

50521  
49



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**CONTROL DE PROYECTOS EN LA INDUSTRIA  
PETROLERA**

**T E S I S**  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO QUÍMICO**  
P R E S E N T A :  
**HUGO MENDOZA TELLEZ**

ASESOR:  
M. EN ING. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA



MÉXICO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

2003

A



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**TESIS CON  
FALLA DE  
ORIGEN**

# PAGINACIÓN DISCONTINUA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/070/03**

**ASUNTO: Asignación de Jurado**

**ALUMNO: MENDOZA TELLEZ HUGO**  
**P r e s e n t e.**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>Presidente:</b>	<b>I.Q. Raúl Ramón Mora Hernández</b>
<b>Vocal:</b>	<b>M. en I. Pablo Eduardo Valero Tejeda</b>
<b>Secretario:</b>	<b>I.Q. Luz Elena Flores Bustamante</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Román Campillo Gómez</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Cornelio Flores Hernández</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**  
México, D. F., 26 de Agosto de 2003

**EL JEFE DE LA CARRERA**

**M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA**

**SECRETARIA TECNICA**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



---

## AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POR MI FORMACIÓN COMO ESTUDIANTE Y COMO PERSONA.

A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA POR HABERME ACOGIDO EN ELLA.

AL INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO POR SU APOYO PRESTADO EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO

A MI FAMILIA POR TODO SU APOYO Y CARIÑO.

A MI ASESOR POR HABER CONFIADO EN MI Y APOYARME SIEMPRE.

---

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

C



---

DEDICATORIAS

A MI PADRE, QUIEN SIEMPRE ESTARÁ EN MI CORAZÓN.

A MI MADRE, POR SU FORTALEZA Y CARIÑO.

A MIS HERMANAS POR TODO SU APOYO

A MI FAMILIA POR ESTAR SIEMPRE CONMIGO.

A MIS BUENOS AMIGOS, DE LOS QUE NUNCA ME OLVIDO.



**CONTROL DE PROYECTOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA**

**PRESENTA:**

**HUGO MENDOZA TÉLLEZ**

**ASESOR:**

**M. EN ING. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA**

TESIS CON  
FOLIO DE ORIGEN





## INDICE

OBJETIVOS.....	(9)
INTRODUCCIÓN.....	(10)
CAPITULO I	
1.1) Concepto de proyecto.....	(13)
1.2) Atributos de un proyecto.....	(13)
1.3) Clasificación de proyectos.....	(18)
1.4) Ciclo de vida de un proyecto.....	(20)
1.5) Fases de un proyecto de ingeniería.....	(23)
1.6) Relaciones entre proyectos.....	(25)
1.7) Proceso de la administración de proyectos.....	(26)
1.8) Beneficios de la administración de proyectos.....	(29)
1.9) Administración y control de proyectos.....	(29)
1.10) Criterios de la administración de proyectos.....	(30)
1.11) Etapas de la administración de proyectos.....	(31)
A) Planeación.....	(32)
A.1) Planeación por individuo.....	(33)
A.2) Planeación por proyecto.....	(35)
A.3) Planeación por categoría de trabajo.....	(36)
A.4) Planeación por sección.....	(37)
B) Organización del proyecto.....	(38)
B.1) Organización funcional.....	(38)
B.2) Organización proyectizada (task force).....	(39)
B.3) Organización matricial.....	(40)
C) Dirección.....	(41)
D) Control.....	(42)



## CAPITULO II

2.1) Generalidades.....	(44)
2.2) Incorporación de los cambios del proyecto.....	(48)
2.3) Actualización del programa de trabajo.....	(48)
2.4) Técnicas para la planeación de proyectos.....	(51)
A) Datos estadísticos .....	(51)
B) Informes y análisis especiales.....	(52)
C) Auditoria operacional.....	(52)
D) Desglose de trabajo (WBS).....	(52)
D.1) Historia.....	(54)
D.2) Numeración .....	(55)
D.3) Reglas para el desarrollo de la WBS.....	(56)
D.4) Diccionario.....	(57)
D.5) Trazado de la WBS para costos.....	(57)
D.6) Programa y contrato WBS.....	(58)
D.7) Organización estándar.....	(59)
D.8) Implementación WBS.....	(60)
E) Análisis de la red tiempos-eventos.....	(60)
E.1) Gráfica de Gantt.....	(60)
E.2) Presupuestación con puntos de referencia.....	(61)
E.3) Técnica de evaluación y revisión de programas / método de la ruta crítica (PERT)/CPM.....	(61)
E.3.1) PERT/CPM.....	(62)
E.3.2) PERT/CPM Costos.....	(71)
E.4) Redes estocásticas.....	(73)
E.4.1) Reducción de redes.....	(74)
E.4.2) Método de distribución de límites.....	(75)
E.4.3) Simulación Monte Carlo.....	(77)



E.4.4) Método de la variación antitética.....	(78)
E.4.5) Método GERT .....	(79)
E.5) Método ROY.....	(82)
E.6) Método del Diagrama de Precedencias (PDM).....	(83)
F) Programas de computación para la administración de proyectos.....	(85)

### CAPITULO III

3.1) Análisis del Método PERT/CPM.....	(91)
3.2) Análisis del Método de Reducción de Redes.....	(92)
3.3) Análisis del Método de Distribución de Límites.....	(92)
3.4) Análisis de la Simulación Montecarlo.....	(93)
3.5) Análisis del Método PDM.....	(93)
3.6) Comparación entre el Método de la Variación Antitética (MVA) y el Montecarlo Puro.....	(94)
3.7) Comparación entre el Método de Distribución de Límites (MDL) y la Simulación Montecarlo.....	(96)
3.8) Comparación entre el Método ROY y el Método PERT/CPM.....	(98)
3.9) Comparación entre el Método PDM y PERT/CPM.....	(100)
3.10) Análisis de programas de cómputo para administración de proyectos.....	(101)
3.11) Criterios para seleccionar programas de computación.....	(104)
3.12) Ventajas de los programas de computo para la administración de proyectos.....	(106)
3.13) Consideraciones en relación al uso de programas.....	(107)

### CAPITULO IV

4.1) Caso de estudio.....	(110)
4.1.1) Problema ilustrativo.....	(110)
4.1.2) Proyecto LANKAHUASA.....	(140)



4.1.2.1) Antecedentes.....	(140)
4.1.2.2) Objetivo.....	(140)
4.1.2.3) Alcances.....	(140)
4.1.2.4) Desarrollo.....	(142)
4.1.2.5) Lista de actividades.....	(143)
CONCLUSIONES.....	(173)
BIBLIOGRAFÍA.....	(175)
APÉNDICE (Proveedores de programas de administración).....	(178)

### Índice de figuras

Título	Número	Página
Principales factores en un proyecto.	1	16
Ciclo de vida de un proyecto.	2	20
Fases del proyecto.	3	24
Proyectos mutuamente excluyentes.	4	26
Control del proyecto.	5	46
Actualización del diagrama de red.	6	47
WBS estándar.	7	55
Elemento WBS.	8	59
Redes de Hartley, Wortham y Ringer.	9	75
Tipos de nodos y condicionantes.	10	80
Dependencia en el método Roy.	11	84
<b>PERT/CPM probabilístico</b>		
Entrada.	12	111
Salidas.		
Ruta crítica.	13	111
Tabla de resultados.	14	112
Diagrama PERT/CPM.	15	112

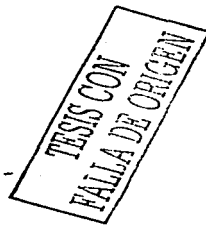




Diagrama de Gantt.	16	113
Análisis de probabilidad.	17	113
Simulación PERT (Simulación Monte Carlo).	18	114
Tabla de resultados de la simulación.	19	114
Grafica de simulación.	20	115
<b>PERT/CPM costos</b>		
Entrada.	21	115
Salidas		
Ruta critica.	22	116
Tabla de resultados.	23	116
Diagrama PERT/CPM.	24	117
Tabla de costos por día.	25	117
Grafica de costos presupuestados.	26	118
Tabla de control de costos.	27	118
<b>MINUTE MAN</b>		
Entrada.	28	119
Calendario de trabajo.	29	119
Tabla de recursos.	30	120
Tabla de asignación de recursos por tarea.	31	120
Salidas		
Diagrama PERT/CPM.	32	121
Diagrama PERT/CPM actualizado.	33	121
Diagrama de Gantt actualizado.	34	122
Reporte de horario del proyecto.	35	122
Reporte de costos totales.	36	123
Reporte de costos por recurso.	37	123
Reporte de costos por actividad.	38	124



## PLANBEE CRITICAL PATH PROJECT MANAGEMENT

<i>Entrada.</i>	39	124
Entrada actualizada.	40	125
Opciones de inicio.	41	125
Calendario de trabajo.	42	126
Asignación de recursos.	43	126
Diagrama de Gantt.	44	127
Diagrama PERT/CPM.	45	127
Informe de recursos.	46	128
Informe general.	47	128

## MICROSOFT PROJECT

<i>Entrada.</i>	48	129
Diagrama de Gantt.	49	129
Calendario de trabajo.	50	130
Diagrama PERT/CPM.	51	130
Diagrama de gantt (secuencia).	52	131
Ruta critica.	53	131
Tabla de costos.	54	132
Tabla de programación.	55	132
Diagrama de Gantt ( actualizado).	56	133
Diagrama PERT/CPM actualizado.	57	133
Diagrama de gantt (secuencia, actualizado).	58	134
Uso de tareas.	59	134
Grafica de recursos.	60	135
Uso de recursos.	61	135
Tabla de recursos.	62	136
Tipo de informes.	63	136
WBS para el proyecto Lankahuasa	64	149

TRABAJO CON  
PLAN DE ORIGEN



Entrada del programa	65	151
Ingreso de actividades	66	151
Entrada de costos	67	152
Plan de Línea Base	68	152
Simulación del proyecto	69	153
Porcentaje de avance	70	153
Curva de avance	71	154
Curva de control	72	178

#### Indice de tablas

Tabla (número)	Nombre	Pagina
1	Clasificación de proyectos	19
2	Planeación por individuo	34
3	Planeación por proyecto	35
4	Planeación por categoría de trabajo	36
5	Planeación por sección	37
6	Matriz de antecedentes	63
7	Matriz de secuencias	63
8	Matriz de tiempos	65
9	Matriz de información	65
10	Matriz de información para costos	72

TRIPS CON  
FRANCISCO DE ORIGEN



## RESUMEN

En el presente trabajo, hablaremos sobre la ingeniería de proyectos, sus diferentes fases, la administración de proyectos y sus ventajas.

Así mismo se abordarán las diferentes técnicas para el control de proyectos, así como su incorporación en distintos programas para la administración de los mismos.

Se establecerá una comparación entre los distintos métodos para la administración y control de proyectos.

Se aplicará una de las técnicas a un problema de estudio relacionado a un complejo de producción petrolero en su fase conceptual, en la etapa que corresponde a la ingeniería básica.

TESIS CON

PA. EN ORIGEN

B-A





## **OBJETIVOS**

- 1) Establecer la importancia de los procesos de la administración de proyectos (Planeación, organización, dirección y control).**
- 2) Determinar la importancia del control de proyectos y las herramientas usadas para ello.**
- 3) Establecer un análisis comparativo entre las diferentes herramientas para el control del proyecto.**
- 4) Aplicación del control de proyectos a un caso de estudio.**



## INTRODUCCION

El medio en el cual se desarrolla el hombre es un medio dinámico, en cuyo entorno día a día surgen nuevos retos. El hacer frente a dichos retos requiere de la aplicación sistemática de los conocimientos que se tienen, así como del desarrollo de nuevos métodos y técnicas que permitan su aplicación lo mas temprano posible. Estos nuevos retos comprenden todas las disciplinas que el hombre ha creado, la física, la química, la biología, etc. En este contexto la ingeniería química y sus disciplinas, la ingeniería de proyectos y la administración de proyectos no son la excepción. En esta última disciplina los cambios se han presentado de manera relativamente rápida, pasando de formas de aplicar la administración puramente cualitativas a formas sistemáticas integradoras. Actualmente la administración de proyectos integra, tanto los recursos humanos y materiales, como los tiempos y las formas de trabajo para lograr alcanzar sus objetivos de acuerdo a lo esperado. La parte esencial que amalgama todos estos conceptos y que es determinante en la marcha y la buena consecución de los proyectos es, el control de proyectos. El entender este concepto, sus alcances y su importancia dentro del proyecto es una tarea ardua, que sin embargo, ofrece grandes recompensas cuando logra aplicarse de manera adecuada. Esto se debe a que controlar es sinónimo de seguridad, y la seguridad es un anhelo al que aspira todo buen administrador de proyectos y toda persona que inicia un nuevo proyecto.

Por todo lo anteriormente expuesto, en el capítulo I, hablaremos sobre la ingeniería de proyectos, sus diferentes fases, la administración de proyectos y sus ventajas.

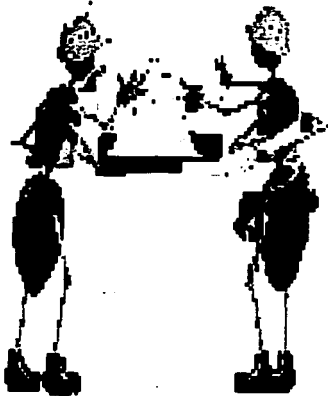
En el capítulo II, se abordarán las diferentes técnicas para el control de proyectos, así como su incorporación en distintos programas para la administración de los mismos.

En el capítulo III, se establecerá una comparación entre los distintos métodos para la administración y control de proyectos contemplados en el capítulo anterior.

TEMAS CON  
FALTA DE ORIGEN



En el capítulo IV, se aplicará una de estas técnicas a un problema de estudio relacionado a un complejo de producción petrolero en su fase conceptual, en la etapa que corresponde a la ingeniería básica.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



---

# CAPITULO I

---

TEBIS CON  
FALSA DE ORIGEN



## 1.1) CONCEPTO DE PROYECTO

Un proyecto se define como: un plan prospectivo de una unidad de acción capaz de materializar aspectos del desarrollo económico y social, proponiendo la producción de algún bien o servicio, y empleando cierta tecnología para obtener alguna ventaja económica y social; además supone la indicación de los medios necesarios para su realización y la adecuación de esos medios a los resultados que se persiguen.

Una definición más integral es la siguiente: un proyecto es un conjunto de actividades interdependientes e interrelacionadas que utilizan recursos humanos, materiales, financieros y naturales, sobre los cuales se imponen ciertas limitaciones o restricciones y cuyo propósito final es satisfacer las necesidades humanas.

Estas dos definiciones difieren en que la primera concibe al proyecto como un plan prospectivo, es decir actividades por realizar; y la segunda asume que ya está en operación ( lo que implicaría que la planta ya está funcionando).

Una tercera definición que retome ambos conceptos es la siguiente; *un proyecto es un intento por lograr un objetivo específico mediante un juego único de tareas interrelacionadas y el uso efectivo de los recursos.*

## 1.2) ATRIBUTOS DE UN PROYECTO

Los atributos siguientes ayudan a obtener una idea más completa de lo que es un proyecto.

- Un proyecto tiene un **objetivo** bien definido, un resultado o un producto esperado. Por lo general el objetivo de un proyecto se define en términos del costo, tiempo, calidad y aceptación del cliente.



- Un proyecto se lleva a cabo mediante una serie de tareas interdependientes, es decir un número de tareas no repetitivas que es necesario realizar en un cierto orden con el fin de lograr el objetivo del proyecto.
- Un proyecto utiliza varios recursos para realizar las tareas. Esos recursos pueden incluir diferentes personas, organizaciones, equipos, materiales e instalaciones.
- Un proyecto tiene un marco de tiempo específico, o tiempo limitado. Tiene un tiempo de inicio y una fecha para la cual se tiene que lograr el objetivo.
- Un proyecto puede ser un intento único. Algunos proyectos, como diseñar y construir una estación submarina, son únicos porque nunca antes se ha intentado hacerlos. Otros proyectos como el desarrollar un nuevo producto, construir una casa, o planear una fiesta, son únicos debido a que se requiere que sea hechos de acuerdo a ciertas especificaciones especiales.
- Un proyecto tiene un cliente. El cliente es la entidad que proporciona los fondos necesarios para el logro del proyecto; puede ser una persona, una organización, o un grupo de dos o más personas u organizaciones. Cuando un contratista construye una casa para una persona de acuerdo a ciertas especificaciones especiales, la persona es el cliente que proporciona los fondos para el proyecto. Cuando una recibe recursos del gobierno para desarrollar un dispositivo automático para el manejo de materiales radioactivos, el cliente es la agencia de gobierno. Cuando una compañía proporciona fondos para un equipo de sus empleados con el fin de actualizar el sistema de información a la administración de la empresa, el termino cliente toma una definición mas amplia, incluyendo no solo al que proporciona los medios para el proyecto (la administración de la compañía) sino también a otras personas que tienen participación en la empresa, por



ejemplo las personas que serán los usuarios finales del sistema de información.. La persona que administra el proyecto y su equipo tiene que cumplir con éxito el objetivo fijado para satisfacer al (los) cliente(s).

- El proyecto incluye un grado de incertidumbre. Antes de que inicie un proyecto se prepara un plan sobre la base de ciertos supuestos y estimados. Es importante documentar estos supuestos ya que influirán sobre el desarrollo del presupuesto, el programa y el alcance del trabajo del proyecto. Un proyecto se basa en un grupo único de tareas y estimados de que duración debe tener cada tarea, los recursos y supuestos sobre la disponibilidad y capacidad de esos recursos y estimados de sus costos. Esta combinación de suposiciones y estimados ocasionan un grado de incertidumbre con relación a si el objetivo del proyecto será alcanzado por completo. Por ejemplo, el alcance del proyecto quizá se logre para la fecha fijada como meta, pero el costo final puede ser mucho más alto de lo anticipado debido a los bajos estimados iniciales del costo de ciertos recursos. Según avanza el proyecto, algunas de las suposiciones serán perfeccionadas o reemplazadas con información basada en hechos. Por ejemplo, una vez que se termina el diseño conceptual del informe anual de una compañía, se puede estimar mejor la cantidad de tiempo y de esfuerzos necesarios para completar el diseño detallado y su impresión.

Por lo general el logro exitoso del objetivo del proyecto esta limitado por cuatro factores: alcance, costo, programa y satisfacción del cliente. Dichos factores se muestran en la figura 1.

El **alcance de un proyecto** –conocido también como alcance de trabajo, es todo el trabajo que se tienen que realizar con el fin de que el cliente quede satisfecho de que las entregas (el producto o los artículos tangibles a proporcionarle) cumplan con los requisitos o los criterios de aceptación acordados al inicio del proyecto. Por ejemplo el alcance para un proyecto de construcción de una casa

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN



podiera ser todo el trabajo incluido en limpiar el terreno, construir una casa y preparar los jardines de acuerdo a las especificaciones acordadas entre el contratista y el comprador.

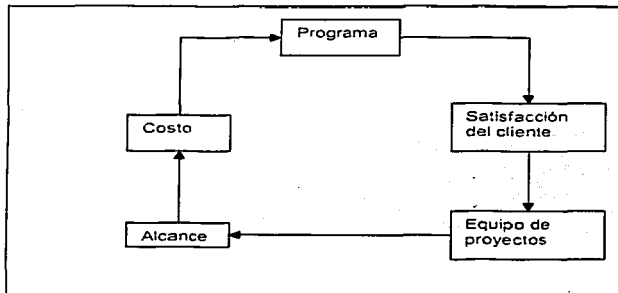


Figura1. Principales factores en un proyecto. Fuente(referencia 2)

Por ejemplo en el proyecto, de construir una casa, el cliente espera que la mano de obra sea de la más alta calidad. Si se termina el alcance de trabajo, pero se dejan ventanas difíciles de abrir o cerrar, llaves que goteen, o un jardín lleno de rocas, dará como resultado un cliente descontento. El **costo de un proyecto** es la cantidad que ha convenido pagar el cliente por las entregas aceptables del proyecto. Se basa en un presupuesto que incluye un estimado de los costos, relacionado con los diferentes recursos que se usaran para realizar el proyecto. Podiera incluir los sueldos de las personas que trabajaran en el proyecto, los materiales y suministros, el alquiler de equipos o instalaciones y los honorarios de los subcontratistas o asesores que realizaran algunas de las tareas del proyecto.





El **programa de un proyecto** es la relación de tiempos que especifica cuando se debe iniciar y terminar cada actividad, por lo general el objetivo del proyecto expresa el tiempo en el cual se tiene que completar el alcance del proyecto en términos de una fecha específica, acordada entre el cliente y la persona o la organización que realiza el trabajo. Pudiera ser la fecha en que se llevara a cabo la celebración del centenario de una ciudad o la fecha en la que se quiere terminar el añadir un salón de estar a la casa. El objetivo de cualquier proyecto es completar el **alcance** dentro del presupuesto para una fecha determinada, a satisfacción del cliente. Para ayudar a asegurar el logro de ese objetivo, es importante desarrollar un plan maestro; éste debe incluir todas las tareas de trabajo, los costos relacionados los costos relacionados y los estimados del tiempo necesario para terminarlos. La carencia de este tipo de plan aumenta el riesgo de fracaso y no cumplir el alcance total del proyecto dentro del presupuesto y a tiempo.

Una vez que se inicia un proyecto pueden ocurrir circunstancias imprevistas que pongan en peligro el logro del objetivo fijado con relación al alcance, el costo o el programa.

- El costo de algunos materiales puede ser más alto de lo estimado originalmente.
- La inclemencia del tiempo puede ocasionar una demora.
- Quizá se requiera diseñar de nuevo y hacer modificaciones a una maquinaria automática y compleja para lograr que cumpla con las especificaciones de desempeño.

El reto para el gerente de proyectos es prevenir y superar ese tipo de circunstancias, con el fin de completar el alcance del proyecto de acuerdo al programa, dentro del presupuesto y a satisfacción del cliente. La buena planeación y la comunicación son esenciales para evitar que ocurra un problema y minimizar su repercusión sobre el logro del objetivo del proyecto si sucede. El gerente del



proyecto necesita ser proactivo en la planeación y en la comunicación y debe proporcionar liderazgo a su equipo para lograr el objetivo del mismo.

La responsabilidad del gerente de proyecto es asegurarse de que el cliente quede satisfecho, más que solo completar el alcance del proyecto dentro del presupuesto y a tiempo, o preguntar al cliente si está satisfecho al final del proyecto. Requiere de una comunicación continua con el cliente para mantenerlo informado y determinar si las expectativas han cambiado. Ejemplos de formas de lograr esas comunicaciones son reuniones programadas periódicamente o informes de avance, frecuentes discusiones por teléfono o por correo electrónico. La satisfacción del cliente significa incluirlo como un socio en el resultado exitoso del proyecto mediante su participación activa. El gerente de proyecto debe estar consciente del grado de satisfacción del cliente todo el tiempo. Al mantener una comunicación periódica con él, el gerente del proyecto le demuestra que esta sinceramente preocupado por sus expectativas y evita desagradables sorpresas posteriores.

### **1.3) CLASIFICACION DE PROYECTOS**

La clasificación de los proyectos se lleva a cabo de acuerdo a su rama de estudio por lo que puede ser muy variada de acuerdo al enfoque que decida tomarse, un ejemplo podría ser la clasificación presentada en la tabla 1. Esta clasificación es de bastante utilidad ya que permite ubicar la mayoría de los proyectos.



Tabla1. Clasificación de proyectos. Fuente (referencia 1 )

Enfoque	Tipo de proyecto
a) Economía	<p><i>Agropecuarios.-</i> Abarcan la producción animal, vegetal, pesquera y forestal.</p> <p><i>Industriales.-</i> Comprenden la actividad manufacturera, la industria extractiva y el procedimiento extractivo de productos de pesca, de agricultura y de la actividad pecuaria.</p> <p><i>Infraestructura económica.-</i> Incluye los proyectos que proporcionan a la actividad económica ciertos insumos, bienes o servicios de utilidad general, tales como: energía eléctrica, transporte y comunicación, etc.</p> <p><i>Servicios.-</i> Su fin es el prestar servicios de carácter personal, material o técnico mediante el ejercicio profesional y/o a través de instituciones.</p>
b) Ingeniería	<p><i>Estáticos.-</i> Son los que tienen un comienzo y un fin definido.</p> <p><i>Dinámicos.-</i> Se caracterizan por la existencia de un ciclo continuo de producción y no se puede determinar cuando terminará de operar el proyecto.</p>
c) Administración	<p><i>Microproyectos.-</i> Son un conjunto de actividades que tienden a racionalizar la asignación de recursos escasos dentro de una institución , para satisfacer sus necesidades básicas que pueden ser individuales o colectivas.</p> <p><i>Macroproyectos.-</i> Son los que se realizan intersectorialmente, en donde por lo regular intervienen dos o más instituciones y cuyo objetivo es la satisfacción de alguna necesidad colectiva a través de la producción.</p>



#### 1.4) CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

En la figura 2 se muestran las cuatro fases generales de cualquier proyecto y la cantidad relativa de esfuerzo y tiempo dedicados a cada fase. Según el proyecto se desplazará a través de su ciclo de vida, diferentes organizaciones, personas y recursos desempeñan papeles dominantes.

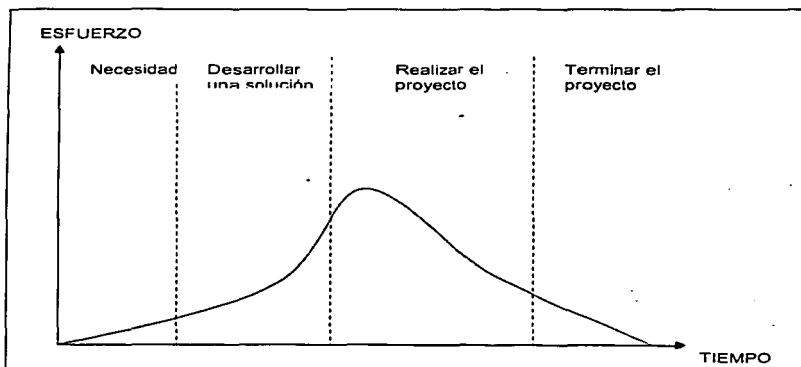


Figura 2. Ciclo de vida de un proyecto. Fuente (referencia 2 )

Los proyectos se originan cuando el cliente, las personas o la organización dispuestos a proporcionar los fondos identifican una necesidad. El cliente primero tiene que identificar una necesidad o el problema. En ocasiones el problema se identifica con rapidez, como en el caso de un desastre como puede ser una inundación o una sequía. En otras ocasiones quizá se requieran meses para que



el cliente identifique con claridad una necesidad, recopile información sobre el problema y defina ciertos requisitos que tiene que cumplir la persona, el equipo del proyecto o el contratista que solucionara el problema.

En la primera fase del ciclo de vida del proyecto se incluye la identificación de una necesidad, un problema, o una oportunidad, y puede dar como resultado que el cliente solicite propuestas, a personas a un equipo de proyectos u organizaciones para resolver el problema identificado. Por lo general la necesidad y los requisitos los redacta el cliente por escrito en un documento denominado una *solicitud de propuesta* (SDP). A través de la SDP el cliente les pide a personas individuales o contratistas que presenten propuestas sobre como solucionarían el problema, junto con el costo correspondiente y el programa. Una compañía que ha identificado la necesidad de actualizar su sistema de computación pudiera documentar sus requisitos en una SDP y enviarla a varias empresas de asesoría de computación. Con frecuencia las necesidades se definen de un modo informal en una reunión, o una discusión entre un grupo de personas. Algunas de las personas quizás entonces se ofrezcan o se les solicite que preparen una propuesta para determinar si se debe llevar a cabo un proyecto para resolver la necesidad. Es importante definir la necesidad correcta, ya que de no hacerlo toda la metodología empleada posteriormente dará como resultado una solución de poco valor.

La segunda fase del ciclo de vida de un proyecto es el desarrollo de una solución propuesta a la necesidad o al problema. Esta fase da como resultado la presentación de una propuesta al cliente por parte de una o más personas u organizaciones, quienes desearían que el cliente les pagara por poner en práctica posteriormente la solución propuesta. En esta fase el esfuerzo del contratista es predominante. Los contratistas interesados en contestar la SDP quizá dediquen varias semanas a desarrollar enfoques para solucionar el problema, estimar los tipos y cantidades de recursos que sería necesarios, y estimar el tiempo que haría falta para diseñar y poner en práctica la solución propuesta. Cada contratista

TELÉFONO  
DE LA DE ORIGEN



---

documenta esta información en una propuesta por escrito y la entrega al cliente. Después de que este último evalúa las presentaciones y selecciona la propuesta ganadora, el cliente y el contratista ganador negocian y firman un contrato. En muchas situaciones la solicitud de propuesta quizá no incluya solicitar propuestas competitivas de contratistas externos. El equipo interno de proyectos de la misma compañía quizá desarrolle una propuesta en respuesta a una necesidad o a solicitud definida por la administración. En este caso, el proyecto lo llevarían a cabo los propios empleados de la compañía en lugar de un contratista externo.

La tercera fase del ciclo de vida del proyecto es la puesta en práctica de la solución propuesta. Esta fase se inicia después de que el cliente decida cual de las soluciones propuestas satisface mejor la necesidad y llegue a un acuerdo con el contratista que presentó dicha propuesta. Esta fase conocida como desarrollar el proyecto, incluye hacer la planeación detallada del proyecto y después poner en práctica ese plan para lograr el objetivo del proyecto. Durante esta etapa se utilizarán diferentes tipos de recursos. Por ejemplo, si el proyecto es diseñar y construir un edificio para oficinas, el esfuerzo del proyecto quizá primero incluya a varios arquitectos e ingenieros para desarrollar los planos del edificio. Entonces según se inicia la construcción, los recursos necesarios aumentarán en forma importante para incluir trabajadores del acero, carpinteros, electricistas, pintores, etc. El proyecto se dará por terminado después de que se complete el edificio y un número más pequeño de diferentes trabajadores terminarán los jardines y darán los toques finales al interior. Esta fase da como resultado el logro del objetivo del proyecto, dejando al cliente satisfecho de que el alcance total del trabajo se completó con calidad, dentro del presupuesto y tiempo. Por ejemplo, la tercera parte queda completa cuando un contratista ha terminado el diseño y la instalación de un sistema de automatización, de acuerdo a las necesidades específicas del cliente, que pase en forma satisfactoria pruebas de desempeño y sea aceptado por el cliente o cuando un equipo interno de proyectos de una compañía ha



terminado un proyecto, como respuesta a una solicitud de la administración que consolidó dos de sus instalaciones en una.

La fase final del ciclo de vida del proyecto es terminarlo. Cuando un proyecto esta terminado se necesita realizar ciertas actividades de cierre, por ejemplo, confirmar que todas las entregas se han hecho al cliente y han sido aceptadas por él, se han cobrado todos los pagos y que se ha pagado todas las facturas. Durante esta fase una tarea importante es evaluar el desempeño del proyecto con el fin de aprender qué se pudiera mejorar si se llevara a cabo un proyecto similar en el futuro. Esta fase debe incluir, obtener retroalimentación del cliente para determinar su nivel de satisfacción y si el proyecto cumplió con sus expectativas. También se debe obtener retroalimentación del equipo del proyecto en la forma de recomendaciones, para mejorar el desempeño de proyectos en el futuro.

Los ciclos de vida del proyecto varían en duración desde algunas semanas, hasta varios años, dependiendo del contenido, complejidad y magnitud del proyecto. Sin embargo, no todos lo proyectos pasan formalmente a través de las cuatro fases, por ejemplo, si el gerente general de una compañía determina que el cambiar la disposición de los equipos en la fábrica aumentará la eficiencia, simplemente pudiera dar instrucciones al gerente de producción, para que inicie este proyecto y lo ponga en práctica, utilizando el personal propio de la compañía. En este caso no habría una solicitud por escrito de una propuesta de contratistas externos. En general, el ciclo de vida de un proyecto se sigue de manera más formal y estructurado cuando el proyecto se realiza en un ambiente de negocios, y tiende a ser menos formal cuando lo lleva a cabo una sola persona o grupo de voluntarios.

### **1.5) FASES DE UN PROYECTO DE INGENIERIA**

Los proyectos de ingeniería corresponden a los proyectos perfectamente sustituibles o mutuamente excluyentes ya que para el mismo fin se tiene un grupo de alternativas. Para el desarrollo de un proyecto de esta índole es necesario un

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



planteamiento inicial que exponga exactamente cuales son los objetivos, el producto final deseado y los recursos disponibles. Una vez establecidos estos parámetros pueden identificarse en la ejecución del proyecto las siguientes fases representadas en la siguiente figura.

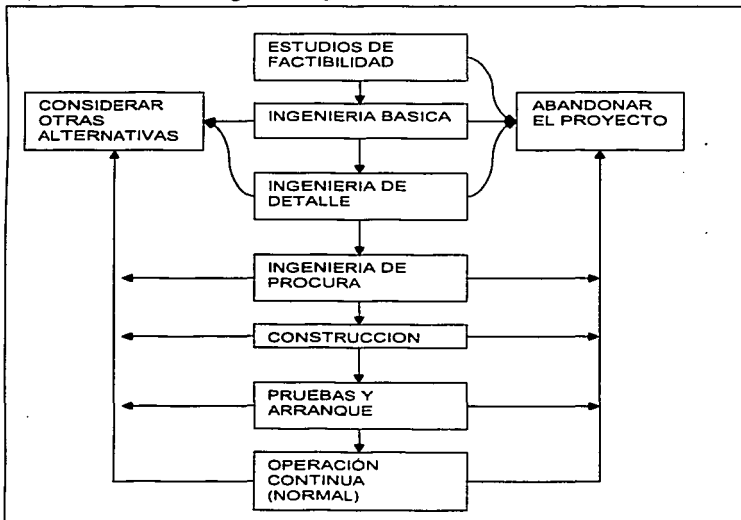


Figura 3. Fases del proyecto. Fuente (referencia 1 )

En la figura 3 se muestran esquemáticamente estas fases, y en ella se puede observar, que casi en todas ellas es posible ya sea continuar con el proyecto, considerar otras alternativas, o abandonar el proyecto.





## 1.6) RELACIONES ENTRE PROYECTOS

Si se desea aplicar una metodología para clasificar los proyectos, independientemente de su naturaleza, es necesario reconocer la relación que puede existir entre los proyectos. De acuerdo a este concepto, los proyectos pueden ser:

- Proyectos independientes
- Proyectos complementarios
- Proyectos sustitutos
- Proyectos perfectamente sustituibles o mutuamente excluyentes.

### a) Proyectos independientes

Los proyectos A y B son independientes en la medida que la realización de uno no impida ejecutar el otro, y que los beneficios netos de cada uno no se afecten para la realización del otro.

### b) Proyectos complementarios

Los proyectos A y B son complementarios si los beneficios netos de realizar ambos superan la suma de los beneficios de A (realizado sin B), y de los de B (sin A).

### c) Proyectos sustitutos

El proyecto de A es sustituto de B si su realización reduce la posibilidad de ejecutar B, o si disminuye los beneficios de realizar B.

### d) Proyectos perfectamente sustituibles o mutuamente excluyentes

Este es el caso extremo de proyectos sustitutos y se presenta si la realización de uno elimina la posibilidad de ejecutar el otro o si elimina los beneficios del otro. Dos proyectos pueden ser excluyentes por tres motivos:

- Porque cada uno por su cuenta agota el presupuesto disponible para la inversión, y por lo tanto, si se realiza uno, no habrá dinero para realizar el otro.

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN



- Debido al hecho de que cada uno utiliza un insumo de oferta fija, y si se ejecuta un proyecto no habrá el insumo necesario para producir el segundo.
- El carácter excluyente podría atribuirse a que los dos proyectos atienden a la misma necesidad, y por lo tanto, representan soluciones alternativas a la misma necesidad. En la figura 4 se presenta este concepto.

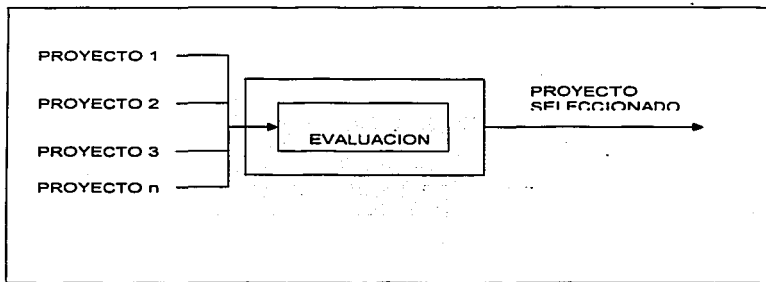


Figura 4. Proyectos mutuamente excluyentes. Fuente (referencia 1 )

### 1.7) PROCESO DE LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS

El proceso de la administración del proyecto significa planear el trabajo y después trabajar el plan para lograr el objetivo del proyecto. El esfuerzo principal en la administración de un proyecto tiene que estar centrado en establecer un *plan de línea base* que proporcione un plan de la ruta para indicar cómo se logrará el alcance del proyecto a tiempo y dentro del presupuesto. Este esfuerzo de planeación incluye los siguientes pasos.

- a) *Definir con claridad el objetivo del proyecto.* La definición tiene que ser aceptada por el cliente y la persona o la organización que realizará el proyecto.



- b) *Dividir y subdividir el alcance del proyecto* en "piezas" importantes, o *paquetes de trabajo*. Aunque los proyectos trascendentes quizá parezcan abrumadores cuando se contemplan como un conjunto, una forma de resolverlos es dividirlos en partes. Lo cual se puede lograr mediante una estructura de división de trabajo (EDT o WBS), que no es otra cosa que un árbol jerárquico de elementos o partidas de trabajo, logradas o producidas por el equipo del proyecto durante el mismo. Por lo general la estructura de división de trabajo identifica a la organización o persona que tiene la responsabilidad de cada paquete de trabajo.
- c) *Definir las actividades específicas* que son necesarias de realizar para cada paquete de trabajo con el fin de lograr el objetivo del proyecto.
- d) *Presentar gráficamente las actividades* bajo la forma de un diagrama de red. Este diagrama muestra el orden necesario y las interdependencias de las actividades para lograr el objetivo del proyecto.
- e) *Hacer un estimado de tiempo* de la duración que tendrá que completar cada actividad.
- f) *Hacer un estimado de costos* para cada actividad. El costo se basa en los tipos y cantidades de recursos necesarios para cada actividad.
- g) *Calcular el programa y el presupuesto* de un proyecto, para determinar si el mismo se puede terminar dentro del tiempo requerido, con los fondos asignados y con los recursos disponibles. Si no es así se tiene que hacer ajustes al alcance del proyecto; a los tiempos estimados de las actividades, o a las asignaciones de recursos hasta que se pueda establecer un *plan de línea base* alcanzable y realista.

La planeación determina que se necesita hacer, quién lo hará, cuánto tiempo se necesitará y cuánto costará. El resultado de este esfuerzo es un plan de línea base. El tomar el tiempo necesario para desarrollar un plan bien pensado es crítico para el logro exitoso de cualquier proyecto.



El plan de línea base para un proyecto se puede mostrar en un formato gráfico o tabular para cada periodo, desde el inicio del proyecto hasta su terminación. La información que debe incluir es:

- Las fechas de inicio y terminación de cada actividad.
- Las cantidades de los diversos recursos que se necesitarán durante cada periodo.
- El presupuesto para cada periodo, así como el presupuesto acumulado desde el inicio del proyecto a través de cada periodo.

Una vez que se ha establecido un plan de línea base, se tiene que poner en práctica. Esto incluye realizar el trabajo de acuerdo al plan y controlar el trabajo en forma tal, que el alcance del proyecto se logre dentro del presupuesto y el programa, a satisfacción del cliente.

Una vez que se inicia el proyecto es necesario supervisar el avance, para asegurar que todo vaya de acuerdo al plan. En esta etapa, el proceso de administración del proyecto incluye medir la evolución real y compararlo con lo planeado. Para medir el progreso real es importante estar informado de cuáles actividades se han iniciado realmente y/o terminado, cuándo se iniciaron y/o terminaron y cuanto dinero se ha gastado o comprometido. Si durante algún momento del proyecto, la comparación del progreso real con el planeado revela que el proyecto esta atrasado, que se ha excedido el presupuesto, o que no cumple con las especificaciones técnicas, se tiene que llevar a cabo una acción correctiva, para hacer que el proyecto vuelva a estar dentro de las especificaciones. Antes de que se tome una decisión para poner en práctica una acción correctiva, quizá sea necesario evaluar acciones alternativas, para asegurarse de que dicha acción hará que de nuevo el proyecto este dentro de los objetivos. Si un proyecto queda fuera de control, quizá sea difícil lograr el objetivo del proyecto sin sacrificar el alcance, el presupuesto, el programa o la calidad.



---

La clave para el control efectivo del proyecto es medir el progreso real y compararlo con el planeado sobre una base oportuna y periódica y, si es necesario, realizar la acción correctiva de inmediato. Con base en el avance real es posible pronosticar un programa y un presupuesto para la terminación del proyecto. Si estos parámetros se encuentran más allá de los límites del objetivo del proyecto, se deben poner en práctica las acciones correctivas necesarias.

### **1.8) BENEFICIOS DE LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS**

El mayor beneficio de poner en práctica técnicas de administración de proyectos es tener un cliente satisfecho, tanto si el proyecto es propio, como si lo es de una empresa a quien un cliente le paga para realizar un proyecto. El completar el alcance total del proyecto con calidad, a tiempo y dentro del presupuesto, proporciona una gran sensación de satisfacción. Para un contratista significa que puede llevarlo en un futuro a negocios adicionales con el mismo cliente o a nuevos negocios recomendados por clientes previamente satisfechos. Al gerente del proyecto le queda la satisfacción de haber dirigido un esfuerzo de proyecto exitoso, lo cual resalta su reputación y le pone en posición de obtener mejores oportunidades para su carrera. Para el miembro del equipo de proyectos, le queda la satisfacción de encontrarse en un equipo ganador, ya que no solo contribuyó al éxito del proceso sino que también probablemente amplió sus conocimientos y habilidades.

### **1.9) ADMINISTRACION Y CONTROL DE PROYECTOS**

La administración de las numerosas actividades de un proyecto, que aunque separadas están interrelacionadas, es frecuentemente tan complejo como ejecutar las actividades mismas. Aplicando los conceptos de administración a este



problema de control, vemos que puede subdividirse en cuatro funciones diferentes aunque interdependientes:

1) Establecimiento de los objetivos estratégicos de conjunto. Es interesante hacer notar dos puntos a este respecto. Primero, la manera de proseguir está ligada tanto a la estrategia como a la asignación de recursos y, segundo la selección de la fecha de introducción esta afectada por el plan y por el programa de operaciones.

2) El establecimiento de las operaciones o actividades necesarias para llevar a cabo el plan estratégico, la determinación de la mejor secuencia de realización de operaciones y la puntualización de los recursos requeridos para realizar cada actividad. Este es el plan de operaciones.

3) Determinación de la disponibilidad de recursos (hombres, dinero, maquinas, materiales y tiempo) necesarios para que el proyecto en conjunto pueda ser realizado y, a continuación, asignar estos recursos de acuerdo al plan de operaciones. El resultado de este procedimiento será contar con las fechas de iniciación y de terminación predichas de cada actividad separada del proyecto. A esto se llama el programa de operaciones.

4) Control del proceso completo relacionado instantáneamente a las desviaciones que ocurran entre el avance predicho y el real, para asegurar, de ser posible, que el proyecto sea terminado en programa. De no ser posible la administración decide, ya sea revisar el programa, o continuar el proyecto.

### **1.10) CRITERIOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

Los tres elementos fundamentales de un proyecto son: operaciones, recursos y restricciones. Si vamos a controlar un proyecto debemos coordinar los tres elementos diferentes, frecuentemente contradictorios, en un plan maestro o modelo de trabajo, que llevará a cabo el proyecto completo, en el mejor tiempo, el



menor costo y el grado mínimo de riesgo. Además de un plan maestro, existen ciertas necesidades de operación que deben ser satisfechas. El plan debe ser dinámico, y darnos la habilidad para:

- Revisarlo y actualizarlo de inmediato
- Considerar los costos de varias alternativas, en dinero y tiempo.
- Entender y valorar el efecto de un cambio.
- Establecer criterios para la asignación y programación de recursos.
- Proporcionar el vehículo de comunicación y asimilación.
- Proporcionar criterios para valorar la precisión de las estimaciones y ayudar a refinarlas para sus usos posteriores.

Además, cualquier plan maestro desarrollado tendrá ciertas restricciones impuestas de naturaleza práctica. Por ejemplo, debe proporcionarse una notificación inmediata de las desviaciones que ocurran entre los resultados predichos y los reales, de tal modo que el nivel de administración afectado pueda tomar la acción necesaria.

En resumen, la administración de proyectos queda mejor servida con un sistema de control de tiempo real, que haga posible responder a una situación de acuerdo a su grado de urgencia. Si se requiere una respuesta inmediata, el sistema debe proporcionar a la administración los medios necesarios. Si no se requiere acción, la administración no necesita siquiera ser informada.

### **1.11) ETAPAS DE LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

La administración al igual que la ingeniería de proyectos se divide en etapas o fases, cada una de estas son importantes ya que nos permiten la integración de grupos de trabajo, asignar responsabilidades, motivar la ejecución eficiente, coordinar los esfuerzos de los miembros y dirigir la consecución del plan y el logro de los objetivos del proyecto. A continuación se define qué sucede en cada fase.

TESIS CON  
FACULTAD DE ORIGEN



## A) Planeación

La planeación del proyecto es una fase fundamental de la administración, incluso se puede decir que es el punto de ajuste en un sistema de control, ya que en ella se define con toda claridad el *objetivo* del proyecto en términos de alcance y se definen sus prioridades incluyendo los recursos que van a ser utilizados, los tiempos de terminación, los resultados esperados; además de especificar y asignar las responsabilidades específicas en el trabajo. Además debe *pronosticarse* el tiempo estimado y los recursos requeridos para desarrollar las actividades. Los *presupuestos* son muy útiles en la planeación de proyectos y el control de costos. Así mismo, en esta fase el director del proyecto debe definir las *políticas* para determinar que actividades son más críticas para su terminación, que recursos deben emplearse y como deben gastarse algunos recursos adicionales para lograr la consecución del proyecto.

La naturaleza diferente y los requerimientos de las variadas fases del ciclo de vida de un proyecto requieren que los distintos aspectos sean dirigidos conforme se desarrolla el proyecto. La planeación del proyecto no se puede hacer comprensible, por completo, al principio del proyecto. La incertidumbre durante las primeras etapas del proyecto es bastante grande. En vez de esto, la planeación debe ser incrementada. La planeación inicial se debe concentrar en la construcción de bases de planeación viables para cada subsistema principal.

Los documentos que se generan en esta fase son:

- Alcance del proyecto
- Programación
- Estimación Horas-Hombre
- Programa de avance del proyecto
- Programa de personal





Sobre este último punto podemos mencionar que es una de las áreas más difíciles en la planeación del personal de ingeniería de la propia compañía. La principal incertidumbre, que ocasiona dificultad, es prevenir la cantidad y el tiempo de trabajo del proyecto futuro. En la ingeniería de proyectos existen dos grandes consideraciones:

- Una estimación anual del programa de proyectos.
- Una valoración de las habilidades del personal para realizar dichos trabajos.

El departamento de ingeniería puede enfrentarse a lo siguiente:

- Una gran cantidad de estudios de factibilidad.
- Requerimientos de servicios técnicos.
- Desarrollo de métodos de investigación técnica.
- Actualidad de los proyectos probables o anticipados.

No es demasiado difícil fijar los requerimientos de servicios técnicos y el desarrollo de métodos de investigación técnica basados en experiencias pasadas. Pero las evaluaciones de los estudios de factibilidad y los proyectos de capital dependen de factores que frecuentemente están fuera del control del departamento de ingeniería.

Aún a pesar de que puede haber mucha incertidumbre en la carga de trabajo, una cosa es cierta, las evaluaciones y la planeación de la mano de obra asociada son esenciales. Los siguientes documentos bosquejan un enfoque sistemático para la planeación de la mano de obra de un proyecto de ingeniería.

#### **A.1) Planeación por individuo**

La planeación individual es el nivel más bajo de detalle. No sólo provee una valoración de las necesidades de mano de obra para satisfacer una carga de trabajo proyectada, sino que también provee un programa de desarrollo para cada ingeniero.

La tabla 2 ilustra un plan de tres años para el personal de servicios al proyecto (estimaciones, control de costos, programación).



Tabla 2. Planeación por individuo. Fuente (referencia 3 )

CODIGO DEL PROYECTO	OFICINA CENTRAL	ASIGNACION DEL PROYECTO	TRANSFERENCIA	
ACTIVIDAD	SERVICIOS AL PROY.	ASIGNACIONES	PAGINA	FECHA NOTAS
<b>NOMBRE ESTIMACION:</b>		<b>PROGRAMA</b>		
1) ELEMENTO	GEN. ETAPA. CONTR.	FACT.	EST. GEN.	
2) ELEM.	PRESUPUESTO	FACTIBILIDAD.		
3) ELEM.	ESTIMACION			
4) ELEM.	DES. DE MET./FAC. DE P/ESC.	DE MAT. Y TR.		
<b>CONTROL DE COSTOS</b>				
1) ELEM.	FUER. TRAB.	TRANS. DE PROY.		
2) ELEM.	PROY. DE PORTAFOLIO	FUER. TRAB.		
3) ELEM.	PROY. DE PORTAFOLIO			
<b>PROGRAMACION</b>				
1) ELEM.	PROG. DE FACT.	PROY. DE PORTAF.		
2) ELEM.	PROG. DE FACT./PROY. DE PORTAF./F. DE T			
3) ELEM.	DES. DE MET./PROG. DE FAC.			
<b>RECLUTAMIENTO</b>				
1) ING. DE COSTOS	REC. Y ADIEST.	CONT. DE COST./FUER. DE T.		REEMPLAZO
2) ESTIMADOR	REC. Y ADIEST.	EST. GEN		REEMPLAZO
3) PROGRAMADOR	REC. Y ADIEST.	PROG. GEN		REEMPLAZO
4) ESTIMADOR	REC. Y ADIEST.	EST. GEN		REEMPLAZO
	ENE-DIC AÑO	ENE-DIC AÑO	ENE-DIC AÑO	

REGISTRO  
FALLA DE CONTROL





valora las asignaciones de mano de obra y las necesidades de la misma basados en horas-hombre del presupuesto, pronóstico, horas-hombre a la fecha, programa y asignación de h-h a un tiempo "x" pasado.

El programa de computadora tomará el pronóstico de h-h, las h-h a la fecha, el programa, la evaluación de la semana de trabajo por hora y pronosticará el requerimiento de la mano de obra programada semanalmente. Las dos líneas de la base muestran los hombres requeridos contra los hombres disponibles y la diferencia provee el programa de reclutamiento necesario.

### A.3) Planeación por categoría de trabajo

El siguiente reporte (tabla 4) es similar al anterior, pero tiene categorías adicionales como: proyectos probables, estudios de factibilidad, servicios técnicos.

Tabla 4. Planeación por categoría de trabajo. Fuente (referencia 3 )

PLANEACION DE LA MANO DE OBRA-CATEGORIA DE TRABAJO											NOTAS:				
PLAN ANUAL											%DE FIGURAS ESTAN A MEDIADOS DE AÑO				
											A MARZO				
CODIGO	CATEGORIA DE TRABAJO	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
	PERSONAL TECNICO														
	PROYECTOS ACTUALES														
	PROYECTOS PROBABLES														
	ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD														
	SERVICIOS TECNICOS														
	DES. DE MET. TECNICOS														
	PUESTA EN MARCHA/OPE.														
	TECNICOS SUBTOTALES														
	GERENTES Y SECRETARIAS														
	OTROS INDIRECTOS														
	DIVERSOS														
	TOTALES ADQUIRIDOS														
	NOMINA ACTUAL														

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



También separa a los técnicos de los que no lo son y de gerentes/secretarías. Esto provee una evaluación continua del número de gerentes por ingenieros y la relación de los técnicos a los no técnicos. Este reporte muestra un plan anual. La evaluación de estas relaciones de mano de obra debe hacer recordar que los apuntes detallados y otros servicios pueden estar fuera de los contratos.

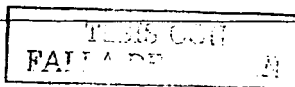
#### A.4) Planeación por sección

Mientras que el reporte previo muestra la mano de obra por categoría de trabajo, este reporte (tabla5) muestra la mano de obra por sección.

Los reportes por sección individual indicarían claramente un "déficit" o "exceso" del personal por clasificación de ingeniería. Los programas de reclutamiento y adiestramiento adecuados podrían desarrollarse a partir de esta información.

Tabla 5. Planeación por sección. Fuente (referencia 3 )

PLANEACION DE LA MANO DE OBRA-CATEGORIA DE TRABAJO											NOTAS:											
PLAN ANUAL											%DE FIGURAS ESTAN A MEDIADOS DE AÑO											
											A MARZO											
CODIGO	SECCION	%	E	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D							
	RELACIONES DE EMP.																					
	APROVISIONAMIENTO																					
	PROYECTOS:																					
	* REFINACION Y PROD. QUI.																					
	* R. Y P. Q. DE ULTRAMAR.																					
	* ORIENTE MEDIO																					
	* CERCA DE LA COSTA																					
	SERVICIOS AL PROYECTO																					
	CONTRATOS																					
	SERVICIOS GENERALES																					
	INGENIERIA DE PROCESOS																					
	INGENIERIA DE PROCURA																					
	SERVICIOS DE OFI. Y PLANT.																					
	OFI. DE ING. DE ULTRAMAR																					
	TOTAL REQUERIDO																					
	NOMINA REAL																					





Los requerimientos de mano de obra basados en las valoraciones físicas solamente pueden hacerse para los grupos de diseño en los cuales es posible hacer la toma de dibujos/documentos y las valoraciones de h-h.

## **B) Organización del proyecto**

La organización es una estructura con líneas de mando, comunicación y funciones perfectamente establecidas, mediante la cual los recursos humanos se agrupan para estructurar los distintos trabajos que es necesario realizar con el fin de alcanzar un objetivo, esto se logra formando unidades o equipos, a cada uno de los cuales se le asigna la autoridad, responsabilidades específicas y relaciones de comunicación.

Las actividades que se realizan en esta fase son:

- Organigrama del proyecto
- Asignación y/o selección del personal del proyecto
- Manual del procedimiento del proyecto
- Carta de flujo de información
- Catálogo de cuentas del proyecto
- Sistema de manejo de información

Aunque hay varias formas en las que las personas pueden organizarse, para trabajar en un proyecto los tipos más comunes de estructuras de organización son la funcional, la proyectizada y la matricial.

### **B.1) Organización funcional**

La organización por funciones reúne, en un departamento, a todos los que se dedican a una actividad o varias relacionadas, que se llaman funciones. Es probable que la organización funcional sea la forma más lógica y básica de la departamentalización (división del trabajo por áreas). Es muy utilizada porque aprovecha con eficiencia los recursos especializados, ya que cada especialidad es responsable de todos los proyectos a su cargo, de los aspectos propios de su



disciplina y como consecuencia su objetivo es el objetivo del departamento. Otra ventaja importante de la estructura por funciones es que facilita mucho la supervisión, pues cada gerente solo debe ser experto en una gama limitada de actividades. Además la estructura funcional facilita el movimiento de las habilidades especializadas, para poder usarlas en los puntos donde más se necesitan. Una de las desventajas que ofrece esta estructura es que conforme crece la organización resulta difícil tomar decisiones rápidas dado que los gerentes de funciones dependen de una oficina central, y una vez que se toman éstas es difícil determinar la responsabilidad y juzgar los resultados.

La coordinación de las funciones de los miembros de la organización entera se puede convertir en un verdadero problema para los niveles superiores. Como los miembros de cada departamento quizá se sientan aislados de los otros departamentos, pueden tener problemas para trabajar en unión de otras personas para alcanzar las metas de la organización.

### **B.2) Organización proyectizada (task force)**

Esta estructura se caracteriza por poseer todos los recursos necesarios para la realización de un proyecto, los cuales están separados de la estructura funcional regular y establecidas como una unidad autosuficiente encabezada por un gerente del proyecto, sobre quien recae la responsabilidad total, tanto por las actividades, así como por los recursos necesarios para realizarlas, ya que dichos recursos están bajo su control y orientados totalmente hacia un solo objetivo medible y alcanzable en cierto plazo. Así cuando la departamentalización se torna demasiado compleja para coordinar la estructura funcional, la alta dirección creará divisiones semiautónomas.

Cuando la empresa es demasiado grande y maneja múltiples proyectos la organización task force puede seguir tres patrones

- La división por proyecto
- La división geográfica



- La división por clientes

Esta organización ofrece varias ventajas. Dado que todas las actividades, habilidades y experiencia requeridas se agrupan en un lugar, bajo un solo mando, la tarea entera se puede coordinar con mayor facilidad, así como mantener un elevado desempeño en el trabajo. La velocidad de la toma de decisiones se ve reforzada, porque las decisiones tomadas están más cerca del campo de acción. Por lo cual, el peso que cargará la administración central es menor. Sin embargo, lo más importante es que la responsabilidad está clara. El desempeño de la administración se puede medir en términos del éxito de los proyectos. No obstante, esta estructura también tiene ciertas desventajas. Los intereses de la división quizá se coloquen por encima de las metas de la organización entera. Otro punto en contra, es que los gastos administrativos aumentan porque cada división cuenta con su propio grupo de trabajo y especialistas, lo cual conduce a una costosa duplicación de actividades.

### **B.3) Organización matricial**

La estructura matricial es un producto híbrido que trata de combinar los beneficios de los dos tipos de diseño, al mismo tiempo que pretende evitar sus inconvenientes. Una organización con una estructura matricial cuenta con dos tipos de estructuras al mismo tiempo. Los empleados tienen, de hecho, dos jefes (el jefe de departamento y el jefe de proyecto); es decir, trabajan con dos cadenas de mando. Una cadena de mando es la de funciones. Y la segunda es una disposición horizontal que combina al personal de diversas divisiones o departamentos funcionales para formar un equipo de proyecto, o negocio, encabezado por un gerente de proyecto o grupo, que es experto en el campo de especialización asignado al equipo.

Aunque las estructuras matriciales para las organizaciones son complejas por necesidad, tienen ciertas ventajas. La estructura matricial es un medio eficiente para reunir las diversas habilidades especializadas que se requieren para resolver un problema complejo. Los problemas de coordinación se reducen al mínimo en





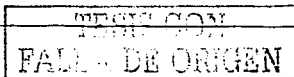
este caso, porque el personal más importante para un proyecto de trabajo es reunido en forma de grupo, lo que además produce un beneficio secundario: las personas, como trabajan juntas, llegan a entender las demandas que enfrentan las personas que tienen la responsabilidad de diferentes campos. Otra ventaja de esta organización es que concede una gran flexibilidad para ahorrar costos. Como a cada proyecto sólo se le asigna la cantidad exacta de personas que se necesita, se evita la duplicación innecesaria.

Una desventaja es que no todo el mundo se adapta bien al sistema matricial. Los miembros del equipo, para ser efectivos, deben contar con buenas habilidades interpersonales, ser flexibles y cooperativos. Además la moral se puede ver afectada de manera negativa cuando el personal se reordena, una vez terminado el proyecto. Por último si las jerarquías no están establecidas con solidez y comunicadas con eficiencia, existe el peligro, de que las directrices contradictorias y las responsabilidades mal definidas atenden de manos a los gerentes. Para superar estos obstáculos, quizá se requiera de una capacitación especial para habilidades de trabajo o relaciones interpersonales nuevas, cuando la distribución de la matriz se introduce por primera vez o cuando una disposición temporal adquiere carácter de permanente.

### **C) Dirección**

La dirección del proyecto es una función continua durante todo el desarrollo del mismo, que ejercen desde el gerente hasta el supervisor, para guiar a los subordinados hacia el logro de los objetivos del proyecto, algunas de estas funciones son:

- Integrar al grupo en un equipo de trabajo.
- Asignar a cada persona las tareas que debe realizar.
- Delegar autoridad equivalente a las responsabilidades asignadas a cada elemento del grupo de trabajo y definirle exactamente los resultados esperados.





- Definir las políticas generales del proyecto.
- Establecer un sistema de comunicación efectivo.

#### **D) Control**

Las discusiones filosóficas al definir el "control" nunca terminan. Existe la opinión por mucho tiempo establecida de que el control real se lleva a cabo solamente donde el derecho de decisión se crea, en este caso en la toma de decisiones del gerente del proyecto, de los supervisores de línea, y de los ingenieros de diseño.

Se declara que los ingenieros de costos y de programación sólo proveen información y, por lo tanto, no ejercen control. Sin embargo, la información, la dirección y el análisis son ingredientes esenciales para prevenir lo que, a su vez, es un ingrediente esencial del control. También es verdad que el control es mínimo donde hay poco análisis creativo y sólo información y estimación.

El control se extiende por todas las fases del proyecto, desde su concepción hasta su terminación. Es un ciclo que comienza con el establecimiento de los objetivos y termina cuando se ha terminado la última actividad. A través de cada fase de la operación, el sistema debe proporcionar a la administración la capacidad de responder a cualquier situación que surja.

El concepto de control esta basado en tres premisas:

- No importa de lo que se trate, nunca podemos predecir con exactitud el futuro; en consecuencia, las estimaciones siempre diferirán de la realidad.
- La administración esta interesada vitalmente en contender con cambios.
- Es importante tratar de ser hábil para responder a una situación tan pronto como sea posible.

Estas premisas definen el control y, además, definen las excepciones no *definiéndolas*; esto es, las excepciones son las desviaciones o diferencias entre lo que decimos que pasará, y lo que realmente pasa. El control es, entonces, responder con acciones correctivas dentro del tiempo necesario para hacer útil cada acción.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



---

## CAPITULO II



## 2) TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE PROYECTOS

### 2.1) GENERALIDADES

Una vez que un proyecto se pone en operación realmente, es necesario supervisar el avance para asegurar que todo vaya de acuerdo a lo planeado. Si en algún momento durante el proyecto se determina que éste está retrasado, se tienen que llevar a cabo acciones correctivas para volver de nuevo a lo programado, ya que si se retrasa demasiado será muy difícil terminarlo a tiempo.

El proceso para el control del proyecto incluye recopilar periódicamente información sobre su desempeño, con base a un programa previamente establecido, y compararla con el avance real; y como ya se mencionó con anterioridad tomar las acciones correctivas en caso de ser necesarias.

La figura 5 muestra los pasos para el control del proyecto. Se inicia estableciendo un plan de línea base que muestre cómo se logrará el alcance del proyecto (tarea), a tiempo (programa) y dentro del presupuesto (recursos, costos). Una vez que el cliente y el contratista están de acuerdo con este plan se puede iniciar el proyecto.

Para comparar el progreso real con el planeado se debe establecer un periodo de presentación de informes, cuya periodicidad puede ser diaria, semanal, quincenal, o mensual, dependiendo de la complejidad o la duración global del proyecto. Si se espera que el proyecto tenga una duración global de un mes, el periodo de presentación de informes podría ser tan corto como un día. Pero, si se espera un proyecto de varios años, este periodo podría ser mensual o anual.

Durante cada periodo de presentación de informes es necesario recopilar dos clases de datos o información:

#### 1) Datos sobre el desempeño real.

- El tiempo real en que se iniciaron y/o terminaron las actividades.
- Los costos reales aplicados y comprometidos.



2) Información sobre cualquier cambio al alcance, programa y presupuesto del proyecto.

- Estos cambios los puede iniciar el cliente, el equipo de trabajo, o puede ser el resultado de un suceso imprevisto como un desastre natural, una huelga o la renuncia de un miembro clave del equipo de proyectos.

Una vez que las modificaciones han sido incorporadas al plan y aceptadas por el cliente, se tienen que establecer un nuevo plan que contemple estos cambios. Es probable que el programa y el presupuesto difieran del plan original.

Resulta de mucha importancia que los datos y la información recopilada estén actualizados, ya que de no ser así, los datos atrasados quizá ocasionen que se tomen decisiones incorrectas sobre la situación del proyecto y sobre las acciones correctivas adecuadas. Ya que se han calculado un programa y un presupuesto actualizados, es necesario compararlos con el programa y el presupuesto original, y analizarlos en busca de variaciones para determinar si el proyecto va adelantado o atrasado con relación al programa o si esta por debajo o ha excedido el presupuesto. Si el proyecto marcha en orden no es necesario tomar ninguna acción de ningún tipo.

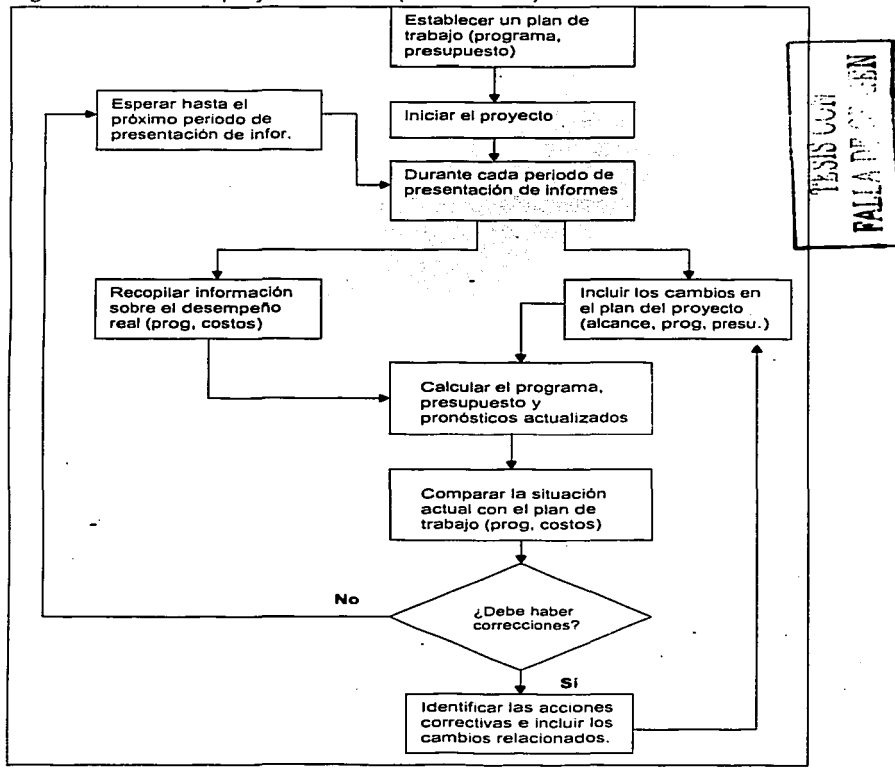
Si el proyecto no marcha en orden debe considerarse establecer acciones correctivas, cuyo impacto debe considerarse antes de aplicarlas, como revisar el programa o presupuesto. Así por ejemplo, acortar la duración de una actividad quizá requiera aumentar los costos para pagar más recursos o reducir el alcance de la tarea. En forma similar, disminuir los costos del proyecto quizá requiera utilizar materiales de una calidad inferior a la que se planeó originalmente.

El proceso de control continúa durante todo el proyecto. Mientras más corto sea el periodo de presentación de informes, son mejores las posibilidades de identificar tempranamente los problemas y llevar a cabo acciones correctivas efectivas. Si un proyecto queda demasiado fuera de control, tal vez sea difícil lograr el objetivo sin sacrificar el alcance, presupuesto, programa o la calidad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Figura 5. Control del proyecto. Fuente (referencia 2 )





El control del presupuesto es también muy importante, por lo que no basta establecer un plan de trabajo, se tiene que ser proactivo para lograr el objetivo del mismo incluso cuando las cosas no salen de acuerdo al plan.

Aquí cabe mencionar que, durante un proyecto algunas actividades se terminarán a tiempo, algunas quedarán terminadas antes y otras terminarán después de lo programado. El progreso real tendrá un efecto sobre el programa de las actividades restantes, no terminadas, del proyecto. Los tiempos reales de terminación (AF) de las actividades determinarán los tiempos de inicio y terminación más tempranos para las tareas restantes en el diagrama de red, así como la holgura total.

Los tiempos de terminación reales de las actividades algunas veces tienen un efecto ondulatorio, es decir, la finalización de una actividad antes de lo programado generará una ganancia de tiempo, pero si en una actividad posterior o futura tuviese su conclusión después de lo planeado, el tiempo ganado servirá para compensar el perdido manteniendo "constante" la red.

Es útil señalar en el diagrama de red, de alguna forma, cuales actividades se han terminado; por lo que un método sencillo es sombrear o cruzar con líneas el cuadro de actividad como puede verse en la figura 6.

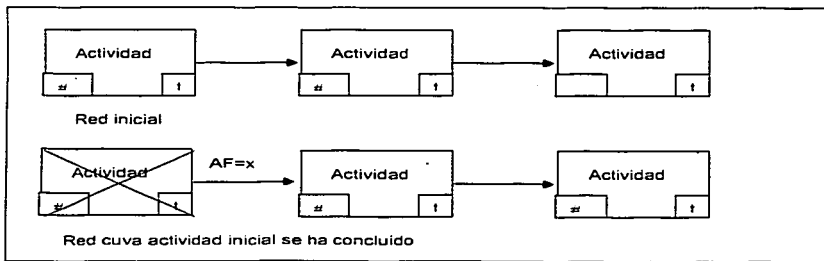


Figura 6. Actualización del diagrama de red. Fuente (referencia 2).

IMPRESA  
FALLA DE ORIGEN



## **2.2) INCORPORACIÓN DE LOS CAMBIOS DEL PROYECTO**

Durante algún proyecto pueden ocurrir cambios que tengan una repercusión sobre el programa. Estos cambios representan revisiones del alcance original del proyecto y tendrán trascendencia sobre el programa y el costo. Sin embargo, esto depende de cuando se soliciten las modificaciones. Si se piden temprano es probable que se tenga menos discrepancia sobre el costo y el programa que si se solicitan más tarde.

Cuando el cliente pide un cambio, el contratista o el equipo de proyectos debe estimar las consecuencias sobre el presupuesto y el programa, y después debe obtener la aprobación del cliente antes de seguir adelante. Si el cliente aprueba las revisiones propuestas al programa y presupuesto, se deben incluir las tareas adicionales, las duraciones estimadas revisadas, los costos de materiales y la mano de obra. Algunos cambios incluyen un aumento de actividades que se pasaron por alto cuando se desarrolló el plan original.

Otros cambios se hacen necesarios debido a sucesos imprevistos, como fenómenos naturales, mal diseño de alguna parte del proceso, o el deceso de algún miembro del equipo.

Otras alteraciones pueden ser el resultado de aumentar el detalle del diagrama de red según avanza el proyecto, ya que existen actividades que por su misma naturaleza se van dividiendo más conforme se desarrolla el proyecto.

Con relación al programa de trabajo, sus variaciones pueden dar como resultado el aumento o la eliminación de actividades, alteraciones en el orden de tareas, modificaciones de sus tiempos de duración estimados o un nuevo tiempo de terminación requerido para el proyecto.

## **2.3) ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE TRABAJO**

La planeación y programación con base en el diagrama de red permite que los programas de los proyectos sean dinámicos. Debido a que el plan de la red (el





diagrama) y el programa (tabulación) son separados, son mucho más fáciles de actualizar en forma manual que una grafica de Gantt tradicional.

Una vez que se han recopilado los datos sobre los tiempos reales de terminación de actividades que se han completado y los efectos de cualquier cambio, se puede calcular el programa del proyecto actualizado, tomando en consideración:

- Los tiempos de inicio y terminación más tempranos para las actividades restantes, sin concluir, se calculan trabajando hacia delante a través de la red, pero se basan en los tiempos reales de terminación de las actividades que se han completado y las duraciones estimadas de las que no lo estén.
- Los tiempos de inicio y terminación más tardíos para las actividades sin completar se calculan trabajando hacia atrás a través de la red.

Por otro lado, durante un proyecto, cada vez que se calcula un nuevo programa — ya sea después de que se incluyan datos reales, o cambios después de que se planeen acciones correctivas— es necesario analizarlo para determinar si necesita atención adicional. En este estudio se debe incluir la identificación de la ruta crítica y de cualquier ruta de actividades que tenga una holgura negativa, así como aquellas rutas donde han ocurrido retrasos (la demora empeoró) en comparación con el programa previamente calculado. A las rutas con holgura negativa se les aplica un esfuerzo concentrado para acelerar el avance del proyecto y la cantidad de holgura determinará la anticipación con que se aplicará. Así a las rutas con holgura negativa se les aplica un esfuerzo concentrado para acelerar el avance del proyecto y la cantidad de holgura determinará la anticipación con la que se aplicará. Así por ejemplo, la ruta con la holgura más negativa debe recibir mayor prioridad.

Se tienen que identificar las acciones correctivas que eliminarán del programa del proyecto la holgura negativa, porque estas acciones tienen que reducir la duración estimada de las que están en esa ruta, cabe mencionar, que la holgura de una ruta de actividades se comparte entre todas las actividades de esa ruta. Por lo



---

tanto, un cambio en la duración estimada de cualquier actividad en esa ruta ocasionará un cambio correspondiente en la holgura para esa ruta.

Al analizar una ruta de actividades que tiene holgura negativa se debe concentrar la atención en dos clases de actividades:

- Actividades a corto plazo (que estén en progreso o que van a iniciarse en el futuro inmediato). Es mucho más recomendable tomar una acción correctiva agresiva para reducir la duración de actividades que se harán en el corto plazo, que planear para reducir las duraciones de las que están programadas para el futuro. Según se progresa va quedando menos tiempo para llevar a cabo la acción correctiva.
- Actividades con larga duración estimada. El llevar a cabo medidas correctivas que reducirán una actividad de 20 días en un 20%, tiene una mayor repercusión que eliminar por completo una actividad de un día. Normalmente las tareas de más larga duración presentan la oportunidad para mayores reducciones.

Existen varios enfoques para reducir la duración estimada. Una forma obvia es aplicar más recursos para apresurar una actividad. Esto se puede hacer asignando más personas a trabajar en la actividad o pidiendo a las personas que trabajen más horas diarias o más días por semana. Se podrían transferir recursos apropiados adicionales de actividades que se realizan al mismo tiempo y que tienen holgura positiva. Sin embargo, aquí cabe hacer consideraciones como, que las personas ya asignadas a la actividad se tienen que distraer de su trabajo para ayudar al nuevo personal a adaptarse a su ritmo de trabajo.

Otro enfoque es asignar a una persona con mayores conocimientos o más experiencia para desarrollar la actividad, o ayudarla, para lograr que la tarea se haga en menos tiempo del que era posible con el personal menos experimentado que se le asignó originalmente.

---



El disminuir el alcance o los requisitos para una actividad es otra forma de reducir su duración estimada. En un caso extremo quizá se decida eliminar por completo alguna tarea.

## **2.4) TÉCNICAS PARA LA PLANEACIÓN Y EL CONTROL DEL PROYECTO.**

Entre las más importantes se encuentran: 1) Datos estadísticos, 2) Informes y análisis especiales, 3) Auditorías operacionales, 4) Desglose de trabajo y 5) Análisis de la red tiempo-eventos. De las cuales la cuarta opción retoma parte de todas las primeras técnicas de administración de proyectos. A continuación se presenta una descripción de ellas.

### **A) Datos estadísticos**

Los análisis estadísticos de los innumerables aspectos de las operaciones que se dan en un proyecto y su clara presentación, son importantes para el control. Puede decirse con gran seguridad que la mayoría de las personas participantes en un proyecto comprenden mejor los datos estadísticos cuando se presentan en forma de diagramas o gráficas, ya que en este caso tendencias y relaciones son más fáciles de advertir. Además para que los datos sean verdaderamente significativos, aun si se les presenta en gráficas, se les debe formular de tal manera que haga posible compararlos con lo planificado. ¿Qué significa un aumento o disminución de 3% o 10% en las actividades planeadas? ¿Quién fue el responsable de ello?. La clara presentación de datos estadísticos, en forma de gráficas, tablas o diagramas es un arte que requiere de imaginación. Adicionalmente, y en virtud de que ningún administrador de proyectos puede hacer nada en relación con el pasado, es esencial que los informes estadísticos revelen tendencias, a fin de que el analista pueda deducir por extrapolación la dirección que siguen los acontecimientos en un momento dado. Esto significa que, al presentárseles en gráficas, los datos deben ofrecerse en su mayoría en calidad de promedios, a fin de que sea posible descartar variaciones debidas a periodos de



contabilidad, factores estacionales, ajustes contables y otras diferencias periódicas.

### **B) Informes y análisis especiales**

Para efectos del control de proyectos, los informes y análisis especiales son útiles en ciertas áreas de problemas en particular. Un exitoso administrador de proyectos contrató a un pequeño equipo de analistas calificados sin otra encomienda que la de investigar y analizar las actividades bajo su control. Este grupo desarrolló una percepción sorprendente de situaciones en las que sencillamente las cosas no parecían marchar bien. Casi invariablemente, sus investigaciones revelaban oportunidades de reducción de costos o mejor utilización del capital imposibles de identificar por medio de graficas estadísticas de cualquier especie.

### **C) Auditoria operacional**

Otro instrumento efectivo de control es la auditoria interna o, como se ha dado en llamársele a ultimas fechas, auditoria operacional. En su sentido mas amplio, la auditoria operacional es la evaluación regular e independiente, por parte de un equipo de auditores internos de todas las operaciones realizadas en el proyecto, lo cual incluye la evaluación de las operaciones en general, para la ponderación de los resultados reales en comparación con los planeados. De este modo los auditores operacionales evalúan políticas, procedimientos, uso de autoridad, calidad de la administración, eficacia de los métodos, problemas especiales y otras fases de las operaciones.

### **D) Estructura de desglose de trabajo (WBS)**

La estructura de desglose de trabajo (**Work Breakdown Structure, WBS**) es la espina dorsal en la planeación de proyectos. No es una lista de todas las actividades que podamos pensar influirán en el proyecto, ya que este es

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



susceptible a modificaciones futuras, sino simplemente las asignaciones que se harán a cada miembro del equipo responsable del proyecto. Por lo tanto el llevar a cabo la realización de la WBS requiere de mucho trabajo intelectual y poca escritura.

En una WBS los proyectos son organizados y comprendidos dividiéndolos en pedazos progresivamente más pequeños hasta que se convierten en una pequeña colección de tareas o paquetes de trabajo. Así un proyecto de 100000 actividades es simplemente muchos de 10 unidos en uno. La WBS proporciona el marco para este proceso, ya que en proyectos grandes el seguir el alcance y el detalle de las actividades sin un buen punto de referencia puede resultar abrumador. Una salida ha esta problemática consiste en, como se mencionó anteriormente, dividir el proyecto en pedazos para después organizarlos de una manera lógica en una estructura de árbol. La estructura resultante debe servir como base para estimar los requerimientos de recursos, costos, horarios, etc.

En algunos ambientes administrativos han definido un grupo de elementos que debe contener una WBS. Aunque el mejor método consiste en realizar una WBS que trabaje para el medio ambiente del proyecto en particular, por lo cual, en su diseño se debe considerar su eventualidad. Al diseñar la WBS se deben intentar alcanzar ciertos objetivos como lo son:

- Ser compatible con cómo el trabajo será hecho y cómo los costos y horarios serán manejados.
- Dar visibilidad a lo importante y a riesgos de trabajo.
- Permitir trazar mapas de requerimientos, planes, pruebas y derivables.
- Fomentar posiciones claras para administradores y líderes de tareas.
- Proporcionar datos para el control y bases de datos históricas.
- Tener sentido para los trabajadores y contadores.



Existen muchas maneras de diseñar una WBS para un proyecto en particular y en ocasiones existen tantas opiniones como gente en el proceso, sin embargo, generalmente es el sentido práctico el que proporciona el mejor acercamiento.

#### **D.1) Historia**

La WBS fue inicialmente desarrollada por la defensa de los Estados Unidos de América y su contenido se describe en las tablas de la Military Standard (MIL-STD) 881B (25/03/93) como sigue: "una estructura de desglose de trabajo es una familia de productos orientados en forma de árbol compuesta por hardware, software, servicios, datos, instalaciones, etc; la cual muestra y define el producto que será desarrollado y/o producido, y relaciona los elementos de trabajo que serán utilizados para la realización del trabajo".

Esta acción requiere de cierta disciplina mental, que permita desarrollar un producto o un entregable orientado de los elementos del proyecto que se agregarán al alcance total del proyecto. Para comenzar el acercamiento de un proyecto, generalmente se hace de manera intuitiva orientando las fuerzas o grupos de trabajo. Lo cual esta bien para proyectos muy pequeños donde el extenso control de la administración no será muy utilizado.

Una WBS orientada al trabajo puede ser desarrollada como una "simple lista" de temas que posteriormente serán agrupados en un camino lógico. Dicho tema podría ser las fases de un proyecto, áreas funcionales o mejores productos finales. Si la organización cuenta con un acervo de datos históricos en forma de una base de datos de costos, se debe intentar seleccionar una aproximación estándar consistente con las necesidades a largo plazo.

Una WBS para un proyecto grande puede tener múltiples niveles de detalle y los elementos de nivel bajo pueden ser ligados a áreas funcionales para el calculo de costos que pueden ser realizados como paquetes individuales de trabajo. Si se necesitan 3 niveles o más, los paquetes de trabajo pueden ser adicionados a través de cada nivel de la WBS para formar parte del proyecto total.

Una muestra de una WBS estándar se presenta el la figura 7.

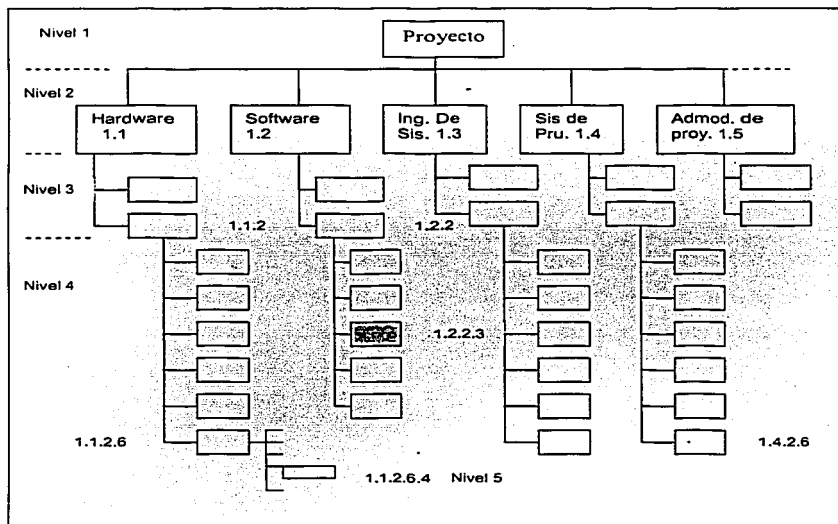
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## D.2) Numeración

Los elementos de la WBS están generalmente numerados y dicha numeración puede ser rearreglada cuando se presenten los cambios. La numeración convencional se presenta en la figura 7. El recuadro sombreado muestra como puede ser la numeración con el número 1.2.2.3, el cual puede ser también ubicado en un recuadro del segundo, tercero o cuarto nivel.

Figura 7. WBS estándar. Fuente (referencia 4 )





### **D.3) Reglas para el desarrollo de la WBS**

- Para contratos con el gobierno utilice las tablas Mil-std-881(en su última revisión) como una guía para el diseño de la WBS.
- Solamente puede haber una y solo una WBS para el contrato.
- El cliente y no el contratista es el primer dueño de la WBS.
- El contrato CWBS es una extensión natural de la WBS.
- El CWBS es un artículo negociado durante las negociaciones del contrato.
- El nivel tres de la WBS es el nivel de divulgación normal de la información contractual externa.
- El nivel de divulgación para la información para la información contractual es negociada a la hora de la negociación del contrato usando el formato de WBS. Una vez que este negociado cada elemento de la divulgación se debe marcar claramente en el diagrama CWBS.
- Una vez que se ha creado la WBS esta aplica para toda la vida del contrato.
- Solamente un cambio formal en el contrato generará un cambio en la WBS.
- Cuando el cliente pide el cambio de la WBS, la oficina de administración de proyecto es la única que puede llevar los cambios en los siguientes documentos: diagrama WBS/CWBS, índice WBS, diccionario WBS, lista WBS, etc.
- Una vez que la acumulación de costos comienza como un elemento CWBS, designado como plan de tarea, esta parte de la estructura llega a ser casi imposible de alterarse. Esto debido a los múltiples puntos de los cuales se originan los datos de costos. Ese es el porque cada miembro de la administración debe tener mucha paciencia mientras se desarrolla la WBS y el CWBS.
- El CWBS no es una carta de organización de la gente, es una carta del alcance del trabajo.





- La WBS/CWBS deben ayudar a proporcionar los requisitos para el Diseño de Costo de Tareas (DTC), el Nivel del Ciclo de Vida del Proyecto (LLC), los Documentos de Ingeniería de Materiales (EBOM), los Documentos de Fabricación del Material (MBOM), así como la estructura del producto; todos ellos en un formato.
- Cada tarea de los subcontratistas será asignada a un sólo elemento WBS.
- Cada tarea de los subcontratistas será asignada a un sólo elemento WBS. Los subcontratistas de menor importancia pueden ser ubicados juntos bajo un solo elemento.
- Toda la información se documenta y los términos confusos de la WBS se incluyen en su diccionario.

#### **D.4) Diccionario**

Si una WBS es extensa o si las categorías contenidas en ella no son obvias los miembros del equipo de proyectos pueden utilizar la información contenida en ella para escribir un diccionario WBS. Este diccionario describe que es cada elemento WBS y cual no es un elemento si esto es confuso.

A continuación se muestra una descripción de un elemento perteneciente a una WBS. El elemento 1.4.2.6 (Sistema de Integración, Planeación de pruebas de equipo), incluye el trabajo de identificación de equipos, requisitos, tipos específicos y cantidades de equipo de prueba necesario para apoyar el soporte del sistema de integración y prueba del proceso. El no incluye el diseño o procura del equipo, el cual debe ser cubierto en el elemento 1.4.2.7.

#### **D.5) Trazado de la WBS para costos**

En una WBS orientada al producto las categorías funcionales de trabajo pueden tomar forma de un "calculo de costos" dentro de un elemento WBS. Los administradores del calculo de costos son los responsables por las contribuciones a áreas funcionales dentro de la WBS. El calculo de costos para varios departamentos o funciones se puede combinar dentro de un elemento WBS.



La planeación interna para el cálculo de costos puede ser realizada como paquetes individuales de trabajo. Un paquete de trabajo tendrá típicamente su propio presupuesto y horarios. Los paquetes de trabajo deben ser lo bastante pequeños para que sean ejecutados por individuos o por pequeños grupos en un departamento, y deben ser de una duración relativamente corta. En un proyecto pequeño se puede definir un número máximo de paquetes de trabajo de dos semanas de duración para los trabajos. Para proyectos más grandes deberán juntarse grandes paquetes de trabajo que puedan ser manejados y controlados apropiadamente. El administrador del proyecto deberá decidir el grado de trabajo para varios detalles de la implementación de la WBS de acuerdo con sus beneficios para dicha administración. Para pequeños proyectos una WBS formal no se muy recomendable, sin embargo para proyectos medianos y grandes puede ser invaluable.

Mientras se desarrolla el proyecto y la organización del mismo o mientras mayor sea el tamaño y la complejidad, la aplicación del concepto WBS puede ir tomando la forma de una lista de tareas, de una lista de actividades fases-tiempos, de una unión de listas de tareas para proyectos y servicios, o de un enfoque del producto final WBS alimentado con los costos de cálculo y paquetes de trabajo.

Si se utiliza un software para la administración de proyectos se puede encontrar la WBS como una lista vertical como en la figura 8. La cual puede ser compatible con una vista de la gráfica de Gantt en una pantalla de entrada de datos. Algunos paquetes de software proporcionan una vista separada de la WBS, sin embargo se puede preparar la WBS en un formato vertical usando un procesador de texto cortando y pegando la WBS dentro del proyecto en el paquete del software de administración de proyectos.

#### **D.6) Programa y contrato WBS.**

A un nivel más alto la WBS es llamada: Programa WBS (PWBS). Si el proyecto implica varias organizaciones participantes o contratistas, su guía puede ser proporcionada como un contrato WBS (CWBS). El administrador del proyecto

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



puede proporcionar un CWBS de alto nivel para cada participante. El participante debe completar a detalle los niveles bajos de 1 WBS para que refleje el trabajo a ser completado y los flujos de datos en la organización.

#### D.7) Organización estándar

La organización puede decidir entre un formato WBS estándar o un grupo de formatos a utilizar a través de todo el proyecto y comunicar las definiciones en el mismo, mediante el mismo lenguaje. Esta acción permitirá ahorrar el reaprender lo ya aprendido y puede proporcionar las bases para sucesivas generaciones de datos y futuras estimaciones de costos.

Figura 8. Elemento WBS. Fuente (referencia 4 )

	Hardware	Software	Ing. De Sist.	Entrenamiento
Áreas funcionales				
Sistema. De Infor	Costos	costos	costos	costos
Compras	costos	costos	costos	costos
Pruebas	costos	costos	costos	costos
Tecnología	costos	costos	costos	
Paquetes de trabajo				

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### **D.8) Implementación WBS**

Quando el sistema para un proyecto utiliza una WBS posteriormente en el transcurso del mismo, el diseño de la WBS, los formatos de horarios, las asignaciones administrativas y los cambios en la numeración deben darse al mismo tiempo. El horario probablemente será cambiado a través de la estructura WBS, por lo cual debe ser estructurado para la estimación de costos. Lo cual puede ser provechoso si se puede cambiar los números en los dibujos, administradores y grupos de trabajo. Además de ayudar al calculo del curso de los costos y en el progreso de cada administrador. Si el horario del proyecto es utilizado en un proyecto MS, se puede insertar una columna de texto dentro del horario planeado (vista de Gantt) para cambios en el número del proyecto y nombres de los administradores.

Si sus cambios de números en el proyecto no pueden ser ligados a grupos, o a tareas asignadas por administradores específicos puede suceder que no se de la retroalimentación en el proyecto.

### **E) Análisis de la red tiempos-eventos**

Otra técnica de planeación y control es el análisis de la red tiempo-eventos, llamado técnica de evaluación y revisión de programas (Program Evaluation and Review Technique, PERT) y su complemento el método de la ruta crítica (Critical Path Method, CPM). Antes que se desarrollará la PERT/CPM hubo otras técnicas, diseñadas para evaluar el ajuste entre si de las diversas partes de un programa en el transcurso del tiempo y de los eventos.

#### **E.1) Gráfica de Gantt**

La primera de esas técnicas fue el sistema de gráficas desarrollado por Henry L. Gantt a principios del siglo XX y que culminó en la gráfica de barras que lleva su nombre. Aunque basada en un concepto simple, esta gráfica ( que muestra las relaciones temporales entre los eventos de un programa de producción) ha sido



considerada como revolucionaria en la administración. Lo que Gantt advirtió fue que la totalidad de las metas de un programa debe ser vista como una serie de planes de apoyo (o eventos) interrelacionados que los individuos puedan comprender y seguir. Los avances mas importantes en el campo del control se desprenden de este sencillo principio, así como los principios básicos de control, como la selección (para su atenta vigilancia) de los elementos decisivos de un plan.

### **E.2) Presupuestación con puntos de referencia**

La presupuestación con puntos de referencia y el PERT/CPM siguieron como resultado de la creación de nuevas técnicas basadas en los principios de las gráficas de Gantt y de la mejor apreciación de la naturaleza de red de los programas, y contribuyeron enormemente a la mejor planeación y control de muchos proyectos y operaciones. Utilizada por un creciente número de compañías en los últimos años en el control de la ingeniería y el desarrollo, en la presupuestación con puntos de referencia un proyecto se divide en piezas controlables, las cuales son objeto después de cuidadoso seguimiento. Cabe mencionar que incluso proyectos muy pequeños contienen una red de planes o proyectos de apoyo. En este método de control, los puntos de referencia son segmentos identificables. Una vez cumplido cierto segmento es posible determinar sus costos u otros resultados.

### **E.3) Técnica de evaluación y revisión de programas / método de la ruta crítica (PERT)/CPM**

Desarrollada por la oficina de proyectos especiales de la marina de Estados Unidos, la técnica de evaluación y revisión de programas PERT fue aplicada formalmente por primera vez a la planeación y el control del sistema de armamento Polaris, cuya exitosa ejecución contribuyó a acelerar. Las fuerzas armadas estadounidenses la recibieron con tal entusiasmo que durante muchos

TRÁFICO  
FALLA DE ORIGEN



años fue un instrumento prácticamente obligatorio para los principales contratistas y subcontratistas de la industria armamentista y espacial. El PERT o su técnica de red complementaria, el método de la ruta crítica (Critical Path Method, CPM), pueden emplearse en numerosas aplicaciones, e incluso en tareas tan sencillas como la programación de actividades para la emisión de informes mensuales.

### E.3.1) PERT/CPM

El PERT/CPM es un sistema de análisis de redes tiempo-eventos en el que se identifican los diversos eventos de un programa o proyecto, para cada uno de los cuales se establece un periodo planeado. Estos eventos se organizan en una red que revela sus relaciones entre sí. En cierto sentido, PERT/CPM es una variante de la presupuestación con puntos de referencia.

Antes de establecer la gráfica PERT/CPM, se debe contar con cierta información obtenida a partir de la etapa de planeación. Esta información es proporcionada por las personas que intervendrán en la ejecución del proyecto de acuerdo con la asignación de responsabilidades y el nombramiento de puestos al momento de la definición del proyecto. La relación de actividades no requiere de una forma especial y puede hacerse en cualquier papel. Es conveniente numerar progresivamente las actividades para su identificación y en algunos casos pueden denominarse con clave.

En términos generales, se considerará *actividad* a la serie de operaciones realizadas por una persona o grupo de personas, en forma continua, sin interrupciones con tiempos determinables de iniciación y terminación. Las actividades pueden ser físicas o mentales, como construcciones, trámites, estudios, inspecciones, dibujos, cálculos, montajes, etc. El grado de detalle de las actividades dependerá de la necesidad del control dentro del proyecto.

La lista de actividades sirve de base a las personas responsables de cada proceso para que elaboren sus presupuestos de ejecución, indicando la cantidad de materiales, especificaciones, mano de obra, equipo, herramientas especiales,



condiciones de trabajo, costos, métodos de ejecución, etc. Existen dos procedimientos para conocer la secuencia de las actividades.

- a) Por antecedentes.
- b) Por secuencias.

En el primer caso se preguntará a los responsables de los procesos cuales actividades deben quedar terminadas para ejecutar cada una de las que aparecen en la lista. Debe cuidarse que todas y cada una de las actividades tenga cuando menos un antecedente. En caso de ser iniciales, la actividad antecedente será cero.

Si se hace una matriz de antecedentes, es necesario hacer una transposición para convertirla en una matriz de secuencias, pues es ésta última la que se utiliza para dibujar la red. La transposición consiste en tomar la columna de antecedentes en orden numérico, o como "actividades" y la de actividades pasarla a la derecha como "secuencias". De esta manera la tabla 6 se convierte en la tabla 7.

Actividad	Antecedente	Notas
1	0	
2	1	
3	2	
4	3	
5	4	
n	n	

Tabla 6. Matriz de antecedentes

Actividad	Antecedente	Notas
0		
1	0	
2	1	
3	2	
4	3	
n	n	

Tabla 7. Matriz de secuencias

En el segundo procedimiento se preguntará a los responsables de la ejecución, cuáles actividades deben hacerse al terminar cada una de las que aparecen en la lista. Para este efecto debemos presentar la matriz de secuencias iniciando con la actividad cero que servirá para indicar solamente el punto de partida de las



demás. Esta matriz no es definitiva, porque generalmente se hacen ajustes posteriores en relación con la existencia y disponibilidad de materiales, mano de obra y otras limitaciones de ejecución.

En el caso del tiempo, se requieren tres cantidades estimadas por los responsables de los procesos: el tiempo medio (m), el tiempo óptimo(o) y el tiempo pésimo (p).

El tiempo medio (m) es el tiempo normal que se necesita para la ejecución de las actividades basado en la experiencia personal del informador.

El tiempo óptimo (o) es el que representa el tiempo mínimo posible sin importar el costo o cuantía de elementos materiales y humanos que se requieran; es simplemente la posibilidad física de realizar la actividad en el menor tiempo.

El tiempo pésimo (p) es un tiempo excepcionalmente grande que pudiera presentarse ocasionalmente como consecuencia de accidentes, falta de suministros, retardos involuntarios, causas no previstas, etc.

Se puede medir el tiempo en minutos, horas, días, semanas, meses y años, con la condición de que se tenga la misma medida para todo el proyecto. Los tiempos anteriores servirán para promediarlos mediante la fórmula PERT/CPM obteniendo un tiempo resultante llamado estándar (t) que recibe la influencia del óptimo y del pésimo a la vez.

$$t = \frac{o + 4m + p}{6} \dots\dots\dots(1)$$

Esta fórmula está calculada para darle al tiempo medio una proporción mayor que los tiempos óptimo y pésimo que influyen. El resultado de la información se presenta en la tabla 8, matriz de tiempos.

Tanto la matriz de secuencias como la matriz de tiempos se reúnen en una sola llamada matriz de información (Tabla 9) que sirve para construir la red.

Una vez que se tiene matriz de información se traza la gráfica PERT/CPM, que es una gráfica original de redes.





Se llama red a la representación gráfica de las actividades que muestran sus eventos, secuencias, interrelaciones y el camino crítico. *No solamente se llama camino crítico al método sino también a la serie de actividades contadas desde la iniciación del proyecto hasta su terminación, que no tienen flexibilidad en su tiempo de ejecución, por lo que cualquier retraso que sufriera alguna de las actividades de la serie provocaría un retraso en todo el proyecto.* Dicho de otro modo, el camino crítico es la serie de actividades que indica la duración total del proyecto.

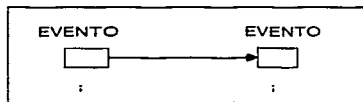
Actividad	o	m	p	t
1				
2				
3				
4				
5				
n				

Actividad	Secuencias	t
0		
1		
2		
3		
4		
n		

Tabla 8. Matriz de tiempos

Tabla 9. Matriz de información

Las actividades se interrelacionan por flechas que inician en un evento y terminan en otro.

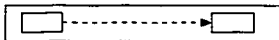


Se llama evento al momento de la iniciación o terminación de una actividad. A dichos eventos también se les conoce como nodos. El evento inicial se llama *i* y el evento final se denomina *j*. El evento final de una actividad será el inicial de la



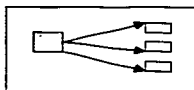
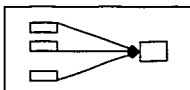
actividad siguiente. Las flechas no son vectores escalares ni representan medida alguna, y pueden ser horizontales, verticales, ascendentes, descendentes, curvas, rectas.

En los casos en que haya necesidad de indicar que una actividad tiene interrelación o continuación con otra se dibujará entre ambas una línea punteada, llamada liga, que tiene una duración de cero.



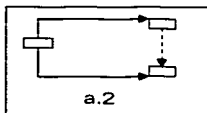
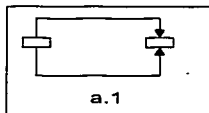
La liga puede representar en algunas ocasiones un tiempo de espera para poder iniciar la actividad siguiente.

Varias actividades pueden terminar en un evento o partir de un mismo evento.

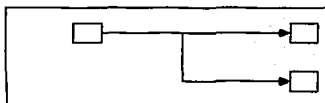


Al construir la red debe evitarse lo siguiente:

- a) Dos actividades que parten de un mismo evento y llegan a un mismo evento (a.1). Debe abrirse el evento inicial o el evento final en dos eventos y unirlos con una liga (a.2).



- b) Partir una actividad de una parte intermedia de otra actividad (b.1). La actividad base o inicial debe dividirse en eventos y de ellos derivar las actividades secundarias (b.2).

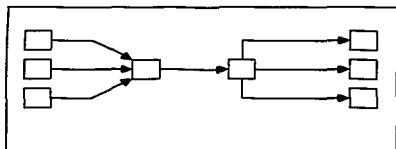


b.1

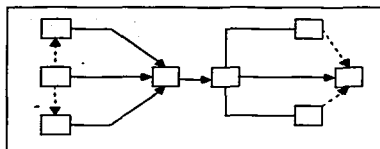


b.2

c) Dejar eventos sueltos al terminar la red (c.1). Todos ellos deben relacionarse con el evento final o inicial (c.2)



c.1



c.2

Una vez que se han realizado todas las actividades antes mencionadas y considerando los conceptos hasta aquí manejados se procederá a aplicar el método de la siguiente manera.

- 1) Desarrolle una lista de las actividades que conformen el proyecto en orden progresivo del mismo, es decir, elabore una matriz.
- 2) Determine a los predecesores inmediatos de cada una de las actividades del proyecto, es decir, complemente la matriz del paso 1 para formar la matriz de secuencias.
- 3) Estime el tiempo para la finalización de cada una de las actividades para formar la matriz de tiempos.
- 4) Forme la matriz de información y dibuje con ella la red del proyecto que ilustre estas actividades y sus predecesoras inmediatas contenidas en dicha matriz.



5) Utilice la red del proyecto y las estimaciones del tiempo para las actividades para determinar las fechas mas tempranas de inicio y de finalización de cada actividad al hacer una pasada hacia adelante a través de la red.

- El **tiempo de inicio más temprano (ES, Earliest Start Time)** es lo más pronto que se puede iniciar una actividad en particular y es calculada sobre del tiempo de inicio estimado del proyecto y de las duraciones estimadas para las actividades precedentes.
- El **tiempo de terminación más temprano (EF, Earliest Finish Time)** es lo más pronto que se puede terminar una actividad en particular, y se calcula sumando la duración estimada de la actividad al tiempo de inicio más temprano de la misma:

$$EF = ES + \text{duración estimada} \dots \dots \dots (2)$$

El tiempo de inicio más temprano de una actividad en particular es el mayor tiempo de terminación más temprano de todas las precedentes inmediatas a esta actividad.

La fecha más temprana de finalización de la última actividad del proyecto identifica al tiempo total requerido para finalizar el proyecto.

6) Utilice el tiempo de finalización del proyecto, indicado en el punto 5, como la fecha mas tardía de finalización para la última actividad y haga un pase hacia a tras a través de la red para identificar las fechas mas tardías de inicio y terminación de cada una de las actividades.

- El **tiempo de terminación más tardío (LF)** es lo más tarde que se puede completar una actividad en particular para que todo el proyecto se concluya en la fecha acordada y se calcula sobre la base del tiempo de terminación requerido del proyecto y la duración estimada para actividades sucesivas.
- El **tiempo de inicio más tardío (LS)** es la fecha más tardía en que se puede iniciar una actividad en particular para que todo el proyecto se

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



complete en su fecha de terminación requerida, y se calcula restando la duración estimada de la actividad, del tiempo de terminación más tardío:

$$LS = LF - \text{Duración estimada} \dots \dots \dots (3)$$

El tiempo de terminación más tardío para una actividad en particular es el menor de los tiempos de inicio más tardíos de todas las actividades que surgen directamente de ésta en particular.

- 7) Utilice la diferencia entre las fechas más tempranas y más tardías de inicio y terminación de cada actividad para determinar las distintas clases de holguras requeridas.

Se llama *holgura* a la libertad que tiene una actividad para alargar su tiempo de ejecución sin perjudicar otras actividades o al proyecto total. Se distinguen tres clases:

a) **Holgura total**; se calcula restando el tiempo de terminación más temprano (o de inicio) de la actividad de su tiempo de terminación (o de inicio) más tardío. Es decir, esta holgura es igual al tiempo de terminación más tardío (LF), menos el tiempo de terminación más temprano (EF) de la actividad o el tiempo de inicio más tardío (LS) menos el tiempo de inicio más temprano (ES) para esa actividad. Los dos cálculos son equivalentes:  $\text{Holgura total} = LF - EF \dots \dots \dots (4)$  u  $\text{Holgura total} = LS - ES \dots \dots \dots (5)$

b) **Holgura libre**; se calcula encontrando la menor holgura total para todas las actividades que entren en una actividad particular y después se resta de los valores de la holgura total de las otras actividades que también entren en esa misma actividad. Este tipo de holgura solo existirá cuando dos o más actividades entren en una sola, y siempre es un valor positivo.

c) **Holgura independiente**; se calcula restando la fecha más tardía de iniciación de la fecha más temprana de terminación, e indica el intervalo de tiempo más reducido posible y esta en función de las actividades anteriores y posteriores.

- 8) Encuentre las actividades que tienen menor holgura total; estas son las

VALOR DE ORIGEN



**actividades críticas.** Algunas de ellas quizá tengan valores positivos y otras quizá tengan valores negativos. Las primeras, y las rutas en las que toman parte, se conocen como **rutas no críticas**, mientras las que tienen valores de cero o valores negativos, y las rutas en las que toman parte, se denominan **rutas críticas**; de entre ellas a la ruta más larga se le conoce como la **ruta más crítica**

9) Utilice la información de todos los pasos para desarrollar el programa de actividades del proyecto.

Las holguras son importantes porque nos pueden ayudar a tomar decisiones efectivas y rápidas durante la ejecución del proyecto, ya que resulta necesario tener a la mano los datos de probabilidades de retraso o adelanto de trabajo de cada actividad. Por lo cual, la holgura total es de importancia para el director de proyecto, quien tiene la responsabilidad de terminarlo a tiempo; la holgura libre es de importancia para el jefe de ejecución de un proceso con motivo de su responsabilidad en el mismo; y la holgura independiente es una información que le es de utilidad a la persona que coordinará los trabajos del proyecto.

Otro concepto importante, lo representa la desviación estándar  $\sigma$ . Ésta representa la probabilidad de retaso o adelanto de las actividades en promedio y se define como:  $\sigma = [p - o] / 6$  .....(6)

donde  $p$  = tiempo pésimo       $o$  = tiempo optimo

Por definición representa el 68% de seguridad. Si se desea una seguridad mayor en el resultado, por ejemplo del 95% se tomará el equivalente a dos desviaciones estándar.

Por su parte la desviación estándar del proyecto es igual a la suma de las desviaciones estándar del camino crítico:  $\sigma (Pry) = \sum \sigma (CC)$ .....(7)

Esta desviación será la probabilidad de retraso de todo el proyecto, y por supuesto es la misma probabilidad de adelanto del mismo. Si existen varios caminos críticos



dentro del proyecto se tomará la desviación mayor de ellos como la desviación estándar del proyecto.

Por lo tanto la desviación estándar puede señalarse como la tolerancia en el desarrollo del proyecto.

### E.3.2) PERT/CPM Costos

Poco después de la aparición del PERT/CPM surge la primera variante del mismo, el PERT/CPM costos, que basado en los mismos conceptos extiende el análisis de la red para incluir los costos del proyecto.

Una vez que se ha aplicado el PERT/CPM se procede a extenderlo al PERT/CPM costos. Primero, se deben solicitar los costos de cada actividad realizada en el tiempo estándar y en el tiempo óptimo. Ambos costos son proporcionados por las personas responsables de la ejecución, de acuerdo con los presupuestos preparados por ellas. Los costos se anotan en la matriz de información (tabla 9). Los presupuestos contienen el costo normal (\$N) para las actividades realizadas a tiempo estándar y el costo límite (\$L) para las actividades ejecutadas a tiempo óptimo. Con estos costos y los intervalos de tiempo ya conocidos se determinan las pendientes de las actividades.

Se llama pendiente a la relación que existe entre el incremento del costo y la compresión del tiempo. La pendiente se expresa por medio de un quebrado, o solamente por el costo cuando el tiempo es igual a la unidad.

$$\text{Pendiente} = \text{costo} / \text{tiempo} = a/n \dots \dots \dots (8)$$

Así a/n significa que una actividad tendrá un incremento de (a) por cada (n) días que se comprima la red a partir del tiempo estándar.

Para determinar la pendiente se resta el costo normal del costo límite y se divide entre la resta del tiempo estándar menos el óptimo. Es decir:

$$\text{Pendiente} = [SL - SN] / [t - o] \dots \dots \dots (8)$$

Con esta ecuación se calculan las pendientes de todas las actividades del problema y se llevan a la nueva matriz de información (tabla 10).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Actividad	o	t	\$N	\$L	m
1					
2					
3					
4					
5					
n					

Tabla 10. Matriz de información para costos.

Una vez que se ha realizado estos pasos se procederá a comprimir la red del modo siguiente

- 1) Se dibuja una red que servirá de base de compresión y a cada actividad se anota el número de identificación, la pendiente, el tiempo estándar y el tiempo óptimo. Las actividades con tiempo cero no pueden comprimirse.
- 2) El segundo paso de la compresión consiste en aplicar el método del maximin (máximo de los mínimos). Para ello se divide el proyecto en todos los caminos posibles desde el evento inicial del proyecto hasta el evento final, sin excepciones y se acumulan los tiempo óptimos de las actividades componentes de cada camino. La cantidad máxima de los tiempos óptimos representa el camino crítico a tiempo óptimo, y que es el tiempo menor en que puede ejecutarse todo el proyecto.
- 3) Se inicia la construcción de la red con el camino crítico a tiempo óptimo. Este camino puede ser diferente, del camino crítico a tiempo estándar. En la red comprimida se indican las actividades con el número de identificación, el incremento total sufrido en el costo por la compresión y el tiempo programado de ejecución.
- 4) El último paso de la compresión del proyecto es el de planear la compresión de cada proceso, para lo cual se procede del modo siguiente:

TESTE CON  
FALLA DE ORIGEN





- a) Se determina el intervalo disponible para ejecutar el proceso, es decir, se determinan los días disponibles para realizar cada camino.
- b) Se examina la posibilidad de ejecutar este proceso a tiempo normal, o sea que se suman los tiempos estándares de las actividades y se comparan con el intervalo disponible. Si el intervalo disponible es menor a la suma de los tiempos estándares, se procede a comprimir.
- c) Toda la serie debe comprimirse en forma sucesiva, tomando primero las actividades que tienen pendiente menor hasta llegar a las que tienen pendiente mayor. Sólo deben comprimirse las actividades que sean necesarias, no todas las actividades y solamente en el tiempo que se requiera para dar la medida del intervalo disponible.

Una vez que se han comprimido todos los procesos, se suman los incrementos en los costos de las actividades comprimidas al costo normal y resulta el costo del proyecto ejecutado al tiempo óptimo.

Para determinar si existe un costo menor que represente el óptimo se debe investigar dentro del intervalo de ejecución del proyecto a tiempo estándar y óptimo. Para lo cual, primero se hace una red de tiempo intermedio, y si el costo total es igual o mayor que cualquiera de los dos ya obtenidos, significa que no hay probabilidad de reducir el costo y por lo tanto no se hacen más tentativas; pero si el costo total de la red intermedia es menor al de cualquiera de los dos extremos debe investigarse minuciosamente con todas las redes que sean necesarias a diferentes tiempos, siempre dentro del intervalo, hasta encontrar el tiempo óptimo.

#### **E.4) Redes estocásticas**

El método PERT/CPM tiene varias suposiciones que generan varios errores, debido a dichos errores teóricos inherentes al procedimiento del PERT/CPM se han propuesto varias alternativas en años recientes.



Se percibe que estos métodos son computacionalmente sofisticados y por lo consiguiente son más costosos que usar el PERT/CPM. Pero debido al avance tecnológico durante las dos últimas décadas, ha aumentado el valor potencial de dichos métodos. A continuación se presentan estos métodos.

#### E.4.1) Reducción de redes.

Se han sugerido métodos de reducción de redes para evaluar redes estocásticas de PERT/CPM. Estos buscan identificar subredes cuyas distribuciones de probabilidad son manejables analíticamente; es decir, subredes donde sería posible determinar la distribución de probabilidad de sus tiempos de terminación. En este caso la subred puede tratarse como una sola actividad, con lo cual se reduce el tamaño de la red.

Pueden evaluarse analíticamente varias estructuras de redes con un algoritmo que nos ayude a determinar la distribución de tiempo de terminación para subredes serie-paralelo. Este algoritmo, fue propuesto por J.J. Martin, y en el se maneja un enfoque para reestructurar cualquier red acíclica en la geometría serie-paralelo.

El análisis de una subred serie-paralelo es integro. Primero las actividades se evalúan en pares usando la relación

$$F(t) = \int_0^t F_{i-1}(t-r)A_i(r)dr \dots\dots\dots(9)$$

donde las actividades  $i-1$  e  $i$  están en serie, y  $F(t)$  es la función de distribución acumulada (f.d.a.) del tiempo de terminación para la serie. Para las distribuciones discretas, se convierte en.

$$F(t) = \sum_{r=0}^{t-1} F_{i-1}(t-r)A_i(r) \dots\dots\dots(10)$$

Una vez que han sido evaluadas las actividades en serie, se tratan como actividades solas. Después las actividades en paralelo se evalúan usando la relación

$$F(t) = H_{i=1}^n F_i(t) \dots\dots\dots(11)$$

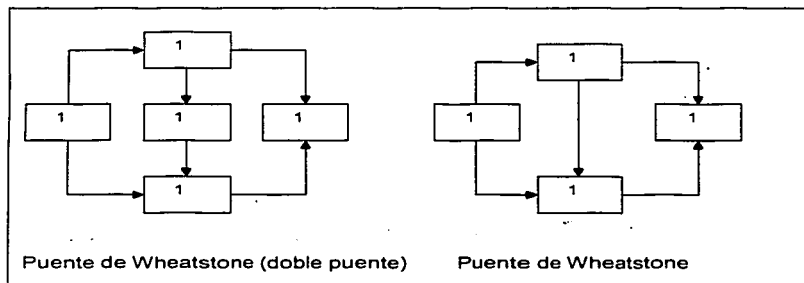


donde  $n$  es el número de actividades en paralelo. La f.d.a. resultante se asocia con el tiempo de terminación de la subred serie-paralelo.

Hartley y Wortham propusieron un algoritmo para evaluar la subred llamada "puente de Wheatstone"

Mediante la cual, Ringer, desarrolló un enfoque para evaluar una subred que consiste de dos puentes de Wheatstone adyacentes como lo muestra la figura 9.

Figura 9. Redes de Hartley, Wortham y Ringer. Fuente (referencia 3 )



Estos tres autores sugirieron que una red se reduzca primero usando sus algoritmos. La red reducida entonces puede analizarse económicamente usando la simulación Montecarlo.

#### E.4.2) Método de distribución de límites.

G.B. Kleindorfer desarrollo un método para determinar límites en  $G_T(t)$ ,  $E(t)$ ,  $\sigma^2_{Ta}$  cuando las distribuciones de las actividades son discretas. El método de las distribuciones de límites (MDL) comienza con la primera actividad del proyecto y calcula sucesivamente distribuciones de límites de las actividades basadas en las distribuciones de las actividades predecesoras. Otra vez, sea  $F_i(t)$  la probabilidad



de que la  $i$ -ésima actividad se termine en, o antes del tiempo  $t$ . Sea  $P_i(t)$  la probabilidad de que la  $i$ -ésima actividad se termine en, o antes del tiempo  $t$  y sea  $A_i(r)$  la probabilidad de que la actividad requiera  $r$  unidades de tiempo. Sea  $B_i$  el conjunto de actividades que preceden de inmediato a la actividad  $i$ . suponiendo la independencia de las duraciones de las actividades, resulta que para cualquier  $t$ .

$$F(t) = \sum_{r=0}^{t-1} A_i(r)P_i(t-r) \dots\dots\dots(12)$$

Ahora sean  $P'_i(t)$  y  $F'_i(t)$  los límites superiores respectivos para  $P_i(t)$  y  $F_i(t)$ . También sean  $P''_i(t)$  y  $F''_i(t)$  los límites inferiores. Kleindorfer muestra que

$$P'_i(t) = \min_{b \in B_i} F'_b(t) \dots\dots\dots(13)$$

donde

$$F'_i(t) = \sum_{r=0}^{t-1} A_i(r)P'_i(t-r) \dots\dots\dots(13.1)$$

y

$$P''_i(t) = \pi_{b \in B_i} F''_b(t) \dots\dots\dots(14)$$

donde

$$F''_i(t) = \sum_{r=0}^{t-1} A_i(r)P''_i(t-r) \dots\dots\dots(14.1)$$

Estas cuatro ecuaciones se evalúan sucesivamente comenzando con la actividad inicial del proyecto. Se supone que la primera duración de la actividad es determinista con duración cero. Por lo consiguiente,

$$P_1(t) = P'_1(t) = P''_1(t) = F'_1(t) = F''_1(t) = F_1(t) \dots\dots\dots(15)$$

Kleindorfer muestra cómo los límites en  $E(T)$ ,  $\sigma^2_T$  pueden determinarse con facilidad restando los límites en  $G_T(t)$ . por ejemplo,

$$E'(T) = \sum_{r=0}^{t-1} t[G'r(r) - G'r(r-1)] \dots\dots(16) \quad E''(T) = \sum_{r=0}^{t-1} t[G''r(r) - G''r(r-1)] \dots(17)$$



Un resultado interesante es que el límite inferior de  $E(T)$  es al menos tan preciso como el estimador de PERT/CPM.

#### E.4.3) Simulación Montecarlo

Uno de los primeros intentos para evitar los problemas de sesgo del PERT/CPM lo hizo R.M. Van Slyke. Este autor recomendó asignar a una actividad una duración extraída aleatoriamente de una distribución de probabilidad apropiada. Los valores aleatorios seleccionados de esta manera se usan después para determinar la ruta completa más larga a través de la red. Simulando este proceso muchas veces, se genera una serie de eventos  $T$ . Un histograma o un buen ajuste de estos eventos suministrarían una buena aproximación a la distribución real de  $T$ .

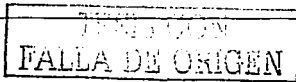
Supóngase que una red que consta de  $M$  actividades se simula  $n$  veces. La duración asignada a la  $i$ -ésima actividad durante la  $j$ -ésima simulación es

$$t_{ij} = F^{-1}(R_{ij}) \dots \dots \dots (18)$$

donde  $F^{-1}(\cdot)$  es la inversa de  $F(\cdot)$  y  $R$  es una variable aleatoria con distribución uniforme e independiente tal que  $0 \leq R \leq 1$ . De manera similar, a todas las actividades se les asignan aleatoriamente duraciones basadas en sus f.d.a. y se determina la ruta completa más grande para la  $j$ -ésima simulación. Sea  $T_j$  el tiempo de terminación de esta ruta. Entonces, para todas las  $n$  simulaciones tenemos los eventos  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ . Un histograma o un buen ajuste de estas conduce a una simulación de  $G_i(t)$ . Puede construirse un intervalo de confianza para  $G_i(t)$  usando el estadístico Kolmogorov-Smirnov (K-S). Sea  $\hat{G}_i(t)$  la estimación Montecarlo de  $G_i(t)$  basada en  $n$  simulaciones. Entonces un intervalo de confianza  $1-\alpha$  para  $G_i(t)$  es

$$[\hat{G}_i(t) - D_{\alpha,n} \hat{G}_i(t) + D_{\alpha,n}]$$

donde  $D_{\alpha,n}$  es el estadístico de prueba de K-S. También las estimaciones inesgadas de  $E(T)$  y  $\sigma_T^2$  pueden calcularse.





Sean  $T$  y  $S_1$  las estimaciones de la muestra de la media y desviación estándar del tiempo de terminación basadas en  $n$  simulaciones. Entonces un intervalo de confianza  $1-\alpha$  para  $E(T)$  es

$$\left[ T - z_{\alpha/2} S_T / \sqrt{n}, T + z_{1-\alpha/2} S_T / \sqrt{n} \right]$$

donde  $z \sim N(0,1)$ .

#### E.4.4) Método de la variación antitética

El interés con respecto al tiempo de cálculo en la simulación Montecarlo condujo a otros autores a recomendar las técnicas de reducción de la varianza para simular redes estocásticas. Como un ejemplo de ello considérese el método de la variación antitética (MVA). Este enfoque consiste en generar pares de eventos simulados de  $T$  que se correlacionan de manera negativa. Sea  $R$  una variable aleatoria distribuida uniformemente tal que  $0 \leq R \leq 1$ . Defínase  $R'$  como el complemento.

$$R' = 1 - R \dots\dots\dots(19)$$

Por lo consiguiente,  $R'$  está distribuido de manera uniforme con  $0 \leq R' \leq 1$ . Si  $F_i(t)$  es la f.d.a. de la  $i$ -ésima duración de la actividad, entonces dos valores muestrales aleatorios correlacionados negativamente de la duración de la actividad son

$$t'_i = F_i^{-1}(R) \dots\dots\dots(20)$$

y

$$t''_i = F_i^{-1}(R') \dots\dots\dots(21)$$

Todas las actividades de la red son muestreadas de esta manera, produciendo eventos correlacionados negativamente del tiempo de terminación,  $T$  y  $T'$ , donde  $T'$  es conocida como la variación antitética. Por tanto,  $n$  simulaciones de una red dan la serie de eventos,  $T_1, T'_1, T_2, T'_2, \dots, T_n, T'_n$ . Un histograma de estos valores conduce a una estimación de  $G_i(t)$ .

El método de la variación antitética puede usarse también para calcular un estimador insesgado para  $E(T)$ . De acuerdo con investigaciones recientes la varianza del estimador de variación antitética para  $E(T)$  es un quinto del que

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



proporcionó la simulación Montearlo pura. Estos mismos estudios han mostrado que el número de simulaciones requerido para proporcionar la misma precisión puede reducirse bastante usando este método, y también han sugerido otras diversas técnicas para reducir el tiempo de cálculo de simulación de dichas redes. Tales técnicas están dirigidas a hacer de la simulación un enfoque práctico y menos costoso.

#### **E.4.5) Método GERT.**

Una extensión propuesta del método PERT/CPM consiste en tener en cuenta la existencia de nodos de diferentes tipos, a dicha extensión se le conoce como GERT (Graphical Evaluation And Review Technique). Recordemos que, los nodos o vértices de la red PERT/CPM tienen dos cualidades muy características:

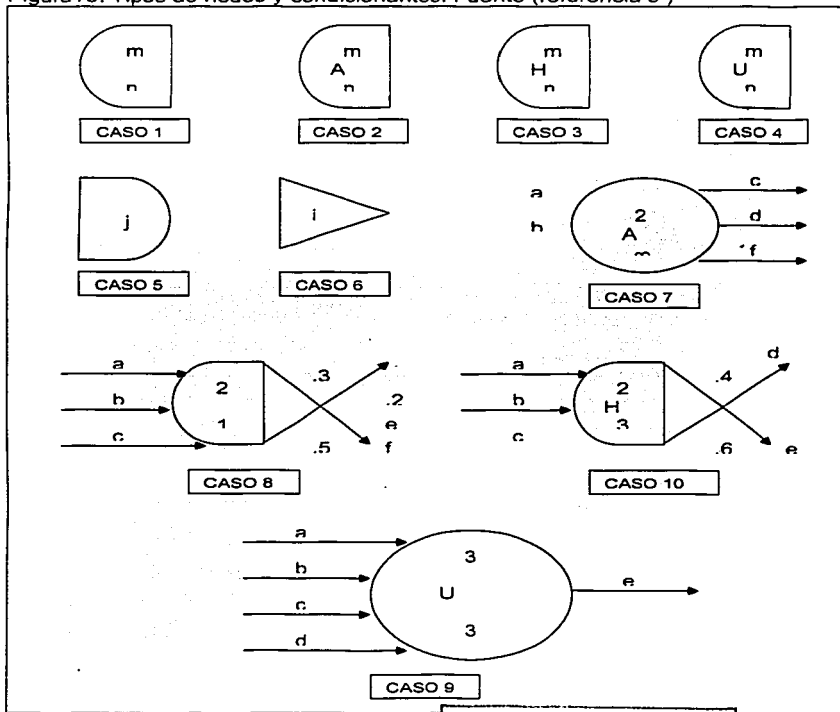
- 1) Respecto a las actividades que confluyen en ellos son vértices "Y", es decir, solo se alcanzan o realizan si "todas" las actividades concluyentes se han realizado. Una generalización posible es la de considerar vértices de tipo "O", es decir, realizados si por lo menos una de las actividades concluyentes se realiza (o un cierto número de las mismas).
- 2) Respecto a las actividades que emergen de ellos, los vértices son deterministas, es decir, "todas" las actividades que siguen a un vértice deben realizarse. Una generalización posible es la de considerar vértices probabilistas, en los que las actividades emergentes están agrupadas en clases, cada una de ellas asociada a una probabilidad. Una vez alcanzado el vértice se realiza una sola clase de actividades, siendo la distribución entre clases conforme a la probabilidad antes señalada.

Con una estructura del tipo GERT es posible representar actividades con duraciones o resultados inciertos, como los ensayos y puesta en marcha del sistema construido. Dicha estructura permite repeticiones (puede ser necesario realizar varias veces la misma actividad, y un vértice puede alcanzarse, así mismo, más de una vez) y es muy flexible. No obstante su utilización es



sumamente compleja y, en todo caso, función de la disponibilidad de un paquete computacional avanzado.

Figura10. Tipos de nodos y condicionantes. Fuente (referencia 5 )



PERIODO CON  
FALLA DE ORIGEN





La anterior figura (figura 10) presenta un caso esquemático de los diferentes situaciones en los cuales las actividades parten de los nodos y las condiciones que deben cumplirse.

- Caso 1) La primera realización del vértice se producirá cuando se hayan completado  $m$  actividades concluyentes. Las sucesivas realizaciones precisan de  $n$  actividades terminadas.
- Caso 2) La primera realización del vértice se producirá cuando se hayan completado  $m$  actividades diferentes concluyentes. Las sucesivas realizaciones precisan  $n$  actividades diferentes terminadas.
- Caso 3) La primera realización del vértice se producirá cuando se hayan completado  $m$  actividades concluyentes. Las sucesivas realizaciones precisan de  $n$  actividades terminales, con las mismas condiciones de interrupción.
- Caso 4) La primera realización del vértice se producirá cuando se hayan completado  $m$  actividades diferentes concluyentes; el resto de actividades concluyentes se interrumpirán en este momento. Las sucesivas realizaciones precisan  $n$  actividades terminadas, con las mismas condiciones de interrupción.
- Caso 5) Vértice con ramificación determinista; una vez alcanzado el vértice  $j$  todas las actividades que emergen de él pueden comenzar.
- Caso 6) Vértice con ramificación aleatoria; una vez alcanzado el vértice  $j$  podrá empezar una de las actividades que emerge de él de acuerdo con una distribución de probabilidad dada.
- Caso 7) Este vértice corresponde al tipo tradicional utilizado en el PERT/CPM. Para alcanzar el vértice es necesario que las actividades  $a$  y  $b$  hayan terminado, en cuyo momento puede comenzar  $c$ ,  $d$  y  $e$ . El infinito en el lado de la entrada del vértice indica que una vez alcanzado el mismo no



volverá a pasarse por él, puesto que no esta situado dentro de ningún circuito.

- Caso 8) Para alcanzar el vértice la primera vez, se precisa que dos de las actividades *a*, *b* o *c* hayan terminado. Puesto que el vértice puede encontrarse en un circuito, es posible que las mismas actividades deban realizarse varias veces y por tanto que el vértice se alcance de nuevo; para ello sólo se precisará la terminación de una de las actividades *a*, *b* o *c*. Cada vez que se alcanza el vértice empieza una de las tres actividades *d*, *e* o *f*, de acuerdo con las probabilidades mostradas.
- Caso 9) Para alcanzar el vértice la primera vez, y las demás veces, se precisa que tres de las actividades *a*, *b*, *c* o *d* hayan terminado; cuando esto ocurre la cuarta actividad se interrumpe. Una vez alcanzado el vértice empieza la actividad *e*.
- Caso 10) La primera vez que se alcanza el vértice se precisa que hayan terminado dos de las actividades concluyentes; interrumpiéndose las demás. Alcanzar el vértice posteriormente exige que se hayan terminado tres actividades. Una vez alcanzado el vértice *d* o *e* (pero no ambos) empiezan de acuerdo con las probabilidades mostradas.

### E.5) Método Roy

El diagrama Roy toma su nombre de Bernard Roy que participó, en uno de los trabajos pioneros, y que después utilizo dicha representación en un procedimiento que denomino, MPM ( método de potenciales Metra ), siglas que también utilizo para la representación sin embargo el nombre del método estará referido al nombre del autor debido que en dicho diagrama se utilizan las llamadas ligaduras potenciales, y por consiguiente todos lo métodos utilizados podrían recibir el nombre de métodos de los potenciales.



El diagrama Roy, pretende únicamente representar la estructura de precedencias del proyecto, y no la situación en el tiempo de las actividades, por tanto no presupone ninguna idea de escala temporal en el dibujo.

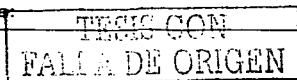
En el diagrama Roy las actividades están representadas por un punto (un cuadrado), que temporalmente coinciden esencialmente en su instante de inicio y constituye los vértices o nodos en la red. Dos nodos no corresponden a ninguna actividad, el primero y el último que se asocian al comienzo y al final del proyecto. Los nodos están unidos por líneas orientadas que son la expresión de las ligaduras potenciales de precedencia. Cuando entre dos nodos  $i, j$  existe un arco al que esta asociado el valor  $a$  positivo o nulo entendemos que entre la fecha del comienzo de la actividad  $i$  y la de comienzo de la actividad  $j$  debe pasar como mínimo el tiempo  $a$ .

$$t_j - t_i \geq a$$

El esquema Roy permite también longitudes negativas. Su inclusión permite, y prácticamente exige, la introducción de circuitos en la red, por lo que sólo se podrán encontrar las fechas máximas y mínimas si se cumplen una condiciones generales de coherencia (no se puede imponer la condición de que una actividad tiene que empezar antes que su antecesora).

#### **E.6) Método del Diagrama de Precedencias (PDM)**

Este método conocido como PDM (Precedente Diagramming Method) fue desarrollado para la construcción de redes del proyecto, esta basado también en la determinación de la ruta crítica del proyecto. El concepto bajo el cual se fundamenta, en que las actividades son representadas por una sola clave de identificación, es decir, elimina el par de eventos que identificaba únicamente a alguna actividad. Su representación gráfica es parecida a la del PERT/CPM representándose el nodo del modo siguiente:

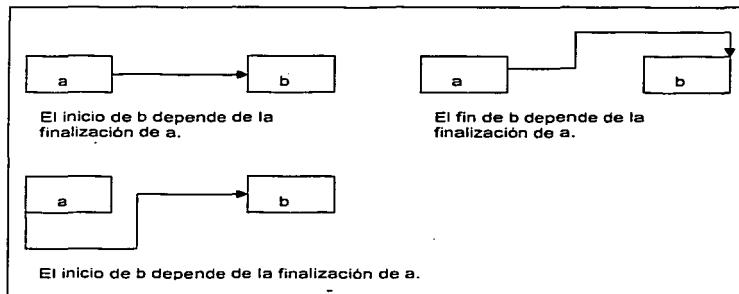




Inicio temprano	Duración	Final Temprano
	Ident. De La Actividad.	Holgura Libre
Inicio Tardío	Holgura Total	Final Tardío

La dependencia o interrelación de actividades se efectúa también por medio de flechas, siendo estas solamente conexiones lógicas de duración nula, por lo que no existen actividades ficticias o virtuales, como tales. En este método, una actividad puede ser conectada de su fin o su inicio, o aún más, con demoras entre estas opciones. Esto permite una representación lógica inicio-final sin tener que fraccionar las actividades en actividades parciales. La conexión entre nodos se puede dar así.

Figura 11. Dependencia en el método Roy.



El análisis para llevar a cabo los cálculos de determinación de fechas, holguras, etc; es muy similar al PERT/CPM.



## **F) Programas de computación para la administración de proyectos**

Los programas para la administración de proyectos han existido casi desde el mismo tiempo que las computadoras. Sin embargo, al principio solo se podían operar en grandes computadoras centrales y solo se utilizaban para proyectos enormes. Estos primeros sistemas estaban limitados en sus capacidades y eran difíciles de usar.

En la actualidad existen diversos paquetes para emplearlos en computadoras personales. Estos sistemas, que con frecuencia tienen una interfase gráfica fácil de utilizar por los usuarios pueden ayudar a planear actividades, programar el trabajo a realizar, contemplar relaciones entre tareas, administrar recursos y controlar el avance del proyecto.

A continuación se presenta una relación de las características que ofrecen en la actualidad la mayor parte de dichos programas. Ésta proporciona una visión general de los tipos de características disponibles.

- *Elaboración del presupuesto y control del costo.* Con la mayor parte de los sistemas de administración de proyectos resulta posible relacionar la estimación de costos con cada actividad y con cada recurso en un proyecto. Por lo general en lo que respecta a la remuneración del personal es posible definir tarifas por hora, tiempo extra o por una vez, así como, especificar las fechas en que se deben hacer los pagos. En caso de los materiales, es posible definir los costos únicos o continuados y establecer códigos contables y presupuestarios relacionados con cada tipo de material. Además es posible desarrollar formulas definidas por el usuario para manejar funciones de costos. En la mayor parte de los paquetes se utiliza esta información para ayudar a calcular los costos estimados del proyecto y darles seguimiento durante el mismo. En cualquier momento se pueden comparar los costos reales con los presupuestados para recursos individuales, para grupos de recursos o para todo el proyecto. Esta información se puede utilizar para planeación y el control



del proyecto. La mayor parte de los paquetes permiten mostrar en pantalla e imprimir las actividades que se están programando.

- **Calendarios.** Normalmente conviene usar calendarios base para definir los días y horas laborables para cada recurso individual o grupos de recursos. También se utilizan para calcular el programa del proyecto. La mayor parte de los sistemas proporcionan la posibilidad de una omisión en el periodo de trabajo normal. Estos calendarios se deben modificar para cada recurso individual o de grupo. Por ejemplo, se pueden modificar los días de fiesta de la compañía, se pueden introducir varios turnos y se pueden incluir los días de vacaciones, así como escalas variables. La calendarización se puede utilizar para fines de control (presentación de informes).
- **Correo electrónico (e-mail).** La capacidad de enviar información del proyecto a través del correo electrónico es una característica de varios paquetes de computación. Esta opción permite al usuario orientar la información al correo electrónico en lugar de hacerlo a la pantalla o a la impresora. Se puede notificar a los miembros del equipo del proyecto de cambios importantes, se les puede informar sobre la situación actual del proyecto y enviar diversas gráficas.
- **Gráficas.** Para proyectos que incluyan un gran número de actividades, el dibujar a mano una gráfica de Gantt o un diagrama de red es una tarea tediosa y propensa a errores, como también lo es trazar a mano un esquema para incluir cualquier modificación. Una de las mayores características de los modernos programas de computación es la capacidad de reproducir con facilidad y rapidez diversas gráficas, incluyendo las de Gantt y de red, con base en datos actuales. Una vez que se ha creado un plan de línea base, cualquier modificación se puede introducir con facilidad al sistema y las gráficas reflejarán esos cambios en forma automática. Los programas de computación permiten que las tareas en las gráficas de Gantt se vinculen entre sí de tal

TIENEN CON  
FALLA DE ORIGEN



modo que pueden mostrar las actividades de precedencia. Otras cosas que se permiten al usuario por parte de los programas son:

- desarrollar manipulaciones interactivas de tareas y relaciones, como cambiar las relaciones de precedencia al vincular en forma grafica las tareas entre si o cambiar los tiempos de las tareas al estirar la pantalla de duración de actividades.
  - elaborar formatos a la medida, por ejemplo los tamaños de las columnas, los encabezados, colores, tipos de imprenta y colocación de texto.
  - mostrar gráficas de línea base en contraste con lo real para tareas y costos
  - resaltar la ruta crítica y mostrar la holgura para cualquier actividad
  - reducir o ampliar la pantalla.
- *Importar y exportar datos.* Muchos de estos paquetes de programas de computación permiten al usuario traer información de otras aplicaciones, como aplicaciones del procesador de palabras, hojas de cálculo y bases de datos. En forma similar, con frecuencia es posible enviar datos de su programa de computación a esas aplicaciones.
  - La mayor parte de los paquetes permiten la transferencia de información en texto normal ASCII, del Windows Clipboard a base de datos SQL, Lotus, Excel, Microsoft Project Exchange, OLE cliente/ servidor, DDE cliente/ servidor y varios otros sistemas.
  - *Manejar múltiples proyectos y subproyectos.* Algunos proyectos son tan grandes que es necesario dividirlos en subgrupos más pequeños de tareas o subproyectos. La mayor parte de los paquetes proporcionan respaldo para estas situaciones. Con frecuencia pueden almacenar múltiples proyectos en archivos por separado con vínculos entre si, reunir múltiples proyectos en el mismo archivo, etc.



- **Producción de informes.** En la actualidad la mayor parte de los paquetes tienen capacidades de presentación de informes amplia. Entre los informes que pueden presentarse están los siguientes.
  - Informes sobre el proyecto en conjunto.
  - Informes sobre los pasos principales del proyecto.
  - Informes que proporcionan datos con respecto a rango de fechas, que actividades se han concluido y cuales están en proceso.
  - Informes financieros que muestran una gama completa de datos, incluyendo presupuestos para todas las tareas, así como el proyecto completo, tareas y recursos que han excedido el presupuesto, costos presupuestados acumulados, costos reales y comprometidos.
  - Informes de asignación de recursos para cada recurso o grupo de ellos.
  - Informes estándar que se pueden hacer a la medida, tabulaciones cruzadas e informes de variaciones de la línea base.
- **Administración de recursos.** Los programas modernos pueden mantener una relación de recursos que incluyen sus nombres, la cantidad máxima en que están disponibles, sus tarifas normales y tiempo extra, métodos de acumulación y descripciones. Los usuarios también pueden asignar recursos a un porcentaje de una tarea, establecer niveles de prioridad, otorgar más de un recurso a una tarea, establecer niveles de prioridad, otorgar más de un recurso a la misma tarea y mantener memorándums o notas sobre cada recurso. El sistema resaltaré y ayudará a corregir la sobreasignación y realizará la nivelación y el suavizamiento de los recursos.
- **Planeación.** Todos los paquetes permiten al usuario definir las actividades que necesita realizar. El usuario puede proporcionar un nombre, una fecha de inicio, una fecha de terminación, comentarios y duraciones estimadas a cada tarea y puede especificar cualquier relación de precedencia con otras tareas, así como la(s) persona(s) responsable(s).





- **Control del proyecto.** El seguimiento del avance, los costos reales y el uso real de recursos es un componente fundamental de la administración de proyectos. La mayor parte de estos paquetes permiten al usuario definir un plan de línea base y comparar el progreso y los costos reales con los que aparecen en ese plan. También puede dar seguimiento a las tareas en proceso, las terminadas, los costos relacionados, el tiempo utilizado, las fechas de inicio y terminación, los importes reales comprometidos o gastados y los recursos usados; así como las duraciones, recursos y gastos restantes.
- **Programación.** Los paquetes proporcionan un respaldo amplio y automático a la programación. La mayor parte de los sistemas elaboran gráficas de Gantt y diagramas de red con base en las relaciones de tareas, recursos y toda la información de ellos. Cualquier cambio en esas relaciones se reflejará en forma automática en los sistemas.
- **Seguridad.** Algunos sistemas proporcionan el acceso mediante contraseñas del mismo programa o bien a sus archivos individuales o a la información específica de un archivo.
- **Clasificación y depuración.** La clasificación le permite al usuario contemplar la información en un orden deseado, como los precios del más alto al más bajo, los nombres de los recursos y las tareas también en ese orden. La depuración permite al usuario seleccionar sólo cierta información que cumpla algunos criterios especificados.
- **análisis de ¿Qué.....sí?.** Una característica muy útil de los programas es la capacidad de realizar un análisis de ¿Qué..... sí?. Que no es otro cosa que en algún punto del proyecto el usuario pueda preguntarle al sistema "¿Qué sucede si \_\_\_\_\_ se demorarán una semana?". Los efectos de la demora sobre todo el proyecto se calcularían en forma automática y se presentarían los resultados. Este tipo de análisis le permite al gerente controlar mejor los riesgos relacionados con el proyecto.



---

# CAPITULO III



## ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE METODOS.

### 3.1) ANÁLISIS DEL MÉTODO PERT/CPM

Como se mencionó con anterioridad el método PERT y su ruta complementaria el CPM son dos métodos individuales, sin embargo, en la literatura contemporánea es costumbre referirlo como uno sólo. Por lo tanto, las suposiciones que se manejan son las siguientes.

Un proyecto puede descomponerse en un conjunto de actividades discretas, predecibles. Es decir, todas las actividades que se requieran para llevar a cabo un proyecto se conocen con certeza, y el tiempo de comienzo de una actividad puede percibirse de la terminación de las actividades precedentes.

La duración de las actividades del proyecto puede estimarse, y esta duración es estadísticamente independiente de un proyecto a otro. Esto significa que la duración de una actividad no influye en la duración de otras actividades en otro proyecto.

Al usar el PERT/CPM se supone que las duraciones de las actividades tienen distribución beta ( $\beta$ )

Se supone que el tiempo optimista (o) y pesimista (p) están separados por seis desviaciones estándar. Es decir.

$$\sigma = \frac{t_p - t_o}{6} \dots\dots\dots(22)$$

donde  $\sigma$ , es el estimador PERT para la desviación estándar de una actividad. En base a esto, se supone que la distribución de tiempo de terminación del proyecto (T), sería entonces normal con media estimada  $T_m$  y variancia  $\sigma^2$ . Así, podemos calcular la probabilidad de terminar un proyecto dentro de un tiempo específico usando las tablas de la normal estándar, y las siguientes ecuaciones.

$$T = \sum_{i \in P_T} t_i \dots\dots\dots(23) \quad \sigma^2_T = \sum_{i \in P_T} \sigma_i^2 \dots\dots\dots(24)$$



$$P(T \leq 52) = P\left(z \leq \frac{52 - 49.9}{\sqrt{5.167}}\right) = P(z \leq 1.10) = .86 \dots \dots \dots (25)$$

Como consecuencia de estas suposiciones se generan ciertos errores que en casos extremos pueden ser tan grandes como 33% para el cálculo del tiempo medio y 17% para  $\sigma$ . En situaciones más realistas estos errores serán alrededor de 5 a 10% y su magnitud es función de la geometría de la red, el número de actividades del proyecto, y la forma de las distribuciones de las actividades

### 3.2) ANÁLISIS DEL MÉTODO DE REDUCCIÓN DE REDES

Mientras que los métodos de reducción de redes son atractivos en forma teórica, no está claro si son eficaces o prácticos, excepto en redes pequeñas ya que el tiempo para su resolución computacional es grande. El interés en el costo computacional puede disuadir entonces la adopción extensa de los métodos de reducción de redes.

### 3.3) ANÁLISIS DEL MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN DE LÍMITES

El MDL requiere más esfuerzo de computación que el PERT/CPM. Sin embargo, existen varias ventajas para usarlo.

- El método suministra un intervalo de probabilidad de 100% para  $G_T(t)$ .
- No cuenta con simplificar las suposiciones que tienen que ver con la geometría de redes y la distribución de probabilidad de las actividades. La única suposición es que las actividades son discretas.
- Puede dar rápidamente límites superiores e inferiores en la media y la desviación estándar de los flujos a través de la red. Tales flujos pudieran ser tiempo, costos o utilización de recursos.



### 3.4) ANÁLISIS DE LA SIMULACIÓN MONTECARLO.

- Una ventaja del método Montecarlo es que un "índice de lo crítico" puede asociarse con cada actividad de la red. Si una actividad particular estuviera en la ruta más grande (es decir, la ruta crítica)  $k$  veces en  $n$  simulaciones, entonces su índice de lo crítico es.

$$I = \frac{k}{n} \dots\dots\dots(26)$$

esta es una estimación de la probabilidad de que una actividad este en la ruta crítica

- El número de simulaciones requerido es grande. Para una red de  $M$  actividades simulada  $n$  veces, las duraciones de las actividades  $M \times n$  se generarían de manera aleatoria.
- El tiempo de computación requerido para simular grandes redes pudiera ser prohibitivo.

### 3.5) ANÁLISIS DEL MÉTODO PDM.

- Eliminación de las actividades ficticias o restricciones.
- Simplificación de la red mediante la eliminación de eventos.
- Habilidad de mostrar tiempo de inicio o de espera, con lo cual se reduce la red.
- Flexibilidad de operación.
- Presentación clara y sencilla de actividades simultaneas.
- Elimina eventos, que para muchas aplicaciones son importantes.
- No se pueden integrar varias redes.
- Se requiere la utilización de métodos computacionales sofisticados.
- El trazo y el seguimiento de la ruta es difícil, ya que las uniones por eventos no está presente.



### 3.6) COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO DE LA VARIACIÓN ANTITÉTICA (MVA) Y EL MONTECARLO PURO.

El Montecarlo puro se refiere a hacer la simulación sin el uso de las técnicas de reducción de la varianza. Al comparar el MVA con el Montecarlo puro, se considera el trabajo de cálculo y la variancia de los estimadores. Primero se desarrolla una razón de eficiencia, que es el criterio aceptado de manera general, para comparar los métodos de Montecarlo. El análisis experimental de la razón de la eficiencia se lleva a cabo después usando redes de prueba que se estructuran aleatoriamente y cuya distribución de actividades se asigna del mismo modo. Un estimador insesgado de  $E(T)$  determinado de  $n$  simulaciones Montecarlo independientes es

$$T = \sum_{i=1}^n T_i / n \dots\dots\dots(27)$$

donde  $T_i$  es el tiempo de terminación del proyecto realizado durante la  $i$ -ésima simulación. La precisión de este estimador se mide por su varianza,  $\sigma^2_T = (\sigma^2_T/n)$ , donde  $\sigma^2_T$  es la varianza de  $T$ .

El estimador de variación antitética para  $E(T)$  es

$$T_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_i + T'_i) / 2n = ((T + T') / 2) \dots\dots\dots(28)$$

Puede demostrarse que la varianza de  $T_a$  se da por

$$\sigma^2_{T_a} = (\sigma^2_{T_a} / 2n)(1 + \rho) \dots\dots\dots(29)$$

donde  $\rho$  es la correlación entre  $T$  y  $T'$ . Por tanto, el estimador de variación antitética basado en  $n$  pares de simulaciones es más preciso que el estimador Montecarlo basado en  $2n$  eventos independientes cuando  $\rho < 0$ . Para simulaciones complicadas, las correlaciones no pueden compararse.

La eficiencia del estimador Montecarlo debe considerar el tiempo de calculo y la variancia del estimador, la eficiencia relativa del estimador de la variación



antitética de  $E(T)$  comparado con el estimador Montecarlo puro se mide por la razón de eficiencia.

$$e(T_m; T_a) = (\tau_m \sigma^2_T) / (\tau_a \sigma^2_{T_a}) = 2(\tau_m / \tau_a) / (1 + \rho) \dots \dots \dots (30)$$

donde  $\tau_m$  y  $\tau_a$  son los tiempos de cálculo requeridos por Montecarlo puro y el MVA respectivamente.

Los autores Sullivan, Hayya y Schaul han estimado los límites sobre  $\tau_m / \tau_a$  para una red dada. El MVA implica repeticiones de  $T$  y  $T'$ . El tiempo requerido para las repeticiones de  $T$  es  $\tau_m$ , ya que se usan sólo los complementos de los números aleatorios. Por lo tanto,  $\tau_a N \tau_m$  y  $\tau_a M 2 \tau_m$  dan

$$\frac{1}{2} < \tau_m / \tau_a < 1$$

De acuerdo ha experimentación hecha por la universidad de Pensylvania se determinó que  $0.75 < \tau_m / \tau_a < 0.90$ . Este rango variará dependiendo de los recursos de computación disponibles y de las distribuciones de las cuales se toman las muestras.

Las dos últimas ecuaciones se utilizan para desarrollar los límites conservadores:

$$1 / (1 + \rho) < e(T_m; T_a) < 2 / (1 + \rho)$$

Con ésta ecuación se grafican los límites como función de  $\rho$ . Así cuando  $\rho = -0.75$ , se espera que el método de la variación antitética sea entre 5 y 10 veces mejor que el Montecarlo puro. Desde otro punto de vista, el MVA puede proporcionar la misma precisión que el Montecarlo con un décimo a un quinto del tiempo de cálculo. El valor de  $\rho$  es sensible a las características de la red. De acuerdo con lo anteriormente expuesto se determinó lo siguiente:

- El MVA siempre es superior al Montecarlo para el análisis de redes estocásticas.
- En promedio, el MVA fue 3.66 veces más eficiente que el Montecarlo puro.
- Cuando todas las duraciones se distribuyen simétricamente, el MVA es muy superior al Montecarlo Puro(10 veces más eficiente en promedio). Más aún



cuando las duraciones de las actividades se distribuyen exponencialmente, el MVA es más eficiente, con una razón de eficiencia promedio de 1.94.

- $\rho$  es insensible al número de actividades de una red, pero es sensible al número de duraciones de las actividades que tienen distribuciones exponenciales. El valor muestral medio para  $\rho$  fue -0.51.

### **3.7) COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN DE LÍMITES (MDL) Y LA SIMULACIÓN MONTECARLO.**

Dos autores, Sullivan y Hayya, investigaron experimentalmente la eficiencia relativa del MDL y la simulación Montecarlo. El MDL y la simulación se compararon al estimar la función de distribución acumulada (f.d.a) del tiempo de terminación de la red,  $G_T(t)$ , y el tiempo de terminación esperado,  $E(T)$ . EL MDL y el Montecarlo difieren en.

- El MDL da un intervalo dentro del cual es cierto que caiga un parámetro, por lo cual, no existe ninguna incertidumbre asociada con este intervalo. En contraste, la estimación del intervalo calculada que se usa en la simulación es afectada por el tamaño de la muestra y por el coeficiente de confianza. Se supuso que el 99% esta suficientemente cerca de la certidumbre en la mayoría de las aplicaciones. Por lo consiguiente, se comparó el intervalo de confianza del 100% obtenido del MDL con el intervalo de confianza del 99% correspondiente obtenido por simulación.
- El tiempo de calculo requerido por el MDL aumenta linealmente con el número de actividades de la red, mientras que para la simulación Montecarlo aumenta linealmente con el número de actividades de la red y también con el número de simulaciones

Las condiciones para llevar a cabo la experimentación fueron las siguientes:





- Las redes usadas en el experimento eran acíclicas y estaban estratificadas según el número de actividades. Los estratos son de 10 en 10 hasta 200 actividades, con una red en cada estrato.
- La duración de las actividades son variables aleatorias distribuidas de manera uniforme cuyos parámetros se seleccionan al azar del intervalo [0,9]. También las redes se estructuran aleatoriamente.
- Para cada red, el MDL se usó para calcular límites para  $G_T(t)$  y  $E(T)$ . Los procedimientos estadísticos estándar se usaron después para determinar el
- número de simulaciones requerido para proveer intervalos de confianza del 99% que tienen los mismos rangos que los del MDL.
- La eficiencia del MDL para estimar  $G_T(t)$  y  $E(T)$  se analizó probando la hipótesis  $H_0 : \mu_n \geq 139$  versus  $H_1 : \mu_n < 139$  alternativa, donde  $\mu_n$  fue el número promedio de simulaciones requerido para dar intervalos de confianza del 99% cuyos rasgos fueron los mismos que los del MDL. Se usó un nivel del 5% de significación.

➤ Se examinó la relación entre el número de simulaciones requerido para proveer igual precisión y tamaño de la red. Esto se lleva a cabo probando  $H_0 : \rho_s = 0$  versus la  $H_1 : \rho_s < 0$  alternativa, donde  $\rho_s$  fue el coeficiente de correlación del rango para el número de simulaciones y el número de actividades de la red. Hay que recordar que el MDL determina el intervalo  $[G''_T(t), G'_T(t)]$  tal que  $G_T(t)$  está contenida dentro de él. Definase  $\Delta_\theta$  para que sea lo máximo que  $G_T(t)$  pueda desviarse de cualquier límite. Así,

$$\Delta_\theta = \sup[G'_T(t) - G''_T(t)] \dots\dots\dots(31)$$

donde se determina un número tal de simulaciones,  $n_1$ , tal que

$$D_{.01, n_1} = \Delta_\theta / 2$$

Donde  $D_{.01, n_1}$  es el estadístico de Kolmogorov- Smirnov asociado con un intervalo de confianza del 99%. El valor de  $n_1$  que satisface la última



ecuación puede leerse de tablas disponibles; para  $n_1$  N40 puede estimarse usando  $n_1 \sim 10.63 \Delta_0^{-2}$

- Sea  $\Delta_e$  el rango de la estimación del intervalo del MDL para  $E(T)$ . Se sigue que el número de simulaciones requerido para proveer un intervalo de confianza del 99% para  $E(T)$  con rango  $\Delta_e$  es

$$n_2 = (4z^2_{.995}\sigma^2_T)/\Delta_e^2 \dots\dots\dots(32)$$

Los resultados, tomando en cuenta todos los puntos anteriores, fueron los siguientes:

- La simulación Montecarlo es más eficiente que el MDL para estimar  $G_T(t)$ .
- La eficiencia relativa del MDL con respecto a la simulación Montecarlo disminuye para redes más grandes.
- La simulación Montecarlo es más eficiente que la del MDL que estima  $E(T)$ .

En base a estos resultados se pueden hacer las siguientes afirmaciones:

Un programa de simulación para el análisis de redes puede escribirse con relativa facilidad, pero lograr entender el MDL y programarlo puede consumir mucho tiempo y ser difícil.

La simulación es flexible porque se puede escoger el número de repeticiones para proporcionar un nivel de confianza deseado, mientras que el MDL es inflexible, dando un intervalo fijo.

El programa de simulación utilizado no tiene la ventaja de las técnicas que reducen la variancia. Al utilizar estas técnicas se reduce la variancia del estimador de la simulación de  $E(T)$  a la mitad, lo cual añadiría mayor superioridad a la simulación Montecarlo sobre el MDL.

### **3.8) COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO ROY Y EL MÉTODO PERT/CPM.**

Lo que difiere en los enfoques Roy o PERT/CPM no solo el dibujo, sino, sobre todo la forma de acercamiento al proyecto para proceder a su modelización. Por



ello, como herramientas de análisis y comunicación, la representación Pert y la ROY no son equivalentes, ni tan pocos los paquetes informáticos basados en una u otra, ni los resultados obtenibles. Son parecidas, pertenecen a la misma familia, pero no es indiferente elegir una u otra. Cada una posee sus ventajas y sus inconvenientes.

En el Roy, el elemento básico lo constituye las actividades y, en consecuencia, todo gira alrededor de ellas. Es un procedimiento orientado a las actividades. Son las actividades las que deberán codificar, y por lo tanto será factible que dicha codificación sea significativa ( tipo de actividad/ lugar de realización/ características especiales/ número de serie). Las ligaduras establecen relaciones entre las actividades, esencialmente precedencias entre las mismas. Para establecerlas deberá suponerse que las actividades preceden inmediatamente a una actividad dada y, cuanto vale el desplazamiento temporal mínimo de los inicios de ambas.

En el método PERT/CPM el procedimiento esta orientado a las etapas. Son las etapas las que se codifican. En principio, una actividad es un objeto que va desde una etapa a otra. Su código consiste en la pareja ordenada de códigos de las etapas anterior y posterior. Las ligaduras entre actividades se obtienen indirectamente a partir de la incidencia de las mismas en las etapas. Las ligaduras directamente representables son de tipo muy rígido lo que obliga a recurrir a actividades virtuales o ficticias para intentar respetar en la red, los condicionantes de la realidad. Los cálculos se obtiene inicialmente las fechas de realización de las etapas, que tras su elaboración nos conducen a las fechas relativas de las actividades.

La mayoría de los proyectos presentan las ligaduras potenciales de la forma en la que lo permite directamente el procedimiento PERT/CPM, el número de actividades virtuales a introducir, así como los desdoblamientos de actividades, son importantes pero limitados. Es habitual que las actividades virtuales constituyan el 10% del total de las mismas, que es mucho, pero no excesivo.



los proyectos suelen existir etapas o entidades análogas que condicionan el comienzo de grupos de actividades a la terminación de otros grupos de actividades. Como consecuencia, el número de nodos de la representación PERT/CPM de un proyecto será inferior en la mayoría de los casos al número de nodos de la representación Roy. Desde el punto de vista de los cálculos para la determinación de las fechas, los procedimientos numéricos de tratamiento de la red son idénticos, dependiendo la duración de los mismos y la ocupación de la memoria del tamaño de la red. Siendo el método PERT/CPM más reducido que el método Roy, el tiempo de cálculo para un proyecto dado puede ser considerablemente menor si se ha representado en la forma PERT/CPM que si se ha hecho en la Roy, aun teniendo en cuenta el paso suplementario de fechas de etapas a fechas de actividades. La ocupación de memoria sigue la misma tónica. Un ahorro de tiempo de cálculo y de memoria podía justificar ampliamente la elección del método de representación, aunque fuese algo más incómodo al momento del análisis.

### 3.9) COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO PDM Y PERT/CPM.

Como se podrá apreciar, ambas técnicas operan bajo la misma base: la ruta crítica, aunque con diferentes elementos y enfoques. Por lo cual, la elección de el método dependerá de las necesidades y recursos de la empresa así como de la naturaleza del proyecto y la afinidad de quien maneje la planeación y el control de proyecto.

Dependiendo del tamaño del proyecto, el PERT/CPM es más indicado para manejar proyectos grandes y exhaustivos, mientras que para proyectos pequeños el PDM, resulta más claro en la presentación de la red.

El método PERT/CPM requiere de la estimación de los tres tiempos, mientras que para el PDM el tiempo es por actividad.

El manejo de ambas redes dependerá de que tanto se este familiarizado con el uso de ambos métodos, así por ejemplo, el uso de actividades ficticias en el



PERT/CPM permitirá una mejor comprensión de la red, pero aumentará su tamaño, lo cual puede resultar confuso si se tiene poca experiencia en la comprensión de la misma.

### **3.10) ANÁLISIS DE PROGRAMAS DE CÓMPUTO PARA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

A continuación se presentan breves análisis de algunos de los paquetes de programas de computación para la administración de proyectos. Estos paquetes tienen un costo entre 400 y 700 dólares.

- ❖ **CA-SuperProject.** CA-SuperProject, de Computer Associates International, Inc., es un paquete muy popular entre aquellos que administran una red de proyectos, los que trabajan en un ambiente Unix o Windows y los que necesitan características avanzadas. Este paquete respalda hasta 16000 tareas por proyecto y muchos revisores lo clasifican como excelente para proyectos tanto a gran como a pequeña escala. Lleva a cabo análisis de probabilidad PERT y contiene un algoritmo nivelador de recursos que permite dar preferencia a las tareas de mayor prioridad cuando sea necesario. Su principal debilidad es que su interfase con el usuario no es tan fácil de utilizar como en otros paquetes.
- ❖ **Microsoft Project.** Su principal punto fuerte es que se parece a los otros productos de Microsoft (Access, Excel, Power Point y Word). La barra del menú es casi idéntica a la barra de herramientas y su forma de trabajo es idéntica. El usuario puede mover con facilidad información de un lado a otro de las aplicaciones. Los consejos del día, las tarjetas de indicaciones y numerosos "Wizards" de ayuda hacen que el paquete sea en fácil de usar. El sistema interactivo de calendarios es muy poderoso al igual que el correo electrónico y los medios de distribución. Las debilidades de Microsoft Project son su manejo de la ruta crítica (que en ocasiones no es muy fácil



de distinguir) y su incapacidad de manejar proyectos y subproyectos múltiples también como lo hacen otros paquetes.

- ❖ **SureTrak Project Manager.** SureTrak Project Manager es de Primavera Systems. SureTrak está orientado hacia lo visual y proporciona excelentes características de acercamiento, comprensión, arrastre y colocación. Sus estructuras estándar son fácilmente modificables y se pueden crear con facilidad plantillas a la medida. Sus características sobre la estructura de división de trabajo (EDT) son excelentes y fáciles de usar. Las actividades repetitivas se pueden manejar con facilidad y las gráficas de red de las actividades se pueden dividir en secciones y cargarlas a otros programas. Las debilidades de SureTrak afectan su ayuda y documentación en línea que deben mejorar en el futuro.
- ❖ **Time Line.** Time Line es un poco difícil de usar para los principiantes, pero es de primera clase para los gerentes de proyectos experimentados. Sus medios de presentación de informes son excelentes, así como los son sus vínculos con las bases de datos SQL. Sus calendarios, características de correo electrónico, capacidades de clasificación, depuración y manejo de múltiples proyectos también están bien diseñados. Contiene una característica denominada Co-Pilot, que es un medio efectivo de ayuda de aparición inesperada. La interfase con el usuario es buena y fácil de usar. La debilidad de Time Line es que es más apropiado para grandes y/o múltiples proyectos y no es tan fácil de utilizar, para usuarios poco experimentados, como algunos otros paquetes.
- ❖ **Win QSB.** Este es un programa que permite el uso de tres tiempos en los cálculos de la ruta crítica, por lo cual, resulta muy útil en proyectos nuevos y si referencia anterior. Su uso es relativamente fácil y cuenta con la propiedad de llevar a cabo simulaciones probabilísticas y simulaciones de proyectos mediante el método Monte Carlo. Algunos problemas que tiene



es que no es interactivo y no cuenta con utilerías para un calendario, además de que no cuenta con la asignación de recursos, ni con la presentación de informes. Sin embargo y pese a todo ello es excelente para el cálculo de la ruta crítica.

- ❖ **Minuteman Project Management Software.** Este software permite la asignación de las diferentes tareas desde la rejilla de entrada, así como su duración y costos. Permite trabajar varios subproyectos importándolos y exportándolos desde Microsoft Project . Su calendario de trabajo permite establecer horarios y días laborables y no laborables. Además de esto, permite la impresión de diversos tipos de informes. Su principal problema es su débil interfase con el usuario, que no permite hacer modificaciones a las planillas de impresión, además de no contar con un sistema de actualización del proyecto automático.
- ❖ **PlanBee Critical Path Project Management.** Este software permite la asignación de actividades y recursos desde la planilla de entrada. Cuenta con calendario de trabajo, e impresión de informes. Además cuenta con un sistema de actualización automática del proyecto. Su interfase con el usuario es buena, permitiendo el manejo de sus gráficos para una mejor visualización. El único problema que presenta es que no puede importar y exportar subproyecto, y la presentación de informes es un poco débil.
- ❖ **High-End Project Management Software.** Cuando todos los paquetes antes mencionados no cumplen con las expectativas para manejar proyectos a gran escala, se deben tomar en cuenta paquetes de programas de administración de proyectos de alto fin, como lo son:
  - Artemis de Lucas Management Systems
  - Open Plan de Welcome Software Technology
  - Project Planner de primavera
  - Project/2 de PSDI



Estos sistemas pueden compartir información en un ambiente de base de datos distribuidos; manejar proyectos a gran escala; proporcionar vínculos con otros sistemas de información de negocios y con frecuencia contienen algoritmos altamente sofisticados para la programación, asignación de recursos y el control.

### **3.11) CRITERIOS PARA SELECCIONAR PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN**

A continuación se presenta una relación de factores a tomar en cuenta antes de comprar un paquete de programas de computación para la administración de proyectos.

**1. *Capacidad.***

En este punto la preocupación principal es si el sistema puede o no manejar la cantidad de tareas que se espera realizar, el número de recursos que se espera necesitar y cuantos proyectos se esperan manejar en forma simultánea.

**2. *Medios para la documentación y ayuda en línea.***

Se deben tomar en cuenta la facilidad de lectura del manual del usuario, la presentación lógica de las ideas en el manual, el nivel de detalles y la ayuda en línea.

**3. *Facilidad de uso.***

Se deben tomar en cuenta la "apariencia" y la "sensación" del sistema, las estructuras de los menús, los atajos, los colores de las presentaciones, la cantidad de información en cada presentación, la facilidad con las que se pueden capturar, modificar los datos existentes y elaborar informes, la calidad de las impresiones que se producen y la cantidad de aprendizaje requerido para adquirir habilidad con el sistema.

**4. *Características disponibles.***

En este punto se deben considerar las características del programa más apropiadas para la organización y sus necesidades.

**5. *Integración con otros sistemas.***





Algunos sistemas permiten una integración muy básica con algunos paquetes de programas de computación de amplio uso, mientras que otros proporcionan información sofisticada con bases de datos distribuidas e incluso con bases de datos orientadas a objetos. Otro punto importante es la capacidad para exportar información a paquetes de procesamiento de palabras, de gráficas y a través del correo electrónico.

6. *Requisitos de instalación.*

En este punto se deben de tomar en cuenta las características del equipo como: la memoria necesaria, la cantidad del espacio a ocupar en el disco duro, la rapidez de procesamiento, el tipo de presentación de gráficas y los requisitos del sistema de operación.

7. *Capacidad de presentación de informes.*

Algunos programas respaldan tan sólo la planeación, programación e informes de costos básicos, mientras que otros tienen amplio medios para proporcionar informes sobre tareas individuales, recursos, costos reales, costos comprometidos, avance, etc. Se debe dar una prioridad alta a la capacidad de presentación de informes porque de ella depende el control del proyecto.

8. *Seguridad.*

Si la seguridad es importante, se debe presentar especial atención a los métodos para restringir el acceso al propio sistema de programas, a cada archivo del proyecto y a la información dentro de cada archivo.

9. *Respaldo del proveedor.*

Se debe prestar especial atención a si el proveedor o el distribuidor proporcionan o no respaldo técnico, el precio de ese respaldo y la reputación del proveedor.



### **3.12) VENTAJAS DE LOS PROGRAMAS DE COMPUTO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

Existen numerosas ventajas en utilizar programas de computación entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- **Exactitud.** Estos paquetes tienen algoritmos exactos(dentro de su rango de aplicación) para calcular la información del proyecto y contiene numerosas rutinas incorporadas que verifican errores del usuario.
- **Asequibilidad.** Se pueden comprar excelentes programas entre 400 y 700 dólares. Este precio es alto para una persona, pero para la mayor parte de las empresas es una buena inversión.
- **Facilidad de uso.** Con frecuencia se pueden dominar con tal sólo una cantidad mínima de capacitación.
- **Capacidad para manejar la complejidad.** El programa puede manejar ciertos aspectos de proyectos a gran escala con más facilidad de lo que lo puede hacer una persona manualmente. Dichos programas proporcionan una ayuda indispensable con el nivel de complejidad.
- **Mantener y modificar.** Con los programas cualquier cambio en los datos se reflejará de inmediato en todos los documentos, tales como diagramas, tablas de costos y graficas de asignación de recursos. Esto es muy útil porque, sin importar qué también estén preparados los planes, existe la posibilidad que durante el proyecto algo vaya a cambiar.
- **Mantenimiento de registros.** Un beneficio importante de los programas de computación es su capacidad de mantener registros excelentes. Esta información se puede emplear para elaborar informes de alta calidad y puede ser útil en la planeación de proyectos futuros.
- **Velocidad.** Una vez que se han recopilado y capturado los datos de entrada, con el programa se puede realizar cualquier cálculo imaginable



con mucha rapidez. Por lo general los ahorros en tiempo son suficientes para pagar el propio programa.

- Análisis de ¿Qué sucede si .....? Este tipo de análisis permite al usuario ver los efectos sobre el proyecto de varios escenarios, los cuales se pueden correr en el programa y pueden evaluar sus efectos. El realizar este tipo de análisis sin un programa en ocasiones es imposible.

### 3.13) CONSIDERACIONES EN RELACIÓN AL USO DE PROGRAMAS.

Aunque son numerosos los beneficios de utilizar programas de computación para administrar proyectos, también hay ciertas consideraciones que tomar en cuenta y evitar si es posible.

- a) *Distraerse con el programa.* En ciertos casos el programa puede convertirse en una distracción. Un gerente puede dedicar mucho tiempo a jugar con el programa y centrar su atención en el mismo, olvidando la parte más importante de un proyecto: las personas.
- b) *Una falsa sensación de seguridad.* En ocasiones el programa puede hacer que los gerentes caigan en una falsa sensación de seguridad. Esto puede deberse a: primero, los gerentes de proyectos creen que, debido que tiene programas poderosos, pueden administrar y lograr mas de lo que en realidad es factible; segundo, los gerente piensan que aunque un proyecto se esté retrazando, el programa encontrará la forma de hacerlo regresar a lo programado; tercero si el programa no se usa en forma apropiada, informará que el proyecto está marchando bien, cuando en realidad no es así. El solo hecho de que el programa diga que todo esta bien, no significa necesariamente que se a así.
- c) *Sobrecarga de Información.* Estos paquetes de programas proporciona un gran número de característica y una enorme cantidad de información, que en ocasiones puede resultar abrumadora. Sólo se deben usar las características del programa que se han necesarias.



- d) *Curva de aprendizaje.* Se necesita cierta cantidad de tiempo para hacerse experto en el uso de los paquetes de los programas de computación para la administración de proyectos. La cantidad de tiempo requerida varía de acuerdo a la persona. Sin embargo, la cantidad de capacitación que se requiere normalmente para dominar el programa ha ido disminuyendo debido a que se ha hecho cada vez más fácil el uso de estos paquetes.
- e) *Exceso de confianza en los programas de computación.* Debido a que los programas de computación se han vuelto fáciles de usar y debido a que proporcionan tantas características atractivas, los gerentes de proyectos han comenzado a depender fuertemente de ellos. Por otro lado el programa es tan solo una herramienta que pueda ayudar a hacer el trabajo con mas efectividad y eficiencia (el programa por si solo no puede administrar el proyecto).

Existen dos grandes falacias en la aplicación de técnicas tales como éstas a la administración y control de proyectos:

- Suponer que estos métodos harán todo.
- Suponer que no pueden ayudar.

Aunado a esto se escuchan comentarios como que estas técnicas no son muy útiles debido a que no pueden prevenir problemas tales como el mal tiempo en una obra, fechas de terminación incumplidas establecidas en proyectos de investigación, y gastos excesivos. La realidad es que *ningún* método los eliminará o evitará. La idea es atacar metódicamente los problemas de esta naturaleza. Esto es la administración. Cualquier otro enfoque no es pensar como un administrador. Decir que estos métodos no son de utilidad, es ignorar las muchas ocasiones que han sido de gran ayuda para muchas personas, tanto en proyectos grandes como en pequeños. Debe usarse cualquier método que proporcione una mejor propuesta que otro. El problema real no estriba en si el método mismo puede ser útil, sino mas bien, si se adoptará y aplicará.



# CAPITULO IV

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## 4.1) CASO DE ESTUDIO

### 4.1.1) PROBLEMA ILUSTRATIVO

Antes de entrar de lleno con el caso de estudio, se presentará a continuación un breve ejemplo que ilustra el uso de cuatro diferentes programas, esto se realiza con el fin de dar una idea general del uso de estos programas y facilitar su comprensión en el caso más complejo que abordaremos posteriormente.

Problema ilustrativo. Se desea colocar un nuevo equipo en una planta, para lo cual se proponen las siguientes actividades.

Identificador	Actividad	Predecesor	Tiempo			Costos \$
			o	m	p	
A	Recabar la información de las especificaciones		4	5	7	950.4
B	Acondicionar el lugar		3	4	6	473.6
C	Desarrollar y calcular un presupuesto	A	6	7	9	1108.8
D	Estudiar propuestas y seleccionar proveedor	A	3	4	5	342.4
E	Preparar contratos	A, D	1	2	3	145.6
F	Firmar los contratos	C, E	1	1	1	85.6
G	Desempacar el equipo	F	1	1	1	103.2
H	Colocar el equipo	B, G	5	6	8	619.20
I	Pruebas generales	G, H	1	1	1	130.4
J	Puesta en marcha	I	1	1	1	130.4

Nota: Los costos están en dólares a una duración promedio presentada en la fig. 21, los tiempos están redondeados para efecto del programa.

## RESULTADOS

### A) WINQSB

A continuación se presentan las diferentes vistas generadas para el uso de este programa en sus dos variantes: PERT/CPM probabilístico y PERT/CPM costos.



- PERT/CPM probabilístico

Figura 12. Entrada. Se introducen actividades, predecesoras y tiempos. Conforme se introducen las actividades el sistema les asigna un # de identidad (Activity number).

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Optimistic time (a)	Most likely time (m)	Pessimistic time (b)
1	A		4	5	7
2	B		3	4	6
3	C	A	6	7	9
4	D	A	3	4	5
5	E	A,D	1	2	3
6	F	C,E	1	1	1
7	G	F	1	1	1
8	H	B,G	5	6	8
9	I	G,H	1	1	1
10	J	I	1	1	1

Salidas

Figura 13. Ruta crítica. Se observan las distintas rutas críticas, su tiempo de terminación y su desviación estándar.

05-30-2003	Critical Path 1	Critical Path 2
1	A	A
2	C	C
3	F	F
4	G	G
5	H	H
6	I	I
7	J	J
<b>Completion Time</b>	<b>22.50</b>	<b>22.50</b>
<b>Std. Dev.</b>	<b>0.87</b>	<b>0.71</b>

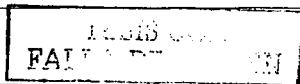




Figura 14. Tabla de resultados. Se observan las actividades críticas, sus tiempos (ES,EF,LS,LF) de terminación, holgura y su desviación estándar.

Project Problem	Activity Name	On Critical Path	Activity Mean Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Sleak (LS-ES)	Activity Time Distribution	Standard Deviation
05-29-2003 13:57:54	1 A	Yes	5.1667	0	5.1667	0	5.1667	0	3-Time estimate	0.5
	2 B	no	4.1667	0	4.1667	10.1667	14.3333	10.1667	3-Time estimate	0.5
	3 C	Yes	7.1667	5.1667	12.3333	5.1667	12.3333	0	3-Time estimate	0.5
	4 D	no	4	5.1667	9.1667	6.3333	10.3333	1.1667	3-Time estimate	0.3333
	5 E	no	2	9.1667	11.1667	10.3333	12.3333	1.1667	3-Time estimate	0.3333
	6 F	Yes	1	12.3333	13.3333	12.3333	13.3333	0	3-Time estimate	0
	7 G	Yes	1	13.3333	14.3333	13.3333	14.3333	0	3-Time estimate	0
	8 H	Yes	6.1667	14.3333	20.5	14.3333	20.5	0	3-Time estimate	0.5
	9 I	Yes	1	20.5	21.5	20.5	21.5	0	3-Time estimate	0
	10 J	Yes	1	21.5	22.5	21.5	22.5	0	3-Time estimate	0
	Project Completion Time	=			22.50	days				
	Number of Critical Path(s)	=			2					

Figura 15. Diagrama PERT/CPM. Se observan las rutas críticas, y sus tiempos (ES,EF,LS,LF) de terminación.

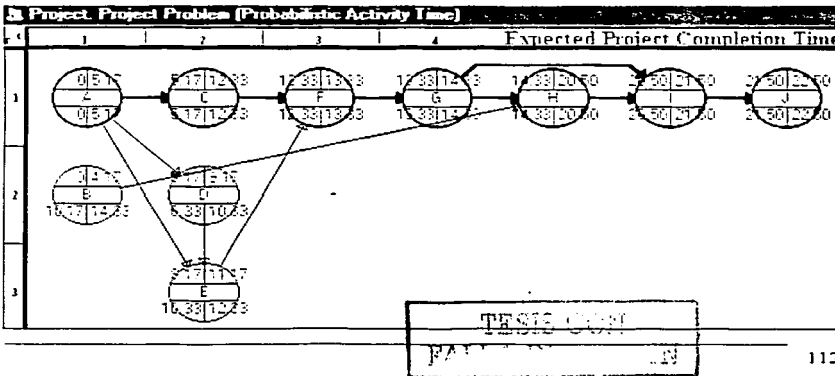






Figura 16. Diagrama de Gantt. Se observan las actividades críticas, su tiempos (ES,EF,LS,LF) de terminación.

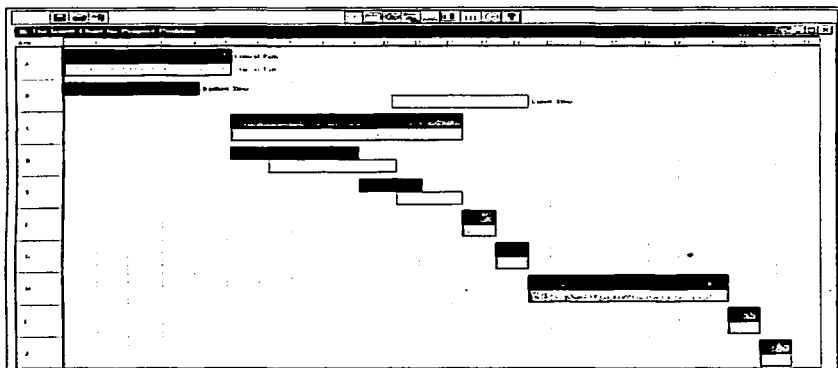
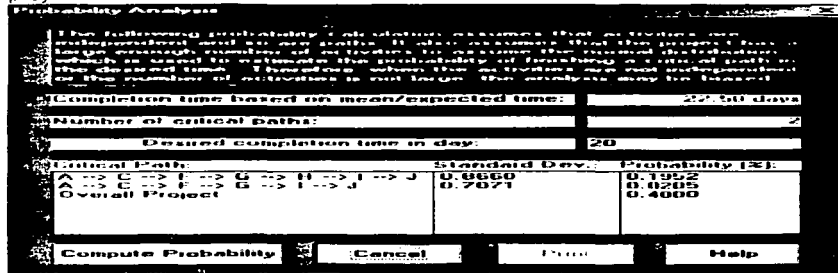


Figura 17. Análisis de probabilidad. Mediante esta aplicación se puede determinar la probabilidad de finalizar una ruta crítica variando el tiempo de finalización del proyecto.



TRIPAS  
FALLA PROYECTO



Figura 18. Simulación PERT (Simulación Monte Carlo). Simulación del tiempo de terminación del proyecto variando la duración del mismo.

Microsoft Corporation reserves all rights in this software and the information contained herein. This program simulates the process of completing a project. It generates random numbers to simulate the time to complete a task. The program will calculate the project completion time based on the user's input. The user can enter a seed number or use the system clock. The program will calculate the project completion time based on the user's input. The user can enter a seed number or use the system clock.

Random Seed  
 Use default random seed  
 Enter a seed number  
 Use system clock

Project completion time based on mean or expected critical path time: 22.51 days  
 % of simulation done: 2%

Random seed number: 27437  
 Number of simulated observations: 1000  
 Desired completion time in days: 22  
 Average completion time: 22.51 days  
 % to finish in desired completion time: 27.60003

[Simulate] [Show Analysis] [Cancel] [Help]

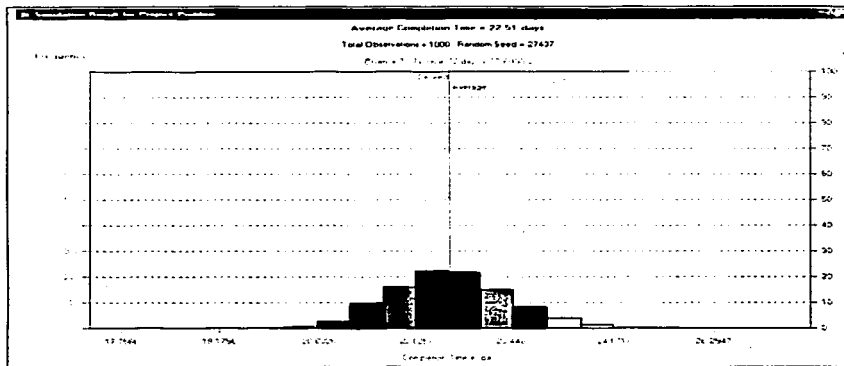
Figura 19. Tabla de resultados de la simulación. Resultados de la simulación en forma tabular.

Completion Time From	To (included)	Frequency	%	Cumulative %
0	0	17.76	0	0.0000
1	17.76	18.23	0	0.0000
2	18.23	18.71	0	0.0000
3	18.71	19.18	0	0.0000
4	19.18	19.65	0	0.0000
5	19.65	20.13	1	0.1000
6	20.13	20.60	5	0.5000
7	20.60	21.08	25	2.5000
8	21.08	21.55	95	9.5000
9	21.55	22.03	158	15.8000
10	22.03	22.50	221	22.1000
11	22.50	22.97	214	21.4000
12	22.97	23.45	148	14.8000
13	23.45	23.92	81	8.1000
14	23.92	24.40	38	3.8000
15	24.40	24.87	11	1.1000
16	24.87	25.35	2	0.2000
17	25.35	25.82	1	0.1000
18	25.82	26.29	0	0.0000
19	26.29	26.77	0	0.0000
20	26.77	27.24	0	0.0000
21	27.24	and over	0	0.0000
Total Observations =		1000		Random Seed = 27437
Average Completion Time =		22.51 days		
Chance to finish in		22 days		= 27.60003

TECNOLOGIA  
 FARMACIA



Figura 20. Grafica de simulación. Resultados de la simulación en forma grafica.



• PERT/CPM costos

Figura 21. Entrada. Se introducen actividades, predecesoras, tiempo y costo normal.

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list)	Normal Time	Normal Cost	Percent Complete
1	A		6	\$950	
2	B		4	\$473.60	
3	C	A	7	\$1,108.80	
4	D	A	4	\$342.40	
5	E	A,D	2	\$145.60	
6	F	C,E	1	\$85.60	
7	G	F	1	\$103.20	
8	H	B,G	6	\$619.20	
9	I	G,H	1	\$130.40	
10	J	I	1	\$130.40	

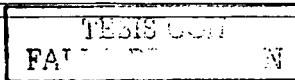




Figura 22. Ruta critica. Se observan las distintas rutas criticas, y su tiempo de terminación.

06-02-2003	Critical Path 1	Critical Path 2
1	A	A
2	C	C
3	F	F
4	G	G
5	H	I
6	I	J
7	J	
<b>Completion Time</b>	<b>23</b>	<b>23</b>

Figura 23. Tabla de resultados. Se observan las actividades criticas, sus tiempos (ES,EF,LS,LF) de terminación, holgura y el costo total del proyecto.

06-02-2003 13:01:55	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	Yes	6	0	6	0	6	0
2	B	no	4	0	4	11	15	11
3	C	Yes	7	6	13	6	13	0
4	D	no	4	6	10	7	11	1
5	E	no	2	10	12	11	13	1
6	F	Yes	1	13	14	13	14	0
7	G	Yes	1	14	15	14	15	0
8	H	Yes	6	15	21	15	21	0
9	I	Yes	1	21	22	21	22	0
10	J	Yes	1	22	23	22	23	0
	Project Completion Time		=		23	days		
	Total Cost of Project		=		\$4,089.20	(Cost on CP =	\$3,127.60)	
	Number of Critical Path(s)		=		2			

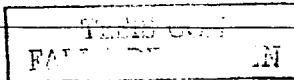




Figura 24 Diagrama PERT/CPM. Se observa la ruta crítica, y sus tiempos (ES,EF,LS,LF) de terminación.

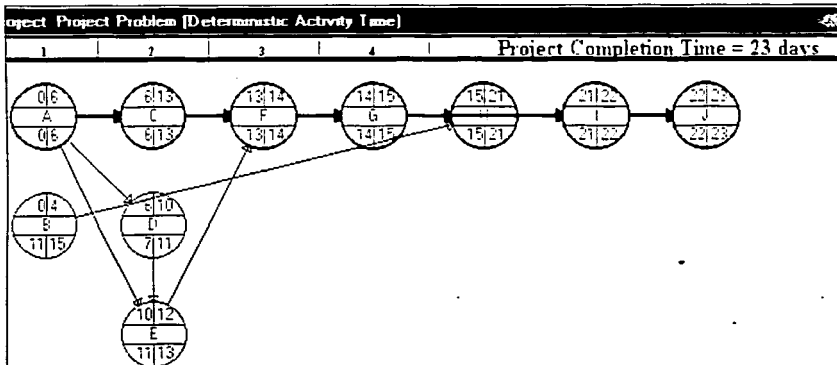


Figura 25. Tabla de costos por día. Muestra los costos de actividad por día basados en los diferentes tiempos de terminación (ES,EF,LS,LF).

06-02-2003	Project Time in day	Cost Schedule Based on ES	Cost Schedule Based on LS	Total Cost Based on ES	Total Cost Based on LS
1	1	\$276.73	\$158.33	\$276.73	\$158.33
2	2	\$276.73	\$158.33	\$553.47	\$316.67
3	3	\$276.73	\$158.33	\$830.20	\$475
4	4	\$276.73	\$158.33	\$1,106.93	\$633.33
5	5	\$158.33	\$158.33	\$1,265.27	\$781.67
6	6	\$158.33	\$158.33	\$1,423.60	\$950.00
7	7	\$244	\$158.40	\$1,667.60	\$1,108.40
8	8	\$244	\$244	\$1,911.60	\$1,352.40
9	9	\$244	\$244	\$2,155.60	\$1,596.40
10	10	\$244	\$244	\$2,399.60	\$1,840.40
11	11	\$231.20	\$244	\$2,630.80	\$2,084.40
12	12	\$231.20	\$349.60	\$2,862	\$2,328.40
13	13	\$158.40	\$349.60	\$3,020.40	\$2,582.60
14	14	\$85.60	\$204	\$3,106	\$2,837.60
15	15	\$103.20	\$221.60	\$3,209.20	\$3,092.20
16	16	\$103.20	\$103.20	\$3,312.40	\$3,312.40
17	17	\$103.20	\$103.20	\$3,415.60	\$3,415.60
18	18	\$103.20	\$103.20	\$3,518.80	\$3,518.80
19	19	\$103.20	\$103.20	\$3,622.00	\$3,622
20	20	\$103.20	\$103.20	\$3,725.20	\$3,725.20
21	21	\$103.20	\$103.20	\$3,828.40	\$3,828.40
22	22	\$130.40	\$130.40	\$3,958.80	\$3,958.80
23	23	\$130.40	\$130.40	\$4,089.20	\$4,089.20

TEXAS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION  
 FAY BAKER



Figura 26. Grafica de costos presupuestados. Se observa el grafico de costos acumulados vs tiempos (ES, LS).

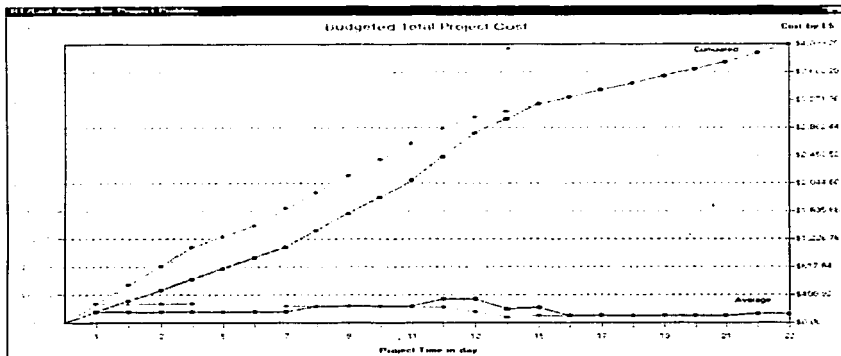


Figura 27. Tabla de control de costos. Tabla de variación de costos unas iniciadas y/o completadas las actividades.

Problem							
06-02-2003 13:21:45	Activity Name	Activity Time	Budgeted Total Cost	% Completion	Estimated Cost (Value)	Actual Cost	Cost Overrun
1	A	6	\$950	100	\$950	0	(\$950)
2	B	4	\$473.60	80	\$378.88	0	-\$378.88
3	C	7	\$1,108.80	70	\$776.16	0	-\$776.16
4	D	4	\$342.40	30	\$102.72	0	-\$102.72
5	E	2	\$145.60	14	\$20.38	0	-\$20.38
6	F	1	\$85.60	0	0	0	0
7	G	1	\$103.20	0	0	0	0
8	H	6	\$619.20	0	0	0	0
9	I	1	\$130.40	0	0	0	0
10	J	1	\$130.40	0	0	0	0
	<b>Total</b>		<b>\$4,089.20</b>		<b>\$2,228.14</b>	<b>0</b>	<b>-\$2,228.14</b>

FAI Y DE CONTROL



## B) MINUTE MAN

Figura 28. Entrada. Al introducir actividades y predecesoras, las actividades que forman parte de la ruta crítica cambian su color de azul a rojo.

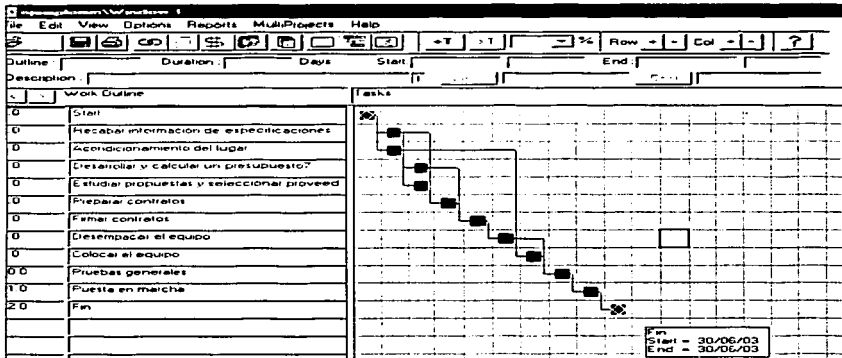
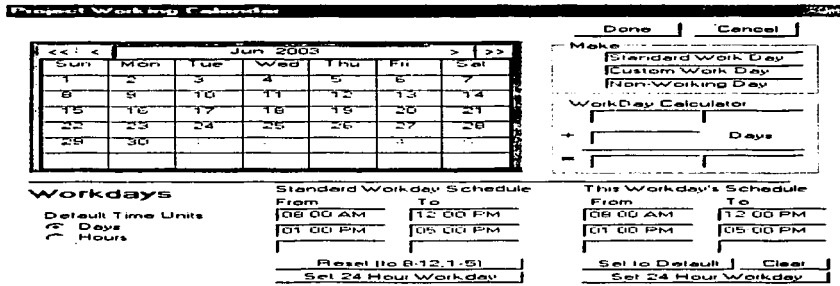


Figura 29. Calendario de trabajo. En el se especifican los horarios de trabajo, los días laborables, los no laborables y las unidades de tiempo.



119  
FALLA



Figura 30. Tabla de recursos. En ella se crea una lista de recursos humanos, su costo por hora y su disponibilidad.

Project Resources

Add Delete Save Get Clear Done

Name/Description	Cost/Hour	Max
Ing. A	\$ 10.70	000
Ing. B	\$ 5.10	200
Tecnico Especializado	\$ 7.20	200
Auxiliar Tecnico	\$ 5.70	000

Figura31. Tabla de asignación de recursos por tarea. Mediante ésta se asignan recursos a las diferentes actividades.

Costs : Task # 1.0.1 - Inicio

Headcount Resources:			Add	Delete	Define
Qty	Description	Cost/Hour			
	Ing. A	\$ 10.70			
	Ing. B	\$ 5.10			
	Tecnico Especializado	\$ 7.20			
	Auxiliar Tecnico	\$ 5.70			

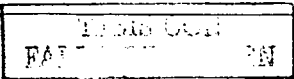
  

Expenditures			Add	Delete
Qty	Description	Cost Each		

Summary	
Headcount #:	0
Headcount:	\$ 0.00
Expenditure:	\$ 0.00
Total Task:	\$ 0.00
% Complete:	100
Earned Value:	\$ 0

Done

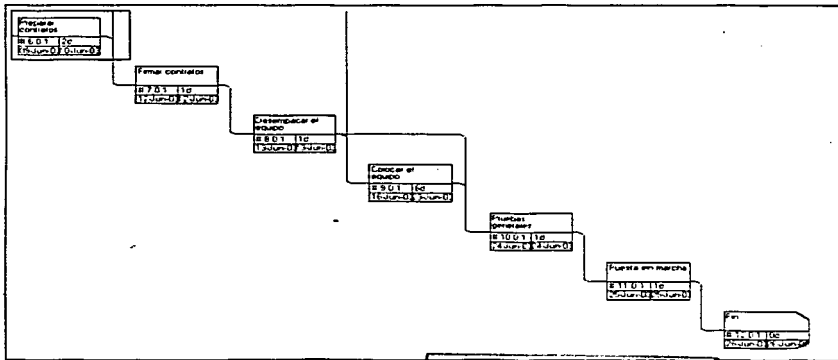
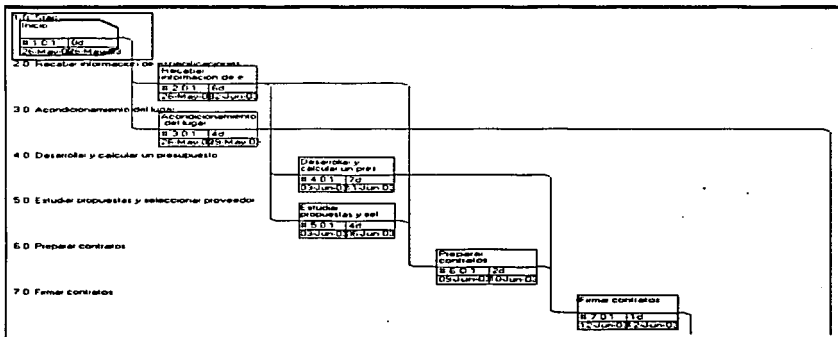






## Salidas

Figura 32. Diagrama PERT/CPM. Representación de la ruta crítica (recuadros rojos), fechas de inicio y terminación, duración y número de actividad.



TRABAJOS  
FALLA EN  
EN



Figura 33. Diagrama PERT/CPM actualizado. Actualización de actividades, actividad completada(X), actividad en progreso(/).

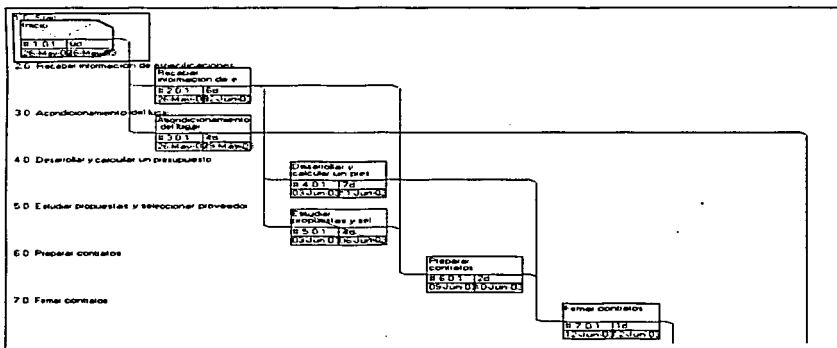
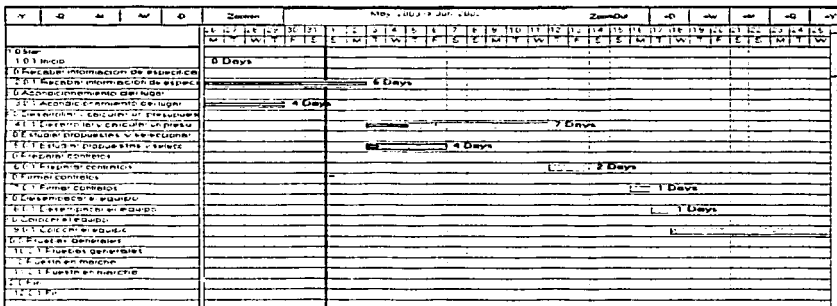


Figura 34. Diagrama de Gantt actualizado. Actualización del diagrama de Gantt mediante el llenado de barras.



TESIS CON  
FALLA EN  
IN



Figura 35. Reporte de horario del proyecto. Reporte con actividades, duración, fechas de inicio, finalización y recursos.

Level	Activity / Description	Dur(d)	Start	End
1.0	Start			
1.0.1	Inicio	0	26/05/03 08:00 AM	26/05/03 08:00 AM
	Predecessors : None			
	Notes/Comments : First Task			
2.0	Recabar información			
2.0.1	Recabar información de especificaciones	6	26/05/03 08:00 AM	02/06/03 05:00 PM
	Predecessors :			
1.0.1	Inicio	0	26/05/03	26/05/03
	Personnel :			
	1 Ing. A			
	1 Ing. B			
3.0	Acondicionamiento de			
3.0.1	Acondicionamiento del lugar	4	26/05/03 08:00 AM	29/05/03 05:00 PM
	Predecessors :			
1.0.1	Inicio	0	26/05/03	26/05/03
	Personnel :			
	1 Ing. B			
	1 Auxiliar Tecnico			

Figura 36. Reporte de costos por recurso. Reporte de actividades por recurso, disponibilidad y costo.

Headcount / Outline	Description	Qty	Cost Each	Net Cost
Ing. A				
2.0.1	Recabar información de especificaciones	1	\$ 10.70	\$ 513.60
4.0.1	Desarrollar y calcular un presupuesto	1	\$ 10.70	\$ 599.20
5.0.1	Estudiar propuestas y seleccionar proveedor	1	\$ 10.70	\$ 342.40
7.0.1	Firmar contratos	1	\$ 10.70	\$ 85.60
	Total -	4		\$ 1540.80
Ing. B				
2.0.1	Recabar información de especificaciones	1	\$ 9.10	\$ 436.80
3.0.1	Acondicionamiento del lugar	1	\$ 9.10	\$ 291.20
4.0.1	Desarrollar y calcular un presupuesto	1	\$ 9.10	\$ 509.60
6.0.1	Preparar contratos	1	\$ 9.10	\$ 145.60
10.0.1	Pruebas generales	1	\$ 9.10	\$ 72.80
11.0.1	Puesta en marcha	1	\$ 9.10	\$ 72.80
	Total -	6		\$ 1528.80
Auxiliar Tecnico				

TESIS COM.  
FALLA DE CALIDAD EN

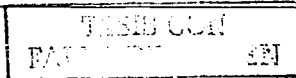


Figura 37. Reporte de costos totales. Reporte de costos totales por actividad.

Outline	Description	Labor	Expenses	Total Cost
1.0.1	Inicio	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
2.0.1	Recabar información de especificaciones	\$ 950.40	\$ 0.00	\$ 950.40
3.0.1	Acondicionamiento del lugar	\$ 473.60	\$ 0.00	\$ 473.60
4.0.1	Desarrollar y calcular un presupuesto	\$ 1108.80	\$ 0.00	\$ 1108.80
5.0.1	Estudiar propuestas y seleccionar proveedor	\$ 342.40	\$ 0.00	\$ 342.40
6.0.1	Preparar contratos	\$ 145.60	\$ 0.00	\$ 145.60
7.0.1	Firmar contratos	\$ 85.60	\$ 0.00	\$ 85.60
8.0.1	Desenpacar el equipo	\$ 103.20	\$ 0.00	\$ 103.20
9.0.1	Colocar el equipo	\$ 619.20	\$ 0.00	\$ 619.20
10.0.1	Pruebas generales	\$ 130.40	\$ 0.00	\$ 130.40
11.0.1	Puesta en marcha	\$ 130.40	\$ 0.00	\$ 130.40
12.0.1	Fin	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Totals =		\$ 4089.60	\$ 0.00	\$ 4089.60

Figura 38. Reporte de costos por actividad. Reporte de actividades, duración, fechas de inicio y fin, costos/hr, tiempo empleado y costo por actividad.

Outline	Description	Dur(d)	Start	End		
1.0.1	Inicio	0				
2.0.1	Recabar información de especificaciones	6	26/05/03	02/06/03		
	<b>Qty</b>	<b>Headcount</b>	<b>Resource</b>	<b>Cost/Hr</b>	<b>Hours</b>	<b>Cost</b>
	1	Ing. A		\$ 10.70	48	\$ 513.60
	1	Ing. B		\$ 9.10	48	\$ 436.80
				<b>Total Headcount Cost =</b>		\$ 950.40
				<b>Total Task Costs =</b>		\$ 950.40
3.0.1	Acondicionamiento del lugar	4	26/05/03	29/05/03		
	<b>Qty</b>	<b>Headcount</b>	<b>Resource</b>	<b>Cost/Hr</b>	<b>Hours</b>	<b>Cost</b>
	1	Ing. B		\$ 9.10	32	\$ 291.20
	1	Auxiliar Tecnico		\$ 5.70	32	\$ 182.40
				<b>Total Headcount Cost =</b>		\$ 473.60
				<b>Total Task Costs =</b>		\$ 473.60
4.0.1	Desarrollar y calcular un	7	03/06/03	11/06/03		





### C) PLANBEE CRITICAL PATH PROJECT MANAGEMENT.

Figura39. Entrada. En ella se asignan actividades, duración y recursos.

File Edit Options View Help Buy Now

Task Details: You may edit Task Name and Task Duration. Date information is computed by the system. Show More Rows Go Back to 2

Row	Task Name or Description	Precedent	Contest	Dependent	Duration	Early Start	Late Start	Early Finish	Late Finish	Float
1	A) Recabar la información de las especificaciones				6	16Jun-2003	16Jun-2003	24Jun-2003	24Jun-2003	0-
2	B) Acondicionar el lugar				4	16Jun-2003	01Jul-2003	20Jun-2003	07Jul-2003	15-
3	C) Desarrollar y calcular un presupuesto				7	24Jun-2003	24Jun-2003	03Jul-2003	03Jul-2003	0-
4	D) Estudiar propuestas y seleccionar proveedor				4	24Jun-2003	25Jun-2003	30Jun-2003	01Jul-2003	1+
5	E) Preparar contratos				2	30Jun-2003	01Jul-2003	02Jul-2003	03Jul-2003	1+
6	F) Firmar los contratos				1	03Jul-2003	03Jul-2003	04Jul-2003	04Jul-2003	0-
7	G) Desempacar el equipo				1	04Jul-2003	04Jul-2003	07Jul-2003	07Jul-2003	0-
8	H) Colocar el equipo				6	07Jul-2003	07Jul-2003	15Jul-2003	15Jul-2003	0-
9	I) Pruebas generales				1	15Jul-2003	15Jul-2003	16Jul-2003	16Jul-2003	0-
10	J) Puesta en marcha				1	16Jul-2003	16Jul-2003	17Jul-2003	17Jul-2003	0-

Precedence Details: Add Precedent... Minimum lags between precedent and task. Dependents: C) Desarrollar y calcular un presupuesto, D) Estudiar propuestas y seleccionar proveedor, E) Preparar contratos.

NO PRECEDENT DEFINED FOR THIS TASK.

Row 1 options: Can't start before (or resume leveling). Fixed Finish. You may specify a fixed finish date for a task by unshading this box. Other dates will be unshaded to accommodate the date. The date result in unshaded boxes (shown by require float) fixed dates display in purple. You may also use their task duration days. Calendar days.  Automatically update progress.

Task Resource Summary:
 

Task	Resource	Start	End	Units
1) A) Recabar la información de las especificaciones	1	16Jun-2003	16Jun-2003	1.00 Used
2) B) Acondicionar el lugar	2	16Jun-2003	01Jul-2003	2.00 Used
3) C) Desarrollar y calcular un presupuesto	3	24Jun-2003	24Jun-2003	2.00 Used
4) D) Estudiar propuestas y seleccionar proveedor	4	24Jun-2003	24Jun-2003	2.00 Used
5) E) Preparar contratos	5	30Jun-2003	01Jul-2003	2.00 Used
6) F) Firmar los contratos	6	03Jul-2003	03Jul-2003	2.00 Used
7) G) Desempacar el equipo	7	04Jul-2003	04Jul-2003	2.00 Used
8) H) Colocar el equipo	8	07Jul-2003	07Jul-2003	2.00 Used
9) I) Pruebas generales	9	15Jul-2003	15Jul-2003	2.00 Used
10) J) Puesta en marcha	10	16Jul-2003	16Jul-2003	2.00 Used

Figura 40. Entrada actualizada. El progreso del proyecto es representado mediante el sombreado de la actividad.

Task Details: You may edit Task Name and Task Duration. Date information is computed by the system. Show Task Details Go Back to 2

Row	Task Name or Description	Precedent	Contest	Dependent	Duration	Early Start	Late Start	Early Finish	Late Finish	Float
1	A) Recabar la información de las especificaciones				6	16Jun-2003	16Jun-2003	24Jun-2003	24Jun-2003	0-
2	B) Acondicionar el lugar				4	16Jun-2003	01Jul-2003	20Jun-2003	07Jul-2003	15-
3	C) Desarrollar y calcular un presupuesto				7	24Jun-2003	24Jun-2003	03Jul-2003	03Jul-2003	0-
4	D) Estudiar propuestas y seleccionar proveedor				4	24Jun-2003	25Jun-2003	30Jun-2003	01Jul-2003	1+
5	E) Preparar contratos				2	30Jun-2003	01Jul-2003	02Jul-2003	03Jul-2003	1+
6	F) Firmar los contratos				1	03Jul-2003	03Jul-2003	04Jul-2003	04Jul-2003	0-
7	G) Desempacar el equipo				1	04Jul-2003	04Jul-2003	07Jul-2003	07Jul-2003	0-
8	H) Colocar el equipo				6	07Jul-2003	07Jul-2003	15Jul-2003	15Jul-2003	0-
9	I) Pruebas generales				1	15Jul-2003	15Jul-2003	16Jul-2003	16Jul-2003	0-
10	J) Puesta en marcha				1	16Jul-2003	16Jul-2003	17Jul-2003	17Jul-2003	0-

TRABAJO  
FALTANDO EN



Figura 41. Opciones de inicio. Opciones para personalizar el proyecto como compañía, nombre del proyecto y autor.

**Project Details:** Close: X  
 You may change these details later by selecting Options... Change Project Options

**Company:** FES ZARAGOZA

**Project:** EJEMPLD

**Author:** Hugo MendozaTellez/Inst. Mexicano del Petroleo

**Account:** Enter Account Code for Project

**Start Date:**

Don	Lu	Ma	Mi	Jue	Vi	Sab
24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Click on a date to select it as project start date.. If the currently selected date is not visible you may click on the "Show Project Start Month" button to show it.

Clear % completions

New tasks default to Calendar Day durations

Float expressed in Calendar Days

OK

<< | < | Jun 2003 | > | >>

Show project start month

Figura 42. Calendario de trabajo. En el se especifican los días laborables, los no laborables.

**Work Day Calendar:** Close: X

Working Day	Don	Lu	Ma	Mi	Jue	Vi	Sab
Non-Working	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					

Click on a date to alter its status

Date Language

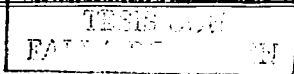
Current Month << | < | Jun 2003 | > | >>

Figura 43. Asignación de recursos. En ella se crea una lista de recursos humanos, su costo por día y su disponibilidad.

Resources for (11A) Recabar la información de las es	Cost	Amount	Resource Master List Items	Cost/Day	Limit #
Ina. B	438	1.00	Ing A	86	
Ina. A	516	1.00	Ing B	73	
			Tecnico especializado	58	
			Auxiliar tecnico	46	

Remove Ina. B from A1 Recabar la información de las especificaciones

Add selected resource to selected task (1) Add a New Resou









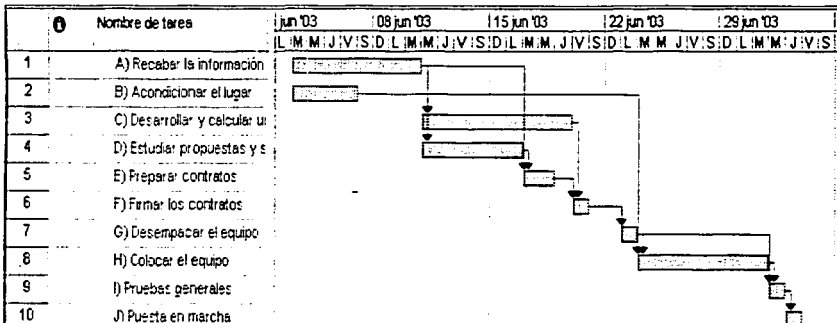


## D) MICROSOFT PROJECT

Figura 48. Entrada. En ella se asignan actividades, duración, predecesoras y recursos.

ID	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
1	A) Recabar la información	6 días	mar 03/06/03	mar 10/06/03		
2	B) Acondicionar el lugar	4 días	mar 03/06/03	vie 05/06/03		
3	C) Desarrollar y calcular u	7 días	mar 11/06/03	jun 18/06/03	1	
4	D) Estudiar propuestas y s	4 días	mar 11/06/03	jun 15/06/03	1	
5	E) Preparar contratos	2 días	mar 17/06/03	mie 18/06/03	1,4	
6	F) Firmar los contratos	1 día	vie 20/06/03	vie 20/06/03	3,5	
7	G) Desempacar el equipo	1 día	jun 23/06/03	jun 23/06/03	6	
8	H) Colocar el equipo	6 días	mar 24/06/03	mar 01/07/03	2,7	
9	I) Pruebas generales	1 día	mie 02/07/03	mie 02/07/03	7,8	
10	J) Puesta en marcha	1 día	jun 03/07/03	jun 03/07/03	9	

Figura 49. Diagrama de Gantt. Conforme se ingresan los datos se construye éste gráfico.



TESIS CON  
RA...  
EN



Figura 50. Calendario de trabajo. Se construye conforme se introducen los datos a la rejilla de entrada

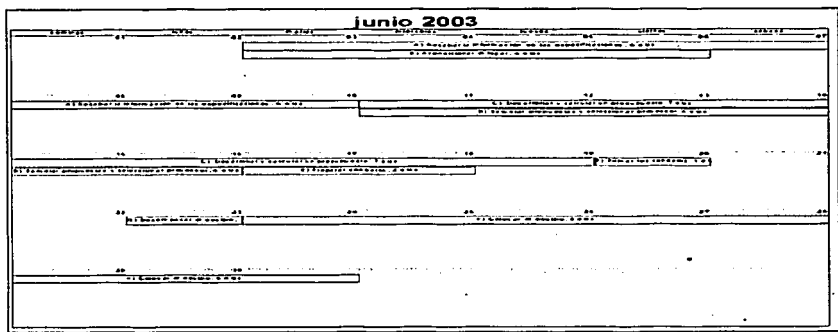


Figura 51. Diagrama PERT/CPM. Se construye conforme se introducen los datos a la rejilla de entrada, la ruta crítica se presenta en color rojo.

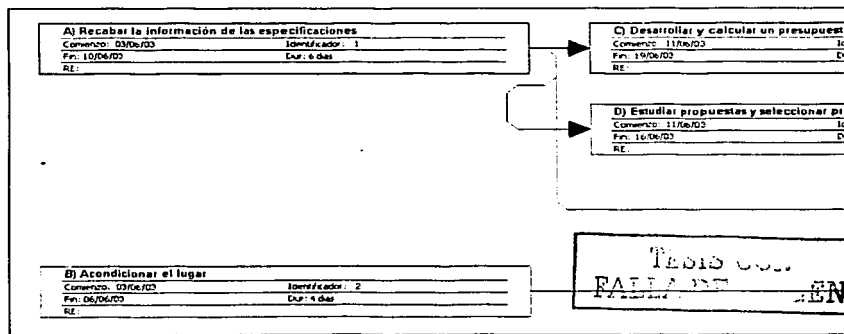




Figura 52. Diagrama de gantt (secuencia). Se construye conforme se introducen los datos a la rejilla de entrada, la ruta crítica se presenta en color rojo.

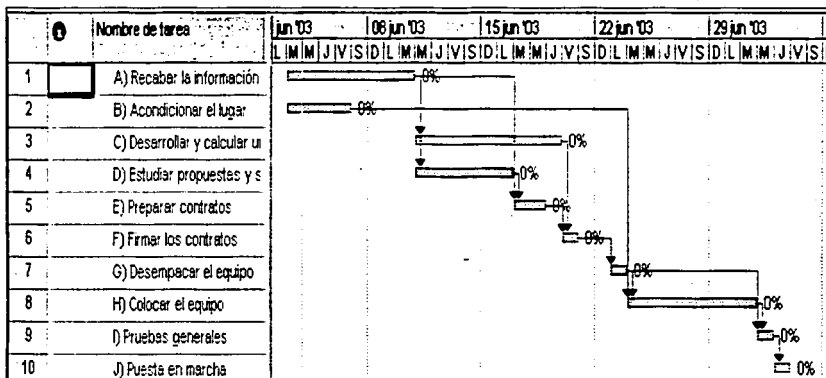


Figura 53. Ruta crítica. Presentación de las actividades que forman la ruta crítica con fechas de inicio y fin, número de identificador y recursos.

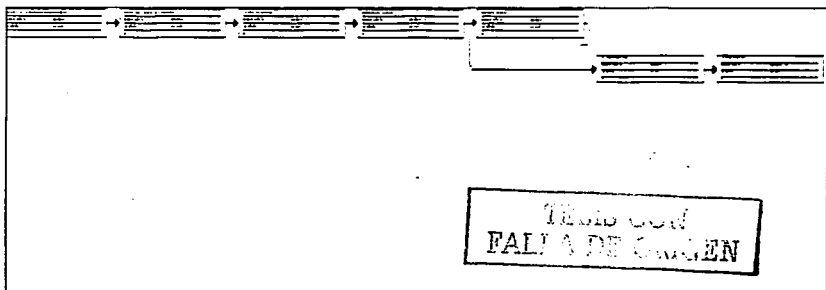




Figura 54. Tabla de costos. Mediante ella se introducen los diferentes costos para las actividades, lo cual nos permitirá su posterior control.

	Nombre de tarea	Costo fijo	Acumulación de costos fijos	Costo total	Costo previsto	Variación	Real	Restante
1	A) Recabar la información	\$950.40	Prorrateo	\$950.40	\$0.00	\$950.40	\$0.00	\$950.40
2	B) Acondicionar el lugar	\$473.60	Prorrateo	\$473.60	\$0.00	\$473.60	\$0.00	\$473.60
3	C) Desarrollar y calcular	\$1,108.80	Prorrateo	\$1,108.80	\$0.00	\$1,108.80	\$0.00	\$1,108.80
4	D) Estudiar propuestas y	\$342.40	Prorrateo	\$342.40	\$0.00	\$342.40	\$0.00	\$342.40
5	E) Preparar contratos	\$145.60	Prorrateo	\$145.60	\$0.00	\$145.60	\$0.00	\$145.60
6	F) Firmar los contratos	\$85.60	Prorrateo	\$85.60	\$0.00	\$85.60	\$0.00	\$85.60
7	G) Desempacar el equipo	\$103.20	Prorrateo	\$103.20	\$0.00	\$103.20	\$0.00	\$103.20
8	H) Colocar el equipo	\$619.20	Prorrateo	\$619.20	\$0.00	\$619.20	\$0.00	\$619.20
9	I) Pruebas generales	\$130.40	Prorrateo	\$130.40	\$0.00	\$130.40	\$0.00	\$130.40
10	J) Puesta en marcha	\$130.40	Prorrateo	\$130.40	\$0.00	\$130.40	\$0.00	\$130.40

Figura 55. Tabla de programación. Mediante ellas se observan las fechas de inicio y fin, así como el tiempo de demora permisible

	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Límite de comienzo	Límite de finalización	Demora permisible	Margen de demora total
1	A) Recabar la inform	mar 03/06/03	mar 10/06/03	mar 03/06/03	mar 10/06/03	0 días	0 días
2	B) Acondicionar el lug	mar 03/06/03	vie 06/06/03	mié 18/06/03	lun 23/06/03	11 días	11 días
3	C) Desarrollar y calc	mié 11/06/03	jue 19/06/03	mié 11/06/03	jue 19/06/03	0 días	0 días
4	D) Estudiar propueste	mié 11/06/03	lun 16/06/03	jue 12/06/03	mar 17/06/03	0 días	1 día
5	E) Preparar contratos	mar 17/06/03	mié 18/06/03	mié 18/06/03	jue 19/06/03	1 día	1 día
6	F) Firmar los contrato	vie 20/06/03	vie 20/06/03	vie 20/06/03	vie 20/06/03	0 días	0 días
7	G) Desempacar el eq	lun 23/06/03	lun 23/06/03	lun 23/06/03	lun 23/06/03	0 días	0 días
8	H) Colocar el equipo	mar 24/06/03	mar 01/07/03	mar 24/06/03	mar 01/07/03	0 días	0 días
9	I) Pruebas generales	mié 02/07/03	mié 02/07/03	mié 02/07/03	mié 02/07/03	0 días	0 días
10	J) Puesta en marcha	jue 03/07/03	jue 03/07/03	jue 03/07/03	jue 03/07/03	0 días	0 días

TEFIS CON  
FAL... EN





Figura 58. Diagrama de gantt (secuencia, actualizado). Muestra el seguimiento del porcentaje completado de las tareas.

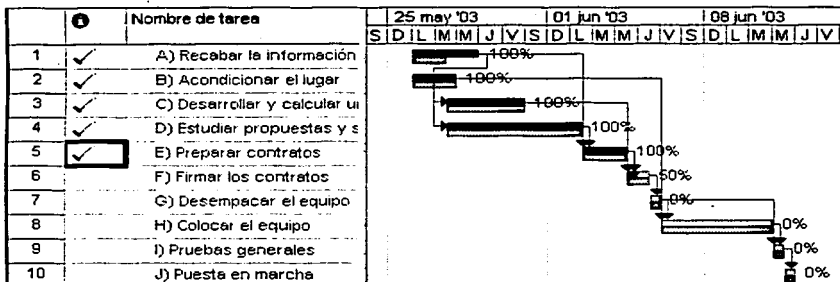


Figura 59. Uso de tareas. Muestra las actividades concluidas y el trabajo de los distintos recursos en las mismas.

ID	Nombre de tarea	Trabajo	Duracion	Comienzo	Fin	Cantidades											
						L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D
1	A) Recabar la información	3.5 dias	3 dias	mié 26/05/03	mié 26/05/03												
	Ing A	0.5 dias		mié 26/05/03	mié 26/05/03												
2	B) Acondicionar el lugar	4 dias	2 dias	mié 26/05/03	mié 27/05/03												
	Asistir Técnico	2 dias		mié 26/05/03	mié 27/05/03												
3	C) Desarrollar y calcular u	7 dias	3.5 dias	mié 27/05/03	vie 30/05/03												
	Ing B	3.0 dias		mié 27/05/03	vie 30/05/03												
4	D) Estudiar propuestas y s	4 dias	4 dias	mié 27/05/03	mié 02/06/03												
	Ing A	4 dias		mié 27/05/03	mié 02/06/03												
5	E) Preparar contratos	2 dias	2 dias	mié 02/06/03	mié 04/06/03												
	Ing B	2 dias		mié 02/06/03	mié 04/06/03												
6	F) Firmar los contratos	1 dia	1 dia	mié 04/06/03	mié 05/06/03												
	Ing A	1 dia		mié 04/06/03	mié 05/06/03												
7	G) Desempacar el equipo	1 dia	0.5 dia	mié 05/06/03	mié 05/06/03												
	Técnico Especializ	0.5 dias		mié 05/06/03	mié 05/06/03												
8	H) Colocar el equipo	3 dias	3 dias	vie 06/06/03	mié 10/06/03												
	Técnico Especializ	3 dias		vie 06/06/03	mié 10/06/03												
9	I) Pruebas generales	1 dia	0.5 dia	mié 11/06/03	mié 11/06/03												
	Ing B	0.5 dias		mié 11/06/03	mié 11/06/03												
10	J) Puesta en marcha	1 dia	0.5 dia	mié 11/06/03	mié 11/06/03												
	Técnico Especializ	0.5 dias		mié 11/06/03	mié 11/06/03												

TRABAJOS COMPLETADOS  
 FALLA EN LA ENTREGA



Figura 60. Grafica de recursos. Muestra la sobreasignación de recursos (mayor al 100%) por día.

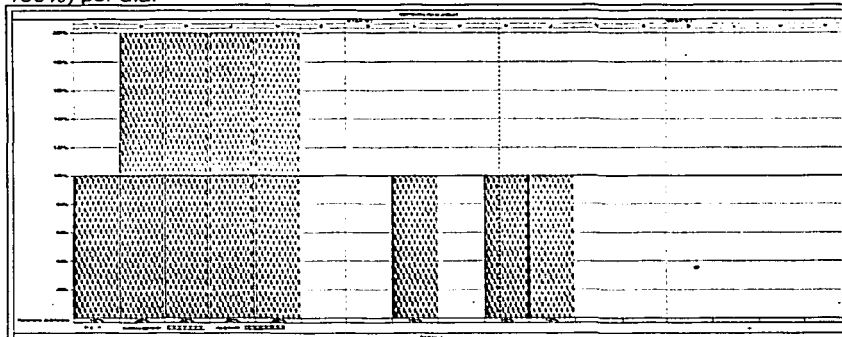


Figura 61. Uso de recursos. Muestra el trabajo de los recursos por día.

ID	Nombre del recurso	Tiempo	Detalles	01 JUN 00				
				D	M	M	J	V
1	Eng A	9 días	Trabajo	0.5d		0.5d	0.5d	
	A) Recabar la información de	0.5 días	Trabajo					
	C) Desarrollar y calcular un,	3.5 días	Trabajo					
	D) Estudiar propuestas y así	4 días	Trabajo	0.5d				
	F) Firmar los contratos	1 día	Trabajo			0.5d	0.5d	
2	Eng B	11.5 días	Trabajo	0.5d	1d	0.5d		
	A) Recabar la información de	3 días	Trabajo					
	B) Acondicionar el lugar	2 días	Trabajo					
	C) Desarrollar y calcular un,	3.5 días	Trabajo					
	E) Preparar contratos	2 días	Trabajo	0.5d	1d	0.5d		
	I) Pruebas generales	0.5 días	Trabajo					
	J) Puesta en marcha	0.5 días	Trabajo					
3	Técnico Especializado	4.5 días	Trabajo				0.5d	1d
	G) Desarmar el equipo	0.5 días	Trabajo				0.5d	
	H) Colocar el equipo	3 días	Trabajo					1d
	I) Pruebas generales	0.5 días	Trabajo					
	J) Puesta en marcha	0.5 días	Trabajo					
4	Auxiliar Técnico	5.5 días	Trabajo				0.5d	1d
	B) Acondicionar el lugar	2 días	Trabajo					
	G) Desarmar el equipo	0.5 días	Trabajo				0.5d	
	H) Colocar el equipo	3 días	Trabajo					1d

TESIS CON  
 [Illegible text]



Figura 62. Tabla de recursos. Tabla para la creación de lista de recursos, costos y su disponibilidad.

Id	Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de Inicial	Grupo	Capacidad máx	Tasa estándar	Tasa horas extra	Costo/Us	Acumular	Calendario base	Cód
1	Ing. A.	Trabajo	I		100%	\$10.70/hora	\$1.00/hora	\$1.00	Promedio	Estándar	
2	Ing. B.	Trabajo	I		100%	\$9.10/hora	\$1.00/hora	\$1.00	Promedio	Estándar	
3	Técnico Especializado	Trabajo	T		100%	\$7.20/hora	\$1.00/hora	\$1.00	Promedio	Estándar	
4	Asubir Técnico	Trabajo	A		100%	\$5.70/hora	\$1.00/hora	\$1.00	Promedio	Estándar	

Figura 63. Tipo de informes. Aplicación para la selección del tipo de informe deseado.







Una vez que se seleccionó el anterior formato se puede a su vez elegir entre las siguientes opciones de tipos de informes:

#### Generales

- Resumen del proyecto
- Tareas de nivel superior
- Tareas criticas
- Hitos
- Dias Laborables

#### Actividades actuales

- Tareas sin comenzar
- Tareas que comienzan pronto
- Tareas en curso
- Tareas completadas
- Tareas que deberían haber comenzado
- Tareas pospuestas

#### Costos

- Flujo de caja
- Presupuesto
- Tareas con presupuesto sobrepasado
- Recursos con presupuesto sobrepasado
- Valor acumulado

#### Asignaciones

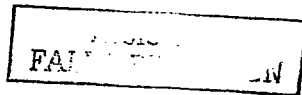
- Tareas y recursos humanos
- Tareas, recursos humanos y fechas.
- Lista de tareas pendientes
- Recursos sobreasignados

#### Carga de trabajo

- Uso de tareas
- Uso de recursos

#### Personalizados

- Calendario base





- Informe presupuestario
- Lista de tareas
- Resumen del proyecto
- Tareas criticas

A continuación se presenta una tabla que resume los resultados obtenidos por los distintos programas para el problema anterior.

Tabla de resultados

Programa	Tipo de calculo	Ruta critica	Duración del Proyecto (días)	Costo total Pesos	$\sigma$
WINQSB	Probabilístico	1)A, C, F, G H, I, J.	22.5	Parámetro no disponible.	0.87
		2)A, C, F, G . I, J.	22.5		0.71
WINQSB	Determinístico	1)A, C, F, G H, I, J. 2)A, C, F, G . I, J.	23	4089.2	
MINMAN	Determinístico	1)A, C, F, G H, I, J.	24	4089.6	
PLANBEE	Determinístico	1)A, C, F, G H, I, J.	24	4109	
PROJECT	Determinístico S/R	1)A, C, F, G H, I, J.	23	4089.6	
PROJECT	Determinístico Rec	1)A, C, F, G H, I, J.	13	2117.6	

Como se observa los resultados con respecto a la ruta critica son muy similares, a excepción de el paquete WINQSB probabilístico el cual nos presenta dos rutas criticas con sus respectivas desviaciones estándar, sin embargo, no dispone del parámetro de calculo de costos, lo cual resulta ser de mucha importancia en el control de proyectos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



---

Con respecto a la duración y el costo total del proyecto es muy similar en los cuatro paquetes de computo, a excepción de la última variante del Project, la cual nos muestra una duración de poco más de la mitad del tiempo y costos que los anteriores, esto se debe principalmente a que los tres programas anteriores y el mismo Project (utilizado en base a costos fijos) no trabajan los costos junto con los cálculos del diagrama PERT/CPM. A este respecto el Project, asignando recursos, lleva a cabo los cálculos del diagrama PERT/CPM en conjunto con los costos lo cual permite un rearrreglo de la red; sin embargo, debe tenerse cuidado, porque si bien es cierto que para el anterior ejemplo se redujeron tiempo y costos también puede suceder que estos mismos se incrementen.

Para el siguiente caso, dado que es un proyecto muy similar a otros que se han trabajado por el Instituto Mexicano del Petróleo, en su área de ingeniería de proyectos, se propone el uso de un software que permita el cálculo tanto de costos como de tiempos, que disponga del uso de calendario, y que permita la generación de informes periódicos para el control del proyecto.

En base al funcionamiento mostrado por los diferentes paquetes de software en el ejemplo anterior, se seleccionó el paquete denominado Microsoft Project 2000.



## **4.1.2) CASO DE ESTUDIO. PROYECTO LANKAHUASA**

### **4.1.2.1) ANTECEDENTES**

Recientemente fue descubierto el campo marino productor de gas natural denominado "Lankahuasa", el cual se encuentra localizado en un área cercana a la costa de nautla, Veracruz.

La parte sur del campo Lankahuasa fue explorada mediante los estudios geológicos y geofísicos respectivos; con la perforación y aforos efectuados al pozo Lankahuasa-1, se ubicó a este campo como una provincia productora de gas económicamente rentable con altas expectativas de contener grandes volúmenes de reserva del orden de 678 mmpc.

El activo de producción poza rica de Pemex Exploración y Producción (PEP), ha planeado la explotación del campo, a través de diversas etapas, y tiene en programa iniciar con el desarrollo de las instalaciones que se encontrarán en la parte sur del campo, que corresponde al punto más cercano a la costa, mediante el "Proyecto Lankahuasa".

A continuación se presenta una propuesta para la planeación y control de la fase correspondiente a la ingeniería básica de dicho proyecto, mediante el uso de el que se consideró como el mejor programa de computación.

#### **4.1.2.2) Objetivo**

Elaborar un plan de trabajo que comprenda las actividades correspondientes a la fase de Ingeniería Básica para el Proyecto Lankahuasa.

#### **4.1.2.3) Alcances**

Debido a la necesidad de PEMEX de contar con una producción temprana en un corto tiempo, se deberán llevar a cabo los siguientes trabajos para cumplir con los requerimientos.

a) Estructura mínima recuperadora de pozos Lankahuasa-DL.



Elaboración de especificaciones particulares y bases técnicas.

b) Plataforma octapoda Lankahuasa-11

Elaboración de la ingeniería básica, considerando el equipo de perforación y a futuro el equipo de reparación de pozos y de compresión de gas.

c) Plataforma octapoda Lankahuasa-1

Elaboración de la ingeniería básica, considerando el equipo de perforación y a futuro el equipo de reparación de pozos y de compresión de gas.

d) Estación de separación, deshidratación, compresión y medición de gas.

Elaboración de la ingeniería básica considerando la integración de las plataformas, los paquetes y la urbanización de la misma.

e) Paquetes de separación y filtración.

Elaboración de especificaciones particulares y bases técnicas para la adquisición de tres paquetes de separación, filtración e instalación de los mismos.

f) Plantas deshidratadoras de gas

Elaboración de especificaciones particulares y bases técnicas para la adquisición de tres plantas deshidratadoras de gas e instalación de las mismas.

j) Paquetes de medición

Elaboración de especificaciones particulares y bases técnicas para la adquisición de tres paquetes de medición e instalación de uno de ellos considerando como referencia la ingeniería y especificaciones que PEMEX gas y petroquímica básica utiliza para el recibo del gas.

k) Módulos de compresión

Elaboración de especificaciones particulares y bases técnicas para la adquisición de tres módulos de compresión.

l) Muelle y embarcadero.

Elaboración de la ingeniería básica.



#### 4.1.2.4) Desarrollo

El "Proyecto Lankahuasa" consistirá en el desarrollo de las siguientes instalaciones:

- instalaciones marinas:
  - plataforma de perforación lankahuasa dl-1 (dl-1) (estructura recuperadora de pozos)
  - plataforma de perforación lankahuasa-1 (lk-1) (octápodo)
  - plataforma de perforación lankahuasa-11 (lk-11) (octápodo)
  - gasoductos de recolección y transporte de gas natural a tierra:
    - ✓ gasoducto (12" x 1.5 km) de transporte de la producción de pozos de la plataforma dl-1 para su integración con el gasoducto de salida de la plataforma lk-1
    - ✓ gasoducto (24" x 6.5 km) de transporte de la producción de pozos de las plataformas dl-1 y lk-1 para su integración con el gasoducto de salida de la plataforma lk-11.
    - ✓ gasoducto (24" x 18 km) de transporte de la corriente total de pozos de las plataformas dl-1, lk-1 y lk-11, desde la salida de la plataforma lk-11 a la "estación el raudal".
- instalaciones terrestres:
  - estación en tierra para la recepción, separación-filtración, deshidratación, compresión y medición del gas marino (estación el raudal)
  - gasoducto de transporte del gas natural de la estación el raudal al gasoducto troncal de 48 plg, cactus-reynosa.

Para lo cual se tendrán que llevar a cabo las siguientes actividades:



#### 4.1.2.5) Lista de actividades.

ACTIVIDADES	H-H	COSTO	PREDECE SORA
* INICIO			
<b>PROCESO</b>			*
1) BASES DE DISEÑO	150	50433	*
2) FILOSOFIA BASICA DE OPERACION	150	50433	*
3) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE PLATAFORMAS	160	53795.2	*
4) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE ESTACION	80	26897.6	*
5) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL SISTEMA DE AGUA CONGENITA	70	23535.4	*
6) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA PLANTA DESIDRATADORA	70	23535.4	*
7) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO Y DIST. DE GAS COMBUSTIBLE.	70	23535.4	*
8) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL SISTEMA DE COMPRESION DE GAS.	80	26897.6	*
9) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE SEPARACION DE GAS, MANEJO DE AGUA Y CONDENSADOS	70	23535.4	*
10) BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA (SEPARACION)	120	40346.4	*
11) BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA (COMPRESION)	120	40346.4	*
12) BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA (DESHIDRATACION)	120	40346.4	*
13) BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA (SISTEMA DE AGUA CONGENITA)	120	40346.4	*
14) BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA (ACONDICIONAMIENTO Y DIST. DE GAS COMBUSTIBLE)	100	33622	*
15) DESCRIPCION DEL PROCESO	130	43708.6	1,3,4,5,6,7,8,9
16) INFORMACION COMPLEMENTARIA	250	84055	15
17) CRITERIOS DE DISEÑO	150	50433	15
18) REQUERIMIENTOS DE S.A. Y A.Q	250	84055	15
19) DIAGRAMA DE BALANCE DE SERVICIOS AUX.	150	50433	15
20) LISTA DE EQUIPO	100	33622	3,4,5,6,7,8,9
21) MEMORIAS DE CALCULO DE EQUIPO DE PROCESO	240	80692.8	10,11,12,13,14.
22) ESPECIFICACION DEL EQUIPO PAQUETE (DESHIDRATACION DE GAS)	200	67244	21



23) ESPECIFICACION DEL EQUIPO PAQUETE (COMPRESION DE GAS)	200	67244	21
24) ESPECIFICACION DEL PAQUETE DE AGUAS CONGENITAS	200	67244	21
25) ESPECIFICACION SEPARADOR DEL SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE	120	40346.4	21
26) ESPECIFICACION SEPARADOR DE ALIMENTACION A SEPARACION	120	40346.4	21
27) ESPECIFICACION TANQUE COALESCEDOR DE GAS DESHIDRATADO	120	40346.4	21
28) ESPECIFICACION SEPARADOR DE ALIMENTACION A DESHIDRATACION	120	40346.4	21
29) ESPECIFICACION TANQUE COALESCEDOR DE SALIDA DE SEPARACION	120	40346.4	21
30) HOJA DE DATOS DEL SEPARADOR DEL SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE	40	13448.8	25
31) HOJA DE DATOS DEL SEPARADOR DE ALIMENTACION A SEPARACION	40	13448.8	26
32) HOJA DE DATOS DEL TANQUE COALESCEDOR DE GAS DESHIDRATADO	40	13448.8	27
33) HOJA DE DATOS DEL TANQUE COALESCEDOR DE SALIDA DE SEPARACION	40	13448.8	29
34) HOJA DE DATOS DEL SEPARADOR DE ALIMENTACION A DESHIDRATACION DE GAS	40	13448.8	22
35) VOLUMEN DE OBRA Y ANEXOS.	150	50433	30,31,32,33,34
36) LIBRO DE PROCESO	100	33622	35
<b>SISTEMAS</b>			
37) PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DEL EQUIPO DE PLATAFORMAS	240	74190.96	3,41
38) PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DEL EQUIPO DE ESTACION	240	74190.96	4,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53.
39) PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DEL MUELLE EMBARCADERO	120	37095.48	3,4
40) PLANO DE SIMBOLOGIA Y NOTAS GENERALES	40	12365.16	
41) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE POZOS, CABEZALES	80	24730.32	3,40





42) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE SEPARACION, MANEJO DE AGUA Y CONDENSADOS	160	49460.64	9,40
43) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE DRENAJES ACEITOSOS	80	24730.32	4,40
44) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE ACONDICIONAMIENTO Y DISTRIBUCION DE GAS	80	24730.32	7,40
45) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION GENERACION Y DISTRIBUCION DE AIRE DE INSTRUMENTOS Y PLANTA	80	24730.32	4,19,40
46) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION SISTEMA DE DESFOGUE	100	30912.9	4,19,40
47) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION GENERACION, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE	80	24730.32	4,19,40
48) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION SISTEMA DE AGUA CONGENITA	100	30912.9	5,40
49) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE SISTEMAS DE INYECCION DE QUIMICOS	160	49460.64	19,40
50) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION PAQUETE DE COMPRESION	160	49460.64	8,40
51) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE TRATAMIENTO DE AGUA DE DESECHOS Y DRENAJES ABIERTOS	80	24730.32	18,40
52) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE PLANTA DESHIDRATADORA DE GAS	160	49460.64	6,40
53) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE GLICOL	70	21639.03	18,40
54) INDICE DE SERVICIOS	30	9273.87	18
55) LISTA DE LINEAS DE PROCESO	60	18547.74	41,42,44,48 50,52 43,45,46,47
56) LISTA DE LINEAS DE SERVICIOS AUXILIARES	80	24730.32	49,51,53
57) ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE TUBERIAS	80	24730.32	55,56
58) MEMORIA DE CALCULO DE LINEAS DE PROCESO	250	77282.25	55
59) MEMORIA DE CALCULO DE LINEAS DE SERVICIOS AUXILIARES	250	77282.25	56
60) CALCULO DE DRENAJE ACEITOSO	100	30912.9	43
61) CALCULO DEL QUEMADOR DE DESFOGUE	80	24730.32	46

LISTO CON  
PARA SER  
ENTRADA



62) MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE DESFOGUE	150	46369.35	46,61
63) CALCULO DE VALVULAS DE SEGURIDAD	80	24730.32	58,59
64) CALCULO DE VALVULAS DE CONTROL PRESION	150	46369.35	58,59
65) CALCULO DE VALVULAS DE CONTROL DE NIVEL	150	46369.35	58,59
66) CALCULO DE BOMBAS DE MANEJO DE CONDENSADOS	30	9273.87	10
67) CALCULO DE BOMBAS DE MANEJO DE AGUA CONGENITA	30	9273.87	13
68) CALCULO DE BOMBAS DE INYECCION DE REACTIVOS	175	54097.58	10,12
69) CALCULO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GLICOL	25	7728.225	10,12
70) ESPECIFICACION DEL PAQUETE DE AGUA DE DESECHOS	150	46369.35	51
71) ESPECIFICACION DEL PAQUETE DE FILTRACION	100	30912.9	4,6,9,42,51,52.
72) ESPECIFICACION DEL PAQUETE DE DRENAJES ACEITOSOS	150	46369.35	60
73) ESPECIFICACION DE VALVULAS DE SEGURIDAD	200	61825.8	63
74) ESPECIFICACION DE VALVULAS DE CONTROL DE PRESION	200	61825.8	64
75) ESPECIFICACION DE VALVULAS DE CONTROL DE NIVEL	200	61825.8	65
76) ESPECIFICACION DEL QUEMADOR DE DESFOGUE	150	46369.35	61
77) ESPECIFICACION DE PAQUETES DE INYECCION DE QUIMICOS	220	68008.38	68
78) ESPECIFICACION DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GLICOL	100	30912.9	69
79) ESPECIFICACION DE TANQUE DE DRENAJE ABIERTO	100	30912.9	51
80) ESPECIFICACION DE TANQUE DE DRENAJE ACEITOSO	100	30912.9	43
81) ESPECIFICACION DE TANQUE DE AGUA POTABLE	100	30912.9	47
82) ESPECIFICACION DEL SEPARADOR DE DESFOGUE	100	30912.9	62

TESIS CON  
FALLA DE ...



83) ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE BOMBAS PARA: MANEJO DE AGUA CONGENITA, TRANSFERENCIA DE GLICOL, BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO	320	98921.28	66.67.68
84) ESPECIFICACION DE AMORTIGUADOR DE PULSACION	120	37095.48	66.67.68
85) ESPECIFICACION DE ARRESTADOR DE FLAMA	120	37095.48	62
86) ESPECIFICACION DE LANZADORES Y RECEPTORES DE DIABLOS	120	37095.48	37.38.52
87) HOJA DE DATOS DE BOMBAS DE CONDENSADOS	15	4636.935	83
88) HOJA DE DATOS DE BOMBA DE TRANSFERENCIA DE GLICOL	15	4636.935	83
89) HOJA DE DATOS DE BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO	15	4636.935	83
90) HOJA DE DATOS DE BOMBA DEL INHIBIDOR DE CORROSION	15	4636.935	83
91) HOJA DE DATOS DE BOMBA DEL SECUESTRANTE DE OXIGENO	15	4636.935	83
92) HOJA DE DATOS DE BOMBA DE ANTIESPUMANTE	15	4636.935	83
93) HOJA DE DATOS DE BOMBA DE BACTERICIDA	15	4636.935	83
94) HOJA DE DATOS DEL TANQUE DE DRENAJE ABIERTO	15	4636.935	79
95) HOJA DE DATOS DEL TANQUE DE DRENAJE ACEITOSO	15	4636.935	80
96) HOJA DE DATOS DEL TANQUE DE AGUA POTABLE	20	6182.58	81
97) HOJA DE DATOS DE AMORTIGUADORES DE PULSACION	25	7728.225	66.67.68
98) HOJA DE DATOS DEL ARRESTADOR DE FLAMA	25	7728.225	61
99) HOJA DE DATOS DEL QUEMADOR	35	10819.52	61
100) HOJA DE DATOS DEL SEPARADOR DE DESFOGUE	30	9273.87	62
101) HOJA DE DATOS DE LANZADORES Y RECEPTORES DE DIABLOS	35	10819.52	37.38.57
102) HOJA DE DATOS DE VALVULA DE SEGURIDAD	90	27821.61	63
103) HOJA DE DATOS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GLICOL	30	9273.87	69

TESIS CON  
PARTICIPACION



104) HOJA DE DATOS DE VALVULA DE CONTROL DE PRESION	90	27821.61	64
105) HOJA DE DATOS DE VALVULA DE CONTROL DE NIVEL	90	27821.61	65
106) COLUMEN DE OBRA Y ANEXOS	310	95829.99	Rev 6
<b>DISEÑO DE EQUIPO</b>			
107) EQUIPOS SEPARADORES (ESPECIFICACION TECNICA DESCRIPTIVA DE LOS EQUIPOS, MATERIALES DE CONSTRUCCION, NORMATIVIDAD APLICABLE Y PRUEBAS)	125	45567.5	17
108) EQUIPOS ENFRIADORES (ESPECIFICACION TECNICA DESCRIPTIVA DE LOS EQUIPOS, MATERIALES DE CONSTRUCCION, NORMATIVIDAD APLICABLE Y PRUEBAS)	125	45567.5	17
109) EQUIPOS DE CALENTAMIENTO (ESPECIFICACION TECNICA DESCRIPTIVA DE LOS EQUIPOS, MATERIALES DE CONSTRUCCION, NORMATIVIDAD APLICABLE Y PRUEBAS)	175	63794.5	17
110) EQUIPOS INTERCAMBIADORES DE CALOR (ESPECIFICACION TECNICA DESCRIPTIVA DE LOS EQUIPOS, MATERIALES DE CONSTRUCCION, NORMATIVIDAD APLICABLE Y PRUEBAS)	125	45567.5	17
111) EQUIPOS RECIPIENTES A PRESION (ESPECIFICACION TECNICA DESCRIPTIVA DE LOS EQUIPOS, MATERIALES DE CONSTRUCCION, NORMATIVIDAD APLICABLE Y PRUEBAS)	175	63794.5	17
112) TANQUES DE ALMACENAMIENTO (ESPECIFICACION TECNICA DESCRIPTIVA DE LOS EQUIPOS, MATERIALES DE CONSTRUCCION, NORMATIVIDAD APLICABLE Y PRUEBAS)	125	45567.5	17
113) CUESTIONARIOS TECNICOS DE EQUIPO	250	91135	107,108, 109,110, 111,112.

Costo en pesos

Con esta información se elaborará un plan de línea base o plan de control del proyecto, comenzando con la WBS para el mismo.

ISSUE NO.  
**FALLA DE ORIGEN**





Una vez que se cuenta con la WBS y las actividades se procede a trabajar con el programa de computo del modo siguiente.

- 1) Se ordenan las actividades de acuerdo al orden en el que se realizaran. En este caso se han agrupado, como lo muestra la WBS del proyecto, por especialidades.
- 2) Se identifican las actividades por medio de un carácter, puede ser un número o una letra, este paso puede omitirse ya que el programa una vez que se ingresan los datos asigna un carácter numérico a cada actividad. Para el ejemplo no se omitirá este paso, dado que de hacerse puede resultar confuso.
- 3) Se establece un orden de precedencia, el cual es muy importante porque en base a él se calculará el diagrama de red.
- 4) Se asignan tiempos y costos por actividad.
- 5) Con la información anterior debidamente corroborada, se abre el programa, cuya vista se presenta a continuación (Figura 65) y se introducen los datos relacionados con actividades, duración de las mismas y predecesoras (Figura 66). Mediante el menú **ver/tabla/costo** se ingresan los costos (Figura 67). Si se cuenta con esta información en una base de datos o en una aplicación como Microsoft Word se puede copiar directamente de la misma.
- 6) Una vez que se han ingresado todos los datos, el programa automáticamente calcula el Calendario de trabajo, el diagrama de Gantt y el diagrama de red o PERT/CPM.
- 7) Una vez hecho esto se guarda el problema con una línea base (Figura 68), que pasará a ser el Plan de Control del Proyecto.
- 8) Para establecer la curva de avance del proyecto se realizan diferentes simulaciones a intervalos de tiempo y se grafican (Figuras 69, 70 y 71).

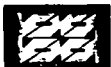


Figura 65. Entrada del programa. Vista al iniciar el uso del programa.

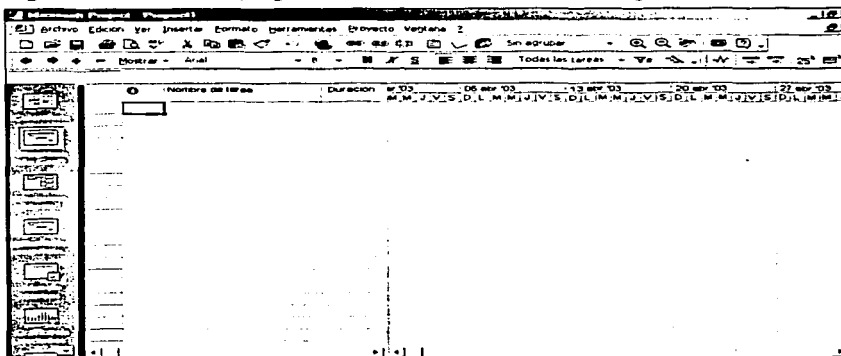


Figura 66. Ingreso de actividades. Ingreso de las actividades de una en una y/o importándolas de otra aplicación (Excel, Word, Power Point).

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1) INICIO	0 horas	jue 14/08/03	jue 14/08/03	
2) BASES DE DISEÑO	150 horas	jue 14/08/03	mar 09/09/03	1
3) FILOSOFIA BASICA DE OPERACION	150 horas	jue 14/08/03	mar 09/09/03	1
4) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO I	160 horas	jue 14/08/03	mar 10/09/03	1
5) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO I	80 horas	jue 14/08/03	mar 27/08/03	1
6) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO I	70 horas	jue 14/08/03	mar 26/08/03	1
7) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO I	70 horas	jue 14/08/03	mar 26/08/03	1
8) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO I	80 horas	jue 14/08/03	mar 27/08/03	1
9) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO I	70 horas	jue 14/08/03	mar 26/08/03	1
10) BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA	120 horas	jue 14/08/03	mar 03/09/03	1
11) BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA	120 horas	jue 14/08/03	mar 03/09/03	1
12) BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA	120 horas	jue 14/08/03	mar 03/09/03	1
13) BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA	120 horas	jue 14/08/03	mar 03/09/03	1
14) BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA	100 horas	jue 14/08/03	lun 01/09/03	1
15) DESCRIPCION DEL PROCESO	130 horas	jue 11/09/03	vie 03/10/03	4,5,6,7,8,9,10,2,5
16) INFORMACION COM	1 día	jue 14/08/03	jue 14/08/03	

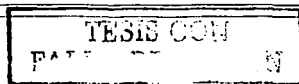




Figura 67. Entrada de costos. Tabla de asignación de costos por actividad.

Nombre de tarea	Costo fijo	Acumulación de costos fijos	Costo total	Costo previsto	Variación
1 INICIO	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$0.00	\$0.00
2 1) BASES DE DISEÑO	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$50,433.00	-\$50,433.00
3 2) FILOSOFIA BASICA DE	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$50,433.00	-\$50,433.00
4 3) DIAGRAMA DE FLUJO	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$53,795.20	-\$53,795.20
5 4) DIAGRAMA DE FLUJO	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$26,897.60	-\$26,897.60
6 5) DIAGRAMA DE FLUJO	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$23,535.40	-\$23,535.40
7 6) DIAGRAMA DE FLUJO	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$23,535.40	-\$23,535.40
8 7) DIAGRAMA DE FLUJO	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$23,535.40	-\$23,535.40
9 8) DIAGRAMA DE FLUJO	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$26,897.60	-\$26,897.60
10 9) DIAGRAMA DE FLUJO	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$23,535.40	-\$23,535.40
11 10) BALANCES DE MATER	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$40,346.40	-\$40,346.40
12 11) BALANCES DE MATER	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$40,346.40	-\$40,346.40
13 12) BALANCES DE MATER	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$40,346.40	-\$40,346.40
14 13) BALANCES DE MATER	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$40,346.40	-\$40,346.40
15 14) BALANCES DE MATER	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$33,622.00	-\$33,622.00
16 15) DESCRIPCION DEL PRC	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$43,708.60	-\$43,708.60
17 16) INFORMACION COM	\$0.00	Prorrateo	\$0.00	\$84,055.00	-\$84,055.00

Figura 68. Plan de Línea Base. Asistente para la creación de un plan de línea base para el control del proyecto.

Mostrar - Anal - 8 - Todos las tareas - 25

Nombre de tarea	Duración	mar '03	30 mar '03	06 abr '03	13 abr '03	20 abr '03
		L M M J V S D L	M M J V S D L	M M J V S D L	M M J V S D L	M M J V S D L
1 INICIO	0 horas					
2 1) BASES DE D	150 horas					
3 2) FILOSOFIA E	150 horas					
4 3) DIAGRAMA I	160 horas					
5 4) DIAGRAMA I	80 horas					
6 5) DIAGRAMA I	70 horas					
7 6) DIAGRAMA I	70 horas					
8 7) DIAGRAMA I	70 horas					
9 8) DIAGRAMA I	80 horas					
10 9) DIAGRAMA I	70 horas					
11 10) BALANCES	120 horas					
12 11) BALANCES	120 horas					
13 12) BALANCES	120 horas					
14 13) BALANCES	120 horas					
15 14) BALANCES	100 horas					

Asistente para la programación

¿Desea guardar una línea de base para LANKAHUASA? Una línea de base es una descripción de la programación en su estado actual. Es de gran utilidad ya que puede compararse con versiones posteriores para ver los cambios realizados.

Podrá:

Guardar "LANKAHUASA" sin línea de base.

Guardar "LANKAHUASA" con línea de base.

No volver a mostrar esta sugerencia.

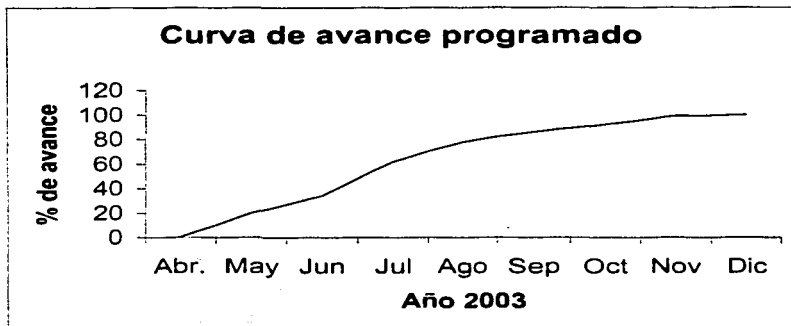
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN







Figura 71. Curva de avance. Curva del avance teórico del proyecto por mes.



Durante el transcurso del proyecto, se alimentaran datos reales tanto de costos como de tiempos, que junto con los informes que nos servirán para comparar los avances reales con los previstos. A continuación se presentan los resultados, en orden secuencial, para una actualización al 01/08/2003.

- 1) Calendario de trabajo
- 2) Diagrama de Gantt
- 3) Diagrama de Gantt (seguimiento) o línea base
- 4) Diagrama PERT/CPM.
- 5) Informes:
  - a) General
  - b) Tareas criticas
  - c) Tareas completadas
  - d) Tareas en curso
  - e) Costos

Nota. Los diagramas están a escala, para apreciarlos en original remitirse a CD anexo.

# PROYECTO LANKAHUASA (CALENDARIO DE TRABAJO)

## abril 2003

domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
		01	02	03	04	05
		<b>INICIO</b>		1) BASES DE DISEÑO, 150 horas		
06	07	08	09	10	11	12
		1) BASES DE DISEÑO, 150 horas				
13	14	15	16	17	18	19
		1) BASES DE DISEÑO, 150 horas				
20	21	22	23	24	25	26
		1) BASES DE DISEÑO, 150 horas				
27	28	29	30			
		15) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, 130 horas				
		20) LISTA DE EQUIPO, 100 horas				

## mayo 2003

domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
				01	02	03
				15) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, 130 horas		
				20) LISTA DE EQUIPO, 100 horas		
04	05	06	07	08	09	10
		15) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, 130 horas				
		20) LISTA DE EQUIPO, 100 horas				
11	12	13	14	15	16	17
		15) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, 130 horas				
		20) LISTA DE EQUIPO, 100 horas				
18	19	20	21	22	23	24
15) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, 130 horas		16) INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA, 250 horas		17) CRITERIOS DE DISEÑO, 150 horas		
25	26	27	28	29	30	31
		16) INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA, 250 horas				
		17) CRITERIOS DE DISEÑO, 150 horas				

# PROYECTO LANKAHUASA (CALENDARIO DE TRABAJO)

## junio 2003

domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
01	02	03	04	05	06	07
		16) INFORMACION COMPLEMENTARIA, 250 horas				
		17) CRITERIOS DE DISEÑO, 150 horas				
08	09	10	11	12	13	14
		16) INFORMACION COMPLEMENTARIA, 250 horas				
		17) CRITERIOS DE DISEÑO, 150 horas				
15	16	17	18	19	20	21
		16) INFORMACION COMPLEMENTARIA, 250 horas				
17) CRITERIOS DE DISEÑO, 150 h						
22	23	24	25	26	27	28
		16) INFORMACION COMPLEMENTARIA, 250 horas				
29	30					
16) INFORMACION COMPLEMENTARIA, 250 horas						

## julio 2003

domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
	01	02	03	04	05	
16) INFORMACION COMPLEMENTARIA, 250 horas						
06	07	08	09	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

FALTA CON  
 FALLA DE ORIGEN

**PROYECTO LANKAHUASA (CALENDARIO DE TRABAJO)**

**agosto 2003**

domingo	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes	sabado
					01	02
03	04	05	06	07	08	09
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

**septiembre 2003**

domingo	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes	sabado
	01	02	03	04	05	06
07	08	09	10	11	12	13
					63) CALCULO DE VALV	64) CALCULO DE VALV
14	15	16	17	18	19	20
	63) CALCULO DE VALVULAS DE SEGURIDAD, 80 horas					
	64) CALCULO DE VALVULAS DE CONTROL PRESION, 150 horas					
21	22	23	24	25	26	27
	63) CALCULO DE VALVULAS DE SEGURIDAD, 80 horas					
	64) CALCULO DE VALVULAS DE CONTROL PRESION, 150 horas					
28	29	30				
	64) CALCULO DE VALVULAS DE CONTROL PRESION, 150 horas					

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**PROYECTO LANKAHUASA (CALENDARIO DE TRABAJO)**

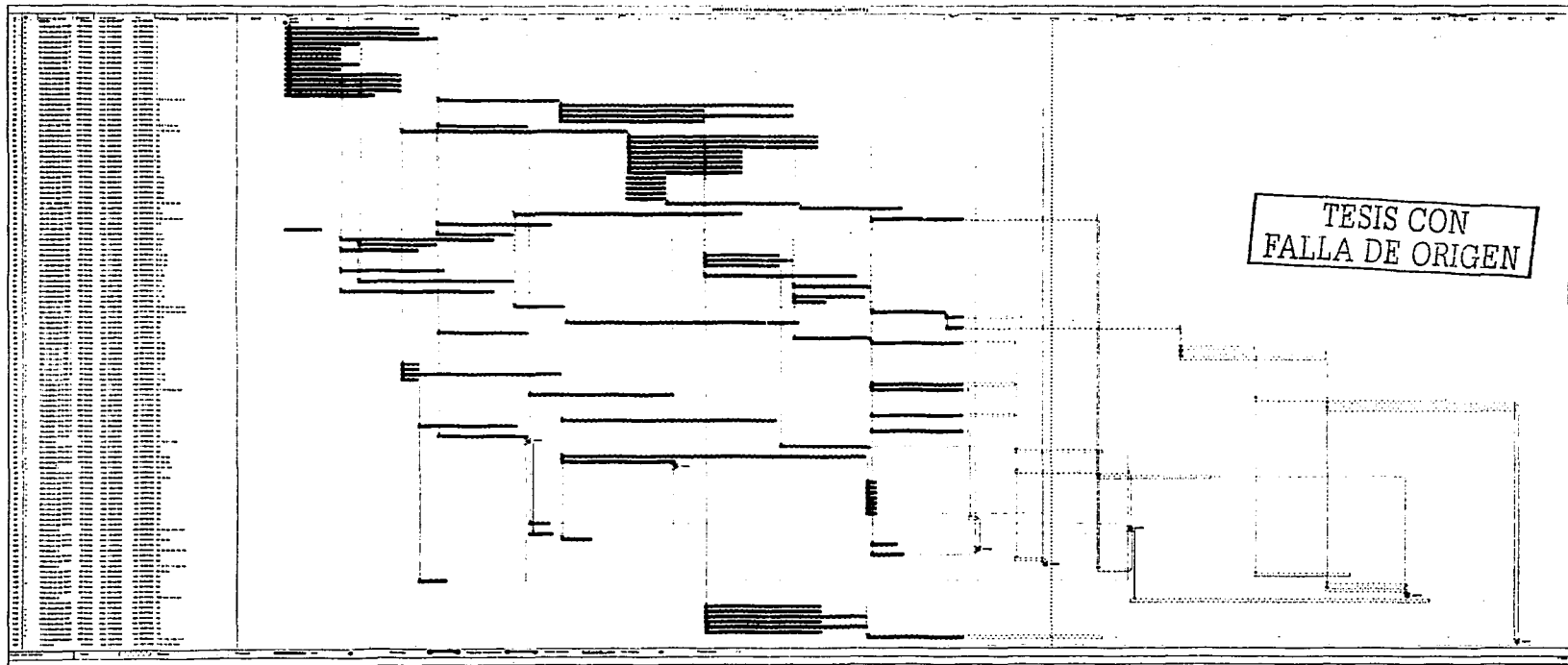
**octubre 2003**

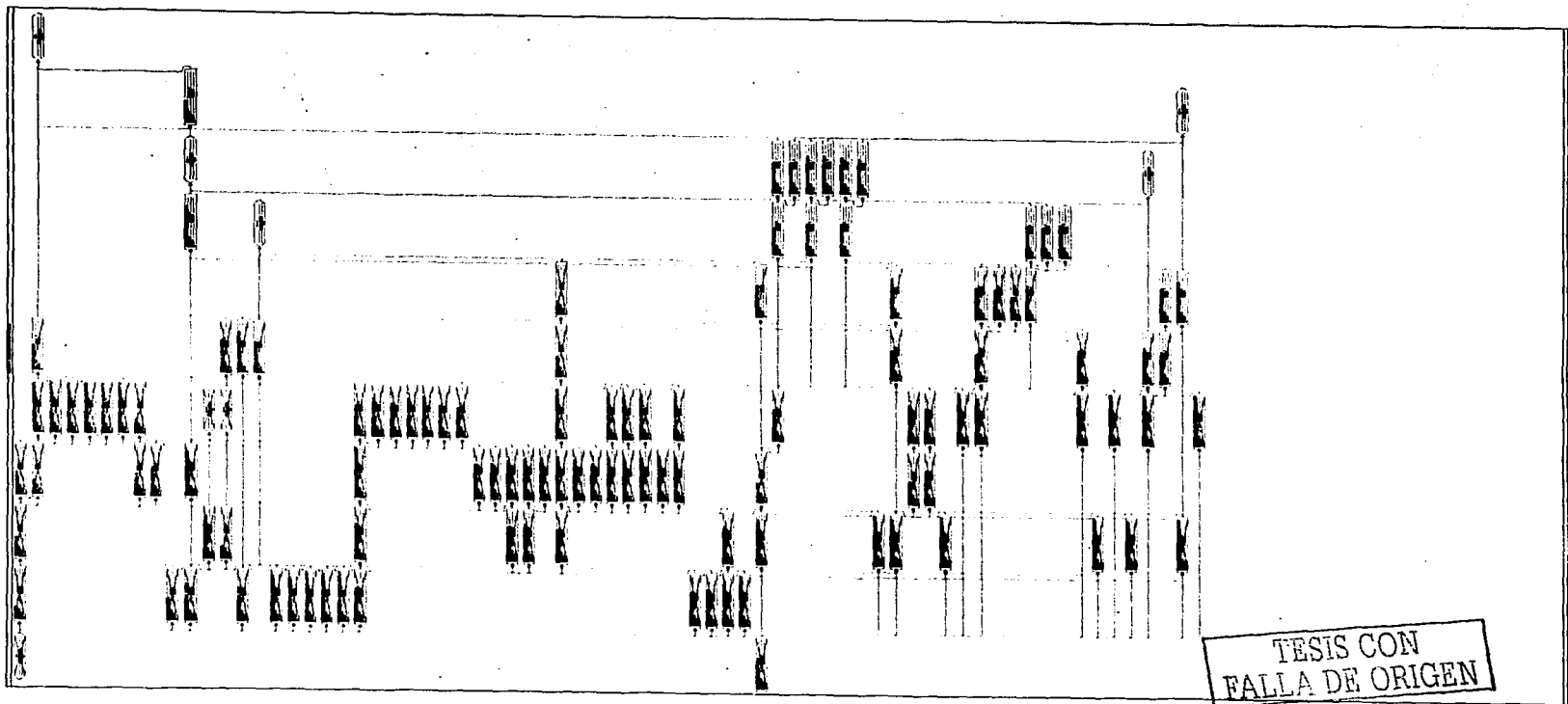
domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
			01	02	03	04
64) CALCULO DE VALVULAS DE CONTROL PRESION, 150 horas						
05	06	07	08	09	10	11
64) CALCULO DE VALVULAS DE CONTROL PRESION, 150 horas						
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

**noviembre 2003**

domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
						01
02	03	04	05	06	07	08
09	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**





TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





**PROYECTO LANKAHUASA**  
**Inst. Mexicano del Petroleo**

desde mié 20/08/03

**Fechas**

Comienzo:	mar 01/04/03	Fin:	jue 13/11/03
Comienzo previsto:	mar 01/04/03	Fin previsto:	jue 13/11/03
Comienzo real:	mar 01/04/03	Fin real:	NA
Variación de comienzo:	0 horas	Variación de fin:	0 horas

**Duración**

Programada:	1300 horas	Restante:	283.52 horas
Prevista:	1300 horas	Real:	1016.08 horas
Variación:	0 horas	Porcentaje completado:	78%

**Trabajo**

Programado:	0 días	Restante:	0 días
Previsto:	0 días	Real:	0 días
Variación:	0 días	Porcentaje completado:	0%

**Costos**

Programados:	\$4,110,727.81	Restantes:	\$667,303.29
Previstos:	\$4,110,727.81	Reales:	\$3,243,424.52
Variación:	\$0.00		

**Estado de las tareas**

Tareas aun no comenzadas:	21
Tareas en curso:	9
Tareas finalizadas:	91
Total de tareas:	121

**Estado de los recursos**

Recursos de trabajo:	0
Recursos de trabajo sobreasignados:	0
Recursos materiales:	0
Total de recursos:	0

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

Tareas críticas al máx 2008/03  
PROYECTO LANKAHUASA

Id	Q	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
80		80) MEMORIA DE CALC	250 horas	vie 3/10/03	vie 12/09/03	57
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	84	83) CALCULO DE VALVULAS DE SEGURIDAD	FC	0 horas		
	85	84) CALCULO DE VALVULAS DE CONTROL PRESION	FC	0 horas		
	86	85) CALCULO DE VALVULAS DE CONTROL DE NIVEL	FC	0 horas		
85		84) CALCULO DE VALVI	150 horas	vie 12/09/03	jue 09/10/03	59,80
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	75	74) ESPECIFICACION DE VALVULAS DE CONTROL DE PRESION	FC	0 horas		
	110	104) HOJA DE DATOS DE VALVULA DE CONTROL DE PRESION	FC	0 horas		
66		85) CALCULO DE VALVI	150 horas	vie 12/09/03	jue 09/10/03	59,80
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	76	75) ESPECIFICACION DE VALVULAS DE CONTROL DE NIVEL	FC	0 horas		
	111	105) HOJA DE DATOS DE VALVULA DE CONTROL DE NIVEL	FC	0 horas		
75		74) ESPECIFICACION D	200 horas	jue 09/10/03	jue 13/11/03	65
	Identificador	Nombre de la sucesora	Tipo	Posposición		
	121	114) FIN	FC	0 horas		
76		75) ESPECIFICACION D	200 horas	jue 09/10/03	jue 13/11/03	66
121		114) FIN	0 horas	jue 13/11/03	jue 13/11/03	113,74,75,120

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tareas completadas al mes 2006/03  
 PROYECTO LANAMAUASA

Id	Nombre de tarea	Duracion	Comenzó	Fin	% completado	Costo
abril 2003						
2	INICIO	0 horas	mar 01/04/03	mar 01/04/03	100%	\$0.00
3	1) BASES DE DISEÑO	180 horas	mar 01/04/03	mar 25/04/03	100%	\$50 433.00
4	2) PLANO DE LOCALIZACION DE OPERACI	180 horas	mar 01/04/03	mar 25/04/03	100%	\$50 433.00
5	3) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCES	180 horas	mar 01/04/03	jun 28/04/03	100%	\$53 788.20
6	4) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCES	70 horas	mar 01/04/03	jun 11/04/03	100%	\$23 538.40
7	5) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCES	70 horas	mar 01/04/03	jun 11/04/03	100%	\$23 538.40
8	6) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCES	70 horas	mar 01/04/03	jun 11/04/03	100%	\$23 538.40
9	8) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCES	70 horas	mar 01/04/03	jun 11/04/03	100%	\$23 538.40
10	9) DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCES	70 horas	mar 01/04/03	jun 11/04/03	100%	\$23 538.40
11	10) BALANCE DE MATERIA Y ENER	120 horas	mar 01/04/03	jun 21/04/03	100%	\$40 344.00
12	11) BALANCE DE MATERIA Y ENER	120 horas	mar 01/04/03	jun 21/04/03	100%	\$40 344.00
13	12) BALANCE DE MATERIA Y ENER	120 horas	mar 01/04/03	jun 21/04/03	100%	\$40 344.00
14	13) BALANCE DE MATERIA Y ENER	120 horas	mar 01/04/03	jun 21/04/03	100%	\$40 344.00
15	14) BALANCE DE MATERIA Y ENER	120 horas	mar 01/04/03	jun 21/04/03	100%	\$40 344.00
41	40) PLANO DE SIMBOLOGIA Y NOTI	40 horas	mar 01/04/03	jun 07/04/03	100%	\$13 365.16
42	41) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	160 horas	mar 11/04/03	mar 25/04/03	100%	\$49 466.84
43	44) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	80 horas	mar 11/04/03	mar 25/04/03	100%	\$24 733.32
44	45) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	160 horas	mar 11/04/03	mar 25/04/03	100%	\$49 466.84
53	52) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	80 horas	mar 15/04/03	mar 25/04/03	100%	\$24 733.32
54	53) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	160 horas	mar 15/04/03	mar 25/04/03	100%	\$49 466.84
55	50) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	240 horas	mar 22/04/03	jun 12/05/03	100%	\$69 882.80
56	66) CALCULO DE BOMBAS DE MANE	30 horas	mar 22/04/03	mar 25/04/03	100%	\$9 271.87
57	67) CALCULO DE BOMBAS DE MANE	30 horas	mar 22/04/03	mar 25/04/03	100%	\$9 271.87
69	68) CALCULO DE BOMBAS DE MANE	174 horas	mar 22/04/03	mar 21/05/03	100%	\$50 091.56
70	71) ESPECIFICACION DE TANQUE I	25 horas	mar 22/04/03	mar 25/04/03	100%	\$8 172.33
71	72) ESPECIFICACION DE TANQUE I	100 horas	mar 22/04/03	mar 30/04/03	100%	\$31 788.60
109	103) HOJA DE DATOS DEL TANQUE I	30 horas	mar 22/04/03	mar 30/04/03	100%	\$9 271.87
110	104) HOJA DE DATOS DEL TANQUE I	30 horas	mar 22/04/03	mar 30/04/03	100%	\$9 271.87
21	20) LISTA DE EQUIPO	120 horas	mar 26/04/03	jun 15/05/03	100%	\$33 622.00
40	39) PLANO DE LOCALIZACION GENI	120 horas	mar 26/04/03	jun 15/05/03	100%	\$33 622.00
41	43) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	80 horas	mar 26/04/03	jun 12/05/03	100%	\$24 733.32
42	40) CALCULO DE BOMBAS DE MANE	160 horas	mar 26/04/03	jun 12/05/03	100%	\$49 466.84
81	80) ESPECIFICACION DE TANQUE E	100 horas	mar 26/04/03	jun 15/05/03	100%	\$30 912.90
mayo 2003						
42	42) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	160 horas	mar 11/04/03	mar 09/05/03	100%	\$49 466.84
53	52) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	160 horas	mar 11/04/03	mar 09/05/03	100%	\$49 466.84
54	50) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	240 horas	mar 15/04/03	jun 12/05/03	100%	\$69 882.80
22	21) MEMORIAS DE CALCULO DE EC	240 horas	mar 22/04/03	mar 21/05/03	100%	\$69 882.80
55	54) CALCULO DE BOMBAS DE MANE	174 horas	mar 22/04/03	mar 21/05/03	100%	\$50 091.56
79	79) ESPECIFICACION DE TANQUE E	170 horas	mar 25/04/03	jun 13/06/03	100%	\$53 178.80
111	110) DESCRIPCION DE PROCESO	180 horas	mar 26/04/03	jun 15/05/03	100%	\$53 622.00
21	20) LISTA DE EQUIPO	100 horas	mar 26/04/03	jun 15/05/03	100%	\$33 622.00
39	38) PLANO DE LOCALIZACION GENI	120 horas	mar 26/04/03	jun 15/05/03	100%	\$33 622.00
40	40) CALCULO DE BOMBAS DE MANE	80 horas	mar 26/04/03	jun 12/05/03	100%	\$24 733.32
41	40) CALCULO DE BOMBAS DE MANE	160 horas	mar 26/04/03	jun 12/05/03	100%	\$49 466.84
37	37) PLANO DE LOCALIZACION GENI	240 horas	mar 13/05/03	jun 23/06/03	100%	\$74 188.80
38	38) ESPECIFICACION DE TANQUE E	100 horas	mar 22/05/03	jun 23/06/03	100%	\$33 622.00
73	73) ESPECIFICACION DEL PAQUETE	120 horas	jun 15/05/03	jun 11/06/03	100%	\$44 349.36
80	78) ESPECIFICACION DEL PAQUETE	100 horas	jun 15/05/03	jun 11/06/03	100%	\$36 851.96
81	80) HOJA DE DATOS DEL TANQUE I	10 horas	jun 15/05/03	jun 15/05/03	100%	\$4 846.56
107	106) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
117	116) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
16	16) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
17	17) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
18	18) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
19	19) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
20	20) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
21	21) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
22	22) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
23	23) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
24	24) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
25	25) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
26	26) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
27	27) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
28	28) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
29	29) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
30	30) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	jun 21/05/03	ago 03/07/03	100%	\$84 053.00
31	31) HOJA DE DATOS DEL SEPARAD	40 horas	jun 03/06/03	jun 06/06/03	100%	\$13 448.80
32	32) HOJA DE DATOS DEL SEPARAD	40 horas	jun 03/06/03	jun 06/06/03	100%	\$13 448.80
33	33) HOJA DE DATOS DEL TANQUE I	40 horas	jun 03/06/03	jun 06/06/03	100%	\$13 448.80
34	34) HOJA DE DATOS DEL SEPARAD	40 horas	jun 03/06/03	jun 06/06/03	100%	\$13 448.80
35	35) VOLUMEN DE OBRA Y ANEXOS	150 horas	jun 03/06/03	jun 06/06/03	100%	\$50 433.00
36	REVISION	0 horas	jun 11/06/03	jun 11/06/03	100%	\$0.00
45	45) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	80 horas	jun 17/06/03	jun 04/07/03	100%	\$24 733.32
46	46) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	160 horas	jun 17/06/03	jun 04/07/03	100%	\$49 466.84
47	47) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	80 horas	jun 17/06/03	jun 30/06/03	100%	\$24 733.32
48	48) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTA	160 horas	jun 17/06/03	jun 30/06/03	100%	\$49 466.84
115	115) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
116	116) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
117	117) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
118	118) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
119	119) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
120	120) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
121	121) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
122	122) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
123	123) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
124	124) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
125	125) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
126	126) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
127	127) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
128	128) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
129	129) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
130	130) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
131	131) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
132	132) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
133	133) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
134	134) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
135	135) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
136	136) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
137	137) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
138	138) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
139	139) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
140	140) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
141	141) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
142	142) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
143	143) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
144	144) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
145	145) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
146	146) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
147	147) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
148	148) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
149	149) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
150	150) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
151	151) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
152	152) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
153	153) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
154	154) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
155	155) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
156	156) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
157	157) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
158	158) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
159	159) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
160	160) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
161	161) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	120 horas	jun 17/06/03	jun 08/07/03	100%	\$45 547.50
162	162) EQUIPOS EXHAUSTORES DE SAF	1				

Tareas completadas al mes 2006/03  
 PROYECTO LANAHUALSA

Id	Nombre de tarea	Duracion	Comienzo	Fin	% completado	Costo
junio 2003	(continuacion)					
119	117) TANQUES DE ALMACENAMIE	120 horas	mar 17/06/03	mar 06/07/03	100%	\$45,567.50
junio 2003						
17	18) INFORMACION COMPLEMENTA	250 horas	mar 21/05/03	jun 03/07/03	100%	\$84,055.00
18	18) REQUERIMIENTOS DE S.M.Y.A.	250 horas	mar 21/05/03	jun 03/07/03	100%	\$84,055.00
85	83) ESPECIFICACIONES PARTICULA	320 horas	mar 21/05/03	jun 16/07/03	100%	\$98,921.28
50	54) MEMORIA DE CALCULO DE LIMI	250 horas	jun 23/05/03	jun 04/07/03	100%	\$77,262.25
23	23) ESPECIFICACION DEL EQUIPO I	200 horas	mar 03/06/03	jun 07/07/03	100%	\$67,244.00
24	24) ESPECIFICACION DEL EQUIPO I	200 horas	mar 03/06/03	jun 07/07/03	100%	\$67,244.00
25	25) ESPECIFICACION DEL EQUIPO I	200 horas	mar 03/06/03	jun 07/07/03	100%	\$67,244.00
36	36) VOLUMEN DE OBRA Y ANEXOS	150 horas	mar 10/06/03	jun 04/07/03	100%	\$56,433.00
47	46) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTI	160 horas	mar 17/06/03	jun 03/07/03	100%	\$30,912.90
365	49) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTI	160 horas	mar 17/06/03	jun 14/07/03	100%	\$49,460.84
116	107) EQUIPOS SEPARADORES (ESP	125 horas	mar 17/06/03	mar 06/07/03	100%	\$45,967.50
115	108) EQUIPOS INFRARAJORES (EISF	125 horas	mar 17/06/03	mar 06/07/03	100%	\$45,967.50
116	109) EQUIPOS DE CALENTAMIENTO	175 horas	mar 17/06/03	mar 16/07/03	100%	\$63,764.50
117	106) EQUIPOS INTERCAMBIADORE	125 horas	mar 17/06/03	mar 06/07/03	100%	\$45,967.50
118	111) TANQUES RECIPIENTES A PRE	175 horas	mar 17/06/03	mar 16/07/03	100%	\$63,764.50
119	112) TANQUES DE ALMACENAMIE	125 horas	mar 17/06/03	mar 06/07/03	100%	\$45,967.50
83	81) ESPECIFICACION DE TANQUE I	160 horas	mar 01/07/03	jun 17/07/03	100%	\$30,912.90
82	81) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTI	80 horas	jun 03/07/03	jun 17/07/03	100%	\$24,730.32
53	53) DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTI	70 horas	jun 03/07/03	jun 16/07/03	100%	\$21,639.03
32	34) CALCULO DE SERVICIOS	20 horas	jun 03/07/03	jun 05/07/03	100%	\$4,271.87
27	36) LIBRO DE DATOS DEL MADON DE I	100 horas	jun 04/07/03	jun 17/07/03	100%	\$24,730.32
90	87) HOJA DE DATOS DE BOMBA DE	15 horas	jun 16/07/03	jun 23/07/03	100%	\$33,822.00
91	88) HOJA DE DATOS DE BOMBA DE	15 horas	jun 16/07/03	jun 18/07/03	100%	\$4,136.94
92	89) HOJA DE DATOS DE BOMBA DE	15 horas	jun 16/07/03	jun 18/07/03	100%	\$4,136.94
93	90) HOJA DE DATOS DE BOMBA DE	15 horas	jun 16/07/03	jun 18/07/03	100%	\$4,136.94
94	91) HOJA DE DATOS DE BOMBA DE	15 horas	jun 16/07/03	jun 18/07/03	100%	\$4,136.94
95	92) HOJA DE DATOS DE BOMBA DE	15 horas	jun 16/07/03	jun 18/07/03	100%	\$4,136.94
96	93) HOJA DE DATOS DE BOMBA DE	15 horas	jun 16/07/03	jun 18/07/03	100%	\$4,136.94
157	84) LISTA DE LINEAS DE SERVICIO	80 horas	jun 17/07/03	jun 23/07/03	100%	\$24,730.32
100	96) HOJA DE DATOS DEL ARRESTA	25 horas	jun 17/07/03	jun 22/07/03	100%	\$7,728.23
104	95) HOJA DE DATOS DEL QUE MADH	80 horas	jun 17/07/03	jun 25/07/03	100%	\$10,916.52

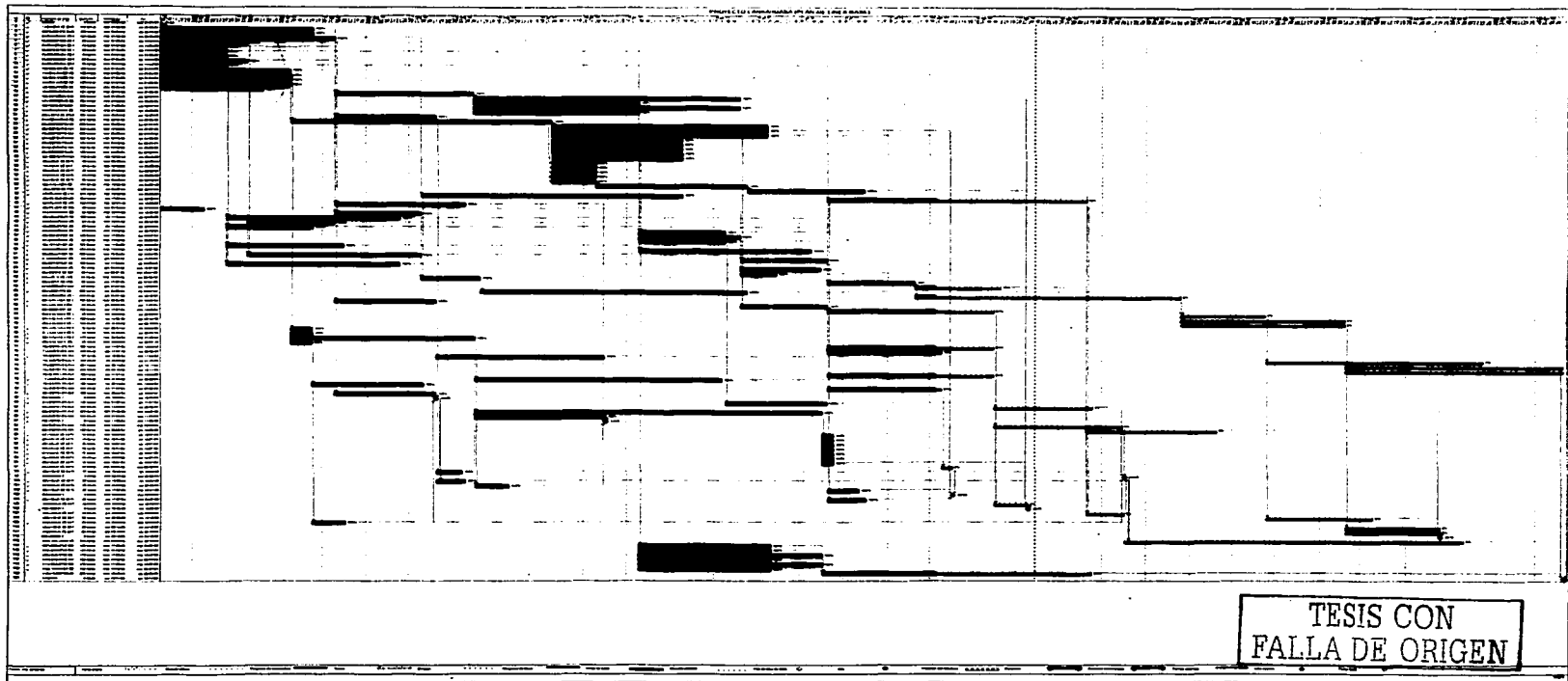
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Tareas en curso el m.º 2008/03  
PROYECTO LANCAHUASA

Id	Q	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>julio 2003</b>						
120		113) CUESTIONARIOS 1	250 horas	mie 16/07/03	vie 29/08/03	114,115,116,117,118,111
39		38) PLANO DE LOCALIZ	240 horas	jue 17/07/03	jue 28/08/03	5,43,44,45,46,47,48,49,
63		62) MEMORIA DE CALCI	150 horas	jue 17/07/03	mie 13/08/03	47,62
71		70) ESPECIFICACION D	150 horas	jue 17/07/03	mie 13/08/03	52
72		71) ESPECIFICACION D	100 horas	jue 17/07/03	lun 04/08/03	5,7,10,43,52,53
77		76) ESPECIFICACION D	150 horas	jue 17/07/03	mie 13/08/03	62
80		79) ESPECIFICACION D	100 horas	jue 17/07/03	lun 04/08/03	52
58		57) ESPECIFICACIONE	80 horas	jue 14/06/03	jue 14/08/03	56,57
60		59) MEMORIA DE CALCI	250 horas	jue 31/07/03	vie 12/09/03	57
<b>agosto 2003</b>						
120		113) CUESTIONARIOS 1	250 horas	mie 16/07/03	vie 29/08/03	114,115,116,117,118,111
39		38) PLANO DE LOCALIZ	240 horas	jue 17/07/03	jue 28/08/03	5,43,44,45,46,47,48,49,
63		62) MEMORIA DE CALCI	150 horas	jue 17/07/03	mie 13/08/03	47,62
71		70) ESPECIFICACION D	150 horas	jue 17/07/03	mie 13/08/03	52
72		71) ESPECIFICACION D	100 horas	jue 17/07/03	lun 04/08/03	5,7,10,43,52,53
77		76) ESPECIFICACION D	150 horas	jue 17/07/03	mie 13/08/03	62
80		79) ESPECIFICACION D	100 horas	jue 17/07/03	lun 04/08/03	62
58		57) ESPECIFICACIONE	80 horas	jue 14/06/03	jue 14/08/03	56,57
60		59) MEMORIA DE CALCI	250 horas	jue 31/07/03	vie 12/09/03	57
<b>septiembre 2003</b>						
60		59) MEMORIA DE CALCI	250 horas	jue 31/07/03	vie 12/09/03	57

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**PROYECTO LANKAHUASA**  
**Inst. Mexicano del Petroleo**

desde mié 20/08/03

**Fechas**

Comienzo:	mar 01/04/03	Fin:	lun 17/11/03
Comienzo previsto:	mar 01/04/03	Fin previsto:	jue 13/11/03
Comienzo real:	mar 01/04/03	Fin real:	NA
Variación de comienzo:	0 horas	Variación de fin:	20 horas

**Duración**

Programada:	1320 horas	Restante:	88.48 horas
Previsita:	1300 horas	Real:	1231.52 horas
Variación:	20 horas	Porcentaje completado:	93%

**Trabajo**

Programado:	0 días	Restante:	0 días
Previsito:	0 días	Real:	0 días
Variación:	0 días	Porcentaje completado:	0%

**Costos**

Programados:	\$4,110,727.81	Restantes:	\$283,965.25
Previsitos:	\$4,110,727.81	Reales:	\$3,846,762.56
Variación:	\$0.00		

**Estado de las tareas**

Tareas aun no comenzadas:	6
Tareas en curso:	5
Tareas finalizadas:	110
Total de tareas:	121

**Estado de los recursos**

Recursos de trabajo:	0
Recursos de trabajo sobreasignados:	0
Recursos materiales:	0
Total de recursos:	0

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

**PROYECTO LANKAHUASA**  
**Inst. Mexicano del Petroleo**

desde mié 20/08/03

**Fechas**

Comienzo:	mar 01/04/03	Fin:	jue 13/11/03
Comienzo previsto:	mar 01/04/03	Fin previsto:	jue 13/11/03
Comienzo real:	mar 01/04/03	Fin real:	NA
Variación de comienzo:	0 horas	Variación de fin:	0 horas

**Duración**

Programada:	1300 horas	Restante:	76.78 horas
Prevista:	1300 horas	Real:	1223.22 horas
Variación:	0 horas	Porcentaje completado:	94%

**Trabajo**

Programado:	0 días	Restante:	0 días
Previsto:	0 días	Real:	0 días
Variación:	0 días	Porcentaje completado:	0%

**Costos**

Programados:	\$4,110,727.81	Restantes:	\$232,372.27
Previstos:	\$4,110,727.81	Reales:	\$3,878,355.54
Variación:	\$0.00		

**Estado de las tareas**

Tareas aún no comenzadas:	2
Tareas en curso:	7
Tareas finalizadas:	112
Total de tareas:	121

**Estado de los recursos**

Recursos de trabajo:	0
Recursos de trabajo sobreasignados:	0
Recursos materiales:	0
Total de recursos:	0

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**



Una situación que es muy común en los proyectos, es la de que se retrase por imprevistos, tales como cambios en el alcance, retraso en las actividades, etc. Para ejemplificar esto se llevó a cabo la siguiente simulación en el programa y se trabajó con el mimo para tomar las medias pertinentes.

Dado que en este caso el fin es controlar el programa de trabajo, se supuso que una o más actividades se llevaran más tiempo del previsto, por ejemplo, que la actividad 59(Memoria de calculo de líneas de servicios auxiliares) y 70 (Especificación del paquete de agua de desechos) se llevaran 20 horas mas, cada una, de lo previsto, dado que esta actividad 59 forma parte de la ruta critica, todo el proyecto sufriría un retraso general de 3 días, lo que procede hacer en este caso es buscar otras actividades que formen parte de la ruta critica y que puedan comprimirse, es decir, reducir su tiempo de ejecución. Revisado el diagrama de línea base observamos que pueden reducirse tanto la actividad 74(Especificación de válvulas de control de presión) como la actividad 75 (Especificación de válvulas de control de nivel), sin embargo, si reducimos la actividad 75 no se resuelve el problema debido a que la actividad 74 también tiene impacto en la ruta critica por lo que se sugiere reducir ambas actividades con 20 horas cada una. Con lo cual el proyecto regresa nuevamente a el tiempo planeado.

En cuanto al control en base a los informes, podemos determinar el grado de avance del proyecto graficando los cambios en la curva de avance programado. En el ejemplo anterior, el aumento de tres días se ve reflejado en un informe al 10/10/2003,actualizando el programa con el aumento de las 20 horas por actividad, lo cual nos genera un avance de 93% vs uno del 94% planeado. Graficando se obtiene la siguiente curva (Figura 72)

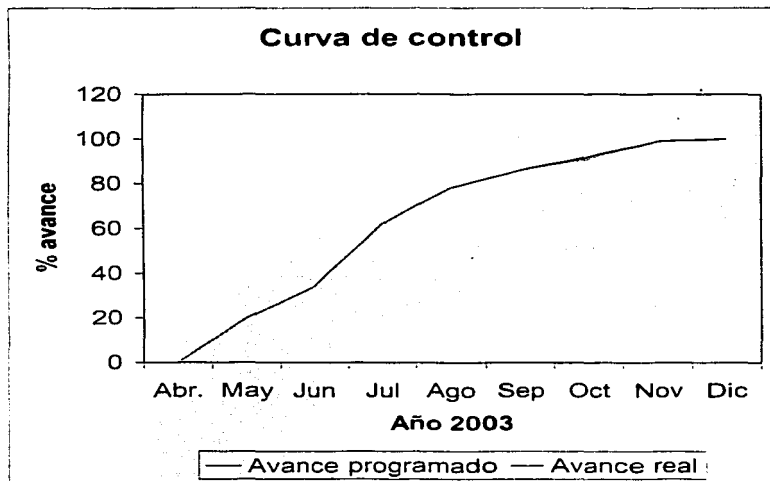
Se debe tener mucho cuidado cuando se trabaje la red y el plan de línea base porque puede suceder que si se cambia una actividad sin previo análisis, puede cambiar toda la ruta crítica y todo lo que se genera de ella.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



En lo que respecta a costos, es obvio que al cambiar las duraciones también se modifican los costos y su seguimiento es mucho más fácil ya que los informes nos proporcionan directamente las variaciones que se van dando.

Figura 72. Curva de control. Curva comparativa entre el avance real y el estimado.





## CONCLUSIONES

Como nos hemos podido percatar la evolución en el control de proyectos se ha dado principalmente a partir de los métodos de planeación, dado que ellos nos proporcionan las bases para poder ejercer un buen control del proyecto.

El planear una actividad por mas pequeña que ésta sea siempre conlleva un grado de incertidumbre, cuyo valor aumenta al aumentar su número y complejidad. El reducir este grado de incertidumbre durante su desarrollo depende en gran medida del control que se pueda ejercer sobre las mismas. Para ejercer este control las técnicas aquí referidas fueron distintas y muy variadas, desde graficas de Gantt, hasta los mas modernos programas de administración de proyectos. Así hemos efectuado una revisión acerca de las diferentes técnicas derivadas tanto del PERT/CPM como generadas de manera alterna. De el mismo modo se logró hacer un seguimiento de su incorporación a diferentes paquetes de software para la administración de proyectos. La elección de cual paquete usar depende de la experiencia del responsable del proyecto, ya que solo el sabe con cuantos recursos tanto materiales como humanos cuenta, además de conocer los tiempos de ejecución del mismo. Sin embargo, para quien comienza a introducirse en esta área de la ingeniería de proyectos y su experiencia no es mucha, el presente trabajo puede ser puede ser una buena guía en su elección de algún paquete de control de proyectos.

En este trabajo se analizaron cuatro diferentes paquetes, los resultados en cuanto a tiempos y costos fueron muy parecidos, por lo que la diferencia la marcó, tanto la accesibilidad del programa, como las herramientas incorporadas en su sistema. Cada uno de estos programas tiene sus ventajas y desventajas, dependiendo de a que aspecto se le de mayor importancia. Así el WINQSB resulta particularmente bueno como técnica de planeación y control cuando lo que se desea es trabajar el proyecto de manera probabilística con el uso de tres tiempos o se desea hacer una simulación con el método Montecarlo, sin embargo el que no cuente con



actualizaciones del caso de estudio, ni calendario, lo limita bastante. El Minuteman posee una excelente entrada para datos y buenas graficas y diagramas de salida, su principal problema es que tampoco cuenta con actualización automática y sus graficas para impresión no son susceptibles a modificaciones. Por su parte Panbee aunque cuenta con actualización automática, en sus cálculos no toma en cuenta la asignación de recursos, además de no aceptar decimales en la asignación de costos, lo cual provoca que las cantidades se redondeen aumentando o disminuyendo el costo según sea el caso. La elección por Microsoft Project se da porque resulta un paquete bastante completo, en el caso de nuestro primer ejemplo, puede verse como al asignar recursos al proyecto se reducen los tiempos y costos, además de que al actualizarlo podemos generar toda clase de informes de costos y tiempos. Al contar con una actualización automática, el programa genera excelentes gráficos de control del proyecto, el único problema que presenta este paquete es la imposibilidad de modificar la distribución de su diagrama PERT/CPM, que en proyectos grandes, como nuestro caso de estudio, podría resultar un tanto confuso.

Es importante hacer notar que no importa el grado de avance del programa de computación, el aspecto mas importante de la administración de proyectos lo lleva el administrador, quien conoce a sus elementos y sabe cuánto y cómo trabajan en el desarrollo de un proyecto. El programa es una excelente herramienta, que no deja de ser eso, una herramienta, que no pude ni preverlo todo, ni hacerlo todo; entonces corresponde únicamente al administrador determinar cuan útil le puede resultar o no un programa a la situación particular a la que lo aplicó.

Lo que resulta innegable es que estos programas soy hoy en día una excelente alternativa para ejercer el control de un proyecto.

Con lo que respecta al cumplimiento de los objetivos, estos se cumplieron de una manera muy satisfactoria de acuerdo con los alcances planteados al inicio de este trabajo.



## **Bibliografía**

Administración. James A.F. Stoner. Prentice-Hall. Hispanoamericana. México D.F 1996.

Administración de proyectos exitosos, fundamentos para gerentes de proyectos. Robert J. Graham, Randall L. Englund. Prentice-Hall. México D.F 1978.

Administración exitosa de proyectos. Jack Gido, James P. Clements. International Thomson Editores. México D.F 1999.

Administración por objetivos. George S. Odiorne. Limusa. México D.F 1977.

Aplicación del método PERT, al control de programación, costes y beneficios. MacGraw-Hill. México D.F 1977.

Determinación de la ruta crítica: administración y control de proyectos. Martino RL. Editorial Técnica, S.A. 1965

Dirección y gestión del proyecto. Jaime Pereña Brand. Ediciones Diaz de Santos. España, Madrid 1991.

Iniciación al método de camino crítico. Agustín Montaña G. Editorial Trillas SA. México D.F 1996.

Manual para la administración de proyectos. David I. Cleland, William R. King. Compañía Editorial Continental SA. México D.F 1992.

Planeación de operaciones aplicada. R.L. Martino. Editorial Técnica SA. Tomo 2. México D.F 1978.

Planeación y control de nuevos proyectos. David B. Uman. Editorial Técnica SA. México D.F 1971.

Planificación de proyectos. Ramon Companys. Limusa. México D.F 1979.

Transferencia de tecnologías. Varios Autores. Impreso por Instituto Mexicano del Petróleo. México 1994.

Sitios en internet.

[www.pmtoday.com.uk](http://www.pmtoday.com.uk).

[www.taskperfect.com](http://www.taskperfect.com)

[www.smartdraw.com](http://www.smartdraw.com)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



[www.criticaltools.com](http://www.criticaltools.com)

[www.minuteman-systems.com](http://www.minuteman-systems.com)

[www.spmn.com](http://www.spmn.com)

[www.pmi.org](http://www.pmi.org)

[www.projectmanager.com](http://www.projectmanager.com)

[www.quvsoftware.com](http://www.quvsoftware.com)

Índice de referencias

Número de referencia

1  
2  
3  
4

Bibliografía

Transferencia de tecnologías. Varios autores.  
Administración exitosa de proyectos. Jack Gido.  
Manual para la administración de proyectos. David I.  
Cleland.  
[www.quvsoftware.com](http://www.quvsoftware.com)

TESIS CON  
FALTA DE COTIZACIÓN





---

# Apéndice

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### **Proveedores de programas para la administración de proyectos.**

En la siguiente tabla se relacionan algunos paquetes de programas de computación para la administración de proyectos y de los proveedores quien los produce. La mayoría de ellos tiene páginas en Internet. Además, el Project, Management Institut (Instituto para la Administración de proyectos) tiene un sitio en red en:

[www.pmi.org/men\\_prod/venalpha.htm](http://www.pmi.org/men_prod/venalpha.htm)

Que relaciona proveedores de programa de computación para la administración de proyectos. Synpase también mantiene un sitio en la red que proporciona una relación de asesores y proveedores de varios paquetes. La relación que mantiene Synpase se puede encontrar en:

[www.Synpase.net/~loday/PMForum/vsoftwar.htm](http://www.Synpase.net/~loday/PMForum/vsoftwar.htm)

Paquete de programas de computación	Nombre del Proveedor
Artemis	Lucas Management Systems
CA-SuperProjet	Computer Associates Internacional, Inc.
Harvard Project Manager	Software Publishing Corp.
InstaPlan	InstanPlan Corp.
Micro-Frame Program Manager	Micro-Frame Technologies, Inc.
Micro Planner	Micro-Planning Software
Micro Trak	Softrak Systems
Microfusion.	Integrated Management Concepts
MicroMan	Poc-It Management Systems
Microsoft Project	Microsoft Corp.
Milestones, Etc.	Kidasa

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Multitrak	Multisystems, Inc.
Open Plan	Welcom Software Tecchnology
PAC Micro	AGS Management Systems
PERT Master	PERT Master Internacional
Plan view	Plan View, Inc.
Plantrac	Computer Line, Inc
Plot Trek	Softrak Systems
PMS	North America Mica
Power Planner	Sphygmic Software, Ltd.
Power Project	ASTA Developmet, Inc.
PREMIS	K&H Profesional Management Services
Project/2	PSDI, Inc.
Project Alert	CRI Inc.
Project Outlook	Strategic Software, Inc.
Project Planner	Primavera Systems, Inc.
Project Scheduler	Scitor Corp.
Project Workbench	Appelied Businnes Technologies
PROMIS	Strategic Software
Prothos	New Technology Association
Quick Plan	Mitchell Management
Qwiknet Professional	Project Software & Development Corp.
Skyline	Applitech Software
Sure Trak Project Manager	Primavera Systems, Inc.
Task Monitor	Monitor Softaware
Texim Project	Welcom Software Technology
Time line	Symantec Corp.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Top Down Project Planner	Ajida Technologies
ViewPoint	Computer Arded Managemente, Inc.
VISION micro	Systonetics, Inc.
Vue	Nacional Information Systems

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN