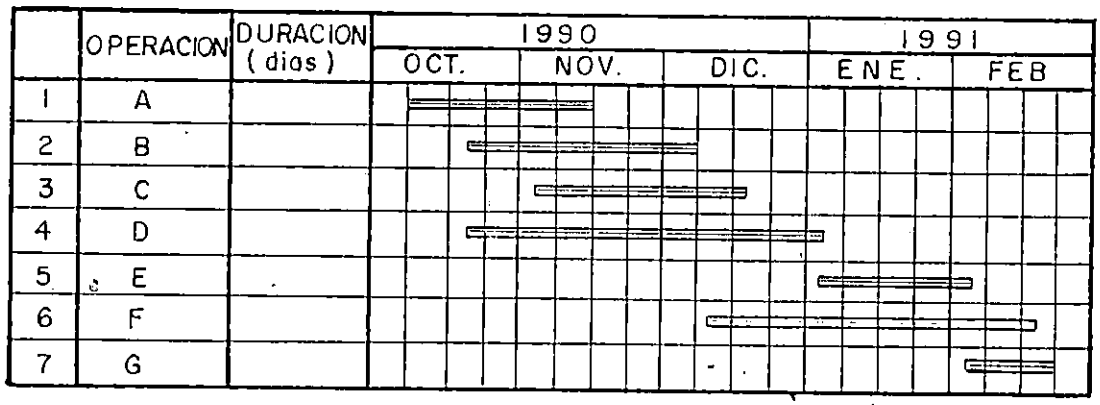


FIG. No 2.5 DIAGRAMA DE BARRAS.

2.7.2. METODO DE RUTA CRITICA (CRITICAL PATH METHOD)

Existen dos técnicas para utilizar el CPM, las cuàles son las siguientes:

1) Diagrama de Flechas, y

2) Diagrama de Precedencias.

A continuación se detallan cada una de éstas.

2.7.2.1. DIAGRAMA DE FLECHAS

A fines de los años cincuenta, en los métodos de ruta crítica de los tipos CPM y PERT, se utilizò

la técnica del diagrama de flechas para construir el modelo gràfico del proyecto. La manera de representar una red de nodos y enlace fué la de asignar al nodo un número de identificaciòn y señalar el enlace refiriéndose a los números de cada extremo. En CPM se utiliza el concepto de los dos números para referirse a las actividades. Asi, las actividades se situaron en los enlaces y las relaciones existentes entre éstas se asignaron a los nodos.

En la red para representar un proyecto de construcciòn, se asigna una sola direcciòn a las interacciones en los nodos, es decir, las actividades que salen de un nodo dependen de las que entran a éste, pero no a la inversa.

Una punta de flecha agregada a un enlace sirve para señalar su caràcter unidireccional.

El diagrama de flechas es una técnica que se emplea mucho desde que se empezò a aplicar la planeaciòn de redes y se ha comprobado que se puede computarizar fàcilmente, lo cual es muy conveniente cuando se trata de proyectos que abarcan muchas actividades. Con este diagrama se puede hacer fàcilmente una representaciòn con escala de tiempo, similar al conocido diagrama de barras.

PATRONES LOGICOS BASICOS

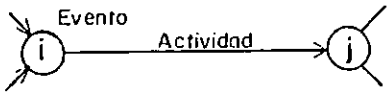
La representación gráfica de una actividad es una flecha. No confundir con vectores. La longitud de la flecha no significa nada y ésta puede tener cualquier forma: recta, curva, quebrada u ondulada, con el objeto de satisfacer las necesidades del modelo.

Cada actividad tiene un inicio y un final definidos y estas condiciones estan representadas por los nodos que se sitúan en cada extremo de la flecha. Por lo general, á estos nodos se les llama **eventos**; estos marcan puntos en el tiempo pero sin una duración real. En una actividad determinada, el evento en la punta de la flecha se llama **evento j** y el del arranque de la flecha **evento i**. Fig. No.2.6.a.

Dos actividades independientes entre sí, se representan mediante dos flechas separadas, sin enlace entre ellas. Fig. No.2.6.b.

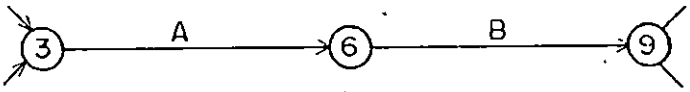
Cuando una actividad depende de otra, en el diagrama se representan mediante dos flechas que tienen un nodo en común. Fig. No.2.6.c.

En muchos casos hay una actividad que no puede empezar mientras no se hayan efectuado dos o más actividades. En el diagrama esto aparece como una **fusión** y se ilustra en Fig. No.2.6.d. Cuando dos o más actividades no se pueden iniciar mientras no



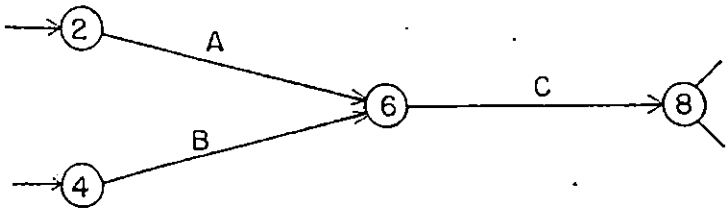
a) Actividad basica

b) Actividades Independientes



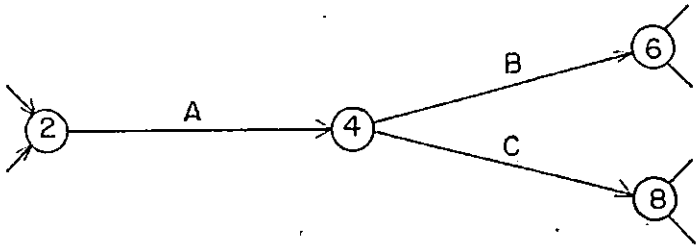
La actividad B depende de la terminacion de la actividad A

c) Actividades Dependientes



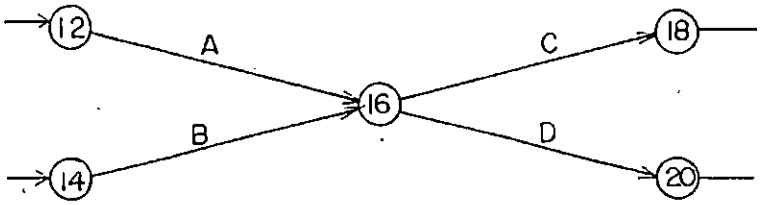
La actidad C depende de la terminacion de las actividades A y B

d) Una fusion



Las actividades B y C dependen de la terminacion de la actividad A

e) Una bifurcacion



Las actividades C y D dependen de la terminacion de las actividades A y B

f) Un crucero

FIG. No 2.6 PATRONES LOGICOS BASICOS PARA DIAGRAMA DE FLECHAS.

se efectue una tercera se le llama **bifurcación** fig. No. 2.6.e.

Si se tienen que efectuar dos o más actividades antes de que puedan iniciarse otras dos o más, entonces se dice que el diagrama tiene un **crucero**. Fig. No. 2.6.f.

Al construir un diagrama de flechas, se presentaran casos en que hay dos o más actividades dependientes de una precedente y a las que siguen también las mismas actividades.

Al iniciar la construcción de un diagrama de flechas, se verá que se incluye cierto número de actividades ficticias, a fin de ajustarse correctamente a la lógica del procedimiento. Muchas de estas actividades ficticias se pueden y **DEBEN** eliminar; por tanto, hay que recordar que cada actividad ficticia representa una actividad aún cuando no tenga duración, y es necesario tratarla como cualquier otra actividad en la red. Dicha actividad se debe representar en el dibujo, se debe tomar en cuenta en los cálculos y se debe evaluar en los análisis. Por tanto, la eliminación de actividades ficticias innecesarias ahorra mucho tiempo y gastos, ya sea que los cálculos se hagan a mano o mediante computadora.

Se tiende a eliminar actividades ficticias cuando parece que dos de ellas entran al nodo trasero de

una actividad. En estos casos se debe tomar mucho cuidado, puesto que ambas pueden ser necesarias.

NUMERACION DE LA RED

La numeración de los eventos no se efectúa sino hasta que se han completado las partes esenciales del diagrama. Las letras i y j se asignan sin un criterio determinado; sin embargo, se acostumbra asignarlas de tal manera que el número del arranque de la flecha sea menor que el de la punta de ésta. Sin embargo, mediante esta práctica no se tiene un par de números exclusivos para definir cada actividad.

Se debe tener cuidado de asegurar que cada evento de la red tenga un número exclusivo. Si hay duplicidad de números, existirá una ambigüedad que hará que los cálculos sean erróneos, aún cuando la red se haya dibujado correctamente. La numeración consecutiva satisface los requerimientos de direccionalidad y exclusividad, pero no permite agregar actividades futuras. Si se escoge un patrón de numeración, p.ej. números redondos nones, terminados en 5 ó en cero, etc. se pueden introducir eventos adicionales sin tener que numerar de nuevo toda la red.

CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA

Para dibujar eficazmente el diagrama de flechas, no hay formas directas y fáciles para explicar el

procedimiento. Al introducir actividades ficticias crea condiciones tan variables; no obstante, existen tres enfoques que los planeadores de redes consideran aceptables, de acuerdo a sus propias necesidades.

El primero de estos tres métodos se podría llamar **enfoque del evento inicial**, se pone el primer evento y las actividades que se derivan de él, luego se agrega los eventos j para estas actividades. Para cada uno de estos eventos, se agregan las actividades derivadas y se continúa así hasta llegar al último evento. Es necesario corregir la posición de las actividades cuando se necesita incluir actividades ficticias.

El segundo metodo es el del **enfoque del evento final.** En éste se pone el evento final y las actividades que se derivan de él, después de situar los eventos i. Se agregan sus actividades derivadas y se continúa así hasta llegar al evento inicial. No se requieren muchos cambios, es satisfactorio sólo si la lista de actividades está completa.

El tercero, **enfoque de actividad independiente**, se ponen las actividades en un orden aproximado. Para cada actividad se agregan tanto los eventos i como los j. Entonces se establecen las dependencias conectando todos los eventos relacionados con

actividades ficticias. Luego se revisa el diagrama resultante y se eliminan todos los eventos y actividades ficticias que no son necesarias.

El procedimiento para eliminar las dependencias redundantes es sencillo. Cada actividad del proyecto se considera por turno y se selecciona un número de actividad de su lista de dependencias. Si la lista de dependencias para este número de actividad seleccionado tiene una actividad dependiente igual a una de las actividades de la lista de dependencias de la original, entonces ese número se elimina de las dependencias de la original. Después se elige el próximo número y se repite el procedimiento hasta que se agote la lista de dependencias de la actividad original. 6/

2.7.2.2. DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS

Mientras los procedimientos iniciales de CPM tuvieron como base la utilización del diagrama de flechas, en 1961 las contribuciones del profesor John W. Fondahl constituyeron las bases de la técnica del diagrama de precedencias, en el que las actividades se colocan en el nodo.

El cambio en la manera de representar las actividades, tiene ciertas ventajas. No se requieren actividades ficticias para plantear la lógica de la red y se puede asignar un solo número

para identificar cada actividad, simplificando así la construcción del modelo. Los procedimientos analíticos no son más difíciles de efectuar mediante computadora y son más sencillos si se resuelven manualmente.

Otro concepto introducido por Fondahl es la disposición de pasos en secuencia para las actividades de la red. Este esquema basado en las relaciones lógicas entre las actividades, permite reconocer rápidamente las actividades mutuamente dependientes. La dispocisión del diagrama de pasos en secuencia permite hacer los cálculos sin tomar en cuenta su dependencia de cualquier patrón arbitrario de numeración.

PATRONES LOGICOS

En un diagrama de precedencias una actividad se representa mediante un nombre y un número correspondiente encerrado en algún tipo de símbolo. Por lo general estos símbolos son círculos, pero pueden ser cuadrados, hexágonos o cualquier otra forma.

Las relaciones entre las actividades se señalan mediante una línea de conexión o enlace de un símbolo a otro. El conjunto total de estos símbolos y líneas integra la red.

Cuando dos actividades son independientes entre sí, cada una aparecerá en el diagrama como un

símbolo separado, sin un enlace de conexión. Fig. 2.7.a. Si las dos actividades están relacionadas de tal manera que una se debe terminar antes de que se pueda iniciar la otra, entonces se enlazan los símbolos. Fig. 2.7.b.

Cuando se tienen que terminar dos o más actividades antes de que se pueda iniciar otra actividad en común, el diagrama tendrá una relación de **fusión**, un ejemplo se muestra en la fig. 2.7.c. De manera semejante, cuando dos o más actividades dependen de la terminación de una actividad en común, se dice que existe una relación de **bifurcación**. En la Fig. No. 2.7.d. se muestra este caso de enlace.

Es frecuente que una actividad esté relacionada con otras dos que a la vez están relacionadas entre sí. En este caso crea una redundancia en la red y se debe eliminar. En una red de precedencias es fácil detectar tales redundancias, porque éstas siempre forman un triángulo en el patrón de enlace.

Las redundancias siempre se deben eliminar, a menos que haya una razón especial como la de señalar las relaciones adicionales para que las vea el usuario del diagrama. Al igual que las actividades adicionales, las redundancias requieren cálculos innecesarios y esfuerzo

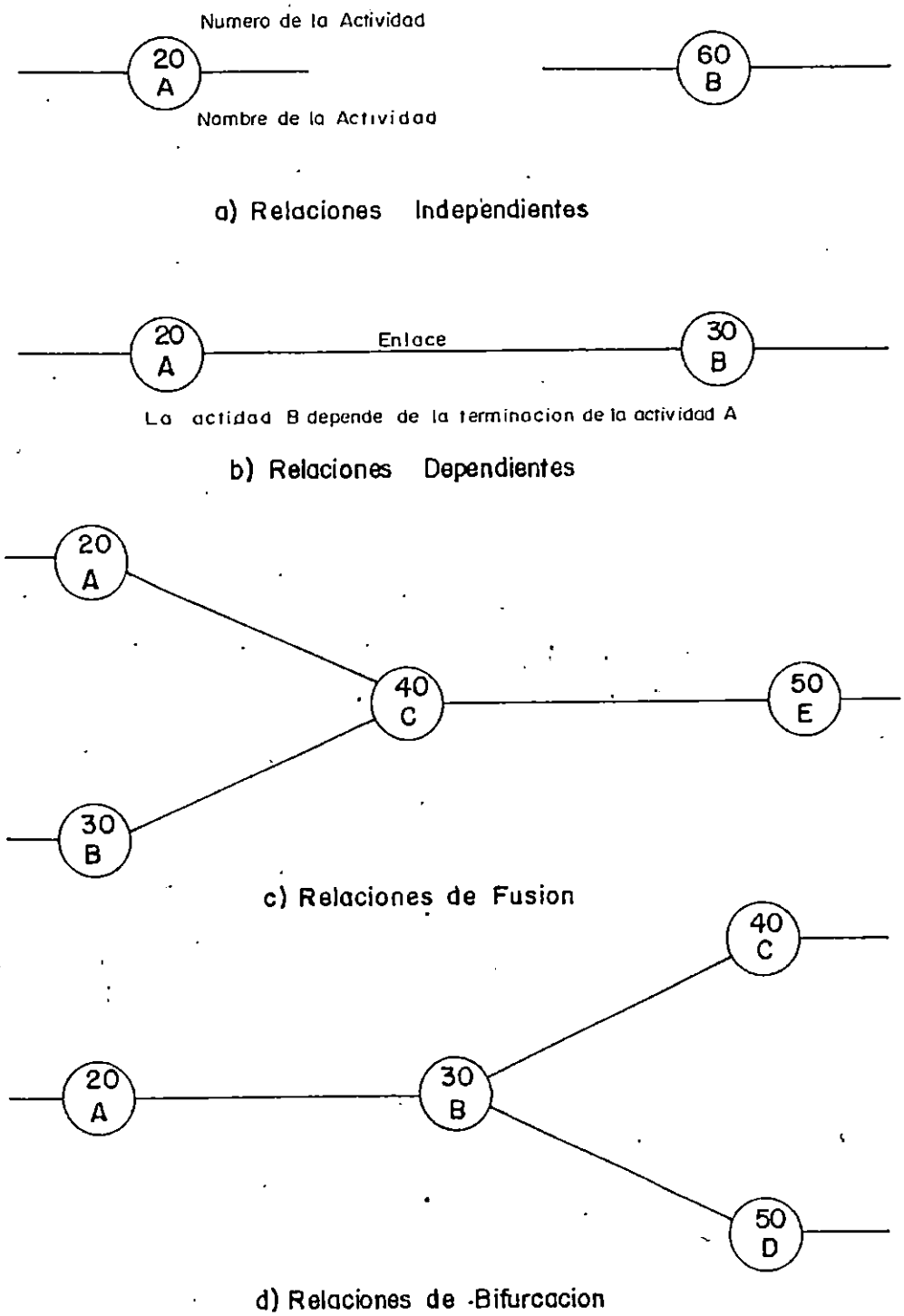


FIG. No 2.7 PATRONES LOGICOS BASICOS PARA DIAGRAMAS DE PRECEDENCIA

adicional para el trazo del diagrama. Por otra parte, no causan ninguna dificultad en los càlculos subsecuentes.

PASOS EN SECUENCIA Y NUMERACION DE LA RED

Con cada actividad encerrada en un símbolo y con enlaces representando las dependencias, es necesario poner cierto orden para entender claramente la lògica de la red. Esto se puede lograr poniendo las actividades en orden estableciendo pasos en secuencia.

Un paso en secuencia se puede definir como la posiciòn lògica mas cercana al inicio, que puede ocupar una actividad en la red, manteniendo sus propias dependencias.

Cada actividad que aparece en la red debe llevar un nùmero de identificacòn exclusivo. Por lo comùn, a las actividades se les asignan sus nùmeros después de que se terminò el diagrama se disponen en un orden de pasos en secuencia. Para cumplir con los requisitos de direccionalidad en la red, es comùn asignar a la actividad que aparece en el extremo izquierdo de un enlace un nùmero menor que el asignado a la del extremo derecho.

Por supuesto, la numeraciòn consecutiva satisface los requerimientos de direccionalidad y exclusividad, pero no permite agregar futuras

actividades sin renumerar toda la red. En vez de esto, se puede elegir un patrón de numeración, como números enteros nones o terminados en 5.

Se debe tener cuidado en asegurarse de que cada actividad tenga un número excusivo. Si hay duplicidad de números, habrá ambigüedad que provocará errores de cálculo.

TRAZO DEL DIAGRAMA

Hay dos etapas para dibujar el diagrama de precedencias. La primera consiste en construir un diagrama general con todas las dependencias, basándose en la lista de actividades. De este dibujo se determinan los números de los pasos de secuencia para cada actividad. La segunda etapa consiste en integrar el dibujo con las actividades dispuestas en un orden secuencial de pasos, habiendo eliminado todos los enlaces redundantes, tal como se explicó en la sección 2.7.2.1.; y asignado a las actividades sus números definitivos.

El diagrama preliminar resultante, a veces llamado **diagrama de ovillo**, se ha trazado tomando como base la lista de actividades corregida. Al relacionarse entre sí todas las actividades, el diagrama parece una maraña de hilos, de allí su nombre de **ovillo**.

El diagrama de ovillo no sólo muestra todas las

relaciones que aparecen en la lista, sino que proporciona los medios para determinar los pasos en secuencia para cada actividad. La actividad inicial se asigna al paso de secuencia 1. Debido a que todas las actividades que se van a establecer estarán cuando menos un paso más adelante en la secuencia, el número del paso se va incrementando en uno y los términos de los enlaces que salen de las actividades se marcan con él. Se examinan las actividades sucesivas y cuando se comprueba que se han marcado todos los enlaces que llegan a una actividad, se elige el número mayor de los enlaces que entran, como el número de paso en secuencia de dicha actividad.

Una vez asignados todos los números de los pasos en secuencia, el diagrama de precedencias final se puede establecer y numerar definitivamente.

PASOS EN SECUENCIA DE LA LISTA DE ACTIVIDADES

A veces es conveniente asegurarse de que la red sólo tiene un nodo inicial y uno final y determinr también el número de paso en secuencia para cada actividad, aún sin haber dibujado el diagrama de precedencias. Al principio esto parece una tarea imposible de realizar; sin embargo, el procedimiento para establecer estos valores es muy sencillo. La técnica se puede demostrar mediante la determinación de estos valores para un conjunto

de muestra de actividades y sus dependencias.

La determinación de los números de pasos en secuencia se inicia asignando el paso en secuencia 1 a la actividad inicial. Se selecciona por turno cada actividad subsecuente y se asigna el número de su paso de secuencia, que será una unidad mayor que el número de paso de cualquiera de sus dependencias. Una vez considerada cada actividad de la lista, el proceso se repite.6/

2.7.3. TECNICA DE EVALUACION Y REVISION DE PROGRAMA. PERT

Debido a que es una técnica de ruta crítica, PERT tiene similitud con CPM. En PERT se usa un diagrama de flechas para trazar el modelo gráfico de un proyecto y la cantidad de tiempo disponible para realizar las tareas no críticas. Sus cálculos se hacen de manera parecida a los de una red de flechas de CPM, y el planeador que esté familiarizado con un sistema, no tendrá mucha dificultad para adaptarse al otro.

También hay algunas diferencias importantes entre los dos sistemas. En CPM se pone énfasis en las actividades que se van a terminar; en cambio, en el sistema PERT se le da importancia a las fechas de terminación de estas actividades. Como resultado, los eventos en un diagrama PERT que

representan las fechas de inicio y terminaciòn de las actividades, se marcan tanto con un nûmero como con una descripciòn. En este aspecto, se puede decir que PERT està orientada a los eventos. Otra diferencia importante, es que se supone que las actividades en PERT son distribuciones de tiempo con variaciones relativamente grandes. En cambio en CPM, se supone que las duraciones de las actividades tienen variaciones tan pequeñas que se pueden considerar deterministicas.

Debido a que no se dispone de datos confirmados para evaluar las distribuciones particulares de PERT, es necesario suponer una media y una variaciòn para cada actividad, teniendo como base un estimado optimista màs probable y pesimista de la duraciòn de una actividad.

Aunque se supone que las duraciones de las actividades tendràn un caràcter probabilistico, los càlculos para la duraciòn esperada del proyecto y la ruta critica se hacen deterministicamente una vez que se hàn encontrado las medias de las actividades.

Una ventaja del caràcter probabilistico de PERT es que permite estimar la probabilidad de encontrar una fecha de programa para la duraciòn del proyecto o cualquier otro evento importante. En el sistema PERT se reconoce que los tiempos de los

eventos son esencialmente medias de distribuciones de tiempos.

2.7.3.1. SUPUESTOS SOBRE ACTIVIDADES

En PERT es necesario considerar varios supuestos respecto a las actividades en la red. El primero es que se supone que cada actividad tiene tiempos de duración distribuidos aleatoriamente. La forma de estas distribuciones puede ser uniforme, triangular, exponencial o de algún otro tipo.

Se supone que las duraciones de las actividades ocurren en forma natural mientras se está realizando. No incluyen tolerancias por sucesos poco comunes o poco frecuentes. Casi cualquier actividad en un proyecto de construcción podrá ser afectada por accidentes, huelgas o eventos parecidos. De ocurrir esto, la duración se debe reevaluar y corregir mediante un procedimiento de actualización.

La variación de la duración de una actividad deberá ser el resultado natural de un método fijado de ejecución. Las actividades de construcción son particularmente susceptibles de cambiar, en los métodos en que se modifican los tiempos de terminación.

Las distribuciones de duraciones de actividades también tiene que ser el resultado natural de la

aplicación de un conjunto fijado de recursos.

El segundo supuesto que se hace sobre actividades en el sistema PERT es que hay tres tiempos estimados de terminación que se pueden determinar para cada actividad. Estos son las duraciones más probables, optimistas y pesimista. El tiempo más probable se representa por la letra **m**. Si todo va bien, se puede esperar que la duración sea corta. Esta duración optimista se identifica comunmente como tiempo **a**. Cuando la actividad se obstruye por ineficiencias y demoras, se puede esperar que la duración sea larga y este tiempo pesimista se identifica como tiempo **b**.

Debido a que no se pueden determinar exactamente los tiempos probable, pesimista y optimista, estas duraciones se pueden considerar variables aleatorias .

2.7.3.2. DIAGRAMAS PERT

PERT es una técnica de ruta critica, por lo que se parece mucho a un diagrama CPM, causando confusión a quienes no estén familiarizados con los detalles del sistema.

En una red PERT la división se centra en los eventos que se van a encontrar en la realización del proyecto. Un evento es el inicio o la terminación de una actividad; esto hace que los

nombres se pongan en los eventos y no en las actividades. Estos nombres comùnmente son participios pasados de verbos, ej. obteniendo, construido, etc.

Para simplificar los càlculos de varias funciones de eventos y actividades en la red PERT se acostumbra numerar los eventos de tal manera, que el evento en la cola de la flecha de la actividad tiene un nùmero menor que el de la punta de la flecha.

2.7.4. DIAGRAMA DE BLOQUES

Con el surgimiento de las técnicas de redes conocidas como CPM y PERT, en los Estados Unidos en los años 1956-58, el profesor B. Roy desarrollò en Francia una técnica similar denominada técnica de los potenciales, conocida también como NEOPERT o Diagrama de Bloques. 8/

Para la elaboraciòn del diagrama de bloques, primero se elabora la lista de actividades.

La ejecuciòn del trabajo depende de las condiciones existentes y la manera elegida para llevarlo a cabo.

La numeraciòn de las actividades se hace respetando el orden en que suceden. Se hace de tal modo que una flecha jamàs se dirige de un nùmero màs alto para uno màs bajo.

Los tiempos y duraciones se calculan igual que en CPM/PERT.

Las fechas más tempranas y más tardías se calculan igual que en CPM/PERT, y se escriben: más temprana, abajo de la caja; más tardía, encima de la caja.

Las Holguras, son la diferencia entre la fecha más tardía de inicio de una actividad y la fecha más temprana de inicio de la misma actividad.

VENTAJAS DEL DIAGRAMA DE BLOQUES8/

- Mayor facilidad de confección del diagrama.
- Mayor claridad en las interrelaciones entre las diversas actividades.
- Menor complejidad en el diseño, pues elimina las llamadas actividades ficticias que utiliza el diagrama de flechas.
- Permite un trabajo más sencillo para el diagrama de Gantt.
- Define las holguras con relación a las actividades y no con relación a los eventos, como ocurre con el diagrama de flechas.

DESVENTAJAS8/

- El diagrama de bloques no siempre establece claramente marcos en el tiempo para el término de algunas etapas del trabajo.
- La preferencia de los norteamericanos por el CPM/PERT que tuvo su origen en su país, hizo que

éste sea màs fàcilmente reconocido y utilizado por todos aquellos que estàn, de alguna manera, vinculados con el conocimiento (know-how) norteamericano.

- Los programas usuales de las computadoras de origen norteamericano estàn preparados para calcular el diagrama de flechas, aunque las computadoras de origen europeo emplean cada vez màs el diagrama de bloques.

- En el caso en que se necesite dibujar el diagrama, el de bloques ocupa màs papel, una vez que su tamaño es proporcional al nùmero de actividades, mientras que el tamaño del diagrama de flechas es proporcional al nùmero de èventos.

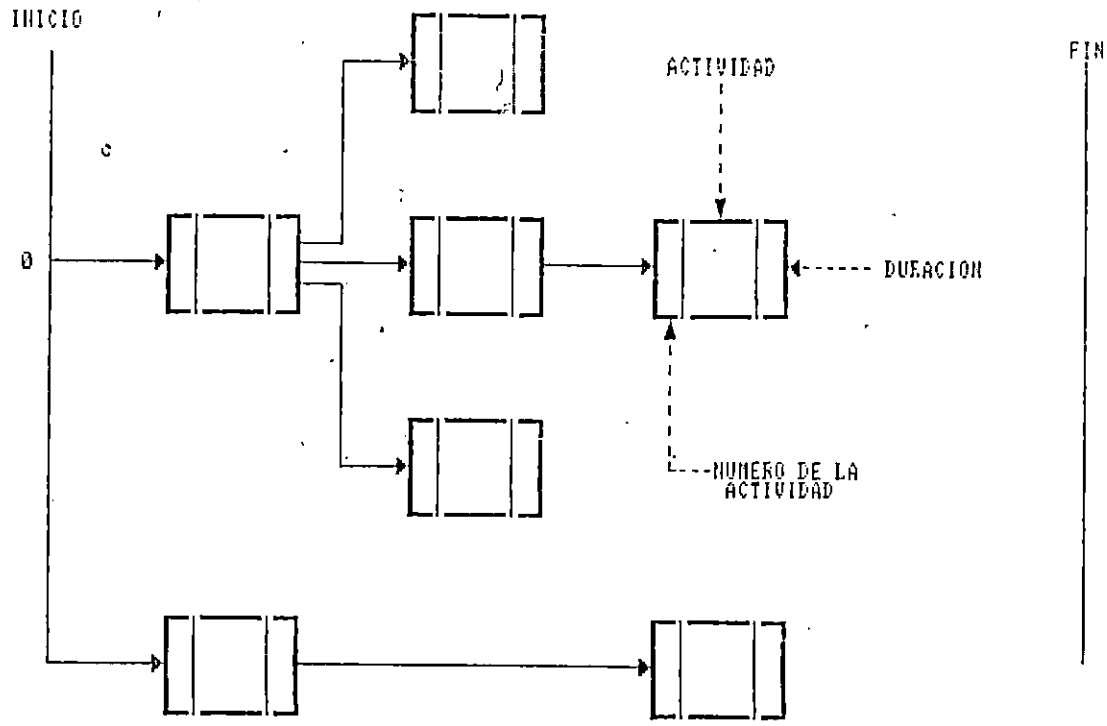


FIG. No. 2.8. DIAGRAMA DE BLOQUES.

2.8. HARVARD TOTAL PROJECT MANAGER (HTPM)

El Harvard Total Project Manager (HTPM) es un conjunto de herramientas para el manejo y administraciòn de proyectos.

El paquete permite el uso de métodos de programaciòn manuales, tales como la Técnica de Revisiòn y Evaluaciòn de Programa (PERT), Diagrama de Gantt, Método de la Ruta Crítica (CPM), etc. Permite supervisar el progreso y costos planificados, asigna y supervisa los recursos humanos, equipo, etc. Es un poderoso sistema de administraciòn de proyectos.9/

ESTRUCTURA DEL HTPM

Una de las ventajas del HTPM es su visualizaciòn o "ventanas" en las cuales se puede observar el trabajo, como listas, gràficas, formas y tres "ventanas" distintas simultàneamente.

Las distintas funciones del HTPM, permiten realizar cada una de éstas por separado, o al mismo tiempo.

El HTPM nos muestra el listado de funciones, antes mencionadas, que son:

Projects (Proyectos), Resources (Recursos), Tutorial (Tutor), Calendar (Calendario), Reports (Reportes).

El HTPM trabaja con gràficas, en las cuales se presenta la informaciòn visual, fàcil de comprender y se puede utilizar sin ningùn problema, estas gràficas son: Roadmap (Diagrama de Flechas), Schedule (Diagrama de Barras), Calendar Wallchart (Calendario), Loading (Gràficas de

Recursos), Allocations (Localizaciòn de Recursos), Project Cost (Diagrama de Costos).

El HTPM presenta formas o fichas que son utilizados para guardar informaciòn. En ellas se guardan todos los detalles de elementos a visualizar en las gràficas. Las fichas son las siguientes:

Project Form (Ficha del Proyecto), Task Form (Ficha de Actividad), Milestone Form (Ficha de Evento), Resourse Form (Ficha de Recurso), Calendar Form (Ficha de Calendario), Report Form (Ficha del Reporte), Printer Form (Ficha para la impresiòn)

COMO UTILIZAR EL HTPM

- Elaborar el Calendario
- Elaborar la lista de recursos (Si se van a utilizar)
- Crear un proyecto y diseñar su diagrama de flechas colocando las actividades y eventos en la forma en que se iran ejecutando.
- Localizar los recursos en las respectivas actividades.
- Ajustar el diagrama de barras a las circunstancias y recursos, chequeando la localizaciòn de éstos.
- Si el proyecto està en ejecuciòn, chequear el progreso de éste en base a datos reales.
- Elaborar los informes (Reportes) necesarios. 10/

CAPITULO 3.

DESCRIPCION GENERAL DE LAS OBRAS DE URBANIZACION E INFORMACION DE LA OBRA SELECCIONADA

3.0. DESCRIPCION GENERAL DE LAS OBRAS DE URBANIZACION E INFORMACION DE LA OBRA SELECCIONADA

3.1. DESCRIPCION GENERAL DE LAS OBRAS DE URBANIZACION

Las parcelaciones con fines habitacionales, se clasifican atendiendo a su localización, densidad y grado de urbanización.

La infraestructura de toda parcelación habitacional consistirá en el tratamiento adecuado de vías, abastecimiento de agua potable, electricidad, alcantarillado sanitario y drenaje de aguas lluvias. (Ver Figura No. 3.1.)

Las urbanizaciones progresivas o de interes social, son las parcelaciones habitacionales, cuya planeación necesita ser concebida bajo normas minimas urbanisticas.

INSTALACIONES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Para el diseño y elaboración de las instalaciones de acueducto y alcantarillado sanitario de un proyecto, se debe hacer uso de las Normas Técnicas de ANDA, de las cuales se mencionan algunas relacionadas con urbanizaciones:

Normas Tecnicas para el Diseño de Acueductos

- Periodo de Diseño
- Dotación. Según lo especifique la factibilidad solicitada a ANDA.
- Lineas de Aducción. Las lineas de aducción, ya sean de impelencia o de conducción, deberán tener capacidad para

conducir el gasto minimo diario al final del periodo de diseño.

- Red de distribución.

INSTALACION DE CAÑERIAS

Las cañerias a instalar, deberàn ùbicarse al costado norte de las calles y al costado oriente en las avenidas, en el rodaje, a una distancia de 1.50 metros del cordòn. La cobertura màxima de un hidrante debe ser de 150 metros, medidos sobre las calles (no sé permiten hidrantes en pasajes peatonales). Los hidrantes deberàn quedar apoyados en cañerla de diàmetro de 4", como minimo. 11/

Normas Técnicas para el Diseño de Sistemas de Alcantarillado Sanitario

- Periodo de Diseño. Para los sitemas de alcantarillado serà de 20 años como màximo. 11/

- Velocidades en las tuberias. La velocidad serà de 3 m/seg., en tuberias de cemento y de 4 m/seg., en tuberias de concreto reforzado. La velocidad minima par tuberias llenas serà de 0.6 m/seg. 11/

- Diàmetros minimos de tuberias. Las tuberias de los ramales secundàrios o primàrios tendràn un diàmetro minimo de 8" y la de las acometidas domiciliares de 6". 11/

INSTALACION DE TUBERIAS

Las tuberias se instalaràn al costado sur de las calles y al costado poniente en las avenidas, en el rodaje y a una

distancia de 1.50 metros del cordòn.

La distancia mìnima entre la parte superior de la tuberìa y la rasante serà de 1.0 metro.

En el tramo inicial de los alcantarillados sanitarios no se permitirà una pendiente menor del 1% con el objeto de evitar sedimentaciòn.

La distancia màxima entre pozos de registro serà de 100 metros.

No se permiten conexiones domiciliares a colectores que estén construidos a una profundidad mayor de 3.0 metros, en este ùltimo caso deberà proyectarse un colector auxiliar a una profundidad normal.

Las caìdas mayores de 1.0 metros y menores de 4.0 metros, se haràn por medio de caja sostén. 11/

/ OBRAS DE TERRACERIA

Las obras de terracerìa, en la construcciòn de urbanizaciones comprenden tareas de desmonte, destronconado, descapote, conformaciòn de terrazas, taludes y pendiente.

La vegetaciòn y escombros que se han de desmontar, desbrozar, eliminar y retirar de acuerdo con esta seccìòn, incluyen todos los objetos que se encuentran en la superficie: àrboles, troncos, raìces y otros obstàculos que sobresalen del suelo dentro de los limites del terreno señalados.

En las extensiones de excavaciòn deberàn eliminarse todos

los àrboles, troncos, raìces hasta una profundidad considerable, para que impida que este material indeseable llegue a entremezclarse con el material que se incorpore al terraplenado. El terreno deberà quedar libr de vegetaciòn, basura y otros materiales.

La eleccìòn de la maquinaria para terracerìa requiere experiencia y buen juicio para la evaluaciòn de una serie de factores que intervienen y modifican su rendimiento.

Los tractores sobre orugas conocidos como bulldozer (usado en sentido general) son màquinas que tienen una gran variedad de usos en la construcciòn, tales como caminos, limpieza de terrenos y de terrazas, nivelaciòn, etc., razòn por la cual es generalmente el equipo preferido en construcciòn de urbanizaciones.

Tambièn puede usarse traillas que realizan la nivelaciòn de terrazas y pendientes en forma màs precisa.

Para la compactaciòn del suelo se usan equipos como rodillos lisos y pata de cabra, dependiendo del tipo de material sobre el que se està trabajando.

DRENAJES

Las obras de drenaje tienen como objeto la conducciòn de las aguas lluvias y la Direcciòn de Urbanismo y Arquitectura (DUA), es la Institùciòn que reglamenta el diseño y construcciòn de tales obras.

Las obras de drenaje consisten en la colocaciòn y construcciòn de redes de tuberìas que conducen un caudal

y obras complementarias de drenajes.

De acuerdo a la forma y al material de que están hechas las alcantarillas se clasifican en:

1. Alcantarillas de Tubo:
   - De concreto reforzado sencillas y múltiples.
   - De metal corrugado
   - De barro vitrificado.
   - De hierro fundido.
2. Alcantarillas de cajón:
   - De concreto reforzado sencillas y múltiples.
3. Alcantarillas de Bóveda.
   - De mampostería o de concreto sencillas.
   - De mampostería o de concreto múltiples.

Tomando en cuenta el comportamiento estructural de las alcantarillas al estar sometidas a las cargas del relleno y del tránsito que actúan sobre ellas se clasifican en dos tipos:

- Alcantarillas rígidas: construidas de concreto simple o reforzado, mampostería, hierro fundido.
- Alcantarillas flexibles: construidas de metal corrugado

Las tuberías de concreto y bóvedas, se utilizan cuando es posible dejar un colchón mínimo de 60 cm., entre la parte superior de la estructura y la rasante de la vía. 12/

OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJES

Estas obras tienen gran importancia, pues contribuyen a encauzar y eliminar las aguas superficiales.

La cuneta es una zanja lateral que limita la rasante a ambos lados y tiene por objeto evacuar el agua escurrida sobre la corona de la vía.

Son construidas generalmente de concreto con base de piedra o ladrillo de lazo y mortero.12/

PAVIMENTOS

Los pavimentos se clasifican en:

- Pavimentos rígidos.
- Pavimentos flexibles.
- Adoquines de Concreto.

En la construcción de urbanizaciones, los pasajes, calles y avenidas son construidas con pavimentos flexibles.

Las carpetas asfálticas empleadas en los pavimentos flexibles se pueden clasificar así:

a. Tratamientos superficiales simples o dobles

Sobre la base de pavimento ya conformada, compactada, impregnada y seca, se da un riego de producto asfáltico y se cubre con material pétreo. Esta carpeta asfáltica es aconsejable para tránsito inferior a 200 vehículos por día. En zonas de alta precipitación pluvial, conviene mejor colocar un tratamiento superficial doble para mayor eficiencia y duración del pavimento.

b. Macadam Asfáltico

El macadam asfáltico o de penetración es una carpeta asfáltica que consiste de piedras progresivamente más pequeñas de abajo hacia arriba, limpias y angulosas. Cada

capa se extiende y se acuña mediante compactación por vibaración después de lo cual se baña con producto asfáltico.

c. Mezcla en el lugar

Elaborado con motoconformadora

Elaborado con mezcladora ambulante.

d. Mezcla en planta

Dosificada por volumen. Para que la carpeta esté terminada debe ser compactada con aplanadoras. También puede ser útil en muchos casos el empleo de un vibrador en la compactación de la carpeta. 13/

OBRAS DE PROTECCION

El Reglamento a la Ley de Urbanismo, establece que las zonas de protección que no cuenten con vegetación adecuada o que presenten cambios de nivel mayores de un metro, deberán ser protegidos con obras tales como taludes, engramados, estaquillados, barreras naturales, etc.

Todo urbanista está en la obligación de proteger las propiedades colindantes cuando ha cambiado el nivel, de manera que al excederse en 1.0 metro está obligado a la construcción de obras de protección.

En el cumplimiento de estas disposiciones se construyen taludes, muros de retención, etc. para proteger el suelo de deslaves y erosiones.

Estas obras deben ser diseñadas por un ingeniero

capacitado, y la elección del tipo de construcción depende de las características físicas de los linderos y de aspectos económicos.

Los tipos de muros comunmente utilizados son:

- Muros de gravedad de piedra.
- Muros de mamposteria reforzada.
- Muros de concreto reforzados.
- Muros de contrafuertes (de concreto y/o mamposteria)12/

PUENTES

La necesidad de construir un puente surge donde el terreno baja bruscamente, para recobrar más lejos su altura primitiva, o bien cuando un curso de agua representa una interrupción continua en la red normal de carreteras.

Un factor determinante es el costo de la obra, pues en él pueden resumirse las mayores o menores dificultades de ejecución. Como siempre, el estudio de la relación entre el costo y los beneficios define la construcción de éste. Raras veces el urbanista se ve en la necesidad de construir un puente, pues el valor del proyecto se eleva mucho, sin embargo, cuando se tiene la oportunidad de urbanizar una gran extensión de terreno urbana o potencialmente urbana, puede resultar factible su construcción y obtener los beneficios suficientes para que el proyecto le resulte un éxito.

La anchura de los puentes se mantiene generalmente

inferior o igual a la de las vías de acceso, ya porque se prevea un cruce ràpido y sin paradas, o por disminuir al mínimo el costo de la obra.

Sin embargo, considerando que una ampliación posterior del puente es sumamente difícil desde el punto de vista constructivo, hay que examinar bien las necesidades actuales y las futuras previsibles, para no desperdiciar espacio ni encontrarse al poco tiempo con secciones que ya no bastan.

El tipo de construcción de puentes es generalmente de concreto armado o de metal.

El concreto armado puede utilizarse en vigas, arcos, arcos con tirantes y aún en puentes colgantes.

Los puentes metálicos pueden ser de vigas de celosía con cordones paralelos o no; de arco con o sin articulaciones, o combinados con vigas.

Los puentes metálicos y los de concreto armado pueden presentar soluciones diversas. El plano vial puede ir arriba, o quedar sostenido en la parte inferior, o bien puede haber dos vías superpuestas.

3.2. CONSIDERACIONES SOBRE LOS RECURSOS NECESARIOS

La programación de una red incluye la duración de cada actividad, el número necesario de hombres, la clasificación del tipo de trabajo y el costo directo estimado para la mano de obra, el equipo y los materiales.

La causas más comunes de retraso en trabajos de construcción comprenden:

-Estimaciones incorrectas de la duración de las actividades

- Condiciones meteorológicas imprevistas
- Retrasos impredecibles en la entrega de materiales
- Huelgas y otros problemas de mano de obra.
- Condiciones inesperadas en el lugar.

3.2.1. MANO DE OBRA

La utilización de mano de obra debe realizarse en una forma eficiente que garantice la obtención de resultados óptimos. El problema que surje es por la fluctuación de la demanda del factor humano, ésto causa un incremento en el costo de cualquier proyecto, debido a la ineficiente utilización de este recurso.

Si no se controla esta fuerza variable, los costos de mano de obra se incrementarán y las demandas extremas serán difíciles de cumplir, ésto repercutirá en un desequilibrio del proyecto. 14/

Antes de estimar el recurso humano necesario para la realización de cada actividad, será imperativo considerar las condiciones existentes que rigen en la localidad en la cual se ejecutará el proyecto. Estos factores son:

- Oferta de mano de obra existente en la

localidad, considerando las diferentes especialidades requeridas y el grado de especialización.

- Leyes laborales vigentes en el medio
- Prestaciones, etc.
- Rendimiento de la mano de obra. Deberà tomarse en consideración la variación de rendimiento de una zona a otra.
- Capacidad de personal profesional.
- Condiciones de trabajo, tales como transporte, alojamiento, etc.

En el anàlisis de la mano de obra es muy importante saber valorar el trabajo que se ejecuta, de acuerdo a las leyes laborales, de tal manera de no sobreestimarla.14/

3.2.2. MATERIALES

Los tres aspectos importantes que deben considerarse para el anàlisis de este recurso, son:

a. Centros de acopio de materiales
b. Suministros de materiales a la obra.
c. Suministros de materiales dentro de la obra.

En toda obra bien organizada deben existir centros de acopios plenamente establecidos que garanticen funcionalidad en el suministro interno de materiales. Estos centros de acopio deben estar

establecidos de acuerdo a las diferentes necesidades de materiales en las diversas etapas y àreas de trabajo, de manera que los materiales se encuntren en el lugar adecuado para su uso.

Un suministro de materiales a la obra adecuado es con el fin de evitar atrasos en los procesos de ejecuciòn del proyecto.

El suministro de materiales, para la obra debe ser programado de acuerdo a la demanda que vaya surgiendo en la ejecuciòn del proyecto. Para ello deben establecerse las fechas y cantidades del material que corresponderà a la necesidad de los mismos. La planeaciòn y programaciòn del suministro debe contener fechas y cantidades especificas de materiales, establecidas segùn los requerimientos de las actividades.14/

El suministro interno debe ser planeado y programado de acuerdo a las etapas de desarrollo del proyecto y consiste en mantener siempre el material necesario en las diferentes àreas de trabajo14/

3.2.3. EQUIPO

El equipo que se utiliza para realizar un proyecto de construcciòn, depende del material y del método constructivo, que se ha previsto. En la construcciòn de urbanizaciones, es importante

tener en cuenta dicha consideración, para establecer el tiempo que se usará el equipo en la obra. Por ejemplo, si la empresa no tiene excavadoras ni bulldozers (para terracería), la renta o compra de éste puede tomar demasiado tiempo.6/

En la programación de actividades que requieren el empleo de equipo deberán tenerse en cuenta varios factores.7/

Las limitaciones en la cantidad disponible del equipo en cuestión, éstas pueden obligar a modificar la secuencia planeada para las actividades que necesitan el empleo del equipo, o atrasar la duración de algunas actividades que pueden afectar la duración total del proyecto, en el caso de que estas actividades sean críticas.

La utilización del equipo en la ejecución de otros proyectos ejecutados simultáneamente a cargo de la misma empresa, plantea la necesidad de considerar la distribución más eficiente de equipo, de lo contrario obligará a posponer algunas actividades hasta que el equipo esté disponible.

Reducir al mínimo los tiempos de no utilización del equipo, "tiempos muertos". Si éstos no se reducen, significan un incremento del costo de las actividades que requieren el uso de él, y por lo tanto es ventajoso reducirlo al mínimo,

programando convenientemente las actividades afectadas.7/

El equipo necesario en la construcción de urbanizaciones podría ser: bulldozers, excavadoras, bailarinas, teodolitos, niveles, concreteras, molder para: cunetas, paredes; puntales, etc., este equipo generalmente es arrendado.

3.3. INFORMACION DE LA OBRA SELECCIONADA

La obra seleccionada consiste en la construcción de 51 viviendas en la Urbanización Residencial "El Manzano III" (Ver Anexo No.2. Fotografía No.1). La cual se clasifica según el Reglamento del VMVDU como:

Grado de Urbanización inicial: U1 Urbanización Completa Tipo 1.

Localización: L2 En poblados menores de 50,000 hab. o en suelos de baja presión urbana.

Densidad: D2 Más de 100 M^2 a 200 M^2

Según el Reglamento de OPAMSS, se clasifica como:

Hr-40 : 400 habitantes por Hectárea.

Los planos adjuntos de distribución de lotes y de las unidades habitacionales (Ver Figura No.3.2. y No.3.3.) -(Ver Anexo No.3)-, muestran las características de urbanización y diseño.

La creciente demanda de vivienda en el país, hace que la planificación en la construcción se haga imprescindible,

logrando de esta forma el mejor aprovechamiento del espacio físico y del financiamiento que brindan las Instituciones de Ahorro y Préstamo. A la vez contribuye a disminuir el crítico problema habitacional.

El terreno está ubicado al Nor-Poniente de San Salvador, sobre Calle El Manzano I (al volcàn de San Salvador). Tiene un àrea total de 12,708.34 M^2 equivalentes a 18,183.09 V^2.

Su topografía no presenta demasiadas variaciones (homogénea), con pendientes promedios del 8 - 5 %, e inclinaciòn hacia la quebrada ubicada al costado Norte del terreno. El suelo es un limo arenoso con alto contenido de escoria volcànica.

Debido a su posiciòn geogràfica, se confía en un abastecimiento y acopio de materiales de construcciòn normal, al igual que la dotaciòn de servicios de agua potable, aguas negras y aguas lluvias.

El ùnico acceso al terreno se logra mediante calle al volcàn que conduce al Paseo Miralvalle y éste a su vez comunica con Calle a San Antonio Abad.

En el aspecto administrativo, la obra està a cargo de un Ingeniero Jefe, un Ingeniero Residente, un Maèstro de Obra, un Bodeguero, dos Caporales, un Sereno y un Vigilante.

El tiempo para la ejecuciòn del proyecto se ha definido en 8 meses calendario. Las etapas principales dentro del desarrollo de la obra se han establecido asi:

1.0 Orden de Inicio

2.0 Topografía: replanteo de ejes y niveles de acuerdo a planos, bancos de marca, ubicación de linderos y mojones de referencia de ejes de calles.

3.0 Chapeo, tala, destronconado, desraizado de la vegetación. Retiro de materiales orgánicos y vegetales fuera del terreno.

4.0 Terracería con maquinaria, cortes, acarreo y rellenos para definir terrazas y taludes.

5.0 Chapeo definitivo de niveles y alineamientos de terrazas, calles, taludes, pasajes, tubería de aguas negras, aguas lluvias, agua potable, pozos de registro, tragantes, muros de protección, cordones, cunetas, etc. (Fotografía No. 3.).

6.0 Construcción de muros de retención y taludes (Fotografía No.13)

7.0 Trazo para la construcción de tuberías de aguas negras. Excavación de zanjas para la colocación de tuberías. Inspección del suelo para la fundación de las tuberías. Construcción de cajas de registro, cajas de conexión, cajas de sostén, cajas domiciliares, pozos de visita. (Fotografía No.4.)

8.0 Revisión de niveles, alineamiento y filtraciones o estanqueidad en las tuberías de aguas negras y sus obras anexas. Relleno y compactación parcial en zanjas de las tuberías y sus obras anexas.

9.0 Trazo para la construcción de obras de drenaje de

aguas lluvias. Excavación para la colocación de las tuberías. Inspección del suelo para la fundación de la tubería. Construcción de cajas de registro y de conexión, tragantes, pozos de visita, cordones y cunetas. (Fotografías Nos. 5., 6., 7., 12.)

10.0 Relleno y compactación parcial en zanjas para tubería de aguas lluvias y sus obras anexas. Construcción de coronas y colocación de tapaderas en cajas de conexión, de registro, tragantes y pozos de visita.

11.0 Entrega parcial de las obras, Aguas Negras a ANDA y Aguas Lluvias a DUA.

12.0 Trazo para la construcción de las tuberías de agua potable. Excavación de zanjas para la colocación de la tubería. Inspección del suelo para la fundación de la tubería. (Fotografía No. 8., 9., 10.)

13.0 Colocación de la tubería de agua potable y sus accesorios, válvulas, hidrantes, etc.

14.0 Construcción de anclajes para tubería agua potable, válvulas e hidrantes, pozos y cajas.

15.0 Relleno y compactación parcial sobre tubería agua potable.

16.0 Construcción de tanque para agua potable exigido por ANDA, para este proyecto en particular. (Fotografía No. 11)

17.0 Revisión de niveles y alineamientos, filtraciones o estanqueidad en tuberías y sus obras anexas.

18.0 Entrega parcial de las obras de Agua Potable a ANDA.

19.0 Revisión de rasantes y terracería en calles, pasajes, aceras, engramados.

20.0 Trazo y amojonado para la construcción de las viviendas. Excavaciones para la construcción de soleras de fundación. Construcción de soleras de fundación para todas las viviendas. (Fotografías Nos. 14., 15., 16., 17.)

21.0 Elevación de paredes, construcción de soleras intermedias y terminación de soleras de coronamiento (Fotografías Nos. 18., 19.)

22.0 Instalaciones hidráulicas: aguas negras, lluvias y potable.

23.0 Instalaciones Eléctricas

24.0 Construcción e instalación de estructura y cubierta de techos.

25.0 Construcción y colocación de canales y bajadas de A.LL.

26.0 Repellos y afinados de paredes.

27.0 Construcción y colocación de pisos y enchapados

28.0 Colocación de mochetas para puertas

29.0 Colocación de ventanas

30.0 Colocación de aparatos sanitarios, lavaderos y fregaderos.

31.0 Colocación de puertas

32.0 Colocación de Cielo Falso.

33.0 Pintura y acabados especiales

34.0 Revisión de rasantes y terracería de calles,

pasajes, aceras y engramados.

35.0 Terracería en calles y pasajes para colocación de la base de material selecto

36.0 Colocación de material selecto

37.0 Imprimación asfáltica y carpeta asfáltica

38.0 Terracería en aceras y engramados. Construcción de éstos.

39.0 Limpieza y retiro de material sobrante.

40.0 Construcción y colocación del tendido eléctrico público.

41.0 Construcción y colocación del servicio telefónico.

Todas las actividades mencionadas, forman el conjunto de trabajos a desarrollar para la elaboración total del proyecto, las que se organizarán para formar la red preliminar. (Sección 4.1.4)

CAPITULO 4.

APLICACION DE LA PLANEACION, PROGRAMACION Y CONTROL MANUAL Y COMPUTARIZADO

4.0. APLICACION DE LA PLANEACION, PROGRAMACION Y CONTROL MANUAL Y COMPUTARIZADO

4.1 PLANEACION

4.1.1. ACTIVIDADES Y SUS DEFINICIONES

A la definición de actividad que se dió, le hacen falta detalles para aplicarla satisfactoriamente a la mayoría de los proyectos, siendo necesario describir los tipos de actividades que pueden existir en el diagrama de la red.

Al analizar con cuidado la estimación de la construcción, hay partidas que se identifican y dividen en actividades, que se pueden agrupar por categorías. Hay tres grupos: actividades de producción, de aprovisionamiento y de decisiones administrativas.

ACTIVIDADES DE PRODUCCION

Son las que se toman directamente de los planos y especificaciones y que implican la utilización de recursos. Son las actividades más obvias y consumen la mayor parte del tiempo de ejecución del proyecto. La omisión de una actividad de producción en la lista de actividades, puede ser causa de atraso en la duración del proyecto, ejemplo: excavar, colocar tubería,etc.

ACTIVIDADES DE APROVISIONAMIENTO

El aprovisionamiento de material es uno de los

aspectos más difíciles de cualquier proyecto de construcción. Este material puede ser bloques de concreto, tubos, cemento, concreto, etc., o puede ser equipo especial que se debe comprar, alquilar e instalar a medida que avanza la obra. Antes de iniciar la obra, se toman acuerdos con los proveedores y los materiales se entregan conforme se piden. Muchas actividades de aprovisionamiento de materiales empiezan cuando el inicio del proyecto está próximo y terminan inmediatamente antes de la actividad de instalación de dicho material.

El aprovisionamiento de mano de obra especializada es una restricción determinante de un proyecto, que debe incluirse en la red. Los tiempos típicos que se deben prever para conseguir mano de obra especializada son por ejemplo: montadores de moldes para paredes, manejar equipo de terracería, o para plomeros.

Toma tiempo obtener el equipo y tenerlo listo para la instalación o para usarlo en la obra. Estas actividades deben aparecer en la red. Otra partida que consume tiempo es la de asegurar un financiamiento adecuado. Los recursos financieros se obtienen casi siempre de instituciones bancarias y la empresa contratista debe prever el financiamiento del proyecto.

Las aprobaciones y entrega parcial de la obra (inspecciòn) a las instituciones correspondientes, ya sea de aguas negras, instalaciòn eléctrica, etc., hay que suponer que les tomarà tiempo su aprobaciòn. La inclusiòn de estos intervalos en forma de actividades en la red, facilita la ejecuciòn ininterrumpida del proyecto.

ACTIVIDADES DE DECISION ADMINISTRATIVA

Es de esperarse que todas las tareas administrativas de la construcciòn se estén desempeñando lo mejor posible, pero debe considerarse que las decisiones que se tomen afecten alguna parte del trabajo total de la empresa. Estas decisiones influiràn en el tiempo de terminaciòn de un proyecto, por lo que es necesario incluirlas en la red. Un ejemplo es cuando la administraciòn destina un periodo determinado para vacaciones o cuando es el aniversario de fundaciòn de la empresa.

Algunas veces las actividades de decisiones administrativas pareceràn arbitrarias y no tener una relaciòn directa con el proyecto. 6/

4.1.2. LISTADO DEL PROYECTO

La elaboraciòn de la lista de actividades depende de muchos factores que el planeador debe evaluar. No hay dos planeadores que piensen igual al

revisar los planos y especificaciones, por lo que elaborarán listas diferentes. Aún cuando las listas fueran idénticas, podrían establecer dependencias diferentes entre las diversas partidas.

El primer paso en la preparación de una red es la división del proyecto, para evitar la posible omisión de alguna actividad.

Dividir el proyecto en un conjunto de actividades principales, subdividir enseguida a estas actividades y continuar así sucesivamente, o bien, puede empezar al nivel más bajo para luego ir integrando varias actividades en una sola mayor.

El planeador decidirá cual de los dos procedimientos aplicará a fin de expresar adecuadamente la lógica del plan.

El siguiente paso es formular una lógica de construcción o un orden específico de actividades. Establecer las relaciones existentes entre todas ellas, teniendo en cuenta los requisitos del proceso mismo, y las condiciones particulares de la persona o empresa que va a realizar el proyecto. 6/

Las preguntas que se tienen que plantear con relación a cada actividad incluida en la lista son:

¿Qué actividad se puede efectuar al mismo tiempo que ésta?

¿Que actividad se puede ejecutar después de terminar ésta? 6/

LISTA DE ACTIVIDADES

- Orden de inicio
- Instalaciones Provisionales

  Construcción de Bodega y Oficina

  Instalaciones Sanitarias

  Instalaciones agua potable

  Instalaciones eléctricas

  Preparación y Compactación de Suelo-Cemento
- Topografía

  Replantear ejes y niveles

  Ubicación de B.M.

  Ubicar linderos y mojones.
- Terracería

  Limpiar y destronconar

  Retirar material orgánico del terreno

  Corte y relleno

  Desalojo

  Definir terrazas, taludes y zona verde.
- Aguas Negras

  Trazo

  Excavación de Zanjas

  Inspección de Suelo

Construir coronas y colocaciòn de tapaderas

Construir Pozos de Visita

Colocar Tuberias

Revisar niveles, alineamientos

Rellenar y compactar zanjas

Desalojar material sobrante.

Entrega Parcial de las obras de A.NN. a ANDA

- Aguas Lluvias

Trazo

Excavaciòn de Zanjas

Inspecciòn de Suelo

Construir pozos de visita

Construir tragantes

Colocar tuberias

Revisar niveles, alineamientos

Rellenar y Compactar Zanjas

Construir coronas y colocaciòn de tapaderas en pozos de visita

Entrega parcial de las obras de A.LL. a DUA

Desalojo.

- Construir Cordones y Cunetas

- Agua Potable

Trazo

Excavaciòn

Colocar tuberias

Inspeccionar suelo

Colocar vàlvulas y accesorios

Colocar Hidrante

Construir anclajes

Construir cajas para vàlvulas

Colocar cubre vàlvulas

Compactar Zanjas

Desalojar material sobrante

Construcciòn de tanque

Colocaciòn de acometida

Probar la red

Entrega parcial de las obras a ANDA.

- Calles

Revisar rasantes y terracerias en calles, pasajes, aceras y engramados.

Terracear calles y pasajes

Colocar material selecto

Imprimaciòn Asfàltica

Colocaciòn carpeta asfàltica

Desalojo

Construcciòn de aceras

Colocar engramados

- Obras de Proteccion

Trazo

Excavaciòn

Construcciòn de muros de retenciòn y taludes

Compactaciòn

Desalojo

- UNIDAD HABITACIONAL

  Trazo

  Excavación para fundaciones

  Armado y colocación de soleras de fundación

  Colado de soleras de fundación

  Elevación de paredes

  Armado, colocación y colado de soleras intermedias y de coronamiento

  Instalación de A.NN., A.PP., A.LL.

  Instalación Eléctrica

  Construcción e instalación de cubiertas de techo.

  Construir y colocar canales y bajadas A.LL.

  Repello y afinado en paredes

  Colocar pisos y enchapados

  Colocar mochetas para puertas

  Colocar Ventanas

  Instalar accesorios sanitarios

  Colocar puertas

  Instalar el cielo falso

  Pintar

  Limpieza de la Unidad Habitacional

- Limpieza General
- Alumbrado Público
- Instalación Telefónica
- Entrega de la obra

4.1.3. DETERMINACION DE TIEMPOS

El tiempo de ejecución es el que se presupone se tardará en realizarse una obra o actividad. De no considerarse este tiempo, implicará no saber la fecha de finalización; lo cual incrementará los costos ya que las actividades podrían tardar más de lo normal; lo cual trae consigo el mantenimiento de personal por mucho más tiempo, lo que se traduciría en un desperdicio de recursos.

La determinación de tiempos de ejecución de actividades se vuelve compleja debido a la poca información estandarizada estadísticamente en la construcción en general.

Por ello, cada empresa constructora, en nuestro medio cuenta con sus propias tablas de rendimiento tabuladas en base a sus experiencias; esto hace que para cada proyecto en particular existan diferencias en los tiempos de ejecución de las actividades, lo que afecta directamente la duración del proyecto.

Por lo anterior, los tiempos de la tabla No.4.1 se han obtenido en base a:

a) Tablas de Rendimientos 16/

b) Tiempos Cronometrados en el proyecto

c) Consultas al Maestro de Obra o personas encargadas de las obras.

d) Experiencia Previa.

TABLA No. 4.1. DETERMINACION DE TIEMPOS

PROYECTO: URBANIZACION EL MANZANO II.

TRABAJO DE GRADUACION: GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONSTRUCCION DE URBANIZACIONES.

HOJA 1 DE 3

No.	ACTIVIDAD	SUB-ACTIVIDADES	HORAS-HOMBRE	DIAS-HOMBRE
1	INSTALACIONES PROVISIONALES			
		CONSTRUCCION BODEGA Y OFICINA	28	4
		INSTALACION SANITARIA	13	2
		INSTALACION AGUA POTABLE	13	2
		INSTALACION ELECTRICA	10	2
2	TOPOGRAFIA			
		REPLANTEAR EJES Y NIVELES	10	2
		UBICACION DE B.M.	3	1
		UBICAR LINDEROS Y MOJONES	8	2
3	TERRACERIA			
		LIMPIEZA Y DESTRONCONADO	45	7
		DESCAPOTE	20	3
		CORTE Y RELLENO	104	15
		DESALOJO	357	51
		TERRAZAS, TALUDES Y ZONAS VERDES	105	15
4	AGUAS NEGRAS			
		TRAZO	35	5
		EXCAVACION DE ZANJAS	3,514	502
		INSPECCION DE SUELO	35	5
		CONSTRUIR CORONAS Y COLOCAR TAPAS	110	16
		COLOCAR TUBERIAS	161	23
		CONSTRUIR POZOS DE VISITA	429	62
		REVISAR NIVELES, ALINEAMIENTOS	20	3
		RELLENAR Y COMPACTAR ZANJAS	2,954	422
		ENTREGA PARCIAL DE A.NN.		
		DESALOJO.	150	22

TABLA No. 4.1. DETERMINACION DE TIEMPOS

PROYECTO: URBANIZACION EL MANZANO III.

TRABAJO DE GRADUACION: GUIA PARA LA PROGRAMACION DE CONSTRUCCION DE URBANIZACIONES.

HOJA 2 DE 3

No.	ACTIVIDAD	SUB-ACTIVIDADES	HORAS-HOMBRE	DIAS-HOMBRE
5	AGUAS LLUVIAS			
		TRAZO	21	3
		EXCAVACION DE ZANJAS	2,975	425
		INSPECCION SUELO	33	5
		CONSTRUIR POZOS DE VISITA	168	24
		CONSTRUIR CORDONES Y CUNETAS	192	28
		CONSTRUIR TRAGANTES	110	15
		COLOCAR TUBERIAS	70	10
		REVISAR NIVELES, ALINEAMIENTOS	15	3
		RELLENAR Y COMPACTAR ZANJAS	2,303	329
		CONSTRUIR CORONAS Y COLOC.TAPADERAS	105	15
		EN CAJAS Y POZOS		
		ENTREGA PARCIAL DE A.LL.		
		DESALOJO	134	19
6	AGUA POTABLE			
		TRAZO	21	3
		EXCAVACION DE ZANJAS	119	17
		COLOCAR TUBERIA	28	4
		INSPECCIONAR SUELO	26	4
		COLOCAR VALVULAS Y ACCESORIOS	99	15
		COLOCAR HIDRANTES	6	1
		CONSTRUIR ANCLAJES	25	4
		CONSTRUIR CAJAS PARA VALVULAS	204	30
		COLOCAR CUBRE VALVULAS	30	5
		COMPACTAR ZANJAS	140	20
		COLOCACION DE ACOMETIDA	204	30
		ENTREGA PARCIAL DE A.PP. A ANDA		
		DESALOJO	85	13

TABLA No.4.1. DETERMINACION DE TIEMPOS.

PROYECTO: URBANIZACION EL MANZANO III.

TRABAJO DE GRADUACION: GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONSTRUCCION DE URBANIZACIONES.

HOJA 3 DE 3

No.	ACTIVIDAD	SUB-ACTIVIDADES	HORAS-HOMBRE	DIAS-HOMBRE
7	CALLES			
		REVISAR RASANTES Y TERRACERIA EN		
		CALLES, PASAJES, ACERAS Y ENGRAMADOS	14	2
		TERRACEAR CALLES Y PASAJES	14	2
		COLOCAR MATERIAL SELECTO	691	99
		IMPRIMACION ASFALTICA	204	29
		COMPACTACION	49	7
		DESALOJO	72	11
		CONSTRUCCION DE ACERAS	1360	194
		COLOCAR EMGRAMADOS	242	35
8	OBRAS DE PROTECCION			
		TRAZO	42	6
		EXCAVACION	622	64
		CONSTRUCCION DE MUROS Y TALUDES	1,444	207
		COMPACTACION	255	37
		DESALOJO	400	58
9	UNIDAD HABITACIONAL.			
		TRAZO	12	2
		EXCAVACION PARA FUNDACIONES	32	4.5
		ARMADO Y COLOCACION S.F.	45	6.5
		COLADO S.F.	20	3
		COMPACTADO S.F.	13	2
		PAREDES	209	30
		REPELLO DE PARED	3	0.5
		AFINADO DE PARED	2	0.5
		PINTURA	7	1
		PISOS	69	10
		HECHURA POLINES	40	6
		COLOCACION POLINES	6	1
		COLOCACION LAMINA	10	1.5
		CIELO FALSO	15	3
		VENTANAS Y PUERTAS	13	2
		INSTALACION APARATOS S.S.	14	2
		ENLADRILLADO CONCRETO SIMPLE	14	2
		ENGRAMADO	2	0.3
		ENCHAPADO	5	0.7
		INSTALACION ELECTRICA	7	1
		INSTALACION AGUA POTABLE	14	2
		INSTALACION AGUAS NEGRAS	14	2
		LIMPIEZA	7	1
		ENTREGA		

Para la elaboración de la mencionada tabla se ha considerado que el día laboral es de siete horas; los días se han obtenido de dividir las horas entre siete; el valor decimal resultante de la división, se ha aproximado al entero próximo mayor.

4.1.4. ELABORACION DE LA RED PRELIMINAR

En la primera etapa que es la planeación se debe elaborar una red preliminar del trabajo -a realizarse-. Es conveniente plantearla a nivel de macroactividades y tomando como base únicamente la secuencia lógica de actividades y sus relaciones entre sí.

La red preliminar está sujeta a muchas variaciones, por lo cual resulta de importancia su sencillez, que facilita realizar cualquier cambio, y detectar incompatibilidades, así como hacer modificaciones que surjan posteriormente como consecuencia de limitaciones impuestas por los recursos como son la mano de obra, materiales y equipo. A medida que se consideran limitantes y condiciones en el proyecto, la red puede definirse y es apropiado desglosar las macroactividades en actividades que aclaren la naturaleza de los trabajos a realizar.

En el planteamiento preliminar (fig. No.4.1.) se

muestra el desarrollo de la Urbanización con macroactividades, cada una de las cuales se describe a continuación, para mostrar los trabajos que cada una comprende.

- Orden de Inicio:

Esta actividad marca el inicio de la construcción, la cual se da cuando todos los permisos, planos, especificaciones, estudios y otros requisitos están cumplidos y aprobados por las oficinas respectivas.

3 - Terracería (I Etapa)

La primera etapa comprende los trabajos de desmonte, destronconado y descapote de una parte del terreno. Interesa trabajar principalmente en el área donde se pretende ubicar las instalaciones provisionales, para que pueda procederse a su construcción y en la apertura del acceso principal.

- Terracería (II Etapa)

Con la utilización de maquinaria se trabaja una parte del total de calles, pasajes y conformación de terrazas y taludes. La cantidad de trabajo se define para una etapa en base a la distribución física de bloques de viviendas y accesos del proyecto.

- Terracería (III Etapa)

Comprende la conformación de terrazas, taludes y

calles faltantes de la etapa anterior, y deben estar completas las terrazas para la construcción de las viviendas. Se cumple el requerimiento de que ambas etapas sean continuas.

* Instalaciones Provisionales

Cuando el lugar escogido para su ubicación esta limpio, se inicia esta actividad que abarca la construcción de bodega para almacenamiento de materiales, oficina del Personal Administrativo, Instalaciones Sanitarias, Eléctricas y Agua Potable Provisional, y Preparación y Compactación del Suelo-Cemento.

- Topografía

Comprende actividades de nivelación, mojoneado de lotes y replanteo de ejes que se realiza simultàneamente con los trabajos de Terracería.

- Obras de Protección (I Etapa)

En esta etapa se realiza la construcción de muros de retención en los sitios donde se cambió el nivel natural y que es exigido por los Reglamentos. Las actividades a realizar son el trazo, excavación, construcción, relleno y compactación.

- Cordones y Cunetas

Una vez completada la nivelación de rasantes de calles se comienza la construcción de cordones y cunetas para drenaje de aguas lluvias.

- Aguas Lluvias (I y II Etapa)

Comprende las Obras de Instalación de la red de aguas lluvias de una parte del total del proyecto. La cantidad de trabajo de cada etapa se decide en base a la distribución física del proyecto. Las actividades que se realizan son el trazo de la red, excavación zanjas, colocación de tuberías, relleno y compactación de zanjas, construcción de pozos y tragantes, desalojo del material sobrante y otras.

- Aguas Negras (I y II Etapa)

En cada una de las etapas se realiza parte del total de la Red de Recolección y transporte de A.NN., también en base a la distribución física del proyecto. Las operaciones a realizar son el trazo de la red, excavación de zanjas, colocación de tubería, construcción de pozos, colocación de tapaderas, relleno y compactación de zanjos, desalojo de material sobrante y otras.

- Agua Potable:

Completada una parte de la instalación de aguas negras, se inicia la construcción de la red de agua potable. Las actividades que se realizan son: trazo de la red, excavación de zanjas, colocación de cañería madre, relleno y compactación de zanjas, desalojo de material sobrante y otras.

- Unidad Habitacional (I y II Etapa)

Esta actividad abarca el proceso completo de construcción de una vivienda desde el trazo hasta su entrega. Debido a su complejidad, es mejor la elaboración de un diagrama específico que muestre todo el proceso constructivo. Ambas etapas son continuas y el número de unidades por etapa depende de la distribución física del proyecto. (Ver Figura No. 4.2.)

- Calles (I Etapa):

En esta etapa se realiza la nivelación y compactación de rasantes de calles y pasajes, para luego colocar la capa de material selecto. Una vez realizadas estas actividades puede proseguirse con la II Etapa.

- Calles (II Etapa)

Se realiza el tratamiento superficial de calles y pasajes con imprimación asfáltica y aplanado de la rasante.

- Construcción de Aceras y Arriates:

Comprende la construcción de piso encementado como aceras y engramado en las zonas destinadas a arriates.

- Alumbrado Eléctrico:

La instalación es realizada por subcontrato a empresas privadas o a la Institución respectiva (dependiendo de la ubicación del proyecto). Se efectúa la colocación de postes, transformadores,

TABLA 4.2. LISTA DE ACTIVIDADES

No. ACTIVIDAD	DEPENDE DE
1. Orden de Inicio	-
2. Terracería I	1
3. Instalaciones Provisionales	2
4. Topografía	2
5. Terracería II	2
6. Obras de Protección	3, 4, 5
7. Terracería III	3, 4, 5
8. Cordones y Cunetas	6, 7
9. Aguas Lluvias I	6, 7
10. Aguas Negras I	6, 7
11. Unidad Habitacional I	8
12. Aguas Lluvias II	9
13. Aguas Negras II	10
14. Agua Potable	10
15. Construcción de Aceras y Arriates	11, 12, 13, 14
16. Unidad Habitacional II	11, 12, 13, 14
17. Calles I	11, 12, 13, 14
18. Obras de Protección II	11, 12, 13, 14
19. Limpieza	16, 17, 18
20. Calles II	16, 17, 18
21. Alumbrado Eléctrico	16, 17, 18
22. Instalaciones Telefónicas	16, 17, 18
23. Zona Verde	16, 17, 18
24. Entrega	15, 19, 20, 21, 22, 23

tendido de alambres y conexión domiciliar.

- Instalación Telefónica:

Se realiza por subcontrato a empresas privadas o a ANTEL. Comprende la colocación de ductos y postes, y la construcción de cajas.

- Construcción de Zona Verde:

Abarca actividades de engramado del área, colocación de columpios, construcción de canchas y otros requisitos que dependen del tipo de urbanización.

- Limpieza:

Es el acarreo, botado y desalojo de ripio, tierra y otros desperdicios o materiales no utilizados de todo el proyecto, dejando a éste listo para la entrega.

- Entrega:

Esta actividad marca el final de todo el proyecto, el cual esta listo para ser habitado.

4.2. DETERMINACION DE LA DURACION DE LAS ACTIVIDADES

Para el cálculo de la duración, debe considerarse la cantidad de trabajadores a necesitar en la ejecución de cada actividad.

La tabla 4.3 se obtuvo de dividir los días-hombre correspondientes a cada actividad (de la tabla 4.1.) entre la cantidad de hombres que se consideran necesarios.

TABLA No. 4.3. DETERMINACION DE DURACIONES

PROYECTO: URBANIZACION EL MANZANO II.

TRABAJO DE GRADUACION: GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONSTRUCCION DE URBANIZACIONES.

HOJA 1 DE 3

No.	ACTIVIDAD	SUB-ACTIVIDADES	HOMBRES	DURACION
*1	INSTALACIONES PROVISIONALES			
		CONSTRUCCION BODEGA Y OFICINA	2	2
		INSTALACION SANITARIA	2	1
		INSTALACION AGUA POTABLE	2	1
		INSTALACION ELECTRICA	2	1
2	TOPOGRAFIA			
		REPLANTEAR EJES Y NIVELES		
		UBICACION DE B.M.	3	2
		UBICAR LINDEROS Y MOJONES	3	8
3	TERRACERIA			
		LIMPIEZA Y DESTRONCONADO		
		DESCAPOTE	3	2
		CORTE Y RELLENO	2	7.5
		DESALOJO		
		TERRAZAS, TALUDES Y ZONAS VERDES	3	22
4	AGUAS NEGRAS			
		TRAZO	8	2.5
		EXCAVACION DE ZANJAS	80	27
		INSPECCION DE SUELO	4	2
		CONSTRUIR CORONAS Y COLOCAR TAPAS	8	3
		COLOCAR TUBERIAS	15	8
		CONSTRUIR POZOS DE VISITA	28	16
		REVISAR NIVELES, ALINEAMIENTOS	10	2
		RELLENAR Y COMPACTAR ZANJAS	80	22.5
		ENTREGA PARCIAL DE A.NN.		
		DESALOJO	18	8

TABLA No. 4.3. DETERMINACION DE DURACIONES.

PROYECTO: URBANIZACION EL MANZANO III.

TRABAJO DE GRADUACION: GUIA PARA LA PROGRAMACION DE CONSTRUCCION DE URBANIZACIONES.

HOJA 2 DE 3

No.	ACTIVIDAD	SUB-ACTIVIDADES	HOMBRES	DURACIONES
5	AGUAS LLUVIAS			
		TRAZO	8	0.75
		EXCAVACION DE ZANJAS	40	23.5
		INSPECCION SUELO	4	1
		CONSTRUIR POZOS DE VISITA	8	12
		CONSTRUIR CORDONES Y CUNETAS	6	13
		CONSTRUIR TRAGANTES	10	8.5
		COLOCAR TUBERIAS	6	2.5
		REVISAR NIVELES, ALINEAMIENTOS	4	1
		RELLENAR Y COMPACTAR ZANJAS	40	19
		CONSTRUIR CORONAS Y COLOC.TAPADERA	8	6
		EN CAJAS Y POZOS		
		ENTREGA PARCIAL DE A.LL.		
		DESALOJO	16	20
6	AGUA POTABLE			
		TRAZO	4	2
		EXCAVACION DE ZANJAS	14	3.5
		COLOCAR TUBERIA	6	3
		INSPECCIONAR SUELO	4	0.75
		COLOCAR VALVULAS Y ACCESORIOS	4	1
		COLOCAR HIDRANTES	2	0.5
		CONSTRUIR ANCLAJES	6	1
		CONSTRUIR CAJAS PARA VALVULAS	6	2
		COLOCAR CUBRE VALVULAS	4	1
		COMPACTAR ZANJAS	14	4
		COLOCACION DE ACOMETIDA	12	6
		ENTREGA PARCIAL DE A.PP. A ANDA		
		DESALOJO	85	13

TABLA No. 4.3. DETERMINACION DE DURACIONES

PROYECTO: URBANIZACION EL MANZANO III.

TRABAJO DE GRADUACION: GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONSTRUCCION DE URBANIZACIONES.

HOJA 3 DE 3

No.	ACTIVIDAD	SUB-ACTIVIDADES	HOMBRES	DURACIONES
7	CALLES			
		REVISAR RASANTES Y TERRACERIA EN		
		CALLES, PASAJES, ACERAS Y ENGRAMADO	14	2
		TERRACEAR CALLES Y PASAJES	14	2
		COLOCAR MATERIAL SELECTO	691	99
		IMPRIMACION ASFALTICA	204	29
		COMPACTACION	49	7
		DESALOJO	72	11
		CONSTRUCCION DE ACERAS	1360	194
		COLOCAR EMGRAMADOS	242	35
8	OBRAS DE PROTECCION			
		TRAZO	42	6
		EXCAVACION	622	64
		CONSTRUCCION DE MUROS Y TALUDES	1,444	207
		COMPACTACION	255	37
		DESALOJO	400	58
9	UNIDAD HABITACIONAL			
		TRAZO	12	2
		EXCAVACION PARA FUNDACIONES	32	4.5
		ARMADO Y COLOCACION S.F.	45	6.5
		COLADO S.F.	20	3
		COMPACTADO S.F.	13	2
		PAREDES	209	30
		REPELLO DE PARED	3	0.5
		AFINADO DE PARED	2	0.5
		PINTURA	7	1
		PISOS	69	10
		HECHURA POLINES	40	6
		COLOCACION POLINES	6	1
		COLOCACION LAMINA	10	1.5
		CIELO FALSO	15	3
		VENTANAS Y PUERTAS	13	2
		INSTALACION APARATOS S.S.	14	2
		ENLADRILLADO CONCRETO SIMPLE	14	2
		ENGRAMADO	2	0.3
		ENCHAPADO	5	0.7
		INSTALACION ELECTRICA	7	1
		INSTALACION AGUA POTABLE	14	2
		INSTALACION AGUAS NEGRAS	14	2
		LIMPIEZA	7	1
		ENTREGA		

4.3. DETERMINACION DE COSTOS DE LAS ACTIVIDADES

Los costos de construcción comprenden todas las erogaciones necesarias para llevar a la realidad un proyecto tomando como base los planos, especificaciones y demàs documentos que definan completamente todos sus aspectos.

La estimación de los costos con fines de presupuestar exige la clasificación de éstos en diversos rubros, de tal manera que pueda hacerse en forma ordenada y completa, sin omitir ninguna partida importante. Se consideran separadamente, por regla general, los costos directos y los indirectos.

Durante la construcción, el flujo de efectivo se determina con base a la programación de la obra, en la cual estàn fijados la duración de cada actividad, en base a la asignación de recursos humanos, maquinaria o equipo, etc. Es, por lo tanto, importante para fines de control del proyecto, que el presupuesto completo de la obra se divida en rubros o partidas de acuerdo a las actividades a ejecutarse. Esto facilita el control de lo programado y lo ejecutado a través de distintas herramientas de control como curvas de costo-tiempo y el càlculo de estimaciones.

Una de las técnicas màs usadas para la presentación de presupuestos es la que se basa en el costo unitario; en la cual se requiere conocer las cantidades de obra de una parte y toda la obra y aplicarle el costo unitario

directo para obtener el costo total directo, es decir, el costo de mano de obra, materiales, maquinaria que se necesitan para la construcciòn.

Los costos de mano de obra incluyen los pagos hechos directamente al personal que realiza las operaciones constructivas, asi como los efectuados a Instituciones de conformidad con las leyes como son las cuotas al Seguro Social y al Fondo Social para la Vivienda.

Los costos de materiales comprenden los de adquisiciòn, transporte, desperdicios; y los costos de maquinaria se estiman generalmente con base en las horas de utilizaciòn y en el alquiler por hora que se determinan para cada màquina.

El primer paso para la elaboraciòn del presupuesto es obtener las cantidades de obra de los planos y especificaciones para cada actividad que se ha programado. Luego se analiza para una unidad de medida (m^2, m^3 u otro), los gastos que se incurrirán en materiales (de acuerdo al diseño presentado en planos), mano de obra y sus prestaciones, herramientas y equipo. Al sumarse cada uno de ellos lo que se obtiene no es màs que el costo por unidad de medida (m^2,m^3, etc.) o costo unitario.

Una de las ventajas del costo unitario es que facilita la mediciòn de las cantidades de obra para fines de pago.

Los costos indirectos de construcción se determinan para la obra en conjunto. Generalmente se dividen en Indirectos de Obra e Indirectos de "Oficinas Centrales". Los primeros corresponden a los gastos que se hacen en las obras, pero que no pueden cargarse a ningún concepto de costo en particular; y los segundos, a las erogaciones de la empresa constructora en sus oficinas generales, por lo cual se distribuyen entre las diversas obras que ésta ejecuta.

En el presupuesto del proyecto (Ver Tabla No. 4.4.), los costos por partida se obtienen utilizando Costos Unitarios. El análisis detallado de cada uno no se muestra, pero el análisis de materiales, mano de obra y equipo es como el mostrado para el costo/m.l. de polín espacial. El detalle es el siguiente:

- MATERIALES:

Acero de Refuerzo=

Ø 3/8" = 0.042 qq/ml x ¢ 215.00	= ¢ 9.03
Ø 1/4" = 0.0367 qq/ml x ¢ 215.00	= ¢ 7.89
Electrodos = 0.30 lbs/m x ¢ 7.25	= ¢ 2.18
Pintura Anticorrosiva =1/16 gal x ¢ 67.84	= ¢ 4.24
TOTAL MATERIAL	= ¢ 23.34

- MANO DE OBRA:

Hechura de Polín =	= ¢ 10.00
Pintura de Polín	= ¢ 2.00
Prestaciones a la M.de O.	= ¢ 6.00
TOTAL M.de O.	= ¢ 18.00

TABLA No. 4.4. DETERMINACION DE LOS COSTOS DE LAS ACTIVIDADES. HOJA 1 DE 4

No.	PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1.0	INSTALACIONES PROVISIONALES					¢ 15,620.61
	Bodega y Oficinas	1	s.g.	¢ 10,000.00	¢ 10,000.00	
	Instalación Sanitaria	1	s.g.	¢ 2,100.00	¢ 2,100.00	
	Instalación Agua Potable	1	s.g.	¢ 1,449.00	¢ 1,449.00	
	Instalación Eléctrica	1	s.g.	¢ 2,271.61	¢ 2,271.61	
2.0	TOPOGRAFIA					¢ 1,160.00
	Replanteo de Ejes y Niveles	1	s.g.	¢ 560.00	¢ 560.00	
	Ubicación de Linderos y Mojones	15	U	¢ 40.00	¢ 600.00	
3.0	TERRACERIA					¢ 406,969.90
	Limpieza y destronconado	12706.34	M2	¢ 4.38	¢ 55,662.53	
	Descapote	5083.34	M3	¢ 8.76	¢ 44,530.06	
	Corte	10622.5	M3	¢ 8.76	¢ 93,053.10	
	Relleno	7595	M3	¢ 10.21	¢ 77,544.95	
	Terrazas, Taludes y Zonas Verdes	475.087	M3	¢ 175.10	¢ 83,187.73	
	Desalojo	3027.5	M3	¢ 17.51	¢ 53,011.53	
4.0	AGUAS NEGRAS					¢ 97,752.51
	Trazo	392	ML	¢ 3.70	¢ 1,450.40	
	Excavación de Zanjas	492	M3	¢ 20.00	¢ 9,840.00	
	Colocación de Tuberías	392	ML	¢ 114.55	¢ 44,903.60	
	Construcción de Pozos de visita	12	U	¢ 2,453.00	¢ 29,436.00	
	Construc. Coronas y Coloc. de Tapas	12	U	¢ 145.98	¢ 1,751.76	
	Relleno y Compactación de Zanjas	473	M3	¢ 21.00	¢ 9,933.00	
	Desalojo	25	M3	¢ 17.51	¢ 437.75	
					SUB TOTAL	¢ 521,723.02

TABLA No. 4.4. DETERMINACION DE LOS COSTOS DE LAS ACTIVIDADES. HOJA 2 DE 4

No.	PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
5.0	AGUAS LLUVIAS					¢ 169,350.64
	Trazo	217	ML	¢ 3.70	¢ 802.90	
	Excavación de Zanjas	468	M3	¢ 20.00	¢ 9,360.00	
	Construcción de Pozos	6	U	¢ 2,453.00	¢ 14,718.00	
	Construcción de Coronas y Coloc. de Tapa	6	U	¢ 145.98	¢ 875.88	
	Construcción de Cordones y Cunétas	670	ML	¢ 134.49	¢ 90,108.30	
	Construcción de Tragantes	11	U	¢ 1,746.06	¢ 19,206.66	
	Colocación de Tubería:					
	*Tubería Diam. 15"	43	ML	¢ 63.00	¢ 2,709.00	
	*Tubería Diam. 18"	124	ML	¢ 102.30	¢ 12,685.20	
	*Tubería Diam. 24"	50	ML	¢ 179.30	¢ 8,965.00	
	Relleno y Compactado	414	M3	¢ 21.00	¢ 8,694.00	
	Desalojo	70	M3	¢ 17.51	¢ 1,225.70	
6.0	AGUA POTABLE					¢ 32,752.49
	Trazo	290	ML	¢ 3.70	¢ 1,073.00	
	Excavación de Zanjas	115	M3	¢ 20.00	¢ 2,300.00	
	Colocación de Tuberías	290	ML	¢ 54.73	¢ 15,886.20	
	Colocar Válvulas	5	U	¢ 67.85	¢ 339.25	
	Colocar hidrantes	1	U	¢ 7,500.00	¢ 7,500.00	
	Construir Anclajes	10	U	¢ 9.00	¢ 90.00	
	Construir Cajas para Válvulas	5	U	¢ 99.00	¢ 495.00	
	Colocar cubre Válvulas	5	U	¢ 121.00	¢ 605.00	
	Compactar zanjas	114	M3	¢ 21.00	¢ 2,394.00	
	Colocar Acometida	1	U	¢ 500.00	¢ 500.00	
	Colocar Accesorios	1	s.g.	¢ 1,500.00	¢ 1,500.00	
	Desalojo	4	M3	¢ 17.51	¢ 70.04	
					SUB TOTAL	¢ 202,103.13

TABLA No. 4.4. DETERMINACION DE LOS COSTOS DE LAS ACTIVIDADES. HOJA 3 DE 4

No.	PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
7.0	CALLES					¢ 566,316.57
	Revisar rasantes y terracería en calles					
	pasajes, aceras y engramados	1	s.g.	¢ 2,000.00	¢ 2,000.00	
	Terracear calles y pasajes	1022.46	M3	¢ 10.21	¢ 10,439.32	
	Colocar Material Selecto	2072.91	M2	¢ 75.10	¢ 155,675.54	
	Pavimento Asfáltico	2072.91	M2	¢ 167.73	¢ 347,669.19	
	Construcción de Aceras	952.5	M2	¢ 60.00	¢ 57,150.00	
	Colocar engramados y zonas verdes	964.51	M2	¢ 12.00	¢ 11,574.12	
	Desalojo	102.25	M3	¢ 17.51	¢ 1,790.40	
8.0	OBRAS DE PROTECCION					¢ 115,099.26
	Trazo de Muros	199	ML	¢ 3.70	¢ 736.30	
	Excavación	155.43	M3	¢ 20.00	¢ 3,108.60	
	Construcción de Muros	286.66	M3	¢ 375.00	¢ 108,255.00	
	Compactación	79.6	M3	¢ 21.00	¢ 1,671.60	
	Desalojo	75.83	M3	¢ 17.51	¢ 1,327.76	
9.0	UNIDAD HABITACIONAL					¢ 2,544,886.76
	Excavación para Solera de Fundación	874.64	M3	¢ 22.00	¢ 19,242.08	
	Relleno compactado de S.F.	505.11	M3	¢ 21.00	¢ 10,607.31	
	Solera de Fundación	247.86	M3	¢ 865.50	¢ 214,522.83	
	Pared de Bloque de 10x20x40	9614.52	M2	¢ 66.56	¢ 639,942.45	
	Piso de ladrillo pringueado	2054.26	M2	¢ 148.81	¢ 305,697.41	
	Piso de ladrillo color gris	207.06	M2	¢ 87.54	¢ 18,126.03	
	Piso de concreto simple	885.87	M2	¢ 49.73	¢ 44,054.32	
	Piso de Cerámica Antideslizante	32.64	M2	¢ 113.56	¢ 3,706.60	
	Engramado	321.81	M2	¢ 12.00	¢ 3,861.72	
	Cielo Falso	2086.92	M2	¢ 60.00	¢ 125,215.20	
	Polín Triangular	2027.25	ML	¢ 43.70	¢ 88,590.83	
	Techo de Eureka 10.	2733.09	M2	¢ 65.89	¢ 180,083.30	
	Bloque visto sisado y pintado	7282.29	M2	¢ 19.66	¢ 143,169.82	
	Enchapado de azulejo	146.66	M2	¢ 184.30	¢ 27,069.98	

TABLA No. 4.4. DETERMINACION DE LOS COSTOS DE LAS ACTIVIDADES. HOJA 4 DE 4

No.	PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
	Acabado especial	2699.43	M2	¢ 66.20	¢ 178,702.27	
	Repellado y Pulido	248.88	M2	¢ 42.31	¢ 10,530.11	
	Ventana de celosía de vidrio de 4"	452.88	M2	¢ 245.00	¢ 110,955.60	
	Puerta de forro de fibrolita	255	U	¢ 315.00	¢ 80,325.00	
	Puerta de Lámina troquelada	51	U	¢ 550.00	¢ 28,050.00	
	Inodoro blanco de tanque	102	U	¢ 679.00	¢ 69,258.00	
	Lavamanos	51	U	¢ 602.65	¢ 30,735.15	
	Fregadero Acero inoxidable	51	U	¢ 594.20	¢ 30,304.20	
	Duchas	102	U	¢ 178.60	¢ 18,217.20	
	Lavadero de concreto simple	51	U	¢ 263.91	¢ 13,459.41	
	Instalación Eléctrica	51	U	¢ 862.60	¢ 43,992.60	
	Aguas Negras					
	Cajas de Conexión	102	U	¢ 99.00	¢ 10,098.00	
	Tubería Diam. 2" PVC	867	ML	¢ 45.31	¢ 39,283.77	
	Aguas Lluvias					
	Caja pie de bajada A.LL.	51	U	¢ 99.00	¢ 5,049.00	
	Tubería Diam. 3" PVC	675.75	ML	¢ 31.90	¢ 21,556.43	
	Agua Potable					
	Cañería PVC Diam. 3/4"	994.5	ML	¢ 28.70	¢ 28,542.15	
	Grifos exterior para manguera	51	U	¢ 38.00	¢ 1,938.00	
10.0	ALUMBRADO ELECTRICO					¢ 61,200.00
	Alumbrado Eléctrico (Subcontrato)		s.g.		¢ 61,200.00	
11.0	INSTALACIONES TELEFONICAS					¢ 21,612.00
	Instalaciones Telefónicas (Subcontrato)		s.g.		¢ 21,612.00	
					TOTAL	¢ 4,052,942.50

- HERRAMIENTAS Y EQUIPO

Herramientas = 2%	= ¢ 0.36
Equipo	= ¢ 2.00
	TOTAL = ¢ 2.36
	COSTO TOTAL = ¢ 43.70/ml

4.4. ELABORACION DEL PROGRAMA DEFINITIVO

4.4.1. CPM: DIAGRAMA DE FLECHAS

Esta es una descripciòn del procedimiento completo para la elaboraciòn de un diagrama de flechas.

Un diagrama de flechas es la representaciòn de un programa o plan para un proyecto determinado en el que se muestra la secuencia correcta, asi como las interrelaciones de actividades y eventos para alcanzar los objetivos finales.

Un proyecto de construcciòn es un conjunto de operaciones individuales o actividades. El orden en el que las actividades se inician y la relaciòn de unas con otras, constituye el plan de construcciòn. El diagrama de red està terminado cuando el orden y la colocaciòn de actividades se ha planteado.

El primer paso para la elaboraciòn de la red es la divisiòn del proyecto en actividades.

El siguiente paso es formular una lògica de construcciòn u orden especifico de las actividades, esto implica un planteamiento preciso

de las relaciones entre ellas.

Para encontrar la lógica de la construcción es necesario que para cada actividad se formulen las preguntas que se mencionaron en la sección 4.1.2.. De esta forma se examina cada actividad dando como resultado la secuencia necesaria impuesta hasta este momento solamente por restricciones físicas del proyecto.

Pueden ocurrir también restricciones de recursos necesarios no disponibles; restricciones de mano de obra calificada difícil de obtener; restricciones de seguridad que obliguen a realizar actividades que en otras condiciones podrían hacerse simultáneamente y otros factores que es necesario analizar y que determina la secuencia de las actividades, pero este análisis es mejor realizarlo al tener el diagrama más detallado.

Teniendo toda esta información y después de algunos ensayos se tiene un diagrama suficientemente aproximado (fig.No. 4.1.) que proporcione una representación del plan de construcción propuesto.

Hasta este punto se tiene un diagrama general que tiene la ventaja de su sencillez que permite hacer revisiones de la lógica u modificaciones con facilidad; el desarrollo más refinado de este diagrama; es decir, el desgloce de actividades en

actividades màs especificas se hace después de una discusiòn detallada de la lògica bàsica de las redes.

El siguiente paso es obtener una red mas detallada, que represente cada operaciòn constructiva màs especificamente. Una forma conveniente de anàlisis es detallar cada actividad en forma individual, elaborando pequeños diagramas o redes y analizarlos por separado considerando todo tipo de restricciones para luego integrarlos para conformar un diagrama màs detallado de todo el proyecto. Asi se elaborò una red individual para la Unidad Habitacional (Fig. No. 4.2.).

Algunas actividades es necesario plantearlas por etapas debido a la relaciòn que tienen con otras, pero a la vez deben ser continuas, es asi, como se puede apreciar que un grupo de actividades con el nombre de Etapa I se repita posteriormente con el nombre de Etapa II.

En la asignaciòn de recursos influyen muchos factores como son la duraciòn aproximada que se necesita que dure el proyecto; el plan de financiamiento, el tipo de mano de obra, el tipo de trabajo, etc.

Al tener planteada la red se puede observar cuantas actividades se realizan simultàneamente, cuàntas requieren mano de obra del mismo tipo, y

como están relacionadas éstas entre sí; es decir, si son continuas o se interrumpen, etc. Todos estos aspectos influyen en la asignación de personal. Básicamente se trata de no tener fuertes variaciones de personal en un corto período; así por ejemplo debe evitarse hacer reducciones grandes en una quincena, luego contratar varias en la siguiente, para luego volver a hacer grandes reducciones en el próximo período.

Para la construcción de una urbanización, en la parte inicial se llevan a cabo actividades de Terracería, en la cual se utiliza -generalmente- maquinaria; es lógico por lo tanto que no vamos a asignar una gran cantidad de personas, pues el tipo de trabajo que se tiene no lo exige.

A medida que el trabajo avanza, y se realizan muchas actividades simultáneas, el número de hombres se aumenta y se realizan contrataciones de personal. El número de personas que se tiene ahora debe mantenerse casi constante o con pequeñas variaciones, hasta que el proyecto entra en su etapa final, en la cual es conveniente ir reduciendo el número de personas, ya que la cantidad de trabajo también va disminuyendo.

La construcción de la Unidad Habitacional es una actividad que implica muchas actividades, que al desglosarse en la red de la Fig.No. 4.1. se

complicarla demasiado, por lo cual se ha trabajado como una sola actividad, desglosàndose separadamente en un diagrama de flechas individual Fig.No. 4.2., calculàndose la duraciòn normal para la construcciòn de una casa asignando tres hombres por unidad. Esta etapa requiere mayor nùmero de hombres para realizar en la I Etapa 28 viviendas en 58 dias con 36 hombres y en la II etapa 23 viviendas simultàneamente en 29 dias con 69 hombres.

Una vez que se han determinado las duraciones de todas las actividades, se podrà encontrar la duraciòn total del proyecto, determinando el tiempo de iniciaciòn màs temprana para cada evento hasta concluir en el ùltimo evento del diagrama.

Cuando todas las actividades se terminan en su duraciòn normal el càlculo del ùltimo evento indica la soluciòn "normal" o duraciòn total del proyecto.

Una vez determinada la duraciòn del proyecto, se podrà calcular el tiempo de terminaciòn màs tardio para cada evento. Esto se hace comenzando por el ùltimo evento, usando como origen el tiempo de la duraciòn del proyecto que es de 156 dias; hasta finalizar en el primer evento. Todas las operaciones necesarias son sencillamente la suma y resta de duraciones. Asi:

IMP = TMP - Duración (ec. 4.1.)

IMT = TMT - Duración (ec. 4.2.)

Donde:

IMP: iniciación más próxima

IMT: Iniciación más tardía

TMP: Terminación más próxima

TMT: Terminación más tardía

Una vez calculados el TMP y el TMT para cada evento, se puede determinar la ruta crítica o críticas a través del diagrama. Un evento cae dentro del camino crítico, si su TMP y su TMT son idénticos, ya que cualquier retraso en la terminación de este evento automáticamente deja de cumplir en el tiempo de ocurrencia mas tardío permisible y por lo tanto, el proyecto se retrasa. La Ruta Crítica encontrada en la Fig.No. 4.3. pasa por 18 eventos críticos.

La Ruta Crítica se muestra con las flechas en trazo grueso, las actividades no críticas se indican con flechas más finas y forman rutas no críticas donde se tolera algún retraso, sin que la duración completa se prolongue.

Para cualquier red dada, la ruta crítica depende solamente de las duraciones de las actividades, de manera que variando ésta al aumentar o disminuir recursos, se puede hacer que siga una ruta específica de actividades.

La duración del proyecto obtenida del diagrama (Fig.No.4.3.) es de 156 días, 7 meses 8 días calendario, sin embargo, la empresa constructora programó 8 meses como mínimo de trabajo, pero la realización del proyecto ha consumido más tiempo del esperado.

Al analizar las posibles causas del retrazo podemos mencionar:

- Mal suministro de material:

En varias ocaciones las reservas de cemento fueron agotadas, y en el mercado hubo escasez, provocando retrasos en algunas actividades, tales como la construcción de viviendas.

La actividad "Colocación de Material Selecto" se inició con varios días de retraso debido al suministro tardío de dicho material, para la base y sub-base de calles y pasajes.

- Ejecución del proyecto sin la realización de una programación

Si se hubiera ejecutado el proyecto de acuerdo a la programación, cada actividad se habría iniciado y terminado en el tiempo estipulado o hasta el límite en que sus holguras lo permitieran sin provocar retrasos.

- Ausencia de Personal Capacitado para la dirección de la obra.

El proyecto no contó con la dirección de Ingeniero

Residente, capacitado que diera seguimiento al programa de trabajo. La única persona encargada de la dirección técnica del trabajo fué el Maestro de Obra, el cual dirigía el proyecto de acuerdo a su propia experiencia, careciendo de capacidad para comprender los métodos de programación.

Estas son algunas causas de retrazos del proyecto, el cual pudo haberse concluído en 7 meses 8 días, si se hubieran evitado las consideraciones anteriores.

Con la duración total calculada pueden encontrarse otros tiempos que son de mucha utilidad en la programación, uno de ellos es el tiempo flotante o Holgura Total. Definiéndolo como el exceso de tiempo disponible fuera del realmente necesario para la terminación de una actividad.

Esto es aplicable a las actividades no criticas ya que cuentan con mayor tiempo para su terminación que el estrictamente necesario. Las actividades criticas tienen un tiempo flotante u holgura total de cero. Los tiempos flotantes son usados como margen de seguridad, para retrasar la aplicación de recursos, para nivelar las necesidades de mano de obra, etc.

El tiempo flotante total u holgura total se calcula asi:

$$FT = TMT - IMP - Duración \quad \text{(ec. 4.3.)}$$

Donde:

FT: Holgura Total u Flotante Total

TMT: Terminación más tardía

IMP: Iniciación más Próxima

Los tiempos flotantes totales del proyecto se calcularon y se presentan en la tabla 4.5.

La Ruta Crítica también puede definirse como la cadena de actividades que tiene tiempo flotante total igual a cero.

Las cadenas no críticas siempre tendrán tiempo flotante y mientras mayor sea el número de actividades y menor el tiempo flotante total, más se acerca la ruta a ser crítica, y deben ser observadas cuidadosamente durante la construcción por ser actividades cercanas a ser críticas.

En el diagrama, la cadena formada por las actividades 10-15, 15-20 y 20-40, tienen una holgura total de 2.5 días para cada una, pero el tiempo flotante total para la cadena es de 2.5 días, pues si una de ellas consume su holgura total, la siguiente actividad de la cadena ya no tiene tiempo flotante y se vuelve crítica. Esta cadena esta cercana a ser crítica ya que el valor del FT es pequeño.

Otro tiempo importante es el tiempo flotante libre u holgura libre el cual es el lapso adicional disponible para terminar una actividad, suponiendo

que todas las demàs actividades comienzen y terminen tan pronto como sea posible sin perturbar las actividades subsecuentes, las cuales podràn comenzarse en su tiempo de iniciaciòn mas temprana. Asi los flotantes libres, por lo general se indican al final de las actividades o rutas no criticas para las cuales es un margen de seguridad para compensar cualquier retraso inevitable, ya que es la cantidad del tiempo flotante total que puede consumirse sin afectar actividades subsecuentes.

La holgura libre de una actividad se calcula asi:

FL = TMP - IMP -Duraciòn (ec. 4.4.)

Donde:

FL = Holgura Libre o Tiempo Flotante Libre

Los tiempos flotantes libres son tan utiles como los totales, pues permiten saber que tan cerca de ser critica se encuentra una ruta de actividades. Los tiempos flotantes libres de la red se indican en la tabla No. 4.5. El tiempo flotante de interferencia u holgura de interferencia es la diferancia entre el tiempo flotante total y el tiempo flotante libre de una actividad.

Si una actividad se retrasa un tiempo mayor que su holgura libre, pero menos, o lo mismo, que su holgura total, el retraso de esta actividad no retrasarà el proyecto; sin embargo, va interferir

TABLA No.4.5.ELABORACION DE LA PROGRAMACION CPM.
DIAGRAMA DE FLECHAS

HOJA 1 DE 2

ACTIVIDAD	FLECHA	DURACION	F.T.	F.L.	F.I.	OBSERVACION
ORDEN DE INICIO	0 - 5	0.0	0.0	0.0	0.0	
DESMONTE,DESTRONCONADO,DESCAPOTE	5 - 10	2.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA
CONSTRUCCION BODEGA Y OFICINA	10 - 15	2.5	2.5	0.0	2.5	
INSTAL SERV. SANITARIOS DE OFIC	10 - 25	1.5	6.0	0.0	6.0	
INSTAL.AGUA POTABLE.OBRAS PROVIS	10 - 30	1.0	6.5	0.0	6.5	
REPLANTEO EJES Y NIVELES	10 - 35	1.0	5.5	0.0	5.5	
MOJONEADO	35 - 40	1.0	5.5	5.5	0.0	
TERRACERIA II	10 - 40	7.5	0.0	0.0	0.0	CRITICA
PREPARAC. Y COMPACTAC. DE S/C	15 - 20	1.5	2.5	0.0	2.5	
INSTAL.ELECTR.OBRAS PROVIS.	20 - 40	1.0	2.5	2.5	0.0	
TRAZO DE MUROS	40 - 45	3.0	3.0	0.0	3.0	
EXCAVACION PARA MUROS	45 - 50	5.0	3.0	0.0	3.0	
CONSTRUCCION DE MUROS	50 - 55	11.0	3.0	3.0	0.0	
TERRACERIA III	40 - 55	22.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA
TRAZO A.LL I	55 - 60	0.5	9.75	0.0	9.75	
EXCAVACION ZANJAS ALL I	60 - 80	10.0	9.75	0.0	9.75	
COLOCACION TUBERIA ALL I	80 - 90	3.5	9.75	0.0	9.75	
RELLENO Y COMPACTACION ALL I	90 - 95	8.0	9.75	0.0	9.75	
CONSTRUCCION TRAGANTES ALL I	80 - 95	4.5	16.75	7.0	9.75	
CONSTRUCCION POZOS ALL I	80 - 85	8.0	13.25	0.0	13.25	
DESALOJO ALL I	95 - 105	7.0	9.75	0.0	9.75	
CONSTRUCCION CORDONES Y CUNETAS	55 - 70	13.0	4.5	0.0	4.5	
TRAZO ANN I	55 - 65	1.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA
EXCAVACION DE ZANJAS ANN I	65 - 75	11.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA
COLOCACION TUBERIA ANN I	75 - 100	9.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA
RELLENO Y COMPACTACION ANN I	100 - 115	9.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA
CONSTRUCCION POZOS ANN I	75 - 115	12.0	6.0	6.0	0.0	
DESALOJO ANN I	115 - 120	4.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA
TRAZO ALL II	105 - 110	0.25	9.75	0.0	9.75	
EXCAVACION ZANJAS ALL II	110 - 130	13.5	9.75	0.0	9.75	
CONSTRUCCION TRAGANTES ALL II	130 - 140	4.0	19.75	0.0	19.75	

TABLA No.4.5.ELABORACION DE LA PROGRAMACION CPM. DIAGRAMA DE FLECHAS.

HOJA 2 DE 2

ACTIVIDAD	FLECHA	DURACION	F.T.	F.L.	F.I.	OBSERVACION
CONSTRUCCION POZOS ALL II	130 - 145	4.0	19.75	10.0	9.75	
COLOCACION TUBERIA ALL II	130 - 135	3.0	9.75	0.0	9.75	
RELLENO Y COMPACTACION ALL II	135 - 145	11.0	9.75	0.0	9.75	
DESALOJO ALL II	145 - 190	9.0	9.75	9.75	0.0	
TRAZO ANN II	120 - 125	1.5	0.0	0.0	0.0	CRITICA
EXCAVACION ANN II	125 - 150	16.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA
COLOCACION TUBERIA ANN II	150 - 170	6.5	0.0	0.0	0.0	CRITICA
RELLENO Y COMPACTACION ANN II	170 - 185	13.5	0.0	0.0	0.0	CRITICA
DESALOJO ANN II	185 - 190	4.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA
CONSTRUCCION DE POZOS ANN II	150 - 185	4.0	16.0	16.0	0.0	
TRAZO APP	120 - 155	2.0	21.5	0.0	21.5	
EXCAVACION ZANJAS APP	155 - 160	3.5	21.5	0.0	21.5	
COLOCACION DE TUBERIA APP	160 - 165	3.5	21.5	0.0	21.5	
CONSTRUCCION DE ACOMETIDA	165 - 175	6.0	21.5	0.0	21.5	
RELLENO Y COMPACTACION APP	175 - 180	4.0	21.5	0.0	21.5	
DESALOJO APP	180 - 190	1.0	21.5	21.5	0.0	
UNIDAD HABITACIONAL I	70 - 190	58.0	4.5	4.5	0.0	
NIVELACION DE RASANTES CALLES Y PJES	190 - 195	1.0	21.0	0.0	21.0	
COLOCACION MATERIAL SELECTO	195 - 205	7.0	21.0	21.0	0.0	
CONSTRUCCION DE TALUDES	190 - 200	7.0	22.0	0.0	22.0	
CONSTRUCCION DE ACERAS Y ARRIATES	190 - 230	21.0	28.0	28.0	0.0	
UNIDAD HABITACIONAL II	190 - 205	29.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA
ALUMBRADO ELECTRICO	205 - 230	20.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA
INSTALACIONES TELEFONICAS	205 - 225	15.0	5.0	0.0	5.0	
TRATAMIENTO SUP.CALLES. ASFALTO	205 - 215	7.0	13.0	0.0	13.0	
CONSTRUCCION DE ZONA VERDE	205 - 210	7.0	13.0	0.0	13.0	
LIMPIEZA	205 - 220	5.0	15.0	0.0	15.0	
ENTREGA	230 - 235	0.0	0.0	0.0	0.0	CRITICA

con el inicio de alguna actividad subsecuente. Entonces, si se consume una parte del tiempo flotante de interferencia, será necesario volver a programar todas las actividades subsecuentes de esa cadena. Si se utiliza por completo el tiempo flotante de interferencia, las actividades subsecuentes se vuelven críticas; y si se sobrepasa, la duración del proyecto aumentará.

$$FI = FT - FL \quad \text{(ec. 4.5.)}$$

Donde:

FI: Tiempo Flotante de Interferencia u Holgura de Interferencia

FT: Tiempo Flotante Total u Holgura Total

FL: Tiempo Flotante Libre u Holgura Libre

4.4.2. CPM: DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS

Existen dos técnicas para usar el CPM, de los cuales se explicó el diagrama de flechas en la sección anterior; la otra técnica conocida como diagrama de precedencias se expone en el Anexo No.4.

4.4.3. DIAGRAMA PERT

Las actividades de la tabla No.4.1., forman el conjunto de trabajos a desarrollarse en la ejecución del proyecto urbanístico -incluye las 51 unidades habitacionales-.

Organizada la red preliminar (sección 4.1.4), se

procederà a elaborar el diagrama PERT.

Se tomaràn en consideraciòn las siguientes posibilidades:

a: tiempo optimista

b: tiempo pesimista

m: tiempo màs probable

Estas tres estimaciones (a,b,m) de la duraciòn nos permitirà obtener el tiempo medio esperado (te)

$$te = \frac{a + 4m + b}{6} \quad \text{(ec. 4.6.)}$$

a: Serà una estimaciòn del minimo tiempo requerido para una actividad si todo va bien. Se estimarà para éste proyecto, multiplicando el tiempo màs probable m por 0.8 (80%).

m: El tiempo màs probale se basa en la experiencia y el juicio. Se calcularà según seccion 4.1.3.

b: Serà una estimaciòn del tiempo màximo requerido. Tomarà en cuenta retrasos, azares (inherentes a la actividad) y otras dificultades particulares que involucra cada actividad.

En el campo de la construcciòn es dificil obtener suficientes datos de tiempo de un registro històrico sobre alguna actividad. Los valores a, m

y b se obtienen por pesquisa directa. 6/

El diagrama de red PERT se parece a un diagrama CPM; CPM tiene orientación hacia las actividades, PERT se centra en los eventos. (EVENTO: inicio o terminación de una actividad)

CALCULOS DEL PROGRAMA

1. Cada evento tendrá dos valores de tiempos asociados con él:

TTE: tiempo más temprano

TTA: tiempo más tardío

2. Tiempos Tempranos del Evento (TTE).

Se determinarán asumiendo TTEo del evento inicial, ó sea cero.

A este TTE inicial se le sumará la duración media (te), para el primer enlace y obtener el TTE del siguiente evento.

Este proceso se repetirá para todos los enlaces hasta llegar al evento final. Matemáticamente:

$$TTEj = Máx\ [TTEj + (te\ )]$$ (ec. 4.7.)

Máx: significa que se debe tomar la suma máxima de todos los enlaces (ij) que llegan al nodo (j).6/ (Ver tabla No. 4.6.)

3. Tiempos de Eventos Tardíos (TTA).

Se calcularán, asignando un valor razonable de terminación al evento final (TF).

A este valor TP se le restará (te) y se irá retrocediendo en la red hasta llegar al evento inicial. Matemáticamente:

$$TTAi = Min\ [TTAj - (te)ij] \quad \text{(ec. 4.8.)}$$

Min: indica que se debe tomar el mínimo valor obtenido de la resta de todos los enlaces (ij) que llegan al nodo (i). 6/ (ver tabla No. 4.6.)

4. Holgura Libre de una actividad (HLA).

Es el tiempo en el que se espera que una actividad se terminará sin demorar el inicio de alguna de las actividades subsecuentes.

Se plantea de la siguiente forma:

$$HLAij = TTEj - TTEi - (te)ij \quad \text{(ec. 4.9)}$$

Este resultado se plantea en la tabla No. 4.6

5. Holgura Total de la Actividad (HTA).

Se define como el valor esperado del intervalo en que se puede esperar la terminación de la actividad sin ampliar la duración del proyecto.

Se expresa matemáticamente así:

$$HTAij = TTAj - TTEi\ (te)ij \quad \text{(ec. 4.10)}$$

Utilizando esta ecuación se han calculado los valores de Holgura Total de la tabla No. 4.6

6. Holgura del Evento (HE).

Se define como el intervalo entre la fecha <u>más tardía</u> y la <u>más temprana</u> que se puede esperar que se ejecute un evento.

La expresión matemática es:

$$HEi = TTAi - TTEi \quad \text{(ec. 4.11.)}$$

En la Figura No. 4.4. se ha obtenido el valor de Holgura del Evento para cada uno, en la red.

7. Eventos Criticos.

En el evento final la Holgura estará dada por la diferencia entre el tiempo del Evento Final (TP) y el tiempo del Evento Inicial (TTEo), definidos anteriormente.

$$HEt = TP - TTEt \quad \text{(ec. 4.12.)}$$

Además: " Se debe considerar que ningún evento tendrá una holgura menor que el evento final; todo evento que tenga la misma holgura que el evento final, debe ser critico". 6/

8. Actividades Criticas y la Ruta Critica.

En PERT la ruta critica está dada por aquellas actividades criticas que forman una cadena continua desde el evento inicial hasta el final.

Existen dos formas para identificar las actividades criticas:

"Una es comparando la duración esperada de cada actividad (te) con las diferencias en los tiempos tempranos en los eventos de la cola y la punta de la flecha.

La otra es evaluar la holgura total para cada actividad y comparar este valor con la holgura del evento final." 6/

En la tabla No.4.6. se define la ruta critica por aquellos valores de HLA y HTA, ambos iguales a cero.

4.5. ELABORACION DEL DIAGRAMA DE BARRAS

El Diagrama de Barras es un cuadro esquemàtico que muestra las distintas etapas de construcciòn (Ver figura No.4.5.); con sus tiempos prefijados de duraciòn de dichas etapas.

En el esquema se indica asimismo la durabilidad real de la obra, luego se obtiene un detalle comparativo entre lo que se programa y su duraciòn real.

Este método de programaciòn, es màs que todo comparativo y ejerce un control sobre el desarrollo de la obra, lo cual, en gran parte constituye sus ùnicos atributos.

Como se verà mas adelante, este método sirve para establecer records de avance de la obra (se debe colocar en un lugar visible, para que el personal tenga a mano esta informaciòn), aunque, en si, no contribuye a lograr planificaciones exactas de las obras.

Para construir un diagrama de barras, no solo es necesario que lo elabore un técnico experimentado en esta clase de obras (y que se espere un resultado favorable a todo lo planificado), sino que ademàs debe haber un estudio previo y técnico (CPM y/o

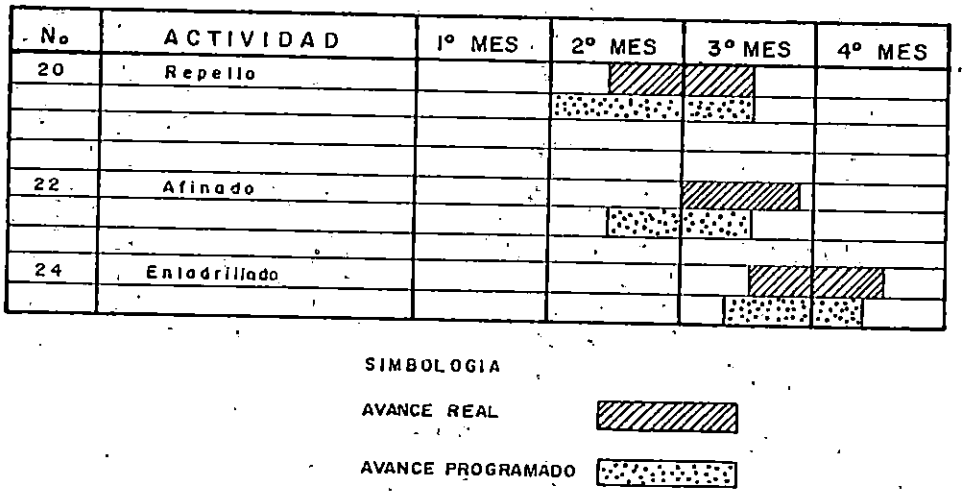


FIG. No. 4.5. CUADRO ESQUEMATICO DE AVANCE FISICO.

PERT), en el que se hayan encontrado las etapas precisas en que se desarrollan las actividades que comprende la obra. Además:

a. En dicho cuadro debe estar claramente indicada la ruta crítica;

b. Las actividades deben ocupar porciones de tiempo a escala;

c. El Diagrama de Barras debe ser obtenido en detalle de la red final (CPM y/o PERT);

d. El programa debe mostrar las fechas de comienzo y terminación de las diversas actividades del proyecto;

e. Debe indicar las partidas en las cuales se traslapan unas con otras y porque cantidad. Las partidas deben quedar terminadas antes de que comienzen otras;

f. Con el fin de comparar la ejecución del trabajo, con respecto a lo programado (real vrs.

teórico), se debe dibujar otra barra abajo de las del programa, que muestre las fechas de comienzo y terminación reales.

El diagrama de la figura No.4.6., es el resultado de la red elaborada en la sección 4.4. y se ha construido así:

a. Se han determinado cuales son las actividades principales del proyecto,

b. Se ha determinado la duración de cada actividad.

c. Se ha representado cada actividad mediante una barra recta cuya longitud está a escala según la duración.

d. Se ha elaborado la lista de actividades; cada actividad corresponde a un renglón de la lista y se ha establecido un orden de ejecución.

e. La escala de tiempos es de "días calendario". Se ha hecho coincidir el origen de la escala con la fecha de iniciación del proyecto.

f. La fecha de terminación es satisfactoria, por lo tanto el diagrama es correcto.

4.6. AJUSTE TIEMPO-COSTO

La duración total del proyecto encontrada por el Método de la Ruta Crítica puede no ser adecuada para la rentabilidad del proyecto, específicamente cuando la duración de cada actividad se ha hecho en base a

FIG. No. 4.6. DIAGRAMA DE GANTT PAR

PROPIETARIO:

FECHA:

18 SEPT/92

	PROCESOS	SE	MARZO	ABRIL	MAYO
1.	Orden de Inicio.				
2.	Terracería I.				
3.	Topografía.				
4.	Instalaciones Provisionales.				
5.	Terracería II.				
6.	Terracería III.				
7.	Obras de Protección I.				
8.	Aguas LLuvias I.				
9.	Cordones y Cunetas.				
10.	Aguas Negras I.				
11.	Unidad Habitacional I.				
12.	Aguas LLuvias II.				
13.	Agua Potable.				
14.	Aguas Negras II.				
15.	Calles I.				
16.	Unidad Habitacional II.				
17.	Aceras y Arriatés.				
18.	Obras de Protección II				
19.	Zonas Verdes.				
20.	Calles II.				
21.	Limpieza.				
22.	Alumbrado Eléctrico.				
23.	Ductos Telefónicos.				

experiencia personal del constructor.

Si se tiene calculada la duración del proyecto y se considera que ésta debe acortarse, puede hacerse un análisis más exacto, aunque más laborioso para encontrar la solución al menor costo.

Si se tiene definido el procedimiento constructivo para una actividad y el número de horas-hombre, se tienen diferentes opciones para la asignación de recursos. Para una cantidad de hombres, la duración será de "X" días; pero si se dobla la cantidad de recursos el costo aumentará y la duración del proyecto disminuirá, manteniéndose constante la cantidad de trabajo y el procedimiento constructivo.

Al ensayar diversas opciones se tendrán valores de costo y tiempo para cada actividad. El mismo análisis puede hacerse con la maquinaria y equipo para un proyecto.

Deben considerarse los factores de eficiencia humana y de equipo, ya que la cantidad de éstos está restringida por las condiciones físicas de la actividad; así no sería eficiente asignar la construcción de una pared a 10 albañiles pues la duración y el costo serían desfavorables.

Los costos directamente asignables a cada actividad se pueden sumar para obtener el costo directo del proyecto. Debido a que la duración del proyecto es la suma de las duraciones de las actividades de la ruta crítica, se ve que los costos directos del proyecto también decrecen al

incrementarse la duraciòn del proyecto. Por el contrario, los costos indirectos se incrementan con el tiempo y la tasa de aumento tiende a variar linealmente. Ver figura No. 4.7.

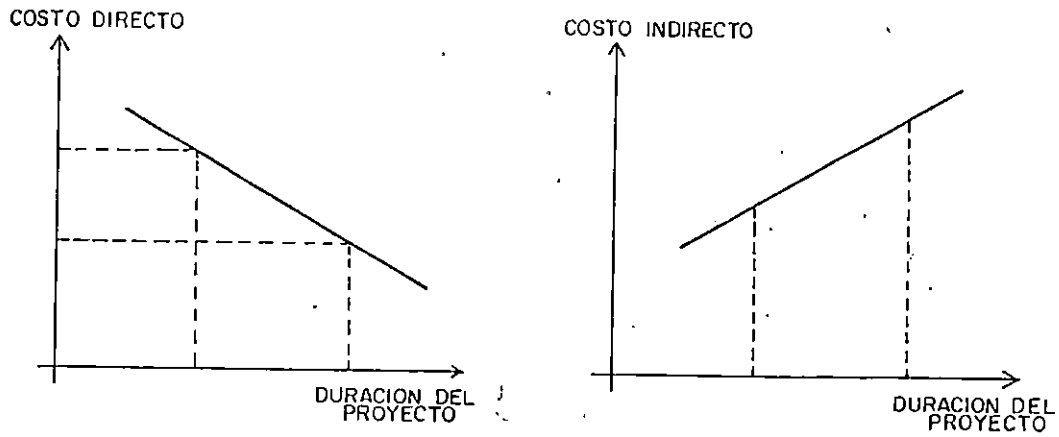


FIG.No.4.7. GRAFICAS DURACION vrs. COSTO.

La suma de los costos directos e indirectos de cualquier duraciòn, da el costo total del proyecto de esa duraciòn. Trazando estos valores para todas las posibles duraciones ensayadas del proyecto, se encuentra la curva de costo total.

Todo constructor pretende realizar un proyecto con el minimo costo total; para lograrlo debe planearse la construcciòn para lograr que el programa dure el tiempo "optimo".

El tiempo òptimo es aquel para el cual el costo es minimo. El costo minimo se encuentra donde las pendientes de las curvas de costos indirectos y de costos directos son iguales; si no se obtiene esta igualdad, el punto

mínimo se encuentra donde la pendiente de costo total cambia de negativa a positiva. Ver figura 4.8.

El procedimiento para realizar el ajuste del tiempo al mínimo costo conocido como Compresión y descompresión de redes, es laborioso y consume mucho tiempo si éste se hace manualmente; sin embargo con el uso de computadoras el análisis resulta ser rápido, sencillo y de gran utilidad al Urbanista.

La realización práctica del ajuste tiempo-costo para el proyecto analizado no se llevó a cabo, por estar fuera de los alcances de este estudio.

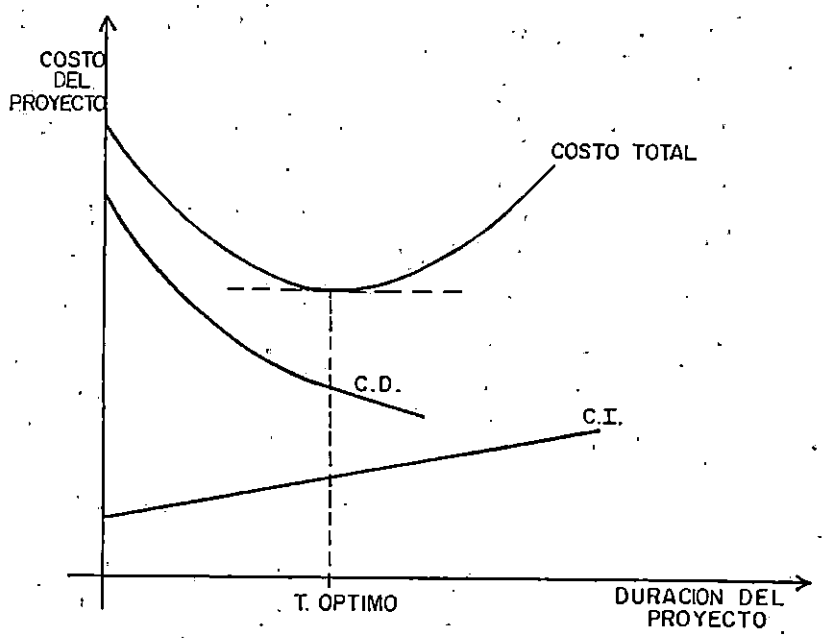


FIG. No. 4.8. AJUSTE TIEMPO-COSTO.

4.7. NIVELACION DE RECURSOS

El factor humano es el recurso más importante en el proceso de ejecución de los proyectos habitacionales, es por lo tanto, necesario realizar una optimización del

recurso humano, previamente a la ejecución del proyecto.

La nivelación de recursos resulta ser de mucha utilidad, debido a que no siempre se dispone de todos los recursos necesarios para llevar a cabo actividades simultáneas, afectando así, la programación; en este caso, provee posibles alternativas para poder distribuir el uso de los recursos en forma balanceada a través del tiempo que dure el proyecto, a fin de minimizar las variaciones del uso de recursos, sin incrementar la duración del proyecto.

Hay varias alternativas de nivelación de recursos:

La nivelación variable: consiste en el establecimiento de una programación ideal que establezca un crecimiento gradual en la utilización de recursos, alcanzando un máximo a mediados o cerca del final del proyecto hasta que la demanda sea nula al final del proyecto.

La Nivelación Fija consiste en seleccionar un número de recursos y programarlos de tal manera que todos estén productivamente utilizados la mayor parte del tiempo. 14/

La nivelación, básicamente se resume en lo siguiente:

Obtener de la programación, las demandas existentes de recurso humano por períodos, clasificándolos por especialización y luego establecer una asignación eficiente del personal requerido. Esta asignación dependerá del tipo de nivelación que se utilice, pero considerando que todo el personal, en sus diferentes especialidades, deberá seguir la misma ley de nivelación.

En el diagrama CPM, para cada actividad se indica la

duración normal y el número de recursos necesarios. A partir de esta red, o del diagrama de Gantt obtenido de la red, se puede calcular el número de hombres, por especialidad de trabajo, para cada período (quincena o mes) de la duración total del proyecto.

Esta información puede gráficarse manualmente o por computador obteniéndose gráficas de hombres-tiempo, que son una excelente representación de la variación que experimenta la demanda de un recurso durante todo el proyecto.

Cuando se tienen diferentes tipos de recursos se requiere de una gráfica para cada especialización, así se muestra en las Figs. No.4.24., 4.25., 4.26. los diagramas para auxiliares, albañiles y topografos.

En casos donde es necesaria la nivelación de un tipo de recurso, el proceso es fácilmente realizado manualmente. Pero en situaciones donde deben nivelarse varios recursos, el proceso se complica porque el balanceo de un tipo de recurso puede producir desbalances en otros; en estos casos, lo más conveniente es usar paquetes de CPM/PERT para resolver la nivelación.

La idea central de la nivelación de recursos es, ayudándonos de las gráficas de recurso-tiempo, reprogramar las actividades dentro de los límites de sus tiempos flotantes (u holguras) a fin de lograr un uso más balanceado del recurso.

Observando la gráfica para obreros, la demanda de

recursos aumenta en la primera fase del proyecto, luego llega a un máximo, que se mantiene constante durante un tiempo y luego comienza a fluctuar deficientemente (exigiendo aumentos y disminuciones de personal). Es necesario por lo tanto, nivelar esta parte de manera que al finalizar el proyecto, la demanda tienda a disminuir hasta llegar a cero. Es aquí donde las holguras de las actividades no críticas llegan a ser útiles. "Moviendo" una actividad no crítica (hacia atrás o hacia adelante) entre sus límites de IMP y TMT, se puede obtener una programación que elimine los procesos de demanda de recursos.

Como ejemplo de Nivelación de Recursos, se tomó una parte del diagrama formado por las actividades de la Fig. No.4.9.

La cadena formada por las actividades: NIVELACION DE RASANTES EN CALLES Y PASAJES (FT=21) y COLOCACION DE MATERIAL SELECTO (FT = 21), tiene un tiempo flotante total de 21 días. Este límite permite adelantar el inicio de una de las actividades hasta en 21 días sin afectar la duración del proyecto. O también al retrasar el inicio de la actividad CONSTRUCCION DE TALUDES, los recursos demandados por ésta serán necesarios en la quincena siguiente eliminándose la variación indeseable que existía y siguiéndose ahora una disminución gradual en la demanda de recursos.

La Fig.No. 4.9. es un diagrama de Gantt de una parte de

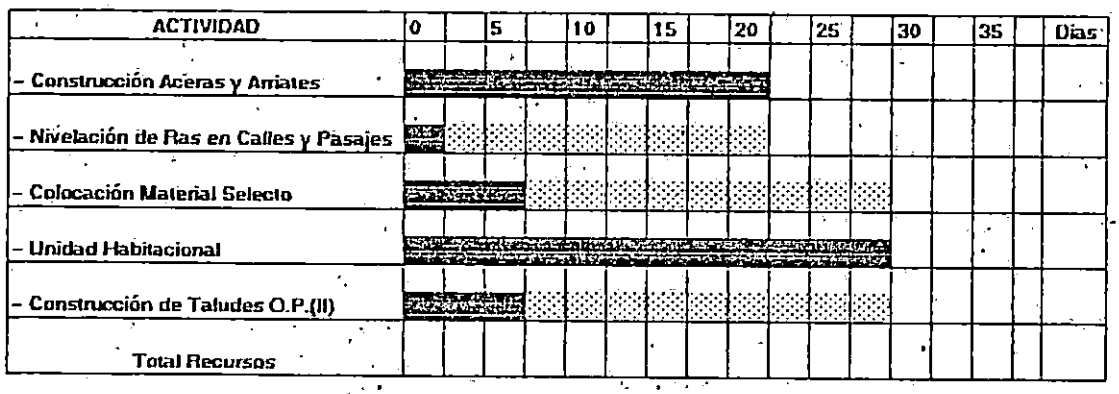
la red, con sus holguras totales y número de recursos. De aquí puede obtenerse que en la primera quincena se necesitan 99 hombres y en la segunda 79. La actividad CONSTRUCCION DE TALUDES tiene una holgura total de 22 días, por lo tanto se retrasa el inicio de esta actividad dentro de este límite, de manera que los recursos demandados ya nivelados quedan así:

Primera quincena = 94 hombres

Segunda quincena = 84 hombres

Si se desea una nivelación más balanceada, ésta puede obtenerse después de varios intentos.

FIGURA No. 4.9. NIVELACION DE RECURSOS



4.8. AVANCE FISICO Y FINANCIERO

Cuadros de trabajo (Ver figuras Nos.4.10. y 4.11) deducidos de los resultados encontrados en el CPM y PERT, se subdividen en:

a. Cuadro de Avance Físico (Fig. No. 4.11)

Este no es más que un diagrama de barras, tal como se explicó en la sección 4.5.; en el cual se van chequeando y verificando la ejecución real y esperada del desarrollo de las actividades que conforman el proyecto.

b. Cuadro de Avance Financiero (Fig. No.4.10.)

Es una combinación del diagrama de barras explicado anteriormente y del cuadro de costos directos (sección 4.3.), debe tomar en cuenta la variabilidad de entregas recibidas para la ejecución del proyecto, lo mismo que la forma en que son distribuidos los costos indirectos y contemplan la amortización del préstamo (cuando existe préstamo para la realización de las obras).

Este cuadro es sumamente interesante en el estudio del proyecto, pues con anterioridad se puede conocer la forma en que variarán los movimientos de dinero, lográndose organizar la forma en que se solicitará el crédito a la Institución Financiera, obteniendo una condición efectiva del dinero prestado, ya que los intereses serán pagados en forma racional y económica.

El programa de financiamiento para este proyecto se ha elaborado tomando en cuenta los ingresos y los egresos distribuidos a lo largo del tiempo y tomando como base el programa de obra, el cual fija los lapsos de realización de cada actividad y el tiempo

en que deben adquirirse los materiales y equipos.

El plazo total se ha dividido en periodos mensuales a fin de obtener el costo total incurrido en cada mes.

Estos son en síntesis los diagramas que sirven para la aplicación directa al trabajo de campo, son los que deben seguirse minuciosamente, porque se adaptan fácilmente. Es oportuno mencionar que el encargado de la obra debe llevar un informe diario, donde, remitirá a la sección técnica central, la forma en que él observa el funcionamiento de los diagramas que le han entregado de acuerdo al avance físico y financiero y que él está sujeto a mantener en la forma más apegada posible.

Para el desarrollo del proyecto urbanístico en estudio (Capitulo 3, sección 3.3), se ha establecido la forma teórica de ejecución, debido a que no se cuenta con datos reales del avance de la obra.

Cabe mencionar las ventajas que el correcto seguimiento que se le dé a estos diagramas, trae consigo:

a. Obtener un menor índice de variabilidad del tiempo.

b. Obtener un menor índice de variabilidad del costo,

c. Obtener un mayor índice de eficiencia del proyecto

d. Liquidar el proyecto en el tiempo establecido

(Comercialización)

e. Liquidar el crédito sin dificultades ante las Instituciones Financieras involucradas.

"Si se van comparando los costos estimados con los reales, a medida que finaliza cada actividad, la planeación del financiamiento se vuelve más exacta, y podrá ajustarse conforme el trabajo avanza.

Desglosando los costos directos (Sección 4.3.) en los derivados de la mano de obra, materiales, equipo, etc., para cada actividad, se podrá analizar rápidamente el costo real de cada operación terminada y compararse con el estimado correspondiente, a medida que se revisa periódicamente el avance físico, y notificar al departamento de estimaciones, acerca de todas las variaciones importantes en el costo de ejecución." 15/

4.9 CONTROL DEL PROYECTO

El control del proyecto es un proceso activo que emplean los constructores estén o no utilizando una técnica de redes.

El control de un proyecto es la tercera fase de un sistema de redes de Ruta Crítica, y que como se mencionó en la sección 2.6 incluye las funciones de Vigilancia y Actualización que trataremos más detalladamente en esta sección.

La fase de control permite el registro de todas las decisiones reales que se hicieron durante el curso de la

construcción.

Como en cualquier sistema, el control se debe basar en algún concepto o plan original. Debe haber una norma con respecto a la que se puedan evaluar los cambios, por lo que designaremos a dicha norma como "programa objetivo principal.6/

ESTABLECIMIENTO DEL PROGRAMA OBJETIVO

Probablemente ningún factor rige en mayor grado la calidad del plan de control del proyecto, que el cuidado que se pone en la elección del programa objetivo. Las elecciones casuales o arbitrarias originan condiciones caóticas de control y gastos indebidos en el proceso. Por otra parte los programas objetivo bien estructurados hacen que las operaciones de construcción sean más ligeras y producen ahorros verdaderos para el propietario del proyecto.

La dinámica del procedimiento de construcción fuerza a los ingenieros de campo tomar decisiones sobre el orden de ejecución de las actividades del proyecto. Aunque tengan redes bien trazadas, entre las actividades paralelas habrá competencia por la mano de obra, equipo y material. En un día cualquiera, algunas actividades deben continuar su ejecución, algunas terminarán y algunas otras empezarán. El problema que se debe resolver es cuáles continuarán, cuáles terminarán y cuáles iniciarán.

En los programas objetivo bien desarrollados, las actividades se colocarán de tal manera que cada una pueda

comenzar en su fecha temprana o en su fecha tardía o en alguan fecha intermedia. Las actividades no criticas tienen cantidades variables de tiempo de holgura disponible que permiten estos inicios intermedios. Por supuesto las actividades criticas tienen fechas tempranas y tardías comunes de inicio y se deben ejecutar conforme a ellas.

Al desarrollar un programa objetivo, el planeador empieza con la red de inicio temprano y analiza y evalúa criticamente cada actividad. Se analizan con cuidado las interacciones entre las actividades individuales y las cadenas paralelas de actividades, y se consideran en especial los diversos factores antes de establecer fianalmente la fechas de inicio de las actividades.

Se deben reevaluar los tiempos de duración de las actividades del programa de inicio temprano y se deben comprobar las secuencias lógicas. El control del proyecto puede ser verdaderamente eficaz sólo si los problemas potenciales y las demoras de las actividades se prevén antes de establecer el programa objetivo.

Las demoras de las actividades pueden ser originadas por muchos factores aislados o combinados. Entre los más frecuentes se encuentran las condiciones climatológicas inesperadas, condiciones de cimentación inesperadas, estimaciones que llevan mucho tiempo, disponibilidad deficiente de recursos, ejecución inadecuada del trabajo y control administrativo deficiente.

Con frecuencia, las duraciones, de las actividades iniciales pueden resultar inadecuadas. Los métodos se tienen que cambiar, se tienen que encontrar los errores de criterio, o quizà se deben elegir otros subcontratistas en vez de los que se eligieron inicialmente. Para asegurar la exactitud del programa, se tiene que hacer una revisiòn completa de las duraciones de las actividades.

Un conjunto determinante de factores que es causa potencial de demoras, comprende las condiciones relacionadas con la contrataciòn de personal. Se deben analizar los conceptos generales y detallados de utilizaciòn de mano de obra para el proyecto. Algunos proyectos requeriràn un nivel uniforme de fuerza de trabajo, mientras que otros requeriràn una fuerza de trabajo que aumente con el tiempo un màximo y luego disminuya, como en el caso general de las urbanizaciones.

La mayoria de los constructores vigila el flujo de efectivo necesario durante la construcciòn real de la obra. El flujo de efectivo depende de la disponibilidad del dinero a través de préstamos al contratista y el pago de intereses correspondientes.

Aunque no todas las actividades requieren la misma cantidad de control, las que tienen mayor problema potencial se deben controlar màs cuidadosamente. Con frecuencia el proyecto se demora porque no se ha ejercido el debido control. Las actividades criticas son

especialmente vulnerables y en su revisión se deben tratar de evaluar su sensibilidad, para el plan de control anticipado. Si las actividades son potencialmente problemáticas, puede ser necesario cambiar la lógica de la red.

El programa objetivo refleja entonces la probable secuencia de construcción y origina un control de alta calidad a través del proceso de vigilancia. 6/

4.9.1 VIGILANCIA DEL PROYECTO

El programador debe vigilar los diversos "instrumentos" para medir el avance de la obra para determinar si el proyecto ha ido obedeciendo al programa planeado. Estos "instrumentos" son las demoras de entrega, las demoras de tiempo, los informes escritos, etc.

A medida que avanza el proyecto, requiere que la vigilancia prevea la forma de obtener retroalimentación del campo y de otras fuentes como el contador, el ingeniero residente y el maestro de obra. Existen varios tipos de retroalimentación:

Retroalimentación por Contacto Directo

El ingeniero residente puede obtener retroalimentación del campo mediante contacto y observación directos. Este procedimiento puede ser muy eficiente tanto en tiempo como en esfuerzo,

pero requiere de colaboración entre el ingeniero residente y el personal de campo.

Retroalimentación mediante fotografías

Los constructores tanto grandes como pequeños, han usado la fotografía durante muchos años para registrar el avance y proporcionar la documentación permanente de la obra. Las fotografías tomadas con esos propósitos se pueden utilizar para determinar aproximadamente la terminación del proyecto mediante una comparación de las secuencias fotográficas.6/ (Ver Anexo No. 2.)

Una desventaja de la fotografía fija para todos los proyectos es que en ésta no se expresa nada acerca del tiempo que tomó la ejecución de las actividades de la obra. Debido a su alto costo, no son útiles para mostrar el avance de toda la obra pero pueden ser eficaces para registrar las operaciones por partes.

Retroalimentación a partir de listas de revisión

Muchos constructores han adoptado técnicas de revisión para obtener información de retroalimentación más exacta. Las listas de revisión son efectivas para obtener información de campo. Esto es cierto si los períodos de información son cortos, por ejemplo, diarios o semanales. También son eficaces cuando la lista

comprende un número pequeño de partidas. Los periodos largos de información son causa de considerables inexactitudes en la información; por lo tanto deben evitarse.

Mediante las listas de actividades muy extensas se puede obtener una información muy deficiente.

Retroalimentación mediante diagramas de barras

Este procedimiento esta estrechamente relacionado con las listas de revisión. Al principio del periodo se envía al campo una copia del diagrama del proyecto. El personal de la obra marca directamente en la copia la obra terminada durante el periodo de reporte. Luego, este diagrama de barras marcado regresa al programador.

Este procedimiento es efectivo para pequeños intervalos de información. Sin embargo el diagrama de barras puede contener demasiadas actividades, lo cual es una gran desventaja. Tiene la ventaja de permitir al ingeniero residente decidir sobre las actividades que se van empezar porque el diagrama de barras preparado en base al programa CPM contendrá probablemente las holguras de las actividades.6/

Retroalimentación mediante redes

Otra técnica, consiste en usar la misma red objetivo; se proporciona una copia del diagrama de la red global al personal de campo, luego, en esta

copia se marca lo que se ha hecho en el período de control. A la copia se agregan anotaciones de eventos poco comunes, además de las actividades afectadas, antes de regresarla al programador.6/

En proyectos grandes, como en urbanizaciones, será más conveniente reproducir las subredes que se preparan por área y especialidades.

La mayor ventaja de usar redes como medio de obtener información es que el ingeniero residente tiene información completa acerca del estado del proyecto y se pueden tomar buenas decisiones de campo. La mayor desventaja es que el diagrama puede parecerle confuso al personal de campo.6/

EVALUACION Y PRONOSTICO

Una vez recibida la retroalimentación del campo el programador debe evaluar los datos y decidir qué se debe hacer para mantener el tiempo de duración objetivo. En este punto es muy importante la capacidad que tenga el programador para tomar decisiones que permitan lograr el éxito en los puntos principales de la obra.

El proceso de evaluación empieza comúnmente elaborando las tablas usuales del programa con la información obtenida de la retroalimentación. Es muy probable que lo primero que mira el programador sean las tablas preparadas en la

oficina; las examina para ver las secuencias demoradas y comparar las nuevas fechas de inicio y terminación con las que fueron planeadas, quedando claro donde pueden haber dificultades.

Los planeadores capaces pueden revisar estos programas y hacer rápidamente las correcciones adecuadas.6/

Presentaciones de Diagramas de Barras

Una de las presentaciones que más se usan para la evaluación es el diagrama de barras. La información de retroalimentación se puede agregar a una copia del diagrama y se obtiene rápidamente una comparación visual evidente en la que se pueden ver los efectos de varias posibles decisiones. Se terminan los ajustes y se elabora un nuevo diagrama de barras pra utilizarlo en el campo.

Gráficas de Curvas S

Una de las presentaciones gráficas que más se usan para proyectos de control, es la curva S. Una gráfica de tiempo-costo tiene la forma de la letra S un poco alargada; de ahí su nombre.

En muchos proyectos pequeños la curva S principal se puede preveer mediante una técnica dada por Lawrence C. Miller. El propone dos puntos de control, uno a una tercera parte del tiempo y una cuarta parte del costo, y otro a dos terceras

partes del tiempo y tres cuartas partes del costo. Entre estos puntos, se supone que el desembolso de los costos variarà linealmente. Se supone que entre el inicio del proyecto y el primer punto la curva es parabòlica. Los mismo que entre el segundo punto y la terminaciòn del proyecto. Figura No.4.12.

Este procedimiento tambièn se puede usar para establecer la curva S para proyectos mayores, sobre todo en aquellos con presupuestos de control limitados.

Los programas objetivos se pueden elegir con todas las actividades iniciàndose tan pronto como sea posible, o con todas las actividades iniciàndose tan tarde como sea posible, o con las actividades iniciàndose en tiempos intermedios. En cada caso se puede trazar una curva S. Figura No.4.13.

Para un proyecto con duraciones de actividades y lògica de red determinadas, la curva S derivada del programa de inicio temprano se puede considerar como un limite del campo de las curvas S. La curva derivada del programa de inicio tardio constituye el otro limite del campo, y todos los demàs programas producen curvas S que quedan entre las otras dos, siendo el programa màs satisfactorio para propòsitos de control el representado por una de esas curvas intermedias.6/

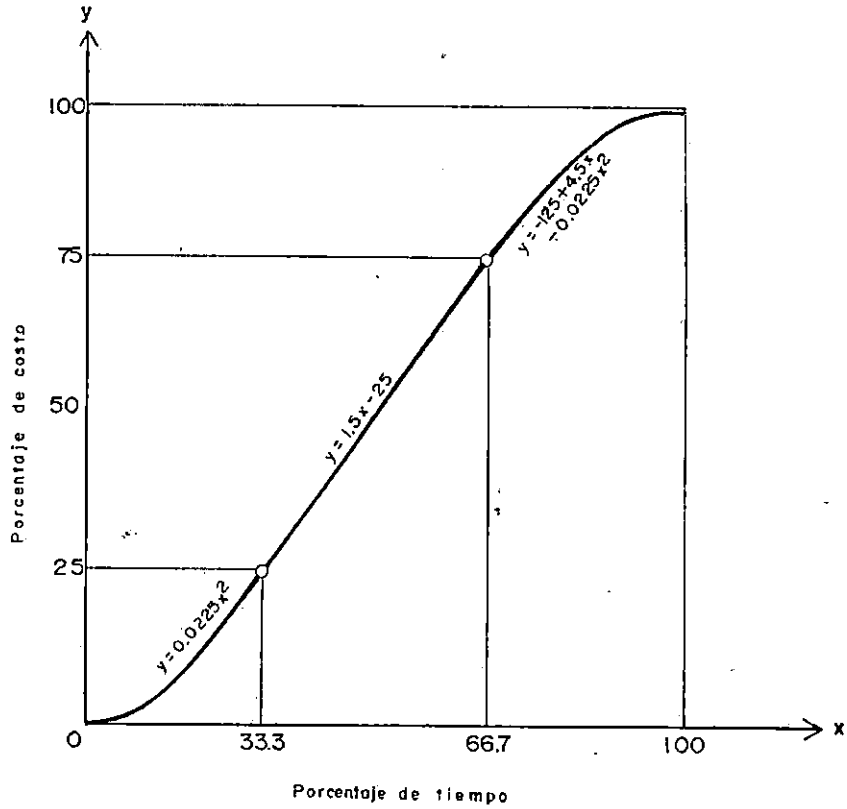


FIG. No 4.12 CURVA S OBJETIVO ANTICIPADO.

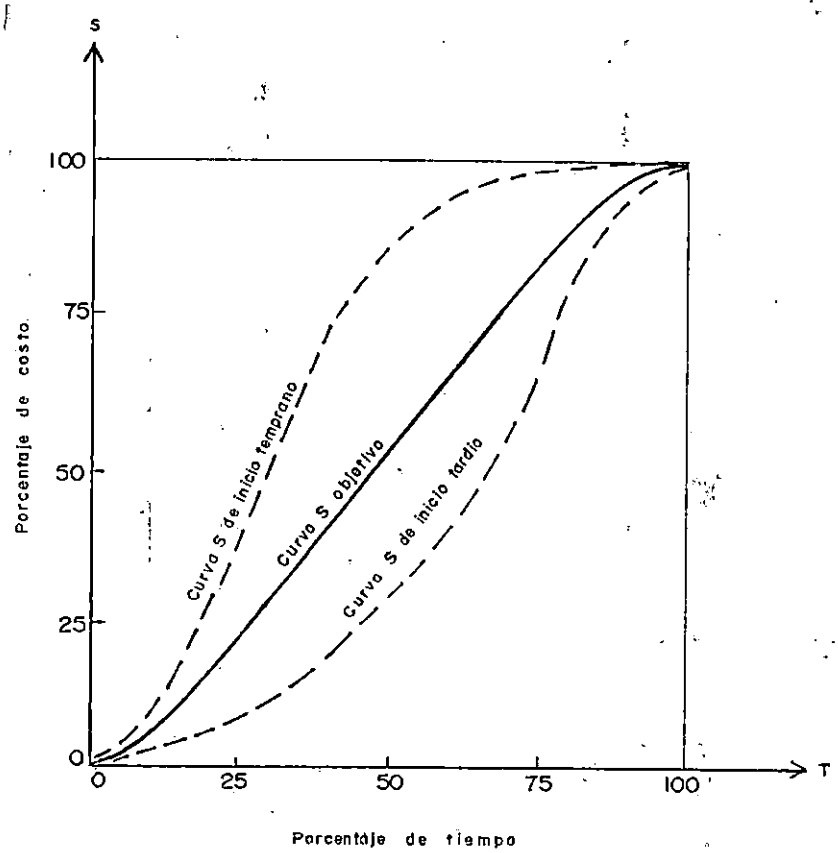


FIG. No 4.13 CAMPO DE CURVA S.

4.9.2. ACTUALIZACION

Este proceso comprende la corrección de los planes para lograr los objetivos económicos generales del proyecto, que están comprendidos dentro de los presupuestos de tiempo y costo y consiste en planear y programar el trabajo restante después de que ha transcurrido un intervalo.

La actualización es un proceso costoso que toma mucho tiempo, los beneficios que aporta a la empresa se pueden valorar en función del costo que implicó. La decisión de actualizar el proyecto no se debe tomar de manera arbitraria. No se puede usar al máximo la ruta crítica como instrumento administrativo.

Al avanzar la revisión, eventos imprevistos ajenos al constructor causan demoras en el programa que deben ser superadas. Algunos problemas se resolverán de inmediato, pero otros afectarán permanentemente el plan objetivo; para solucionarlos se deben hacer grandes cambios en la red y el programa objetivo. La corrección de estos errores puede implicar una demora significativa en la duración del proyecto.

A medida que avanza el proyecto, se acumulan las demoras de aprovisionamiento; al comenzar a afectar la Ruta Crítica, es más factible qu haya una demora en la ejecución del proyecto, estas

demoras por actividade de aprovisionamiento constituyen uno de los problemas màs dificiles de resolver.

Algunos constructores mencionan estos problemas como una razòn para no usar el método de ruta critica para el control del proyecto. Esta es una actitud equivocada, porque es precisamente por estos problemas que las empresas se benefician màs por el CPM/PERT durante la fase de actualizaciòn.

Amenazas de huelga, accidentes y cambios sùbitos en la disponibilidad de mano de obra son problemas que casi siempre se pueden resolver reprogramando la obra.

Mediante la actualizaciòn jamàs se podràn recuperar éstas pérdidas, pero si se puede reducir su efecto.

Aunque las demoras por aprovisionamiento, las dificultades laborales y los accidentes se consideran como parte de los problemas acumulativos que requieren actualizaciòn, hay otros que se presentan con menos frecuencia y que también se deben resolver. Las indulgencias del clima desaparecen y las tormentas fuertes inundan las excavaciones, dañan colados de concreto recientes, etc. Las repentinas enfermedades de personal clave causan demoras debido a los huecos que se producen en la informaciòn sobre el

trabajo. 6/

Para ejemplificar el proceso de actualizacion, tomaremos como ejemplo la cadena 80-95-120-125-135-145 del diagrama de precedencias, que es la parte de la Etapa I de Aguas Negras. Fig.No.4.14. Vamos a suponer que en esta parte, ya el proyecto tiene una atraso de dos dias y que los problemas acumulados son los siguientes:

1. El proveedor de cemento de la obra, ha dicho que hay una huelga en la planta procesadora, por lo que no hay cemento en el mercado, por lo que habrà un retraso en la entrega de éste de cuatro dias, afectando la colocaciòn de tuberia y construcciòn de pozos.

2. La excavaciòn de zanjas en realidad se llevo 13.5 dias, pero ya esta terminada.

El planeador empieza a analizar haciendo los cambios de tiempo necesarios para las demoras de aprovisionamiento; haciendo los càlculos para determinar nuevos tiempos de programa para las actividades restantes.

Para evitar confusiones, algunas veces serà necesario hacer un dibujo nuevo de la red fig.No.4.15. El "atraso 1" de 2 dias se ha introducido como actividad-evento 78 con duraciòn igual a cero; asi como el "atraso 2" como actividad evento No.97 con duraciòn igual a 4

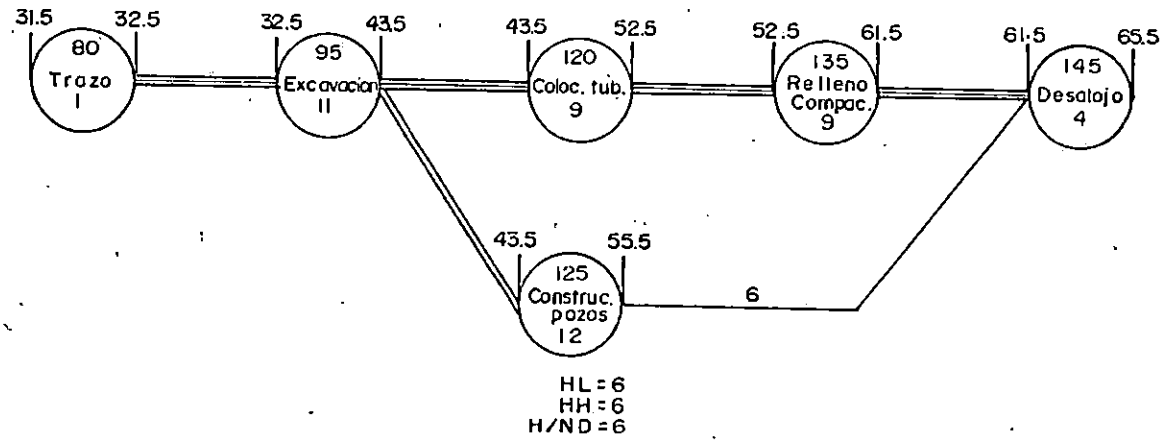
días.

Los cálculos aparecen en el diagrama y se puede ver que la terminación de la Etapa I de A.NN. es ahora de 40.5 días calendario, o sea, 8.5 días más de su duración planeada originalmente. En este caso la ruta crítica sigue siendo la misma. Después de revisar la situación junto con el ingeniero residente, se estará de acuerdo en que la colocación de la tubería se puede apresurar si se asignan más hombres -albañiles y auxiliares- a esta tarea. Esto cambia la duración de la actividad 120 a 6.5 días y acortará la Etapa en 2.5 días.

Después de analizarlo más ampliamente, se toma la decisión de ir rellenando las zanjas de las tuberías, una vez se terminen de colocar éstas en los primeros tramos, por lo que se dividirá en dos las actividades 120 y 135 como se muestra en la fig.No.4.16.; disminuyendo así la actividad 135 en 6 días al asignarle también más hombres.

En la fig.No.4.16. se muestra la red actualizada donde aparecen los ajustes anteriores. La duración de la Etapa I de A.NN. ahora es de 35 días o sea 1 día más que la originalmente proyectada. Dos días más no causará problemas serios y se aprueba el programa como el nuevo objetivo.

FIG. No. 4.14. DIAGRAMA ORIGINAL. AGUAS NEGRAS ETAPA I.



4.10. APLICACION DE LA PROGRAMACION COMPUTARIZADA

4.10.1. INTRODUCCION AL HARVARD TOTAL PROJECT MANAGER (HTPM)

Para realizar la programaciòn computarizada, es necesario proporcionar algunas indicaciones bàsicas sobre como utilizar eficientemente el paquete HTPM, al cual se utilizarà como ejemplo.

Este paquete es un conjunto completo de herramientas para administrar proyectos o cualquier proceso que pueda ser visto como tal.

La programaciòn de la ejecuciòn de un proyecto, consiste en asignar recursos a las actividades planificadas (mano de obra, tiempo, dinero, equipo, etc.). Deber hacerse utilizando datos y alternativas de un anàlisis tècnico: tamaño, localizaciòn, tecnologia y costos, para obtener una evaluaciòn confiable del proyecto.

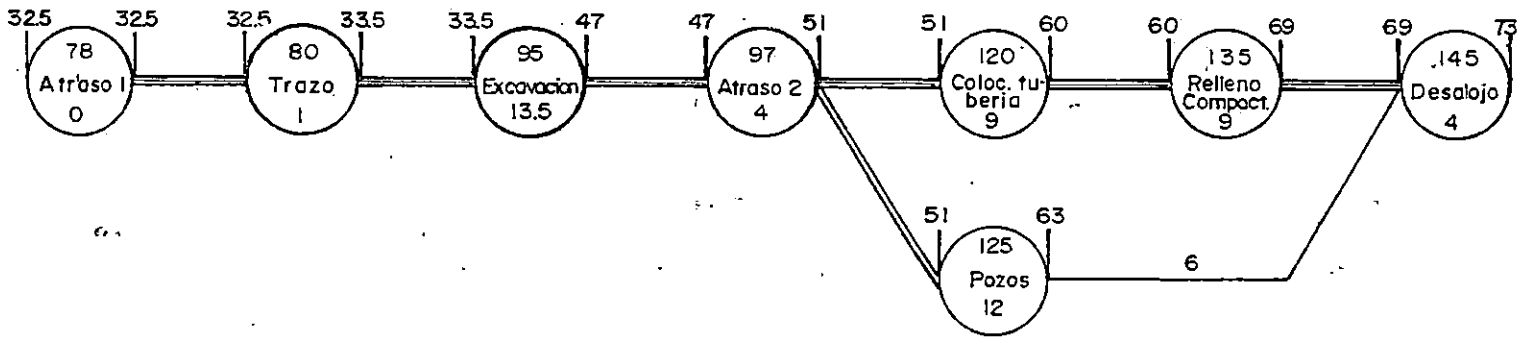


FIG. No 4.15 ANALISIS DE ACTUALIZACION. AGUAS NEGRAS ETAPA I.

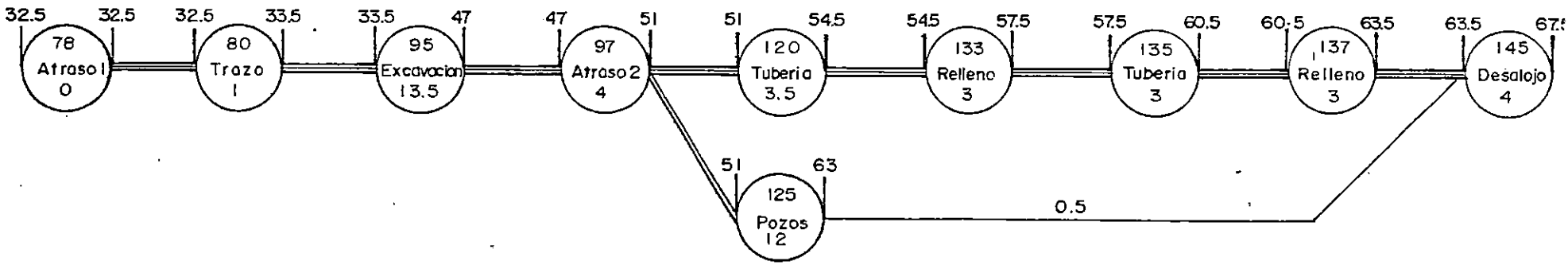


FIG. No 4.16 -RED ACTUALIZADA. AGUAS NEGRAS ETAPA I.

4.10.2. UTILIZACION DEL PROYECTO

Una vez accesado el paquete de el Harvard Total Project Manager, obtenemos el **MENU PRINCIPAL**, el cual nos presenta las siguientes subrutinas:

PROJECT

RESOURCE

TUTORIAL

CALENDAR

REPORT

ACCESS

QUIT

PROJECT:

Es la parte del programa que sirve para estructurar bàsicamente un proyecto determinado, el cual también se divide en subrutinas, las que nos sirven para adicionar un nuevo proyecto; editar la ficha del programa en uso; también borra un programa determinado; recupera un programa almacenado en la memoria, asi como un programa de trabajo en la memoria del computador y grabarlo para posteriores usos, como control de obra o cambios a la programación en si.

En ésta parte se presentan las etapas màs importantes que son:

Roadmap: Presenta la red (diagrama de flechas) del proyecto que se està editando, està a su vez se divide en:

Find: Encuentra un evento (Nodo) o actividad de la red.

Add: Adiciona una actividad o evento de la red.

Edit: Edita la ficha del evento o actividad a evaluar.

Resource: Incorpora a la actividad el listado de recursos a utilizar en la misma.

Extract: Define un subproyecto.

Zoom: Presenta la red en forma compacta para mejor visualización de la misma.

Move: Cambia de posición el inicio el inicio o final de un evento o actividad dentro de la red.

Tags: Sirve para presentar en la red, detalles de cálculos del programa (tiempos tempranos, tiempos tardios, costos, holguras, etc.)

COST: Presenta los diagramas de costos por unidad de tiempo y acumulados del respectivo proyecto.

SCHEDULE: Presenta el diagrama de barras el cual muestra eventos, actividades, holguras y ruta crítica, y se divide en:

Arrange: Selecciona los items del programa a ser mostrados en él.

Displays. Muestra el diagrama en todas las actividades que existen en él.

Choose. Selecciona las actividades a ser mostradas en el programa.

Sort by. Permite ver las actividades o

eventos en el orden de la selección especificada.

Find: Busca una actividad o evento por su nombre.

Resource: Incorpora a la actividad el listado de recursos a utilizar en la misma.

Edit: Edita la ficha del evento o de la actividad a evaluar.

Format: Especifica formas de presentación del diagrama en la pantalla o en la impresora.

Left Margin. Amplia o reduce margen izquierdo.

Scale Unit. Medida a utilizar en la escala de tiempo (mes, día, quincena, año,etc.)

Width. Amplia o reduce el ancho de los nombres de las actividades.

Clear: Borra por separado la información que se ha incorporado a cada actividad.

Dates. Borra los datos de duraciones actuales, planeadas, holguras.

Contraints. Borra todos los eventos antes y después de un lapso de tiempo.

Resource. Borra todas las localizaciones de los recursos de las actividades de donde éstos están ubicados.

Cost. Borra los datos de costos planeados o actuales.

All. Borra todos los datos de eventos,

recursos, costos, duraciones planeados y actuales.

Baseline: Activa y desactiva la barra de tiempos tempranos de inicio de las actividades en el diagrama de barras. (ON,OFF).

Set: Coloca el inicio temprano de cada actividad o evento en la barra de (o linea) tiempos tempranos.

RESOURCES

Esta es una de las etapas de la programaciòn màs importantes ya que de acà, dependerà cada una de las divisiones del personal para asignarlo a las actividades colocadas en el diagrama de flechas. A continuaciòn se presenta cada una de las partes de los recursos:

Allocations: Examina la localizaciòn de los recursos y muestra una gràfica de localizaciones.

Loading: Verifica que determinado recurso ha sido grabado en el respectivo archivo y muestra una gràfica de recursos vrs. tiempo màs la optimizaciòn de recursos en una determinada etapa.

Add: Crea un nuevo recurso.

Edit: Cambia y/o examina los datos de un recurso determinado.

Delete: Borra determinado recurso.

TUTORIAL.

El paquete posee un "tutor" el cual nos guia y

muestra el manejo del paquete HTPM, mediante un ejemplo de cada una de las partes de éste, a través del uso de las rutinas y menûsa de impresión. Presenta las formas siguientes:

FORMAS

Introducción al HTPM

Trabajando en HTPM

Usando Vantanas en HTPM

Vocabulario del HTPM

Haciendo una lista de Recursos

Haciendo un Calendario

Iniciando un proyecto

Creando un proyecto

Localizando recursos

Diagramando y ajustando

Imprimiendo reportes

Controlando un proyecto.

Quit

CALENDAR

Es la parte del programa, por medio de la cual se elaboran calendarios que serán utilizados en la programación de un proyecto, en los cuales se incluyen los días feriados, vacaciones, etc.; dentro de la cual podemos crear, tomar, editar, visualizar, grabar, borrar y copiar un calendario para ser utilizado en un programa específico.

Get: Obtiene un calendario editado con

anterioridad.

Wallchart: Presenta el calendario editado en forma de cartel (Holiday, Workday, Find, Edit).

Edit: Presenta la hoja de datos del calendario que se está utilizando.

Add: Adiciona un nuevo calendario al listado de calendarios.

Save: Graba el calendario editado o reformado

Delete: Borra un calendario que ya no se utilizará

Copy: Hace un duplicado de un calendario al cual se le quieren hacer modificaciones sin alterar el original.

REPORT

La parte del programa en la cual se pueden imprimir los resultados del proyecto. Se llama REPORT, por medio de la cual podemos enviar a impresión los distintos resultados de las formas y Menús.

Print: Envia al impresor el reporte seleccionado (Stop, Pause, Cancel).

Edit: Edita la ficha con los datos del programa a imprimir.

File: Envia un reporte a un archivo de disco para que posteriormente sean impresos.

Dif: Envia los reportes a programas de hojas de cálculo.

Printer Form: Detalla el "puerto serial" al cual

será enviada la información para ser impresa, selecciona el tipo y modelo de impresora al cual será enviado el imforme (Text, Graphic).

ACCESS

Envia los datos obtenidos de la corrida del programa a otra unidad de disco y otro subdirectorio especificado en esta parte.

QUIT

Abandona el programa.

4.10.3. ANALISIS DE TIEMPO

En HTPM puede hacerse el anàlisis de tiempo, de las siguiente formas:

a. Adicionando a las actividades y eventos, a partir del inicio, los tiempos màs tempranos para cada uno de éstos y la fecha de inicio del proyecto.

b. Adicionando a todas las actividades, duraciones hacia atràs, a partir del último evento el tiempo màs tardio y especificando solamente la fecha de finalización del proyecto.

c. La holgura del proyecto será la diferencia entre el tiempo de inicio màs tardio de finalización del proyecto y el tiempo de inicio màs temprano.

d. La holgura de la actividad será la diferencia entre el tiempo de inicio màs tardio y el tiempo

de inicio más temprano de cada evento.

4.10.4. TRABAJO EJECUTADO

El HTPM calcula el trabajo ejecutado para sumar junto al producto de cada duración planificada de cada actividad y su porcentaje completo, divide el resultado por la suma de todas las actividades.

4.10.5. ANALISIS DE COSTOS

El HTPM calcula el costo planeado de todos los recursos, como costo por unidad de tiempo por cantidad por duración planificada.

El HTPM calcula el costo actual de un recurso asignando a una actividad, costo por unidad de tiempo por cantidad por la duración actual.

El costo total para una actividad, es la suma del costo planeado de los recursos y otros costos planeados para la actividad.

El HTPM muestra los costos por unidad de tiempo o acumulados en las gráficas de costos.

4.10.6. ANALISIS EN LA ASIGNACION DE RECURSOS

El HTPM muestra con un asterisco en la ficha de asignación de recursos para cada actividad cuando uno de éstos ha sido sobreutilizado, lo que nos indica la necesidad de una mayor cantidad de dichos recursos.

4.10.7. APLICACION DEL HTPM AL PROYECTO URBANISTICO EN ESTUDIO.

El primer paso para una buena en programaciòn, es la obtenciòn de las herramientas necesarias, tales como la lista de actividades, sus precedencias, duraciones, recursos a emplear, calendario elaborado, costos unitarios, etc. Sin lo cual no tendria forma ni razòn de ser la programaciòn.

Por lo que se dan los lineamientos generales par la elaboraciòn de un buen programa:

PASO 1. Elaboraciòn del Calendario

Tarea en la cual tenemos que marcar dentro del calendario general, los dias en que no se trabaja, como fines de semana, vacaciones, dias feriados, etc. (Ver Figura No. 4.18)

PASO 2. Creaciòn de los distintos recursos a utilizar tales como: Auxiliares, Albañiles, Carpinteros, Electricistas, Topògrafos, etc., con sus respectivos salarios, tiempo dedicado al proyecto. (Ver Tabla No. 4.7. y 4.8.)

PASO 3. Creaciòn de un nuevo proyecto dentro del programa al cual se le asignarà còdigo, tiempo de inicio, tiempo de finalizaciòn, unidad de tiempo a considerar ya sean dias trabajados o dias calendario, holgura minima, responsable, costo planeado del proyecto, etc.

PASO 4. Luego se llama el diagrama de flechas, por medio

del cual se introduce la información de un proyecto, realizando el acceso de todas las actividades y eventos (Nodos), ubicándolos en éste de acuerdo a las precedencias, introduciendo a la vez en las fichas de cada actividad o evento, los datos de código, nombre, duración, costo planeado, responsable, recursos, etc. (Ver tabla No. 4.9. y 4.10.)

PASO 5. Archivar la información.

Cuando se digita la información sobre el calendario, las actividades, costos, recursos; ésta se conserva en la memoria principal de la computadora. Sin embargo, el objetivo del paquete es permitir una disposición de datos en cualquier momento en que se necesiten, y de esta forma poder consultar como se planificaron las actividades del proyecto, para luego hacer las comparaciones y modificaciones necesarias a medida que transcurre el proyecto. Por lo que se hace necesario grabar con la opción SAVE, el proyecto.

PASO 6. Ajuste y Manejo de la Programación.

De una u otra forma al finalizar el programa se detectan errores, los cuales hay que corregirlos y se hace moviendo los inicios o finales de las actividades en el diagrama de flechas, también editando las fichas de cada actividad, regulando costos, tiempo y/o recursos, para optimizar.

Luego se hace necesario revisar el diagrama de barras, diagrama de costos y de recursos, por posibles errores de programaciòn.

PASO 7. Impresiòn de los Informes.

Luego, es necesario la creaciòn de reportes del programa elaborado, tales como:

Diagrama de Barras (Figura No. 4.19.)

Diagrama de Flechas (Figura No. 4.20. y 4.21.)

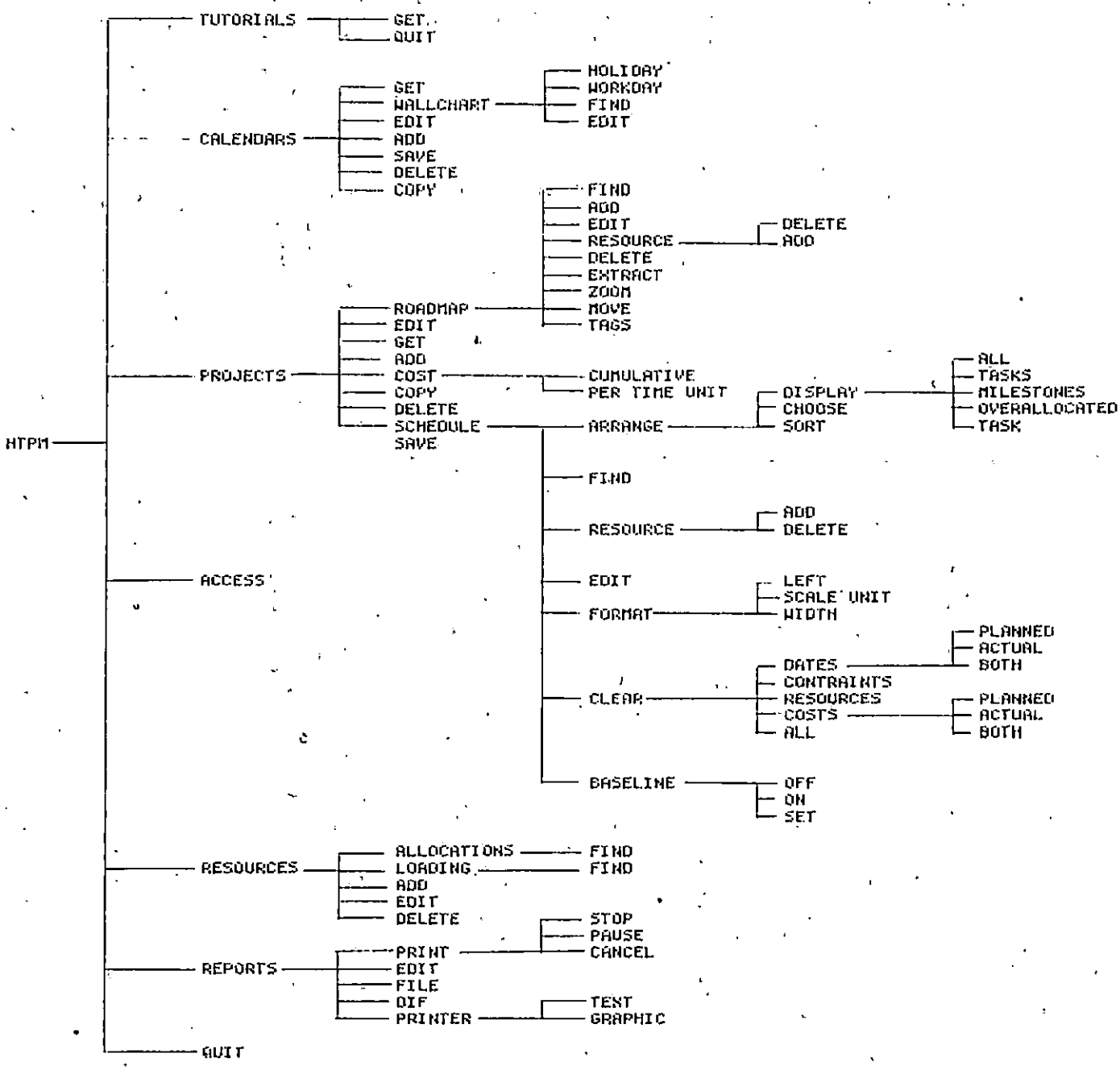
Diagrama de costos por unidad de tiempo (Figura No.4.22.)

Diagrama de Costos Acumulados (Figura No. 4.23.)

Diagramas de Recursos (Figura No. 4.24., 4.25. y 4.26.)

Estos son necesarios para informes, reportes y/o anàlisis propios que realiza cada empresa constructora.

FIGURA No. 4.17. ARBOL DE COMANDOS Y COMANDOS DEL HTPM



GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONST.DE URBANIZACIONES

Calendar: STANDARD 26-May-1992 Page 1

1990

January						
S	M	T	W	T	F	S
	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			

February						
S	M	T	W	T	F	S
				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			

March						
S	M	T	W	T	F	S
				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

April						
S	M	T	W	T	F	S
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					

May						
S	M	T	W	T	F	S
		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		

June						
S	M	T	W	T	F	S
					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

July						
S	M	T	W	T	F	S
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				

August						
S	M	T	W	T	F	S
			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	

September						
S	M	T	W	T	F	S
						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						

October						
S	M	T	W	T	F	S
	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			

November						
S	M	T	W	T	F	S
				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	

December						
S	M	T	W	T	F	S
						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					

1991

January						
S	M	T	W	T	F	S
		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		

February						
S	M	T	W	T	F	S
					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		

March						
S	M	T	W	T	F	S
					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						

April						
S	M	T	W	T	F	S
	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				

May						
S	M	T	W	T	F	S
			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	

June						
S	M	T	W	T	F	S
						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						

July						
S	M	T	W	T	F	S

August						
S	M	T	W	T	F	S

September						
S	M	T	W	T	F	S

FIGURA No. 4.18. CALENDARIO STANDARD

TABLA No. 4.7. CREACION DE LA LISTA DE RECURSOS. HTPM.

GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONST.DE URBANIZACIO

26-May-1992

Name	Responsible	Code Description	Quantity	Time Unit	Unit Cost
AUX		AUXILIAR	1.00	Days	28.07
OBR		OBRERO	1.00	Days	34.07
TOP		TOPOGRAFO	1.00	Days	50.00

TABLA No. 4.8. LISTA DE RECURSOS POR PROYECTO

GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONST.DE URBANIZACIONES

26-May-1992

Project Name	Task Name	Start	Finish	Resource	Quantity	Planned Duration Planned Cost	Actual Duration Actual Cost
REDPRELI	AG-LL- I	25-Oct-1991	18-Nov-1991			20.00 Dys W	
				OBR	30.000	20442.00	0.00
REDPRELI	AG-LL-II	18-Nov-1991	30-Dec-1991			36.75 Dys W	
				OBR	28.000	35058.03	0.00
REDPRELI	AG-NE- I	25-Oct-1991	4-Dec-1991			34.00 Dys W	
				OBR	60.000	69502.80	0.00
REDPRELI	AG-NE-II	4-Dec-1991	21-Jan-1992			41.50 Dys W	
				OBR	48.000	67867.44	0.00
REDPRELI	AGUAPOTA	4-Dec-1991	27-Dec-1991			20.00 Dys W	
				OBR	14.000	9539.60	0.00
REDPRELI	C.ACE.AR	21-Jan-1992	14-Feb-1992			21.00 Dys W	
				OBR	10.000	7154.70	0.00
REDPRELI	CALLES I	21-Jan-1992	30-Jan-1992			8.00 Dys W	
				OBR	15.000	4088.40	0.00
REDPRELI	CALLESII	24-Feb-1992	24-Feb-1992				
				OBR	4.000	0.00	0.00
REDPRELI	COR-CUNE	25-Oct-1991	9-Nov-1991			13.00 Dys W	
				OBR	6.000	2657.46	0.00
REDPRELI	INS-PROV	20-Sep-1991	26-Sep-1991			5.00 Dys W	
				OBR	3.000	511.05	0.00
REDPRELI	LIMPIEZA	24-Feb-1992	29-Feb-1992			5.00 Dys W	
				AUX	5.000	701.75	0.00
REDPRELI	OB-PR- I	30-Sep-1991	22-Oct-1991			19.00 Dys W	
				OBR	20.000	12946.60	0.00
REDPRELI	OB-PR-II	21-Jan-1992	21-Jan-1992				
				AUX	5.000	0.00	0.00
REDPRELI	TERR- I	18-Sep-1991	20-Sep-1991			2.00 Dys W	
				AUX	3.000	168.42	0.00
REDPRELI	TERR- II	20-Sep-1991	30-Sep-1991			7.50 Dys W	
				AUX	2.000	421.05	0.00
REDPRELI	TERR-III	30-Sep-1991	25-Oct-1991			22.00 Dys W	
				AUX	3.000	1652.62	0.00

TABLA No. 4.B. LISTA DE RECURSOS POR PROYECTO

GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONST.DE URBANIZACIONES

26-May-1992

Project Name	Task Name	Start	Finish	Resource	Quantity	Planned Duration / Planned Cost	Actual Duration / Actual Cost
REDPRELI	TOPOGRAF	20-Sep-1991	23-Sep-1991			2.00 Dys W	
				TOP	3.000	300.00	0.00
REDPRELI	UN-HA- I	9-Nov-1991	16-Jan-1992			58.00 Dys W	
				OBR	36.000	71138.16	0.00
REDPRELI	UN-HA-II	21-Jan-1992	24-Feb-1992			29.00 Dys W	
				OBR	69.000	68174.07	0.00
REDPRELI	ZONAVERD	24-Feb-1992	3-Mar-1992			7.00 Dys W	
				AUX	4.000	785.96	0.00

TABLA No.4.9.FICHA PARA UNA ACTIVIDAD DEL PROYECTO.

GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONST.DE URBANIZACIONES

Project: REDPRELI 26-May-1992

TASK:
Description:

	Start	Finish	Duration
Planned:			
Actual:			
Earliest:	22-Oct-1991	22-Oct-1991	
Latest:	25-Oct-1991	25-Oct-1991	
Baseline:			

Responsible:
Code:
Subproject:

Slack: 3.00 Dys E
0 % Complete

	Planned Cost	Actual Cost
Resource:	0.00	0.00
Other:	0.00	0.00
Total:	0.00	0.00

TABLA No. 4.10. FICHA PARA UN NODO DE LA RED.

GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONST.DE URBANIZACIONES

Project: REDPRELI 26-May-1992

MILESTONE: O
Description:

Early Time	Late Time	Actual Time
18-Sep-1991	18-Sep-1991	18-Sep-1991
After Constraint	Before Constraint	

Baseline:

Responsible:
Code: Slack: 0.00 Dys W

GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONST.DE URBANIZACIONES

26-May-1992

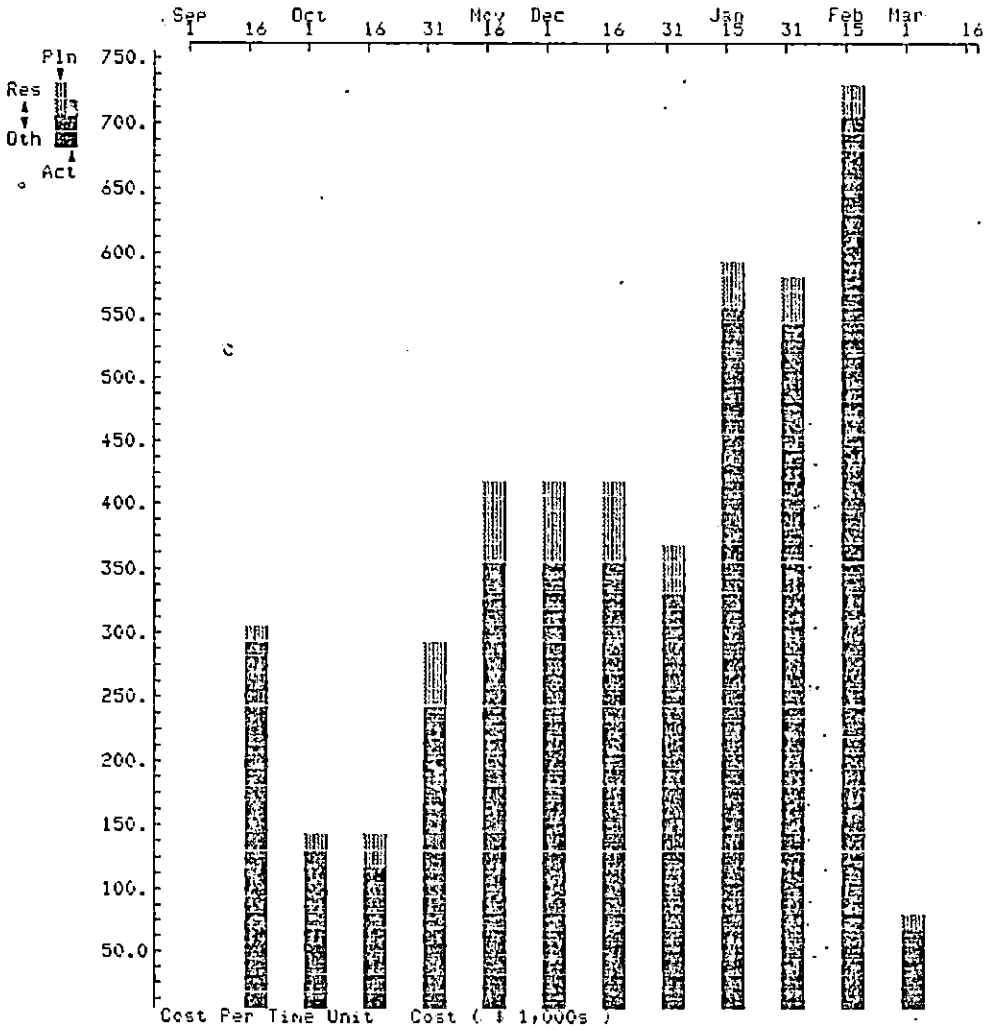


FIGURA No. 4.22. DIAGRAMA DE COSTOS POR UNIDAD DE TIEMPO

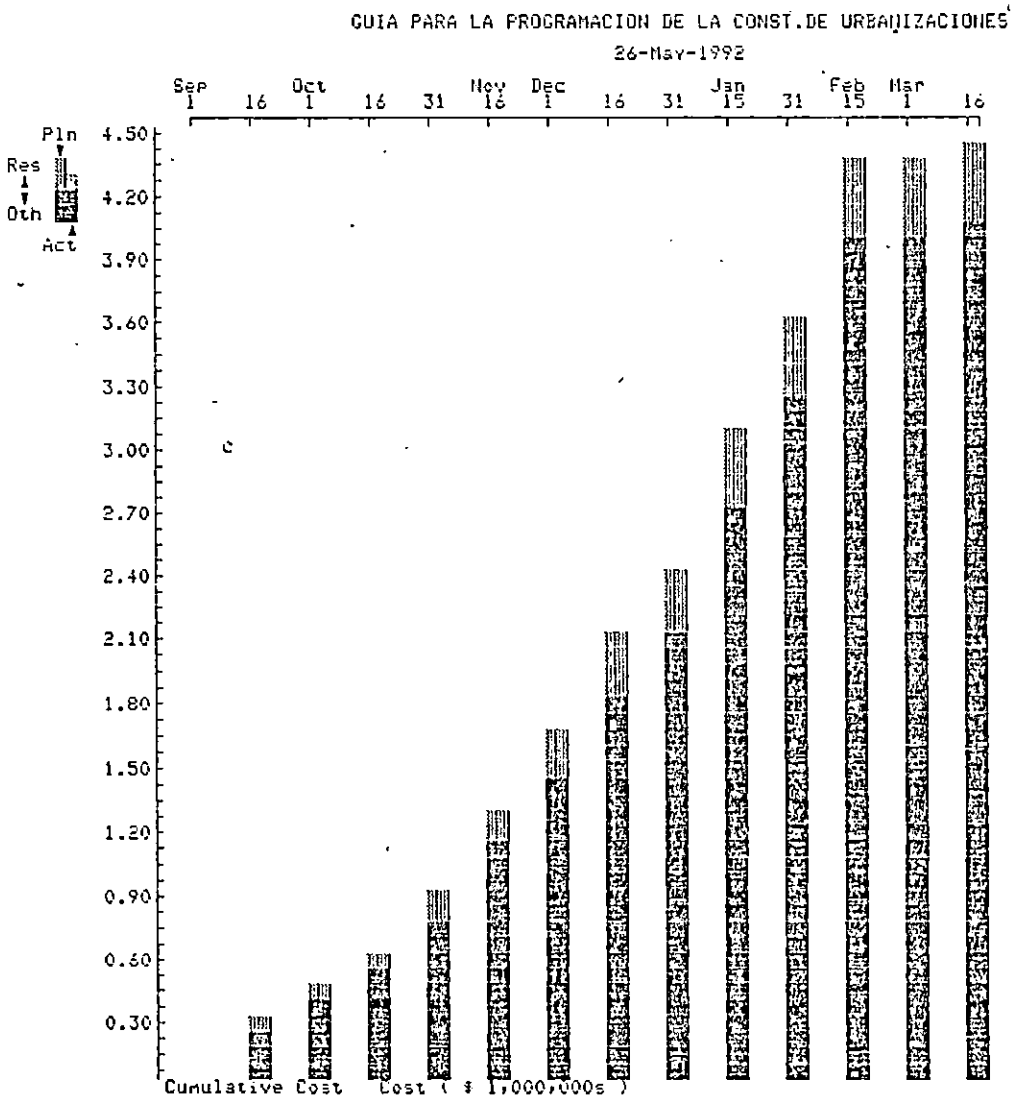


FIGURA No. 4.23. DIAGRAMA DE COSTOS ACUMULADOS

GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONST.DE URBANIZACIONES

26-May-1992

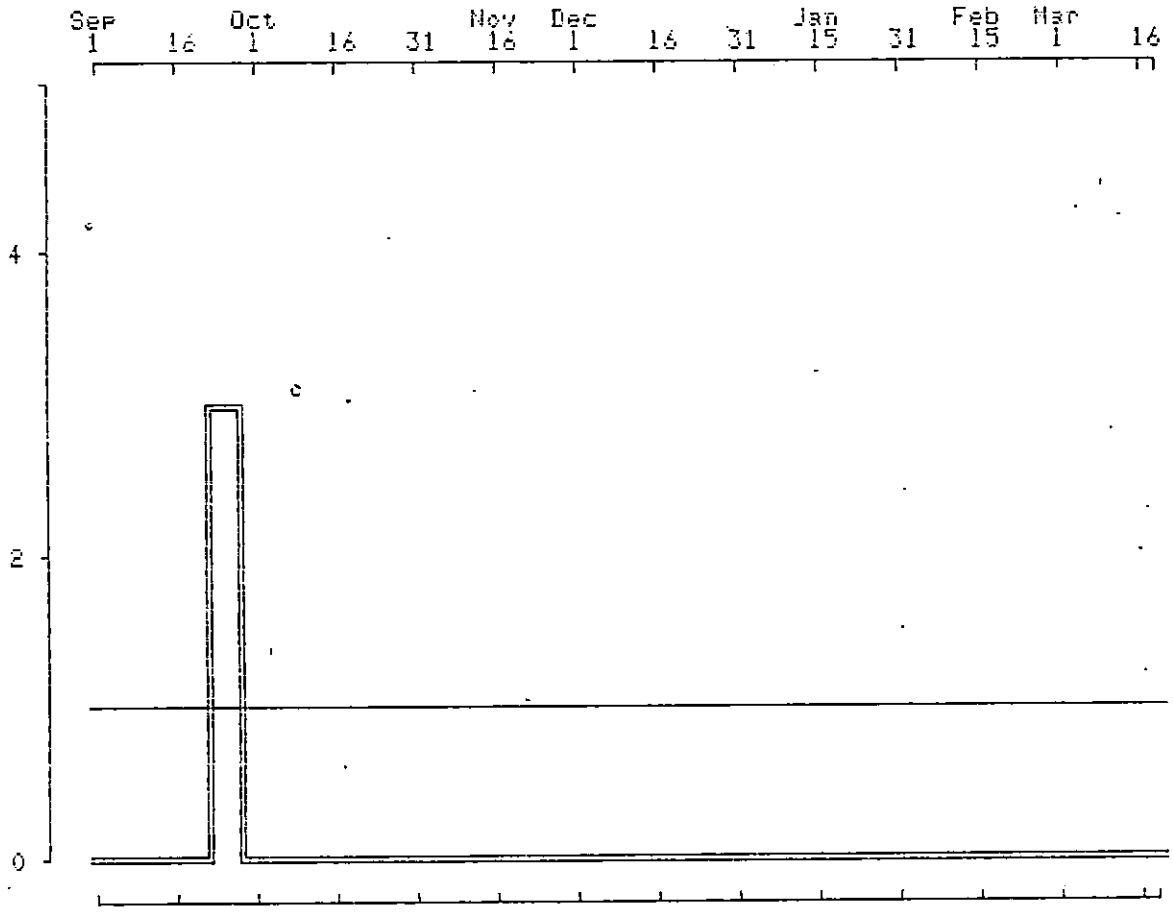


FIGURA No. 4.24. DIAGRAMA DE NIVELACION DE RECURSOS.TOPOGRAFO

GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONST.DE URBANIZACIONES

26-May-1992

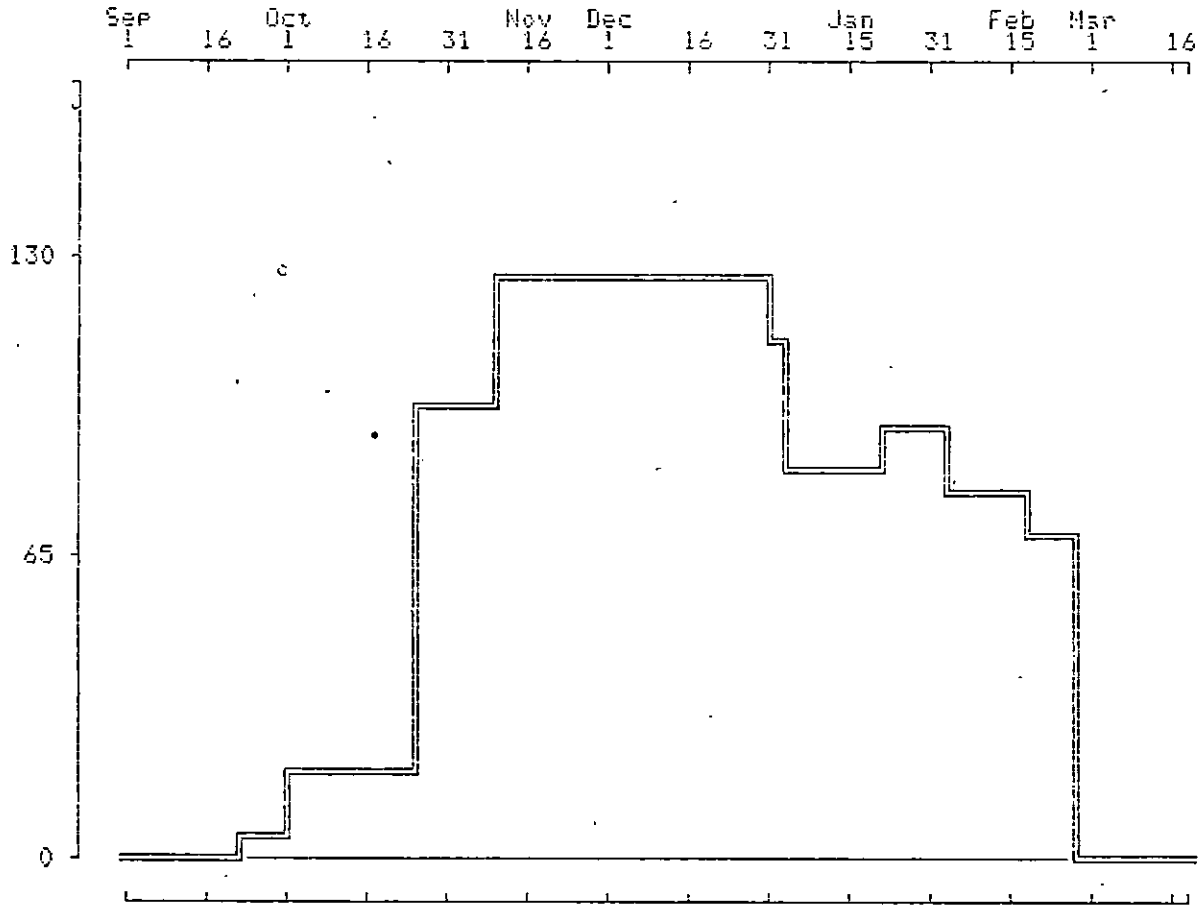


FIGURA No. 4.25. DIAGRAMA DE NIVELACION DE RECURSOS.OBRERO

GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONST.DE URBANIZACIONES

26-May-1992

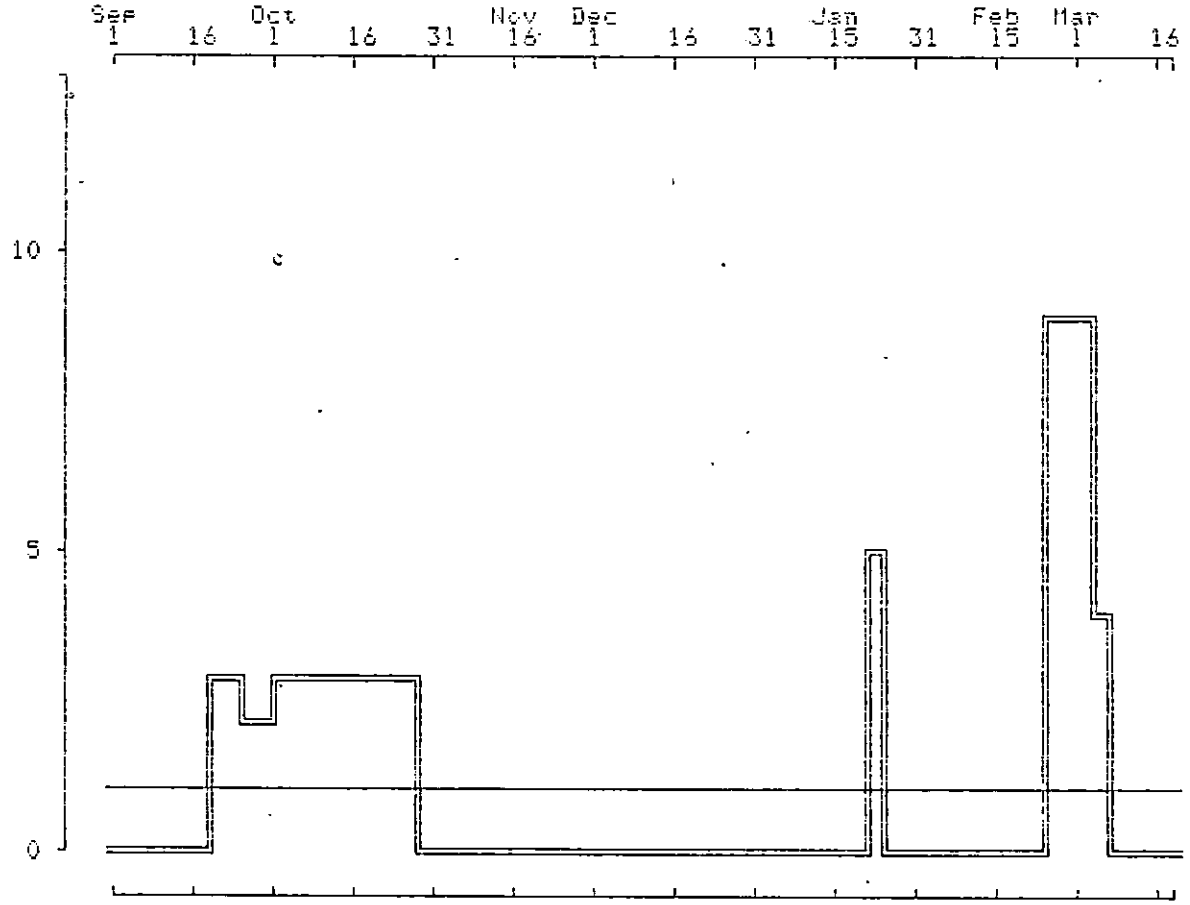


FIGURA No. 4.26. DIAGRAMA DE NIVELACION DE RECURSOS.AUXILIAR

CAPITULO 5.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Al establecer los procesos que contiene un proyecto urbanistico se concluye que las obras de urbanizaciòn son similares: las de Interés Social, Popular y Residencial (segùn OPAMSS), y en D1, D2, D3, D4, y D5 (segùn VMVDU). Estas urbanizaciones presentan pocas variantes que dependen exclusivamente de la empresa que diseña, de la ubicaciòn, de la topografìa y de la extensiòn del terreno. Por lo tanto, el proceso general para urbanizar y programar serà similar en cada urbanizaciòn.

2. El uso de técnicas modernas de programaciòn, tales como el CPM y PERT ayudan a optimizar el uso de recursos. Mediante el uso de computadoras, llevar el control resulta fàcil, confiable y econòmico.
   La administraciòn de proyectos de urbanizaciòn se facilita considerablemente con el uso de éstas técnicas de programaciòn, cuya funciòn es la de mostrar un control sistemàtico para el desarrollo del proyecto. La flexibilidad de estas técnicas , asì como su adaptabilidad a la computaciòn permiten desglosar el proyecto en varios procesos.

3. En este trabajo se ha intentado establecer un ordenamiento de todos los aspectos que influyen en la planeaciòn y programaciòn de urbanizaciones, sin

incluir las actividades anteriores a la construcción como por ejemplo: la búsqueda, selección, evaluación, adquisición del terreno y trámites legales porque son actividades cuyas duraciones dependen de factores externos a cada empresa constructora.

4. Según investigaciones muchas empresas constructoras no realizan adecuadamente la planificación, programación y control de la construcción de urbanizaciones, debido a la ausencia de personal técnico en estas áreas y a la forma de controlar el financiamiento por parte de las instituciones de crédito.

5. Las empresas constructoras elaboran la programación por medio de un diagrama de barras para presentarlo a la Institución Financiera como requisito exigido por está para aprobar el financiamiento y no para utilizarlo en la ejecución del proyecto.

6. La planeación, programación y control toma mucho más tiempo con CPM/PERT que con el Diagrama de Barras, factores fuera de control del programador, cambian la programación en la fase de ejecución del proyecto. Lo importante es que en CPM/PERT se evalúa cada actividad y cada inconveniente durante la planeación. Los problemas en el lugar de la obra, requieren revisiones del programa durante la etapa de construcción, pero también el diagrama de barras. Con

CPM/PERT las revisiones se hacen lògicamente y en relaciòn matemàtica con todas las actividades importantes, en cambio el diagrama de barras no tiene base de donde partir y su revisiòn depende solo de la destreza y criterio del programador.

7. Deben de conocerse datos precisos sobre rendimientos, cantidades y costo de materiales a usar; cantidad del personal razonable a ocupar en cada actividad; y la duraciòn de las actividades.

8. Al realizar la programaciòn a través de la Ruta Critica, el proyecto estudiado tendrà una duraciòn de 7 meses, 8 dias calendario, sin embargo, en la realidad està fué sobrepasada, aùn cuando el proceso constructivo y los recursos asignados sean iguales. Se concluye por tanto como causas de retrasos:

   - Deficiencias en la programaciòn del suministro de materiales como cemento, arena, etc.
   - Ausencia de personal capacitado para la direcciòn tècnica de la obra.
   - Ejecuciòn del proyecto sin una programaciòn del mismo.
   - Etc.

9. Muchos factores influyen en la planeaciòn de un proyecto, por lo tanto la red no es ùnica, y pueden obtenerse diferentes soluciones para un mismo proyecto

y utilizando iguales procesos constructivos. De igual forma, la duración no es única y depende de la cantidad de recursos humanos, maquinaria, equipo que se asigne a cada actividad.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Es importante conocer y además saber aplicar las diferentes leyes y normas que en el país rigen la construcción de urbanizaciones. Muchos factores son determinantes para una buena programación, que deben tomarse en cuenta en la medida en que el programador conozca sobre ellas, analice y estudie el efecto que pueden tener; además de conocer leyes, reglamentos y otros que rigen la construcción de obras.

   Los requisitos mínimos para el diseño de las obras de urbanización están contemplados en las Normas Técnicas de ANDA, los reglamentos de OPAMSS y VMVDU. Es necesario tomar en cuenta los reglamentos al diseñar y construir urbanizaciones, para el correcto desenvolvimiento de todas las obras.

2. Algunas compañías constructoras utilizan el computador como medio de facilitar la planeación, programación y control de obras. Aunque otras analizan hasta la Ruta Crítica debido a que está resulta más fácil elaborarla por métodos manuales, siendo la fase de control un problema más complejo si se hace manualmente. Está fase resulta más sencilla si se

aplican métodos computacionales para su solución, ahorrando tiempo y dinero.

Si las empresas constructoras de urbanizaciones disponen de computadoras, deberían aprovechar los beneficios que ofrece el uso de paquetes utilitarios como por ejemplo el HTPM, el SuperPROJECT, el TIME LINE, el QBS, etc.

3. A fin de poder considerar en la programación, las actividades de búsqueda, selección, evaluación, adquisición del terreno y trámites legales, se recomienda el uso de la técnica de programación PERT, porque para esta técnica las duraciones pueden variar en forma considerable.

4. En las empresas constructoras los márgenes de error deben ser disminuidos. Estos errores se deben a las presiones a que son sometidas en el campo en que se desenvuelven, por la competencia, el alza en el costo de los materiales, de mano de obra, que de no ser controlados por un sistema adecuado reducirán enormemente el márgen de utilidades. Por lo que, las empresas tendrán que aumentar el radio de sus actividades para mantener el márgen de seguridad en cuanto a sus beneficios.

Se recomienda que la única forma de mantener dicho márgen es sistematizar las áreas de planificación y programación de las empresas.

5. Al elaborar el diagrama de barras (que se presentarà a la Institución Financiera), las empresas constructoras de urbanizaciones, deberían darle el debido seguimiento y así obtener los beneficios que se esperan de dicha programación.

6. El diagrama de barras es recomendable usarlo en proyectos de pequeña magnitud, donde el control puede realizarse fàcilmente.

   El CPM una vez terminado es una excelente representación gráfica de un proyecto, de la duración de las actividades, costos y relaciones entre ellas. Permite analizar, actualizar y controlar en cualquier punto que se encuentre la construcción del proyecto. Se recomienda su utilización en grandes proyectos en donde se requieren duraciones màs precisas.

   El método PERT se recomienda utilizarlo cuando es la primera vez que la empresa construye una urbanización, ya que no cuenta con toda la información necesaria y los datos de costo y tiempo no son los suficientemente exactos.

7. Para realizar càlculos de programación con datos de costo-tiempo confiables y prácticos es necesario conocer datos de costos unitarios y de rendimientos de registros históricos o directamente del campo.

8. La empresa constructora debe contar con un Ingeniero

capacitado en la dirección técnica de la ejecución de un proyecto urbanístico, de acuerdo a una programación (CPM,PERT u otro) y adoptar las políticas necesarias para el suministro a tiempo de materiales que eviten retrazos en el trabajo.

9. Todo planeador deberá conocer las técnicas de programación existentes, pero es necesario también que dicho planeador conozca los métodos constructivos y secuencias de ejecución de éstos para lograr una programación óptima del proyecto. Con ello se beneficiará la empresa constructora obteniendo optimización de recursos y mayores utilidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1/ Oficina de Planificación del Area Metropolitana de San Salvador.

Reglamento de la Ordenanza del Control del Desarrollo Urbano y de la Construcción. COAMSS. 1990.

2/ Avila Rodríguez, Luis Alonzo.

El problema de la vivienda en El Salvador y las Leyes, Normas y Reglamentos como limitantes en su resolución.

Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de El Salvador. 1990.

3/ Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano.

Reglamento a la Ley de Urbanismo y Construcción a la relativo a Parcelaciones y Urbanizaciones Habitacionales.

San Salvador. 1991.

4/ Bazán S., Jam.

Manual de Criterios de Diseño Urbano

Editorial Trillas. 3a. Edición.

5/ Sven R., Hed

Project Control Manual

Suiza. 1976.

6/ Harris, Robert B.

Técnicas de Redes de Flechas y Precedencias para Construcción.

Editorial Limusa. 1983

7/ Rodriguez Caballero, Melchor.
Aplicaciones en Ingenieria de Métodos Modernos de Planeación, Programación y Control de Procesos.
Editorial Limusa.

8/ Sorto, José Mario
Apuntes sobre Planeamiento y Administración de Obras III
Universidad de El Salvador. Julio 1987.

9/ Seminario de Computación Para Constructores
Asociación Salvadoreña de Ingenieros Mecánicos, Eléctricos, Industriales y Ramas Afines ASIMEI. 1991.

10/ Total Project Manager TM.
Harvard Software Inc.
Versión 1.0. Noviembre 1984.

11/ Normas Técnicas Para el Diseño y Construcción de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios.
Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados ANDA. San Salvador. 1967.

12/ Reglamento a la Ley de Urbanismo
Revista ASIA No. 102. Diciembre de 1991.

13/ Balcáceres, Víctor
Construcción de Carreteras
Universidad de El Salvador, Octubre 1989.

14/ Huezo Quezada, Alirio Enrique.

Metodología Práctica para Administrar Proyectos de Ingeniería Civil.

Facultad de Ingeniería. Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". 1980.

15/ Antill, James M. y Woodhead, Ronald W.

Métodos de la Ruta Crítica y sus aplicaciones a la Construcción.

Editorial Limusa.

16/ Calderón, Wilfredo E. y Romero, Rafael M.

Investigación sobre los Rendimientos de la Mano de Obra en Edificaciones para la Programación y Presupuestación de Obras Civiles

Facultad de Ingeniería. Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". 1984.

ANEXOS

ANEXO No. 1

CUESTIONARIO Y RESULTADOS DE ENCUESTA REALIZADA A EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE URBANIZACIONES

ANEXO No. 1

CUESTIONARIO PARA EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE URBANIZACIONES

1 - ¿Qué técnicas de planeación y programación utilizan para la construcción de urbanizaciones?

2 - ¿Qué ventajas encuentran en la utilización de un diagrama de GANTT?

3 - ¿Qué ventajas y desventajas encuentran en la utilización de técnicas CPM-PERT?

4 - ¿Por qué cree que en nuestro medio la utilización de estos métodos es tan limitada?

5 - ¿El plan de financiamiento de la diferentes instituciones, limita la utilización de técnicas?

6 - ¿Cómo realizan las instituciones la forma de pago o desembolsos?

7 - ¿La elaboración de una programación le sirve para llevar un control de la obra o sólo como un requisito exigido por la institución?

8 - ¿La estimación de tiempos para las distintas actividades la realizan en base a rendimientos o por apreciación de experiencias anteriores?

9 - ¿Por qué no determinan duraciones de actividades en base a tablas de rendimientos?

10 - ¿Las políticas económicas de Instituciones Crediticias ponen en desventaja los beneficios que se esperan con la utilización de estas técnicas?

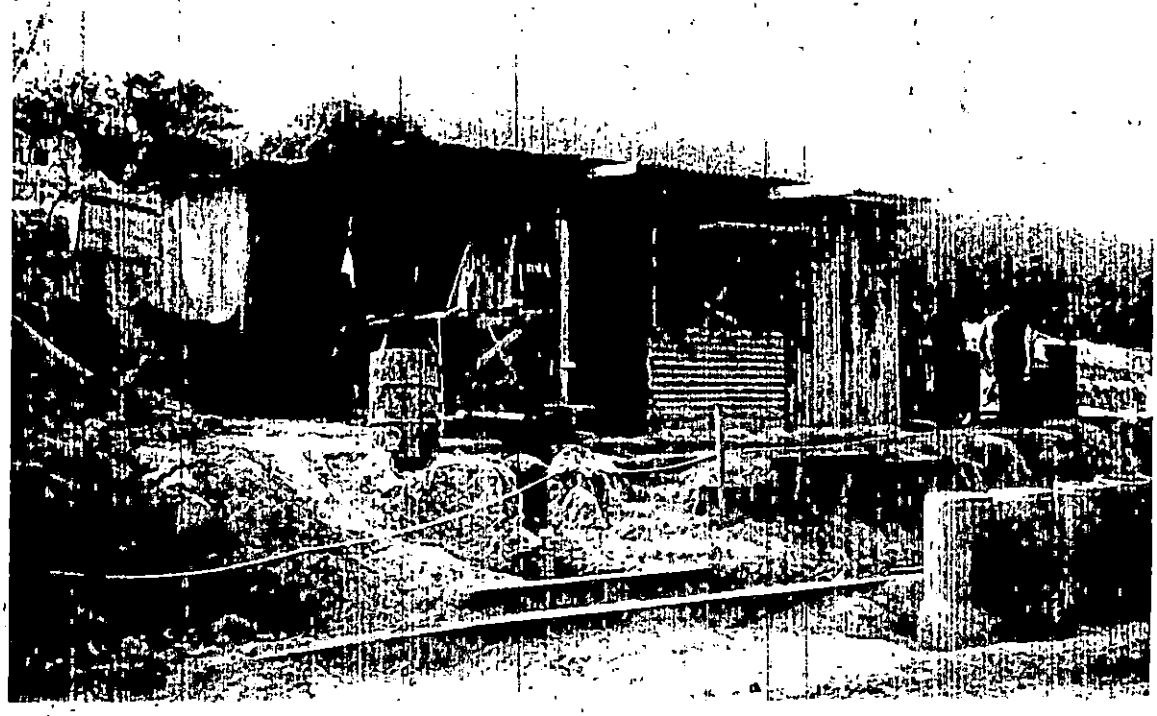
11- ¿De existir una guía que le mostrará el orden de los procesos para la construcción de urbanizaciones, la utilizaría? ¿Por qué?

12 - ¿Utilizaría la guía si fuera para programación en computador?

ANEXO No. 2

FOTOGRAFIAS DEL PROYECTO URBANISTICO RESIDENCIAL EL MANZANO III

Fotografia No. 1. URBANIZACION RESIDENCIAL EL MANZANO III



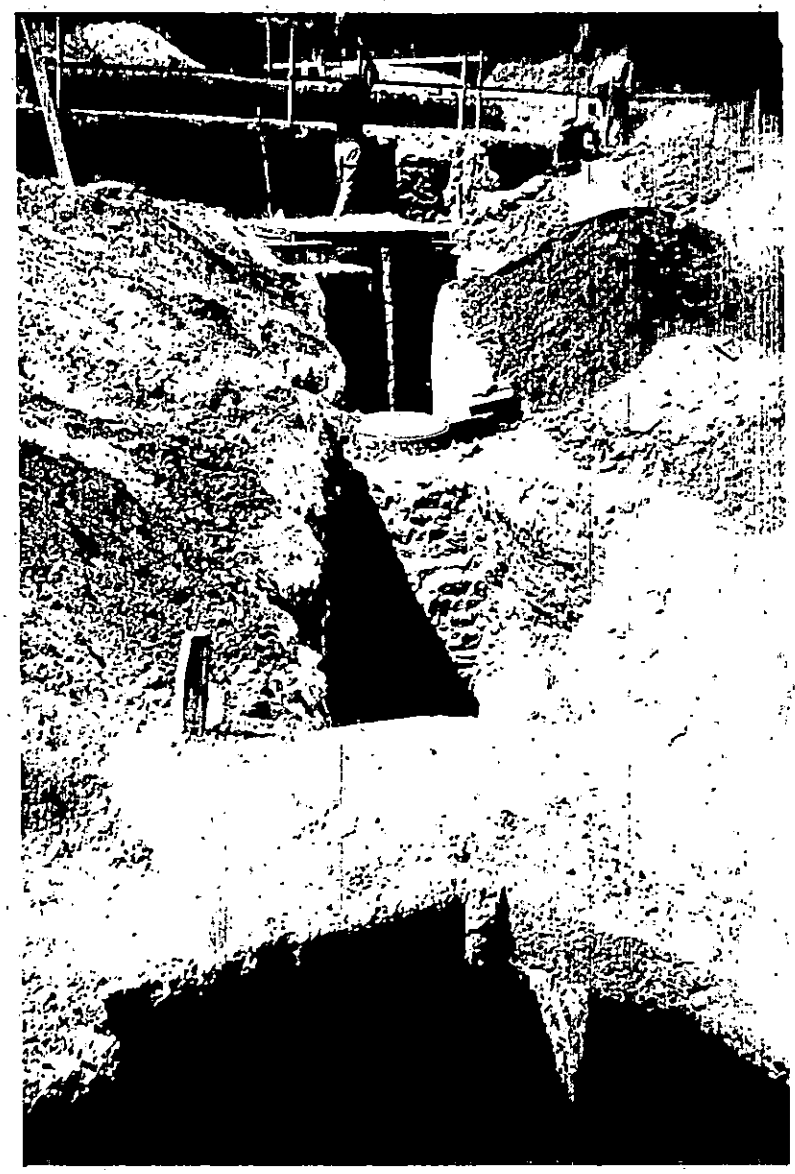
Fotografia No. 2. OBRAS PROVISIONALES: OFICINA, BODEGA Y LABORAT.

Fotografía No. 3. TERRACERIA: NIVELACION DE TERRENO

Fotografía No. 4. AGUAS NEGRAS: CONSTRUCCION DE POZOS

Fotografia No. 5. AGUAS LLUVIAS: CONSTRUCCION DE DESAGUE DE LAS AGUAS LLUVIAS A LA QUEBRADA.

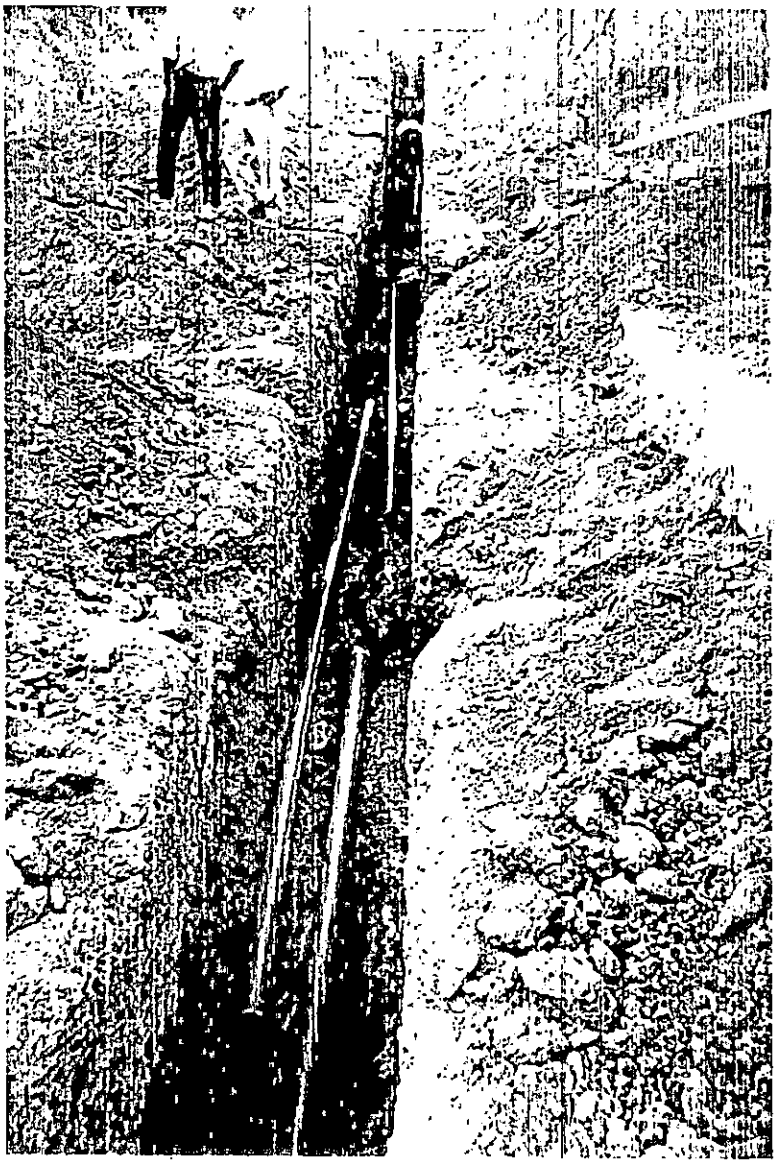
Fotografia No. 6. INSTALACION DE TUBERIA PARA AGUAS LLUVIAS



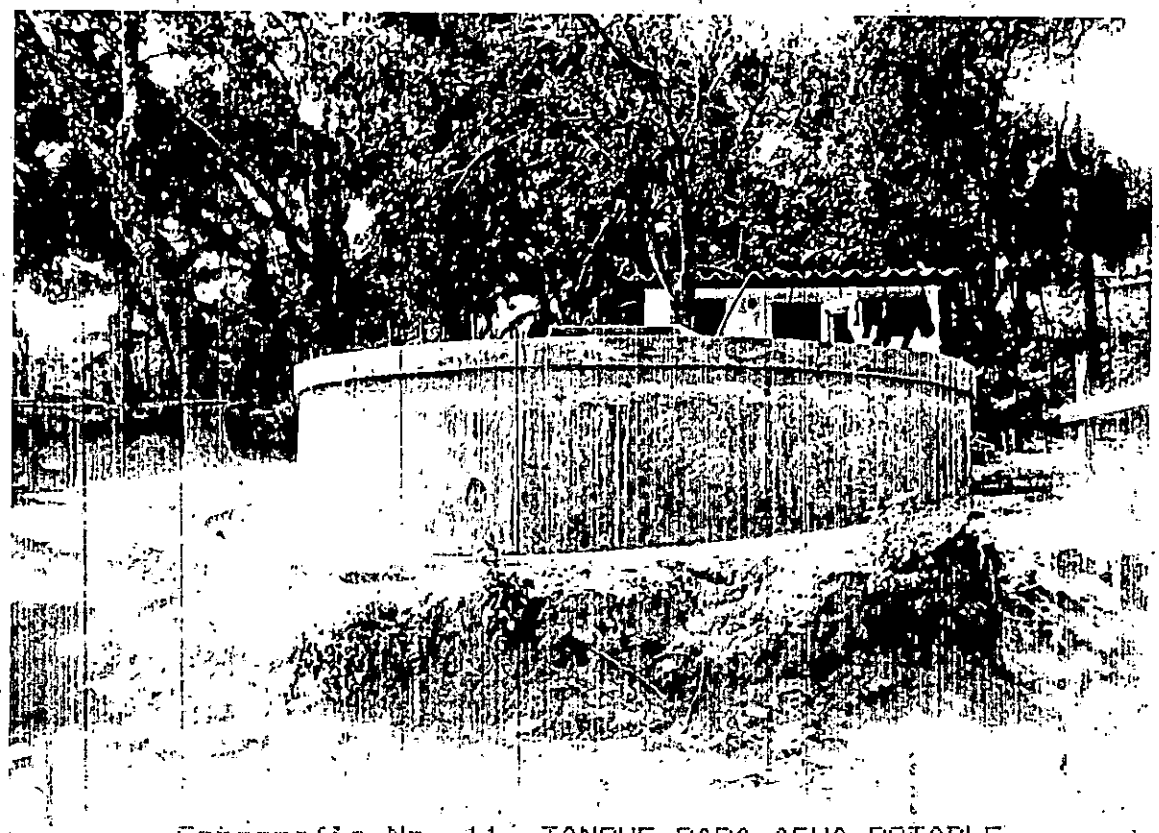
Fotografía No. 7. AGUAS LLUVIAS: CONSTRUCCION DE POZO Y TRAGANTE

Fotografía 8. ZANJAS PARA INSTALACION DE AGUA POTABLE

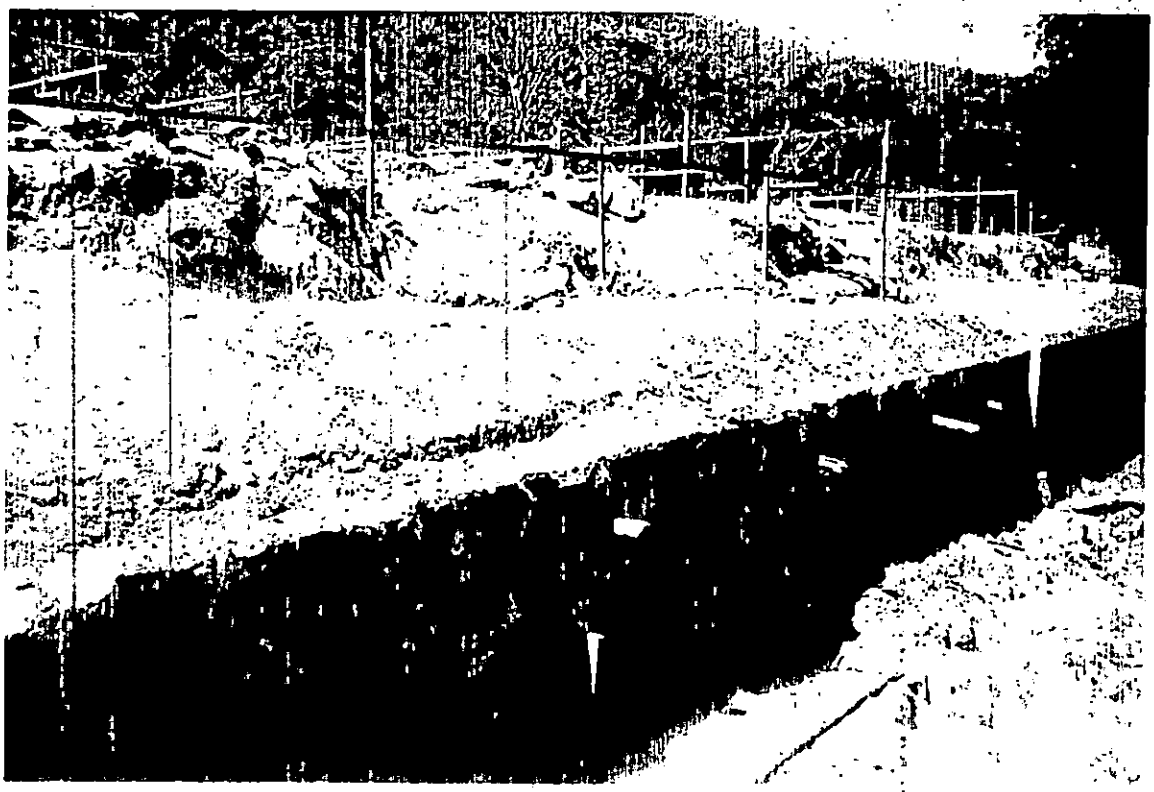
Fotografia No. 9. AGUA POTABLE: INSPECCION DEL SUELO



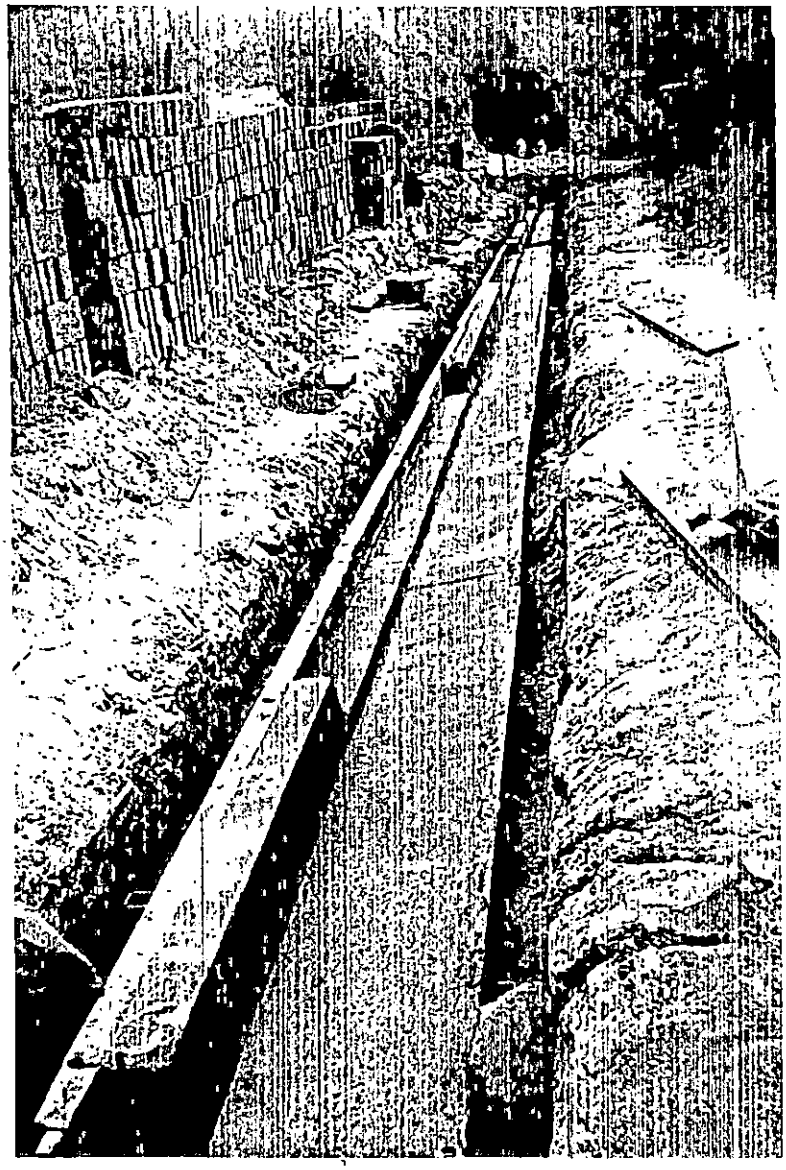
Fotografia No: 10. INSTALACION DE TUBERIA PARA AGUA POTABLE



Fotografía No. 11. TANQUE PARA AGUA POTABLE

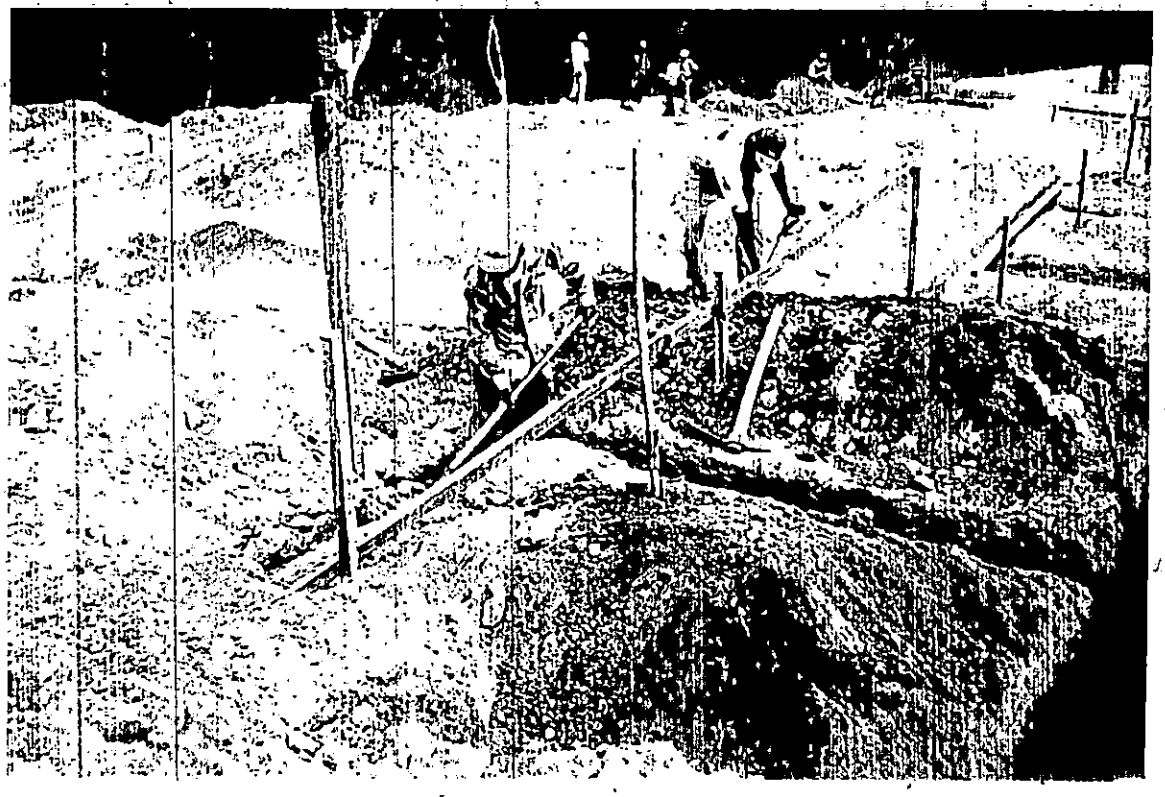


Fotografía No. 13. OBRAS DE PROTECCION:CONSTRUCCION DE MUROS

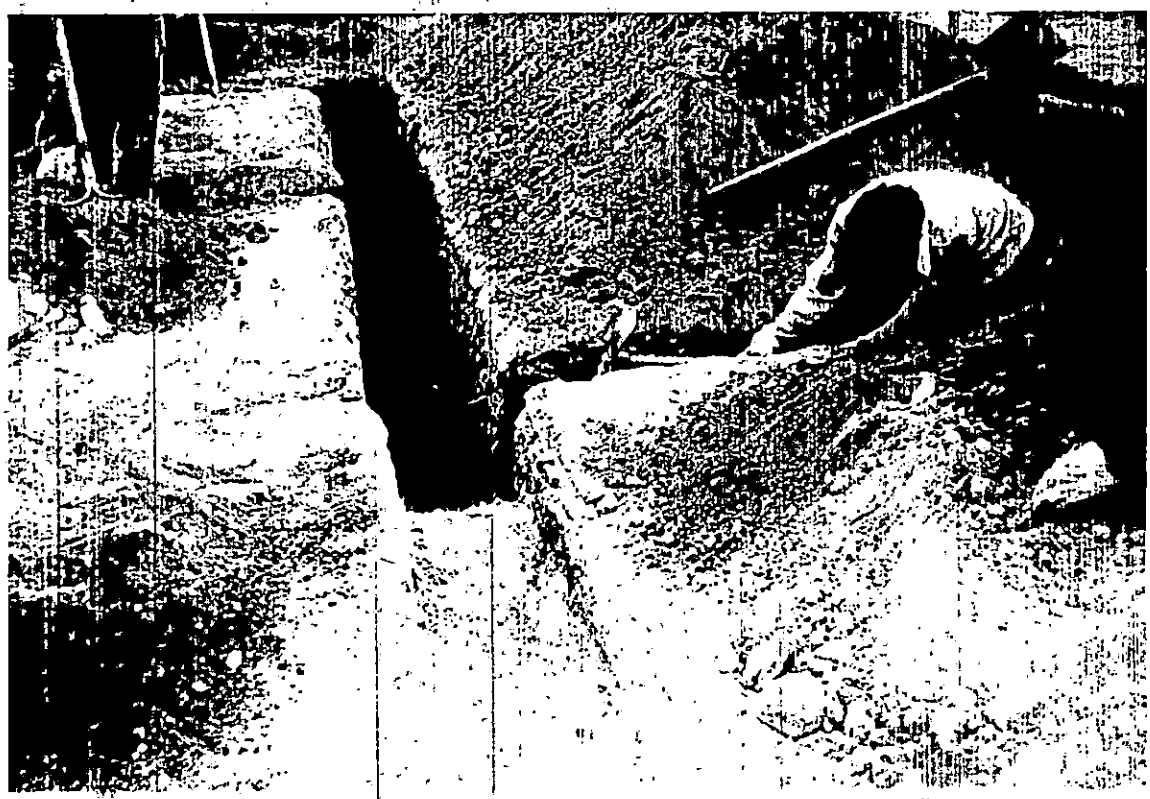


Fotografia No. 12. CONSTRUCCION DE CORDONES Y CUNETAS

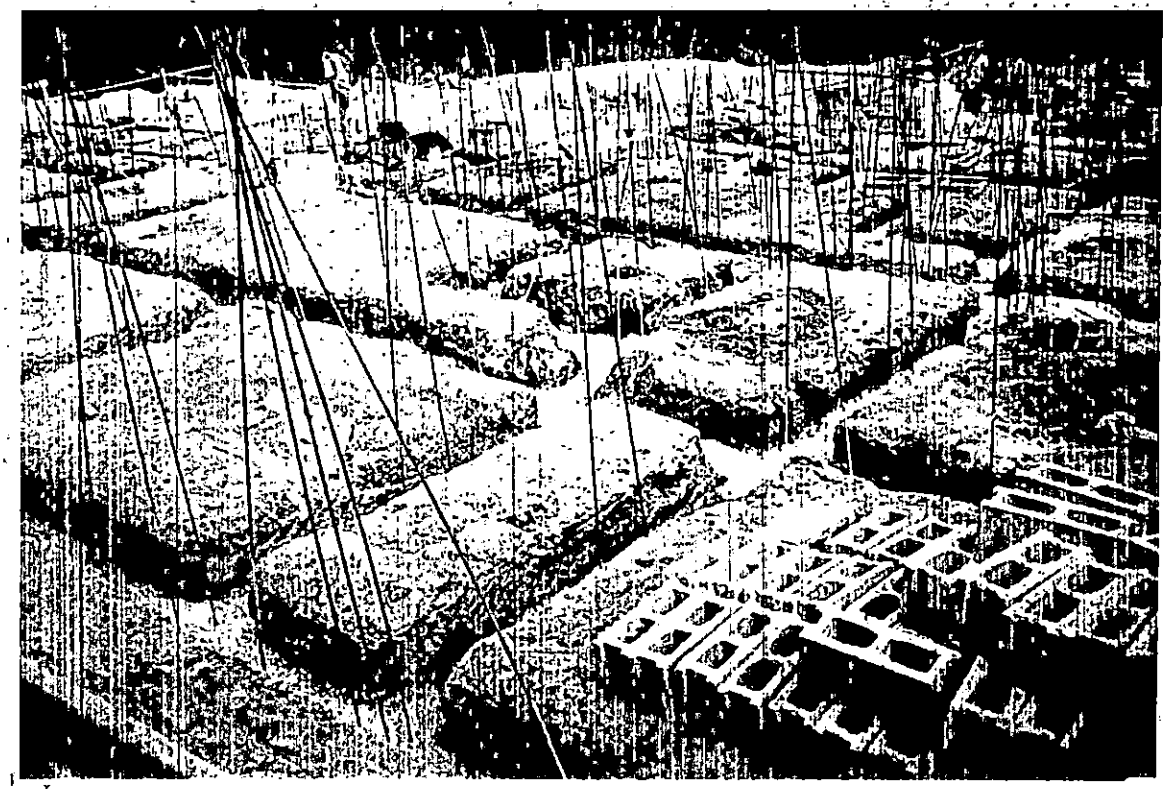
Fotografia No. 14. TRAZO Y NIVELACION DE LOTES



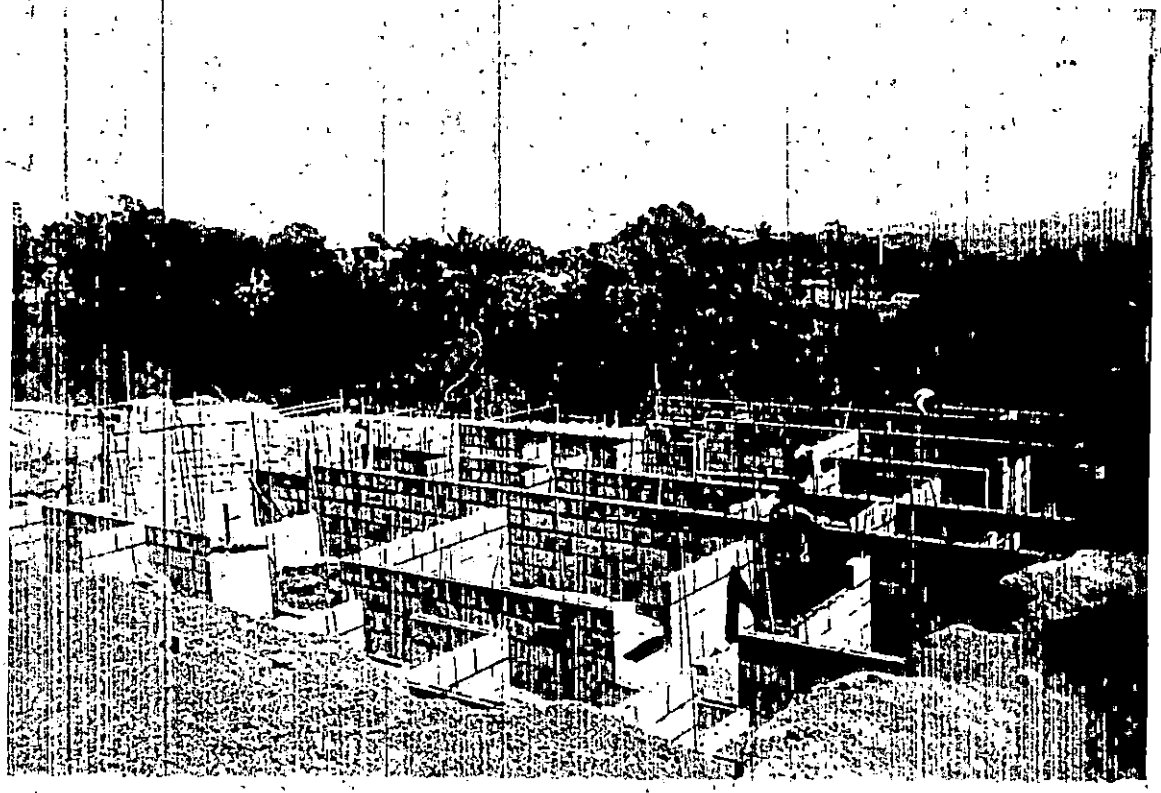
Fotografia No. 15. UNIDAD HABITACIONAL: TRAZO



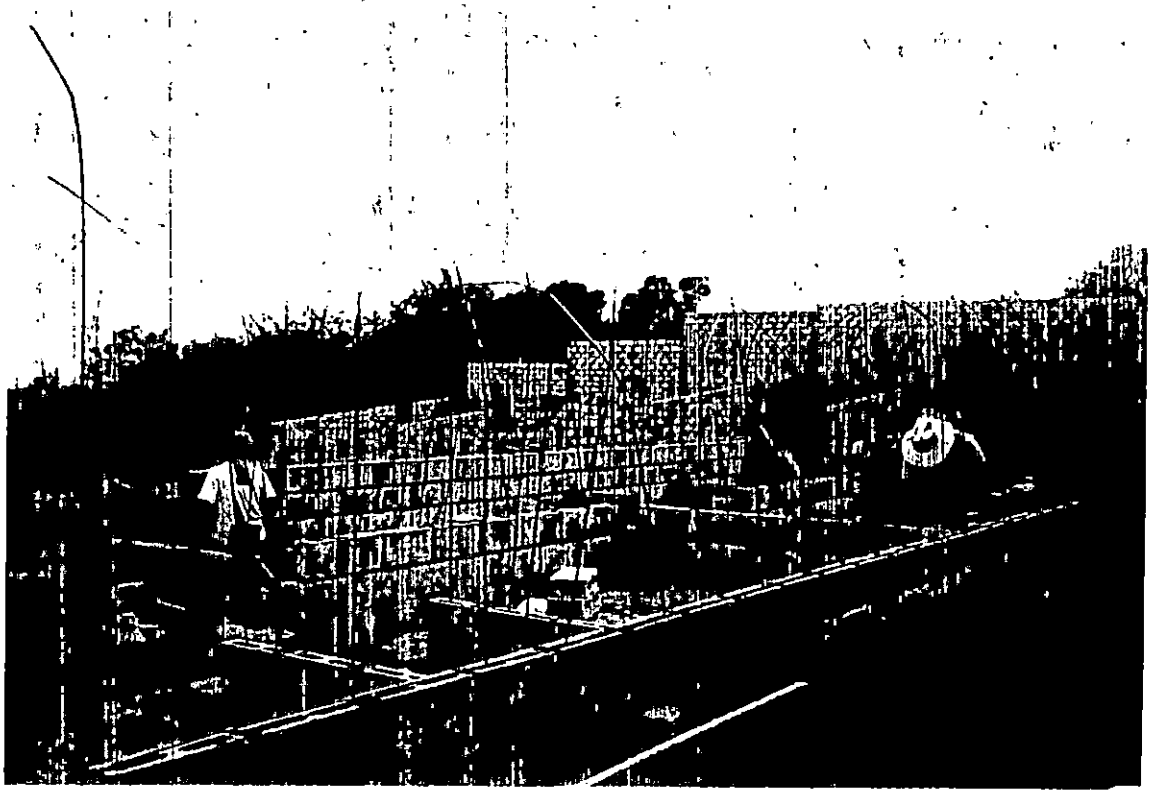
Fotografia No. 16. UNIDAD HABITACIONAL: ZANJAS PARA SOLERAS DE FUNDACION.



Fotografia No. 17. COLADOS DE SOLERAS DE FUNDACION



Fotografia No. 18. CONSTRUCCION DE PAREDES



Fotografia No. 19. CONSTRUCCION DE PAREDES

ANEXO No. 3

PLANOS DEL PROYECTO URBANISTICO RESIDENCIAL EL MANZANO III

ANEXO No. 4

CPM: DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS

ANEXO No.4

CPM: DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS

La solución sistemática de una red, significa que se proporcionará información sobre fechas más cercana y más lejana en que pueden efectuarse las actividades, así como el tiempo que cada una puede ocupar. Esta es la información que necesita el planeador para tomar las decisiones que influyen en el proyecto. A continuación se exponen procedimientos basados en principios matemáticos que proporcionan esta información a partir del modelo del diagrama de precedencias.

Los cálculos se pueden efectuar en forma tabular sin necesidad de tener un diagrama como base, este procedimiento puede ser superior porque se ahorra el tiempo que se requiere para construir el diagrama; pero los proyectos grandes, con muchas actividades requieren cálculos tan amplios que se puede perder la exactitud.

Antes de proseguir definiremos los conceptos básicos del diagrama de precedencias.

FECHA TEMPRANA DE INICIO (FTEI): En una actividad es el punto más cercano en el tiempo en que puede iniciarse dicha actividad. Se establece por la terminación de cuando menos una de las actividades precedentes o se debe asignar si la actividad es la primera en la red. La determinación de la FTEI para cada una de las otras actividades de la red, depende del punto más tardío en el

tiempo en que pueden terminar las actividades precedentes; se expresa matemàticamente asi:

$$FTEIj = \underset{\forall i}{Max}\ FTETi \quad (ec.A.4.1.)$$

donde Màx implica que la maximizaciòn tendrà efecto en todos los enlaces ij que terminan en la actividad j.

La FECHA TEMPRANA DE TERMINACION para cualquier actividad i, se puede encontrar agregando la duraciòn de la actividad Ti, a la FTEIi, o sea:

$$FTETi = FTEIi + Ti \quad (ec.\ A.4.2.)$$

FECHA TARDIA DE TERMINACION (FTAI): En una actividad es el punto màs lejano en el tiempo en que se debe terminar esa actividad en caso de que no se vaya a ampliar el tiempo del proyecto.

Por las definiciones del los tiempos para la actividad que se dieron antes, el tiempo total disponible para ejecutar la actividad, debe ser la diferencia de tiempo entre la FTAIi y la FTEIi.

A la FTAT de la actividad fianl de la red se le tiene que asignar su valor; por lo general, este valor se toma como el de la FTET.

La FECHA TARDIA DE INICIO de la ùltima actividad se obtiene restando la duraciòn de la actividad de la FTAT asignada. La FTAT para cada una de las otras actividades de la red depende de la FTAI de sus actividades siguientes; deberà elegirse el mìnimo valor de la FTAI para determinar la FTAT de cualquier actividad i,

matemàticamente:

$$FTATi = \underset{\forall j}{Min}\ FTAIj \quad \text{(ec. A.4.3.)}$$

donde Min implica que la minimizaciòn tendrà efecto en todos los enlaces ij que empiezan en la actividad i.

La FTAI para cualquier actividad i, se toma como la diferencia entre la FTATi y la duraciòn Ti, o sea:

$$FTAIi = FTAIi - Ti \quad \text{(ec.A.4.4.)}$$

LAPSOS DE ENLACE: Se puede definir como la diferencia entre la FTEI de una actividad y la FTET de la actividad precedente. En forma de ecuaciòn:

$$LAPSOij = FTEIj - FTETi \quad \text{(ec. A.4.5.)}$$

Hay un lapso para cada enlace en la red. El valor del lapso nunca puede ser menor que cero. Estos valores son los bàsicos que se deben calcular y usar para la determinaciòn de las holguras.

HOLGURA LIBRE (HL): Es la cantidad de tiempo que se puede demorar la terminaciòn de una actividad, sin demorar la terminaciòn del proyecto, ni el inicio de alguna actividad siguiente.

La expresiòn de la HL para cualquier actividad i, se puede plantear asi:

$$HLi = \underset{\forall j}{Min}\ (FTEIj - FTETi) \quad \text{(ec.A.4.6.)}$$

Min: minimizaciòn en todos los enlaces IJ que se inician con la actividad i.

Sustituyendo la ec.A.4.5. por el tèrmino entre paréntesis, se tiene que:

$$HLi = \underset{\forall j}{Min}\ LAPSOij \quad \text{(ec. A.4.7.)}$$

HOLGURA TOTAL (HT): Se define como la cantidad de tiempo que se puede demorar la terminaciòn de una actividad, sin demorar la terminaciòn del proyecto. Matemàticamente:

$$HTi = FTATi - FTETi \quad \text{(ec. A.4.8.)}$$

En términos de lapsos de enlace, tenemos:

$$HTi = \underset{\forall j}{Min}\ (LAPSOij + HTj) \quad \text{(ec. A.4.9.)}$$

Para todos los enlaces ij que siguen directamente a a la actividad i.

"Cuando la HT de la última actividad es igual a cero, se dice que todas las demàs actividades con la HT igual à cero son actividades criticas".

Si la HT de la actividad final no es igual a cero, todas las actividades de la red que tienen valores de HT iguales al de la actividad final son actividades criticas.

La cadena o cadenas, de actividades criticas que empiezan con la actividad inicial y terminan con la actividad final, se llama Ruta Critica. Esta ruta establece la duraciòn del proyecto.

HOLGURA INTERFERENTE (HINT): se define como la cantidad de tiempo que se puede demorar la terminaciòn de una actividad, sin demorar la terminaciòn del proyecto, pero cuyo uso demorarà el inicio de alguna de las actividades siguientes.

La ecuaciòn para la HINT es la siguiente:

$$HINTi = HTi - HLi \quad (ec.A.4.10.)$$

HOLGURA INDEPENDIENTE (HIND): Es la cantidad de tiempo que se puede demorar la terminación de una actividad, sin demorar la terminación del proyecto, ni el inicio de cualquier actividad siguiente, y sin ser demorada por cualquier actividad precedente.

La expresión matemática que resume la definición anterior es:

$$HINDj = \underset{\forall k}{Min}\ FTEIk - \underset{\forall i}{Máx}\ FTATi - Tj \quad (ec.A.4.11.)$$

donde i y k son subíndices que se refieren a las actividades que preceden y siguen a la actividad j, respectivamente.

Ajustando, esta expresión, con los valores del lapso y las holguras que se obtuvieron anteriormente, tenemos:

$$HINDj = HLj - \underset{\forall i}{Máx}\ (HTi - LAPSOij) \quad (ec.A.4.12.)$$

donde la maximización tiene efecto sobre todos los enlaces ij que terminan en la actividad j.

Cuando el valor de HIND sea negativo, debido a que el tiempo no puede ser menor que cero, el valor se registra como cero. En este caso la HIND no existe.

CALCULOS DEL PROGRAMA.

A continuación se explicarán los pasos en la aplicación del método. En la tabla A.4.1. se muestran, las duraciones de las actividades. Las dependencias se han listado en renglones separados, mostrándose cada enlace y

también las propias actividades.

Las actividades están en orden de pasos secuenciales, esto es con el fin de que los cálculos que siguen se puedan completar con facilidad y dentro de la sucesión correcta.

Para determinar las FTEI y FTET, se inician asignando el tiempo inicial, o "tiempo cero" a la primera actividad, asignándosele el valor común de cero a la actividad 5.

La FTET para la actividad 10 se calculó sumando la duración 2, a la FTEI de 10, de acuerdo con la ec.A.4.2..

La actividad 15 es precedida por la actividad 10, el valor de FTEI se puede encontrar aplicando la ec.A.4.2., debido a que sólo hay una actividad precedente no hay elección para la maximización, o sea 2 días.

La actividad 55 tiene cinco actividades precedentes, por lo que en la ec.A.4.1., se necesita hacer una elección para el máximo de los valores de FTET y la FTEI será igual a 9.5 días. Los demás valores de FTEI y FTET se han determinado de misma manera. La FTET de la última actividad, calculada en 156 es la duración del proyecto.

El valor del lapso para cada enlace en la red se determnina a partir de los FTEI y FTET que se acaban de encontrar. Los valores de los lapsos se calculan mediante la ecuación A.4.5.. Debe haber un lapso para cada enlace en red. Hay que notar que en cada grupo de precedencias relacionadas a cada actividad, hay cuando menos un lapso con valor de cero.

Holgura Libre es el mínimo lapso de los enlaces que siguen después de una actividad. Para encontrar la HL para cualquier actividad, se elige el mínimo de los lapsos precedentes que llegan a la actividad. Si consideramos la actividad 10, hay cinco enlaces en los que la actividad 10 es la preactividad, para las cinco el lapso es igual a cero, por lo que la HL de la actividad 10 es igual a cero.

La HL para cualquier actividad, excepto la última se ha calculado de la misma manera. Para la última actividad la HL se determina a partir de la diferencia entre su FTAT y su FTET, por lo que se requiere que el valor de FTAT sea asignado; y por lo general es igual al FTET, o sea FTAT es igual a 156 días, y la HL es igual a cero.

Para la HT, la actividad final de la red debe ser la primera en considerarse a determinar. La HT para la actividad 295 se calculó mediante la ec.A.4.8. siendo igual a cero. La próxima actividad que se considera es la 290, aplicando la ec.A.4.9., la HT es el lapso del enlace 290-295 más la HT de la actividad 295, siendo igual a 5. Debido a que solo hay un enlace que sigue a la actividad 290, no se puede hacer otra elección para la minimización.

Cuando existe más de un enlace siguiendo a la actividad como por ejemplo, la actividad 260, en la que habrá elección de un mínimo, el HT es igual a 21.

Debido a que el valor de HT de la actividad final es

igual a cero, todas las actividades con valores de HT iguales a cero, son CRITICAS. Estas actividades son las que determinan la duración del proyecto.

La HINT es la diferencia entre la HT y la HL y se ha aplicado a cada actividad para obtener los valores de HINT.

Por definición sabemos que si la HL es igual a cero, no puede haber un valor de HIND. Si consideramos la actividad 20 y aplicando la ec. A.4.12. la HIND es igual a seis.

Al aplicar la ec.A.4.12. a la actividad 180 da como resultado HIND es igual a cero, por lo que no puede haber un valor de HIND para la actividad 180.

Una vez calculadas las holguras, las FTAI y FTAT se pueden calcular aplicando las ecuaciones A.4.3. y A.4.4.

La tabla No.A.4.1. contiene todos los cálculos para el proyecto, estos datos permitirán al planeador ya sea programar el proyecto con fechas tempranas o tardías, como se muestra, o bien utilizar los valores de las holguras para hacer otros ajustes convenientes para facilitar la realización de la obra, determinar las demandas de mano de obra y equipo y controlar el avance de la obra.

TABLA A.4.1. CALCULOS DE LA PROGRAMACION POR CPM: DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS

ACTIVIDADES	t	J	I	FTEI	FTET	LAPSO	HL	HT	HINT	HIND	FTAI	FTAT
ORDEN DE INICIO	-	5		0	0		0	0	0	-	0	0
DESMONTE, DESTRONCONADO, DESCA.	2	10	5	0	2	0	0	0	0	-	0	2
CONSTRUCCION BODEGA-OFICINA	2.5	15	10	2	4.5	0	0	2.5	2.5	-	4.5	7.0
INSTAL. PROV. SERVICIOS SANIT.	1.5	20	10	2	3.5	0	6.0	6.0	0	6.0	8.0	9.5
INSTAL. PROV. AGUA POTABLE	1	25	10	2	3	0	6.5	6.5	0	6.5	8.5	9.5
TERRACERIA II	7.5	30	10	2	9.5	0	0	0	0	-	2	9.5
REPLANTEO EJES Y NIVELES	1	35	10	2	3	0	0	5.5	5.5	-	7.5	8.5
PREPAR.COMPACT. SUELO-CEMENTO	1.5	40	15	4.5	6	0	0	2.5	2.5	-	7	8.5
MOJOHEADO	1	45	35	3	4	0	5.5	5.5	0	-	8.5	9.5
INSTALACION ELECTRICA	1	50	40	6	7	0	2.5	2.5	0	-	8.5	9.5
TRAZO DE MUROS	3	55	20 25 30 45 50	9.5	12.5	6 6.5 0 5.5 2.5	0	3	3	-	12.5	15.5

TABLA A.4.1. CALCULOS DE LA PROGRAMACION POR CPM: DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS

ACTIVIDADES	t	J	I	FTEI	FTET	LAPSO	HL	HT	HINT	HIND	FTAI	FTAT
TERRACERIA III	22	60	20 25 30 45 50	9.5	31.5	6 6.5 0 5.5 2.5	0	0	0	-	9.5	31.5
EXCAVACION DE MUROS	5	65	55	12.5	17.5	0	0	3	3	-	15.5	20.5
CONSTRUCCION DE MUROS	11	70	65	17.5	28.5	0	3	3	0	-	20.5	31.5
TRAZO DE AGUAS LLUVIAS I	0.5	75	60	31.5	32	0	0	9.75	9.75	-	41.25	41.75
TRAZO DE AGUAS NEGRAS I	1	80	60 70	31.5	32.5	0 3	0	0	0	-	31.5	32.5
CONSTRUC. CORDONES Y CUNETAS	13	85	60 70	31.5	44.5	0 3	0	4.5	4.5	-	36	49
EXCAVACION DE ZANJAS A.LL.I	10	90	75	32	42	0	0	9.75	9.75	-	41.75	51.75
EXCAVACION DE ZANJAS A.NN.I.	11	95	80	32.5	43.5	0	0	0	0	-	32.5	43.5
UNIDAD HABITACIONAL I	58	100	85	44.5	102.5	0	4.5	4.5	0	-	49	107
CONSTRUCCION DE TRAGANTES I	4.5	105	90	42	46.5	0	7	16.75	9.75	-	58.75	63.25

TRABAJO DE GRADUACION: "GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONSTRUCCION DE URBANIZACIONES"

TABLA A.4.1. CALCULOS DE LA PROGRAMACION POR CPM: DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS

ACTIVIDADES	t	J	I	FTEI	FTET	LAPSO	HL	HT	HINT	HIND	FTAI	FTAT
CONSTR.POZOS A.LL.I	8	110	90	42	50	0.	3.5	13.25	9.75	-	55.25	63.25
COLOC. TUBERIA A.LL.I.	3.5	115	90	42	45.5	0	0	9.75	9.75	-	51.75	55.25
COLOC.TUBERIA A.NN.I.	9	120	95	43.5	52.5	0	0	0	0	-	43.5	52.5
CONSTRUC.POZOS A.NN.I.	12	125	95	43.5	55.5	0	6	6	0	6	49.5	61.5
RELLENO-COMP. A.LL.I.	8	130	115	45.5	53.5	0	0	9.75	9.75	-	55.25	63.25
RELLENO-COMP. A.NN.I	9	135	120	52.5	61.5	0	0	0	0	-	52.5	61.5
DESALOJO A.LL.I.	7	140	105 110 130	53.5	60.5	7 3.5 0	0	9.75	9.75	-	63.25	70.25
DESALOJO A.NN.I.	4	145	125 135	61.5	65.5	6 0	0	0	0	-	61.5	65.5
TRAZO AGUAS LLUVIAS II	0.25	150	140	60.5	60.75	0	0	9.75	9.75	-	70.25	71.5
TRAZO AGUAS NEGRAS II	1.5	155	145	65.5	67	0	0	0	0	-	65.5	67
TRAZO DE AGUA POTABLE	2	160	145	65.5	67.5	0	0	21.5	21.5	-	87	89

TRABAJO DE GRADUACION: "GUIA PARA LA PROGRAMACION DE LA CONSTRUCCION DE URBANIZACIONES"

TABLA A4.1. CALCULOS DE LA PROGRAMACION POR CPM: DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS

ACTIVIDADES	t	J	I	FTEI	FTET	LAPSO	HL	HT	HINT	HIND	FTAI	FTAT
EXCAVACION DE ZANJAS A.LL.II	13.5	165	150	60.75	74.25	0	0	9.75	9.75	-	70.50	84
EXCAVACION ZANJAS A.NN.II.	16	170	155	67	83	0	0	0	0	-	67	83
EXCAVACION ZANJAS A.PP	3.5	175	160	67.5	71	0	0	21.5	21.5	-	89	92.5
CONSTRUCCION TRAGANTES II	4	180	165	74.25	78.25	0	10	19.75	9.75	0.25	94	98
CONSTRUC. POZOS A.LL.II	4	185	165	74.25	78.25	0	10	19.75	9.75	0.25	94	98
COLOC.TUBERIA A.LL.II.	3	190	165	74.25	77.25	0	0	9.75	9.75	-	84	87
COLOC.TUBERIA A.NN.II	6.5	195	170	83	89.5	0	0	0	0	-	83	89.5
CONSTRUC. POZOS A.NN.II.	4	200	170	83	87	0	16	16	0	16	99	103
COLOC. TUBERIA A.PP.	3.5	205	175	71	74.5	0	0	21.5	21.5	-	92.5	96
RELLENO-COMP. A.LL.II.	11	210	190	77.25	88.25	0	0	9.75	9.75	-	87	98
RELLENO-COMP. A.NN.II.	13.5	215	195	89	103	0	0	0	0	-	89.5	103
CONSTRUCCION DE ACOMETIDAS A.PP	6	220	205	74.5	80.5	0	0	21.5	21.5	-	96	102

TABLA A.41. CALCULOS DE LA PROGRAMACION POR CPM: DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS

ACTIVIDADES	t	J	I	FTEI	FTET	LAPSO	HL	HT	HINT	HIND	FTAI	FTAT
DESALOJO AGUAS LLUVIAS II	9	225		88.25	97.25		9.75	9.75	0	-	98	107
			180			10						
			185			10						
			210			0						
DESALOJO AGUAS NEGRAS II	4	230		103	107		0	0	0	-	103	107
			200			16						
			215			0						
RELLENO COMPAC. AGUA POTABLE	4	235		80.5	84.5		0	21.5	21.5	-	102	106
			220			0						
DESALOJO AGUA POTABLE	1	240		84.5	85.5		21.5	21.5	0	-	106	107
			235			0						
NIVELACION RASANTE CALLES PJES	1	245		107	108		0	21	21	-	128	129
			100			4.5						
			225			9.75						
			230			0						
			240			21.5						
CONSTRUCCION TALUDES(OB.PRO.II)	7	250		107	114		22	32	0	22	129	136
			100			4.5						
			225			9.75						
			230			0						
			240			21.5						
UNIDAD HABITACIONAL II	29	255		107	136		0	0	0	-	107	136
			100			4.5						
			225			9.75						
			230			0						
			240			21.5						
CONSTRUCCION DE ACERAS Y ARRIAT.	21	260		107	128		28	28	0	28	135	156
			100			4.5						
			225			9.75						

TABLA A.4.1. CALCULOS DE LA PROGRAMACION POR CPM: DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS

ACTIVIDADES	t	J	I	FTEI	FTET	LAPSO	HL	HT	HINT	HIND	FTAI	FTAT
			230 240			0 21.5						
COLOCACION MATERIAL SELECTO	7	265	245	108	115	0	21	21	0	-	129	136
LIMPIEZA	5	270	250 255 265	136	141	22 0 21	15	15	0	15	151	156
TRATAMIENTO SUPERF.CALLES Y PJES	7	275	250 255 265	136	143	22 0 21	13	13	0	13	149	156
ALUMBRADO ELECTRICO	20	280	250 255 265	136	156	22 0 21	0	0	0	-	136	156
CONSTRUCCION DE ZONA VERDE	7	285	250 255 265	136	143	22 0 21	13	13	0	13	149	156
INSTALACION TELEFONICA	15	290	250 255 265	136	151	22 0 21	5	5	0	5	141	156
ENTREGA	-	295	260 270 275 280 285 290	156	156	28 15 13 0 13 5	0	0	0	-	156	156