



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUÍMICA

"FUNCIONES ADMINISTRATIVAS APLICADAS A LA
EJECUCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES - PROCESO AEROBIO"

TÉSIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA

PRESENTA

MARÍA CRISTINA CASTELLANOS ROSAS



MÉXICO, D.F.

1997.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

31
2el.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

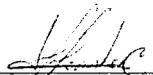
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE	PROF. ALEJANDRO ANAYA DURAND.
VOCAL	PROF. JESUS ARTURO BUTRON SILVA.
SECRETARIO	PROF. JUAN MARIO MORALES CABRERA.
1er. SUPLENTE	PROF. VICTOR MANUEL LUNA PABELLO.
2o. SUPLENTE	PROF. JOSE ALEJANDRO RAFAEL VEGA SANCHEZ.

Sitio donde se desarrolló el tema: Circuito Exterior, C.U.
Facultad de Química.



Asesor del tema
Prof. Juan Mario Morales Cabrera.



Sustentante
María Cristina Castellanos Rosas.

A mis padres.

Porque el éxito en mi vida es reflejo del cariño y apoyo que me han brindado.

A mis hermanos.

Porque en todo momento han estado presentes y se que tendré su cariño incondicionalmente.

Siempre serán un ejemplo a seguir.

A mis familiares.

Porque estoy convencida que la familia influye en la formación del individuo.

A mis amigos.

**Por todos los
momentos compartidos.**

**Al Ing. Juan
Mario Morales.**

**Porque su partici-
pación en este trabajo
ha sido primordial
siendo más que una
dirección... dando más
de lo que podría
esperar.**

A JCSA.

**Porque me han
demostrado interés,
preocupación y alegría
durante la realización
de este trabajo, dándole
la importancia que para
mi significa.**

Cristina

I N D I C E

CAPÍTULO:	PÁG.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES	4
3. ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	29
4. PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (P.T.A.R.) - PROCESO AEROBIO	85
5. CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (P. T. A. R.) - PROCESO AEROBIO	116
6. CONCLUSIÓN	135
7. APÉNDICE A	140
8. APÉNDICE B	142
9. APÉNDICE C	144
10. BIBLIOGRAFÍA	146

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

"Un proyecto es un conjunto de actividades que se desarrollan en un periodo de tiempo y con un presupuesto determinado para satisfacer una necesidad."

Con esta definición se infiere que un proyecto puede llevarse a cabo en cualquier ámbito (en el hogar, bancos, hospitales, escuelas, industrias, etc.) y efectivamente así es. Enfocando el término a la Ing. Química, un proyecto es, además de lo anterior, multidisciplinario y siempre debe ser orientado al beneficio de la sociedad. Al ser multidisciplinario el trabajo es más complejo, pues el director de proyecto debe coordinar a todo un equipo constituido por personas de diferentes especialidades, preparación, formas de trabajo y organización.

De aquí la importancia de la Administración de Proyectos, que si bien durante el estudio de la carrera de Ing. Química se logra apreciar, no es hasta tener la oportunidad de laborar en la ejecución de un proyecto real cuando se entiende en forma clara la importancia de la Administración de Proyectos como otra faceta en el desarrollo del ingeniero químico.

Este es uno de los motivos que origina la investigación de este tema, sin embargo adquirir conocimientos sin aplicarlos ni analizar las dificultades que pueden surgir, sería impráctico y abstracto. Por lo tanto, en el presente trabajo se

1. INTRODUCCION

analiza la Administración de Proyectos durante la ejecución de una Planta de Tratamiento de Agua Residual (P.T.A.R.).

Se eligió este tipo de proyecto por ser parte de la solución de uno de los problemas ecológicos que hoy en día se manifiestan con mas intensidad: la escasez del agua. Al formar parte de una sociedad, es conveniente no perder de vista los problemas que existen y tratar de contribuir, en la medida de nuestras posibilidades, en la solución de éstos.

Además de lo anterior, la realización de este trabajo tiene como objetivo motivar a los estudiantes de la licenciatura al estudio de los tratamientos de aguas residuales al describir brevemente éstos y proporcionar un panorama general de la Administración de Proyectos, en el que se describan las etapas que la componen, los posibles problemas y soluciones que pueden generarse durante la ejecución de un proyecto y transmitir la importancia de esta disciplina en la preparación de un ingeniero químico.

CAPÍTULO 2

TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

El agua es el recurso mas abundante en nuestro planeta. Sin embargo, la mayor parte está contenida en los océanos con una gran variedad de sales disueltas y en concentraciones relativamente altas que la hacen impropia para su empleo directo.

A nivel mundial, el agua dulce constituye sólo 2.5% del volumen total de agua, del cual, dos tercios se encuentran en los glaciares y el resto proviene de la atmósfera, manantiales, lagos, pantanos, ríos y la transpiración de las plantas.

En México la orografía y la precipitación pluvial son muy irregulares, dando lugar a que 52% del territorio sea semi-árido, 13% trópico-seco, 20% templado y 15% trópico-húmedo¹.

El problema de la escasez del agua se debe a que los procesos industriales de desalinización de agua de mar no son económicamente comparables con la captación del agua dulce. Si a esto añadimos que una vez utilizada se regresa a ríos y océanos *contaminada*, el problema se incrementa. Es decir que retorna con elementos ajenos, con características diferentes (olor, color, temperatura, etc.) o con composición diferente a la original, provocando efectos dañinos tanto a la flora como a la fauna acuáticas.

Por lo tanto, es necesario someter el agua a un proceso en el cual se disminuyan o eliminen los contaminantes. De esta forma no solo se evitan daños

ecológicos, sino también surge la opción de reusar el agua. Este proceso es conocido como Tratamiento de Aguas Residuales.

El tipo de tratamiento a utilizarse depende de la cantidad, tipo, características de los contaminantes presentes y del grado de purificación que se requiera para su reuso o para su desecho. Para cuantificar los contaminantes, se han establecido los siguientes parámetros:

- 1.Físicos
- 2.Químicos
- 3.Biológicos

PARÁMETROS FÍSICOS.

Los parámetros físicos son las características o propiedades que se pueden observar en ausencia de reacciones químicas.

La cantidad de sólidos totales en forma de materia en suspensión, disolución y coloidal es el parámetro físico mas importante. Cada una de estas formas depende del tamaño del soluto, la solubilidad y la miscibilidad y cada una se describe a continuación.

Tabla 2.1. Clasificación de las partículas según su tamaño.

	Tamaño de Partículas	
	μ	mm
Suspensión	mayor a 10000	mayor a 10^{-3}
Coloidal	10 a 10000	10^{-6} a 10^{-3}
Disolución	1 a 10	10^{-7} a 10^{-6}

SÓLIDOS TOTALES. El contenido de sólidos totales se define como la materia que queda como residuo después de la evaporación del agua entre 103 y 105°C. Los sólidos totales se presentan en suspensión, disolución o en forma coloidal.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS. Los sólidos forman una mezcla heterogénea en la que las partículas de soluto se separan de inmediato del disolvente después de mezclarlas. Son mayores a 1 micra.

Los sólidos en suspensión que pueden sedimentar en condiciones de reposo son los gruesos que tienen una gravedad específica mayor a la del agua. Generalmente, son partículas mayores a 10 micras.

SÓLIDOS COLOIDALES. En una mezcla coloidal las partículas dispersas son lo suficientemente pequeñas como para que no haya sedimentación, pero lo suficientemente grandes para conseguir que la mezcla sea turbia y origine la dispersión de la luz que la atraviese (10^{-3} a 1 micra).

SÓLIDOS DISUELTOS. Son las partículas que forman una mezcla homogénea y no se sedimentan. Su tamaño es de 10^{-4} a 10^{-3} micra.

Otros parámetros físicos son: temperatura, color, olor y turbiedad.

TEMPERATURA. El aumento o disminución de la temperatura en el agua, puede afectar a la fauna y flora acuáticas, a las reacciones químicas, a la velocidad de reacción y a la transferencia de gases.

COLOR. El color es causado por dos razones: (1) por la actividad de microorganismos anaerobios que descomponen la materia orgánica, es decir, los compuestos orgánicos son digeridos por las bacterias; (2) los desechos industriales pueden impartirle color a el agua.

OLOR. El olor es debido a los gases generados por la descomposición de la materia orgánica, pues se produce ácido sulfhídrico. Los microorganismos reducen los sulfatos a sulfuros.

Las aguas industriales pueden contener compuestos olorosos o que producen olor en el proceso del tratamiento.

TURBIEDAD. La turbiedad es generada por las partículas en suspensión, variable en tamaño, que interfieren con el paso de la luz a través del agua. La materia coloidal dispersa o absorbe la luz, evitando su transmisión.

PARÁMETROS QUÍMICOS.

Los parámetros químicos son las propiedades o características que se manifiestan cuando se presenta una reacción química, cuando hay un cambio en la composición química. Estos parámetros se dividen en orgánicos e inorgánicos.

Los compuestos inorgánicos presentes en el agua pueden ser: cloruros, fosfatos, nitratos, metales pesados, ácido sulfhídrico, etc.

Una manera indirecta de evaluar los compuestos inorgánicos es midiendo el pH del agua. El pH proporciona una forma apropiada de expresar la acidez y basicidad de disoluciones acuosas diluidas.

Los compuestos orgánicos presentes en el agua pueden ser de origen animal, vegetal o sintéticos. Los métodos más usuales para determinar indirectamente la cantidad de materia orgánica presente son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO). La demanda bioquímica de oxígeno es una prueba de laboratorio que simula el proceso microbiano de autopurificación. Esta prueba consiste en incubar durante cierto tiempo una muestra de agua residual. Se mide la concentración de oxígeno disuelto al inicio y al final de la prueba. La diferencia entre estas dos mediciones es la cantidad de oxígeno que fue consumida por los microorganismos al

metabolizar la carga orgánica de la muestra de agua residual. La carga orgánica que se metaboliza, será la que es biodegradable.

Generalmente, la demanda bioquímica de oxígeno se realiza a 20°C, P atmosférica, en la oscuridad y durante 5 días².

La DBO puede expresarse en g/m³ (gramos de oxígeno por metro cúbico de agua residual), mg/l o ppm. De esta forma se conoce la cantidad de oxígeno requerido para el tratamiento similar de un volumen normal de residuos.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO). Es la cantidad de oxígeno necesaria para que la materia orgánica se oxide químicamente. Esta cantidad se mide con un agente químico como el dicromato de potasio. La cantidad de materia orgánica oxidable es proporcional al dicromato de potasio consumido. Casi todas las sustancias orgánicas se oxidan en su totalidad por este procedimiento, con la excepción de ciertos compuestos aromáticos como la piridina, el benceno o el tolueno.

El valor de DQO, por lo tanto, da una idea del contenido orgánico total de un residuo, sea o no biodegradable y por lo tanto, la DQO siempre es mayor o igual que la DBO. La relación de DBO:DQO nos indica la proporción de las materias orgánicas presentes y que son biodegradables. Cuando la DBO se acerca mas al valor de la DQO se puede usar un proceso biológico para su tratamiento.

Tabla 2.2. Relación DBO₅ :DQO.

	DBO ₅ :DQO
No Biodegradable ³	0 : 1
Poco Biodegradable	> 0.5 : 1
Muy Biodegradable	1 : 1

PARÁMETROS BIOLÓGICOS.

Los parámetros biológicos se refieren a los microorganismos que se encuentran en el agua como son las bacterias, hongos, algas, parásitos, aerobios, anaerobios, facultativos, etc.. Comúnmente las aguas negras⁴ contienen organismos anaeróbicos, especialmente bacterias, hongos y virus.

Los microorganismos que son capaces de producir enfermedades a los seres vivos se conocen como patógenos.

TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Una vez que se han cuantificado los contaminantes, es necesario establecer si se requiere algún tratamiento para poderla descargar sin afectar al ambiente o para reutilizarla.

Para el primer caso, en México se han establecido normas y leyes referentes a la prevención y control de la contaminación ambiental. El Diario Oficial de la Federación publicó el 20 de Septiembre de 1991 la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-03191 que establece los límites máximos permisibles de los parámetros de los contaminantes, para las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal provenientes de la industria o de los servicios de reparación y mantenimiento automotriz y tratamiento de aguas residuales. (Ver Apéndice A)

Esta norma establece que no se deberán descargar o depositar en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal sustancias o residuos considerados peligrosos en las normas técnicas ecológicas correspondientes, sustancias sólidas o pastosas que puedan causar obstrucciones al flujo de dichos sistemas, así como los que puedan solidificarse, precipitarse o aumentar su viscosidad a temperaturas de entre 5 a 40°C o lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

La norma NTE-CCA-03191 se basa en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente publicada el 28 de Enero de 1988.

En el segundo caso, es fundamental saber el reuso al que será destinada el agua. Por ejemplo, después de un Tratamiento Primario puede usarse para una red contra incendio o para generar vapor de baja calidad; si se llega al Tratamiento Terciario se tiene agua potable o agua para usarse en un

laboratorio. Entre mas alto sea el grado de purificación, mas complejo es el proceso.

Se ha hablado de Tratamiento Primario y Terciario que son sólo dos de las cuatro etapas del Tratamiento de Aguas Residuales. Estas etapas son:

1. Pretratamiento
 2. Tratamiento Primario
 3. Tratamiento Secundario
 4. Tratamiento Terciario
- 
- grado de purificación

En la figura 2.1. se muestran algunos tipos de Tratamientos de Aguas Residuales.

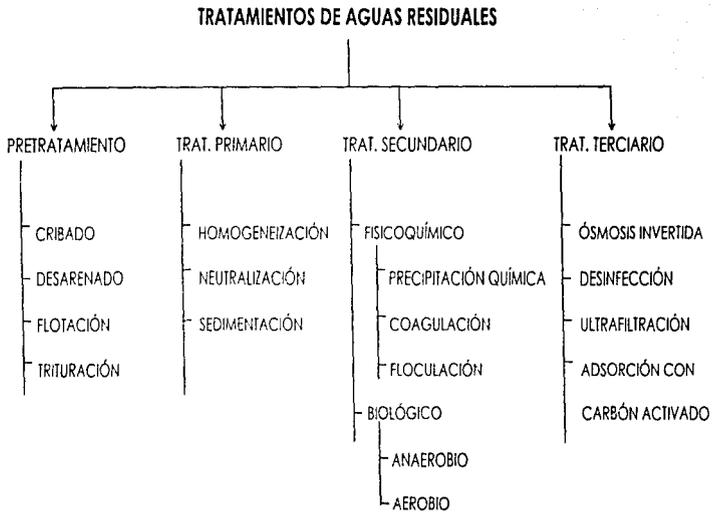


Fig 2.1. Principales tipos de Tratamientos de Aguas Residuales.

PRETRATAMIENTO.

Esta etapa se utiliza para evitar que existan varias fases y mantener un tamaño de partículas en el influente de la planta. Generalmente se instalan para disminuir la capacidad y el costo de las etapas siguientes. Fundamentalmente se eliminan los sólidos de tamaños considerables como basura y arena. Esto se realiza para que los sólidos no interfieran con el funcionamiento de los procesos posteriores o dañen el equipo sucesivo.

Las operaciones unitarias en el pretratamiento son:

- Cribado
- Desarenado
- Flotación
- Trituración

CRIBADO. Se usa para eliminar troncos, trapos, ramas, basura, etc. En general se emplean rejas y rejillas para retener los sólidos. La diferencia entre ambas es el tamaño de abertura entre las barras metálicas. En las rejas es de 5 a 10cm, mientras que en las rejillas es de 1.5 a 5 cm.

DESARENADO. Los desarenadores son grandes canales donde disminuye la velocidad del flujo (aprox. a 0.3 m/s), provocando que se depositen los sólidos pesados como arena, grava, ceniza, etc.

FLOTACIÓN. En el sistema de flotación suben a la superficie del líquido de un tanque los sólidos en suspensión, aceites y grasas, quedando en forma de natas para su posterior remoción.

TRITURACIÓN. El objetivo de la trituración es producir pequeñas partículas a partir de otras mas grandes. A veces, el material retenido en el cribado se tritura sin eliminarlo del agua residual, o bien no puede ser desechado directamente al drenaje, por lo que se tiene que triturar.

TRATAMIENTO PRIMARIO.

El objetivo de esta etapa es disminuir el contenido de sólidos y lograr las condiciones adecuadas para el tratamiento secundario. Los procesos que se emplean son:

- Homogeneización
- Neutralización
- Sedimentación

HOMOGENEIZACIÓN. La homogeneización permite uniformar las condiciones fisicoquímicas (pH, temperatura, etc.), disminuir las variaciones de flujo de varias descargas y obtener un flujo relativamente constante. Esta operación se realiza en tanques de retención.

NEUTRALIZACIÓN. Es importante neutralizar el agua antes de descargarla a sistemas de drenaje, a cuerpos de agua receptores (para evitar el deterioro de la vida acuática) y antes de tratamientos secundarios, pues la variación de pH afecta estos procesos.

SEDIMENTACIÓN. Este proceso se basa en la diferencia de gravedad específica entre el material sedimentable y el agua. Las partículas suspendidas más pesadas que el agua se separan por la acción de la gravedad o por la agregación natural de las partículas.

En el Pretratamiento y Tratamiento Primario se eliminan los sólidos pesados y sedimentables por medio de procesos físicos. El efluente del Tratamiento Primario aun contiene sólidos suspendidos (1 a 10 μ), disueltos o coloidales. Cuando es necesario removerlos se continua con el Tratamiento Secundario.

TRATAMIENTO SECUNDARIO.

El Tratamiento Secundario consta de procesos químicos o biológicos capaces de eliminar los sólidos que aun contiene el agua residual. Estos procesos se agrupan en *fisicoquímicos* y *biológicos*.

TRAT. FISICOQUÍMICO. El tratamiento fisicoquímico favorece la sedimentación de la materia en suspensión, en disolución o materia coloidal por medio de reactivos químicos. En este proceso se involucran las operaciones unitarias de Precipitación Química, Coagulación, Floculación y Sedimentación o Filtración.

PRECIPITACIÓN QUÍMICA. En esta operación unitaria se eliminan las sustancias disueltas en el agua. Para ello se adicionan reactivos químicos que al solubilizarse en el agua, sus iones reaccionan con los iones ya existentes formando precipitados⁵.

COAGULACIÓN. La coagulación es utilizada para eliminar sólidos en estado coloidal. Esto se lleva a cabo por medio de compuestos químicos que son adicionados al agua residual para que reaccionen con las partículas en suspensión y propicien su unión para formar aglomerados.

FLOCULACION. El objetivo de la floculación es aumentar el contacto entre las partículas finas en la coagulación, por medio de sustancias químicas, para formar flóculos, los cuales sedimentan con mayor facilidad.

La floculación se ve favorecida por la agitación moderada del agua residual. Si la agitación es demasiado rápida, los flóculos se rompen.

Los floculantes pueden ser de origen natural o sintético, orgánicos e inorgánicos.

TRAT. BIOLÓGICO. En el tratamiento biológico la materia orgánica disuelta y en estado coloidal es utilizada por los microorganismos para su metabolismo y generación de células nuevas; las células viejas mueren depositándose en el fondo. En estos sistemas cada microorganismo tiene su propia curva de crecimiento, la cual depende de las condiciones del sistema tales como pH, temperatura, aereación o anaerobiosis y disposición de nutrientes. Los tratamientos biológicos se dividen en:

- Trat. Anaerobio
- Trat. Aerobio

TRAT. ANAEROBIO. La materia orgánica y/o inorgánica es degradada por medio de microorganismos en ausencia de oxígeno, principalmente bacterias. En la degradación de la materia orgánica se produce una mezcla de gas llamada biogas, compuesta de metano (60-70%), bióxido de carbono (30-40%) y trazas de ácido sulfhídrico e hidrógeno. El proceso anaerobio se resume en dos etapas:

- a) Acidogénesis
- b) Metanogénesis

En la primera etapa la materia orgánica se hidroliza y los compuestos orgánicos complejos se transforman en ácidos orgánicos simples, de los cuales los más comunes son ácido acético y ácido propiónico. La degradación se lleva a cabo por bacterias facultativas^a y anaerobias.

En la segunda etapa, los ácidos formados en la primera son metabolizados por las bacterias metanogénicas, produciendo metano y bióxido de carbono. Las bacterias que intervienen en esta etapa son anaerobias.

TRAT. AEROBIO. Se lleva a cabo por microorganismos aerobios y/o facultativos, es decir, se desarrollan en presencia de oxígeno degradando la

materia orgánica en compuestos más estables. Algunos procesos aerobios son los siguientes:

- a) Lodos Activados
- b) Lagunas de Estabilización
- c) Biodisco

a) Lodos Activados. Se ponen en contacto los flóculos biológicos suspendidos en tanques de aereación con sistema de sedimentación secundario anexo. Los lodos o flóculos maduros se recirculan para mantener una "siembra" de microorganismos adaptados (lodos activados), en el tanque. El oxígeno se suministra por aire inyectado a presión o por aereación mecánica.

En este sistema, el agua residual llega al tanque de aereación y permanece bajo un flujo turbulento durante un tiempo de retención adecuado para la degradación de la materia orgánica hasta un nivel fijado por el diseño del proceso. El efluente se envía a un sedimentador, donde se separa el agua clarificada de los lodos formados por los microorganismos sedimentados. Después de que el sistema ha alcanzado un estado estable, una parte de los lodos sedimentados y maduros debe desecharse y la otra es recirculada para mantener una concentración óptima de lodos o flóculos suspendidos.

b) Lagunas de Estabilización. Son depósitos naturales o artificiales de tierra, en los cuales se lleva a cabo la biodegradación de la materia orgánica mediante la actividad metabólica de bacterias y algas. Las lagunas de estabilización pueden ser, entre otras:

- Lagunas aerobias o fotosintéticas. La materia orgánica es degradada y estabilizada por medio de poblaciones microbianas con oxígeno abastecido por la acción fotosintética de las algas por la transferencia superficial del aire en la laguna. Son de poca profundidad (1- 2 pies) para poder mantener un sistema aerobio en ellas.
- Lagunas facultativas. Se desarrolla un medio hetero-aeróbico, en donde las sustancias orgánicas son degradadas por poblaciones facultativamente aeróbicas y anaeróbicas, causado por cambios cíclicos y estacionales durante la fotosíntesis. Estas lagunas son mas profundas que las fotosintéticas, así en la parte inferior se tiene una zona anaeróbica y en la superficie una zona aeróbica.

c) Biodisco. Es un tratamiento combinado de crecimiento estacionario de biomasa llamado biofilm y de lodos activados o flóculos. Consiste de celdas de plástico insertadas dentro de un tubo o carcasa, colocados en la periferia de una rueda de acero que es sostenida por un eje sumergido dentro de la cámara de contacto. La rueda permanece sumergida en el agua residual en un 75% y las

rotaciones del sistema pueden controlarse en forma manual o automática, con el fin de mantener en óptimas condiciones el nivel de oxígeno disuelto.

El tratamiento ocurre por el crecimiento de microorganismos dentro de las celdas, en la superficie del tubo y en forma suspendida dentro de la cámara de contacto. El oxígeno llega a los microorganismos por compresión del aire que es atrapado al girar el tubo y es liberado burbujeando dentro de la cámara de suspensión al mismo tiempo que agita y homogeneiza los lodos. El biofilm se oxigena directamente cuando sale a la superficie.

TRATAMIENTO TERCIARIO.

Se recurre a esta etapa cuando se requiere obtener un mayor grado de calidad del agua. Los procesos mas comunes de esta etapa son:

- Ósmosis Invertida
- Desinfección
- Ultrafiltración
- Adsorción con Carbón Activado

ÓSMOSIS INVERTIDA. Es un tratamiento donde el influente contaminado se pone en contacto con una membrana semipermeable a una presión que exceda a la presión osmótica de la solución. Bajo estas condiciones, el agua penetra en la membrana. Los contaminantes disueltos se concentran en el compartimiento del agua de desecho. Este concentrado, que corresponde a una pequeña cantidad del volumen total de agua residual a tratar, se desecha. El agua purificada se obtiene en el otro compartimiento.

DESINFECCIÓN. La desinfección se refiere a la destrucción selectiva de los organismos patógenos. En general, en la desinfección se emplean agentes químicos, agentes físicos y radiación.

Los agentes químicos que se han utilizado son: alcoholes, iodo, cloro y sus compuestos, bromo, ozono, compuestos cuaternarios de amonio, peróxido de hidrógeno y varios álcalis y ácidos.

Como desinfectantes físicos se tiene el calor y la luz, particularmente la radiación ultravioleta. Calentando el agua hasta su punto de ebullición se pueden eliminar bacterias patógenas.

Por último, los principales tipos de radiación son: electromagnética, acústica y de partículas. Los rayos gamma emitidos por radioisótopos, como el cobalto 60, tienen una fuerte penetración, y se han usado para esterilizar agua y aguas residuales.

ULTRAFILTRACIÓN. Semejante a la ósmosis inversa, la ultrafiltración es un proceso de membrana, impulsado por la presión, para la separación de los componentes de una solución, con base en el tamaño y la forma de la molécula. Bajo una diferencia de presión aplicada a una membrana de ultrafiltración, el disolvente y las especies pequeñas de soluto pasan a través de la membrana y se recogen en el infiltrado, en tanto que las especies más grandes de soluto que quedan en la membrana se recuperan como un concentrado retenido. Los solutos o los materiales a separar son por lo general macromoléculas (proteínas, polímeros, almidones, gomas naturales, enzimas, etc.), coloides (arcillas, pigmentos, minerales, microorganismos, etc.) y emulsiones (emulsiones de grasa en detergente y aceite en agua).

ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO. La adsorción es la concentración de un soluto en la superficie de un sólido. Este fenómeno tiene lugar cuando una superficie se pone en contacto con una solución. Una capa de moléculas del soluto se acumula en la superficie del sólido debido a fuerzas superficiales desbalanceadas.

En el interior del sólido las moléculas están completamente rodeadas por moléculas similares y por lo tanto están sujetas a fuerzas balanceadas. Las moléculas de la superficie están sujetas a fuerzas desbalanceadas y debido a que estas fuerzas residuales son suficientemente fuertes, pueden aprisionar moléculas de un soluto que esté en contacto con el sólido.

La capacidad de la adsorción está directamente relacionada con el tamaño de la superficie del adsorbente, esto es, entre mayor superficie mas fuerzas residuales desbalanceadas disponibles habrán para la adsorción. Los compuestos orgánicos se queman y el carbón activado se restablece básicamente a su capacidad inicial de adsorción.

Como puede observarse, los procesos que se emplean son mas complejos y son métodos químicos. Comúnmente se aplican para remover sustancias inorgánicas disueltas como metales pesados y sales minerales.

Para seleccionar el proceso que mejor convenga para tratar el agua residual, son necesarios varios análisis donde se evalúen los parámetros de calidad del agua, así como de pruebas de tratabilidad.

N O T A S

¹ REFORMA. Diario. Marzo 22, 1996. México, D.F.

² DBO₅ es la demanda bioquímica de oxígeno realizada durante 5 días.

³ En este caso se tiene agua tóxica.

⁴ Se le llaman Aguas Negras a las aguas residuales generadas en zonas habitacionales y comerciales y que no han sido utilizadas con fines industriales, agrícolas o pecuarios.

⁵ Un sólido que se forma en el seno de una solución como resultado de una reacción química se conoce como precipitado.

⁶ Se le llaman bacterias facultativas a las bacterias capaces de cambiar su metabolismo de manera que pueden crecer en presencia o ausencia de oxígeno.

⁷ La diferencia entre desinfección y esterilización es que en la primera existe una destrucción selectiva de los organismos patógenos y en la esterilización se destruyen todos los organismos presentes en el agua.

CAPÍTULO 3

ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

La Administración de Proyectos es una herramienta utilizada por diferentes organizaciones (industrias, bancos, hospitales, etc.) con el único propósito de obtener un mejor control y hacer mejor uso de los recursos existentes.

Un proyecto es un conjunto de actividades que tienen un objetivo determinado para lograrse con ciertas especificaciones, deben llevarse a cabo en un periodo de tiempo y con un presupuesto determinado, pues siempre se consumen recursos materiales y humanos. En general, se caracteriza por tener:

A) **OBJETIVO**. Es la finalidad por la cual se realiza el proyecto y debe ser clara para todo el equipo de trabajo, evitando las confusiones. El propósito del proyecto surge de acuerdo a las necesidades que se presentan en una sociedad, siempre por el beneficio y progreso de la misma.

B) **CICLO DE VIDA**. Como todas las actividades, un proyecto tiene un inicio y un final, un ciclo de vida. Principalmente este puede dividirse en 3 etapas, las cuales se describen a continuación y se muestran en la figura 3.1.

- **Concepción**.- Esta etapa se caracteriza por reflejar un avance relativamente lento, pues al inicio se invierte tiempo en establecer el equipo

de trabajo y fundamentalmente en definir los lineamientos del proyecto, las especificaciones y en aclarar dudas al respecto.

- **Desarrollo.-** Una vez que se ha concebido el proyecto, el trabajo se incrementa rápidamente debido a que ya se sabe cual es la meta. En esta etapa se percibe el mayor avance.
- **Terminación.-** Cuando se han realizado la mayoría de las labores, solo resta por llevar a cabo actividades menores tales como acabados y pruebas. Por lo tanto, hacia el final decrece la actividad y se aprecia un final lento.

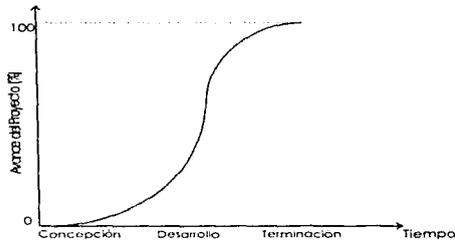


Fig. 3.1. Ciclo de Vida de un proyecto

A través del ciclo de vida de un proyecto siempre debe tomarse en cuenta el alcance, el tiempo y el costo. Estas tres variables están relacionadas entre sí; por ejemplo, utilizar la tecnología más avanzada puede disminuir el tiempo de desarrollo pero incrementar el costo. Entonces, al mismo tiempo que

se define la tecnología, se establece el programa y se prepara un estimado del costo.

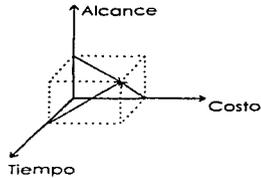


Fig. 3.2. Relación entre Tiempo, Costo y Alcance.

Algunos autores manejan los términos alcance y calidad indistintamente. Sin embargo, se puede hacer una distinción entre ambos. El primero define los límites del trabajo. La calidad del proyecto es la forma de como se llega a cumplir con el propósito previamente establecido, es decir la tecnología utilizada y los servicios proporcionados. Esto es: la atención al cliente; prontitud de respuestas, presentación de exposiciones, memorias de cálculo y planos; tecnología; equipo de cómputo, herramienta; organización; elaboración de normas y procedimientos de trabajo.

C) SINGULARIDAD. A pesar de la similitud de un proyecto a otro(s) tendrá ciertos elementos que lo distinguirán y serán particulares. La presencia de riesgo es una característica que significa que un proyecto, por su naturaleza, no puede ser completamente reducido a una rutina.

D) **CONFLICTO.** El director de proyecto vive en un mundo caracterizado por conflictos. Esto es consecuencia de que el proyecto debe realizarse en un período de tiempo, bajo un presupuesto restringido y con ciertas especificaciones. Además debe integrar todo un equipo de trabajo constituido por diferentes disciplinas, personas con diferente preparación, formas de trabajo y organización.

E) **ORGANIZACIÓN.** Otra característica de un proyecto es que debe desarrollar una organización que de tipo temporal. En algunas ocasiones esta organización se disuelve cuando el proyecto concluye, dependiendo de la estructura de la empresa y del tamaño del proyecto. Mas adelante se describen diferentes estructuras organizacionales.

Para el desarrollo de un proyecto industrial es necesario realizar un gran número de actividades las cuales pueden ser agrupadas en las siguientes etapas:

Selección del Proceso Cuando se tengan disponibles procesos diferentes para elaborar un mismo producto, es necesario seleccionar el proceso adecuado de acuerdo a las necesidades y limitaciones técnicas y económicas de la compañía.

Adquisición de Tecnología Si el proceso seleccionado ha sido desarrollado en alguna parte del mundo y se tiene la posibilidad de adquirir la licencia para utilizarlo, entonces se deben realizar los trámites apropiados para la adquisición de la tecnología. En caso de que no exista un proceso adecuado se recurre a la investigación para desarrollar la tecnología conveniente.

Estudios de Preinversión Para conocer si se obtendrán utilidades económicas al realizar el proyecto y por lo tanto si es justificable, se realizan Estudios de Mercado, Estudios de Factibilidad Económica y Estimaciones del Costo.

Ingeniería Básica La Ingeniería Básica es el conjunto de actividades encaminadas para diseñar las etapas, establecer la secuencia óptima de ellas y definir los equipos necesarios así como sus principales condiciones de operación, para transformar la materia prima en productos, además de establecer la secuencia de dichas modificaciones.

Ingeniería de Detalle Durante la Ingeniería Básica se da la información necesaria para saber cómo se va a elaborar el producto deseado, mientras que en la Ingeniería de Detalle se genera la información necesaria para construir e instalar la planta.

La Ingeniería Básica presenta información general de los equipos principales, mientras que en la Ingeniería de Detalle se elaboran los diseños completos de todos los equipos involucrados así como sus especificaciones.

Procuración. Cuando se han especificado los equipos y definido los materiales que se requieren en el proyecto se procede a su adquisición. Generalmente las actividades que integran esta etapa del proyecto se efectúan casi simultáneamente con la Ingeniería de Detalle.

Construcción. La información utilizada para la construcción proviene principalmente de la Ingeniería de Detalle. Esta información es presentada en diagramas, planos y otros documentos de diseño como lista de materiales, lista de equipo, especificaciones, etc.

Instalación de Equipo, Materiales e Instrumentos. Simultáneamente a la construcción, se instala el equipo pesado y parte del sistema eléctrico. Los instrumentos y controles eléctricos se instalan una vez que la construcción a finalizado.

Pruebas y Arranque: Con esta etapa se culmina la ejecución del proyecto. Después de la construcción e instalación, se verifica el correcto funcionamiento del proceso, para lo cual se prueban todos los componentes del proceso. Por último se arranca el proceso y se efectúan corridas con materia prima para comprobar la calidad del producto.

Un proyecto puede o no pasar por todas las etapas señaladas, dependiendo del estado en que se encuentre el conocimiento de las variables que intervienen en el momento en que se aprueba.

DIVERSOS ENFOQUES DEL ANÁLISIS ADMINISTRATIVO.

A través del tiempo se han generado diversos enfoques para el análisis de la Administración. Los diversos enfoques para la Administración han sido clasificados de acuerdo a las siguientes categorías: Enfoque Empírico;

ENFOQUE EMPÍRICO.

El enfoque empírico analiza la Administración a través de un estudio de la experiencia, siendo un instrumento para transferir conocimientos al estudiante. Este enfoque se basa en la premisa de que a través del estudio de los aciertos y errores de los administradores en casos individuales, y de los planteamientos que

sugieren para la resolución de problemas específicos, los estudiantes y practicantes llegarán a entender y a aprender a aplicar técnicas efectivas en situaciones comparables.

ENFOQUE DE COMPORTAMIENTO INTERPERSONAL.

Este análisis se basa en la tesis de que el administrar involucra realizar las tareas, con y mediante individuos; por lo tanto, su estudio debería centrarse sobre las relaciones interpersonales. Es decir, este enfoque se concentra sobre el aspecto humano de la Administración y sobre el principio de que cuando se trabaja para alcanzar objetivos de grupo, las personas deben comprenderse. Los teóricos de esta área están principalmente orientados hacia la psicología del individuo.

ENFOQUE DE TEORÍA DE DECISIÓN.

Este enfoque se basa en la decisión racional, la selección, entre varias alternativas posibles, de un curso de acción. Se considera que la Administración se caracteriza por la toma de decisiones, el desarrollo futuro de la teoría de la Administración empleará a la decisión como un foco central, y que el resto de la teoría administrativa dependerá de este centro estructural.

ENFOQUE MATEMÁTICO O DE CIENCIA DE LA ADMINISTRACIÓN.

La base de este enfoque es que si la Administración es un proceso lógico entonces puede ser expresado mediante símbolos y relaciones matemáticas. El eje de este análisis es el modelo, puesto que a través de este instrumento el problema se expresa en sus relaciones básicas y en términos de metas seleccionadas. Este enfoque principalmente se aplica en la toma de decisiones.

ENFOQUE SISTÉMICO.

En este caso se consideran a las entidades como sistema y subsistemas así como al tratamiento de los conceptos, teorías y técnicas administrativas. Los principales conceptos incluidos en la teoría de sistemas pueden ser resumidos de la siguiente manera:

a. El entero no es tan sólo una suma de las partes, puesto que el sistema puede ser visualizado como una totalidad.

b. Los sistemas pueden ser considerados como abiertos o cerrados. En el primero se intercambia información, energía o material con su medio ambiente. Se considera un sistema cerrado si no tiene tales interacciones con su medio.

c. Los sistemas físicos cerrados están sujetos a entropía -tendencia al agotamiento o debilitamiento de un sistema-. los sistemas abiertos, debido a que recibe insumos de su ambiente, no sufren esta condición si estos insumos son cuando menos tan grandes como la energía que los sistemas consumen para lo que producen.

d. Un sistema abierto debe al menos alcanzar un estado en el cual consume suficientes insumos de su medio para compensar sus productos mas la energía y materiales usados en la operación del sistema; es decir, alcanzar un estado de homeostasis (equilibrio).

e. Si un sistema ha de alcanzar una homeostasis, debe tener retroalimentación, información que indique si el sistema está alcanzando este estado o no.

FUNCIONES ADMINISTRATIVAS.

La Administración se puede definir como el proceso de coordinación eficaz² y eficiente³ de los recursos de un grupo social para lograr sus objetivos con la máxima productividad⁴. El proceso administrativo se divide en 4 etapas⁵, y son:

1. PLANEACIÓN
2. ORGANIZACIÓN
3. DIRECCIÓN
4. CONTROL

PLANEACIÓN.

• La planeación es la fase inicial del proceso administrativo y es la actividad en la que se definen los objetivos del proyecto y las posibles alternativas para

lograrlos. En esta etapa se debe plantear lo que se realizará: ¿qué se va a hacer? o ¿cuál es el alcance del proyecto?. También se establecen las acciones para alcanzar los objetivos y la secuencia de cada actividad; ¿cómo hacerlo? y ¿cuándo hacerlo?.

La planeación trata de prever situaciones futuras y de anticipar hechos inciertos, prepararse para contingencias y trazar actividades futuras. Es difícil predecir exactamente el futuro, pues hay diversos factores externos que pueden afectar los planes, sin embargo, sin planeación los eventos quedan sometidos al azar y no hay forma de saber si se va en la dirección correcta.

La planeación debe ser:

- A. Factible.- lo que se planea debe ser realizable, no demasiado ambicioso u optimista que sea imposible de lograrse.

- B. Objetiva y cuantificable.- es necesario basarse en datos reales y nunca en opiniones subjetivas o especulaciones. La planeación será más confiable en tanto que pueda ser cuantificable: expresada en tiempo, dinero, etc.

- C. Flexible.- es conveniente establecer márgenes de holgura que permitan afrontar situaciones imprevistas, y que proporcionen nuevos cursos de acción que se ajusten fácilmente a las condiciones.

Un plan abarca cualquier curso de acción futura y principalmente se divide en propósitos o misiones, objetivos, estrategias, políticas, procedimientos, reglas, programas y presupuestos.

Propósitos o Misiones.

La misión o el propósito identifica la función o tarea básica de una empresa o de cualquier parte de ella. En todo sistema social, las empresas tienen una función o tarea básica que la sociedad les asigna. Por lo general, el propósito de ellas es la producción y distribución de bienes y servicios.

Objetivos.

Los objetivos son los fines hacia los cuales se dirige una actividad. En el caso de un proyecto en la descripción del objetivo debe establecerse con toda claridad y exactitud que etapas, actividades y documentos lo integran, así como las especificaciones que se necesitan cumplir.

No se puede administrar y realizar eficientemente algo que no se conoce en detalle todo lo que abarca.

Estrategias.

La estrategia es un curso de acción general o alternativa, que muestra la dirección y el empleo general de recursos y esfuerzos de que dispone una empresa para alcanzar sus objetivos. No tratan de delinear exactamente como

se deben ejecutar las acciones, sino de establecer las directrices para tomar decisiones en presencia de obstáculos.

Políticas.

Las políticas guían o canalizan el pensamiento y la acción en la toma de decisiones de los subalternos. Con el establecimiento de políticas se delimita un área dentro de la cual se debe decidir y así se asegura que las decisiones sean consistentes y contribuyan al logro de las metas.

Las políticas deben tener cierta flexibilidad, de lo contrario serían reglas.

Procedimientos.

Los procedimientos establecen un método habitual de manejar actividades futuras. Son guías de acción más bien que de pensamiento, que detallan en forma exacta bajo la cual ciertas actividades deben cumplirse. Normalmente los procedimientos en una empresa son departamentales.

Reglas.

Las reglas describen con claridad las acciones específicas requeridas o las que no se deben llevar a cabo, sin permitir libertad de acción. La diferencia entre las reglas y los procedimientos es que éstas guían la acción sin especificar un orden de tiempo. El procedimiento se puede considerar como una serie de reglas. Sin embargo, una regla puede o no formar parte de un procedimiento.

Programas.

Un programa es un conjunto de objetivos, procedimientos, reglas, asignaciones de tarea, pasos a seguir y/o recursos a emplear con una secuencia cronológica de las acciones necesarias para lograr el alcance del proyecto.

La programación se efectúa partiendo de lo general a lo particular y se elabora en diferentes niveles de desglose del trabajo, con el propósito de que cada grupo que participa en el proyecto sepa con precisión qué hacer y cuándo hacerlo. Es importante que sea integrable, para que en cualquier nivel se pueda evaluar el avance de lo realizado en función del trabajo programado.

Presupuestos.

Un presupuesto es una declaración de los resultados que se esperan obtener expresados en términos numéricos. El presupuesto se puede expresar en horas-hombre (H-H), unidades de producto, horas-máquina o en cualquier otro término numéricamente mensurable.

El presupuesto se elabora partiendo de lo particular a lo general. Por ejemplo, si se utilizan las H-H para realizar el presupuesto, se estiman las H-H por documento, y se van agrupando hasta tener un solo valor para todo el proyecto. Este resultado se convierte en términos monetarios multiplicando las H-H totales del proyecto por el costo por cada H-H.

$$[H-H]_{\text{Prov}} \times [\$/H-H] = \text{Presupuesto } (\$)$$

PRINCIPIOS BÁSICOS DE PLANEACIÓN.

Existen cuatro principios que ayudan a desarrollar el proceso de planeación y son:

1. Principio del Factor Limitante. "Al seleccionar entre alternativas, cuanto mayor sea la precisión con que las personas puedan reconocer y eliminar aquellos factores limitantes o críticos para el logro de la meta deseada, con más facilidad y exactitud podrán seleccionar la alternativa correcta."
2. Principio del Compromiso. "La planeación lógica debe abarcar un periodo futuro indispensable para pronosticar lo mejor posible, mediante una serie de acciones, el cumplimiento de los compromisos que intervienen en la decisión tomada hoy."
3. Principio de la Flexibilidad. "Al incluir la flexibilidad en los planes disminuirá el peligro de pérdidas debidas a acontecimientos inesperados, pero se debe ponderar el costo de la flexibilidad contra sus ventajas."
4. Principio del Cambio de Rumbo. "Cuanto más comprometan las decisiones de planeación a las personas a seguir una ruta futura, más importante será verificar periódicamente los acontecimientos y las

expectativas y rediseñar los planes para mantener el curso hacia una meta deseada".

Por consiguiente, la planeación es la única manera de enfocar la atención hacia ciertos resultados, elimina la incertidumbre y proporciona las normas de control.

ORGANIZACIÓN.

Una vez que se han definido los planes necesarios, la siguiente fase del proceso administrativo es la Organización. Organizar es agrupar actividades comunes y asignar responsables para la ejecución adecuada de éstas. La estructura de la organización debe diseñarse de tal manera que aclare quien tiene que hacer determinadas tareas y quien es el responsable de ciertos resultados, lo cual elimina confusiones e incertidumbre en la asignación de actividades y proporciona redes de toma de decisiones y de comunicación que reflejan y respaldan los objetivos del proyecto.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ORGANIZACIÓN.

En el proceso de organización existen tres principios administrativos que sirven de base para el desarrollo de las distintas estructuras de organización y son:

1. Principio de Facilitación de la Consecución de los Objetivos. "Se considera eficiente una estructura de organización cuando facilita la consecución de los objetivos de la organización. Cualesquiera que sean, éstos se deben alcanzar dentro del marco estructural de la organización. En el análisis final se deben evaluar la estructura y las actividades

operacionales resultantes de la organización, sirviendo de medida el criterio de eficacia en alcanzar estos objetivos establecidos."

2. Principio de Eficiencia de Operación. "Una estructura de organización es eficiente si facilita la consecución de los objetivos con costos mínimos. Una estructura eficiente de organización opera sin desperdiciar sus recursos escasos; permite la máxima utilización de sus talentos humanos; tienen líneas bien definidas de obligación, autoridad y responsabilidad, y ofrece medios para la superación personal."
3. Principio de Similitud Funcional. "Los trabajos se definen agrupando funciones similares en asignaciones de trabajo individuales. El objeto de agrupar funciones semejantes es encomendar trabajos específicos a personal poseedor de la capacidad que se requiere para que se puedan alcanzar los objetivos de la organización."

ESTRUCTURAS DE ORGANIZACIÓN.

Las soluciones organizacionales que adoptan los proyectos difieren básicamente en los siguientes elementos:

- Nivel jerárquico del proyecto en relación a la organización permanente.
- Grado de dependencia de los servicios de las unidades funcionales permanentes y forma de interrelacionarse con ellas.

- Grado de participación de organizaciones de terceros y forma de interrelacionarse con ellas.

Las diferentes organizaciones para la administración de proyectos pueden clasificarse de acuerdo a sus características en los tipos que a continuación se mencionan.

Organización:

1. Ejecución Directa por la Unidad Usaria.
2. Por Coordinación.
3. Funcional o Departamental.
4. Por Tareas o "Task-Force".
5. Matricial.

Organización de Ejecución Directa por la Unidad Usaria.

El usuario directo, gerente o jefe de línea, administra un proyecto rutinario, de corta duración y de monto reducido dentro de su área funcional. La inversión consiste, generalmente, en el reemplazo de alguna máquina del proceso o en equipo móvil. Dado que el trabajo es conocido por el involucrado directo, es él quien mejor puede centralizarlo, haciendo sólo consultas menores y pidiendo apoyo específico al resto de la organización.

VENTAJAS.

Las ventajas son su simplicidad y rápida implementación, pero ellas sólo se logran cuando se trata de inversiones muy pequeñas, rutinarias y únicamente si el gerente a cargo es capaz de llevar a cabo ambas tareas eficientemente.

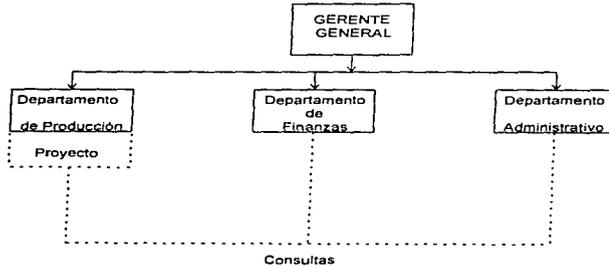


Fig. 3.3. Organización de Ejecución Directa por la Unidad Usaria.

Organización por Coordinación.

Cuando se trata de un proyecto que requiere asignar a un responsable con dedicación completa, ya sea porque deban analizarse diferentes alternativas o porque más de un área funcional resulte involucrada, se designa a un coordinador. Generalmente, si la complejidad del proyecto así lo requiere, el coordinador podrá contar con algún ayudante que lo apoye en aspectos

administrativos, tales como centralización de documentación y control de costos. Las ventajas que se presentan con este tipo de organización son las mismas que la estructura organizacional anterior, sin embargo, pueden surgir dificultades si el coordinador no cuenta con el respaldo necesario de la gerencia, o no tiene suficiente acercamiento con los jefes de línea, o si la carga de trabajo de las unidades es cuantioso. Cuando esto ocurre, naturalmente las unidades favorecido sus funciones rutinarias antes que prestar los servicios requeridos por una unidad ajena a su línea de mando establecida. Para tratar de compensar esta desventaja, a menudo se le otorga al coordinador un nivel jerárquico dentro de la organización superior a las jefaturas de línea, mientras dure el proyecto.

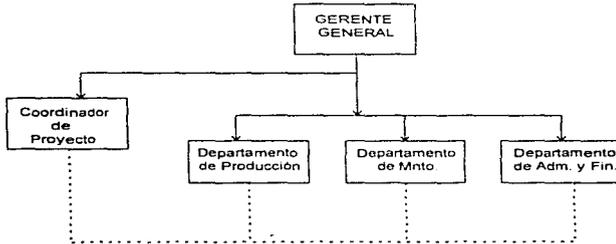


Fig. 3.4. Organización por Coordinación.

Organización Funcional o Departamental.

En la organización funcional se agrupa al personal en diferentes departamentos. Una vez que un proyecto es asignado, éste se secciona y se entrega cada sección al departamento correspondiente. Cada director de departamento selecciona un líder, que se cambiará al siguiente proyecto. Por esta razón, no se le llama director de proyecto, el cargo es temporal. Para poder integrar toda la información de los diferentes departamentos, el director de la división actúa como director de proyecto.

Es conveniente esta estructura en organizaciones pequeñas, donde la comunicación horizontal es mínima.

VENTAJAS.

- ~ Los especialistas al ser agrupados comparten sus conocimientos y responsabilidades.
- ~ El personal puede ser ocupado simultáneamente en varios proyectos.
- ~ Simplifica la capacitación y el entrenamiento.
- ~ Los canales de comunicación son verticales y bien establecidos.

DESVENTAJAS.

- ~ Difícil comunicación interdepartamental (comunicación horizontal).
- ~ La responsabilidad por la obtención de utilidades existe solamente en los niveles más altos.

- ~ El líder de proyecto de un departamento no tiene autoridad para coordinar actividades en otro departamento.
- ~ La selección del líder de proyecto puede causar conflictos internos.

En la figura 2.3. se muestra un esquema de este tipo de organización.

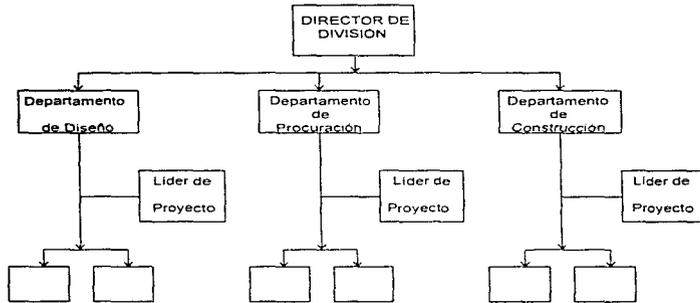


Fig. 3.5. Organización Funcional o Departamental.

Organización por Tareas o Task Force.

En este tipo de organización hay un director de proyecto que tiene la responsabilidad total. Para esta estructura, el equipo de trabajo se organiza en grupos por áreas funcionales o especialidades. En este caso, las personas quedan sujetas al proyecto hasta que éste termina. Uno de los conflictos más

frecuentes en esta organización surge cuando dos proyectos requieren usar el mismo equipo o cierta persona al mismo tiempo.

Por otra parte, las respuestas son rápidas y puede mantenerse el proyecto dentro del programa establecido.

VENTAJAS.

- Se trabaja para un solo proyecto lo que reduce los tiempos de ejecución.
- Autonomía completa del proyecto del resto de proyectos que se elaboran, lo que facilita la administración del mismo.
- Sólo se reporta a una sola persona, al director de proyecto.
- Los canales de comunicación están bien definidos.

DESVENTAJAS.

- Dificultad para conseguir especialistas calificados por cortos periodos de tiempo, ya que algunas actividades pueden requerir de habilidades específicas que no se repiten.
- Existe la tendencia de retener al personal dentro de la organización aún después de haber sido utilizados.
- En general, los recursos humanos y técnicos no son aprovechados adecuadamente, pues el personal no puede participar en otros proyectos.
- Hay falta de oportunidad y continuidad de carrera para el personal del proyecto .

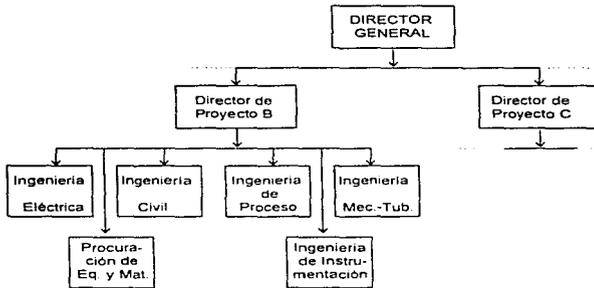


Fig. 3.6. Organización por tareas o Task Force.

Organización Matricial.

En una organización matricial el director del proyecto y el director de departamento tienen responsabilidad sobre los resultados del proyecto. El primero es responsable por la integración total del proyecto que incluye evaluar cada decisión y determinar como impacta a otras tareas, al programa y al presupuesto. Mientras que el director de departamento es responsable de la dirección técnica de su disciplina, exclusivamente.

El director de proyecto debe establecer:

- El alcance y tareas que conforman el proyecto

- El programa del proyecto
 - El presupuesto disponible
- El director de departamento debe establecer:
- El procedimiento de trabajo
 - El lugar de trabajo
 - El personal que laborará

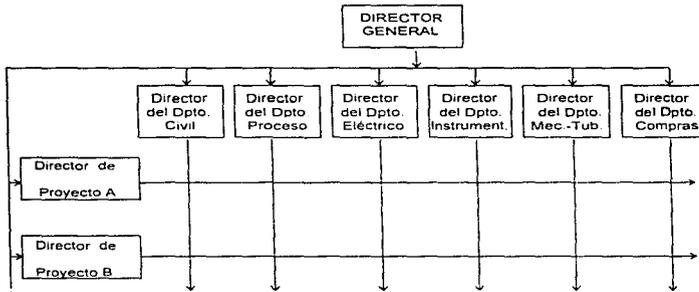


Fig. 3.7 Organización Matricial.

VENTAJAS.

- Se pueden trabajar muchos proyectos simultáneamente en cada grupo.
- Se alcanza un equilibrio entre los objetivos técnicos que se buscan a través de líneas departamentales y los objetivos del proyecto que se buscan a través de la supervisión de grupo de trabajo.

- ~ Es posible tener rápidas respuestas ante los cambios, la resolución de problemas y las necesidades del proyecto.
- ~ Los costos del proyecto se minimizan porque el personal puede ser compartido.

DESVENTAJAS.

- ~ Dificultad en monitoreo y control del proyecto.
- ~ Se requiere de mayor tiempo y esfuerzo inicial para definir las políticas y procedimientos.
- ~ Las prioridades del departamento pueden influir en el director de departamento.
- ~ Como cada proyecto se desarrolla en forma independiente, fácilmente puede darse la duplicación de esfuerzos.

Este tipo de organización es conveniente cuando se trata de una empresa que está realizando proyectos similares como actividad normal y los especialistas pueden utilizarse en varios de estos proyectos.

Los factores principales que determinan la selección del tipo de organización para la administración de proyectos son:

1. Complejidad del proyecto. Esto se refiere al número de departamentos que se ven involucrados y la interrelación en el flujo de información. En general,

cuando el proyecto se torna complejo, la administración matricial y por tareas son las más convenientes.

2. **Tecnología del proyecto.** Si en el proyecto se utilizará tecnología altamente avanzada en las diversas especialidades que lo componen, entonces la organización matricial y por tareas son las más convenientes.
3. **Tamaño del proyecto.** En este inciso se deberá considerar los requerimientos de personal para el proyecto. En general, un proyecto grande favorece a la organización por tareas.
4. **Duración del proyecto.** Una duración amplia tiende a favorecer la organización matricial.
5. **Número de proyectos simultáneos.** La organización matricial favorece altamente al manejo de varios proyectos simultáneos, en virtud de un aprovechamiento de los recursos humanos.
6. **Dificultad en el establecimiento de la organización.** La organización funcional es la más simple de crear siguiendo la org. por tareas y finalmente la matricial, que es la más difícil de establecer y operar.

RELACIONES BÁSICAS DE LA ORGANIZACIÓN.

Dentro de una estructura organizacional existen relaciones básicas que son predeterminadas por los niveles más altos de la organización, para relacionar y combinar las diversas funciones de una organización. La finalidad es ayudar a alcanzar los objetivos establecidos. Estas relaciones son:

- Obligación
- Autoridad
- Responsabilidad

Obligación.

Es el deber que tiene un individuo de realizar las tareas que le han sido asignadas. La obligación surge de una relación de superior a subordinado. Aunque las obligaciones se extienden hasta los niveles más bajos de la organización, esto no exime de responsabilidad por los resultados finales a los que se encuentran en los niveles más altos.

Autoridad.

Es el derecho a realizar ciertas actividades asignadas. Es el poder de ordenar o mandar y se puede delegar del superior al subordinado para asumir sus responsabilidades por el trabajo asignado. El grado de autoridad que se delega debe ser proporcional a las responsabilidades que se asumen.

Responsabilidad.

Así como la obligación es un derivado del trabajo que se ha de ejecutar y la autoridad se deriva de la obligación, la responsabilidad es un derivado de la autoridad. Una vez que el superior asigna obligaciones al subordinado y delega el grado correspondiente de autoridad, la fase final en las relaciones básicas de la organización es hacer que el subordinado sea responsable de los resultados

CAPITULO 3. ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.

ante su superior. Si al subordinado se le ha delegado un grado insuficiente de autoridad para cumplir su obligación original, no se le puede hacer responsable de actividades que queden fuera del ámbito de su autoridad y control.

Por lo tanto, el organigrama del proyecto queda prácticamente determinado por la forma de organización elegida. Su objetivo principal es dar a conocer tanto al cliente como a los diferentes departamentos, quienes están a cargo de que función dentro del proyecto, así como delimitar responsabilidades, autoridades y obligaciones internamente.

DIRECCIÓN.

La dirección es la ejecución de los planes de acuerdo con la estructura organizacional, guiando los esfuerzos del grupo de trabajo a través de la motivación⁴, la comunicación y la supervisión. El dirigente debe integrar a un grupo de personas 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 y definirle exactamente los resultados esperados; establecer un sistema de comunicación efectiva; hacer reuniones periódicas de evaluación de resultados; y tomar decisiones para lograr la ejecución ordenada de las actividades establecidas. Por lo tanto, el liderazgo⁷ es la parte esencial de la dirección.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA DIRECCIÓN.

Como en las funciones administrativas anteriores, la dirección cuenta con ciertos principios que ayudan el proceso de dirección.

1. Principio de la Armonía de Objetivos. "Cuanto más puedan los administradores armonizar las metas individuales con las metas de la empresa, más eficaz y eficiente será la organización."

2. Principio de la Motivación. "Puesto que la motivación no es un asunto sencillo de causa y efecto, cuanto más cuidadosamente evalúen los administradores una estructura de recompensas, la observen desde un punto de vista situacional y de contingencia y la integren a todo el sistema de administración, más eficaz será un programa motivacional."
3. Principio del Liderazgo. "Puesto que las personas tienden a seguir a quienes, según su punto de vista, les ofrecen un medio para satisfacer sus metas personales, cuanto más comprendan los administradores qué es lo que motiva a sus subordinados y cómo operan estos motivadores y cuanto más reflejen esta comprensión en la forma de llevar a cabo sus acciones gerenciales, más eficaces serán como líderes."
4. Principio de la Claridad de la Comunicación. "La comunicación tiende a ser clara cuando se expresa en un lenguaje y se transmite en forma tal que el receptor pueda comprenderla."
5. Principio de la Integridad de la Comunicación. "Cuanto mayor sea la integridad y la coherencia de los mensajes escritos, orales y no verbales, así como del comportamiento moral del emisor, mayor será la aceptación del mensaje por parte del receptor."

ESTILOS DE LIDERAZGO.

Los estilos de liderazgo se refieren a los tipos de conducta de los líderes cuando integran los intereses de la organización y los del personal cuando se persigue alcanzar algún objetivo. Los estilos de liderazgo más comunes⁸ son:

1. Autocrático
2. Participativo
3. Laissez Faire (deja hacer)

Autocrático

En este estilo, la toma de decisiones es exclusiva del líder y se caracteriza por tener controles rígidos. Si el procedimiento que se usa para estimular a otros e influir en ellos se basa principalmente en el temor, la amenaza y la fuerza, se denomina liderazgo negativo. Si se basa en incentivo y recompensa, se caracteriza como liderazgo positivo. Tanto el líder positivo como el negativo influyen en ciertos seguidores para ejecutar determinada tarea.

Participativo

Se caracteriza por la participación del grupo y el aprovechamiento de sus opiniones. El líder participativo estimula la iniciativa de los subordinados, trata de crear un sentido general de responsabilidad en la consecución de los objetivos

del grupo, usando elogio y la crítica constructiva. Aunque la responsabilidad final por la decisión recae en el líder, la toma de decisiones es compartida entre los miembros del grupo.

Laissez Faire

El líder trata de hacer recaer en el grupo la responsabilidad de la toma de decisiones. El líder ofrece poca o ninguna dirección y concede mucha libertad a los miembros del grupo. El proceso de toma de decisiones es lento y puede existir la tendencia de no adquirir la responsabilidad o de pasar el problema a otra persona. Se espera que el director sea responsable de la decisión que se tome aunque operacionalmente la decisión la tome en grupo.

El tipo de liderazgo variará de una situación a otra, influyendo:

1. la actitud del líder
2. los subordinados
3. la situación o el ambiente

Líder

La conducta del líder estará influida por sus conocimientos y experiencias individuales que se pueden dividir en: el sistema de valores personales, la confianza en los subordinados, la predisposición al liderazgo y en los sentimientos de seguridad en circunstancias inciertas.

Subordinados

Cada empleado tiene un conjunto de expectativas acerca de cómo debe actuar el jefe en relación con él. Cuanto mejor comprenda el líder esta actitud, con mayor precisión podrá determinar el estilo de liderazgo que hará posible una actuación más eficiente de sus subordinados. Por ejemplo, si prefiere ser dirigido y evitar responsabilidades o no?. Por otra parte, los subordinados capacitados y con experiencia requieren menos supervisión.

Situación

Las características de la situación general influirán también en la conducta del líder. Entre las presiones ambientales más críticas que le rodean son las que surgen de la organización, del grupo de trabajo, de la naturaleza del problema y de las presiones de tiempo.

CONTROL.

La última función administrativa es el control que se define como la medición de los resultados obtenidos y su comparación contra los esperados. ¿cómo se ha hecho?. Es la evaluación y medición de la ejecución de los planes, con el fin de detectar y prevenir desviaciones, para establecer las medidas correctivas necesarias y asegurar el cumplimiento de los compromisos contraídos con el cliente. Cualquier actividad puede controlarse con respecto a uno o todos los factores siguientes: cantidad, tiempo y costo.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE CONTROL.

Los principios de control más importantes son:

1. Principio de la Contribución a Objetivos. "La finalidad del control es facilitar la consecución de los objetivos de la organización."
2. Principio de Establecimiento de Normas. "Para lograr un control eficaz se deben establecer normas precisas adaptables al caso particular. Estas normas deben ser específicas y deben poderse evaluar."

3. Principio de Acción Correctiva. "La función administrativa de control esta económicamente justificada si se toman medidas para corregir desviaciones potenciales o reales de los planes. Puede ser necesario también hacer correcciones relacionadas con las otras funciones administrativas."

4. Principio de Flexibilidad de los Controles. "Los controles, como los planes en que se basan, deben tener la flexibilidad necesaria para adaptarse a las condiciones cambiantes."

ELEMENTOS DEL CONTROL.

Para llevar a cabo el control, se requiere de cuatro elementos:

1. Establecimiento de Normas
2. Supervisión
3. Comparación
4. Corrección de las desviaciones

Establecimiento de Normas.

Para realizar el control de cualquier conjunto de actividades, es fundamental establecer criterios contra los cuales sea factible medir resultados. Pueden fijarse normas físicas y representar cantidades de productos, unidades de

servicio, horas-hombre, velocidad, volumen de rechazos, etc., o bien pueden definirse en términos monetarios como: costos, ingresos o inversiones.

Al establecer las normas, también deben definirse los puntos en donde se evaluarán, es decir, "puntos de control". Estos puntos deben permitir que se detenga el proceso o se modifique antes de que se provoque grave daño al producto. A la vez, debe prevenir errores en futuras operaciones y abarcar todas las operaciones importantes que se puedan evaluar, para poder conservar el grado de control necesario y lograr los objetivos.

Supervisión.

La siguiente fase de la función de control es supervisar que las normas se cumplan, dirigiendo las actividades de los subordinados. Si se supervisa el trabajo a medida que avanza se incrementan la eficiencia y economía de las operaciones en marcha.

El estilo de liderazgo, como se ya se presentó en este capítulo, depende de los conocimientos del líder, de las capacidades y destrezas de los subordinados y de la naturaleza del ámbito laboral. Esto es: el grado de supervisión se puede reducir si el director conoce bien su trabajo y puede dar instrucciones claras y precisas a sus subordinados. Los subordinados con mayor capacidad o destreza requieren menos supervisión, aunque también debe tomarse en cuenta la conducta del empleado¹⁰. Por último, el ambiente laboral puede determinar el grado de supervisión. Por ejemplo, si las normas requieren

mantener estrechas tolerancias, generalmente se necesita más supervisión durante el proceso, para mantener al mínimo el desecho y el tiempo dedicado a reparación de trabajos defectuosos.

La supervisión existe durante la ejecución del trabajo, mientras que la comparación (siguiente fase) se realiza después de haber terminado el trabajo.

Comparación.

El objetivo de la comparación es determinar si se han producido desviaciones de acuerdo con las normas establecidas.

La frecuencia con que se realizan estas evaluaciones depende del grado de tolerancia que se requiera. Si se alejan demasiado las comparaciones para el control de la calidad, tal vez haya que desechar o reparar una gran parte de la producción diaria de una empresa. Con esto se quiere decir que las condiciones de trabajo determinarán la frecuencia de las evaluaciones. Así mismo, el tipo de personal de la empresa (capacitado o no) influirá.

Corrección de las desviaciones.

La corrección de las desviaciones detectadas anteriormente, es el punto en el cual el control se incorpora a las otras funciones administrativas; el administrador puede corregir diseñando nuevamente sus planes o modificando

su meta, o bien, puede corregir la desviación reasignando o clasificando los deberes. Puede tomar las medidas correctivas mediante asesoría adicional, por medio de una mayor selección y entrenamiento de los subordinados o en el último de los casos por despido.

Hay dos tipos generales de acción correctiva: inmediata y básica. Mediante la primera se trata de rectificar la situación en el momento y volver a una posición de normalidad. La acción correctiva básica consiste en determinar la causa de la desviación y establecer medidas para evitar que se repita.

La siguiente figura esquematiza el proceso de control.

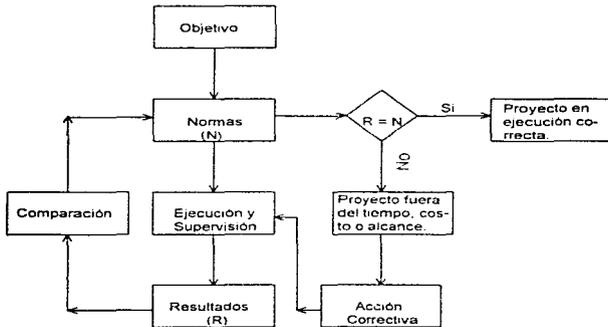


Fig. 3.8. Proceso de Control.

OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS.

Una vez ejecutado un proyecto existe la preocupación (interés) de optimizar los subsiguientes. Tradicionalmente se utiliza la Retroalimentación (Feed Back), cuyo objetivo es informar al administrador los resultados obtenidos para tomar acciones preventivas o correctivas. La Retroalimentación se puede llevar a cabo entre las diferentes etapas del proceso administrativo (fig. 3.9.), o bien entre proyectos.

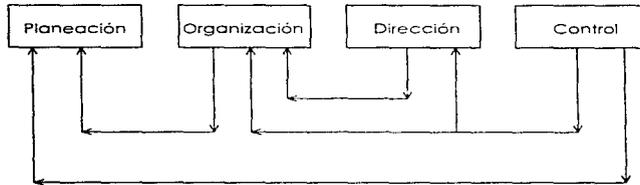


Fig. 3.9. Retroalimentación entre las diferentes etapas del Proceso Administrativo

Actualmente la tendencia a optimizar los recursos en un proyecto (tiempo, costo, calidad, alcance) se reflejan en el *Front End Engineering* que se puede definir como el conjunto de actividades encaminadas a mejorar la ejecución de un proyecto. Esto se logra principalmente con la programación elaborada por un equipo de trabajo multidisciplinario. Comúnmente el Director de Proyecto realiza los programas, sin embargo la tendencia del *Front End Engineering* es hacer partícipe a los especialistas de cada disciplina y a los principales

proveedores. De esta forma se tienen diferentes puntos de vista (enfoques) basados en el conocimiento y experiencia de cada elemento participante, previniendo desde el inicio del proyecto posibles eventualidades, reduciendo costos en construcción, determinando los materiales adecuados para el proyecto, estableciendo las técnicas de montaje de equipos, etc. El equipo de trabajo seleccionado, fijará su atención en las etapas del proyecto más críticas, que requieren mayor tiempo de ejecución y costo para evitar retrasos y mayores erogaciones a las previstas.

El *Front End Engineering* puede aplicarse independientemente del tipo de proyecto (tamaño, duración, organización, etc.) y de contrato. Es decir, si se trata de un contrato a precio alzado donde la participación del cliente es mínima o si es un contrato por administración.

TÉCNICAS DE PLANEACIÓN Y CONTROL.

La Administración de Proyectos, como se mencionó al inicio de este capítulo, puede aplicarse a cualquier proyecto, no importando su complejidad, duración, número de personas involucradas o el tipo de organización. Sin embargo, entre más grande sea un proyecto (grande en número de personas, actividades, tiempo, departamentos, etc.) la labor del director de proyecto se complica. Para estos casos existen algunas Técnicas de Administración que facilitan su ejecución.

El proyecto que se estudiará en este trabajo no es complejo y no se requiere del uso de una técnica de administración aunque si es recomendable. De cualquier forma, a continuación se describen brevemente la Técnica e Evaluación y Revisión de Programas (PERT), el Método de la Ruta Crítica (CPM) y los Diagramas de Gantt.

Con las técnicas PERT y CPM las actividades se representan gráficamente en una red de trabajo de acuerdo con la secuencia de ejecución. Los lineamientos son los mismos para ambos por lo que se describirán en conjunto. Las diferencias que existan se especificarán en su momento.

MÉTODO PERT Y CPM.

El Método PERT principalmente fue creado para proyectos de investigación y desarrollo, mientras que el CPM para proyectos de construcción. Sin embargo ambos pueden usarse en cualquier área.

PERT fue estrictamente orientado a la variable tiempo con el que se puede determinar la probabilidad de que un proyecto sea terminado en cierta fecha. Por otra parte, CPM utiliza tiempos de ejecución establecidos y fue diseñado para el control del tiempo y costo de los proyectos.

Con ambas técnicas se pueden identificar las actividades que no pueden retrasarse (con holgura cero), es decir la "ruta crítica" de un proyecto.

Las técnicas PERT y CPM constan de:

- a) Lista de Actividades
- b) Matriz de Secuencias
- c) Matriz de Tiempos
- d) Red de actividades
- e) Matriz de Elasticidad
- f) Probabilidad de Retraso
- g) Costos, Pendientes y Compresión de la Red
- h) Limitaciones de Tiempo, de Recursos y Económicas

Lista de Actividades.

Es la relación de actividades¹¹ físicas o mentales necesarias para la ejecución de un proyecto. En esta etapa no es necesario indicar la cantidad de trabajo, ni las personas que lo ejecutarán, es suficiente con nombrarlas.

Es conveniente que las actividades se numeren progresivamente para su identificación.

Matriz de Secuencias.

Existen dos procedimientos para conocer la secuencia de las actividades:

1. Por antecedentes
2. Por secuencias

En el primer caso se preguntará a los responsables 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 el caso de ser iniciales, la actividad antecedente será cero.

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

Matriz de Tiempos para el Método PERT.

La siguiente etapa es calcular el tiempo medio (m), el tiempo óptimo (o) y el tiempo pésimo (p) para cada actividad.

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

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. Debe contarse sólo el tiempo en que se ponga remedio al problema presentado y no debe contar el tiempo ocioso.

Se puede medir el tiempo en minutos, horas, días, semanas, etc. siempre y cuando sea consistente durante todo el proyecto.

El tiempo medio, óptimo y pésimo servirán para promediarlos mediante la fórmula PERT obteniendo un tiempo resultante llamado tipo (t):

$$t = (o + 4m + p)/6$$

En la matriz de tiempos se indica el óptimo, medio, pésimo y tipo para cada actividad.

La información de la matriz de secuencias y el tiempo tipo se reúne en una sola tabla para facilitar el manejo de los resultados.

Matriz de Tiempos para el Método CPM.

Mediante esta matriz se conoce el tiempo de duración de cada actividad del proyecto. El CPM utiliza únicamente un tipo de estimación de duración, basada en la experiencia obtenida.

Tanto la matriz de secuencias como la de tiempos se reúne en una sola tabla.

Red de Actividades.

La representación visual del PERT y CPM es el diagrama de flechas o red de actividades, que consiste en la ilustración gráfica del conjunto de operaciones de un proyecto y de sus interrelaciones. La red esta formada por flechas que representan actividades y nudos o uniones que simbolizan eventos.

Cuando se encuentran varias flechas conectadas una tras de otra es que existe una secuencia entre ellas; esa es la manera de ilustrar dicha dependencia. Los eventos se representan con círculos y significan la terminación o iniciación de las actividades.

Al construir la red debe evitarse lo siguiente:

1. Dos actividades partan de un mismo evento y lleguen a un mismo evento. Esto produce confusión de tiempo y de continuidad. Debe abrirse el evento inicial o el evento final en dos y unirlos con una liga (línea punteada que tiene una duración de cero, fig. 3.10.).



Fig. 3.10. a) Incorrecto. b) Correcto.

2. Dejar eventos sueltos al terminar la red (fig. 3.11.). Todos ellos deben relacionarse con el evento inicial o con el evento final.

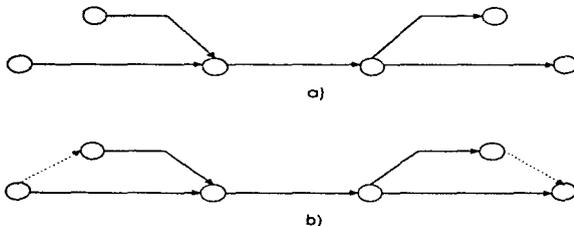


Fig. 3.11. a) Incorrecto. b) Correcto.

Matriz de Elasticidad.

En esta matriz se presenta la posibilidad de retrasar una actividad sin consecuencias para otros trabajos. Para ello se calcula la holgura que es la libertad que tiene una actividad para alargar su tiempo de ejecución. Hay tres clases de holguras: a) holgura total; no afecta la terminación del proyecto, b) holgura libre; no modifica la terminación del proceso y. c) holgura independiente:

no afecta la terminación de actividades anteriores ni la iniciación de actividades posteriores.

La diferencia entre la fecha más temprana de iniciación y más tardía de terminación es el intervalo de tiempo disponible de mayor duración (intervalo del proyecto). Si a este intervalo se resta el tiempo estándar (t) o duración se obtiene la holgura total (HT):

$$HT = U_j - P_i - t$$

donde:

U_j significa lo más tarde en que puede terminarse

P_i significa lo más temprano en que puede iniciarse

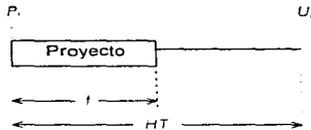


Fig 3.12. Holgura Total

La diferencia entre la fecha más temprana de iniciación y la más temprana de terminación indica el intervalo disponible en función del proceso y al restar la duración t de este intervalo se obtiene la holgura libre (HL):

$$HLA = P_{i+1} - P_{iA} - t_A$$

donde:

P_i significa lo más temprano en que puede terminarse

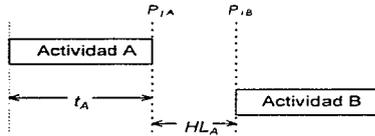


Fig. 3.13. Holgura Libre

La diferencia entre la fecha más tardía de iniciación y la más temprana de terminación indica el intervalo de tiempo más reducido posible y está en función de las actividades anteriores y posteriores. Si a este intervalo se resta el tiempo de duración t se obtiene la holgura independiente (HI):

$$HI_b = U_C - P_{1A} - t_b$$

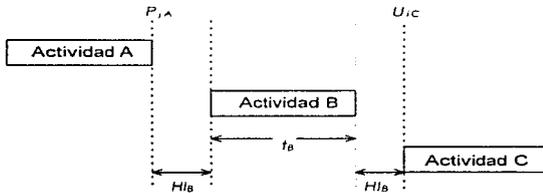


Fig. 3.14. Holgura Independiente

Costos, Pendientes y Compresión de la Red.

El siguiente paso es solicitar los costos de cada actividad realizada en tiempo estándar y en tiempo óptimo. Ambos costos son proporcionados por las personas responsables de la ejecución de acuerdo con los presupuestos preparados por ellas. Con los costos determinados y los intervalos de tiempo ya conocidos se determinan las pendientes (m) de las actividades, es decir, la relación que existe entre el incremento del costo y la compresión del tiempo:

$$\text{pendiente} = \frac{\text{costo}}{\text{tiempo}}$$

De esta forma una relación de 350/2 significa que una actividad tendrá un incremento de \$350.00 por cada dos días que se comprima a partir del tiempo estándar.

Para determinar el numerador de esta relación se resta el costo normal (N) al costo límite (L). El denominador es la resta del tiempo estándar (t) menos el tiempo óptimo (o):

$$m = \frac{L - N}{t - o}$$

El problema que debe resolverse al comprimir la duración de un proyecto es encontrar el punto en el cual se debe suspender la compresión y aceptar la duración del proyecto.

Limitaciones de Tiemp. de Recursos y Económicas.

Tiempo

Una vez que se ha determinado el tiempo normal de ejecución de la red se compara con el tiempo disponible y si éste es más corto, entonces la red debe comprimirse al tiempo necesario, calculando el incremento en costo. El tiempo óptimo indicará si puede hacerse o no el proyecto dentro del plazo señalado.

Recursos

Puede darse el caso de tener recursos humanos o materiales limitados, por lo que dos actividades que debieran hacerse durante el mismo lapso con personal diferente o maquinaria diferente no puedan ejecutarse. En estos casos primero se realiza la red de actividades sin limitaciones y después se analizan las actividades con limitaciones para establecer la secuencia. Una vez que se tenga la nueva secuencia, se corrige en la red.

Económicas

Se determina el costo óptimo para conocer si puede hacerse el proyecto con los recursos económicos disponibles. Si puede hacerse se buscará el tiempo total más favorable para las necesidades y objetivos del proyecto.

Con la red PERT o CPM establecida se tiene la base para el control del proyecto. Periódicamente debe determinarse con precisión el avance de cada una de las actividades así como el que corresponda al proyecto total.

DIAGRAMAS DE GANTT.

Otra forma usada para presentar un programa es con los Diagramas de Gantt.

Para generar este Diagrama se listan las actividades y se numeran para su identificación. Esta lista se coloca en el extremo izquierdo del diagrama. El eje horizontal superior se divide en unidades de tiempo (semanas, meses, etc.). Como tercer paso, el plan de trabajo se representa con una barra horizontal opuesta a la descripción de la actividad. La longitud de la barra corresponderá a la duración de la actividad, de acuerdo con la escala de tiempo (eje horizontal superior).

Una de las ventajas de estos diagramas es que su interpretación es fácil de realizar y rápidamente se puede observar el estado del proyecto. Una de las desventajas es que no se puede observar la interrelación de las actividades y cualquier modificación implica esfuerzo considerable.

N O T A S

¹ En nuestro país existen compañías que desarrollan tanto la ingeniería como la construcción de un proyecto. En estos casos se tiene un Director de Proyecto responsable de la ingeniería y un Gerente de Proyecto encargado de la construcción de la planta.

² Eficacia: Consiste en lograr los objetivos satisfaciendo los requerimientos del producto o servicio.

³ Eficiencia: Es lograr los objetivos garantizando los recursos disponibles al mínimo costo y con la máxima calidad, es decir, optimizando los recursos.

⁴ Productividad: Es la relación entre la cantidad de insumos necesarios para producir un determinado bien o servicio. Es la obtención de los máximos resultados con el mínimo de recursos, en términos de eficiencia y eficacia.

⁵ Existen diversas opiniones en cuanto al número de etapas que constituyen el proceso administrativo, sin embargo, los elementos esenciales son los mismos. En este trabajo se analizará el criterio de las cuatro etapas porque es uno de los más difundidos y aceptados en el mundo de la administración.

⁶ Motivación.- impulsar, conducir, mover a la acción. Apelar a las necesidades del individuo para producir el cambio de conducta que se desea y dirigir a la acción.

⁷ El liderazgo es una forma de estimular y motivar a los subordinados a realizar las tareas que se les asignan.

* Thierauf, Klekamp, Geeding. "Principios y Aplicaciones de Administración" Edit. Limusa.

⁹ Douglas Mc Gregor desarrolló la Teoría X y la Teoría Y, en donde hace una diferencia entre las diferentes actitudes del ser humano en el trabajo. En resumen, una persona pertenece a la Teoría X si siente aversión por el trabajo, prefiere ser dirigida o forzada para realizar una tarea y evita las responsabilidades. En cambio, pertenecerá a la Teoría Y si piensa que basta con que se plantee el objetivo para alcanzarlo y acepta responsabilidades.

¹⁰ Ver nota 8.

¹¹ Una actividad es la serie de operaciones realizadas por una o varias personas en forma continua con tiempos determinables de iniciación y terminación.

CAPÍTULO 4

PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE UNA P.T.A.R. PROCESO AEROBIO

PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE UNA
P.T.A.R., PROCESO AEROBIO

PLANEACIÓN

ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto es realizar la ingeniería y construcción de una Planta de Tratamiento de Agua Residual - Proceso Aerobio - Lodos Activados para una Planta Industrial ubicada en Monterrey, N. L., de acuerdo con el programa y presupuesto que se presentan mas adelante.

Las condiciones del influente a tratar son:

Flujo	1988.2 m ³ /día (en 20 horas)
DBO ₅	3087 ppm
DQO	5005 ppm
SST	1128 ppm
G y A	149.3 ppm
pH	9 - 7

Las condiciones requeridas posteriores al tratamiento son (efluente):

DBO ₅	100 ppm
DQO	200 ppm
SST	70 ppm
G y A	15 ppm
pH	6 - 9

El proyecto contará con las siguientes etapas:

1. Pretratamiento, que consiste en:

- Trampa de Grasas y Aceites. Se instalará en la alimentación del efluente y será de concreto armado.
- Cárcamo de Bombeo. Este cárcamo es existente y es responsabilidad del cliente.
- Separación de Sólidos. Se suministrará una criba para eliminar sólidos mayores no biodegradables que puedan elevar el costo de mantenimiento y operación de la planta.
- Medición de Flujo en la alimentación.

2. Tratamiento Primario:

- Sistema de Neutralización con Sosa Cáustica. La dosificación de sosa tienen como objetivo proteger el tratamiento biológico de eventuales elevaciones de pH.

3. Tratamiento Biológico, que consta de:

- Estanque de Lodos Activados (laguna) de aprox. 14 450 m³ con dos clarificadores integrados de 10.5 x 7.6 x 4 m de altura cada uno.
- Sistema de Aereación. Esta partida incluye tubería flexible, cadenas de aereación, difusores, 4 sopladores y los accesorios necesarios.
- Tablero de Control que consta de arrancadores, timers y registrador de tres canales: para pH, oxígeno y flujo.
- Tanque de Espesamiento de Lodos construido de concreto.
- Edificio de dos plantas aproximadamente 190 m² que se divide en cuarto de control y laboratorio, cuarto de sopladores, cuarto de cribado y cuarto de dosificación de químicos. Este edificio tendrá el equipo de laboratorio necesario.
- Tubería hidráulica y de aereación desde la criba hasta la descarga del tanque de lodos y de los clarificadores.
- Instalación eléctrica y mecánica del sistema.

4. Documentos, que abarcan:

- Memorias de Cálculo civil e hidráulicas por escrito en original y copia, encuadernadas, con respaldo bibliográfico y referencias de estándares y normas.
- Planos de construcción y fabricación en Autocad V-12 en discos de alta densidad de 3.5", así como una impresión en papel herculene y dos

copias heliográficas por plano. Todos los planos de construcción deberán ser autorizados por el cliente antes de iniciar su edificación.

- Manuales de Operación. Se entregará original y dos copias en carpetas, de los manuales de operación antes de la terminación de la construcción y la puesta en marcha.

5. Entrenamiento del operador y arranque mecánico del sistema.

En el Apéndice B se muestra un diagrama de flujo del proceso.

Por otra parte, el cliente:

- Suministrará energía a los tableros de la P.T.A.R. (440/120 V).
- Suministrará agua y electricidad para la construcción, pruebas hidráulicas y neumáticas y arranque de la planta.
- Entregará el agua de proceso a la criba.
- Suministrará agua para servicios y drenajes a un máximo de 10 m del Edificio de Control.
- Químicos y reactivos para la puesta en marcha del sistema es por parte del cliente. Tres meses antes del arranque del sistema se proporcionará un listado de químicos y reactivos que se requieren para el arranque de la planta, así como la cantidad necesaria.
- Proporcionará los permisos y todo lo relacionado para la construcción del sistema.
- Los costos de importación de equipo no están incluidos.

CAPITULO 4. PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE UNA P.T.A.R. PROCESO AEROBIO

PROGRAMA DEL PROYECTO

Como se describió en el capítulo 3, la programación del proyecto especifica cuando se va a producir la información definida en el alcance. En general es conveniente que la programación se desglose de acuerdo con la organización de los grupos que participan en el proyecto, para que la responsabilidad por su cumplimiento esté claramente definida.

Programa de Fechas Clave

Este programa tiene como objetivo establecer las fechas de iniciación y terminación de las etapas principales del proyecto.

En primer lugar se determinan las etapas del proyecto y posteriormente se definen las fechas de iniciación y terminación de cada etapa, considerando la secuencia, las posibilidades de traslape y los factores limitantes como pueden ser las lluvias, plazos de fabricación, etc.

Para la P.T.A.R. en estudio se tiene:

ETAPAS DE EJECUCIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
Ing. Básica	3-Jun-96	12-Jul-96	6
Ing. de Detalle	1 ^o -Jul-96	6-Sept-96	10
Procuración de Equipo	8-Jul-96	11-Oct-96	14
Construcción	15-Jul-96	25-Oct-96	15
Instalación	7-Oct-96	6-Dic-96	9
Pruebas y Arranque	14-Oct-96	10-Ene-97	13

Tabla 4.1. Etapas de Ejecución del Proyecto

CAPÍTULO 4. PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE UNA P.T.A.R. PROCESO AEROBIO

Se estima que la instalación del equipo comience el 7 de Octubre, cuando la construcción este por terminarse y se tenga en campo casi el total del equipo y material.

Las pruebas iniciarán el 14 de Octubre, ya que se encuentren construidos las edificaciones de concreto (trampa de grasas, tanque de lodos, ect.). Se continuará con tuberías y se procederá con equipo e instrumentos, para terminar con el arranque de la planta

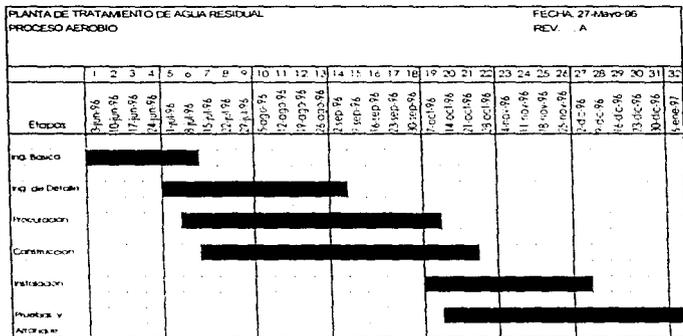


Fig. 4.1. Programa de Fechas Clave

Programas Maestros

El programa maestro abarca una etapa completa y se desglosa a nivel de paquetes de trabajo³, dependiendo del alcance del proyecto.

CAPÍTULO 4. PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE UNA P.T.A.R. PROCESO AEROBIO

En la Tabla 4.2. se desglosan las etapas del proyecto en paquetes de trabajo o en actividades.

ETAPA A INGENIERÍA BÁSICA	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
Diagrama de Flujo del Proceso	3 Jun-96	26 Jun-96	2
Balaceo de Materia y Energía	10 Jun-96	26 Jun-96	3
Descripción del Proceso	24 Jun-96	26 Jun-96	2
Lista de Equipo Principal	24 Jun-96	26 Jun-96	1
Diagrama de Servicios Auxiliares	17 Jul-96	5 Jul-96	1
Filosofía de Operación	17 Jul-96	17 Jul-96	2
ETAPA A INGENIERÍA DE DETALLE	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
Intensivo de Proyecto	17 Jul-96	2 Ago-96	2
Ingeniería Civil	17 Jul-96	6 Sept-96	9
Ingeniería Eléctrica	22 Jul-96	6 Sept-96	5
Inst. de Instrumentación	22 Jul-96	21 Ago-96	5
Inst. Mecánicos/Tubos	22 Jul-96	30 Ago-96	6
ETAPA A PROCURACIÓN DE EQUIPO Y MATERIALES	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
Requisición	6 Jun-96	5 Ago-96	5
Compra	29 Jul-96	20 Sept-96	5
Importación vía Hielos	6 Sept-96	11 Sept-96	5
ETAPA A CONSTRUCCIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
LAGUNA			
Trazo y Nivelación	10 Jun-96	20 Sept-96	11
Movimiento de Tierra	10 Jun-96	20 Sept-96	11
Instalación de Recubrimiento	10 Sept-96	11 Sept-96	1
EDIFICIO DE CONTROL			
Trazo y Nivelación	10 Jun-96	11 Ago-96	3
Excavación y Armado	19 Ago-96	11 Sept-96	3
Cimentado y Cerrado	2 Sept-96	11 Sept-96	1
Acabados	2 Sept-96	20 Oct-96	3
Instalación de Muebles	2 Sept-96	25 Oct-96	1
CLAMIFEROPÉDES			
Trazo y Nivelación	11 Ago-96	21 Ago-96	1
Excavación y Armado	11 Ago-96	20 Ago-96	2
Cimentado y Cerrado	19 Ago-96	11 Sept-96	4
PLANTA DE CRYO Y AIRE II			
Trazo y Nivelación	25 Ago-96	4 Sept-96	1
Excavación y Armado	25 Sept-96	20 Sept-96	1
Cimentado y Cerrado	16 Sept-96	4 Oct-96	1
TANQUE DE CRYO			
Trazo y Nivelación	2 Sept-96	13 Sept-96	1
Excavación y Armado	12 Sept-96	4 Oct-96	2
Cimentado y Cerrado	12 Sept-96	18 Sept-96	2
ETAPA A INSTALACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
Trabajo de Instalación	17 Oct-96	17 Nov-96	4
Lubricación de Aparatos	21 Oct-96	17 Nov-96	4
Equipo	25 Oct-96	29 Nov-96	4
Empleo de los Instrumentos	4 Oct-96	6 Oct-96	1
ETAPA A PRUEBAS Y ABRANQUE	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
Trabajo de Cargas y Temperaturas	14 Oct-96	25 Oct-96	2
Pruebas	24 Oct-96	20 Nov-96	4
Equipo	25 Nov-96	13 Dic-96	1
Instrumentos	9 Dic-96	13 Dic-96	1
Lubricación	11 Dic-96	13 Dic-96	1
Abranque	14 Dic-96	10 Ene-97	4

Tabla 4.2. Actividades y disciplinas de cada etapa del proyecto.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Fecha: 28-Mayo-96

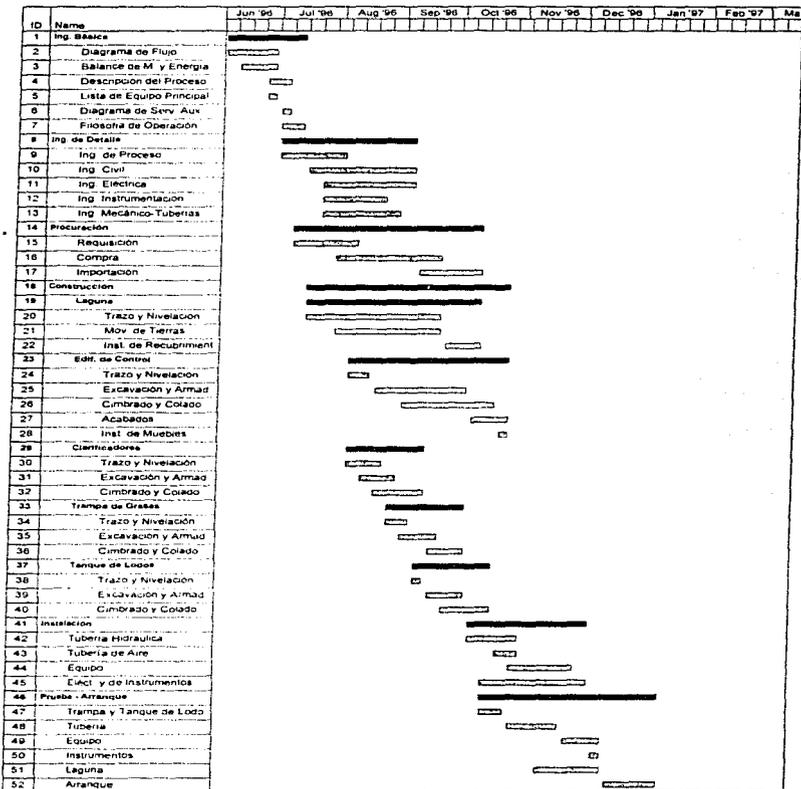


Fig. 3.2. Programa Maestro

Programa De Actividades Por Disciplina

Las disciplinas presentadas en el programa anterior (en Ingeniería de Detalle), se desglosan en las actividades que deben realizarse. (Ver figura 4.3.)

DISCIPLINA:	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
INGENIERÍA PROCESO			
Memorias de Cálculo	1 ^o -Jul-96	2 ^o -Jul-96	4
Diagramas o Planos	8-Jul-96	26-Jul-96	3
Especificaciones	22-Jul-96	2-Ago-96	2
Lista de Todo el Equipo	29-Jul-96	2-Ago-96	1
DISCIPLINA:	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
INGENIERÍA CIVIL			
Memorias de Cálculo	15-Jul-96	9-Ago-96	4
Diagramas o Planos	22-Jul-96	23-Ago-96	5
Especificaciones	19-Ago-96	30-Ago-96	2
Volumen de Obra y Lista de Materiales	26-Ago-96	6-Sept-96	2
DISCIPLINA:	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
INGENIERÍA ELÉCTRICA			
Memorias de Cálculo	22-Jul-96	9-Ago-96	3
Diagramas o Planos	29-Jul-96	30-Ago-96	5
Especificaciones	19-Ago-96	30-Ago-96	2
Volumen de Obra y Lista de Materiales	19-Ago-96	6-Sept-96	3
DISCIPLINA: ING. DE INSTRUMENTACION	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
Memorias de Cálculo	22-Jul-96	9-Ago-96	3
Diagramas o Planos	29-Jul-96	16-Ago-96	3
Especificaciones	12-Ago-96	16-Ago-96	1
Lista de Instrumentos	19-Ago-96	23-Ago-96	1
DISCIPLINA: INS. MECÁNICO-TUBERIAS	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	DURACIÓN (SEMANAS)
Memorias de Cálculo	22-Jul-96	9-Ago-96	3
Diagramas o Planos	29-Jul-96	23-Ago-96	4
Especificaciones	19-Ago-96	30-Ago-96	2
Lista de Materiales	19-Ago-96	30-Ago-96	2

Tabla 4.3. Actividades por Disciplina

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PROCESO AEROBIO												FECHA: 29-MAYO-96 REV. : A									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	...	
	Etapas de Ejecucion	3-jun-96	10-jun-96	17-jun-96	24-jun-96	1-jul-96	8-jul-96	15-jul-96	22-jul-96	29-jul-96	5-ago-96	12-ago-96	19-ago-96	26-ago-96	2-sep-96	9-sep-96	16-sep-96				
1	Ing. de Proceso Memorias de Cálculo Planos Especificaciones Lista de Equipo																				
2	Ing. Civil Memorias de Cálculo Planos Especificaciones Vol. Obra y Lista de Mat.																				
3	Ing. Eléctrica Memorias de Cálculo Planos Especificaciones Vol. Obra y Lista de Mat.																				
4	Ing. Instrumentación Memorias de Cálculo Planos Especificaciones Lista de Instrumentos																				
5	Ing. Mec.-Tubería Memorias de Cálculo Planos Especificaciones Lista de Materiales																				

Fig. 4.3. Programa de Actividades.

Estimación de Horas-Hombre Por Disciplina

El número de personas requeridas para la ejecución de cada disciplina (Ing. de Proceso, Ing. Civil, Ing. Eléctrica, Ing. de Instrumentación e Ing. Mecánico-Tuberías) se calcula de acuerdo al número de documentos a realizar para cada actividad de cada disciplina. Esta estimación se realizó de acuerdo a experiencias anteriores de proyectos similares.

Ingeniería de Proceso

Concepto	Número de Documentos	H-H por Documento	H-H Totales
Planos	5	50	250
Documentos	7	40	280
Actividades	3	20	60
TOTAL			590

Ingeniería Civil

Concepto	Número de Documentos	H-H por Documento	H-H Totales
Planos	15	70	1050
Documentos	12	50	600
Actividades	3	35	105
TOTAL			1755

Ingeniería Eléctrica

Concepto	Número de Documentos	H-H por Documento	H-H Totales
Planos	8	70	560
Documentos	5	40	200
Actividades	3	20	60
TOTAL			820

Ingeniería de Instrumentación

Concepto	Número de Documentos	H-H por Documento	H-H Totales
Planos	2	40	80
Documentos	9	30	270
Actividades	3	10	30
TOTAL			380

Ingeniería Mecánico-Tuberías

Concepto	Número de Documentos	H-H por Documento	H-H Totales
Planos	12	80	960
Documentos	9	40	360
Actividades	3	30	90
TOTAL			1.410

Con las horas-hombre estimadas (Ver Apéndice C), se puede realizar el programa de avance con la gráfica respectiva. Esta curva será de utilidad para el control del proyecto.

CAPÍTULO 4. PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE UNA P.T.A.R. PROCESO AEROBIO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PROCESO AEROBIO			PROGRAMA DE AVANCE										FECHA: 31-MAYO-96 REV. : A	
	H.H.	%H.H.	SUMARIO PD											
	Totales	Totales	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
ING. PROCESO														
Memoras de Cálculo	160	30%	30%	30%	20%	20%								
Planos	250	47%	20%	40%	40%									
Especificaciones	80	15%			30%	70%								
Lista de Equipo	40	8%					100%							
Suma	530	100%												
%Avance			91	185	249	294	181							
%Avance Acumulado			91	275	525	819	1000							
ING. CIVIL														
Memoras de Cálculo	300	18%			20%	30%	30%	20%						
Planos	1050	64%			10%	20%	30%	20%	50%	50%				
Especificaciones	50	3%									50%	50%		
Vol. Obra y Lista de Materiales	250	15%										50%	50%	
Suma	1650	100%												
%Avance					36	118	182	227	327	442	511	511	74	
%Avance Acumulado					37	155	334	564	791	1133	1644	2155	1000	
ING. ELECTRICA														
Memoras de Cálculo	120	16%			10%	40%	30%							
Planos	500	74%			20%	10%	20%	30%	20%	20%				
Especificaciones	40	5%								50%	50%			
Vol. Obra y Lista de Materiales	40	5%									40%	60%		
Suma	700	100%												
%Avance					47	132	195	221	274	345	395	432	32	
%Avance Acumulado					47	184	379	600	874	1219	1614	2046	1000	
ING. INSTRUMENTACIÓN														
Memoras de Cálculo	120	34%			30%	40%	30%							
Planos	80	23%				20%	50%	30%						
Especificaciones	120	34%						100%						
Lista de Instrumentos	30	9%								100%				
Suma	350	100%												
%Avance					100	183	217	411	500					
%Avance Acumulado					100	286	503	914	1000					
ING. MEC-TUBERIAS														
Memoras de Cálculo	120	9%			30%	30%	40%							
Planos	500	35%				20%	20%	30%	30%					
Especificaciones	200	15%								40%	40%			
Lista de Materiales	40	3%								50%	50%			
Suma	1320	100%												
%Avance					27	173	362	518	694	844	1000			
%Avance Acumulado					27	250	612	1130	1824	2868	3868	4868	1000	

Fig. 4.4 Programa de Avance

Con esta tabla se puede identificar cuales son las actividades más importantes del proyecto, de acuerdo al número de H-H necesarias para su ejecución y que requieren de especial atención. En Ing. Civil, por ejemplo, se requieren 1050 H-H para generar los planos, lo que indica que durante ese tiempo los recursos humanos y materiales deben estar disponibles y debe contarse con la información necesaria para evitar cualquier atraso. Lo mismo ocurre con la Ing. Mecánico-Tuberías.

Lo más conveniente es que se genere el menor número de cambios, pues casi todos los documentos están interrelacionados y cualquier modificación afectará a la mayoría.

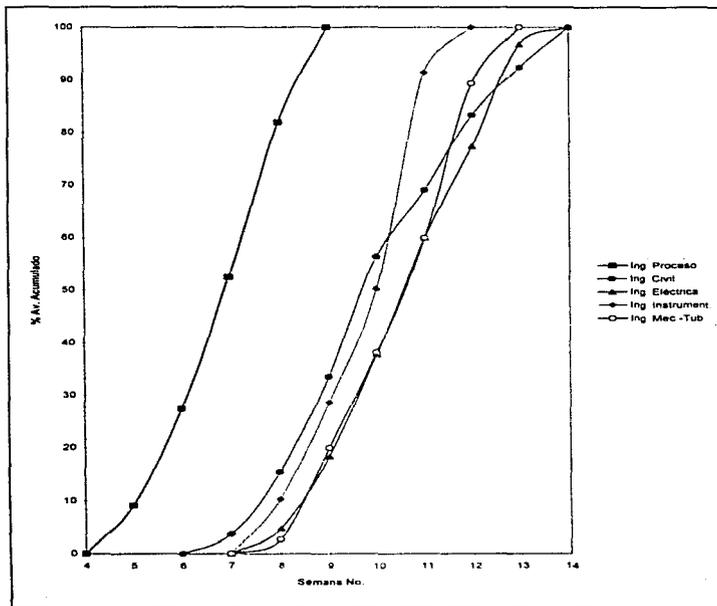


Fig. 4.5. Curva de Avance (Estimado).

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presupuesto de un proyecto se puede calcular de acuerdo a proyectos similares (por factores), tomando en cuenta las experiencias o bien en base a cotizaciones. La forma que se aplique dependerá principalmente del tamaño del proyecto (escalación), de su complejidad y de la similitud con otros proyectos.

En este caso el presupuesto, bajo el cual se debe de controlar el proyecto en términos monetarios, se obtuvo tomando como referencia cuatro proyectos similares, obteniendo el siguiente resultado:

Concepto	MONTO (U.S.D.)
Pretratamiento	\$ 8,500
Tratamiento Primario	\$ 5,400
Tratamiento Secundario	\$ 190,000
TOTAL	\$ 203,900

Tabla 4.5. Presupuesto del Proyecto.

Como podrá recordarse, estos tres conceptos son las etapas que se describen en el alcance del proyecto al inicio de este capítulo.

ORGANIZACIÓN

ORGANIGRAMA

La organización del proyecto en estudio tiene una estructura de matriz, con una ligera variación de la estructura original descrita en el capítulo 3.

Como en una estructura de matriz, el Director de cada departamento tiene la responsabilidad técnica correspondiente a su disciplina y el Director de Proyecto tiene la responsabilidad global, pero en este caso, éste a su vez tiene a su cargo a un residente en campo, con el objeto de tener un mejor control en la ejecución de la obra, y a un auxiliar, para mantener una continuidad en la coordinación del proyecto en caso de que necesite ir a campo.

Esta estructura organizacional se muestra en la figura 4.6.

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DEL DIRECTOR DE PROYECTO.

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO.

El Director de Proyecto es el responsable, ante el Director General de Proyectos, de la integración total del proyecto que incluye evaluar cada decisión del proyecto y determinar como impacta a otras tareas, al programa y al presupuesto.

FUNCIONES BÁSICAS.

El Director de Proyecto tiene principalmente las siguientes funciones:

1. Revisa el alcance establecido en el contrato, así como las condiciones de facturación y cobranza del proyecto.
2. Coordina las actividades técnico-administrativas del proyecto.
3. Integra y analiza la información de cada departamento.
4. Mantiene estricto control sobre el programa de ejecución y el presupuesto, informando al Director General de Proyectos de cualquier cambio.
5. Coordina la estimación y negocia con el cliente los cambios de alcance antes de realizarlos.
6. Da seguimiento a la cobranza del proyecto.
7. Supervisa la ejecución de los trabajos del proyecto.
8. Autoriza todos los pagos referentes al proyecto.
9. Elabora el reporte de avance para el cliente e interno.
10. Coordina los chequeos cruzados.

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DEL RESIDENTE EN CAMPO.

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO.

El Residente en campo es el responsable ante el Director de Proyecto del avance de la obra, así como de la adecuada ejecución de las actividades en campo.

FUNCIONES BÁSICAS.

1. Informa al Director de Proyecto del avance de la obra, así como de los problemas presentados por el clima, falta de personal, falta de información, etc.
2. Mantiene dirección y control sobre cada contratista.
3. Revisa los pagos para los contratistas, verificando precios unitarios y cantidad de trabajo realizado.
4. Contrata la maquinaria pesada necesaria.
5. Recibe y almacena el material y equipo para la obra.
6. Es responsable de la bitácora de obra.
7. Lleva archivo fotográfico del avance.
8. Junto con el Director de Proyecto coordina las actividades en campo.

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE CADA DIRECTOR DE DPTO.

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO.

El Director de Departamento es el responsable ante el Director General y el Director de Proyecto de la administración y dirección del personal del departamento así como de la aplicación de la técnica adecuada y el cumplimiento satisfactorio de las actividades solicitadas por el Director de Proyecto.

FUNCIONES BÁSICAS.

El Director de Departamento tiene principalmente las siguientes funciones:

1. Organiza el departamento, asigna personal a los proyectos y los supervisa.
2. Programa la utilización del personal dentro de los proyectos y dentro del departamento.
3. Mantiene una constante capacitación del personal del departamento.
4. Estima y pronostica costos del departamento.
5. Aconseja en lo relacionado con las últimas tendencias técnicas, criterios de diseño de proyectos anteriores y de proyectos en ejecución.
6. Proporciona asistencia técnica para la preparación de propuestas, supervisión en campo, ventas, compras, etc.

- 7. Revisa especificaciones de equipo o materiales, aprueba dibujos y especificaciones.

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DEL AUXILIAR.

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

- El auxiliar es el responsable ante el Director de Proyecto de la adecuada coordinación de todos los departamentos involucrados para la ejecución del proyecto.

FUNCIONES BÁSICAS.

1. Distribuye la información necesaria a cada departamento oportunamente.
2. Archiva todos los documentos referentes al proyecto.
- 3. En ausencia del Director de Proyecto, da seguimiento a la coordinación y ejecución del proyecto.
4. Realiza una proyección periódica de los pagos a realizarse, para ser, posteriormente, autorizados por el Director de Proyecto.
5. Establece la comunicación con el cliente, en caso de no encontrarse el Director de Proyecto.

FLUJO DE INFORMACIÓN.

Toda la comunicación con el cliente se hará a través del Director de Proyecto de la compañía; así mismo ésta será por medio del Director de Proyecto del cliente.

Dentro de la compañía, toda la información se concentra en el Director de Proyecto, que a su vez pasa al departamento correspondiente si es necesario. En cada departamento se generarán documentos e informes que se concentrarán en el Director de Departamento, quien la entregará al Director de Proyecto para su información y/o comentarios. A la vez, éste comunicará, de ser necesario, al Residente para su información y posibles comentarios.

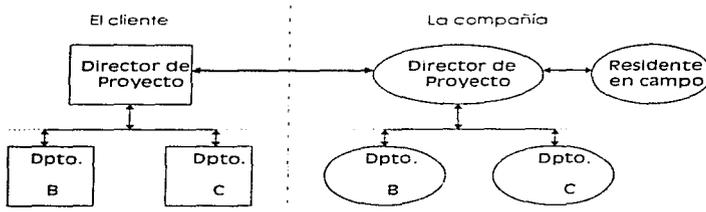


Fig. 4.7. Diagrama de Flujo de Información.

CORRESPONDENCIA.

La correspondencia al cliente se identificará de la siguiente manera:

Atención : Ing.

"El cliente"

Referencia: Planta de Tratamiento de Agua Residual.

Proyecto : Monterrey, N. L.

De : Ing.

"La compañía"

Asunto :

El contenido de la correspondencia deberá ser claro y referirse, en lo posible a un solo asunto. Los envíos deberán contar con la fecha de emisión y serán a través del Director de Proyecto.

CLASIFICACIÓN DE INFORMACIÓN.

En relación con la información recibida o entregada, esta se dividirá en:

A. Técnica del cliente

Toda la información técnica proporcionada por el cliente será entregada al Director de Proyecto, quien la analizará, asignará un núm. de archivo y si el

contenido se refiere a alguna disciplina en específico, entregará copia al Director de Departamento correspondiente.

Si la información suministrada modifica o cancela otra editada con anterioridad, el Director de Proyecto lo hará saber a los Directores de Departamento interesados.

El número de archivo estará constituido por el número de proyecto (que asigna el Director General) y la letra que tipifica la información.

B. Técnica al cliente

La información técnica al cliente deberá entregarse fechada y firmada por el Director de Proyecto de la compañía, notificando si dicha información modifica a alguna anterior.

La información que sea para aprobación deberá entregarse al Director de Proyecto del cliente. Esta información la entregará el Director de Proyecto o el Residente, una vez que se le haya enviado por paquetería.

C. De Diseño a Procuración/

De Procuración a Diseño.

El Director de Departamento entregará copia de la información necesaria para la procuración de equipo o material al Director de Proyecto, quien la

analizará, aprobará y archivará. Este último entregará copia al Director de Procuración para la requisición y compra.

Antes de la compra de cualquier equipo o material, se realizará una tabla comparativa de las cotizaciones recibidas que se realizará en el Departamento de Compras (mínimo deberán ser 3 cotizaciones). La tabla comparativa y cada cotización deberá ser entregada al Director de Proyecto para comentarios y archivo. Este aprobará la compra junto con el Director de Departamento correspondiente.

Aprobada la cotización, el Director de Compras efectuará la compra con la orden de compra firmada por el Director de Proyecto.

La numeración de las órdenes de compra se hará con números progresivos, precedidos del número de proyecto de la compañía. El Director de Proyecto llevará el control de esta numeración.

D. Hojas de envío.

Cuando se requiera enviar planos, se hará una hoja de envío especificando la cantidad de planos que se envían, el título y número de los mismos, original o copia y si es para información y comentarios, para aprobación, etc.

Estas hojas tendrán número progresivo, precedido del número de proyecto de la compañía. El Director de Proyecto llevará el control de esta numeración.

E. De o A otras fuentes.

Toda la información de o para otras fuentes, deberá ser canalizada por el Director de Proyecto, quien determinará si otras personas del proyecto tienen ingerencia en dicha información, para hacerlas intervenir.

PLANOS.

Los planos generados serán de 90X60 cm en papel bond para revisión. Cuando sean generados para aprobación se imprimirán en papel herculene y se obtendrán dos copias heliográficas.

Todos los planos deben contener la información necesaria, tal como planos de referencia, notas y simbología. El formato de los planos debe seguir el formato general de la compañía.

AUTORIZACIÓN DE DOCUMENTOS.

Todos los planos de construcción deberán ser autorizados por el cliente antes de iniciarse su edificación.

CAMBIOS DE ALCANCE.

Todos los cambios efectuados por el cliente serán analizados por el Director de Proyecto, a fin de que éste defina y comunique a los grupos afectados. Dichos cambios serán reportados al Director General.

Los posibles efectos producidos por un cambio de alcance son los siguientes:

- Consumo de horas adicionales a las originalmente presupuestadas.
- No hay avance durante el tiempo que requiera la revisión.
- Reprogramación de actividades.
- Retraso en el tiempo programado de entrega del proyecto.

La reprogramación de actividades deberá elaborarse para cada especialidad por los Directores de Departamento afectados, en conjunto con el Director de Proyecto.

N O T A S

¹ P.T.A.R., Planta de Tratamiento de Agua Residual.

² Este punto se aclara con la segunda parte de este capítulo (Organización), donde se establece el organigrama de la empresa.

³ Un paquete de trabajo consiste en una unidad prácticamente independiente de una etapa. Por ejemplo: la etapa Ing de Detalle tiene diferentes paquetes de trabajo, entre los cuales se encuentra la Ing. Civil.

CAPÍTULO 5

CONTROL DE UNA P.T.A.R. PROCESO AEROBIO

CONTROL DE UNA P.T.A.R. I
PROCESO AEROBIO

CONTROL

De acuerdo a lo descrito en el capítulo 3, para llegar a cumplir con los objetivos del proyecto es necesario establecer estándares de control. Es decir, criterios que sean puntos de referencia para comparar los resultados y con esto corroborar que el proyecto se este ejecutando correctamente, o bien, determinar las desviaciones para establecer soluciones.

Los criterios de comparación para la P.T.A.R. se establecieron en el capítulo 4, donde se define el programa de obra y el presupuesto (para controlar el tiempo de ejecución y el costo, respectivamente).

Para el primer caso se toma como referencia el Programa Maestro, ya que es el programa que refleja el proyecto en su totalidad. Al finalizar cada mes, se analiza el avance de la obra, determinando las causas de las desviaciones y las posibles soluciones.

Con respecto al costo, cada mes se registran los montos que se han pagado y los que próximamente se pagarán. La suma de éstos se compara con el presupuesto que originalmente se estimó. Si la suma es menor, entonces los gastos que se están contemplando pagar podrán realizarse. Si la suma es mayor

CAPITULO 5. CONTROL DE UNA P.T.A.R. PROCESO AEROBIO.

que el presupuesto, entonces habrá que analizar la razón de esta desviación e intentar disminuir los montos por pagar.

RESULTADOS DEL PROYECTO: JUNIO Y JULIO.

Fecha: 14-Jun-96					
JUNIO	Presupuesto Original	Pagado a la Fecha	Por Pagar	Proyectado	Saldo
Pretratamiento	8,500.00	100.00	100.00	200.00	8,300.00
Tratamiento Primario	5,400.00	200.00	200.00	400.00	5,000.00
Tratamiento Secundario	190,000.00	1,314.71	1,314.71	2,629.41	187,370.59
TOTAL	203,900.00	1,614.71	1,614.71	3,229.41	200,670.59
Fecha 12-Jul-96					
JULIO	Presupuesto Original	Pagado a la Fecha	Por Pagar	Proyectado	Saldo
Pretratamiento	8,500.00	434.46	234.46	668.92	7,831.08
Tratamiento Primario	5,400.00	1,103.38	702.39	1,806.77	3,593.23
Tratamiento Secundario	190,000.00	10,552.24	18,486.60	29,038.84	160,961.16
TOTAL	203,900.00	12,090.08	19,424.45	31,514.53	172,385.47

Tabla 5.1 Flujo de efectivo en junio y julio.
(Montos en U.S.D.)

En el primer mes se realiza la Ing. Básica, durante la cual no se presentan problemas. En campo se generan algunos gastos por parte del residente de obra. Contrata personal especializado que realiza el estudio de mecánica de suelo y sondeo eléctrico. Solicita cotizaciones de contratistas que ejecuten la obra civil. Por otra parte es conveniente que conforme se vaya generando

documentación referente a la ingeniería del proyecto, se comunique al residente para su información (gastos de envío de documentos).

En la figura 5.1, se observa el corte del programa a finales de Junio y Julio. En el primero, el proyecto se encuentra dentro del tiempo establecido, mientras que a finales de Julio algunas de las actividades de Ing. de Detalle tienen un retraso de 1 semana. Esto se debe principalmente a las dificultades en el flujo de información con el cliente. Los planos y documentos se envían por paquetería (Cd. México-Monterrey). El cliente los revisa, comenta o aprueba y el residente los regresa (Monterrey-Cd. México). Por lo tanto, se decide discutir los cambios vía telefónica apoyándose de diagramas o esquemas enviados por fax, para finalmente editar los planos con las nuevas correcciones. Este retraso influye en la procuración de equipo y materiales, ya que no se tiene la información suficiente para la requisición y compra (retraso de 2 semanas).

Por especificaciones del cliente, no se puede iniciar la construcción de la obra, si los planos correspondientes no los ha aprobado. En un principio, esto obliga a poner especial atención al desarrollo de la Ing. Civil para evitar atrasos en la construcción, la cual se inicia a finales de Julio (construcción de laguna: tratamiento secundario) y consecuentemente en este mes las erogaciones se incrementan.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

ID	Nombre	Jun 96	Jul 96	Aug 96	Sep 96	Oct 96	Nov 96	Dec 96	Jan 97	Feb 97	Mar 97	A
1	Ing. Básica											
2	Diagrama de Flujo											
3	Balanza de M y Energía											
4	Descripción del Proceso											
5	Lista de Equipo Principal											
6	Diagrama de Serv. Aux.											
7	Facilidad de Operación											
8	Ing. de Detalle											
9	Ing. de Proceso											
10	Ing. Civil											
11	Ing. Eléctrica											
12	Ing. Instrumentación											
13	Ing. Mecánico Tuberias											
14	Procuración											
15	Requisición											
16	Compra											
17	Importación											
18	Construcción											
19	Leguna											
20	Trazo y Nivelación											
21	Mov. de Tierras											
22	Inst. de Recorrimiento											
23	Edif. de Control											
24	Trazo y Nivelación											
25	Excavación y Armado											
26	Embudo y Codo											
27	Acabados											
28	Inst. de Muestras											
29	Clarificadores											
30	Trazo y Nivelación											
31	Excavación y Armado											
32	Embudo y Codo											
33	Trampa de Grasas											
34	Trazo y Nivelación											
35	Excavación y Armado											
36	Embudo y Codo											
37	Tanque de Lodos											
38	Trazo y Nivelación											
39	Excavación y Armado											
40	Embudo y Codo											
41	Instalación											
42	Tramo de Aterrizaje											
43	Tubería de Aire											
44	Equipo											
45	Edif. y de Instrumentos											
46	Prueba - Arranque											
47	Trampa y Tanque de Lodos											
49	Tubería											
49	Equipo											
50	Instrumentos											
51	Leguna											
52	Arranque											

Tramo: [Barra] Proceso: [Barra] Aterrizaje: [Barra] Tubería: [Barra] Equipo: [Barra] Edif. y de Instrumentos: [Barra] Prueba - Arranque: [Barra] Tapa y Tanque de Lodos: [Barra] Tubería: [Barra] Equipo: [Barra] Instrumentos: [Barra] Leguna: [Barra] Arranque: [Barra]

Fig. 4.1 Avance de Obra Junio y Julio

RESULTADOS DEL PROYECTO: AGOSTO Y SEPTIEMBRE.

Fecha:12-Ago-96					
AGOSTO	Presupuesto Original	Pagado a la Fecha	Por Pagar	Proyectado	Saldó
Pretratamiento	8.500,00	2.060,37	3.246,71	5.307,08	3.192,92
Tratamiento Primario	5.400,00	2.225,20	418,42	2.643,62	2.756,38
Tratamiento Secundario	190.000,00	32.248,96	36.784,77	69.033,73	120.966,28
TOTAL	203.900,00	36.534,53	40.449,90	76.984,42	126.915,58
Fecha:17-Sep-96					
SEPTIEMBRE	Presupuesto Original	Pagado a la Fecha	Por Pagar	Proyectado	Saldó
Pretratamiento	8.500,00	7.966,07	1.623,36	9.589,43	(1.089,43)
Tratamiento Primario	5.400,00	3.699,05	1.055,43	4.754,47	645,53
Tratamiento Secundario	190.000,00	106.698,73	15.218,31	121.917,04	68.082,96
TOTAL	203.900,00	118.363,84	17.897,09	136.260,94	67.639,06

Tabla 5.2. Flujo de efectivo en Agosto y Septiembre (Montos en U.S.D.)

Aunque el flujo de información mejoró con los cambios establecidos en Julio, en Agosto se sigue observando un retraso en la Ing. de Detalle (Ver figura 5.2). Los cambios de alcance que han surgido por parte del cliente son la causa de éste. Algunos de los cambios son la localización de la trampa de grasas, los acabados del edificio y escaleras de acceso a la laguna. Para agilizar la aprobación de los documentos, se decide aclarar las dudas reuniéndose ingenieros de cada disciplina de la compañía con los del cliente.

En la construcción de la laguna se tiene 1 semana de demora, debido al clima que se presentó en las últimas semanas de Agosto: lluvias que provocaron inundación en las excavaciones, deslaves en los bordes de la laguna y suspensión de labores. Consecuentemente para restaurar los daños y recuperar el tiempo, se trabajo horas extras, aumentando en éste mes los gastos pero no en forma

considerable. El retraso no sólo se aprecia en la laguna, también en el edificio y los clarificadores.

Por otra parte, la requisición de materiales y equipos finaliza 3 semanas después de lo programado. La causa es el tiempo de duración de la Ing. de Detalle, pues la información necesaria se definió después del tiempo establecido. Asimismo, la compra de los materiales se atrasa.

En Septiembre la construcción de la laguna (movimiento de tierras) tiene dos semanas de demora y se estima 1 semana más, es decir finalizarán los trabajos en la primera semana de Octubre (1 semana de retraso implicó dos semanas para restaurar los daños provocados por las lluvias). Para evitar mayores atrasos, se establece iniciar la instalación del recubrimiento en la primera semana de Octubre. La instalación puede iniciarse por la zona este, mientras se terminan los trabajos de reconstrucción en la zona oeste de la laguna.

En las demás construcciones (edificio, clarificadores, trampa de grasas y tanque de lodos) se registra 1 semana más de demora. En esta ocasión el motivo son las bajas temperaturas manifestadas (0 - 5°C). Por especificación del cliente, con temperaturas menores a 7°C se suspenden las labores que requieran el uso de concreto.

En este mes, además de tener pagos de la obra civil, se generan gastos de procuración. Finaliza la compra de equipo y materiales e inician los trámites de importación.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

ID	Nombre	Jun 66	Jul 66	Aug 66	Sep 66	Oct 66	Nov 66	Dic 66	Ene 67	Feb 67	Mar 67	A
1	Ing. Básico	██████████										
2	Diagrama de Flujó	██████████										
3	Balances de M y Energía	██████████										
4	Descripción del Proceso	██████████										
5	Lista de Equipo Principal	██										
6	Diagrama de Serv. Aux	██										
7	Ficha de Operación	██████████										
8	Ing. de Detalle	██████████										
9	Ing. de Proceso	██████████										
10	Ing. Civil	██████████										
11	Ing. Eléctrica	██████████										
12	Ing. Instrumentación	██████████										
13	Ing. Mecánico-Tuberías	██████████										
14	Procuración	██████████										
15	Requisición	██████████										
16	Compra	██████████										
17	Importación	██████████										
18	Construcción	██████████										
19	Laguna	██████████										
20	Trazo y Nivelación	██████████										
21	Mov. de Tierra	██████████										
22	Inst. de Recubrimiento	██████████										
23	Edif. de Control	██████████										
24	Trazo y Nivelación	██████████										
25	Excavación y Armado	██████████										
26	Cimbra y Coidal	██████████										
27	Acabado	██████████										
28	Inst. de Muebles	██████████										
29	Clasificadores	██████████										
30	Trazo y Nivelación	██████████										
31	Excavación y Armado	██████████										
32	Cimbra y Coidal	██████████										
33	Trampa de Grasas	██████████										
34	Trazo y Nivelación	██████████										
35	Excavación y Armado	██████████										
36	Cimbra y Coidal	██████████										
37	Tanque de Lodos	██████████										
38	Trazo y Nivelación	██████████										
39	Excavación y Armado	██████████										
40	Cimbra y Coidal	██████████										
41	Instalación	██████████										
42	Tubería Hidráulica	██████████										
43	Tubería de Aire	██████████										
44	Equipo	██████████										
45	Élect. y de Instrumentos	██████████										
46	Prueba - Atanques	██████████										
47	Tanques y Tanque de Lodos	██████████										
48	Tubería	██████████										
49	Equipo	██████████										
50	Instrumentos	██████████										
51	Laguna	██████████										
52	Atanques	██████████										

Tubo ██████████ Paredes ██████████ Armas ██████████ Fajas ██████████

Fig. 4.2. Avance de Ocho Años y Setenta y Seis.

RESULTADOS DEL PROYECTO: OCTUBRE Y NOVIEMBRE.

Fecha: 14-Oct-96					
OCTUBRE	Presupuesto Original	Pagado a la Fecha	Por Pagar	Proyectado	Saldo
Pretratamiento	8.500,00	7.966,07	1.623,36	9.589,43	(1.089,43)
Tratamiento Primario	5.400,00	4.754,47	206,44	4.960,92	439,08
Tratamiento Secundario	190.000,00	136.959,76	31.580,07	168.539,83	21.460,17
TOTAL	203.900,00	149.680,31	33.409,87	183.090,17	20.809,83
Fecha: 11-Nov-96					
NOVIEMBRE	Presupuesto Original	Pagado a la Fecha	Por Pagar	Proyectado	Saldo
Pretratamiento	8.500,00	9.589,43	-	9.589,43	(1.089,43)
Tratamiento Primario	5.400,00	4.960,92	-	4.960,92	439,08
Tratamiento Secundario	190.000,00	175.750,45	9.443,61	185.194,06	4.805,94
TOTAL	203.900,00	190.300,79	9.443,61	199.744,40	4.155,60

Tabla 5.3. Flujo de efectivo en Octubre y Noviembre.
(Montos en U.S.D.)

En Octubre finaliza toda la construcción de la P.T.A.R.. El retraso de 2 semanas durante la obra, ahora se ve reflejado en la instalación y pruebas. El tiempo podría recuperarse pero implicaría mayores erogaciones, por lo que se platica con el cliente la posibilidad de arrancar la planta dos semanas después. Esta reprogramación la acepta el cliente, pues el retraso que se ha registrado fue causado principalmente por el clima desfavorable que se presentó, parámetro sobre el cual no hay control.

Los pagos principales que se realizan este mes son los finiquitos de las obras civiles (edificio, trampa de grasa, tanque de lodos), la instalación del recubrimiento, fletes e instalación de equipo.

En Noviembre concluye la instalación de los muebles del edificio, así como los acabados.

El tiempo destinado a las pruebas del tanque de lodos y de la trampa se aplaza una semana. En el tanque de lodos se presentaron fugas, por lo que se tuvo que vaciar el tanque, aplicar un sellador y volver a llenar para probar nuevamente. En este mes también se inicia el llenado de la laguna.

Las actividades que se realizan de ahora en adelante no implican gastos mayores, por lo que los pagos disminuyen considerablemente.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ID	Nombre	Jun 96	Jul 96	Aug 96	Sep 96	Oct 96	Nov 96	Dec 96	Jan 97	Feb 97	Mar 97	A
1	Ing. Básica	#####										
2	Diagrama de Flujos	#####										
3	Balances de M y Energía	#####										
4	Diseño del Proceso	#####										
5	Lista de Equipo Principal	#####										
6	Diagrama de Serv. Aux.	#####										
7	Flujograma de Operación	#####										
8	Ing. de Detalles	#####										
9	Ing. de Proceso	#####										
10	Ing. Civil	#####										
11	Ing. Eléctrica	#####										
12	Ing. Instrumentación	#####										
13	Ing. Mecánico-Tuberías	#####										
14	Procuración	#####										
15	Requisición	#####										
16	Compra	#####										
17	Importación	#####										
18	Construcción	#####										
19	Laguas	#####										
20	Trazo y Nivelación	#####										
21	Mov. de Terros	#####										
22	Inst. de Recourrament	#####										
23	Edif. de Control	#####										
24	Trazo y Nivelación	#####										
25	Excavación y Armado	#####										
26	Cimentado y Colado	#####										
27	Acabados	#####										
28	Inst. de Muebles	#####										
29	Clasificaciónes	#####										
30	Trazo y Nivelación	#####										
31	Excavación y Armado	#####										
32	Cimentado y Colado	#####										
33	Trazo de Grases	#####										
34	Trazo y Nivelación	#####										
35	Excavación y Armado	#####										
36	Cimentado y Colado	#####										
37	Tanque de Lodos	#####										
38	Trazo y Nivelación	#####										
39	Excavación y Armado	#####										
40	Cimentado y Colado	#####										
41	Instalación	#####										
42	Tuberías Principales	#####										
43	Tuberías de Agua	#####										
44	Equipo	#####										
45	Eqcd. y de Instrumentos	#####										
46	Prueba - Arranque	#####										
47	Trazo y Tanque de Lodos	#####										
48	Tuberías	#####										
49	Equipo	#####										
50	Instrumentos	#####										
51	Laguas	#####										
52	Arranque	#####										

Totales: ##### Periodo: ##### Aprovechamiento: ##### Fecha: #####

RESULTADOS DEL PROYECTO: DICIEMBRE Y ENERO.

Fecha 16-Dic-96					
DICIEMBRE	Presupuesto Original	Pagado a la Fecha	Por Pagar	Proyectado	Saldo
Pretratamiento	8,500.00	9,589.43	-	9,589.43	(1,089.43)
Tratamiento Primario	5,400.00	4,754.47	-	4,754.47	645.53
Tratamiento Secundario	190,000.00	185,194.05	2,076.32	187,270.37	2,729.63
TOTAL	203,900.00	199,537.95	2,076.32	201,614.27	2,285.73
Fecha 13-Ene-97					
ENERO	Presupuesto Original	Pagado a la Fecha	Por Pagar	Proyectado	Saldo
Pretratamiento	8,500.00	9,589.43	-	9,589.43	(1,089.43)
Tratamiento Primario	5,400.00	4,960.92	-	4,960.92	439.08
Tratamiento Secundario	190,000.00	187,270.37	-	187,270.37	2,729.63
TOTAL	203,900.00	201,820.71	-	201,820.71	2,079.29

Tabla 5.4 Flujo de efectivo en Diciembre y Enero.
(Montos en U.S.D.)

En Diciembre la instalación y las pruebas finalizan con un retraso de 1 y 2 semanas, respectivamente. Esto se debe a que el cliente no ha suministrado energía eléctrica para dichas pruebas. Por lo tanto, el arranque se retrasa 1 semana más.

Por último, en Enero inicia el arranque de la planta.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ID	Name	Jun 67	Jul 67	Aug 67	Sep 67	Oct 67	Nov 67	Dic 67	Jan 68	Feb 68	Mar 68	A
1	Ing. Básica											
2	Diagrama de Flujo											
3	Balances de M. y Energía											
4	Descripción del Proceso											
5	Lista de Equipos Principales											
6	Diagrama de Serv. Aux.											
7	Factores de Dimensionación											
8	Ing. de Detalle											
9	Ing. de Proceso											
10	Ing. Civil											
11	Ing. Eléctrica											
12	Ing. Instrumentación											
13	Ing. Mecánico-Tuberías											
14	Proyección											
15	Requisición											
16	Cometa											
17	Importación											
18	Construcción											
19	Leguas											
20	Trazo y Nivelación											
21	Mov. de Tierras											
22	Inst. de Reclutamiento											
23	Edif. de Control											
24	Trazo y Nivelación											
25	Excavación y Armado											
26	Colado y Cobado											
27	Acabados											
28	Inst. de Saneamiento											
29	Clasificadores											
30	Trazo y Nivelación											
31	Excavación y Armado											
32	Colado y Cobado											
33	Trampa de Grasas											
34	Trazo y Nivelación											
35	Excavación y Armado											
36	Colado y Cobado											
37	Tanque de Lodos											
38	Trazo y Nivelación											
39	Excavación y Armado											
40	Colado y Cobado											
41	Instalación											
42	Tubería Resaca											
43	Tubería de Aire											
44	Equipo											
45	Elect. y de Instrumentos											
46	Prueba - Arranque											
47	Trampa y Tanque de Lodos											
48	Tubería											
49	Equipo											
50	Instrumentos											
51	Leguas											
52	Arranque											

Total

Proyecto

Asesor

Tiempo

Presupuesto

Fig. 4.4. Asociación de Diagrama de Gantt

De acuerdo con la tabla 5.4 y la figura 5.5. (gráfica del costo del proyecto estimado contra el costo real), se observa que en el pretratamiento se sobrepasó el monto estimado (por 1,089.43 USD), en el tratamiento primario se gastó prácticamente lo presupuestado (439.08 USD menos) y en el tratamiento secundario se obtuvo el mayor saldo (2,729.63 USD). En general, se obtuvo un ahorro de 2,079.29 USD.

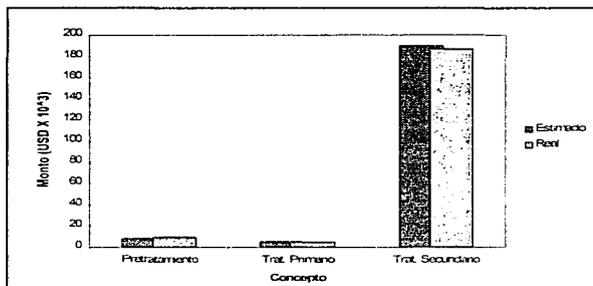


Fig. 5.5. Costo Estimado VS Costo Real

Como se recordará, el presupuesto se estimó por factores de acuerdo a proyectos similares (tabla 5.5). Durante la ejecución de la P.T.A.R., sufrió algunas modificaciones. Estas fueron ocasionadas por: 1) los cambios de alcance y contratiempos, mencionados anteriormente, y; 2) al ser sólo una estimación es factible que no coincida con los costos reales, que se obtienen hasta el momento

de adquirir cotizaciones. El presupuesto final (tabla 5.6) servirá como base para futuras estimaciones, logrando tener una retroalimentación entre proyectos.

Concepto	Monto (USD)
Pretratamiento	8.500,00
Trat. Primario	5.400,00
Trat. Secundario	190.000,00
TOTAL	203.900,00

Tabla 5.5. Presupuesto Original

Concepto	Monto (USD)
Pretratamiento	9.589,43
Trat. Primario	4.960,92
Trat. Secundario	187.270,37
TOTAL	201.820,71

Tabla 5.6. Presupuesto Final.

RETROALIMENTACIÓN

Concepto	Monto (USD)
Pretratamiento	xxx
Trat. Primario	xxx
Trat. Secundario	xxx
TOTAL	xxx

Tabla 5.7. Presupuesto Original de Futuros Proyectos

En la fig. 5.6. se muestra el comportamiento del proyecto expresado en términos monetarios durante el tiempo de ejecución. Al inicio, los recursos que se requirieron son mínimos, pues el proyecto se encuentra en la etapa de

concepción?. Después se incrementan considerablemente (etapa de desarrollo) y finalmente disminuyen hasta concluir el proyecto.

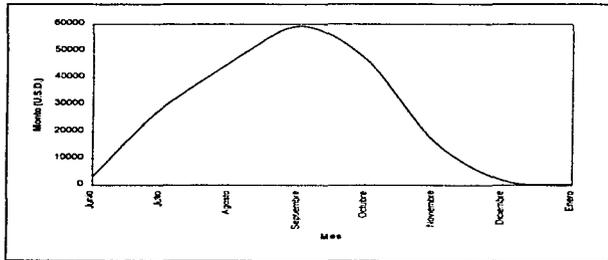


Fig. 5.6 Distribución de los recursos.

Cualquier proyecto sigue este comportamiento, independientemente de la forma en que se expresen los recursos empleados: horas-hombre, horas-máquina, dinero, etc. A continuación se muestra la curva de avance real para las diferentes disciplinas de la Ing. de Detalle, expresadas en horas-hombre cuya tendencia de crecimiento es similar a la anterior.

Comparando esta gráfica con la establecida en la planeación (capítulo 4) puede observarse una ligera desviación, causada por los motivos que se han descrito anteriormente.

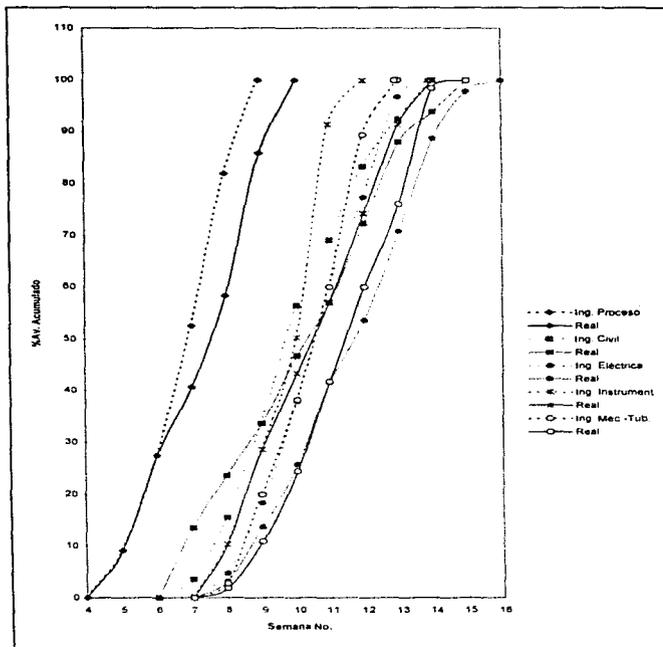


Fig 5.B. Curva de Avance (Estimado y Real).

N O T A S

- ¹ P.T.A.R., Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- ² Las etapas de un proyecto se mencionan en el Capítulo 3 (ciclo de vida).

CONCLUSIÓN

CONCLUSIÓN

La Administración de Proyectos es una disciplina utilizada en diferentes organizaciones con el único objetivo de optimizar sus recursos y obtener los resultados deseados.

Todas las funciones de la Administración de Proyectos son importantes. La **planeación** define con claridad el objetivo en alcance, costo y tiempo; la optimización de recursos humanos y materiales se logra con la **organización**; sin **dirección** no habría quien motivara o tomara las decisiones concernientes al proyecto; por último, el **control** permite determinar puntos de referencia para evaluar el curso del proyecto.

Enfocando las funciones administrativas a la ejecución de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (P.T.A.R.) se reafirma la importancia de cada una. La planeación al inicio del proyecto definió el objetivo, delimitó las actividades y principalmente constituyó la base para llevar a cabo el control. Esto no quiere decir que la planeación se desempeñó sólo al principio. Durante todo el proyecto se continuó programando (programas de pagos, subprogramas de actividades: pre-arraque, etc.). Por otra parte, la planeación fue esencial dentro de la misma empresa para establecer el momento en que se requerían ciertos recursos (materiales y humanos) para evitar contratiempos en proyectos paralelos.

6. CONCLUSIÓN

Al definir la organización del proyecto se establecieron responsables, canales de comunicación (sobretudo con el cliente) y el organigrama, facilitando el flujo de información. En el momento de presentarse algún problema se supo a quien acudir, evitando esfuerzos innecesarios y optimizando el tiempo de respuesta.

La dirección fue clave especialmente en los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre, puesto que el volumen de trabajo aunado con los retrasos originó un ambiente de estrés entre el personal, que se pudo controlar con la motivación y supervisión de tareas, tratando de permanecer con un tipo de liderazgo participativo.

Por último, el control fue la guía de todas las actividades. Se pudieron tomar decisiones preventivas y correctivas para poder lograr los objetivos. Los resultados obtenidos (en costo y tiempo) servirán de pauta para proyectos similares. Consecuentemente la retroalimentación es elemental para evitar que se repitan los mismos errores y poder progresar en conjunto.

La Administración de Proyectos facilita la ejecución del trabajo, pero no garantiza cumplir con el 100% del alcance, en el tiempo establecido (ni un día más ni un día menos) y con el presupuesto determinado. Esto se debe a que en la realización de las actividades influyen factores externos, sobre los cuales no se puede tener pleno control (el clima, devaluaciones, restricciones del cliente para el acceso a la planta, alcances fuera de límites de batería). Sin embargo, lo que sí se puede hacer es minimizar las desviaciones, logrando un equilibrio entre el

6. CONCLUSIÓN.

alcance, tiempo y costo, dando prioridad al concepto de mayor importancia para la compañía.

En el caso de la P.T.A.R, la prioridad era el tiempo, por lo que se pagaron horas extras, se rentó maquinaria pesada, se realizaron actividades conjuntas (por ejemplo, trabajos de remodelación de terracerías y colocación del recubrimiento).

No obstante, siempre hay un límite que será definido de acuerdo al equilibrio que se quiera establecer. Finalmente en la P.T.A.R, hubo un retraso de tres semanas que se hubiera podido evitar invirtiendo mas dinero, pero se prefirió aceptar el retraso (previo acuerdo con el cliente) y con ello obtener un saldo a favor de 2,079.29 U.S.D.

El presente trabajo se orientó a la ejecución de una P.T.A.R., sin embargo, los principios de las funciones administrativas son los mismos para cualquier tipo de proyecto. Por esta razón el desarrollo de este tema puede ser una guía de consulta para la realización de otros proyectos en el aspecto administrativo, debido a que los conocimientos que se adquieren durante el estudio de la carrera de Ing. Química se aplican en la ejecución de un proyecto real, dándoles otro enfoque.

En el aspecto técnico también puede consultarse, pues se describen brevemente los diferentes tipos de tratamientos y su clasificación, así como los

6. CONCLUSIÓN

parámetros principales que se utilizan para la cuantificación de los contaminantes.

Por otra parte, se muestra la Administración de Proyectos desde el punto de vista de la compañía que ejecuta el proyecto (prestadora de servicios). Sin embargo los mismos lineamientos pueden aplicarse a la compañía que contrata dichos servicios (empresa operativa o cliente), pues se tendrá presente el alcance, tiempo, calidad y costo del proyecto.

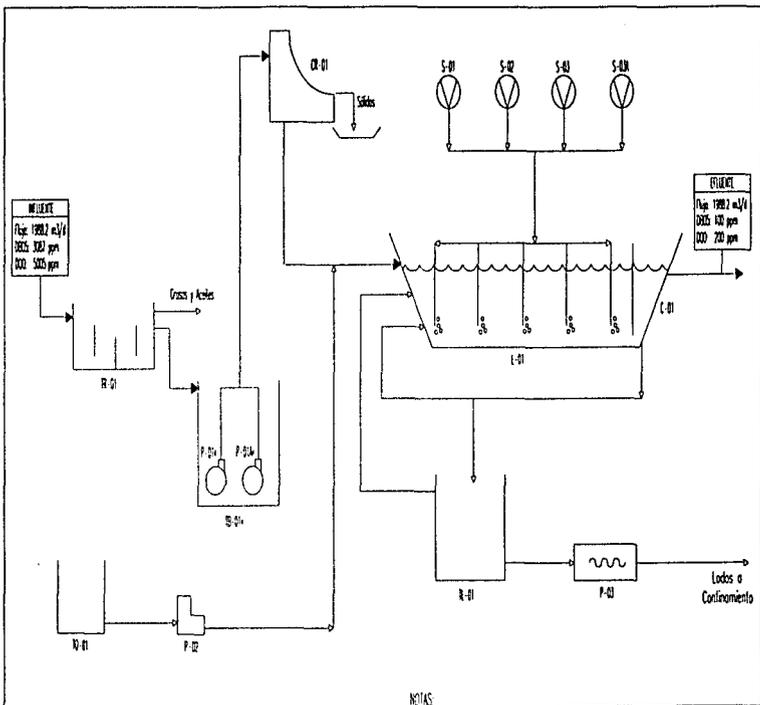
Por último las P.T.A.R., independientemente del tipo de proceso, contribuyen a la solución de la escasez del agua. El interés por el aprovechamiento de los recursos naturales cada día es mayor en todo el mundo. Esto aunado a las políticas gubernamentales que tienden a multar a las personas o entidades cuyas actividades afecten el ambiente (bajo ciertos parámetros), incrementa el interés por desarrollar la tecnología empleada en los diferentes tipos de tratamientos.

APÉNDICE A

**Límites Máximos Permisibles
según la NTE-CCA-03191**

PARÁMETROS	LÍMITES MÁX. PERMISIBLES	
	DIARIO	INSTANTÁNEO
Temperatura	---	40°C (313°K)
Potencial de Hidrógeno (pH)	6-9	6-9
Sólidos Sedimentables (m/L)	5.0	10.0
Grasas y Aceites (mg/L)	70.0	140.0
Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	10000.0	15000.0
Aluminio (mg/L)	10.0	20.0
Arsénico (mg/L)	2.0	4.0
Cadmio (mg/L)	0.5	1.0
Cianuro (mg/L)	1.0	2.0
Cobre (mg/L)	5.0	10.0
Cromo Hexavalente (mg/L)	0.5	1.0
Cromo Total (mg/L)	2.5	5.0
Fluor (mg/L)	20.0	60.0
Mercurio (mg/L)	0.01	0.02
Níquel (mg/L)	4.0	8.0
Plata (mg/L)	1.0	2.0
Plomo (mg/L)	1.0	2.0
Zinc (mg/L)	6.0	12.0
Fenoles (mg/L)	5.0	10.0
Susp. activada al azul de metileno (mg/L)	30.0	60.0

APÉNDICE B



NOTAS

* Equipo suministrado por el cliente.

RR-01	FR-01*	RS-01	RL-01	CR-01	CF-01	S-01/S2/S3/S4	P-01/P2/P3	P-02	P-03	L-01
Espejo de Grases y Aceites	Cámaras de Bombeo	Tanque de Saca	Tanque de Lodos	Cilindro	Clarificador	Sopladores	Bombas de Inyección	Bomba de Saca	Bomba de Lodos	Tanque de Lodos Activos

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO			
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES			
Dibujó	M.C.C.R.	Fecha	No. Plano
Aprobó	J.M.W.C.	12-11-95	M7956 10
			Revisión
			0

APÉNDICE C

**Horas-Hombre usuales para la
elección de una Planta Petroquímica**

Los datos de Horas-Hombre varían de acuerdo al tipo de proyecto (Plantas Farmacéuticas, de Alimentos, Químicas, etc) y de la tecnología empleada para desarrollar las tareas como computadoras, impresoras, etc. Plantas Petroquímicas se tienen los siguientes datos:

DISCIPLINA	HORAS - HOMBRE	
	INGENIERÍA	DIBUJO
Ingeniería de Proceso	81	81
Ingeniería Civil	57	97
Ingeniería Eléctrica	57	73
Ingeniería Mecánico-Tuberías	81	119
Ingeniería de Instrumentación	81	49
Nota: Horas-Hombre por documento		

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. BRICEÑO L., Pedro.
Administración y Dirección de Proyectos
Segunda Edición
Chile, edit. McGraw-Hill, 1995.
p.p.247

2. BUTRON SILVA, J.A.
Administración y Control de Proyectos de Plantas de Proceso
Tesis Maestría en Administración Industrial
Universidad Nacional Autónoma de México
Septiembre 1981.

3. HED R., Sven.
Manual de Planificación y Control de Proyectos
[s. ed.]
E.U.A., [s. e.], 1981.
p.p. 342

4. HYDROCARBON PROCESSING
Optimize Project Execution
Mensual
Enero 1994.
p.p. 116

5. JIMENEZ LEON, Leobardo.
Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso
Tesis Maestría en Ingeniería Química (Proyectos)
Universidad Nacional Autónoma de México
[s. f.]
6. JOHANSEN BERTOGLIO, Oscar.
Introducción a la Teoría General de Sistemas
Primera Edición
México, edit. Limusa, 1994.
p.p. 167
7. KERZNER, Harold.
Project Management: a systems approach to
planning, scheduling and controlling
[s. ed.]
[s. l.], [s. e.], [s. a.]
p.p.
8. KOONTZ, O'DONNELL
Curso de Administración Moderna
Sexta Edición
México, D. F., edit. McGraw-Hill, 1981.
p.p. 914
9. KOONTZ, WEHRICH
Administración: una perspectiva global
Cuarta Edición
México, D. F., edit. McGraw-Hill, 1994.
p.p. 745

10. LOZANO RÍOS, Leticia.
Administración de Proyectos
[s. ed.]
México, D. F., edit. UNAM, 1984.
p.p. 499
11. MANTEL & MEREDITH
Project Management
Third Edition
U.S.A., edit. John Wiley & Sons Inc., 1995.
p.p. 767
12. MONTAÑO G., Agustín.
Iniciación al Método del Camino Crítico
Tercera Edición
México, D. F., edit. Trillas, 1980.
p.p. 231
13. MORALES CABRERA, J. M.
Administración de la Calidad de Firmas de Ingeniería
Tesis de Maestría en Administración
Colegio de Estudios en Administración Superior
[s. f.]
14. RAMÍREZ CORTINA, Clementina R.
Tratamiento de Aguas Residuales Industriales
[s. ed.]
México, D. F., U.A.M., 1992.
p.p. 203

15. THIERAUF, KLEKAMP, GEEDING.
Principios y Aplicaciones de Administración
Primera Edición
México, D. F., edit. Limusa, 1983.
p.p.791
16. WINKLER, Michael A.
Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho
[s. ed.]
México, D. F., edit. Limusa, 1994.
p.p. 337