

97



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**METODO LA RUTA CRITICA COMO HERRAMIENTA DE
PROGRAMACION Y CONTROL DE PROYECTOS.**

TRABAJO ESCRITO VIA CURSOS DE EDUCACION CONTINUA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

PABLO JIMENEZ GUERRERO



MEXICO, D. F.



**EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA**

295063

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

**MÉTODO LA RUTA CRÍTICA COMO HERRAMIENTA DE
PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS.**

Trabajo escrito vía cursos de educación continua

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

Pablo Jiménez Guerrero

MÉXICO, D.F

2001

Jurado asignado:

Presidente **Dr. JULIO RICARDO LANDGRAVE ROMERO**
Vocal **M. en C. MARÍA DEL ROCÍO CASSAIGNE HERNÁNDEZ**
Secretario **M. en C. NAPOLEÓN SERNA SOLIS**
1er. Suplente **I.Q. VLADIMIR ESTIVIL RIERA**
2do. Suplente **M. en C. ZOILA NIETO VILLALOBOS**

Sitio donde se desarrolló el tema:

**BIBLIOTECA
FACULTAD DE QUÍMICA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO.**

Nombre completo y firma del asesor del tema:



Julio Ricardo Landgrave Romero

Nombre completo y firma del sustentante:



Pablo Jiménez Guerrero

A mis padres

**Gracias a su esfuerzo y cariño
siempre apoyandome a seguir adelante
para alcanzar este objetivo.**

A Aide y Sinaf

Con todo mi amor.

**A todos mis maestros de la facultad
Y del diplomado de Administración de
Proyectos.**

**A todo el departamento de
Educación Continua de la facultad
Por hacer viable esta opción de titulación**

**A todos mis compañeros del diplomado
Por hacer un buen equipo.**

INDICE

	Pag.
INTRODUCCIÓN	1
1.- El proyecto de Carbonato de Calcio en Suspensión	2
1.1 La empresa	2
1.2 Familia de productos de Carbonato de calcio	2
1.3 El problema de minimización de tiempo de entrega	4
2.- El Método de la Ruta Crítica	5
2.1 Estructura de división de trabajo	9
2.2 Programa o calendario del proyecto	9
2.3 Pasos para la programación	10
2.4 Ruta crítica del proyecto	11
2.5 Holguras	11
2.6 Método ruta crítica	12
2.7 Diagrama de precedencias	12
2.8 Diagrama de flechas	13
2.9 Determinación de la ruta crítica	13
3.- Aplicación al proyecto de Carbonato de Calcio en Suspensión	14
3.1 Planteamiento del problema	14
3.2 Listado de actividades y diagrama de dependencias	17
3.3 Deducción de la Ruta Crítica	19

4.- Lineamientos generales de aplicación.	22
4.1 Manajo del gráfico de Gantt	22
4.2 El problema de los recursos humanos	23
4.3 El flujo de efectivo	25
CONCLUSIONES	26
BIBLIOGRAFÍA	27

Introducción.

Una planta química productora de Carbonato de Calcio Precipitado (PCC), decide satisfacer la demanda de un cliente potencial del sector de la industria del papel para lo cual necesita elaborar un nuevo producto Carbonato de Calcio Precipitado en suspensión al 45% de sólidos. Actualmente la planta solo produce Carbonato de Calcio Precipitado en polvo, por lo que necesita adicionar a su planta los equipos necesarios para producir y almacenar el nuevo producto. El producto ya se ha logrado producir en planta y el cliente ya aprobó el producto enviado; por ahora el producto es entregado al cliente en polvo, pero el cliente solicita que el producto le sea enviado lo más pronto posible en suspensión al 45% de sólidos.

La compañía no tiene un Departamento ó Ingeniero de Proyectos por lo que el director de la compañía solicite a su Departamento de Producción se haga cargo del Proyecto y calcule la fecha más probable de terminación del proyecto para dar una respuesta al cliente.

En el presente trabajo se aplicará el método de la Ruta Crítica utilizado ampliamente en la Administración de Proyectos como una herramienta de programación y control de proyectos que permite identificar las actividades de mayor duración en el proyecto y por lo tanto, la determinación de la fecha más temprana con la cual puede terminarse el proyecto, como una solución al problema, es decir, dar una respuesta fundamentada al Cliente.

1.- El Proyecto de Carbonato de Calcio en Suspensión.

1.1 La empresa

Liquid Química Mexicana es el principal productor de Carbonato de Calcio Precipitado en México.

En México tiene dos plantas de Carbonato de Calcio Precipitado grado farmacéutico y alimenticio, localizadas en Cuautitlan Edo de México y en Carbono Veracruz. Apoyadas por tecnología alemana y brasileña, además cuenta con compañías filiales en Argentina y Brasil.

1.2 La familia de productos de Carbonato de Calcio

El Carbonato de calcio es uno de los minerales no metálicos más abundantes en la naturaleza, así como de los más usados en la industria a nivel mundial. Existen dos tipos: natural y precipitado. El carbonato de calcio precipitado se obtiene a través de síntesis química, en una reacción entre el bioxido de carbono y el hidroxido de calcio. El carbonato de calcio precipitado aumenta el rendimiento de los materiales, mejora las propiedades mecánicas y físicas de las materias primas y abate los costos de producción.

El carbonato de calcio precipitado se produce básicamente en tres tipos:

Extraligero, Mediano y Pesado y la diferencia entre ellos es principalmente el tamaño de partícula y cristalografía estas dos características determinan prácticamente todas sus propiedades físicas y por lo tanto sus aplicaciones

El carbonato de calcio tiene una gran variedad de aplicaciones, como por ejemplo en la Industria Farmacéutica puede usarse como fuente de calcio y/o como antiácido en tabletas. También, puede ser usado en cosméticos como base de muchas fragancias y colorantes; además como transporte en desodorantes en polvo y lápiz labial.

En la Industria Papelera es utilizado como una carga para la pulpa y puede utilizarse como extender de pigmento en papel recubierto, cartón y cartoncillo. Las propiedades necesarias para el proceso alcalino en ambas aplicaciones en esta industria son: distribución de tamaño de partícula, alta opacidad, blancura y brillo, alto poder cubriente, baja abrasividad y tamaño de cristal orientado.

En la industria de los plásticos es la carga más usada en plásticos, reemplazando resina y pigmento, disminuyendo los costos de las formulaciones de los compuestos, dando suavidad a las superficies, brillo, flexibilidad y resistencia. Puede ser utilizado en PVC, polipropileno, polietileno, resinas fenólicas, poliéster, poliuretano, EVA, etc.

En la Industria de Pinturas y Tintas es usado como carga y extendedor de pigmento, lo cual permite agregar una menor cantidad de pigmento (como dióxido de titanio y otros pigmentos caros) produciendo importantes ahorros en las formulaciones de pinturas

En la Industria Alimentaria se usa como fuente de calcio en formulaciones de leche en polvo, como carga para la base de la goma de mascar, dándole consistencia, cuerpo y neutralizando la acidez de la saliva, y como carga en polvos para hornear, debido a que es inodoro, insípido, no tóxico.

En la Industria Química es utilizado como carga en formulaciones de adhesivos y selladores, abatiendo costos al disminuir los niveles de absorción de aditivos. Su tamaño muy fino de partícula y su gran área superficial le confieren propiedades reológicas y tixotrópicas especiales útiles en esta aplicación, además de ser intermediario en síntesis químicas.

1.3 El problema de minimización de tiempo de entrega.

Después de una ardua labor de convencimiento por parte de la empresa en una planta papelera sobre los beneficios de utilizar carbonato de calcio precipitado sobre el carbonato de calcio natural, el cliente aprueba el uso de este producto y lo solicita a Liquid Química Mexicana. Acuerdan ambas partes que el producto debe ser enviado en la presentación de suspensión y no en polvo como actualmente lo distribuye Liquid Química. Por lo que la compañía debe actuar de inmediato y comprometerse a entregar el producto en la presentación con la que el cliente lo requiere. El director de la compañía solicita a su departamento de producción se haga cargo del proyecto y le de una fecha de terminación del proyecto para dar respuesta al cliente

2.- El Método de la Ruta Crítica

Aquí se presentará la descripción de los conceptos más relevantes sobre el tema con la finalidad de comprender la metodología de la ruta crítica como herramienta.

Un proyecto es un emprendimiento o esfuerzo temporal, llevado a cabo para crear un producto o servicio único para alcanzar un objetivo bajo restricciones de costo y tiempo. (1)

Un proyecto tiene:

Un principio y un final

Un conjunto específico de objetivos

Criterios de calidad medibles

Muchas actividades interrelacionadas

Recursos limitados

Costos y tiempo definido.

La administración de proyectos se define como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto con objeto de cumplir sus requerimientos. (1)

La administración de proyectos consiste en una serie de procesos para asegurar que los proyectos se desarrollen de la mejor manera posible. Sus principales procesos son:

Iniciación, Planeación, Ejecución, Control y Cierre.

La planeación y control son desarrollados a través de todo el proyecto. La planeación del proyecto no termina a etapas tempranas de iniciado el proyecto, sino por el contrario, hasta el momento en que es ejecutado completamente. El plan debe ser refinado en forma iterativa a lo largo del ciclo de vida del proyecto, de acuerdo con el desempeño real conforme lo recopila el proceso de control. (5)

La planeación crea y mantiene un enfoque de trabajo para alcanzar los objetivos del proyecto. Planear el trabajo para modelar la manera en que el proyecto va a llevarse a cabo.

Desarrollo del Plan del Proyecto.

Los siguientes pasos son los que se siguen para desarrollar el plan del proyecto.

El proceso es iterativo y no lineal.

Revisar la Carta Constitutiva del Proyecto y/o el Enunciado del Alcance.

Crear una Estructura de Desglose del Trabajo (Work Breakdown Structure, WBS)

Describir las actividades

Estimar el trabajo necesario y la duración de las actividades

Desarrollar la red de dependencias

Identificar roles y responsabilidades

Asignar, distribuir y nivelar recursos

Definir el programa o calendario

Evaluar los riesgos e incluir contingencias y reservas para cambios

Calcular costos y crear un presupuesto

Revisar y refinar hasta su completa satisfacción.

La experiencia nos muestra que solo mediante la planeación podemos asegurar que los resultados se mantengan dentro de las expectativas y que el trabajo sea desarrollado en forma eficiente y efectiva. La planeación nos permite modelar la manera en que el proyecto será desarrollado y predecir cuando termina el proyecto, cuantos y cuales son los recursos que se necesitan y cuanto nos costará.

El control está intrínsecamente atado a la planeación. Monitorea el desempeño contra el plan, de tal manera que nos permite evaluar el avance y predecir los resultados del proyecto. La planeación se desarrolla durante toda la vida del proyecto mediante el proceso iterativo de refinamiento. El refinamiento usa la información que resulta del control del proyecto para evaluar los supuestos hechos con anterioridad y que se usaron en la planeación. Conforme se prueban los supuestos por medio de experiencias reales, la confianza en el plan aumenta. Conforme se prueba que los supuestos fueron erróneos se identifica la necesidad de replanear.

Controlar un proyecto es:

Recolectar datos de progreso (Actuales).

Preparar el reporte de estado.

Llevar a cabo juntas de revisión de estado.

Revisar el plan de proyecto según se necesite.

Revisar y aceptar entregables.

Administrar y resolver asuntos pendientes.

Tomar decisiones de seguir / no seguir en puntos de verificación.

Revisar y refinar los procesos- mejora continua.

Nunca se espera que la planeación sea 100% precisa. Entre más largo y más complejo sea el proyecto y más incierta sea la naturaleza de los resultados deseados, más grande será la desviación potencial entre los resultados reales y los planeados originalmente. Los líderes de proyectos deben aceptar que el plan es una proyección del futuro y que muy pocas personas pueden predecir el futuro con cierta exactitud.

La planeación del proyecto incluye la evaluación del riesgo y de la incertidumbre asociada con cada proyecto. Basados en la evaluación de riesgo, la planeación del mismo identifica los planes de contingencias apropiados y las reservas necesarias para proteger a los inversionistas y usuarios de que los resultados del proyecto se conviertan en pérdidas y daños inaceptables. La administración de riesgo nos proporciona expectativas razonables.

El entregable del proyecto es el producto que representa cumplir con los objetivos. Los entregables internos son las salidas o resultados de las tareas del proyecto. Cada entregable interno es un paso hacia la terminación del producto. Los entregables internos permiten a los participantes incrementar las evaluaciones y verificar que se está en el camino correcto de aceptación del producto final. El producto o servicio final se desdobla en una serie de entregables internos (definición de requerimientos, diseños, prototipos, planos, componentes individuales y documentos como manuales, informes, etc.).

2.1 Estructura de División de Trabajo (Work Breakdown Structure, WBS)

La WBS es una agrupación jerárquica orientada por las entregas de los elementos del proyecto (tanto entregables como sus componentes o fases, actividades, tareas y sub-tareas) que definen el proyecto. Aunque cada proyecto es único, a menudo se pueden usar plantillas que representan proyectos típicos como punto de inicio en el desarrollo de la WBS. (1)

La WBS se crea por descomposición o desglose de los principales elementos en niveles de mayor detalle.

Las actividades de administración deben incluirse en la WBS.

Esto se realiza para obtener un mejor entendimiento de una gran tarea y permitir un mejor control al otorgar al ejecutor y a la gerencia la habilidad de ver resultados en plazos cortos que llevarán a la terminación de la tarea completa.

La WBS puede desarrollarse de dos maneras: a) basada en el desglose del producto en componentes y sub-componentes y posteriormente en tareas ó b) dividiendo el proyecto directamente en las tareas.

2.2 Programa o Calendario del Proyecto

Es la línea de tiempo para las actividades, incluyendo las fechas clave (milestones) para los principales entregables. El programa refleja la distribución de recursos, dependencias entre las actividades y duraciones. Es la base para el control de tiempo y del presupuesto. El programa se basa en las actividades y en los entregables identificados en la WBS. El programa debe mostrar cada nivel de la WBS, basado en programas detallados de niveles inferiores.

La programación determina la duración del proyecto, los puntos en el tiempo cuando las tareas terminan y cuando están disponibles los entregables, además de la distribución de recursos a través de la vida del proyecto.

La programación es función de:

Trabajo requerido y duración de la tarea

Disponibilidad y distribución de ejecutores y otros recursos

Dependencia entre las tareas

Fecha de inicio

La programación inicia con la determinación de la dependencia entre tareas. Consiste en identificar y documentar la dependencia que existe entre las diferentes actividades, las actividades deben ordenarse con suma precisión de manera que sirvan de apoyo para el desarrollo futuro de un programa realista y alcanzable.

Desde esta base, el programador distribuye recursos al asignarlos a las tareas. Las duraciones pueden afectarse por cambios en el número de recursos en alguna tarea y cambios en el nivel de habilidad. Encontrar la distribución de recursos que proporcione la menor duración al costo más bajo mientras no se rebase el límite de los recursos. Para reducir el programa se puede incorporar técnicas como el traslape de actividades (fast-tracking) y compresión de redes (crashing).

2.3 Pasos para la programación

A.- Calcular las horas de trabajo y duración de las tareas (suponiendo facilidad de recursos, habilidades y consultando la opinión de expertos)

- B.- Determinar las dependencias de las tareas
- C.- Elaborar un diagrama de Red e identificar la Ruta Crítica.
- D.- Asignar o distribuir recursos y elaborar un diagrama de Gantt o Barras.
- E.- Evaluar el programa que resultó.
- F.- Hacer ajustes hasta que el Programa sea aceptable.

Existen diferentes ayudas de software de administración de proyectos que generan automáticamente programas tomando en cuenta los recursos disponibles, la descripción de tareas y sus dependencias pero no son suficientes para considerarlos como programas finales.

El programa del proyecto puede expresarse por medio de:

Una Gráfica de GANTT, Diagrama de Redes, PERT(Program Evaluation Review Technique), CPM (Critical Path Method) Ruta Crítica, Gráficas de Milestones (Fechas clave ó hitos). (2)

2.4 Ruta Crítica del Proyecto

Es la serie de actividades con mayor duración de un proyecto, generalmente también se define como todas aquellas actividades con una holgura menor o igual al valor especificado, frecuentemente cero; esto es la ruta de mayor duración en el proyecto. (1)

Determina la fecha más temprana en la cual puede terminarse el Proyecto.

2.5 Holguras

Los tiempos de holgura nos dan una medida de la flexibilidad que tiene nuestro programa.

Existen dos tipos de holguras:

- **Holgura Total (Total Slack or Float)**

Es la holgura que tiene una actividad en la cual podrá moverse sin retrasar la terminación del proyecto.

- **Holgura Libre (Free Slack or Float)**

Es la holgura que tiene una actividad en la cual podrá moverse sin retrasar el inicio de una actividad sucesora. (5)

2.6 Método Ruta Crítica (CPM).

Técnica de análisis de redes utilizada para predecir la duración del proyecto, analiza la secuencia de actividades las cuales tienen la menor flexibilidad de programación (las de menor holgura), las fechas tempranas son calculadas por medio de un pase de adelanto utilizando la fecha de inicio especificada, las fechas tardías son calculadas utilizando un pase de reversa utilizando la fecha de terminación especificada. Generalmente el pase de adelanto determina la fecha más temprana de terminación del proyecto. (1)

2.7 Diagrama de precedencias (PDM)

Es la construcción del diagrama de red del proyecto, utilizando una serie de rectángulos (nodos) que representan las actividades y son interconectados con flechas que muestran la dependencia entre las actividades. (1)

2.8 Diagrama de flechas (ADM)

Es la construcción del diagrama de red del proyecto, utilizando una serie de flechas que representan las actividades y son interconectadas con nodos que muestran la dependencia entre las actividades. (1)

Dar respuesta a preguntas difíciles de contestar inicialmente, como ¿Qué tiempo tomará la construcción de la planta? ¿Cómo podrá realizarse el programa del proyecto para terminarlo a tiempo? ¿Cuánto costará el proyecto? .

El Metodo la Ruta Crítica nos ayuda a contestar todas esas preguntas iniciales.(4)

2.9 Determinación de la Ruta Crítica.

Para la determinación de la Ruta Crítica se requieren los siguientes pasos.(3)

- 1 .- Listado de tareas o actividades
- 2 .- Dependencias entre las tareas o actividades
- 3 .- Duración de las tareas o actividades
- 4 .- Construcción del diagrama de flechas
- 5 .- Numeración de los nodos en el diagrama de flechas (cada actividad empieza con un número y termina con otro)
- 6 .- Representación de las actividades ficticias (si aplica) en el diagrama de flechas
- 7 .- Determinación del tiempo más temprano (Earliest Time) e indicándolo en los Nodos del diagrama de flechas.
- 8 .- Determinación del tiempo más tardío (Latest Time) e indicándolo en los nodos del diagrama de flechas.
- 9 .- Calcular los tiempos de holgura para todas las actividades indicadas en el Diagrama de flechas e identificar las actividades en Ruta Crítica.
- 10 .- Trazar la Ruta Crítica.

3.0 Aplicación al proyecto de Carbonato de Calcio en Suspensión

3.1 Planteamiento del problema.

Se recopiló la siguiente información para el Proyecto Carbonato de Calcio Precipitado en suspensión al 45% de sólidos.

Para dar respuesta al cliente, así como para la programación y control de este proyecto se aplicará la metodología de la Ruta Crítica, en la Figura No 1 se muestra un diagrama de flujo del proceso para la obtención del nuevo producto Carbonato de Calcio Precipitado en suspensión al 45 %, Se definió este sistema sobre la base de otras plantas de la misma compañía en Brasil y Argentina.

En reunión con las personas involucradas con el proceso y especialistas en construcciones industriales se determina un listado secuencial de las principales actividades que deben considerarse en una construcción de este tipo, quedando como sigue:

A .- Ingeniería Básica y de Detalle.

Diagrama de flujo de proceso, Hojas de datos, Especificaciones

Diagramas de tubería e instrumentos, dibujos.

B .- Obra civil.

Cimentación tanque de almacenamiento de 60 m3.

Cimentación de los dispersores.

Cimentación ó base para las bombas.

Cimentación ó base para plataforma de carga a pipas.

C.- Instalación Mecánica.

Instalación ó construcción del tanque de 60 m3.

Instalación de tanques dispersores.

Instalación del transportador helicoidal.

Instalación de Bombas.

Instalación de tuberías y válvulas.

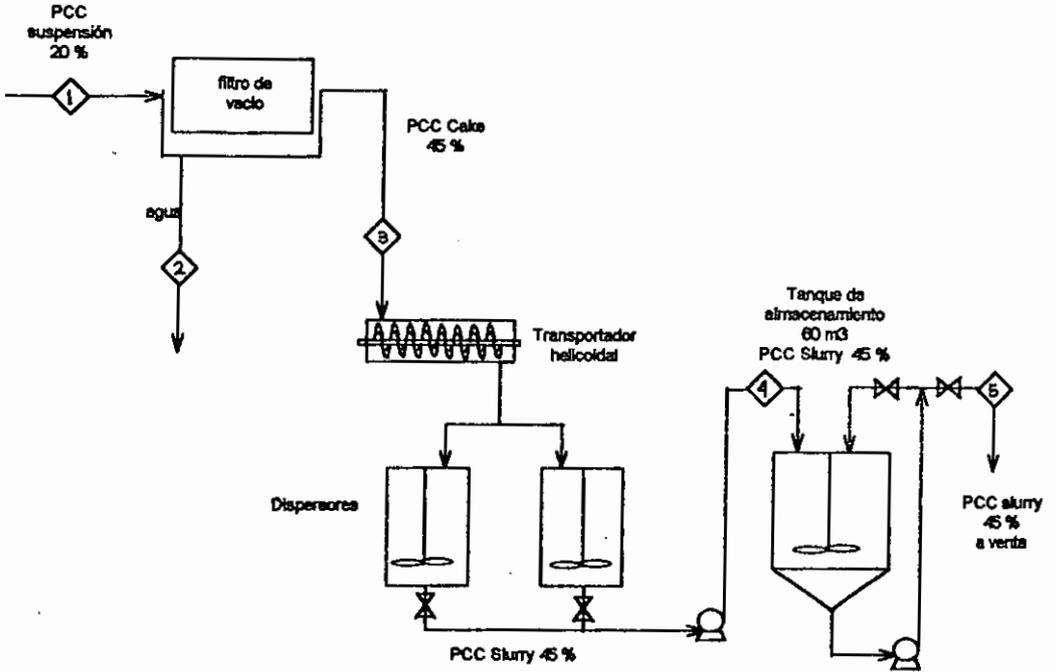
D.- Instalaciones Eléctricas y Pruebas de arranque.

Los expertos en el proceso indican que el equipo de bombeo debe ser seleccionado con cuidado por el porcentaje de sólidos a manejar, los aditivos utilizados en la dispersión y las características abrasivas del carbonato de calcio.

Como información adicional recopilada, este proyecto tiene un costo de inversión (en pesos), en equipo y materiales de \$550,000.00, de construcción e instalación de \$300,000.00 y 2604 Horas Hombre (H-H) con un costo de \$150,000.00. Obteniendo un costo total del proyecto de \$1,000,000.00

Figura 1, Diagrama de Flujo. ref (6).

Proyecto PCC slurry 45 %



Corriente No.	1	2	3	4	5
Nombre de corriente.	PCC a filtro de vacío	Efluente filtro	PCC cake	PCC Slurry almacenamiento	PCC Slurry Venta
Carbonato de calcio	1500	0	1500	1500	1500
Agua	6000	4167	1833	1833	1833
Total (Kg/hr)	7500	4167	3333	3333	3333

3.2 Listado de actividades y diagrama de dependencias.

Con el listado previo de actividades se determina el listado definitivo de tareas o actividades su dependencia y su duración. Ver tabla 1.

Tabla 1

	Actividad	Precedencia	Duración(días)	(H-H)
A.-	Ingeniería Básica y de Detalle.	-	20	320
B.-	Diagramas Dibujos.	-	10	80
C.-	Localización de Equipo	A, B	2	32
D.-	Cimentaciones	C	15	480
E.-	Instalación y Construcción de Tanques.	D, L	20	800
F.-	Instalación de Tuberías y Bombas	E, L	8	256
G.-	Trabajos Eléctricos	F	8	192
H.-	Pruebas en Vacío	G	2	48
I.-	Pruebas con Carga	H	3	72
J.-	Arranque	I	2	48
K.-	Terminación	J	5	240
L.-	Procuramiento Equipo, Bombas Válvulas, tubería.	A,C	10 nacional 42 importación	12 24

Proyecto Carbonato de Calcio en Suspensión 45%

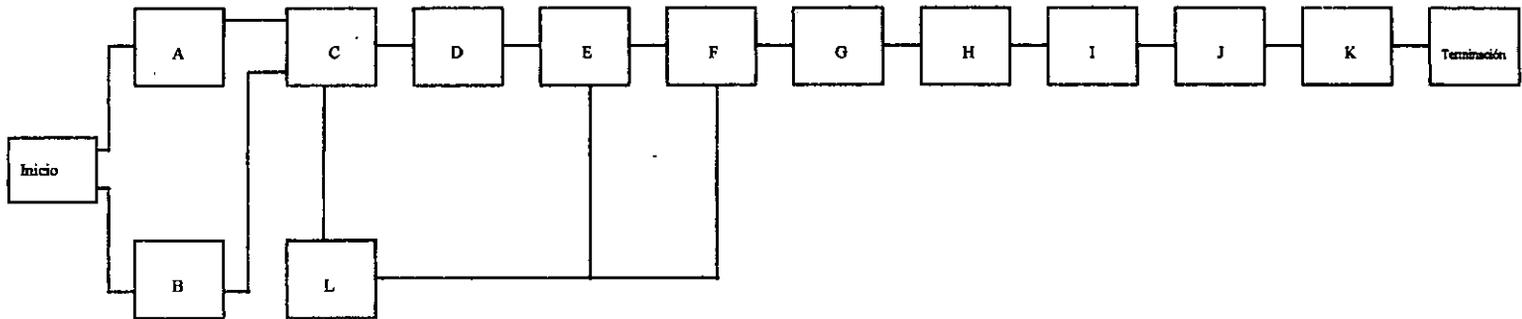


Figura 2, Diagrama de dependencias.

3.3 Deducción de la Ruta Crítica.

Se elabora un diagrama de dependencias. Ver Figura 2.

Siguiendo con la metodología de la Ruta Crítica se elabora el diagrama de flechas.

Ver figura 3.

Se numeran los nodos del digrama de flechas y se identifica la duración de cada actividad sobre las flechas. Ver figura 4.

Se determinan los tiempos más tempranos(Earliest time) para cada actividad y se identifican con recuadros en cada nodo del diagrama de flechas. Ver figura 5.

Se determinan los tiempos más tardíos(Latest time) para cada actividad y se identifican con círculos en cada nodo del diagrama de flechas. Ver figura 6.

Se calculan los tiempos de holgura para cada una de las actividades indicadas en el diagrama de flechas. Ver tabla 2.

Donde el tiempo de holgura = $LE - EB - AT$ (3).

LE = tiempo más tardío para finalizar(latest time)

EB = tiempo más temprano para el inicio(earliest time)

AT = duración de la actividad.

Y por último de la **tabla 2** se deduce que la Ruta Crítica es la serie de actividades **1-3-5-6-7-8-9-10-11** y con un mínimo total de **90 días** para completar el proyecto.

Se remarca la Ruta Crítica sobre el diagrama de flechas . Ver figura 7.

Para este problema la actividad crítica de mayor duración es la actividad indicada con la letra L y se refiere al procuramiento de equipo específicamente el caso más crítico son las bombas para manejo del Slurry ya que son de importación con tiempo de entrega de 6 semanas.

**ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA**

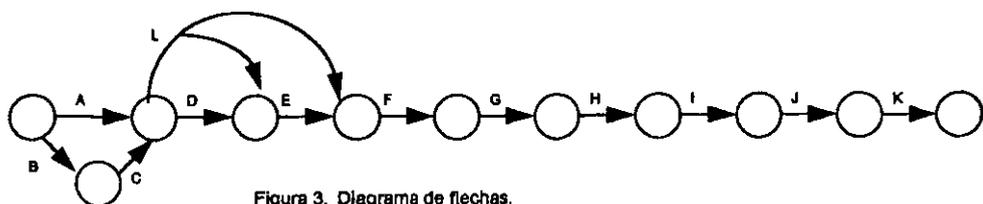


Figura 3, Diagrama de flechas.

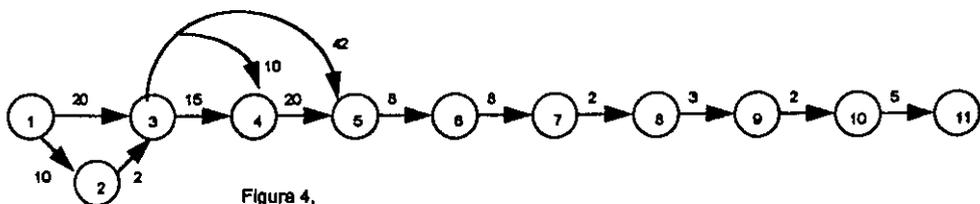


Figura 4,

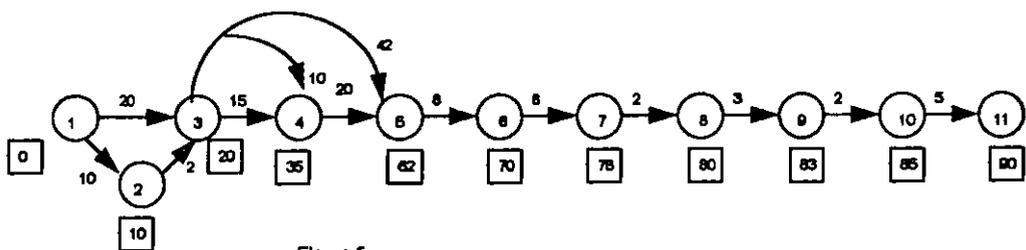


Figura 5,

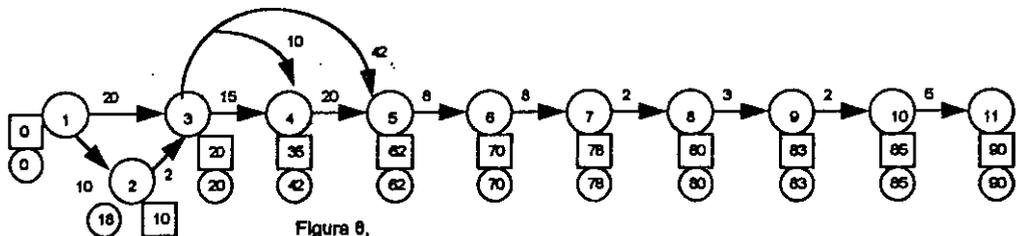


Figura 6,

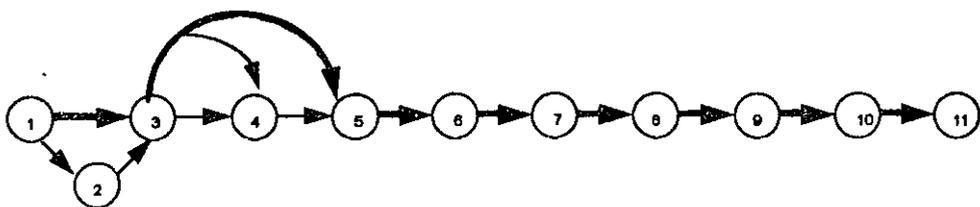


Figura 7.

Tabla 2

Actividad	LE	EB	AT	Tiempo de Holgura	en ruta crítica?
1-2	18	0	10	8	no
1-3	20	20	20	0	sí
2-3	20	10	2	8	no
3-4	42	20	15	7	no
3-5	62	20	42	0	sí
4-5	62	35	20	7	no
5-6	70	62	8	0	sí
6-7	78	70	8	0	sí
7-8	80	78	2	0	sí
8-9	83	80	3	0	sí
9-10	85	83	2	0	sí
10-11	90	85	5	0	sí

4.- Lineamientos generales de aplicación.

La base para la obtención de buenos resultados en la determinación de la ruta crítica consiste en la identificación y ordenamiento con suma precisión de la dependencia que existe entre las diferentes actividades involucradas con el proyecto, el juicio de expertos se convierte en elemento clave en esta tarea.

Ningun proyecto es tan complicado que no pueda ser desglosado en sus actividades o tareas principales, solo se requiere del tiempo necesario para esclarecer esta definición de dependencias, en la mayoría de los casos este tiempo es recuperado durante la ejecución del proyecto.

4.1 Manejo del gráfico de Gantt

El tiempo, los recursos, el costo y los entregables son elementos que requieren control. Estos son los parametros básicos del plan del proyecto. Todos los informes de control deben ser en terminos del plan actual. Sólo al comparar los resultados reales con el plan, se puede determinar si las expectativas esperadas se cumplirán.

La necesidad de controlar el proyecto se basa en el reconocimiento de que existen desviaciones potenciales que afectaran el desempeño planeado.

La causa primaria de estas desviaciones son los cambios de alcance o contenido de los objetivos del proyecto. Existen además cambios en el personal, supuestos que fueron inexactos, estimados incorrectos, errores, etc. Estas son algunas causas de desviaciones que si logramos identificar en forma temprana, nos ayudarán a realizar estimados más precisos, los cambios son inevitables. Ocurren en cualquier fase del proyecto. Se debe estar preparado para ellos e identificarlos

tan pronto como sea posible como por ejemplo en el gráfico de Gantt, la notificación temprana ayudará a minimizar los efectos negativos de los cambios al permitir tomar acciones correctivas a tiempo. El plan o gráfico de Gantt debe ajustarse a lo largo de la vida del proyecto para mantenerlo en forma sincronizada con lo que realmente esta sucediendo y para que sea una herramienta útil para predecir los resultados finales del proyecto.

Existen dos tipos de ajustes del plan, ajustes que muestran desviaciones a la línea base del plan y ajustes que reemplazan la línea base original por un nuevo ajuste.

La línea base debe cambiarse cuando ya no representa ninguna utilidad, típicamente cuando las desviaciones son tan dramáticas que ya no existe ninguna oportunidad de regresar al camino originalmente planeado. Mantener la línea base original en estos casos, podría incluso ser contraproducente, ya que nos estaría recordando constantemente ' Nunca podremos lograr el objetivo '.

Al cambiar la línea base, los ejecutores estarán motivados a trabajar para lograr metas realistas.

Cuando existe la posibilidad de regresar al plan original o de cumplir las metas iniciales, se debe mantener sin cambios la línea base y anotar las desviaciones del plan y el impacto que tienen en el proyecto, actuando así como un elemento motivador extra para mejorar el desempeño y cumplir con los objetivos.

4.2 El problema de los recursos humanos

Los principales recursos en un proyecto son:

Gente, materiales, equipo.

Por mucho los recursos con mayores retos para su manejo son los recursos humanos, el personal técnico, administrativo y de supervisión.

La administración de recursos humanos requiere de un entendimiento de qué motiva a las personas y cómo el estilo de administración puede afectar esta motivación.

No existe un único estilo "mejor" para administrar a las personas es responsabilidad del gerente o líder cumplir con una misión particular o alcanzar un objetivo dado por medio de planear, coordinar, supervisar, dirigir las actividades que desempeñan las personas utilizando recursos. Debe aplicarse un estilo de administración, dependiendo de la situación (tipo de gente, naturaleza y tiempo de la tarea, definición del trabajo, etc.). De hecho, se deben realizar ajustes en dicho estilo para cada individuo en particular.

La posición de la gerencia está asociada con el poder de crear efectos en otros. El gerente o líder del proyecto es la figura de autoridad, el individuo responsable para las decisiones. Se ha encontrado que el gerente que minimiza el uso de su autoridad y promueve la participación de su personal, logra mejores resultados. Las posiciones de poder tienen consigo la posibilidad de causar grandes efectos con pequeñas acciones, el gerente o líder tiene esa influencia y con ella, la responsabilidad de los resultados de sus acciones de cada una de las personas bajo su control.

Una meta del gerente del proyecto es crear un ambiente en que la gente esté motivada para alcanzar los objetivos. La motivación requiere que el gerente esté lo suficientemente enterado de por qué su gente hace lo que hace.

4.3 El flujo de efectivo

Finalmente recordemos que el fin del programa del proyecto es obtener la distribución de los recursos que proporcione la menor duración al costo más bajo mientras no se rebase el límite de los recursos. De manera explícita podemos decir que los objetivos primarios al programar son:

El mejor tiempo de realización del proyecto, al costo más bajo y el menor riesgo.

Como objetivos secundarios tenemos:

Estudio de alternativas, programación óptima, uso eficiente de los recursos, comunicación, refinamiento del proceso de estimación, facilitar el control del proyecto, facilitar las revisiones de tiempo y costo, pero estos objetivos se verán limitados por restricciones tales como:

Limitación de recursos

Restricciones de efectivo o Flujo de efectivo

Aprobaciones gerenciales.

Por lo que un buen gerente de proyectos continuamente está analizando las posibles perturbaciones que puede tener el programa, presupuesto y estar generando alternativas para minimizar el efecto de restricciones tales como el flujo de efectivo.

Conclusiones

Después de la realización de este trabajo se puede concluir lo siguiente:

El tiempo que tomará la realización del proyecto Carbonato de Calcio en Suspensión, será de un mínimo total de 90 días; de la Ruta Crítica obtenida la actividad crítica de mayor duración es el procuramiento de equipo por lo que la ejecución de esta actividad requiere la atención del líder del proyecto. Y tiene un costo de 2604 H-H \$150,000.00, en inversión en equipo y materiales de \$550,000.00, en instalación y construcción de \$300,000.00, con un costo total del proyecto de \$1,000,000.00

Todas las actividades en ruta crítica deben estar controladas para terminar con éxito los proyectos.

El método de la ruta crítica aplicado en la programación y control de proyectos es una herramienta útil y sencilla que permite determinar la fecha más temprana con la que puede terminarse un proyecto y por lo tanto, obtener la mejor programación de las actividades, facilitando también la identificación de los puntos específicos para el control (Plan de control) de las actividades críticas.

Con la mejor programación de las actividades se puede predecir también cuántos y cuáles son los recursos que se necesitan, cuánto costarán, por lo que se convierte en herramienta útil para el cálculo de costos y presupuestos.

La definición de la Ruta Crítica también ayuda a evaluar los posibles riesgos y estar preparados con planes alternos.

Bibliografía

- 1.- Project Management Institute, Inc.
Project Management Body of Knowledge, PMBOK Guide.
Pennsylvania USA (2000)
Pag. 4,6, 75 – 81, 198 – 200.
- 2.- Kerzner Harold.
Project Management.
Van Nostrand Reinhold.
Berea, ohio 1992.
Pag 664 – 703.
- 3.- J.O Osburn.
Critical Path Planning.
American Institute of Chemical Engineers
Modular Instruction Series, Modulo G3.4
Pag 31 – 67, University of Iowa, Iowa (1974)
- 4.- Thomas J. Ward.
Critical Path Techniques.
American Institute of Chemical Engineers
Modular Instruction Series, Modulo G3.3
Pag 21 – 65, Clarkson University, Postdam N.Y (1984).
- 5.- Jose Antonio Ortíz.
La Instrumentación del proyecto
Modulo 3, Diplomado en administración de proyectos.
Coordinación de Extensión Académica.
Educación Continua, sede Tacuba. México D.F (2001).
Pag. 4-8, 83-85, 127-139.
- 6.- Equipo del Proyecto PCC Slurry 45%.
Ingeniería Básica.
Liquid Química Mexicana, S.A de C.V.
Cuautitlan, Edo de México. (2001).