

# TESIS SIN PAGINACION

00568  
1/20

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO



FACULTAD DE QUIMICA

INGENIERIA DE PROYECTOS PARA  
PLANTAS DE PROCESO

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO  
EN INGENIERIA QUIMICA (PROYECTOS)

P R E S E N T A

LEOBARDO JIMENEZ LEON

MEXICO, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1994



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 está 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.

# INGENIERIA DE PROYECTOS PARA PLANTAS DE PROCESO

---

## INTRODUCCION

**CAPITULO I.** PANORAMA GENERAL DE LA INGENIERÍA DE PROYECTOS.

**CAPITULO II.** ESTUDIOS DE PREINVERSIÓN.

**CAPITULO III.** EVALUACIÓN, SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES.

**CAPITULO IV.** TECNOLOGÍA.

**CAPITULO V.** INGENIERÍA BÁSICA.

**CAPITULO VI.** INGENIERÍA DE DETALLE.

**CAPITULO VII. COMPRA DE MAQUINARIA Y EQUIPO.**

**CAPITULO VIII. CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS INDUSTRIALES E  
INSTALACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO.**

**CAPITULO IX. PRUEBA Y ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES.**

**CAPITULO X. ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.**

**CONCLUSIONES**

**BIBLIOGRAFIA**

# INTRODUCCION

---

---

La Ingeniería de Proyectos para plantas de proceso en México se ha desarrollado como resultado del crecimiento industrial del país; antes de 1940 casi la totalidad de las plantas industriales que se instalaban en México se proyectaban con Ingeniería desarrollada por firmas de ingeniería extranjeras, además el aspecto operativo y el mantenimiento de las plantas estaba también a cargo de dichas firmas extranjeras.

Las compañías diseñadoras aprovechándose de esta situación cobraban grandes cantidades de dinero no solo por usar sus diseños, sino también por la asesoría y regalías en función del equipo instalado y capacidad de producción.

Esta situación prevaleció hasta hace 20 años aproximadamente, disminuyendo en forma paulatina de entonces a la fecha, ya que a medida que los requerimientos del país fueron incrementándose, hubo la necesidad de aprovechar la experiencia obtenida de las plantas en operación con el objeto de empezar a desarrollar Ingeniería de Detalle, al principio en forma muy limitada ya que no se contaba con el soporte técnico suficiente teniéndose que recurrir en muchas ocasiones a la asesoría de firmas de ingeniería transnacionales adoptándose en la gran mayoría de los casos los procedimientos de trabajo, las normas,

especificaciones y en general todo lo relacionado con el trabajo de proyectos de dichas firmas de ingeniería. Sin embargo, en recientes años las grandes inversiones de los sectores público y privado dentro de la Química de Refinación de Petróleo, Petroquímica Básica y Petroquímica Secundaria, dieron origen a la formación y desarrollo de diversas compañías de ingeniería, desde las más modestas hasta las que disponen en la actualidad de grandes recursos técnicos y humanos.

El desarrollo continuó en nuestro país exige un constante impulso de la Ingeniería de Proyectos. Para lograr esto se requiere, entre otras, cosas una preparación adecuada en esta área de los ingenieros recién egresados de las universidades y que participarán en el desarrollo de proyectos industriales.

Conociendo esta necesidad se elabora este trabajo con los siguientes objetivos:

1.- Proporcionar a los ingenieros recién egresados de la licenciatura y que iniciarán su trabajo profesional en una firma de ingeniería en la que se diseñen y construyan plantas de proceso, un panorama general de la Ingeniería de Proyectos, en el que conozcan los objetivos de esta área de la ingeniería, las etapas que la componen, objetivo e importancia de cada una de ellas, actividades más importantes y cómo se interrelacionan. Esto les permitirá tener un conocimiento tanto de la ubicación que tiene la Ingeniería de Proyectos dentro de la Ingeniería en general, así como también les permitirá ubicarse más rápidamente en sus actividades dentro de esta área de trabajo.

2.- Proporcionar a los alumnos que inician el estudio de la Maestría en Ingeniería de Proyectos, información que les permita desde el inicio ubicar a esta área de la ingeniería, facilitar la introducción a su estudio y ubicar el contenido programático de cada curso recibido dentro de la Ingeniería de Proyectos.

3.- Proponer los temas y la secuencia en que se tratan en este trabajo para ser considerados en la elaboración de un curso de Ingeniería de Proyectos que forme parte del programa de estudios a nivel licenciatura para las carreras de ingeniería relacionadas con la industria de procesos como son; Ingeniería Química, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química Industrial, Ingeniería en Alimentos, Ingeniería en Energía, etc. Además se propone el contenido de este trabajo como guía de estudio para los estudiantes de dicho curso.

4.- También se desea que sirva como fuente de información no sólo al Ingeniero Proyectista o aquel que trate de serlo, sino a todo ingeniero que esté relacionado con la industria de proceso.

Para lograr los objetivos expuestos se presentan los siguientes capítulos:

## **CAPITULO I.- Panorama General de la Ingeniería de Proyectos.**

Es un hecho, por muchos reconocido que si al abordar un tema, se inicia por un panorama general de éste y se continúa mencionando con especial énfasis los subtemas, sus objetivos y sus características principales, permitirá una mayor ubicación del alumno desde el inicio de sus estudios. Es similar a explorar un bosque, si el explorador sobrevuela primero el lugar, luego, cuando esté en tierra, entre árboles, tendrá mayores puntos de referencia para conocer su ubicación.

En este primer capítulo se enlistan las etapas que componen un proyecto industrial y se menciona brevemente en que consiste cada una de ellas. Estas etapas serán tratadas posteriormente con más detalle, una en cada capítulo de este trabajo.

## **CAPITULO II.- Estudios de preinversión.**

Es importante conocer si un Proyecto será o no rentable, en este capítulo se explican los dos principales aspectos a considerar para determinar dicha rentabilidad y se dan lineamientos generales para efectuarla.

## **CAPITULO III.- Evaluación, Selección y Adquisición de Procesos Industriales.**

Es frecuente la necesidad de adquirir tecnología, no es un procedimiento fácil, se deben evaluar varias alternativas, seleccionar las más adecuadas y después adquirirla, para todo esto deben ser considerados una gran cantidad de criterios, en este capítulo se mencionan y explican dichos criterios, y se propone una metodología para evaluar y seleccionar tecnología.

## **CAPITULO IV.- Tecnología**

Resulta imprescindible abordar el tema de tecnología en un tratado de Ingeniería de Proyectos.

Este capítulo se divide en dos partes, la primera expone el significado y da la diferencia entre investigación científica e investigación tecnológica. Además se explican los conceptos de desarrollo, asimilación, adaptación e innovación de tecnología,



y se describe la metodología de módulos básicos propuesta por José Giral Barnés, la cual proporciona un punto de partida para el desarrollo y adaptación de tecnología. En la segunda parte se propone una metodología para la investigación y desarrollo de nuevos procesos ayudándose del concepto de módulos básicos.

## **CAPITULO V.- Ingeniería Básica.**

La información tecnológica que indica cómo elaborar a nivel industrial un producto es presentada en documentos de diseño, al conjunto de estos documentos se le conoce como Ingeniería Básica. Es importante conocer estos documentos, la información requerida para elaborarlos, cómo elaborarlos e interpretarlos y la utilidad de cada uno de ellos. Estos puntos han sido exhaustivamente buscados en la bibliografía, sin embargo ha sido muy poca la información que de ellos ha sido encontrada, para muchos documentos de diseño se ha encontrado información incompleta y/o muy superficial. Esto representa una gran dificultad para todo aquel que quiere conocer la Ingeniería Básica y las características de los documentos que la integran.

En este trabajo se describen en forma amplia cada uno de dichos documentos y se presenta un ejemplo de cada uno de ellos, todos referidos a una misma planta industrial. Para este capítulo se contó con los valiosos comentarios y sugerencias de varios ingenieros con amplia y reconocida experiencia en la Ingeniería de Proyectos que laboran en empresas tales como Bufete Industrial, Instituto Mexicano del Petróleo, PEMEX, ICA Industrial y el Instituto de Investigaciones Eléctricas.

## **CAPITULO VI.- Ingeniería de Detalle.**

En este capítulo se presenta, primero la diferencia entre la Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalle, y el objetivo de esta última, posteriormente se mencionan el tipo de especialidades que en ella intervienen, así como las principales actividades que cada especialidad efectúa y la secuencia para desarrollarlas.

## **CAPITULO VII.- Adquisición de Equipo, Materiales e Instrumentos.**

El personal encargado de la adquisición de equipos, materiales e instrumentos en una firma de Ingeniería tiene como objetivo vigilar que las adquisiciones cumplan con las especificaciones técnicas requeridas, las entregas sean en las fechas preestablecidas y se logre el menor costo posible.

Para lograr esto se efectúa un gran número de actividades que son clasificadas en 3 áreas: Explotación, Inspección y Tráfico, las cuales son explicadas en este capítulo.

## **CAPITULO VIII.- Construcción de la Planta Industrial e Instalación de Maquinaria y Equipo.**

En este capítulo se describen las fases más importantes que se siguen para construir la planta industrial e instalar la maquinaria y equipo.

## **CAPITULO IX.- Prueba y Arranque de Plantas Industriales.**

Antes de arrancar la planta se prueba el correcto funcionamiento de todos sus componentes, en este capítulo se describen las principales pruebas a realizar, así como las fases principales en que se efectúa el arranque de la planta.

## **CAPITULO X.- Administración de Proyectos.**

En este último capítulo se describen los cuatro elementos de las funciones administrativas, se exponen algunas técnicas de programación de proyectos, sus ventajas y desventajas así como el campo de aplicación de cada una de ellas. Además se presentan los principales tipos de organización de las firmas de ingeniería y sus características relevantes. Y por último se presentan los principales tipos de contratos acordados entre la firma de ingeniería y su cliente, mencionándose características, ventajas y desventajas de cada tipo de contrato.

Las características más notables de este trabajo son:

1.- **Enfoque práctico.** En este trabajo no solo se explican los principales documentos de diseño elaborados durante la Ingeniería Básica y la Ingeniería de Detalle de un Proyecto, sino además se da un ejemplo de ellos, y para lograr una mayor comprensión todos los ejemplos son referidos a una misma planta industrial. Por medio del ejemplo único desarrollado a lo largo del trabajo y por los comentarios que se van haciendo, se pretende crear en el estudiante un criterio integrador, tan necesario en el estudio de proyectos industriales. Además el

ejemplo sirve no solo como una guía sino también como un formato real para la presentación de un proyecto industrial en el curso que se propone a nivel licenciatura sobre Ingeniería de Proyectos.

2.- **Enfasis en lo fundamental.** Son tantas las disciplinas que intervienen en un proyecto industrial, que si se presentara una teoría profunda de cada una de ellas, probablemente el estudiante que apenas se va a iniciar en el estudio del tema se confundiría más de lo que lograría aprender. Bajo este criterio, se presenta la teoría elemental poniendo especial énfasis sólo en los puntos más importantes de cada una de las etapas que van interviniendo en el proyecto. Con esto se pretende que el estudiante no desvíe su atención a cuestiones puramente teóricas sobre una materia que es evidentemente práctica. Se recomienda una amplia bibliografía para quienes deseen profundizar en la teoría.

3.- **Utilidad para las diversas áreas de la Ingeniería.** Por el carácter multidisciplinario de la Ingeniería de Proyectos, el texto no se ha enfocado hacia una área en especial ya que se pretende sea estudiado por diferentes áreas de la ingeniería (Ingenieros Eléctricos, Ingenieros Mecánicos, Ingenieros Bioquímicos, Ingenieros en Alimentos, Ingenieros en Energía, Ingenieros Químicos, Ingenieros Civiles, etc.) Considerando que este trabajo va dirigido a personas que laboran en diferentes ramas de la Ingeniería y que apenas se iniciarán en el estudio de proyectos industriales se ha cuidado en todo momento el aspecto didáctico, estudiando la secuencia más adecuada para abordar cada tema y subtema, y se ha tratado de dar las explicaciones de la manera más sencilla y clara posible, sin que ello implique un detrimento en la calidad de la información.

## CAPITULO UNO

### PANORAMA GENERAL DE LA INGENIERIA DE PROYECTOS

---

Básicamente, un proyecto industrial consiste en: el estudio, diseño, compra e instalación de los equipos y accesorios de una planta industrial.

Para el desarrollo de un proyecto industrial es necesario realizar un gran número de actividades las cuales pueden ser agrupadas en las etapas que a continuación se muestran.

- 1.- Selección del proceso
- 2.- Adquisición de tecnología
- 3.- Estudio de mercado
- 4.- Estimación preliminar de costo
- 5.- Estudio de factibilidad económica
- 6.- Selección del lugar de ubicación del proyecto
- 7.- Desarrollo de la ingeniería básica
- 8.- Desarrollo de la ingeniería de detalle
- 9.- Adquisición de equipo y materiales
- 10.- Construcción
- 11.- Instalación de equipo y materiales
- 12.- Prueba y arranque de la planta industrial

## 1.1 SELECCION DEL PROCESO

Es posible que se encuentren disponibles procesos diferentes para elaborar un mismo producto de calidad aproximadamente igual, si éste es el caso, nos corresponde seleccionar de entre esos procesos existentes el más adecuado de acuerdo a nuestras necesidades y limitaciones técnicas y económicas.

## 1.2 ADQUISICION DE TECNOLOGIA

Es probable que el proceso adecuado para elaborar el producto deseado ya ha sido desarrollado en alguna parte del mundo, y se esté en la posibilidad de adquirir la licencia para utilizarlo, en tal caso, se seguirá un procedimiento para la adquisición de esta tecnología, dicho procedimiento consiste entre otras cosas de: búsqueda y contacto con los dueños de la tecnología, evaluación técnica-económica de ésta, así como evaluación del contrato de adquisición, y negociación en las condiciones de compra con los dueños de la tecnología.

## 1.3 ESTUDIOS DE PREINVERSION

Se persiguen varios objetivos en un proyecto industrial, pero tal vez el más importante para la mayoría de los proyectos es el de obtener utilidades económicas, para saber si esto se logrará y por lo tanto si es justificable el proyecto es necesario efectuar una serie de estudios, ellos son: Estudios de mercado, Estimación de costo, Estudio de factibilidad económica.

### A.- Estudios de Mercado

En ésta etapa se investiga en forma amplia para dar

respuesta a las siguientes preguntas: ¿ Cuánto se podrá vender ? y por tanto ¿Cuál debe ser la capacidad de la planta industrial ?, ¿ Dónde se localizan los centros de consumo del producto y suministro de materias primas ?, y por tanto, ¿ Dónde es conveniente que se localice nuestra industria ?, ¿ Qué características debe tener el producto ?, ¿Cuál debe ser su costo ?, ¿ Qué problemas de comercialización se presentan ?, ¿ Qué canales de comercialización son los más adecuados ? etc.

Las respuestas a estas preguntas se deberán referir a la demanda actual y futura en el período de vida útil del proyecto. La validez de las respuestas en terminos cuantitativos dependerá de la calidad de información disponible y de su correcto análisis e interpretación.

#### **B.- Estimados de Costo**

Es necesario saber cual será el costo que requerirá la ejecución del proyecto. Al inicio de éste habrá poca información disponible por lo que la estimación de costo será preliminar con alto margen de error, sin embargo a medida que se vaya avanzando en el proyecto se irá obteniendo más información con la que se podrá hacer otras estimaciones de costo con mayores indices de confiabilidad.

#### **C.- Estudios de Factibilidad Económica**

Con la información antes obtenida se está en la posibilidad de elaborar un estudio técnico-económico o dicho de otra manera, un estudio de factibilidad económica, en el cual se obtiene la relación entre la inversión a realizar y las utilidades esperadas, como resultado de esta relación se determina la conveniencia o no

de efectuar la inversión, en caso negativo se procederá a revisar otros procesos, modificar la capacidad de la planta, utilización de subproductos, modificación en las características de productos y materias primas etc. Después de esta combinación de variables se volverá a efectuar un estudio de factibilidad económica, si los resultados son favorables se continuará con el proyecto, en caso contrario se seguirán buscando otras alternativas de mejora o en el último de los casos se cancelará el proyecto.

Al igual que en la estimación de costo, el primer estudio de factibilidad económica hecho en los inicios del proyecto es preliminar por la poca información con que al momento se cuenta, sin embargo en la medida en que se avance en el proyecto se irá disponiendo de mayor información y los resultados del estudio de factibilidad económica irán siendo de mayor confiabilidad.

#### **1.4 INVESTIGACION Y DESARROLLO DE NUEVOS PROCESOS**

Es posible que en ningún lugar del mundo exista un proceso desarrollado adecuado a nuestras necesidades, en tal caso nos veremos en la necesidad de desarrollarlo, y a esta actividad encaminada a diseñar los procedimientos para elaborar un producto se le conoce como Investigación y Desarrollo de Nuevos Procesos.

#### **1.5 INGENIERIA BASICA**

La Ingeniería Básica es la información tecnológica en la que se establecen las modificaciones físicas y químicas necesarias para la transformación de la materia prima en producto, además de establecer la secuencia de dichas modificaciones, descripción del equipo más importante para llevarlas a cabo, y las condiciones de



operación de dicho equipo, en otras palabras la Ingeniería Básica consiste en el desarrollo de la información tecnológica necesaria para elaborar un producto a nivel industrial.

## 1.6 DESARROLLO DE LA INGENIERIA DE DETALLE

Durante la Ingeniería Básica sólo se da la información necesaria para saber como 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, para lo cual se efectúan estudios por ejemplo de mecánica de suelos para el cálculo y diseño de cimientos y estructuras, soportería de equipo y tuberías, etc. Además con base en las especificaciones tan solo generales que da la Ingeniería Básica de muchos equipos se elaboran diseños completos, especificaciones detalladas y dibujos exactos que sirvan, por una parte si el equipo es estandar para pedir cotización a los proveedores para su posterior adquisición, y por otra parte, si el equipo es especial, enviar los datos suficientes al fabricante para su construcción. Además se elabora el diseño eléctrico completo donde se muestren las necesidades de energía eléctrica para iluminación, fuerza y control, también el equipo eléctrico, distribución de la carga, transformadores y dispositivos de control, distribución general de alumbrado, sistemas de intercomunicación, teléfonos, alarmas, etc.

Como se observa, todas las actividades efectuadas en ésta etapa del proyecto estan encaminadas solo a obtener la información necesaria para construir e instalar la planta industrial. siempre se debe tener presente esto por la frecuente confusión entre la Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalle.

Debido a la gran complejidad de las actividades desarrolladas durante la Ingeniería de Detalle se requiere la colaboración de las distintas ramas profesionales que a continuación se mencionan:

Ingeniería de Procesos  
Ingeniería Eléctrica  
Ingeniería Mecánica  
Ingeniería de Tuberías  
Ingeniería de Instrumentos  
Ingeniería Civil  
Arquitectura

### **1.7 ADQUISICION DE EQUIPO Y MATERIALES**

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

El equipo y materiales necesarios para la planta industrial se podrán adquirir de dos maneras, primero si es estandar, se revisarán los catálogos, y de ellos se seleccionará el equipo y materiales adecuados y se comprará. Segundo, si es equipo y/o material especiales será necesario mandarlos construir. Para los dos casos, el personal encargado de la adquisición de equipos y materiales vigilará que: se cumplan con las especificaciones técnicas requeridas, la entrega sea en las fechas preestablecidas y se logre el menor costo posible.

### **1.8 CONSTRUCCION DE PLANTAS INDUSTRIALES**

Las actividades de construcción de la planta industrial inician generalmente cuando el avance de la Ingeniería de Detalle es apenas de un 5 a un 10%.

La información usada para la construcción proviene principalmente de la elaborada durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle dicha información es presentada en diagramas, planos y otros documentos de diseño como lista de materiales, lista de equipo, especificaciones, etc.

Las actividades importantes de ésta etapa del proyecto son: estudio del subsuelo, preparación del terreno, instalación de servicios subterráneos, cimentación de equipos y estructuras, construcción de edificios industriales, construcción de edificios administrativos, etc.

#### **1.9 INSTALACION DE MAQUINARIA Y EQUIPO**

Simultáneamente a la construcción de los edificios industriales se instala el equipo pesado y parte del sistema eléctrico constituido por una fuente de fuerza y equipo de transformación eléctrica, tuberías aéreas, etc.

Los equipos menores y los accesorios se instalan cuando la construcción está terminada y el equipo pesado instalado. Todo lo frágil como instrumentos y controles eléctricos se colocan al final.

#### **1.10 PRUEBA Y ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES**

Con ésta etapa se culmina la ejecución del proyecto industrial. Después de haberse terminado la construcción e instalado el total de equipos y accesorios se verifica el correcto funcionamiento del proceso, para lo cual se prueban todos los componentes del proceso, por ejemplo se revisa el funcionamiento de motores y centros de control, se examina que los recipientes y tuberías

| E T A P A                            | PROGRAMA GENERAL DEL PROYECTO (%) |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|--------------------------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
|                                      | 10                                | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| ESTUDIOS DE PREINVERSION             | —                                 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —   |
| INGENIERIA BASICA                    | —                                 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —   |
| INGENIERIA DE DETALLE                | —                                 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —   |
| ADQUISICION DE EQUIPO Y MATERIALES   | —                                 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —   |
| CONSTRUCCION DE PLANTAS INDUSTRIALES | —                                 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —   |
| INSTALACION DE MAQUINARIA Y EQUIPO   | —                                 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —   |
| PRUEBA DE PLANTAS INDUSTRIALES       | —                                 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —   |
| ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES     | —                                 | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —   |

Tabla 1.1

soporten la presión de diseño, etc. Por último se arranca el proceso y se efectúan corridas con materia prima para comprobar la calidad del producto.

Las anteriores son las etapas que conforman un proyecto industrial, no necesariamente debe terminarse una etapa para continuar la siguiente, en todos los proyectos industriales se efectúan algunas etapas en forma simultánea para reducir el tiempo de terminación del proyecto, aunque en ocasiones por la estrecha relación entre la información generada en una etapa y la información requerida para el inicio de otra, no es posible efectuar todas las etapas en forma simultánea.

El tiempo utilizado para efectuar cada etapa, así como el tipo de etapas que se pueden realizar en forma simultánea depende de entre otros aspectos del tamaño y del tipo de planta industrial que se desee proyectar. Pero a manera de ejemplo se presenta en el tabla 1.1 un programa de ejecución de un proyecto industrial hipotético en el que se muestran las etapas antes mencionadas y el tiempo para efectuarlas dado en porcentaje con respecto a la duración total del proyecto, esto para poder observar la interrelación que hay entre dichas etapas.

La flecha mostrada en la etapa de la Ingeniería Básica del tabla 1.1 indica que el tiempo para efectuar dicha etapa es poco predecible y va mucho más atras del tiempo marcado por el cuadro como cero.

Hasta aquí se ha dado un panorama de la Ingeniería de Proyecto para Plantas de Proceso, en los siguientes capítulos se explicará en forma amplia las etapas del proyecto antes mencionadas.

Una vez asimilada y adaptada la tecnología, deben iniciarse los trabajos de innovación de ella, y con estas innovaciones que son patentables se logra por una parte mayores rendimientos técnicos y/o económicos de la tecnología usada y por otra parte dichas innovaciones que siempre son patentables cientan bases firmes y son un buen punto de partida para crear tecnología. Esto es investigación tecnológica, y sus resultados son de una gran utilidad y además inmediata, por lo que esta actividad debe ser la segunda en importancia a la que se deben dirigir los recursos económicos y esfuerzos de los institutos de investigación de los países subdesarrollados, para que de esta manera se eleve su desarrollo tecnológico y económico y disminuya de manera paulatina y constante la dependencia en esta área.

#### 4.2 INVESTIGACION Y DESARROLLO DE NUEVOS PROCESOS

En esta segunda parte del capítulo se presenta un procedimiento general para la investigación de nuevos procesos.

Para elaborar un producto a nivel industrial que satisfaga una necesidad colectiva se puede tomar alguna de las siguientes alternativas.

- 1.- Seleccionar, evaluar y adquirir tecnología necesaria para elaborar el producto deseado.
- 2.- Investigar y desarrollar por cuenta propia la tecnología necesaria para la elaboración del producto deseado.
- 3.- Adaptar tecnología ya obsoleta a las condiciones preva-  
leciente en el lugar en que se desea instalar.

El procedimiento para efectuar la primera alternativa fue abordada con detalle en el capítulo tres.

Es posible que para elaborar el producto deseado no exista en el mercado nacional e internacional tecnología disponible o al menos si la existe no haya concesiones para utilizarla, en tal caso nos veremos en la necesidad de crearla por cuenta propia.

A la etapa del proyecto industrial en que se crea una nueva tecnología se le conoce como investigación y desarrollo de nuevos procesos.

Con el fin de comprender aún más el concepto de investigación de nuevos procesos se presenta el siguiente ejemplo, el caso de una investigación para crear nuevo proceso, necesario para la fabricación del producto X.

En éste proyecto participaron ingenieros de proceso e investigadores, los cuales en las primeras reuniones definieron el problema y buscaron alternativas de solución. Después de una amplia discusión establecieron que las materias primas A y B son las más convenientes para obtener el producto X, y además que la única manera para efectuar dicha transformación es mediante un reactor químico, el cuál por consideraciones económicas y de volumen de producción debe ser de tipo intermitente.

Los ingenieros de proceso efectuarón una revisión bibliográfica exhaustiva para conocer las principales propiedades físicas y químicas de las sustancias involucradas en el proceso. Con base en la información obtenida se planeó la investigación la cual se efectuó en dos etapas, primero en el laboratorio usando pequeños volúmenes de reactivos y con material de vidrio. En esta primera etapa se conocieron entre otras cosas:

- Tiempo necesario para efectuarse la reacción
- Presencia de reacciones secundarias

- Influencia de temperatura, presión y catalizadores en la velocidad y rendimiento de la reacción
- Cambio de entalpia de reacción
- Etc.

La segunda etapa de la investigación se realizó en una planta piloto para conocer ahora el comportamiento de la reacción ante condiciones extremas de presión y temperatura, condiciones que no soportaría el material de vidrio, y conocer también el comportamiento del metal ante las sustancias químicas presentes en el reactor. Para lo anterior se convino en efectuar varias corridas variando los siguientes parámetros.

- Temperatura
- Presión
- Gasto de alimentación
- Agitación
- Tiempo de reacción

Lo anterior dio información sobre:

- El efecto de cada uno de los cinco parámetros sobre la velocidad de la reacción.
- El efecto combinado de dichos parámetros sobre el rendimiento del producto X
- El comportamiento del metal ante los reactivos presentes y las condiciones de presión y temperatura de operación.

De ésta manera se establecieron las condiciones óptimas de operación del reactor, las dimensiones del mismo y las especificaciones del material para su construcción. Además, la información obtenida de esta investigación permitió establecer la siguiente secuencia de operaciones del proceso:



- Cargar el reactivo B en estado sólido al reactor.
- Cerrar herméticamente el reactor.
- Elevar la temperatura del reactor para la fusión completa de B.
- Alimentar el reactivo A en estado gaseoso, manteniendo constante la presión del sistema al valor establecido por la experimentación con la ayuda de una válvula reguladora.
- Controlar la temperatura durante la reacción mediante un sistema de refrigeración.
- Mantener el curso de la reacción durante 5 horas
- Abrir el venteo del reactor.
- Descargar el producto.

En resumen, con la anterior investigación se conocieron: las características de las materias primas necesarias para obtener el producto X, el tipo de etapas para efectuar dicha transformación, así como la secuencia de ellas, las condiciones óptimas de operación del reactor, las dimensiones de éste y las características que debe tener el material para su construcción. A esto se le conoce como Investigación y Desarrollo de Nuevos Procesos

En realidad, en la mayoría de los casos el procedimiento para desarrollar nuevos procesos es bastante más complejo ya que intervienen no solo un equipo sino una gran cantidad de ellos, además de existir interacciones mutuas tanto de entradas y salidas de materiales como de condiciones de operación en dichos equipos. Por lo que se hace necesario contar con una metodología que permita en forma ordenada y eficiente crear y desarrollar procesos.

En seguida se propone un procedimiento general para el desarrollo de nuevos procesos, para elaborar dicho procedimiento se consideró el método de los Módulos Básicos elaborado por José Giral Barnés en el año de 1970.

## CAPITULO DOS

### ESTUDIOS DE PREINVERSION

---

En el momento en que se conoce una necesidad insatisfecha puede iniciarse la preparación y evaluación de un proyecto para satisfacerla.

El primer aspecto a considerar para desarrollar un proyecto industrial es definir sus principales objetivos, y éstos generalmente son:

- 1.- Obtener ganancias económicas
- 2.- Proveer de algún beneficio a la sociedad

Para que un proyecto industrial sea satisfactorio debe estar ampliamente justificado desde los puntos de vista empresarial y/o social. Es decir, debe preverse una rentabilidad atractiva que justifique la canalización de recursos hacia él mismo, o bien debe existir una justificación muy clara de los beneficios sociales esperados frente a los costos de inversión y de operación del proyecto.

De los anteriores objetivos mencionados, el primero es de mayor importancia para la iniciativa privada, la cuál antes de diseñar y construir una planta industrial elabora estudios

detallados tendientes a predecir si dicho objetivo será o no alcanzado. A éste tipo de estudios se les llama estudios de preinversión o estudios de factibilidad económica.

Los estudios de preinversión se dividen en tres partes.

- 1.- Estudios de mercado
- 2.- Estudios técnico-económico
- 3.- Estudios de evaluación económica

Los estudios de mercado darán respuesta entre otras a las siguientes preguntas. ¿Cuánto se podrá vender?. ¿A qué precio?. ¿Qué características debe tener el producto?. ¿Cuáles serán los canales de comercialización?. etc.

Mientras que durante los estudios técnicos se conoce si es posible tecnológicamente producir dicho satisfactor, además de conocer una primera aproximación del costo que implicará realizar el proyecto hasta la puesta en marcha de la planta industrial.

Después del estudio de mercado se tendrán datos para establecer la capacidad adecuada de la planta industrial que se desea instalar así como una aproximación del precio del producto deseado deberá tener, con estos datos se podrán predecir aproximadamente los ingresos y utilidades que por ventas se obtendrán, mientras que durante el estudio técnico se conoce la inversión necesaria requerida por el proyecto. Los dos resultados anteriores serán utilizados durante el tercer estudio que corresponde al de evaluación económica en el que se relacionan las utilidades obtenidas y el capital invertido, a ésta relación se le denomina rentabilidad esperada de la inversión, si el resultado es favorable se continúa con la ejecución del proyecto, en caso contrario se revisan objetivos particulares y se modifican algunos aspectos del proyecto, para después volver hacer una nueva evaluación económica, si rein-

ciden los resultados desfavorables se seguirán haciendo modificaciones al proyecto, y en último de los casos se dará por cancelado.

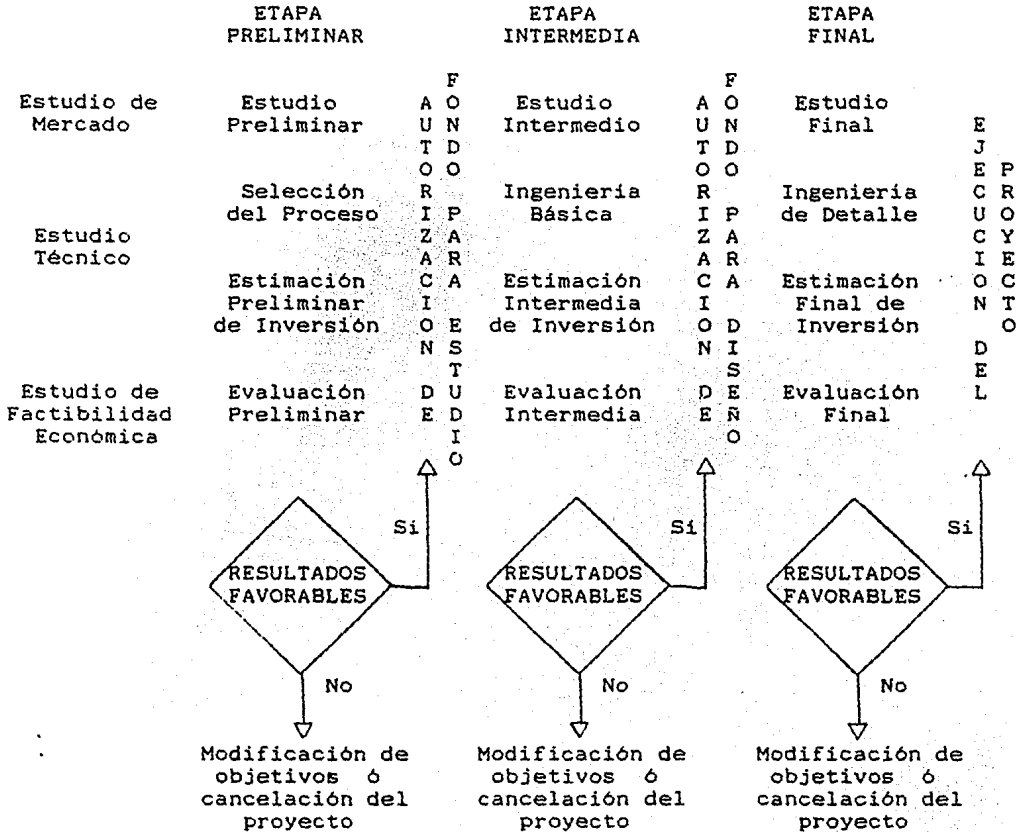
Es de gran importancia hacer notar que al iniciar el proyecto se dispone de muy poca información tecnológica por lo que la estimación de la inversión será de poca aproximación, esto impedirá efectuar un estudio de viabilidad económica de resultados altamente confiables, sin embargo los resultados obtenidos en este inicio del proyecto pueden ser tan rotundamente desfavorables que se decida dar por cancelado desde este momento el proyecto, o que den cierta posibilidad satisfactoria que motive a continuar con estudios más profundos.

En la medida que se avanza en la ejecución del proyecto se dispondrá de mayor información tecnológica que nos permitirá efectuar estudios de factibilidad económica cada vez adquiriendo mayor grado de confiabilidad.

Después de haber desarrollado completamente tanto la Ingeniería Básica como la Ingeniería de Detalle (temas que se tratarán en los capítulos 5 y 6) se contará con la información tecnológica suficiente para efectuar la estimación de la inversión fija con tan solo  $\pm 5\%$  de error, dato con el cual se efectúa la evaluación económica definitiva con resultados altamente confiables y determinantes para continuar, modificar o cancelar el proyecto.

Los estudios de preinversión del proyecto se suelen llevar a cabo en tres etapas: Etapa Exploratoria, Etapa Intermedia y Etapa Final, como se observa en la figura 2.1. Aunque el proceso de elaboración del proyecto es continuo, cada etapa se separa de la siguiente por un análisis económico. Y a la vez cada etapa está compuesta por tres áreas, la mercadotecnia, la ingeniería y la de evaluación económica, es por eso que en estos estudios participan analistas de mercado, ingenieros y técnicos en estudios económicos y financieros.

**ETAPAS EN LOS ESTUDIOS DE PREINVERSION**



**Figura 2.1**

## 2.1 ESTUDIO DE MERCADO

Esta área es de primordial importancia debido a que los resultados obtenidos en ella influirán decisivamente en: la selección del proceso industrial, la ingeniería y diseño y la evaluación económica del proyecto.

Este estudio como se mencionó anteriormente se divide en tres etapas: Exploratoria, Intermedia y Final..

La Etapa Exploratoria requiere únicamente de datos que proporcionen un orden de magnitud del mercado en cuestión y normalmente es posible obtener dichos datos de cifras estadísticas proporcionadas por secretarías gubernamentales tales como la secretaria de programación y presupuesto o la secretaria de comercio y fomento industrial, también puede ser obtenida esta información de revistas especializadas, informes publicados por asociaciones y por la iniciativa privada. Dicha información proporciona cantidades de: exportaciones e importaciones, producción nacional, consumo nacional, etc.

En la Etapa Intermedia se efectúan investigaciones más profundas mediante entrevistas, encuestas y algunos otros procedimientos con el fin de conocer el crecimiento anual probable de la demanda, cambios en los actuales patrones de consumo, desarrollo de nuevos usos, posibilidad de que el producto en cuestión sea desplazado, etc.

Y la Etapa Final es efectuada amenudo por una agencia o bufete industrial.

El estudio de mercado dá respuestas fundamentalmente a las siguientes preguntas: ¿Cuánto se podrá vender? ¿A que precio? ¿Qué características debe tener el producto? ¿Qué estrategias de comercialización se utilizarán?.

Las respuestas a las anteriores preguntas son consideradas para definir los siguientes aspectos del proyecto. (ver figura 2.2)

- 1.- Capacidad de la planta
- 2.- Selección de la tecnología a usarse
- 3.- Especificación de materias primas
- 4.- Localización de la planta industrial
- 5.- Estrategias de comercialización

#### 2.1.1 ¿CUANTO SE PODRA VENDER?

Esto depende de la demanda y oferta que existirá en el período de vida útil del proyecto.

Se entiende por demanda, la cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica. Mientras que oferta, es la cantidad de un bien o servicio que los productores están dispuestos a llevar al mercado.

Si la oferta sobrepasa o iguala a la demanda se estará ante un mercado saturado y se presentará una gran dificultad para introducir el mismo bien o servicio, a menos que muestre características más deseables hacia los clientes. En cambio si la demanda sobre pasa a la oferta se estará ante una demanda insatisfecha que se tratará de atender con el proyecto propuesto.

Es de gran importancia hacer notar que no importa tanto la oferta y la demanda que exista en el inicio del proyecto como el predecir la que prevalecerá durante toda la vida útil del proyecto para lo cual será necesario efectuar proyecciones.

| ¿ Cuánto se podrá vender ?   | ¿ A qué precio ?  | ¿ Qué características debe tener el producto ?  | ¿ En dónde y a quién se le va a vender ?   |
|--|---|---|--|
| <p><b>OFERTA</b></p> <p>1.-Capacidad instalada y utilización en el área de influencia del proyecto.</p> <p>2.-Planes de ampliación de la capacidad instalada en dicha área.</p> <p>3.-Importaciones y exportaciones en la misma área.</p> <p><b>DEMANDA</b></p> <p>4.- Volumen de la demanda prevista para el período de vida útil del proyecto.</p> <p><b>OTROS</b></p> <p>5.-Variaciones en la política económica gubernamental.</p> | <p>1.-Precio existente en el mercado interno.</p> <p>2.- Precio de similares importados.</p> <p>3.- Precios fijados por el sector público.</p> <p>4.- Precio estimado en función del costo de producción</p> <p>5.- Precio estimado en función de la demanda.</p> <p>6.- Precios del mercado Internacional.</p> | <p>1.-Especificaciones exigidas por el mercado.</p> <p>2.-Normas técnicas de calidad nacionales e internacionales.</p> <p>3.- Características y calidades de productos fabricados localmente e importados.</p> <p>4.- Controles estatales sobre comercialización.</p> | <p>1.- Distribución geográfica del mercado.</p> <p>2.- Distribución de ingresos en la población.</p> <p>3.- Población por edades y por sectores.</p> <p>4.- Nivel de educación de la población.</p> <p>5.-Grado de competencia en el mercado y el canal de distribución de los competidores.</p> |

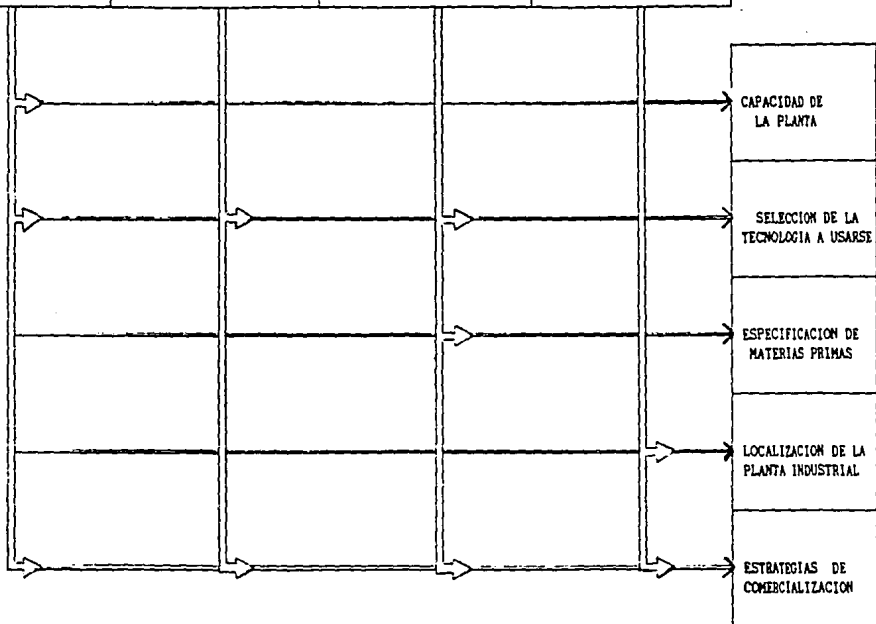


Figura 2.2



El hacer predicciones futuras sobre el comportamiento del mercado, obliga al analista a considerar variables de mercado tales como: antecedentes históricos de la oferta y de la demanda, capacidad industrial instalada, utilizada y posibles ampliaciones futuras, importaciones, exportaciones, crecimiento poblacional. Con dichos datos históricos es posible hacer una proyección del consumo y de la oferta aparentes durante el período de vida útil del proyecto, mediante la obtención de una línea de tendencia, por medios gráficos o matemáticos.

Al comparar la proyección del consumo aparente con la proyección de la oferta de las plantas industriales existentes y por instalarse se obtiene, por diferencia, la demanda insatisfecha que representaría el mercado potencial para la planta industrial en estudio.

Los resultados de este estudio darán un parámetro muy importante a considerar para definir la capacidad de la planta industrial.

Es necesario hacer notar que si los resultados del estudio son muy conservadores dará por resultado que la capacidad de la planta que se instalará sea insuficiente desde los primeros años de operación.

Por el contrario, una estimación del mercado que proporcione cifras superiores a las que en realidad habrán de alcanzarse, dará origen a la instalación de una planta de gran capacidad, mediante una fuerte inversión, que al no aprovecharse totalmente incidirá desfavorable en el costo del producto terminado y en la economía de la empresa.

### 2.1.2 ¿ A QUE PRECIO ?

Este dependerá de los precios tanto en el mercado interno, como de similares importados, de internacionales, así como los precios fijados por el sector público, y de gran importancia, los precios estimados en función de los costos de producción.

Se efectúa un análisis de los anteriores factores y de éste se obtiene el precio más adecuado, cabe hacer notar que el precio es de los elementos de estrategia comercial más importantes en la determinación de la rentabilidad del proyecto, ya que él será el que defina en último término el nivel de ingresos.

### 2.1.3 ¿ QUE CARACTERISTICAS DEBE TENER EL PRODUCTO ?

Gran parte del éxito del proyecto se logrará si se produce un bien con características que satisfagan completamente y aún, mejor que los competidores, las necesidades del usuario.

El definir estas características o especificaciones implica no solo conocer las exigencias del consumidor, sino también las normas técnicas de calidad nacionales e internacionales, controles estatales sobre comercialización y las especificaciones de productos fabricados localmente o importados.

Como resultado del análisis de los anteriores conceptos se decidirá sobre las especificaciones del bien que se desea producir y de esto dependerá la selección del proceso a utilizar, las características de maquinaria y equipo, y la especificación de materias primas.

#### 2.1.4 ¿ EN DONDE Y A QUIEN SE LE VA A VENDER ?

El tipo de consumidores y el lugar donde se encuentran serán conocidos a través de investigaciones sobre: distribución geográfica del mercado, datos estadísticos sobre distribución de ingresos en la población, distribución de la población por edades y por sectores, nivel de educación de la población, etc.

Conocer en forma feaciente lo anterior es de gran importancia porque de ello dependerá las estrategias de la comercialización a realizar.

Se entiende por comercialización al conjunto de actividades relacionadas con la transferencia de bienes y servicios desde los productores hasta el consumidor inicial. La estrategia de comercialización propone por lo tanto examinar condiciones de almacenamiento, transporte, acondicionamiento y presentación de producto, sistemas de crédito al consumidor, asistencia técnica al usuario, publicidad, propaganda y todas las cuestiones que afectan a los medios establecidos para asegurar el correcto movimiento de bienes entre el productor y el consumidor.

#### 2.1.5 METODOLOGIA DE INVESTIGACION DE MERCADO

Es difícil establecer una metodología de investigación de mercado para todo tipo de proyecto, en cambio se puede proponer una general que contenga todos los puntos más importantes de la mayoría de proyectos.

En la figura 3.2 se presenta la metodología propuesta en la cual se divide a la investigación de mercado en cuatro fases.

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION DE MERCADO

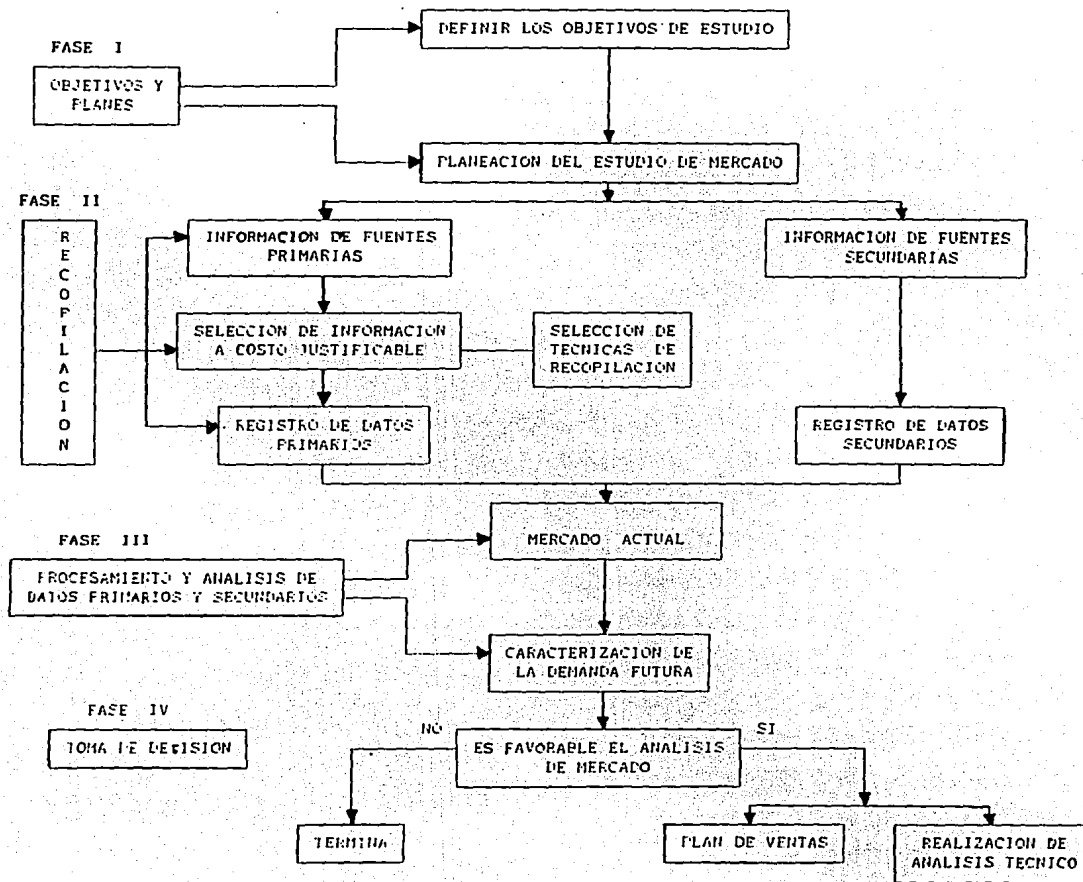


Figura 2.3

- FASE I .- Objetivos y planes
- FASE II .- Recopilación de información
- FASE III.- Procesamiento y análisis de datos primarios y secundarios
- FASE IV.- Toma de decisiones

A continuación se describen cada una de estas fases.

#### FASE I. Objetivos y Planes.

Definición de Objetivos de Estudio. Obviamente el objetivo general del análisis es el medir y pronosticar el mercado para determinar si el proyecto producirá el producto correcto, en el momento oportuno y a un precio adecuado. Sin embargo se podrían establecer objetivos particulares que dependerán del tipo de producto.

Por ejemplo, el fabricante que desee desarrollar y comercializar cierto tipo de bomba para agua, tendrá que efectuar un estudio de mercado pudiendo tener como objetivos particulares de dicho estudio el dar contestación a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la demanda ?
- ¿Cuál es la oferta ?
- ¿Cuál es el sector de mercado ?
- ¿Cuáles son las características de: tamaño, capacidad, modelo, etc. ofrecidas y solicitadas ?
- ¿Qué precio aseguraría su aceptación ?
- ¿Qué canales de distribución brindarán la mejor eficiencia ?
- Etc.

De tal manera que cada proyecto contará con sus objetivos estudio de mercado propios.

**Planeación del Estudio de Mercado.** Con el establecimiento preciso de objetivos, es posible planear en detalle los tipos de información necesaria, las fuentes de las cuales puede ser obtenida y en general, un programa adecuado de estudio. Este programa debe incluir una descripción de los métodos que se emplearán para obtener la información así como el tiempo a emplear en cada actividad y el costo en que previsiblemente se incurrirá.

## **FASE II. Recopilación de Información**

La información recopilada puede ser dividida para su mejor orden en fuentes de información primaria y fuentes de información secundaria.

Información de fuentes primarias es la obtenida a través de observaciones, entrevistas y encuestas, mientras que las fuentes de información secundaria se encontrará en revistas, anuarios estadísticos, información publicada por asociaciones, cámaras industriales, oficinas gubernamentales, cámaras de comercio, etc.

Después de recopilada la información se seleccionan los datos obtenidos con objeto de eliminar aquellos que provengan de situaciones anormales y que pudiesen distorsionar las proyecciones. Posteriormente se clasifican y califican los datos, según su procedencia y grado de confiabilidad, para luego complementarlos o rectificarlos cuando hubiere resultados insuficientes o poco confiables a través de investigación directa si fuese necesario. La confiabilidad de las proyecciones posteriores dependerá de la precisión y calidad de la información que se utilice. Y por último se ordenan y se presentan los datos en tablas y gráficas.

## 2.2.2 ESTIMADOS PRELIMINARES

### A.- Método del Precio Unitario

Este método es el más simple y el menos exacto de las técnicas rápidas. Consiste simplemente en multiplicar la capacidad anual de la planta por un costo unitario. Un costo unitario típico, es aquel que se expresa como costo de la planta instalada por tonelada anual de producción, el valor del costo unitario depende del tipo de proceso y se presenta tabulado en revistas especializadas como la Chemical Engineering, la tabla 2.4 muestra el costo unitario de algunos procesos.

### B.-Método Exponencial

Podemos estimar el costo para una planta o para un equipo específico si se dispone de datos de costo para proyectos similares pero de diferente capacidad. En general los costos no varían en proporción directa con la capacidad por lo que el resultado solo será una aproximación.

La relación de costos y capacidades se expresa de la siguiente forma.

$$\frac{C_2}{C_1} = \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^n$$

Donde:  $C_2$  es el costo a la capacidad deseada  $S_2$

$C_1$  es el costo a la capacidad conocida  $S_1$

El exponente "n" es conocido como el factor costo-capacidad, existen diferentes valores para este exponente tanto para diversas plantas como para diversos equipos. La tabla 2.5 muestra algunos de estos valores.

DATOS DE COSTOS DE CAPITAL PARA PLANTAS DE PROCESO (1967)

| Compuestos                    | Ruta del proceso    | Tamaño típico de planta Ton/año | Costo de inversión | \$/Ton (anual) | Factor |                        |
|-------------------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------|----------------|--------|------------------------|
| Anhidrido malónico            |                     | 50.000                          | 10.000.000         | 860            |        |                        |
| Metano                        |                     | 70.000                          | 11.500.000         | 164            |        |                        |
| Metanol                       | Gas natural         | 210.000                         | 9.000.000          | 43             | 0.71   |                        |
| Cloruro de metilo             | Metanol             | 10.000                          | 500.000            | 50             | 0.72   |                        |
| Metil etil cetona             |                     | 35.000                          | 3.750.000          | 107            |        |                        |
| Metil insobutil cetona        |                     | 25.000                          | 1.260.000          | 50             |        |                        |
| Metil insobutil carbinol      |                     | 10.000                          | 750.000            | 75             |        |                        |
| Plata de oxígeno              |                     | 150.000                         | 2.250.000          | 15             | 0.71   |                        |
| Fenol                         |                     | 45.000                          | 9.000.000          | 200            |        |                        |
| Acido fosfórico               |                     | 100.000                         | 2.400.000          | 24             | 0.66   | Proceso húmedo 30 %    |
| Polietileno (alta presión)    |                     | 200.000                         | 14.000.000         | 70             | 0.70   | Etileno de alta pureza |
| Polietileno (baja presión)    |                     | 50.000                          | 22.000.000         | 440            | 0.70   |                        |
| Sodio metálico                |                     | 20.000                          | 7.000.000          | 85             |        |                        |
| Estireno                      |                     | 20.000                          | 8.500.000          | 425            |        |                        |
| Ac. sulfúrico                 | Proceso de contacto | 280.000                         | 2.100.000          | 8              | 0.67   |                        |
| Recuperación de azufre        | Gases refinación    | 15.000                          | 1.500.000          | 100            |        |                        |
| Tolueno di-isocianato         |                     | 12.500                          | 7.500.000          | 600            |        |                        |
| Urea                          |                     | 140.000                         | 4.300.000          | 31             |        |                        |
| Acetato de vinilo             |                     | 40.000                          | 7.000.000          | 175            |        |                        |
| Monómero de cloruro de vinilo |                     | 100.000                         | 2.100.000          | 20             |        |                        |

Nota : Donde no aparezca el factor se puede asumir 0.70 como valor adecuado.

TABLA 2.4



## Indice de Costo

Ya que la mayoría de los datos de costo publicados se basan en fechas vencidas, se requiere disponer de un método que permita convertir costos pasados a costos actuales.

El método más comunmente utilizado consiste en la aplicación de un índice de costo que proporcione el costo relativo de un ítem en términos del costo en período base determinado, lo anterior lo podemos expresar mediante la siguiente ecuación.

$$\text{Costo año A} = \text{Costo año B} \cdot \frac{\text{Índice en año A}}{\text{Índice en año B}}$$

Los índices de costo se muestran en tablas de revistas especializadas como la Chemical Engineering. En la tabla 2.6 un listado de estos índices.

### 2.2.3 ESTIMADOS INTERMEDIOS

En general podemos establecer que el método para efectuar este tipo de estimados consta de dos partes.

Primero se estiman los costos de los equipos principales. Estos costos se pueden obtener mediante cualquiera de los siguientes métodos.

A) Datos publicados en la literatura (gráficas, tablas, nomogramas, etc.) debidamente actualizados mediante los índices de costos correspondientes.

VALORES DE EXPONENTES PARA PLANTAS DE PROCESO QUIMICO

| PRODUCTO                 | TIPO DE PROCESO                          | EXPONENTE |
|--------------------------|--|-----------|
| Acetona                  | Propileno via cloruro de cobre           | 0.45      |
| Acetileno                | Pirólisis de hidrocarburos               | 0.49      |
|                          | Acetileno y ácido cianhidrico            | 0.63      |
| Alquilación              | Hidrocarburos gaseosos via ac. sulfúrico | 0.60      |
| Amoniaco                 | De hidrocarburos ligero                  | 0.55      |
| Nitrato de amonio        | Amoniaco y ácido nítrico                 | 0.65      |
| Sulfato de amonio        | Hidróxido de amonio y ac. sulfúrico      | 0.73      |
| Butadieno                | Ac. butano via dehidrogenación           | 0.68      |
| Butanol                  | Propileno monóxido de carbono y agua     | 0.40      |
| Alcohol butilico         | Hidratación de butileno                  | 0.78      |
| Cloro                    | Electrólisis de cloruro de sodio         | 0.45      |
| Cracking                 | Air-lift catalítico TCC                  | 0.55      |
|                          | Flujo catalítico                         | 0.70      |
|                          | Otro flujo catalítico                    | 0.55      |
|                          | Hidro                                    | 0.50      |
|                          | Térmico                                  | 0.70      |
| Ciclo hexano             | Benceno e hidrógeno gaseoso              | 0.50      |
| Destilación              | Unidades de refinación atmosférica       | 0.90      |
|                          | Unidades de refinación vacío             | 0.70      |
| Etanol                   | Etileno y condensado                     | 0.73      |
| Etileno                  | De gases de refinería o nafta            | 0.83      |
| Oxido de propileno       | Etileno y oxígeno                        | 0.70      |
| Formaldehido-soln.       | Oxidación catalítica y absorción         | 0.55      |
| Glicol                   | Etileno y cloro                          | 0.75      |
| Acido Clorhidrico soln.  | Cloruro de hidrógeno y agua              | 0.63      |
| Acido Fluorhidrico soln. | Fluoruro de hidrógeno y agua             | 0.70      |
| Hidrogeno                | Separado del petróleo                    | 0.70      |
| Peróxido de hidrógeno    | Alcohol isopropilico y oxígeno           | 0.75      |
| Isomerización            | Desulfuración e hidrogenación            | 0.65      |
| Isopreno                 | Propileno y metanol y oxígeno            | 0.55      |
| Metanol                  | Dióxido de carbono, gas natural y vapor  | 0.60      |
| Acido nítrico            | De amoniaco anhidro                      | 0.60      |

TABLA 2.5

INDICE DE COSTOS

| AÑO  | M&S Equipo         | CE Planta          | Refineria        | ENR Const.         | ENR Edific.        |
|------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|
|      | Indice de<br>Costo | Indice de<br>Costo | Nelson<br>Indice | Indice de<br>Costo | Indice de<br>Costo |
|      | 1926=100           | 1957-1959=100      | 1946=100         | 1913=100           | 1913=100           |
| 1948 | 163                | 70                 | 133              | 461                | 345                |
| 1949 | 161                | 71                 | 140              | 477                | 352                |
| 1950 | 168                | 74                 | 146              | 510                | 375                |
| 1951 | 180                | 80                 | 157              | 543                | 401                |
| 1952 | 181                | 81                 | 162              | 569                | 416                |
| 1953 | 183                | 85                 | 174              | 600                | 431                |
| 1954 | 185                | 86                 | 180              | 628                | 446                |
| 1955 | 191                | 88                 | 184              | 660                | 469                |
| 1956 | 209                | 94                 | 195              | 692                | 491                |
| 1955 | 225                | 99                 | 206              | 724                | 509                |
| 1958 | 229                | 100                | 214              | 759                | 525                |
| 1959 | 235                | 102                | 222              | 797                | 548                |
| 1960 | 238                | 102                | 228              | 824                | 559                |
| 1961 | 237                | 102                | 233              | 847                | 568                |
| 1962 | 239                | 102                | 238              | 872                | 580                |
| 1963 | 239                | 102                | 244              | 901                | 594                |
| 1964 | 242                | 103                | 252              | 936                | 612                |
| 1965 | 245                | 104                | 261              | 971                | 627                |
| 1966 | 253                | 107                | 273              | 1019               | 650                |
| 1967 | 263                | 110                | 287              | 1070               | 671                |
| 1968 | 273                | 114                | 304              | 1154               | 721                |
| 1969 | 285                | 119                | 329              | 1270               | 802                |
| 1970 | 303                | 126                | 365              | 1380               | 875                |
| 1971 | 321                | 132                | 406              | 1571               | 943                |
| 1972 | 332                | 137                | 439              | 1726               | 1093               |
| 1973 | 344                | 144                | 468              | 1899               | 1138               |
| 1974 | 398                | 165                | 523              | 2103               | 1242               |
| 1975 | 444                | 182                | 576              | 2212               | 1306               |

M&S ≡ Marshall and Smith (formerly Marshall and Stevens)  
 CE ≡ Chemical Engineering  
 ENR ≡ Engineering News-Record

Tabla 2.6

B) Datos existentes de capacidades diferentes ajustando los costos mediante el método exponencial y debidamente actualizados mediante los índices de costos correspondientes.

C) Obtención de cotizaciones directas de proveedores de equipos.

Evidentemente el método más exacto es el C) y el menos exacto el B).

Como segunda parte de este método se utilizan los factores que permitan estimar el costo de la planta en función de los equipos principales.

#### A.- Estimado Intermedio por el Método Lang

Este método se desarrolla sobre el estudio de 40 proyectos de diversos tipos de plantas. En él se utilizan factores que multiplicados por el costo del equipo en sitio permiten obtener el costo total de la unidad de proceso.

Estimado de costo = [ F ] Σ E

Donde: F es el Factor Lang

E E es el costo del equipo mayor de la planta.

Los valores del factor Lang se muestran a continuación:

|  |      |
|--|------|
| Para plantas de proceso que manejan sólidos          | 3.91 |
| Para plantas de proceso que manejan fluidos-sólidos. | 4.1  |
| Para plantas de proceso que manejan fluidos          | 4.77 |

Se puede aplicar el factor Lang desglosado en sus diferentes componentes de instalación: tubería, instrumentación, etc. el factor para estos componentes se muestra en la tabla 2.7, y la ecuación a utilizar es la siguiente:

$$\text{Estimado de costo} = [ f_1 + f_2 + f_3 + \dots ] \Sigma E$$

Si en la planta en estudio, alguno de estos componentes es insignificante o no existe, se descarta de la ecuación anterior.

#### B.- Estimado Intermedio por el Método Hirsch-Glazier

Para este método el valor de la inversión en límites de batería esta dado por la siguiente ecuación.

$$I = E [ A ( 1 + F_L + F_P + F_M ) B + C ]$$

I = Inversión total en límites de batería.

A = Costo total de equipo comprado en L.A.B., menos los cargos adicionales por materiales resistentes a la corrosión.

B = Costo de equipo armado en campo\*

C = Incremento en el costo por el uso de materiales resistentes a la corrosión.

E = Factor de costos indirectos. (cargos por administración, ingeniería, supervisión, honorarios a contratistas contingencias, etc.) el valor de E normalmente es 1.4

\* Todos los recipientes mayores de 12 pies de diámetro (excepto para alta presión) se deberán considerar como armados en campo, a menos que sea designado por el fabricante.

$F_L$  = Factor de costo de mano de obra en campo;  $F(A)$  representa el costo total de mano de obra, menos la supervisión y excluyendo los cargos de mano de obra del concepto B.

$F_M$  = Factor de costo por partidas miceláneas;  $F(A)$  incluye los costos de los materiales para aislante, instrumentación, cimentaciones, estructuras de acero, edificios cableado, pintura, y los costos de fletes y supervisión

$F_P$  = Factor de costos de los materiales para tubería;  $F(A)$  representa los costos de materiales para tubería, incluye tuberías, válvulas, juntas de expansión, soportes colgantes, pero se excluyen los cargos de aislante e instalación.

Los tres factores  $F_L$ ,  $F_P$  Y  $F_M$  son definidos por las ecuaciones siguientes:

$$\text{Log } F_L = 0.635 - 0.154 \text{ Log } A_0 - 0.992 e/A + 0.506 f/A$$

$$\text{Log } F_P = -0.266 - 0.014 \text{ Log } A_0 - 0.156 e/A + 0.566 P/A$$

$$F_M = 0.344 + 0.033 \text{ Log } A_0 + 1.194 t/A$$

Donde:

$A$  =  $A/1000$

$e$  = Costo total de los cambiadores de calor.

$f$  = Costo de recipientes fabricados en campo, ordinariamente todos los recipientes más grandes de 12 pies de diámetro son armados en campo (se le restará los cargos adicionales por el uso de aleaciones).

$p$  = Costo total de bombas incluyendo motor, menos los cargos adicionales por el uso de aleaciones.

$t$  = Costo total de columnas, menos los cargos adicionales por el uso de aleaciones.

C.- Estimado Intermedio por el Método de Rudd Watson

La ecuación aplicada en este método es la siguiente:

$$CFC = \varnothing_1 \times \varnothing_2 \times \varnothing_3 \times (CEQ)$$

CFC = Inversión fija del proyecto.

CEQ = Costo de equipo principal de proceso

$$\varnothing_1 = \begin{array}{l} 1.45 \text{ para proceso sólido} \\ 1.39 \text{ para proceso sólido-fluido} \\ 1.47 \text{ para proceso fluido} \end{array}$$

$$\varnothing_2 = 1 + f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5$$

$$\varnothing_3 = 1 + f_6 + f_7 + f_8$$

Rangos del factor de tubería

$$f_1 = \begin{array}{l} 0.07-0.10 \text{ para proceso sólido} \\ 0.10-0.30 \text{ para proceso sólido-fluido} \\ 0.30-0.60 \text{ para proceso fluido} \end{array}$$

Rango del factor de instrumentación

$$f_2 = \begin{array}{l} 0.02-0.05 \text{ para poco control automático} \\ 0.05-0.10 \text{ para algunos controles automáticos} \\ 0.10-0.15 \text{ para controles automáticos complejos} \end{array}$$

Rango del factor de edificios

$$f_3 = \begin{array}{l} 0.05-0.20 \text{ para unidades de aire libre} \\ 0.20-0.60 \text{ para parte con edificios de proceso y la} \\ \text{otra al aire libre} \\ 0.60-1.00 \text{ para unidades en edificios de proceso.} \end{array}$$

Rangos del factor de facilidades de terreno

- $f_4 =$  0.00-0.05 para hacerle algunas adiciones.  
0.05-0.25 para hacerle mayores adiciones.  
0.25-1.00 para un nuevo sitio.

Rangos del factor de integración

- $f_5 =$  0.00-0.05 para unidades independientes (aisladas).  
0.05-0.15 para unidades separadas.  
0.15-0.25 para unidades dependientes.

Rangos del factor de ingeniería y construcción

- $f_6 =$  0.20-0.35 para plantas sin complicación.  
0.35-0.60 para plantas complejas.

Rangos del factor de tamaño

- $f_7 =$  0.00-0.05 para plantas de gran tamaño.  
0.05-0.15 para plantas pequeñas.  
0.15-0.35 para plantas experimentales.

Rangos del factor de contingencias

- $f_8 =$  0.10-0.20 para procesos firmes.  
0.20-0.30 para procesos sujetos a cambios.  
0.30-0.50 para procesos nuevos.



#### 2.2.4 ESTIMADOS DEFINITIVOS DE COSTO.

Este tipo de estimado tiene aproximaciones hasta de - 5 % a + 10 % y para efectuarlo se debe tener completamente definido el proyecto, es decir se debe ya haber adquirido la tecnología y terminado la ingeniería Básica y de Detalle.

Este es el estimado que se considera para dar una decisión final de la ejecución o no del proyecto en estudio.

La inversión total requerida por el proyecto hasta su puesta en marcha comprende los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo.

##### Activo Tangible

Aspectos a considerar  
para efectuar un  
estimado definitivo  
del costo del proyecto

- Terrenos
- Edificios
- Maquinaria
- Equipo
- Materiales
- Herramientas
- Mobiliario
- Vehiculos
- Etc.

##### Activo Intangible

- Transferencia de tecnología
- Patentes y similares
- Estudios de pre-inversión.

Al terminar la ingeniería de detalle se conocerá cantidad y características de maquinaria, equipo, instrumentos y demás accesorios para la construcción e instalación de la planta industrial, información con la cual se podrá pedir cotización y tener su importe exacto. Además se conocerá cantidad y características de los edificios necesarios con lo que se podrá hacer una estimación de costo de materiales y mano de obra para su construcción, pudiendo utilizar para esto último el concepto de costo unitario, es decir el costo de mano de obra que representa una unidad de construcción efectuada, por lo que se tendrá el valor exacto de su costo.

### 2.3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONOMICA

La evaluación económica del proyecto sigue las mismas etapas que la investigación de mercado y el estudio técnico, es decir, se hace una evaluación exploratoria, una preliminar y una final.

Cada una de estas evaluaciones es crítica ya que el inversionista tomará una decisión de seguir o no adelante con base en la información proveniente de ellas.

La tarea de evaluar conciste en comparar los beneficios y los costos del proyecto, con miras a determinar si el cociente que expresa la relación entre unos y otros presenta o no ventajas mayores que las que se obtendrían con proyectos distintos, igualmente viables.

Los beneficios estarán representados por las ventas netas del producto que se desea producir, mientras que los costos del proyecto por la inversión inicial que comprende la adquisición de todos los activos fijos para iniciar la operación de la empresa y el capital de trabajo.

### 2.3.1 COSTO DE CAPITAL O TASA MINIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO.

Para formarse, toda empresa debe realizar una inversión inicial. El capital que forma esta inversión puede provenir de varias fuentes: sólo de personas físicas (inversionistas), de éstas con personas morales (otras empresas), de inversionistas e instituciones de crédito (bancos) o de una mezcla de inversionistas, personas morales y bancos. Como sea que haya sido la aportación de capitales, cada uno de ellos tendrá un costo asociado al capital que aporte, y la nueva empresa así formada tendrá un costo de capital propio. A continuación se analizará como se calculará este costo cuando se presentan mezclas de capitales como las mencionadas.

Supongase el caso más simple, cuando el capital necesario para llevar a cabo un proyecto es aportado totalmente por una persona física. Antes de invertir, una persona siempre tiene en mente ganar por el monto de su inversión una tasa mínima de ganancia, llamada Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR). La pregunta sería, ¿en qué debe basarse un individuo para fijar su propia TMAR ?

Es una creencia común que la TMAR de referencia debe ser la tasa máxima que ofrecen los bancos por una inversión a plazo fijo. Esta es una mala referencia, debido al alto índice inflacionario prevaleciente en México, cuyo promedio entre los años 1980 -1985 fué cercano al 90 %, hace que realizando un balance neto entre el rendimiento bancario y la inflación, siempre haya una pérdida neta del poder adquisitivo o valor real de la

moneda si se mantiene el dinero invertido en un banco, y hay que tener en cuenta que el dinero invertido ahí no tiene riesgo, y es por eso el interés más bajo de todas las posibles alternativas de inversión.

Ahora ya se sabe que el banco no debe ser la referencia.- ¿Cuál es, entonces?. En el párrafo anterior se habló de que la tasa de rendimiento bancario generalmente es menor al índice inflacionario vigente, lo cual produce una pérdida del poder adquisitivo del dinero depositado en un banco. Esto conduce a la reflexión de que si se ganara un rendimiento igual al del índice inflacionario, el capital invertido mantendría su poder adquisitivo, luego, entonces, la referencia debe ser el índice inflacionario.

La referencia firme es, pues, el índice inflacionario. Sin embargo, cuando un inversionista arriesga su dinero, para él, no es atrayente mantener el poder adquisitivo de su inversión, sino mas bien, que ésta tenga un crecimiento real; es decir, le interesa mantener un rendimiento que haga crecer su dinero más allá de haber compensado los efectos de la inflación, por lo anterior es conveniente calcular la TMAR de la siguiente manera:

$$T M A R = \text{índice inflacionario} + \text{premio al riesgo}$$

Esto significa que la TMAR que un inversionista le pediría a una inversión debe calcularla sumando dos factores: primero, debe ser tal su ganancia, que compense los efectos inflacionarios, y en segundo término, debe ser un premio o sobre tasa por arriesgar su dinero en determinada inversión. Generalmente es conveniente evaluar un proyecto en un horizonte de tiempo, por

ejemplo de cinco años, en este caso la TMAR calculada debe ser válida no solo en el momento de la evaluación, sino durante los cinco años. El índice inflacionario usado para calcular la TMAR debe ser el promedio del índice inflacionado pronosticado para los próximos años. Los pronósticos pueden ser de varias fuentes, nacionales (como los pronósticos del Banco de México) o extranjeros (como los pronósticos de Diemex-Wharton y otros).

Ahora ya se sabe como calcular el primer término de los dos que componen la TMAR y sólo falta preguntar, ¿Cuál debe ser el valor del premio al riesgo que debe ganarse? la respuesta no es fácil, pero en términos generales se considera que un premio al riesgo, debe ser entre 10 y 15 %. Esto no es totalmente satisfactorio, ya que su valor debe depender del riesgo en que se incurra al hacer esta inversión, y de hecho, cada inversión es distinta.

Una primera referencia para darse una idea de la relación riesgo-rendimiento es el mercado de valores (bolsa de valores). Ahí existen diferentes tipos de riesgos en las inversiones, según el tipo de acciones que se haya adquirido, y por supuesto diferentes rendimientos. Se puede realizar un análisis de actividades por tipo de acciones. Por ejemplo, si se fuera a invertir en una empresa elaboradora de productos químicos terminados, se analizaría lo referente a acciones comunes, se observa su evolución y rendimiento por acción de esa actividad en el presente. Esta podría ser una referencia para fijar el premio al riesgo, ya que se supone que la nueva empresa formará parte de esa actividad y estará sujeta a condiciones ( y en rendimientos sobre inversión) similares a los de las industrias que desarrollan esa actividad.

Otra buena referencia para tener idea del riesgo, es el propio estudio de mercado, donde, con una buena fuente de información es posible darse cuenta de las condiciones reales del mercado y, desde luego, del riesgo que se tiene el tratar de introducirse en él. Continuaremos con el uso de TMAR en páginas más adelante, antes se definirán otros términos.

### 2.3.2 METODOS DE EVALUACION ECONOMICA

El estudio de la evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto. En esta parte del proyecto se conocerá el proceso de producción, así como todos los costos en que se incurrirá en la etapa productiva, además de que se habrá calculado la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto. Sin embargo, a pesar de conocer incluso las utilidades probables del proyecto durante los primeros años de operación, aún no se habrá demostrado que la inversión propuesta será económicamente rentable.

En este momento surge el problema sobre el método de análisis que se empleará para comprobar la rentabilidad económica del proyecto. Se sabe que el dinero disminuye su valor real con el paso del tiempo, a una tasa aproximadamente igual al nivel de inflación vigente. Esto implica que el método de análisis empleado deberá tomar en cuenta este cambio del valor real de dinero a través del tiempo.

Antes de presentar los métodos, se intentará describir brevemente cual es la base de su funcionamiento. Supongase que se deposita una cantidad  $P$  en un banco, en la misma forma en que se invierte cierta cantidad de dinero en una empresa. La cantidad se denota por la letra  $P$ , pues es la primera letra de la palabra presente, con lo que se quiere evidenciar que es la cantidad que

se deposita al iniciar el período de estudio o tiempo cero ( $t_0$ ). Esta cantidad, después de cierto tiempo de estar depositado en el banco o invertida en una empresa, deberá generar una ganancia a cierto porcentaje con respecto a la inversión inicial ( $P_i$ ), si de momento se le llama "i" a esa tasa de ganancia y "n" a un número de períodos de tiempo en que ese dinero gana la tasa de interés "i", "n" sería el número de períodos capitalizables. Con estos datos, la forma en que crecería el dinero depositado en un banco, sin retirar los intereses o ganancias generados, sería:

$$F_1 = P + P_i = P(1 + i) = P(1 + i)^1 \quad (1)$$

En el primer período de capitalización ( $n=1$ ), generalmente un año, denominado  $F(\text{futuro})$  a la cantidad acumulada en ese futuro.

En el período  $n=2$ , la cantidad acumulada hacia el fin de año sin retirar la primera ganancia  $P_i$  sería la cantidad acumulada en el primer período ( $P + P_i$ ), más esa misma cantidad multiplicada por el interés que se gana por período.

$$F_2 = P + P_i + (P + P_i)i = P + P_i + P_i^2 = P(1 + 2i + i^2)$$

$$F_2 = P(1 + i)^2 \quad (2)$$

Siguiendo el mismo razonamiento para encontrar  $F_1$  y  $F_2$  (sin que se hayan retirado los intereses), la cantidad acumulada en un futuro, después de  $n$  períodos de capitalización, puede expresarse como:

$$F_n = P(1 + i)^n \quad (3)$$

Esto introduce el concepto de equivalencia. Si se pregunta a cuanto equivalen \$1000 de hoy a \$1000 dentro de un año, es cierto suponer que con base en la fórmula N° 3 , para calcular cantidades equivalentes del presente al futuro, y sabiendo que  $P=1000$  (cantidad en tiempo presente) y  $n=1$ , la cantidad equivalente dentro de un año dependerá exclusivamente de la "i" o tasa de interés que se aplique. Tómese una tasa de referencia; por ejemplo, la tasa inflacionaria. En México en 1988, fué de 51.7 % ( $i=0.517$ ), entonces:

$$F_1 = 1000(1 + 0.517)^1 = 1517$$

Esto significa que la tasa inflacionaria en un año es de 51.7 %, dá exactamente lo mismo tener \$1000 al principio del año (1988) que \$1517 al final de él. Es decir que si un artículo al inicio del año vale \$1000, el mismo artículo al final del año valdrá \$1517 si la inflación es de 51.7 % para ese período. Así pues, las comparaciones de dinero en el tiempo deben de hacerse en términos del valor adquisitivo real o de su equivalencia en distintos momentos, no con base en su valor nominal.

Supongase otro ejemplo. Una persona pide prestados \$1000 y ofrece pagar \$1900. Si se sabe que la tasa de inflación en el próximo año será de 90 % y se despeja  $P$  de la ecuación N° 3:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} = \frac{1900}{(1+0.9)^1} = 1000$$

El resultado indica que si se acepta hacer el préstamo en esas condiciones, no se estará ganando nada sobre el valor real del dinero, ya que sólo será reintegrada una cantidad exactamente equivalente al dinero prestado. Por lo anterior, se puede concluir que siempre que se hagan comparaciones de dinero através del



tiempo se deben hacer en un solo instante, usualmente el tiempo cero o presente, y siempre deberá tomarse en cuenta una tasa de interés, pues ésta modifica el valor del dinero conforme transcurre el tiempo. Después de haber explicado lo anterior pasemos a estudiar dos de los métodos más comunmente usados durante la evaluación económica de proyectos, valor presente neto y tasa interna de retorno.

#### A.- Valor Presente Neto

El valor presente neto es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

A continuación se explica claramente esta definición.

Comenzaremos por nombrar como flujos netos efectivos (FNE) al monto de dinero que se invierte en el proyecto o que resulta como ganancia de éste.

Si se quiere representar el FNE para un proyecto industrial por medio de un diagrama, esto podría quedar de la siguiente manera: Tomese para el estudio un horizonte de tiempo de, por ejemplo, cinco años. Tracese una línea horizontal y dividase ésta en cinco partes iguales, que representan cada uno de los años. A la extrema derecha coloquese el momento en el que se origina el proyecto o tiempo cero. Representese los flujos positivos o ganancias anuales de la empresa con una flecha hacia arriba, y los desembolsos o flujos negativos, con una flecha hacia abajo. En este caso, el único desembolso es la inversión inicial en el tiempo cero, aunque podría darse el caso de que en determinado año hubiera una pérdida (en vez de ganancia), y entonces aparecería en el diagrama de flujo una flecha hacia abajo.

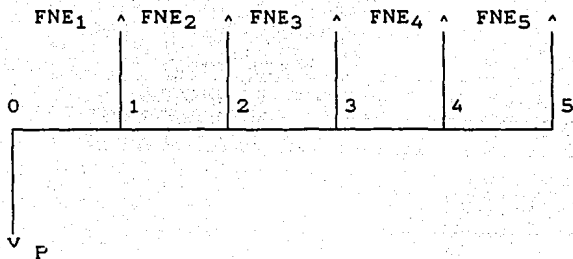


Diagrama de flujo efectivo.

Si adquirimos un artículo en \$100 y segundos después lo vendemos en \$120 al comparar lo invertido con lo ganado nos daremos cuenta que se hizo una inversión altamente redituable. Para un proyecto industrial también tendremos que comparar las ganancias con la inversión, solo que en este caso, la inversión se hace en este instante y las ganancias las obtendremos distribuidas en los siguientes cinco, diez, o más años. Si la inflación durante la vida útil del proyecto fuera de cero, sería suficiente sumar las ganancias de cada año y restar la inversión inicial para conocer las ganancias netas del proyecto, sin embargo en México como en cualquier lugar del mundo la inflación es mayor a cero, de tal manera que nos vemos en la necesidad de descontar el porcentaje de la inflación a las ganancias futuras para obtener su equivalente en el presente, hecho esto podemos comparar ahora si lo ganado con lo invertido y conoceremos la rentabilidad de la inversión.

Cuando se hacen cálculos de pasar, en forma equivalente dinero del presente al futuro, se utiliza una "i" de interes o de crecimiento de dinero; pero cuando se quiere pasar cantidades futuras al presente, como en este caso, se usa una "tasa de descuento", llamada así porque descuenta el valor del dinero en el futuro a su equivalente en el presente y a los flujos traídos al tiempo cero se le llama flujos descontados.

La definición expuesta anteriormente de Valor Presente Neto (VPN) ya tiene sentido. Sumar los flujos descontados en el presente y restar la inversión inicial equivalente a comparar todas las ganancias esperadas contra todos los desembolsos necesarios para producir esas ganancias, en terminos de su valor equivalente en este momento o tiempo cero. Es claro que para aceptar un proyecto las ganancias deberán ser mayores que los desembolsos, lo cual dará por resultado que el (VPN) sea mayor que cero.

La ecuación utilizada para el cálculo del VPN es la siguiente.

$$VPN = - P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5} + VS \quad (4)$$

"i" podrá tomar alguno de los siguientes valores.

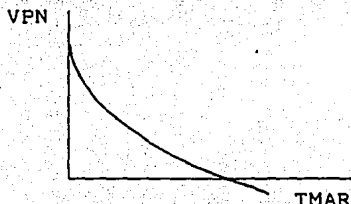
- a) porcentaje de inflación
- b) tasa mínima aceptable de rentabilidad.

La interpretación que se le dé al resultado obtenido del valor presente neto (VPN) dependerá del valor de "i", así, si el "i" tomado fue el de porcentaje de inflación y si el VPN resultante fuera igual a cero, esto representaría que las ganancias de la

empresa solo servirían para mantener el valor adquisitivo real que la empresa tenía en el año cero siempre y cuando se reinvertieran todas las ganancias, para este caso de  $VPN = 0$  se descarta la realización del proyecto.

Lo más común y lo más conveniente es asignarle a "i" el valor de la Tasa Mínima Aceptable de Rentabilidad, en tal caso si el  $VPN \geq 0$  el proyecto en estudio sería atractivo económicamente.

La relación entre el VPN y la "i" puede representarse gráficamente como sigue:



Como conclusiones generales a cerca del uso del VPN como método de análisis se puede decir lo siguiente:

- 1.- Se interpreta fácilmente su resultado en términos monetarios
- 2.- Supone una reinversión total de todas las ganancias anuales, lo que no sucede en la mayoría de las empresas
- 3.- Su valor depende de "i" aplicada. Como esta "i" generalmente es la TMAR, su valor lo determina el evaluador.
- 4.- Si  $i = TMAR$  entonces los criterios de evaluación son: si  $VPN \geq 0$ , aceptar la inversión; si  $VPN < 0$ , rechazarla

## B.- Tasa Interna de Rentabilidad

Encuestas realizadas sobre el grado de utilización de los diversos métodos para analizar inversiones <sup>1</sup>, indican que la TIR es uno de los procedimientos cada vez más utilizados por las empresas. Uno de los motivos que se aducen para emplear la TIR, reside en su aparente facilidad de comprensión por la dirección, al expresarse mediante un porcentaje. Sin embargo se ha comprobado que la dirección no comprende con exactitud el significado económico de ese porcentaje y lo que es más, no es conciente de la hipótesis que subyace a su cálculo.

Para evitar lo anterior se dará una explicación clara de la TIR partiendo de su definición.

"Es la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero".

"Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial".

Para entender las anteriores definiciones supongase que con una TMAR previamente fijada, por ejemplo, de 90 %, se calcula el VPN y éste arroja un valor positivo: diez millones. Con este dato se acepta el proyecto, pero ahora intereza conocer cual es el valor real de rendimiento del dinero. Para saber lo anterior se utiliza la ecuación N<sup>o</sup> 4.

<sup>1</sup> Abril Pérez Luis: « Criterios formales de selección de inversión empleados en España » Boletín de Estudios Económicos nº 97 abril 1976. Klammer Thomas: « Empirical evidence of the adoption of sophisticated capital budgeting techniques » Journal of Business, julio 1972.

$$P = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} + VS$$

En la ecuación anterior aparece una columna llamada Valor de rescate fiscal (VS). Esto significa que, por ejemplo si el estudio se hace para un horizonte de cinco años y en ese momento se corta artificialmente el tiempo para hacer la evaluación, entonces debe considerarse para que la evaluación sea correcta, el valor fiscal de los bienes de la empresa en ese momento. El valor de rescate o de salvamento se calcula restando al valor de adquisición la depreciación acumulada hasta ese momento.

De la ecuación N° 4 se conoce la inversión inicial del proyecto (P) y se han pronosticado las ganancias de cada año (FNE) hasta el año "n", la única incógnita es por lo tanto "i" que llamaremos tasa interna de retorno, la cual se calcula por medio de tanteos (prueba y error) y éste valor de "i" nos indica el máximo tipo de interés que puede pagarse sobre los fondos invertidos, de modo que ni se pierda, ni se gane en el desarrollo del proyecto.

Si  $i > TMAR$  el proyecto es atractivo económicamente.

Si  $i < TMAR$  el proyecto no es atractivo económicamente.

Se le llama tasa interna de rendimiento porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad en la misma empresa. Y esto es difícil, pues cuando una empresa ha alcanzado la saturación física de su espacio disponible o cuando sus equipos trabajan a toda su capacidad, la empresa ya no puede

tener reinversión interna por lo que empieza a reinvertir en alternativas externas como puede ser la adquisición de valores o acciones de otras empresas, la creaciones de otras empresas o sucursales, la adquisición de bienes y raices, etc. Es difícil saber en que alternativas externas a la empresa se invertirán las ganancias futuras de éstas, y más aún predecir la rentabilidad de esas inversiones externas.

El calcular la tasa interna de retorno suponiendo que todas las ganancias futuras se reinvertirán en la misma empresa sin que suceda así daría un resultado erróneo para el proyecto.

Para el caso en que se conozcan además de las ganancias futuras de la empresa, las alternativas externas de la inversión a las que se destinarán y también el rendimiento éstas, se podrá calcular ahora si un valor exacto de la tasa interna de retorno, que podríamos llamar como tasa interna de retorno corregida (TIRC)

En el cálculo de la TIRC para un período determinado del proyecto se utiliza la ecuación Nº 5 obtenida a partir de la ecuación Nº 4 multiplicando los dos miembros por  $(1 + i)^5$

$$P(1+i)^5 = FNE_1(1+i)^4 + FNE_2(1+i)^3 + FNE_3(1+i)^2 + FNE_4(1+i)^1 + FNE_5 + VS \quad \dots (5)$$

En el ejemplo que se muestra en el tabla 2.8 donde junto al calendario de inversión figuran las estimaciones de la rentabilidad de las futuras oportunidades de inversión durante cada año, se puede comprobar la diferencia entre la TIR calculada convencionalmente y la TIRC.

Tabla 2.8

| Años | Desembolso | Ingresos | Tasa de Reinversión de los Ingresos Intermedios |
|------|------------|----------|---|
| 1    | 100        | —        | —   |
| 2    | —          | 80       | 10 %  |
| 3    | —          | 40       | 13 %  |
| 4    | —          | 20       | 15 %  |
| 5    | —          | 10       | —   |

$$100 = \frac{80}{(1+i)} + \frac{40}{(1+i)^2} + \frac{20}{(1+i)^3} + \frac{10}{(1+i)^4}$$

$$\text{TIR} = 28 \%$$

$$100 = (1+i)^4 = 80(1+0.1)^3 + 40(1+0.13)^2 + 20(1+0.15) + 10 ;$$

$$\text{TIRC} = 17.5 \%$$

La TIR de ésta inversión, aparentemente del 28 % queda reducida al 17.5 % (TIRC) cuando se introducen las tasas de reinversión correspondientes a cada año. Esta reducción hace económicamente menos atractiva la inversión.

### C.- PUNTO DE EQUILIBRIO

El análisis del punto de equilibrio es una técnica útil para estudiar las relaciones entre los costos fijos, los costos variables y los beneficios.



En primer lugar hay que mencionar que ésta no es una técnica para evaluar la rentabilidad de una inversión ya que para su cálculo no se considera la inversión inicial que dá origen a los beneficios calculados. Sin embargo es de utilidad ya que con éste método se puede calcular con mucha facilidad la producción mínima a la que debe operarse la planta para no incurrir en pérdidas, sin que ésto signifique que aunque haya ganancias éstas sean suficientes para considerar rentable el proyecto.

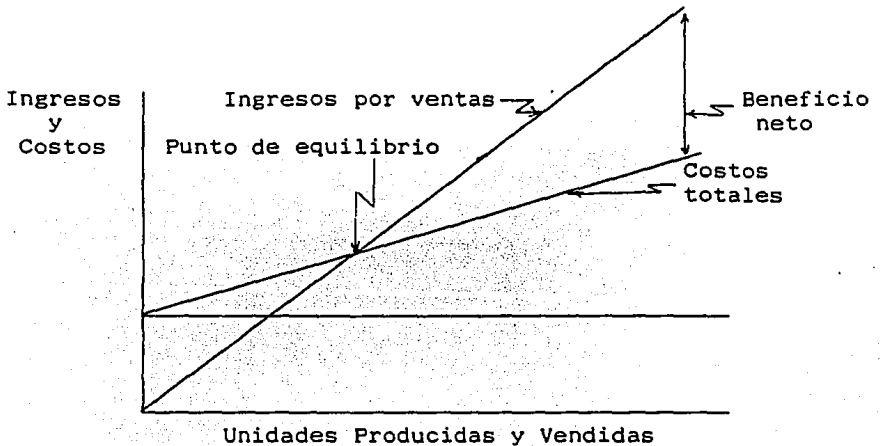
Para hacer éste análisis conviene separar los costos en dos grandes grupos.

- 1.- Los costos fijos son aquellos que son independientes del volumen de producción. (gastos de administración, superintendencia de la planta, depreciación y amortización, seguro sobre la planta, etc.
- 2.- Costos variables son los que varían directamente con el volumen de producción (materias primas y reactivos de procesos, mano de obra, de producción, impuestos sobre ventas, etc).

Al expresarlos en una gráfica, los costos fijos quedarán representados por una línea paralela al eje de las abscisas, ya que serán iguales cualquiera que sea la capacidad de producción anual, en unidades físicas; o bien, el porcentaje de capacidad de producción, hasta alcanzar el 100 %. En éste mismo eje se considerarán: el valor de la producción anual, o bien el porcentaje de capacidad instalada.

Como los costos variables son directamente proporcionales a la producción, los representa una línea recta que parte de la línea de costo fijo y cuya inclinación depende del costo unitario.

Una tercera línea representa los ingresos por ventas en función de unidades vendidas. El punto de equilibrio está indicado por el cruce entre la línea de ingresos por ventas y la de costos lineales.



La fórmula para calcular matemáticamente el punto de equilibrio es la siguiente:

$$P_E = \frac{C_F}{1 - \frac{C_v}{V}}$$

Donde:

$P_E$  = Punto de equilibrio.

$C_F$  = Costos fijos.

$C_v$  = Costos variables.

$V$  = Ingresos por ventas.

### 2.3.3 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Se denominan análisis de sensibilidad al procedimiento por medio del cual se puede determinar cuánto se afecta (qué tan sensible es) la TIR ante cambios en determinadas variables del proyecto por ejemplo: volumen de producción, precio de venta, costo de materia prima, tasa de financiamiento, etc.

La evaluación del proyecto será sensible a la variación de uno o más de los factores antes mencionados, y al incluir éstas variaciones en la evaluación económica el resultado de la rentabilidad de la inversión cambia.

Visualizar qué variables tienen mayor efecto en el resultado frente a distintos grados de error en su estimación, permite decidir acerca de la necesidad de realizar estudios más profundos de esas variables con el objeto de mejorar las estimaciones y reducir el grado de riesgo por error.

## CAPITULO TRES

### SELECCION DEL PROCESO Y ADQUISICION DE TECNOLOGIA

---

La selección del proceso más adecuado a nuestras necesidades es de las primeras actividades en la ejecución de proyectos industriales. Es posible que exista ya un proceso para elaborar el producto deseado en algún lugar del mundo. Estos procesos son desarrollados por empresas grandes, generalmente multinacionales, en sus departamentos de investigación y desarrollo de nuevos procesos, éstos en general son utilizados por dichas compañías y dan licencias a otras para su uso.

Las empresas que investigan y desarrollan procesos industriales, publican sus resultados aunque de manera muy superficial en: revistas, libros, folletos, etc.

Es en estos medios de información donde se podrá encontrar uno o más procesos que satisfagan nuestras necesidades y de las cuales será necesario pedir información más detallada a sus dueños para evaluar y seleccionar al proceso más adecuado.

### 3.1 ¿ HABRA VARIOS PROCESOS PARA LA OBTENCION DE UN MISMO PRODUCTO ?

En la producción de productos químicos es posible encontrar diferentes procesos que son capaces de producir a partir de la misma materia prima, o a partir de materias primas diferentes o de diferente calidad un mismo producto

Así por ejemplo, en la fabricación de papel se pueden emplear diversos procesos para obtenerlo, algunos utilizan madera como materia prima, otros bagazo de caña, hay los que utilizan fibras de plantas herbáceas y también los que utilizan residuos agrícolas.

También, aunque sea una misma materia prima hay diferentes procesos para transformar la materia prima en el producto deseado, por ejemplo para transformar la madera en papel, se puede utilizar el proceso mecánico, o el químico (también conocido como proceso Kraft) y el semiquímico.

Se puede obtener un mismo producto en diferentes calidades, esto depende del tipo de materia prima y del proceso utilizado, por ejemplo hay papel aceitado, es el que se utiliza como dieléctrico en cables de alta tensión, o el papel aluna, es el que se emplea para la fotocopia de documentos impresos, o el papel china el cual se fabrica con la parte inferior de la corteza de la caña del bambú, que por su fibra larga es muy consistente a pesar de su extrema delgadez, el papel de filtro, poroso y sin cola, hecho con trapos de algodón lavados con ácidos diluidos y que se usa para filtrar, y muchos otros tipos de papel que se pueden obtener de calidades diferentes.

Para la obtención de Acido Nitríco, Acido Sulfúrico, Amoniaco, Nitrato de Amonio y para un sin número de productos químicos hay más de un proceso disponibles.

La selección del proceso mas adecuado para producir un producto determinado es de gran importancia, y puede marcar la diferencia entre el éxito o el fracaso técnico y económico de la empresa.

La selección de la tecnología se hará con base a comparar una serie de propuestas y alternativas, y la que más se apege, o sea más adecuada a las necesidades del proyecto tanto en los aspectos técnicos como en los económicos será la más recomendable.

No es tan fácil efectuar dicha selección, en muchas ocasiones se han cometido errores por la gran diversidad de factores que en ella intervienen. La habilidad de persuasión de los experimentados vendedores de la tecnología quienes por venderla y hacerla atractiva hábilmente ocultan rendimientos, costos, etc. mientras que los a veces no muy experimentados clientes omiten algunos criterios de selección tanto técnicos como económicos y hasta contractuales de gran importancia.

Es por lo anterior que se ha hecho necesario crear un procedimiento que considere todos los criterios de selección relevantes y que puede ser una guía para el cliente durante la selección y adquisición de la tecnología.

A continuación se propone un procedimiento de evaluación y adquisición de tecnología, el cual se muestra en el diagrama 3.1, en éste se presentan los factores a considerar y la secuencia a seguir para efectuar dicha evaluación. Se pretende con este procedimiento aportar lineamientos, elementos de juicio, y criterios sustanciales para lograr una negociación con resultados altamente favorables al proyecto.

Con el análisis de los puntos mostrados en el anterior diagrama se llegará a una selección adecuada de la tecnología en condiciones de negociación justa para ambas partes.

A continuación se muestran las partes que conforman este diagrama.

### 3.2 BASES DE DISEÑO

También conocidas como bases técnicas, esta información puede ser clasificada en dos partes para su elaboración y análisis; la primera nos indica los recursos técnicos con los que contamos para la ejecución del proyecto, por ejemplo algunos de ellos son: características de materias primas disponibles, características de servicios auxiliares de que se dispone (energía eléctrica, vapor, drenajes, etc.), características del lugar de ubicación de la planta (clima, velocidad y dirección de los vientos, etc.), la segunda parte indica lo que se desea del proyecto, por ejemplo: Especificaciones del producto, cantidad producida de éste, Factor de servicio de la planta, Alcance de la tecnología que se desee adquirir, etc.

No siempre las Materias Primas que se encuentran cercanas al lugar donde se localizará la planta tienen las características mínimas requeridas por el proceso, en este caso se elegirá algunas de las siguientes alternativas: Estudiar la posibilidad de acondicionarlas para que se ajusten a las necesidades del proceso ó estudiar la conveniencia de cambiar el proceso para que se utilicen las materias primas disponibles, también se puede crear un proyecto para producirlas por cuenta propia, y en el último de los casos si resulta conveniente se irá hasta donde se encuentren para traerlas.

Se puede tener el caso de que la planta se vaya a construir dentro de un complejo industrial en el cual los servicios auxiliares ya están definidos en cuanto a niveles o rangos de operación. Las bases de diseño incluirán un listado de todos aquellos Servicios Auxiliares que se disponen en el lugar de instalación de la

planta, con el fin de que el diseño de la tecnología indique de cuales hará uso, en que cantidades, y a que condiciones los requiere. Esto dará la pauta para el diseño de algunas partes y secciones del proceso, por ejemplo, el usar turbinas de gas en lugar de turbinas a vapor ó el uso de aceite térmico para calentamiento en lugar de vapor.

Las Especificaciones del Producto son establecidas por alguna dependencia gubernamental, o por las exigencias del público consumidor. Dichas especificaciones son definidas durante el estudio de mercado y son anotadas en las bases que se le entregan al proveedor de la tecnología.

El Factor de Servicio de Proceso expresará el número de horas que la planta operará por cada año y estará expresado generalmente en porcentaje o fracción. Es importante definirlo ya que con base en él se seleccionará el equipo que soporte el ritmo de trabajo deseado, y se determinará el número de equipos de relevo.

### 3.3 BUSQUEDA Y CONTACTO CON PROVEEDORES DE TECNOLOGIA.

Después de haber elaborado las bases de diseño en las que se incluye la especificación del producto que se desea obtener se procede a buscar el proceso adecuado en literatura técnica nacional e internacional, esto incluye: revistas, libros, memorias de seminarios y conferencias, se puede consultar a dueños de empresas que fabriquen dichos productos, a firmas de ingeniería, a directores de licenciados, al registro nacional de transferencia de tecnología, etc. Se hace un primer análisis de los procesos encontrados que mas se apeguen a nuestras necesidades y limitaciones técnicas y económicas, y se procede a establecer contacto con los dueños de la tecnología, para conocer si están en la disposición de vender su tecnología y bajo qué condiciones.



En ocasiones los dueños de la tecnología no dan concesión a licencias o tienen convenio exclusivo con determinada compañía. En tales casos nos veremos en la imposibilidad de adquirir sus tecnologías.

Si el proveedor está dispuesto en dar concesión de licencias se le presentará una solicitud de cotización en la que establecemos claramente el alcance de la tecnología deseada y las bases de diseño. Posteriormente los licenciadores envían la información de sus procesos, esta información técnica entregada por los licenciadores puede estar sujeta a convenios de confidencialidad o secrecia para uso exclusivo de la evaluación.

En caso de haber más de un proveedor de tecnología interesado en dar concesión, se hará un concurso en el que se analizarán y se revisarán exhaustivamente las ofertas. Durante éste análisis se efectuarán evaluaciones técnicas, económicas y contractuales de cada proceso para elegir el más adecuado.

A continuación se describe cada una de éstas evaluaciones.

### 3.4 EVALUACION TECNICA

Para la adecuada evaluación tecnica de los procesos deben analizarse los siguientes aspectos fundamentales: experiencia de licenciadores, novedad u obsolescencia de los procesos, cumplimiento de bases técnicas, características del equipo, flexibilidad del proceso, versatilidad del proceso, requerimientos de compuestos quimicos auxiliares, tratamiento de efluentes y servicios técnicos. A continuación se explica cada uno de ellos.

### 3.4.1 Experiencia de los Licenciadores

Es necesario conocer su experiencia general en diseño, construcción, operación y coordinación de proyectos para lo cual se solicita su curriculum con el fin de conocer el número, tipo y capacidad de plantas licenciadas por ellos. También se debe analizar su estructura organizacional, recursos materiales y humanos.

Se hacen visitas a las plantas en operación diseñadas por los licenciadores para conocer accidentes o incidentes graves ocurridos, problemas durante el arranque, operación, mantenimiento y paro.

Es necesario también investigar la experiencia que el licenciador tiene en el diseño de ciertos equipos especiales que por su complejidad requiere de mucha capacidad y confiabilidad por parte de ellos, como en el diseño de hornos, reactores y equipos de separación.

### 3.4.2 Cumplimiento de las Bases Técnicas

Como se recordará, inicialmente se establecieron las bases de diseño que posteriormente son enviadas a los proveedores de la tecnología. Estas bases de diseño es la información que indica en forma general los recursos técnicos con los que se cuenta para la ejecución del proyecto, y lo que se desea obtener del proceso.

Será difícil que un proceso se ajuste exactamente a nuestras limitaciones y necesidades, sin embargo se buscará el que más se apegue a ellas o proponga alternativas de solución económicamente viables.

Entre mayor se alejen los procesos propuestos de nuestras bases de diseño mayor serán las dificultades que se presentarán, por ejemplo si las materias primas propuestas en las bases de diseño no son adecuadas para el proceso y tengan que ser acondicionadas, habrá un aumento en los costos de producción, o si el producto obtenido no tiene las especificaciones exactas requeridas por el consumidor, el índice de ventas puede bajar notablemente, o si la capacidad requerida está fuera del rango de capacidades del proceso propuesto, aparecerán ineficiencias tanto en el equipo en operación como en la economía del proceso.

Es condición necesaria que el proceso adquirido cumpla con los requerimientos mínimos establecidos en las bases de diseño, debiendo ser una exigencia para los licenciadores los cuales en caso de comprometerse a respetarlas y no cumplir con ellas deberán estar sujetos a fuertes penalizaciones. Esto debe contemplarse con mucha atención y cuidado en la evaluación y negociación de la tecnología.

### 3.4.3 Características del Equipo de Proceso

Es necesario analizar el grado de complejidad que los equipos de proceso presentan en su diseño, operación y mantenimiento. Esto repercutirá en su confiabilidad operativa y sus costos de operación.

Los puntos sobresalientes a revisar son: los problemas mecánicos más frecuentes, problemas de corrosión y desgaste, grado de automatización e instrumentación, materiales de construcción y capacidad límite de diseño. También se considerará la disponibilidad de refacciones y el lugar donde estarán disponibles sea en el país o en el extranjero, así como una aproximación de su costo en relación al del equipo.

### 3.4.4 Flexibilidad del Proceso

La flexibilidad del proceso es la capacidad que tiene para absorber ciertas variaciones operacionales sin que resulte en perjuicio de la calidad del producto elaborado. La flexibilidad del proceso se reflejará en la operación de la planta con materias primas de diferente especificación, en el grado de independencia que guarden algunas secciones de la planta con respecto al conjunto total de la unidad, en el grado de la automatización de la planta, en poder trabajar a diferentes capacidades, en la obtención de diferentes rendimientos de productos, en mejorar en un momento dado las especificaciones del o los productos y en la capacidad del proceso para que continúe operando aun con la falla en algunos equipos o en el suministro de algunos servicios.

A continuación se mencionan de manera más amplia los factores que influyen en grado de flexibilidad del proceso.

#### A) Operación con materias primas de diferente especificación

Es posible que el proceso pueda operar con materias primas diferentes, en este caso el licenciador deberá indicar las posibles repercusiones que esto tendrá en el proceso y señalar si es necesario tomar previsiones para acondicionar las materias primas y mencionar si los equipos requeridos para tal acondicionamiento están considerados dentro del diseño del proceso

#### B) Independencia de algunas secciones de la planta.

En algunos procesos ciertas secciones que lo componen pueden tener independencia de operación, ya sea por periodos cortos o con cierta duración, esto es de utilidad, pues con ello se tiene la oportunidad de seguir operando el proceso a pesar de la falla de alguna sección mientras ésta es corregida.

C) Grado de automatización de la planta. Toda instrumentación y sistemas de control que se proponga, deberán contar con cierto grado de flexibilidad para seguir operando correctamente a pesar de algunas modificaciones en la operación, por ejemplo variación en la capacidad de producción.

D) Flexibilidad de la capacidad de operación. Esta es una característica deseada del proceso ya que por razones variadas pueden existir fluctuaciones en la producción, debiendo la planta ser capaz de trabajar aún con estas fluctuaciones, sin repercutir en la calidad del producto ni dañar el equipo. El licenciador deberá definir cuál es la capacidad mínima y máxima estable de operación y cuál es su óptima. Debiendo existir congruencia entre el diseño de equipo y la operación de la planta a diferentes capacidades.

E) Vulnerabilidad del proceso. Indica la capacidad del proceso para que continúe operando a pesar de fallas en algunos equipos o en el suministro de algunos servicios. Se considera recomendable revisar que dicho proceso pueda absorber la falla ya sea de algún equipo o servicio y pueda seguir operando durante algún tiempo razonable que permita ya sea conseguir el restablecimiento de la falla, o proceder al paro normal y programado de la planta, evitando problemas posteriores que pudiesen presentarse en caso de que la planta se parara súbitamente por falla del servicio o equipo, algunas de las posibles fallas pueden ser taponamiento de líneas, problemas de corrosión, solidificación de producto en proceso, descompostura de algún equipo, falta de agua de enfriamiento, falta de vapor, etc.

#### 3.4.5 Versatilidad del Proceso

Es la capacidad que tiene el proceso para obtener más de un producto a partir de materias primas similares o diferentes, esto

es común en la industria alimentaria para obtener, por ejemplo, de la leche o frutas, diferentes productos según lo demanden las necesidades del mercado.

#### **3.4.6 Requerimientos de Compuestos Químicos Auxiliares del Proceso**

Algunos de estos compuestos son los catalizadores, solventes y aditivos. Su utilización repercute en dos sentidos, primero en la facilidad o dificultad de conseguirlos en el país o en el extranjero, y segundo, es común que se trate de sustancias tóxicas o altamente venenosas que requieran de condiciones especiales de almacenamiento y de equipo especial involucrado para su manejo, lo anterior repercutirá en los costos de operación.

#### **3.4.7 Novedad u Obsolescencia del Proceso**

Todo está evolucionando continuamente y sujeto a revisiones de ciertos parámetros por cambios en capacidad y en equipos nuevos, cambios en las especificaciones de las materias primas y/o productos, cambios en materiales de construcción, y nuevos desarrollos, todos tendientes a mejorar la calidad de la producción y/o disminuir costos de operación. Por lo tanto siempre es deseable tener el proceso más actualizado del mercado, sin embargo los licenciadores deben demostrar que estas innovaciones han sido probadas con éxito sobre todo en los procesos de diseño y capacidad similares a la planta que se desea instalar.

#### **3.4.8 Tratamiento de Efluentes**

En el lugar donde se localice la planta sea cual sea habrá reglamentos gubernamentales sobre los contaminantes desechados por

una planta industrial. El proceso adquirido deberá respetar estas restricciones utilizando apropiados mecanismos para el tratamiento de éstos afluentes, no descartando la posibilidad de modificar algunos de ellos para obtener productos utilizables.

#### 3.4.9 Servicios Técnicos

Estos son servicios que el licenciador se compromete a dar por la compra de su tecnología, algunos de ellos son: inspección de procura de equipo en el extranjero, supervisión técnica durante la construcción, asistencia en los preparativos de arranque y durante el arranque del proceso, preparación del personal para operación y mantenimiento de la planta.

### 3.5 EVALUACION ECONOMICA

Obviamente en la selección del proceso, se elegirá el que cumpla con las características técnicas deseadas y el que nos represente el menor costo. Este último punto será tratado en esta sección para analizar cuales son sus aspectos relevantes a considerar y que nos sirvan como parámetro para efectuar una evaluación económica adecuada.

Para llevar a cabo la materialización de un proyecto industrial, se requiere asignarle una cantidad de recursos que se pueden clasificar en dos grandes grupos.

- A) Los que se requieren para la adquisición e instalación de la planta industrial.
- B) Los requeridos para la operación de la misma.

Los recursos necesarios para la adquisición de la planta e instalación de la planta constituyen la inversión fija del proyecto, y los recursos para operarla componen el capital variable del mismo.

### 3.5.1 Inversión Fija

Los rubros que integran la inversión fija se suelen clasificar en tangibles e intangibles.

#### TANGIBLES

- |  |   |
|--|---|
| 1) Maquinaria                          | 4) Terreno                                |
| 2) Equipo                              | 5) Obra civil                             |
| 3) Instalación de maquinaria y equipo. | 6) Prueba y puesta en marcha de la planta |

#### INTANGIBLES

- |                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| 1) Organización de la empresa | 2) Pago de tecnología. |
|-------------------------------|------------------------|

La información tan solo general del proceso enviada por el proveedor de la tecnología es insuficiente para determinar en forma exacta el monto total de la inversión fija. Sin embargo con ella se podrán hacer estimaciones con un porcentaje de aproximación de  $\pm 90\%$ . La información obtenida de los proveedores sobre sus procesos será aproximadamente la misma en cantidad y profundidad, de aquí que la determinación de los tangibles de la inversión fija tendrá las mismas imprecisiones para todos los procesos o la misma exactitud, esto es suficiente para efectos de comparación.



Los diferentes métodos para efectuar la estimación de costo de la inversión fija se describirán en el siguiente capítulo.

El costo que debemos pagar al dueño de la tecnología por hacer uso de ella se le llama regalías y éstas pueden fijarse bajo algunos de los siguientes conceptos.

- A) Porcentaje sobre ventas anuales.
- B) Porcentaje sobre volumen de producción anual.
- C) Pago fijo por capacidad utilizada.

Frecuentemente el monto por pago de regalías suele establecerse como un porcentaje del valor de la producción, mismo que generalmente es del orden de 1 a 3%.

### 3.5.2 Costos y Gastos de Operación

Es de gran importancia durante la evaluación económica de procesos conocer con cuál de ellos se tiene el menor costo de fabricación. Este variará de un proceso a otro a pesar de obtener el mismo producto y esto dependerá de las características específicas del proceso.

Los gastos de fabricación pueden clasificarse en las siguientes categorías.

- 1) Costos variables de operación
- 2) Cargos fijos de inversión
- 3) Cargos fijos de operación

#### A.- Costos Variables de Operación

Los costos variables de operación son aquellos directamente involucrados en la elaboración y venta del producto y, por ello

tienden a variar con el volumen de producción. Estos costos se derivan del pago de los siguientes conceptos.

- Materias primas y reactivos de proceso
  - Mano de obra de operación
  - Servicios auxiliares ( agua, energía eléctrica, combustible, vapor, refrigeración, etc.)
  - Supervisión, mantenimiento y reparación
- Etc.

#### B.- Cargos Fijos de Inversión

Estos cargos son una consecuencia de la inversión fija, y por lo tanto, tienden a permanecer constantes, independientemente del volumen de producción. Los más importantes son los siguientes:

- A) Depreciaciones y amortizaciones
- B) Impuestos sobre la propiedad
- C) Seguros sobre la planta
- D) Rentas ( en substitución de una inversión )

#### C.- Cargos Fijos de Operación

Son aquellos cargos necesarios para coordinar los servicios de la planta, impartir seguridad industrial y proporcionar servicios a los empleados. Se incluyen en este rubro a los siguientes:

- A) Superintendencia de la planta
- B) Cuerpo de bomberos
- C) Servicios médicos
- D) Servicios de vigilancia. Etc.

### **3.5.3 ANALISIS ECONOMICO**

Esta es la parte culminante de una evaluación económica, donde se utilizan los resultados antes obtenidos para efectuar el cálculo de la rentabilidad económica y el análisis de sensibilidad siendo estos resultados determinantes en la selección de procesos.

#### **A.- Cálculo de Rentabilidad Económica**

En términos amplios, el cálculo de rentabilidad económica consiste en comparar los beneficios y los costos del proyecto con miras a determinar si el cociente que expresa la relación entre unos y otros presenta o no ventajas mayores a las que se obtendrían con procesos distintos.

#### **B.- Analisis de Sensibilidad**

De este análisis podremos conocer la variación de la rentabilidad económica del proyecto en función de algunos aspectos tales como variación en: volumen de producción, precio de venta, costo de materia prima, etc.

Estos dos últimos apartados fueron tratados en el capítulo

2.

### **3.6 EVALUACION CONTRACTUAL**

Todo aquel proceso que haya aprobado satisfactoriamente la evaluación técnica y después la económica pasará ahora por una evaluación contractual.

Recordemos que una de las primeras actividades de adquisición de tecnología es pedir información técnica a los licenciadores, éstos además de enviarnos esa información, entregan también las cláusulas del contrato que proponen si se adquiere su tecnología. Corresponde a nosotros efectuar una evaluación de los puntos que componen dicho contrato.

Los siguientes puntos siempre deben ser considerados en una evaluación contractual.

- 1) Alcance de la tecnología adquirida
- 2) Limitaciones de la licencia
- 3) Costo de la licencia
- 4) Garantías y penalizaciones
- 5) Confidencialidad
- 6) Condiciones especiales

A continuación se describen cada uno de estos puntos.

### 3.6.1 Alcance de la Tecnología Adquirida y Servicios Adicionales

Se establece en el contrato el alcance de la tecnología a adquirir que puede comprender el primero y algunos de los siguientes puntos:

- 1.- Desarrollo de la Ingeniería Básica
- 2.- Desarrollo de la Ingeniería de Detalle
- 3.- Adquisición de Equipos
- 4.- Construcción de la Planta Industrial
- 5.- Puesta en Operación de la Planta Industrial

También se debe definir si el licenciado está dispuesto a dar servicios adicionales por la adquisición de su tecnología, tales como:

- 1.- Asistencia técnica durante la operación de la planta
  - 2.- Capacitación de personal
  - 3.- Servicio de administración
  - 4.- Concesión del uso de marcas
  - 5.- Concesión de uso de nombres comerciales
- Etc.

### 3.6.2 Limitaciones de la Licencia

Son diversas las limitaciones que el proveedor de la tecnología puede imponer para el uso de ella, por ejemplo se puede restringir al adquirente de la tecnología la venta del producto obtenido a un lugar geográfico bien definido y no tener penetración a otros mercados que puedan considerarse como exclusivos del dueño de la tecnología. Se puede además limitar la capacidad máxima de la planta industrial y, precio máximo o mínimo en la venta del producto.

### 3.6.3. Costo de Licencia

Se define en este punto el costo por concepto de adquisición de tecnología, el cual puede ser una suma global o regalías, además deben establecerse las fechas para efectuarse.

### 3.6.4 Garantías y Penalizaciones

Este es un punto que debe quedar claramente definido en el contrato con el fin de deslindar responsabilidades durante la construcción y operación de la planta industrial. Las garantías pueden ser de dos tipos.

- 1.- Garantía del funcionamiento total del proceso
- 2.- Garantía del no uso de patentes vigentes sin derecho

Dentro de las primeras encontramos garantías de consumos unitarios de: materias primas, servicios y materiales auxiliares. Así como de garantías sobre producción por unidad de tiempo.

El licenciado establece en el contrato el tipo de penalidades a las que están sujetos tanto él como el cliente en el caso de incumplimiento de algún punto establecido en el contrato.

### 3.6.5 Confidencialidad

En este punto el proveedor de la tecnología nos establece las restricciones que tenemos para el uso de la información tecnológica que él nos ha proporcionado.

### 3.6.7 Condiciones Especiales

En ocasiones los licenciadores condicionan la transferencia de su tecnología a que las adquisiciones de diferentes equipos, materias primas o materiales auxiliares se hagan a fabricantes que él determine, esto se debe analizar para conocer las desventajas que esto nos ocasionará.

## 3.7 NEGOCIACION DE LA OFERTA

Después de haber efectuado las evaluaciones técnicas, económicas y contractuales, se conocerá de entre los procesos analizados el más adecuado a nuestras necesidades y limitaciones, y se procederá a la negociación para la adquisición de esa tecnología.

Es posible que en algunos puntos establecidos en el contrato propuesto por el licenciador no se esté de acuerdo, en tal caso

se someterá a discusión, tratando de llegar a un acuerdo en el que las dos partes se vean igualmente favorecidas.

A continuación se muestra algunos puntos que generalmente se someten a discusión.

Como se mencionaba anteriormente, el licenciador puede limitar la comercialización del producto a una región geográfica específica, en este caso el usuario de la tecnología tratará durante la negociación ampliar dicha región. Debe establecerse que la ley mexicana de transferencia de tecnología prohíbe cláusulas que limiten o prohíban las exportaciones de productos obtenidos con la tecnología licenciada, además estas leyes evitan que el licenciador obligue al usuario de la tecnología a la adquisición de maquinaria, equipo y materia prima bajo ciertas condiciones, a limitar los volúmenes de producción, a la imposición de precios de venta, a la imposición de determinado personal para operación o supervisión, o el someter a tribunales extranjeros la interpretación o cumplimiento del convenio.

Otro punto de frecuente discusión durante la negociación del contrato es la forma en que se efectuarán los pagos de licencia, pudiendo ser como se mencionaba antes una suma global v/o regalías. Si el pago conciste en una suma global, éste puede efectuarse en períodos de tiempo establecidos o a la terminación de ciertas actividades por ejemplo, un porcentaje a firmarse el convenio de transferencia, otro porcentaje a la entrega de la ingeniería básica y otro al terminar las pruebas de garantía de funcionamiento de la planta, así como éste ejemplo se podrán negociar otras condiciones que resulten convenientes a ambas partes.

Otro punto a considerar por el usuario de la tecnología es el establecer que la confidencialidad de la información tecnológi-

ca no exeda a los diez años de duración, esto dá lugar a que se tenga el libre derecho de uso sobre la tecnología después de dicho período, con el fin de efectuar mejoras en el proceso o tomarlo como base para generar una nueva tecnología.

Durante la negociación del contrato se deberá establecer claramente las sanciones y hasta la obligación de pagos por daños y perjuicios en caso de incumplimiento de los puntos establecidos en el contrato, así mismo definir el tiempo de certificación de resultados y término de responsabilidad.

### 3.8 CONTRAPROPUESTA DE LA OFERTA

En esta fase de negociación el interezado en la tecnología enviará al licenciador modificación en algunos puntos contractuales que no hayaan sido de su completa satisfacción. Es posible quel licenciador después de un estudio de dichas modificaciones las acepte, en caso contrario habrá nuevas negociaciones hasta establecer un contrato favorable a ambas partes.

### 3.9 PREPARACION DEL CONTRATO

Después de llegar a un acuerdo, se preparará el contrato para ser enviado al Registro Nacional de Transferencia de Tecnología, aquí se revisará que no se infrinjan ninguna ley mexicana, en el caso de que así suceda será enviado a quienes lo proponen para que sean modificados los puntos ilegales, en caso contrario se le dará legalidad otorgandole su registro para su posterior firma por las partes involucradas en él.

En caso de que cualquier conflicto debido al funcionamiento de este contrato no pueda ser resuelto directamente por las partes contractuales, será turnado a la Cámara Internacional de Comercio



para ser resuelto por tres árbitros ahí designados, también se podrá pedir la intervención de la Comisión Interamericana de Arbitraje Comercial con el fin de que el conflicto sea resuelto de acuerdo a las reglas de dichos organismos.

Con la firma del contrato finaliza el planteamiento general sobre las actividades a desarrollar y principales criterios a considerar durante la selección y adquisición de tecnología. En el siguiente capítulo se plantearán los estudios de preinversión a efectuarse durante el desarrollo de un proyecto industrial.

## **CAPITULO CUATRO**

### **TECNOLOGIA**

---

Este capítulo se divide en dos partes, en la primera se da la diferencia entre investigación científica e investigación tecnológica, resaltando las características principales de cada una de ellas, además se abordan los conceptos de asimilación, adaptación e innovación tecnológica y se analizan de manera superficial los principales factores que contribuyen a ampliar la brecha tecnológica entre países desarrollados y países subdesarrollados. En la segunda parte de este capítulo se explica con mayor amplitud que en la primera, el significado de investigación de nuevos procesos y se propone un procedimiento general para dicha investigación.

#### **4.1 INVESTIGACION CIENTIFICA E INVESTIGACION TECNOLOGICA.**

Es común que en la prensa hablada y escrita y aún en revistas técnicas especializadas se usen inadecuadamente términos de investigación científica e investigación tecnológica.

Es cierto que entre estos dos campos de la investigación existen áreas traslapadas que pueden confundir al mejor de los expertos, pero también es cierto que existen áreas bien definidas

y perfectamente distinguibles que hacen que tales campos de investigación puedan diferenciarse en grado razonable para su estudio.

En los siguientes párrafos se dan las características relevantes de investigación científica e investigación tecnológica.

#### 4.1.1 INVESTIGACION CIENTIFICA

Investigación científica es el conjunto de actividades sistematizadas cuyo principal objetivo es aumentar el conocimiento de la humanidad.

Puede dividirse la investigación científica en dos áreas principales, la investigación científica básica y la investigación científica aplicada.

##### A.- Investigación Científica Básica.

La Investigación Científica Básica tiene como primordial objetivo el incrementar el conocimiento general de la humanidad en áreas básicas como la química, biología, física, etc., sin preocuparse por las características utilitarias inmediatas de sus resultados.

Los conocimientos generados por la investigación científica básica, si bien son el pilar fundamental sobre el que descansan casi todos los adelantos tecnológicos alcanzados hasta ahora por la humanidad, no constituyen en si mismos un elemento de

aplicación inmediata y aveces ni siquiera mediata, para la generación de bienes útiles a la humanidad.

Los resultados de la investigación científica básica pueden ser libremente utilizados, ya que son ampliamente difundidos principalmente en revistas especializadas. Es por ésto que los resultados de esta investigación son considerados como patrimonio a la humanidad.

#### **B.- Investigación Científica Aplicada.**

La Investigación Científica Aplicada se diferencia de la antes expuesta en que sus actividades estan encaminadas a resolver problemás especificos, es decir, este tipo de investigación si tiene objetivos prácticos de utilidad inmediata.

Los resultados de esta investigación se conocen como inventos, y estos pueden ser en diferentes campos, por ejemplo, nuevos productos, máquinas, aparatos, principios básicos industriales y conocimientos prácticos en todos los campos de la ciencia, pero únicamente a nivel de prototipo o de laboratorio, es decir, no necesariamente deben ser económicos o prácticos, y eso si su característica esencial es la novedad, no la practicabilidad ni la economía de la producción.

Los resultados o inventos derivados de la investigación científica aplicada, también se difunden ampliamente a nivel mundial, pero dichos resultados no pueden ser libremente utilizados la mayoría de veces puesto que tienen un propietario que posee a su nombre el documento de propiedad industrial denominado "patente".

Cabe aclarar que la información tecnológica no es lo que se difunde a través de patentes si no mas bien son los resultados de investigación científica aplicada. Es necesario aclarar esto por la frecuente confusión de quienes hablan indiscriminadamente y erroneamente de tecnología patentada.

Algunos dueños de patentes venden su información a un costo determinado, esta información es necesaria para propósitos de investigación tecnológica.

#### 4.1.2 INVESTIGACION TECNOLOGICA.

La Investigación Tecnológica es el conjunto de actividades que conducen al conocimiento de todos los aspectos detallados ya sea de estructuración o de procedimiento para poner en práctica a nivel industrial o comercial los conocimientos aportados por la investigación científica aplicada o por el empirismo, de tal manera que dicha puesta en práctica resulte ser eficaz y de altos beneficios sociales y/o económicos.

Es por tales razones que tecnología implica entre otras cosas al conjunto de información ingenieril detallada que indica como elaborar un producto a nivel industrial, como erigir una planta industrial, indica el conjunto de detalles de procedimiento para operar la planta, además del conjunto de detalles comerciales y organizativos, entre otros.

Por lo anterior la investigación tecnológica generalmente no es posible efectuarla totalmente a nivel de instituciones educativas de estudios superiores o en laboratorios de investigación científica, sino más bien este tipo de investigación se realiza en una gran proporción en los establecimientos industriales, ya sea mediante la creación de plantas piloto o

prototipos mecánicos, o bien hasta llegar a la etapa de aplicación semi comercial.

La investigación científica aplicada llega a su fin cuando se tienen resultados satisfactorios a nivel laboratorio o a escala prototipo experimental. La investigación tecnológica comienza en la fase de planta piloto y continúa con la planta semicomercial para finalizar en la planta comercial.

Los resultados de la investigación tecnológica son propiedad privada de quien los obtiene, aunque en algunos casos esta información se difunde a través de publicaciones muy especializadas que de ningún modo las detallan, la mayoría de las veces se mantienen en el más absoluto secreto, no pudiéndose conocer, salvo por medio de un arreglo contractual mediante el cual el poseedor los divulgará al interesado a cambio de una contraprestación debidamente acordada y, lo más importante, a cambio del compromiso de conservarlos en secreto durante un tiempo razonable, que depende generalmente de la obsolescencia de tales conocimientos.

La investigación tecnológica puede dividirse en investigación tecnológica que parte de los resultados logrados por investigación científica aplicada, ya sea de origen nacional o extranjero; investigación tecnológica que se inicia con la invención empírica; e investigación tecnológica que tiene como propósito fundamental la transformación de la tecnología adquirida, mediante su asimilación, adaptación e innovación.

#### A.- Asimilación de Tecnología.

Prácticamente en paralelo a la adquisición y uso de las tecnologías extranjeras, deben iniciarse los programas de

asimilación, estos tienen por objetivo conocer en forma absoluta la tecnología para posteriormente mejorarla. Esto permitiría al industrial que a la terminación del contrato de licencia, no tenga la necesidad de renovarla, puesto que la tecnología ha sido totalmente asimilada no es necesario prolongar dicho contrato. En el grado en que el industrial se pueda acercar a este objetivo, se estará acercando a un mayor grado de independencia tecnológica.

## B.- Adaptación de Tecnología.

Adaptar una tecnología significa modificar sus características para mantener su eficiencia ante nuevas condiciones de operación, diferentes a las cuales fue creada.

El éxito de una adaptación determinada depende en gran medida del conocimiento de las diferencias básicas entre las condiciones locales y las que prevalecen en el país en el cual se desarrolló la tecnología originalmente.

Para conocer el grado de dificultad para adaptar una nueva tecnología a nuevas condiciones se debe considerar una gran cantidad de criterios, por ejemplo: flexibilidad de proceso en cuanto a operar con materias primas diferentes, operar a diferentes capacidades, obtener diferentes rendimientos de producto, versatilidad del proceso en cuanto a obtención de dos o más productos, obtención de subproductos, consideraciones ecológicas, etc.

El ingeniero José Giral Barnés, ha creado una metodología útil como punto de partida para diseñar, desarrollar y adaptar tecnologías. Dicha metodología es llamada Módulos Básicos y será explicada con amplitud en la segunda parte de este capítulo.

### C.- Innovación de Tecnología.

Se entiende por innovación tecnológica a todo aquello que se pueda realizar para mejorar procedimientos, productos, equipo o maquinaria, mediante la introducción de algún nuevo elemento. Este nuevo elemento puede crear una mejora económica en un proceso, un incremento en la eficacia del mismo, una mejora en la calidad del producto, etc. En pocas palabras, innovación es toda aquella variación de algo ya existente para obtener un resultado industrial inmediato y mejorado. La innovación puede ir desde una cosa muy simple hasta algo muy sofisticado, por ejemplo se puede realizar a nivel de operación de plantas industriales analizando constantemente los procedimientos en estrecha comunicación con los operarios para realizar alguna mejora innovadora.

Existe una gran similitud en el significado de los términos desarrollo de productos y procesos e innovación tecnológica, solo tienen una diferencia que es importante aclarar. Aquella innovación novedosa efectuada por ejemplo por el operario de una planta para mejorar los procedimientos de operación se llama innovación tecnológica. Si dicha operación fue una de un conjunto de modificaciones efectuada por un grupo de especialistas organizados para efectuar dichas modificaciones usando un laboratorio tipo planta industrial, se podrá llamar tanto innovación tecnológica como también desarrollo de productos y procesos.

El desarrollo de productos y procesos se realiza en los países altamente industrializados. En México, existen algunas plantas que lo realizan, pero estas son muy pocas, entre ellas algunas plantas del grupo Monterrey, como fabricación de máquinas, S.A., y todas las empresas de investigación FIC Fideicomiso, Celulosa y derivados, S.A. (CYDSA), empresas del



grupo industrial Vallejo tales como Metalgámica, S.A., Impresos Automáticos de Mexico, Condumex S.A., el Instituto Mexicano del Petroleo; la Cerveceria Modelo de Mexico S.A., y en algunas empresas de participación extranjera como Du Pont S.A., Celanese Mexicana S.A., Unión Carbide de Mexico S.A., General Electric de Mexico S.A., e Industrias Resistol S.A., entre otras pero comparadas con el total de industrias que existen en México, son una minima parte.

#### 4.1.3 DIFERENCIAS Y SUS PRINCIPALES RAZONES DEL AVANCE TECNOLÓGICO ENTRE PAISES DESARROLLADOS Y PAISES SUBDESARROLLADOS

El desarrollo economico requiere una infraestructura socioeconomica que motive la autogeneracion de insumos necesarios para el incremento continuo de la produccion, estos insumos son: Capital, Mano de Obra Entrenada y tecnologia, estos son generados tanto en paises desarrollados como en paises subdesarrollados, sin embargo la cantidad y características en que por unos y otros son generados varia en gran cantidad. Es muy poco probable que en un pais se genere un insumo y no los dos restantes pues ellos estan intimamente relacionados y por lo tanto generalmente se desarrollan en forma simultanea y proporcional, aunque en un principio, un insumo impulse a los dos restantes.

La tecnología es un insumo de gran importancia, su generacion puede impulsar tanto el aumento de capital como de mano de obra entrenada y por lo tanto puede incrementar el desarrollo y bienestar de un pais.

El desarrollo tecnológico en los paises avanzados es grande, mientras que en los paises subdesarrollados es poco o nulo, las principales razones son las siguientes.

- 1.- Proteccionismo Industrial
- 2.- Inadecuados procedimientos de adquisición de tecnología
- 3.- Ausencia de planes de investigación
- 4.- Carencia de capitales
- 5.- Carencia de información tecnológica
- 6.- Ausencia de demanda tecnológica

A continuación se hace un análisis superficial de cada uno de estos aspectos.

#### A.- Proteccionismo Industrial

En los países subdesarrollados la industria ha sido muy protegida por los gobiernos a través de excesivos aranceles, entre los que se encuentran: impuestos que se aplican a la importación de productos similares a los que se producen en el país, impuestos internos sobre las ventas ( mayores para productos importados que para productos nacionales similares), los impuestos de embarque y desembarque, los impuestos o recargos generales a los derechos aduaneros, las alcabalas ( impuestos estatales que se cobran cuando entran mercancías de un estado a otro dentro de un mismo país), etc. Todo esto proporciona un clima de comodidad para los empresarios mexicanos pues se les protege de la severa competencia que rige en los mercados internacionales. La misma protección ha generado que no se trate de innovar, no se tenga la imperiosa necesidad de estar al día con todos los avances tecnológicos para poder producir con mayor eficacia, no se sienta la necesidad de capacitar constantemente al personal técnico, etc. todo lo cual crea un alto rezago industrial y por lo tanto también de desarrollo tecnológico.

## B.-Inadecuados Procedimientos de Adquisición de Tecnología

Se puede definir a la transferencia de tecnología como el proceso a través del cual, una empresa adquiere una tecnología producida ya sea en otro país o localmente por otras entidades económicas para incorporarla al aparato productivo de su país.

La transferencia de tecnología entre países desarrollados es vista como una actividad que puede abaratar los costos globales del desarrollo técnico y económico, ya que evita la duplicación de esfuerzos en campos de investigación en los que ya se ha logrado desarrollar tecnologías comerciales adecuadas que pueden ser adquiridas mediante licenciamiento, ahorrando con ello grandes cantidades de dinero y de tiempo que pueden ser utilizados para mejorar la tecnología adquirida. Es decir, cuando las tecnologías se transfieren localmente e incluso son importadas de otros países avanzados, rápidamente se les integra dentro de un proceso de avance tecnológico, así que cada etapa del cambio tecnológico pone los cimientos para posteriores adelantos.

En contraste con lo anterior, los países subdesarrollados se enfrentan a un gran problema con respecto a la transferencia de tecnología y este consiste en la inadecuada evaluación y selección de tecnología. Es cierto que la mayoría de la tecnología que se desarrolla en los países altamente desarrollados es muy buena y muy moderna, además que se desarrolla en gran cantidad y esta muy adelantada con respecto a la poca tecnología que se puede generar en los países subdesarrollados, sin embargo muchos empresarios mexicanos han cometido errores tales como adquirir tecnologías obsoletas o tecnologías adecuadas solo para para circunstancias diferentes a las que reinan en los países subdesarrollados. Las tecnologías se elaboran teniendo en cuenta los factores que

abundan, y ahorrando los factores que escasean, así en los países desarrollados se utiliza más el capital que abunda y se ahorra mano de obra que no es muy abundante.

Otro tipo de tecnologías inapropiadas son aquellas que no toman en cuenta los elementos materiales de que un país dispone utilizando materias primas provenientes de otros, en lugar de adaptarse a la materia prima existente en el país así como también aquellas tecnologías que no toman en cuenta el tamaño del mercado.

La adquisición de tecnología en los países subdesarrollados debe estar fundamentada en un análisis que defina que es lo que se quiere adquirir en una forma suficientemente clara y concreta, así como también bajo que condiciones legales, comerciales y económicas conviene adquirirla, todo ello a través de una determinada metodología de estudio, selección y finalmente negociación de la tecnología.

### C.- Ausencia de Planes Adecuados de Investigación

En los países del tercer mundo el desarrollo tecnológico es bajo o casi nulo, dependiendo dichos países de la tecnología extranjera. Dos razones influyen de gran manera en esto, por una parte los países subdesarrollados se caracterizan por destinar capitales raquíticos a la investigación y por otra parte a la ausencia de planes adecuados de investigación. Es en este último punto sobre el que se empujará nuestro análisis.

Los países desarrollados han creado su tecnología desde el principio, o sea, primero hicieron investigación científica, luego la aplicaron y posteriormente hicieron investigación tecnológica y, hasta la fecha lo siguen haciendo así, pero ellos ya

crearón la infraestructura hace muchos años mientras que los países subdesarrollados no tienen esa infraestructura ni tampoco los recursos técnicos y económicos para crearla en poco tiempo, pero si tienen la necesidad inmediata de tecnología.

Ha sido un error de muchos países subdesarrollados tratar de seguir la misma secuencia de investigación que los países avanzados, es decir poner especial énfasis a la investigación científica básica, en segundo orden de importancia a la investigación científica aplicada y por último a la investigación tecnológica, sin embargo hay que hacer dos consideraciones, primero, los conocimientos generados por la investigación científica básica, si bien son el pilar fundamental sobre el que descansa casi todos los adelantos tecnológicos alcanzados hasta ahora por la humanidad no constituyen en si mismos un elemento de aplicación inmediata, además de que los resultados de dicha investigación no es necesario adquirirlos por propio esfuerzo, cosa harto difícil en un país subdesarrollado y si por el contrario, pueden ser captados a través de un sistema de información adecuado en forma casi gratuita. Segundo, el costo que para un país subdesarrollado implicaría la realización de investigación científica básica sería sumamente alto y, Para alcanzar niveles de exelencia en el concierto mundial, los países subdesarrollados habrían de canalizar hacia este tipo de investigación grandes recursos humanos, materiales y financieros que no están a su alcance, o bien que podrían utilizar en actividades de investigación y desarrollo que tengan utilidad más inmediata y características más redituables.

Este costo es, desde luego mucho más alto del que implicaría la formación de material humano capaz de captar los conocimientos desarrollados en este campo en los países que si cuentan con todos los elementos necesarios para tal actividad. No quiere decir esto que deberá abandonarse por completo la investigación

científica básica en los países subdesarrollados. Sin embargo, deberá estar orientada, por regla general, y deberá tenerse un cuidado extremo al seleccionar las áreas en que tal investigación deba realizarse. Dentro de esta selección, se deberán buscar campos prioritarios en los cuales no se está trabajando intensamente en otros países por no ser de su interés o no contar con los recursos naturales que le sirban como base.

Por ejemplo, un campo de la investigación aplicada en donde México debe continuar incursionando, toda vez que hasta ahora lo ha hecho con mucho éxito, es el área de la construcción en sus fases de cimentación antisísmica, pilotés de control, elementos prefabricados, perforación de tuneles, etc. Este es en suma uno de los campos en que México va a la vanguardia y deben realizarse todos los esfuerzos posibles para no perder esa posición privilegiada. También existen grandes posibilidades de llegar a la competitividad en la investigación aplicada en el ramo de la industrialización de los recursos marítimos, aún cuando aquí ya es necesario tener más cuidado al seleccionar las áreas específicas de investigación, puesto que ciertos países como Japon, Grecia, Inglaterra, Estados Unidos e inclusive Perú nos llevan una delantera considerable.

Aunado a lo anterior cabe mencionar la ineficiencia en la investigación científica en los países subdesarrollados originando situaciones como falta de cooperación entre instituciones, duplicación de proyectos, falta de objetivos bien definidos. Además la ausencia de un plan rector que oriente a la investigación y distribuya el presupuesto a que a ella se destina, la actividad en los institutos y centros se lleva a cabo sobre la base de proyectos básicamente individuales que son de interés para el propio investigador pero pueden tener poco o nada que ver con problemas de prioridad nacional.

Más que la investigación científica básica y aún la aplicada, existen otros aspectos de mayor importancia y utilidad inmediata para los países subdesarrollados, y éstos son: primero preparar desde las aulas universitarias personal para la óptima evaluación y selección de tecnología, así como para la adaptación de ésta, y posteriormente, impulsar su innovación.

#### D.- Escasez de Recursos de Capital

Las inadecuadas políticas seguidas por muchos países subdesarrollados a dado lugar a la escases de capital. Si la población no gana dinero o gana poco porque esté sin empleo o subempleados, esta gente no puede consumir, en consecuencia, el comercio tampoco puede consumir a la industria, si esto sucede, el mercado se estrangula, la producción industrial baja considerablemente, no se crea riqueza y por lo tanto no existe ahorro dando lugar a un rezago en el desarrollo industrial y tecnológico.

#### E.- Carencia de Información Tecnológica.

Para elaborar una tecnología adecuada, no se requiere iniciar forzosamente con investigación científica básica, porque como ya se vio, existe gran cantidad de información en este campo, así como también de la investigación científica aplicada. Esta información, según se estableció anteriormente, está a la disposición de todos, ya sea libremente o con el pago de cantidades relativamente bajas por el uso de conocimientos patentados. Sin embargo los países subdesarrollados no disponen de los elementos de captación eficaces para obtener clasificadamente información sobre patentes nacionales y extranjeras, que puedan servir para sus fines de investigación tecnológica. Es de considerarse muy

seriamente, que el costo de desarrollar sistemáticamente la investigación científica aplicada, sería mucho más elevado que el costo que estaría involucrado en un desarrollo de un sistema eficiente de información sobre patentes nacionales o extranjeras.

Además la falta de un sistema de información adecuado a propiciado la duplicidad de los resultados obtenidos con anterioridad en los diferentes campos de la investigación científica.

#### F.- Ausencia de Demanda Tecnológica

Los grandes consorcios e institutos de investigación internacional, son considerados a priori como los poseedores de las tecnologías más eficaces y de segura aplicación industrial directa, sin problemas de requerir ensayos o investigación a nivel operativo. Esto hace que los industriales de los países subdesarrollados y muy especialmente los directivos de la industria paraestatal, prefieran frecuentemente la tecnología extranjera sobre la nacional, evitándose así que se establezcan incentivos adecuados para el desarrollo tecnológico a nivel nacional, ya que al no existir la demanda por las causas apuntadas no es posible generar una oferta razonable.

En México por fortuna ya comienza a superarse este problema, pues ya existen varios grupos industriales que demandan tecnología no solo extranjera sino también nacional.

En conclusión, el abandono de la investigación autóctona por lo menos en ciertas áreas prioritarias y en la que existe posibilidad de desarrollo para un país atrasado, no puede ser tomado como criterio adecuado, por virtud de que esto sería denegar el desarrollo de tecnología propia en un país que puede



desarrollarla por lo menos en dichas áreas, pero al mismo tiempo es necesario reconocer que la promoción de la investigación indiscriminada y, particularmente, la promoción de la investigación científica pura en un país de poco desarrollo, reviste desventajas considerables si se toma en consideración por una parte la baja utilidad inmediata que dichos estudios tienen, y por otra parte la carencia de recursos económicos de tales países y el hecho de que los resultados de la investigación científica pura se encuentran disponibles para tales países de bajo desarrollo en tanto ellos puedan instituir un sistema de información adecuada para poder recoger los resultados que de dicha investigación emanan en los países que la están realizando de manera sistemática y con un adelanto de muchos decenios en relación con los países de bajo desarrollo.

En tanto no se alcance el desarrollo científico y tecnológico deseado por los países subdesarrollados, estos deberán adquirir tecnología extranjera que les permita mantener su aparato productivo, esta adquisición deberá basarse en una cuidadosa evaluación, selección adquisición, adaptación e innovación de tecnología, para lo cual es necesario elaborar una metodología amplia y completa e impartirla desde las etapas de educación superior a los estudiantes.

No toda la tecnología adquirida trabajará a su máxima eficiencia, ni se obtendrá de ella los mejores rendimientos económicos si en el país en que se instale hay condiciones de índole técnico, económico, social y hasta político diferentes a las tomadas en cuenta durante su creación por lo que para mantener un atractivo rendimiento de ella deberán iniciarse después de adquirirla los programas de asimilación y adaptación. Es en estos puntos de evaluación selección asimilación y adaptación de tecnología en los que los institutos de investigación de los países subdesarrollados deben poner su principal esfuerzo y no tanto a la investigación científica básica.

## CAPITULO CINCO

### INGENIERIA BASICA

---

A la Ingeniería Básica se le puede definir de varias formas, por ejemplo:

" Es la información tecnológica necesaria para desarrollar un proceso. "

" Es un 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. "

" Define las modificaciones cinéticas y termodinámicas necesarias para transformar la materia prima en producto. "

Las anteriores definiciones aunque escritas de manera diferente parten de una misma idea, y es indicar " como " elaborar un producto a nivel industrial.

Esto se da a conocer a través de los siguientes documentos de diseño:

Bases de Diseño

Criterios de Diseño

Diagrama de Flujo de Proceso  
Balance de Materia y Energía  
Diagrama de Balance de Servicios Auxiliares  
Lista de Equipo  
Especificación de Equipo  
Descripción del Proceso  
Diagrama de Tubería e Instrumentación del Proceso  
Diagrama de Tubería e Instrumentación de Servicios Auxiliares  
Plano de Localización General  
Diagrama Unifilar  
Filosofías Básicas de Operación  
Manual de Operación

No es fácil establecer una secuencia única con la que estos documentos sean elaborados durante el desarrollo de la Ingeniería Básica, ya que depende del tipo de planta industrial, además, la información que de algunos documentos se obtiene, sirve como retroalimentación para actualizar otros ya elaborados anteriormente, sin embargo en la figura 5.1 se presenta una secuencia general válida para la mayoría de plantas industriales, aunque debe ser observada considerando los aspectos antes mencionados.

A continuación son explicados en forma amplia cada uno de estos documentos de diseño, la información requerida para elaborarlos, como elaborarlos e interpretarlo y la utilidad de cada uno de ellos. Además se presenta un ejemplo de cada uno de ellos, todos los ejemplos aquí presentados son referidos a una misma planta industrial (Planta Productora de Metil-aminas) esto facilitará de gran manera el entendimiento de los documentos que integran a la Ingeniería Básica, además servirá como una guía para presentar la Ingeniería Básica de plantas industriales en la materia propuesta de Ingeniería de Proyectos para los estudios a nivel licenciatura de las profesiones relacionadas con la industria de procesos.

# INGENIERIA BASICA

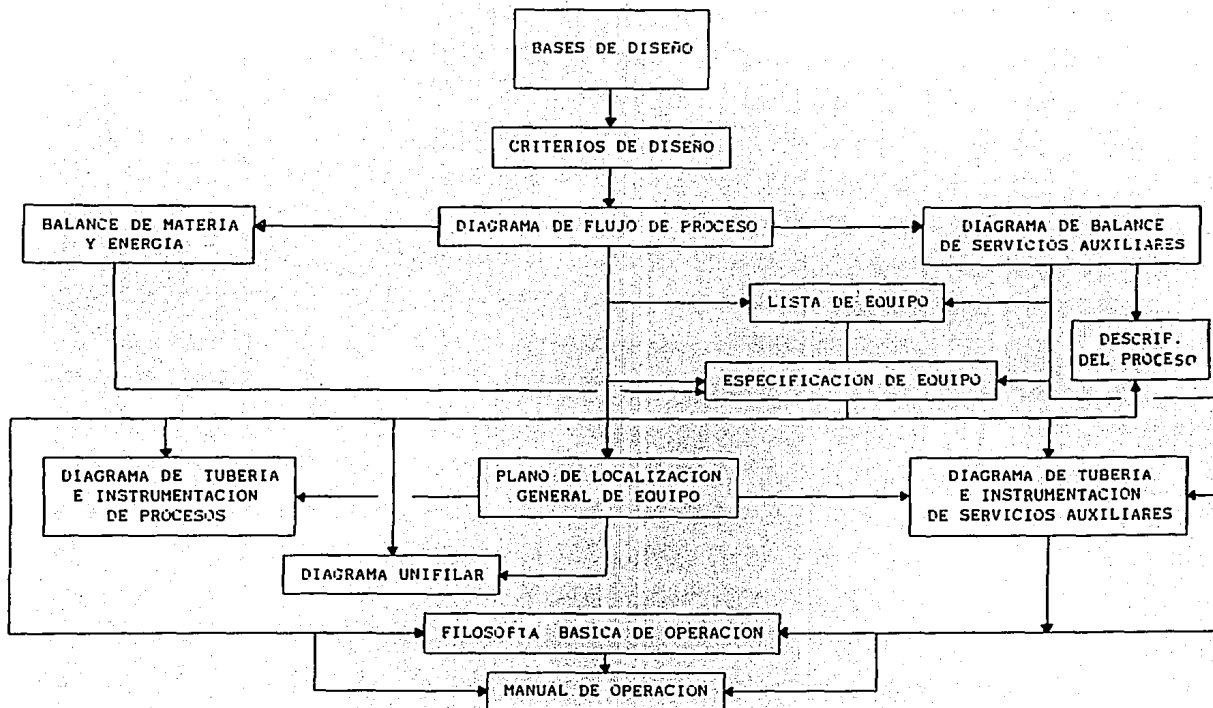


Figura 5.1

## CRITERIOS DE DISEÑO

---

Este es un documento que indica los criterios técnicos sobre los cuales se debe efectuar el diseño de la planta industrial, en esto queda incluido, el diseño de equipo, y construcción de edificios.

La mayoría de estos criterios se obtienen de la experiencia que las firmas de ingeniería tiene de proyectos y/o equipos similares.

A manera de ejemplo se presenta a continuación algunos criterios de diseño para la planta de metil-aminas.

### CRITERIOS DE DISEÑO : PLANTA METIL-AMINAS

Los cambiadores de calor se diseñarán de acuerdo al estándar TEMA B para plantas químicas. La longitud de tubos será de 6 m. y el diámetro de coraza de .75 m.

Los cambiadores de calor se sobrediseñarán con un 10 % de exceso de área.

Se utilizarán los siguientes factores de obstrucción para los cambiadores de calor.

| FLUIDO                     | FACTOR DE OBSTRUCCION<br>( hr ft R )/ BTU |
|----------------------------|---|
| Mono, di. y trimetil-amina | 0.001                                     |
| agua liquida               | 0.001                                     |
| vapor de agua              | 0.01                                      |

La presión de diseño de los equipos será la máxima de operación más 1.75 kg/cm o más el 10 % cualquiera que sea mayor.

Los tanques a presión se diseñarán de acuerdo al código ASME Sección VIII Niv. 1

La temperatura de diseño de los equipos será la máxima de operación más 10 C o más el 15 % cualquiera que sea el mayor.

Las bombas serán los únicos equipos que tendrán repuesto para una operación inmediata en caso de falla de la bomba principal.

Las bombas se diseñarán con un factor de servicio de 1.1 y el motor seleccionado deberá cumplir con toda la curva de operación para el impulsor seleccionado.

Los motores eléctricos mayores de 100 HP deberán tener resistencias calefactoras.

## DIAGRAMAS DE FLUJO.

---

El diagrama de flujo es una representación esquemática de la secuencia de etapas para transformar la materia prima en productos.

Son tres los tipos más comunes de los diagramas de flujo y estos son: Diagrama Preliminar de Bloques, Diagrama de Bloques, y Diagrama de Flujo de Proceso, los cuales serán descritos a continuación.

### I.- DIAGRAMA PRELIMINAR DE BLOQUES.

#### 1). Información que debe contener.

Indica sólo los módulos básicos sobresalientes del proceso y la interconexión entre ellos de manera general.

#### 2). Representación típica.

Utiliza rectángulos para mostrar esquemáticamente los Módulos Básicos que constituyen una planta industrial, y por medio de líneas y flechas se muestra la trayectoria de los materiales de proceso.

### 3). Secuencia para su elaboración.

Inicialmente sólo se representa por medio de rectángulos las diferentes partes del proceso, la secuencia de los rectángulos es la misma que sigue el proceso. Posteriormente se presentan las interconexiones de estas partes del proceso mostrando el sentido del flujo que corresponda.

### 4). Ejemplo de diagrama preliminar de bloques.

A continuación se muestra el diagrama preliminar de bloques ( Figura 5.2) de una planta productora de dimetil-amina, en el que se presentan las partes esenciales del proceso (módulos básicos).

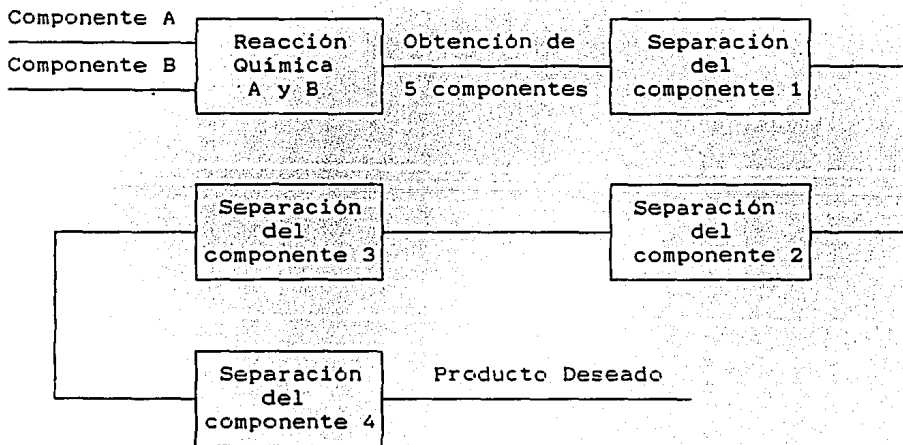


Figura 5.2



## II.- DIAGRAMA DE BLOQUES.

### 1). Información que debe contener.

Su elaboración parte del diagrama preliminar de bloques al cual se le adiciona información sobre las cantidades de material que entran y salen de cada bloque, incluyendo materiales auxiliares al proceso, subproductos y desechos importantes. Además en este diagrama se indicará la operación unitaria específica que será necesario utilizar, así, si en el diagrama preliminar en cierto bloque se efectúa una separación, en este siguiente diagrama se indicará si la separación es por centrifugación, filtración, sedimentación o cualquier otra forma de efectuarla, y si es necesario o se tienen los datos suficientes, se indicará las condiciones de presión o temperatura que existen en las operaciones más importantes.

### 2). Representación Típica.

La representación de este documento de diseño es similar a la usada en el diagrama preliminar de bloques, solo que ahora se incluyen las líneas que representan a las entradas y salidas de materiales auxiliares así como de subproductos y desechos importantes.

### 3). Secuencia para Elaborarlo.

Partiendo del diagrama de bloques preliminar resta por definir los materiales auxiliares, sub productos y desechos importantes de proceso para completar el diagrama de bloques del proceso.

### 4). Ejemplo de diagramas de bloques.

Para mayor claridad se muestra en la figura 5.3 el diagrama de bloques, continuación del diagrama preliminar antes mostrado. (figura 5.2)

## EQUIPO

## DESIGNACION

|   |    |
|---|----|
| Desaeradores, saturadoras, secadoras de aire, dosificadoras de cloro y SO <sub>2</sub> , básculas de cloro, analizadores de cloro, etc. | L  |
| Eductores   | ED |
| Eyectores y sistemas de vacío   | EY |
| Equipo móvil y grúas  | MV |
| Equipo misceláneo (cromatógrafos, calentadores eléctricos, transportadores, tolvas, espesadores, etc.)                                  | EM |
| Filtros (rotatorio, prensa, etc.)   | F  |
| Fosas   | FO |
| *Filtro de línea (strainers, canasta, cartucho, etc.)   | Y  |
| Generadores de neblina lubricante   | LO |
| Hornos y quemadores a fuego directo   | H  |
| *Mezcladores en línea   | ML |
| Mezcladores estáticos   | ME |
| Molinos trituradores  | Q  |
| Motore eléctrico  | M  |
| Motor de combustión interna   | MC |
| Motor neumático   | MN |
| Quemadores de campo (elevados, de fosa, incineradores, etc.)  | L  |
| Reactores   | R  |
| Secadores (excepto secadores de aire de instrumentos)   | DR |
| Secadores y clarificadores  | S  |
| Tanques a presión   | V  |
| Tanques atmosféricos  | D  |
| Torres de enfriamiento  | TE |
| *Trampas de vapor   | ST |
| Transportadores   | TR |
| Turbinas  | T  |
| Unidades manejadores de aire  | UM |
| Válvulas rotatorias   | VR |

\* Considerado equipo menor

Aquí se ha presentado una forma de identificación de los equipos, ésta forma puede variar dependiendo de la compañía diseñadora.

D.- Cuando las corrientes de proceso contienen pocos componentes y los niveles de operación son a lo más tres (normal, máximo y mínimo) el balance de materia se presenta en una tabla al pie del diagrama de flujo de proceso. Cuando los procesos son muy complejos, con gran número de componentes y varios niveles de operación, los resultados del balance se presenta en hojas separadas y se hace referencia a las corrientes del diagrama de flujo de proceso.

A continuación se muestra un listado de la información que el balance de materia y energía puede contener.

- a). Número de corriente dentro de un rombo.
- b). Composición en porcentaje molar o en porcentaje peso.
- c). Flujo total molar.
- d). Flujo total másico.
- e). Peso molecular medio.
- f). Densidad.
- g). Densidad relativa a 60 °F.
- h). Flujo de líquido.
- i). Flujo de gas.
- j). Presión manométrica.
- k). Temperatura.

E.- Las presiones temperaturas y flujos pueden ser indicados adyacentes a las líneas o equipos de proceso que así lo requieran.

F.- Únicamente se deben mostrar los controles básicos del proceso.

G.- Se deberá proporcionar información para identificación del diagrama. Esta información se coloca en la esquina inferior derecha del diagrama, indicándose el nombre oficial de la planta, el nombre del cliente, la localización de la planta, y la clave del plano.

| IDENTIFICACION DE PLANOS |                               |             |
|--------------------------|-------------------------------|-------------|
| PLANTA                   | TIPO DE PLANO                 | CONSECUTIVO |
| A                        | DF<br>DTI<br>DM<br>DAE<br>DAT | 1,2,3,...   |

- DF Diagrama de Flujo
- DTI Diagrama de Tubería e Instrumentación
- DM Diagrama Mecánico
- DAE Diagrama de Arreglo de Equipo
- DAT Diagrama Arreglo de Tuberías

Hay procesos de gran tamaño y complejidad en los que hay necesidad de distribuir el diagrama de flujo en varios pliegos de papel, en cada uno de los cuales se puede presentar una o más secciones del proceso. A cada uno de los pliegos se le asignará un número de dibujo diferente y secuencial.

Además de lo anterior se cuenta con un espacio disponible para registrar las diferentes revisiones que se hagan al diagrama, así como para recabar las firmas del personal que lo elabora, lo revisa y lo aprueba, dicho espacio se encuentra en la parte inferior del diagrama.

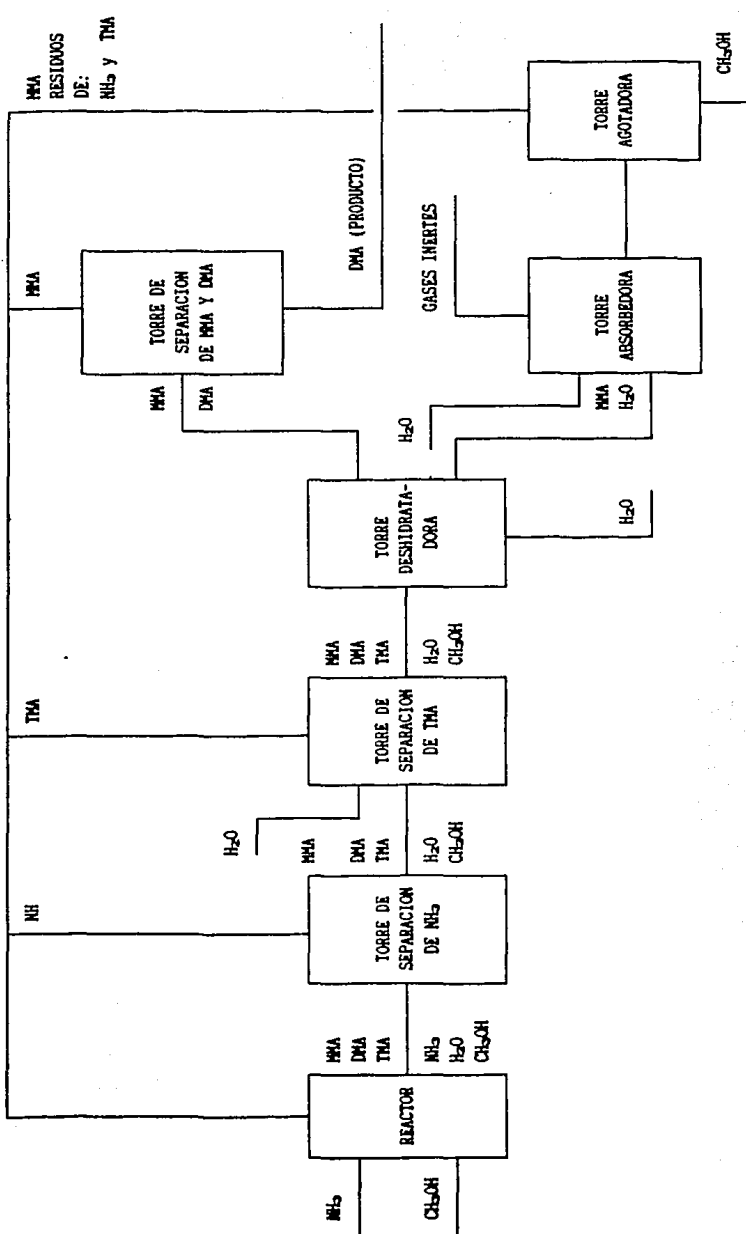


FIG 5.2

establece el balance de materia y energía. Por último se incluye en el diagrama posibles modificaciones que hayan surgido durante la construcción del equipo.

La información necesaria para la elaboración de este diagrama proviene de las bases de diseño y de la investigación experimental. A su vez este diagrama es fuente de información para elaborar otros documentos de diseño tales como: lista de equipo, hojas de datos de equipo, distribución del equipo en el área proceso, descripción del proceso, balance de servicios auxiliares, diagrama de tubería e instrumentación y filosofías básicas de operación, entre otros.

#### IV.- EJEMPLO DE DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.

A continuación se muestra el diagrama de flujo de proceso para una planta productora de dimetil-amina elaborado de acuerdo a los criterios antes mencionados. Por la cantidad de equipos de proceso que en él intervienen se ha convenido en distribuirlo en dos partes, en la primera se muestra la sección de reacción y separación de amoníaco y trimetil-amina, y en la parte complementaria se encuentra el equipo de separación y recuperación de dimetil-amina.

se representan con líneas más delgadas de aproximadamente 0.5 mm de ancho. Y las líneas de los controles de instrumentación eléctrica son intermitentes. Para mayor información sobre simbología de líneas de control de instrumentos consultar la sección de diagramas de tubería e instrumentación en este mismo capítulo.

|           |                                      |
|-----------|--------------------------------------|
| —————     | Líneas de Proceso                    |
| —————     | Líneas de Servicios Auxiliares       |
| - - - - - | Líneas de Instrumentación Eléctrica. |

E.- El tamaño del diagrama o plano puede variar de acuerdo a las preferencias de cada firma de ingeniería, sin embargo las dimensiones más comunes son: 61cm. X 91.4cm. Algunos grupos de ingeniería emplean diagramas o planos del mismo ancho pero de diferente longitud, o sea, 61cm. X 152.4cm. y 61cm. X 182.9cm. estos planos son muy incómodos para su uso en el escritorio.

### 3.- Secuencia para su Elaboración

Para el desarrollo del diagrama de flujo de procesos se parte del diagrama de bloques previamente elaborado con el cual se elabora el arreglo y define la interrelación de los equipos de proceso.

Posteriormente se definen las condiciones de operación del equipo, así como las condiciones de presión, temperatura y flujo de cada línea que interconecta a los diferentes equipos de proceso. Con lo anterior se define por una parte las características de los equipos principales del proceso y por otra parte se

establece el balance de materia y energía. Por último se incluye en el diagrama posibles modificaciones que hayan surgido durante la construcción del equipo.

La información necesaria para la elaboración de este diagrama proviene de las bases de diseño y de la investigación experimental. A su vez este diagrama es fuente de información para elaborar otros documentos de diseño tales como: lista de equipo, hojas de datos de equipo, distribución del equipo en el área proceso, descripción del proceso, balance de servicios auxiliares, diagrama de tubería e instrumentación y filosofías básicas de operación, entre otros.

#### IV.- EJEMPLO DE DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.

A continuación se muestra el diagrama de flujo de proceso para una planta productora de dimetil-amina elaborado de acuerdo a los criterios antes mencionados. Por la cantidad de equipos de proceso que en él intervienen se ha convenido en distribuirlo en dos partes, en la primera se muestra la sección de reacción y separación de amoniaco y trimetil-amina, y en la parte complementaria se encuentra el equipo de separación y recuperación de dimetil-amina.



## DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION

---

En todo proceso de producción, existen numerosas variables que deben mantenerse en relación proporcional unas con otras, o en valores determinados de condiciones de operación para garantizar la calidad de productos, los rendimientos de producción y mantener la seguridad de la operación tanto para proteger la integridad de los equipos como de sus operadores.

Aunque teóricamente los procesos pueden controlarse manualmente, en la mayoría de las plantas modernas esto no es posible o deseable por una o más de las razones siguientes.

- A. La velocidad de respuesta del operador humano es demasiado lenta para responder oportunamente a los cambios que se presentan en las condiciones de operación.
- B. La cantidad de variables a supervisar y controlar en una planta exigiría un número excesivo de operadores, elevando demasiado los costos de producción.
- C. Con mucha frecuencia los sistemas son demasiado complejos.
- D. Es necesario mantener una supervisión absolutamente continua sobre el valor de las variables críticas, que de salirse

de los límites aceptables pueden crear situaciones peligrosas o degradar la calidad del producto.

Por lo anterior es necesario el uso de instrumentos de control que permiten tener un funcionamiento automático o semiautomático del equipo de proceso, dichos instrumentos son presentados junto al equipo que van a controlar en el documento de diseño conocido como Diagrama de Tubería e Instrumentación ( DTI ).

## **I.- DEFINICION DE DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION.**

El diagrama de tubería e instrumentación (DTI) es la representación gráfica de la secuencia de equipos, tuberías, accesorios e instrumentos que conforman a un proceso industrial.

## **II.-TIPOS DE DTI's**

Son tres los tipos de DTI's elaborados durante el diseño de un proceso industrial.

### **Diagrama De Tubería E Instrumentación De Proceso.**

Es la representación gráfica de la secuencia de equipos, tuberías, accesorios e instrumentos que intervienen directamente en el proceso.

### **Diagrama De Tubería E Instrumentación De Servicios auxiliares.**

Es la representación gráfica de la secuencia de equipos, tuberías, accesorios e instrumentos que intervienen directamente con los servicios auxiliares (agua, vapor, aire comprimido, etc) necesarios para el funcionamiento del proceso industrial.

## Diagrama De Integración.

Es la representación gráfica de los sistemas de interconexión entre los diagramas de proceso y servicios auxiliares incluye la representación de los cabezales que unen entre si a la planta de proceso o a ésta con los servicios auxiliares.

### III.- DTI'S DE PROCESOS Y SERVICIOS AUXILIARES.

#### III.1.- INFORMACION REQUERIDA

Para la elaboración del DTI, tanto de proceso como de servicios auxiliares se requiere de la siguiente información.

- a). Bases de diseño.
- b). Diagrama de flujo de proceso.
- c). Diagrama de servicios auxiliares.
- d). Lista de equipo.
- e). Hojas de datos de equipo.

#### III.2.- INFORMACION CONTENIDA

A). Todos los equipos que se muestran en los diagramas de flujo, incluyendo unidades de repuesto, unidades en paralelo, equipo mecánico y equipo auxiliar.

B). Todas las tuberías que se requieren para la operación de la planta tales como: recirculaciones, venteos, derivaciones (by-pass), drénes de equipo, líneas que se requieren para el arranque de plantas, etc.

C). Descripción de las tuberías que incluya: diámetro, servicio, número, especificación y aislamiento.

D). Todos los accesorios requeridos como: válvulas, juntas de expansión, filtros, trampas, etc.

E). Todos los instrumentos de medición y control.

### III.3.- UTILIDAD

La información contenida en el DTI es necesaria para el desarrollo de nuevos documentos de diseño elaborados muchos de ellos durante la ingeniería de detalle por las disciplinas siguientes:

#### A). Disciplina de Proceso

- Diseño de los sistemas básicos de control requeridos.
- Información para la elaboración de arreglo de equipo.
- Elaboración del manual de arranque, operación y mantenimiento de la planta.

#### B). Disciplina de Instrumentación.

Definir los sistemas de control y establecer la instrumentación detallada requerida en el proceso, así como la numeración y elaboración del índice de instrumentos.

#### C). Disciplina de Tuberías.

Elaboración de: índice de líneas, planos de rutas de tuberías, codificación de isométricos y colocación de instrumentos en la maqueta.

#### D). Disciplina Eléctrica.

Determinación de la cantidad de equipo accionado por motor eléctrico y sistemas de control eléctrico.

#### IV.- DIGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE INTEGRACION.

Información requerida para elaborar el DTI de integración.

- A). Bases de diseño.
- B). Diagrama de flujo de proceso.
- C). Diagrama de balance de servicios auxiliares.
- D). Diagramas de tuberías e instrumentos y servicios auxiliares.
- E). Plano de localización general de equipos.

##### IV.1.- INFORMACION CONTENIDA

El DTI de integración deberá contener la siguiente información.

- A). Todos los equipos de proceso a los que se les suministren servicios auxiliares.
- B). Todas las tuberías de servicios auxiliares, indicando diámetro, servicio, número y especificación.
- C). La instrumentación requerida en límites de batería.
- D). Para el caso de servicios auxiliares, agua por ejemplo, se indicará la alimentación y retorno a todos los equipos que lo requiera, así como la alimentación a estaciones de servicio.

La utilidad del diagrama de tubería e instrumentación es similar a la tenida por los diagramas de tubería e instrumentación de proceso y servicios auxiliares.

## V.- REPRESENTACION TIPICA DE LOS DIAGRAMAS DE TUBERIA E INSTRUMENTACION

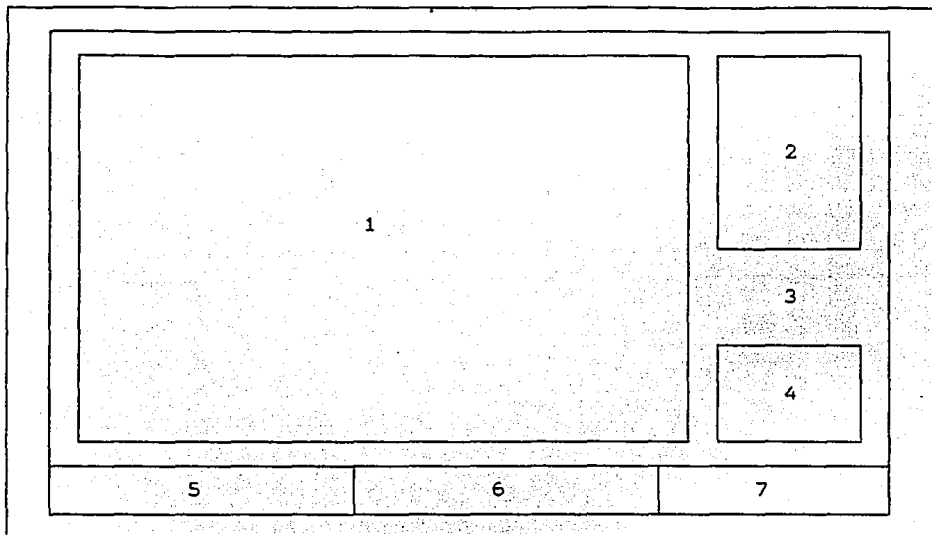


Figura 5.9

- |                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| 1 Desarrollo                 | 5 Revisiones           |
| 2 Lista de Equipo (opcional) | 6 planos de referencia |
| 3 Espacio en blanco          | 7 Datos generales      |
| 4 Notas                      |                        |

## VI.- PUNTOS A CONSIDERAR DURANTE LA ELABORACION DE LOS DTI's

1.- En forma general, un DTI incluirá al menos una unidad del proceso o de servicios auxiliares. Una unidad es un grupo de equipos que realizan una sola función. A continuación se dan unos ejemplos de unidades de procesos.

- A) Un compresor y su filtro de succión, interenfriador, post-enfriador y su tanque post-separador.
- B) Una torre y su reboiler, condensador, tanque de reflujo, bombas de fondos y bombas de reflujo.
- C) Un reactor y bombas de reflujo.

2.- Deberá evitarse que una unidad se represente seccionada en dos o más DTI's.



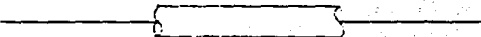
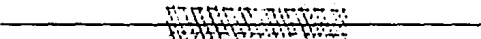
3.- Los DTI's de las unidades de proceso deben arreglarse con el flujo de proceso de izquierda a derecha y deberán seguir la secuencia del flujo de proceso indicando mediante la diferencia relativa de alturas las posiciones de equipos entre si, sobre todo en aquellos casos donde la diferencia de elevaciones tenga algún significado crítico para el proceso. (altura de faldon de torres y recipientes por problemas de NPSH, altura de rehervidores, etc.)

4.- Deberán mostrarse en forma simplificada los interiores de los equipos como serpentines de calentamiento, platos, eliminadores de niebla etc.


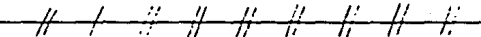

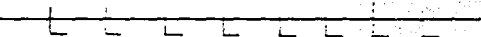

5.- Se deberá indicar el sentido de flujo de la corriente por medio de una flecha pequeña sobrepuesta en la línea mostrandola en cada cambio de dirección.

6.- Las líneas que conectan a los instrumentos deben ser más delgadas que las que representan a las corrientes de proceso. La simbología recomendada para ellas es la siguiente.

## Simbología para Tuberías de Proceso

|  |                            |
|--|----------------------------|
|  | Tubería                    |
|  | Tubería con aislamiento    |
|  | Tubería con chaqueta       |
|  | Tubería con traza de vapor |

## Simbología para líneas de Instrumentación

|  |                        |
|--|------------------------|
|    | Señal eléctrica        |
|   | Señal neumática        |
|  | Señal electromagnética |
|  | Señal hidráulica       |
|  | Tubo capilar           |



## **PLANOS DE DISTRIBUCION DE AREAS DE PROCESO Y EQUIPOS.**

---

Los planos de distribución de áreas de procesos y equipos, son documentos dibujados a escala en los que se muestra la localización óptima del equipo e instalaciones que integran una planta industrial.

### **I.- CLASIFICACION GENERAL DE PLANOS DE DISTRIBUCION.**

- 1.- Plano de localización de equipo.
  - a).- Equipo de Proceso.
  - b).- Equipo de Servicios Auxiliares.
  
- 2.- Plano de distribución de áreas de la planta (planos de integración o plano maestro).

El Plano de Arreglo de Equipo como su nombre lo indica es un documento que muestra la localización en vista de la planta de los equipos tanto de proceso como de servicios auxiliares en sus respectivas áreas.

El Plano de Distribución de Areas de la planta también conocido como plano maestro o plano de integración es un documento que muestra todas las edificaciones que integran una planta industrial (área de proceso, áreas de servicios auxiliares, edificios administrativos, bodegas, caminos, zonas de carga y descarga, estacionamientos, etc.)

Los criterios más importantes a considerar durante la elaboración de los planos de distribución son:

**Seguridad.** Una consideración primaria es la seguridad del personal de operación y de las áreas vecinas a la planta.

**Operabilidad.** Se debe disponer del espacio necesario para tener acceso a todos los equipos y accesorios de la planta, con el objeto de operarlos cómodamente.

**Mantenimiento.** Se debe contar con rutas de acceso que permitan el paso de una grúa, herramienta y otros equipos con el objeto de dar mantenimiento o renovar algún equipo mayor (cambiadores de calor, reactores y torres, etc.). Además debe haber espacio suficiente para que el personal de mantenimiento efectue su labor cómodamente.

**Facilidad de construcción.** El plano de distribución puede aparentar ser un buen arreglo por haber cumplido satisfactoriamente los puntos anteriores, pero si no se pueden construir, resulta inútil.

**Economía.** Un buen plano de distribución se reflejará en un ahorro considerable de la inversión para la construcción del proyecto.

**Economía de Tuberías .** Los equipos deben disponerse de tal manera que se utilicen las mínimas longitudes posibles de tuberías para interconectarlas.

## **Estética.**

Si se desea que la planta, desde el punto de vista estético, tenga cierta presentación, se pueden hacer algunas modificaciones siempre y cuando no repercutan desfavorablemente en los puntos anteriores.

Con base en los anteriores criterios se han establecido distancias recomendadas entre equipos, las cuales pueden ser aplicables a la mayoría de los casos y por lo tanto ser una guía que facilite la elaboración del plano de localización de equipo. Dichas distancias recomendadas se presentan en las tablas 5.4, 5.5 y 5.6

## **II.- PLANO DE LOCALIZACION DE EQUIPO.**

Durante el desarrollo de la ingeniería básica se elabora el plano de arreglo de equipo en su edición preliminar, es preliminar porque en esta etapa de la ingeniería no se conoce aún la topografía del terreno, mecánica de suelos, vientos dominantes, dimensiones exactas de equipos, etc. Dicho plano se termina de desarrollar durante la ingeniería de detalle.

A continuación se muestra la información requerida para elaborar el plano completamente (incluyendo el desarrollo que le corresponde a la ingeniería de detalle), así como a la información contenida y su utilización.

### **II.1 INFORMACION REQUERIDA.**

- a).- Bases de diseño (vientos dominantes y reinantes, condiciones climatológicas, mapa topográfico, características del suelo, etc.).
- b).- Area disponible

- c).- Localización del sitio de la planta
- d).- Diagrama de flujo de proceso y servicios auxiliares.
- e).- Dimensiones de equipos.
- f).- Hojas de datos de equipos.
- g).- Localización de acometidas de servicios, incluyendo energía eléctrica
- h).- Requerimientos legales ( normas de planeación y construcción, leyes de contaminación ambiental, regulación de tráfico.

## II.2 INFORMACION CONTENIDA.

- a).- Area que ocupará la planta
- b).- Localización de todos los equipos con coordenadas, indicando según el caso: centro, línea de tangencia, separación de soportería, boquillas, etc.
- c).- Posición de los cuartos de: control eléctrico y de instrumentos, compresores, etc.
- d).- Coordenadas de estructuras especiales, de edificios, etc.
- e).- Area para expansiones futuras. Las expansiones futuras podrian alcanzar desde la adición de diferentes unidades o equipos de proceso hasta llegar en algunos casos a la duplicación de la planta.

Todas las disciplinas de la ingeniería de detalle participan en la elaboración tanto del plano de localización de equipo como de distribución de áreas de la planta aportando datos técnicos y dando sugerencias para lograr la mejor distribución.

Es indispensable para lograr el mejor diseño y evitar interferencias, la colaboración y coordinación de todas las disciplinas en todo momento de la elaboración de los planos

mencionados, por ejemplo, en el diseño de las instalaciones subterráneas intervienen los ingenieros civiles, quienes diseñan drenajes y cimentaciones, ingenieros electricistas que diseñan ductos eléctricos subterráneos, y los especialistas en tuberías de proceso que diseñan junto con los especialistas de seguridad, los sistemas de seguridad de agua contra incendio.

Si no existe una coordinación eficiente habrá interferencia, y los problemas grandes se manifestarán durante la construcción de la planta, presentándose casos como:

- La tubería que llega al recipiente no coincide con la boquilla de éste.
- Durante la construcción de la cimentación no se dejó espacio para la salida de una línea de drenaje por lo que hay que romper parte de la cimentación.
- Las líneas de agua contra incendio y de drenaje quedarán al mismo nivel de profundidad y se interfieren mutuamente, ahora en el punto de interferencia una debe brincar a la otra y es necesario entonces utilizar más tubería y 4 codos para los cambios de dirección, además que la caída de presión se incrementará.

Estos son solo algunos ejemplos de los muchos problemas que se pueden tener durante la construcción e instalación de la planta industrial si no existe coordinación eficiente entre las diferentes disciplinas de diseño.

El realizar un buen arreglo físico de los equipos y edificios dentro de la planta es sumamente importante y se refleja a lo largo de la operación, en situaciones de emergencia y en operaciones de mantenimiento de la misma. Además una unidad de proceso moderna erigida en la actualidad es probable que permanezca en uso por 20 años o más por lo que cualquier error en el inicio será costoso rectificar después.

### II.3 UTILIZACION.

El plano de localización del equipo es utilizado por diversas disciplinas de la ingeniería de detalle para elaborar otros documentos de diseño.

#### II.3.1 Ingeniería Civil.

- a).- Estudios de mecánica de suelos.
- b).- Diseño y dibujo de cimentaciones de edificios.
- c).- Diseño y dibujo de cimentaciones para el equipo que lo requiera (recipientes, torres, compresores, turbinas, etc.).
- d).- Diseño de edificios.
- e).- Localización de caminos y accesos.
- f).- Diseño de plataformas y escaleras.
- g).- Cálculo y dibujo de fosas y cisternas.
- h).- Cálculo y establecimiento de rutas de drenajes.
- i).- Análisis y diseño de estructuras de soporteria.

#### II.3.2 Ingeniería de tuberías.

- a).- Localización de los racks de tuberías.
- b).- Plano clave de maqueta y/o dibujos isométricos de proceso y servicios auxiliares.
- c).- Diagrama de rutas.
- d).- Orientación y localización de boquillas, plataformas, escaleras y tuberías.
- e).- Localización de red general contra incendio.
- f).- Localización de red de tuberías subterráneas.

### II.3.3 Ingeniería Eléctrica.

- a).- Elaborar el plano de áreas.
- b).- Dibujo de distribución de fuerza.
- c).- Cálculo y distribución de alumbrado.
- e).- Especificación y localización de los sistemas de tierras y apartarayos.

#### PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR EL PLANO DE LOCALIZACION

- 1.- Establecer los límites del terreno.
- 2.- Estimar el área requerida por la unidad de proceso.
- 3.- Estimar el área requerida por la unidad de servicios auxiliares.
- 4.- Estimar el área requerida por los almacenes, recipientes, que se encuentren fuera de límites de batería.
- 5.- Estimar el área requerida por los edificios administrativos, edificios de servicios a personal, etc.
- 6.- Estimar el área necesaria para futuras expansiones.
- 7.- Después de lo anterior se sugiere elaborar plantillas de cartón a escala de las diferentes áreas antes estimadas y ordenarlas dentro de un papel que represente a escala el área total del terreno.

La distribución de las áreas que se hace tomando en cuenta criterios, como los siguientes:

- Localizar unidades de proceso en el suelo más resistente para no sufrir hundimientos por el equipo pesado que en ésta área se encuentre. Para ésto se debe contar con estudios topográficos y geológicos. Evitar en lo más posible localizar la unidad de proceso en las secciones del terreno en las que se haya rellenado durante la nivelación del terreno.

- Debe localizarse el área de servicios auxiliares lo más cerca posible del área de proceso, con el fin de reducir longitudes de tubería y energía para transportar los servicios auxiliares de un lugar a otro.

- Si el terreno tiene diferentes niveles de altura. Se recomienda localizar el área de proceso en la parte más alta y la zona de carga y descarga de productos en la parte más baja esto provoca un flujo natural de los productos hacia los tanques de almacenaje.

- El nivel de pisos es un dato que debe indicarse en los planos generales de localización general de la planta y localización de equipos, normalmente están referenciados a un banco de nivel previamente fijado dentro de la planta. Para simplificar el uso de los niveles dentro de la planta, normalmente en un punto bajo de ésta se hace una igualación de niveles, entre el nivel de referencia de la planta con el nivel 100, que se usará de allí en adelante. El nivel del piso terminado (N.P.T) es muy importante para la localización de equipo y estructuras pesadas.

Una elevación de 0.0 deberá evitarse ya que esto podría conducir a requerir niveles negativos para todos los trabajos subterráneos y llevar a una confusión de niveles innecesaria.



Cuando se tiene un nivel mayor que el nivel base, puede significar escaleras, elevación de equipo, etc. Además el tener a los tanques de almacenamiento en las partes bajas asegurarán que en la posible fuga de ellos no se causen inundación en el área de proceso.

- La dirección de los vientos es un factor que se debe de tomar en cuenta cuando se tienen equipos como torres de enfriamiento, hornos, torres de ligeros, etc., que despiden gases o vapores. Estos equipos deberán colocarse en dirección contraria al viento para evitar que sus gases y vapores invadan el área de proceso y edificios administrativos, esto además de ser una fuente de incomodidad para el trabajo, puede provocar circunstancias peligrosas, por ejemplo incendios, humedad indeseable, corrosión, etc. Es por lo anterior, necesario conocer la velocidad y la dirección de los vientos reinantes y dominantes.

Viento domiante es un término que se refiere a la intensidad y dirección del viento que predomina en el lugar en que se ubica la planta.

Los vientos reinantes tienen menor intensidad que los dominantes y de menor frecuencia pero que también deben ser tomadas en cuenta.

En cuanto a la localización del equipo dentro del área de proceso y servicios auxiliares, a continuación se dan algunas recomendaciones propuestas por el Instituto Mexicano del Petróleo presentadas en su manual sobre Ingeniería de Procesos.

a) Los equipos serán localizados de acuerdo a la secuencia lógica del proceso, para minimizar el consumo de tubería.

b) Las bombas colóquense cerca y abajo de su punto de succión, para evitar pérdidas por fricción y consumo de tubería de mayor diámetro.

c) Para equipo que tenga partes intercambiables como hornos y cambiadores de calor, dejese un área suficiente para mantenimiento.

d) Enfriadores y acumuladores de producto, colóquense cerca del límite de batería, para despejar las zonas de proceso y reducir el riesgo de incendio.

e) Tanques de almacenamiento de líquido flamable además de la distancia mínima entre equipos adyacentes requerirán de un dique de volumen equivalente del recipiente, esto es con la finalidad que en caso de ruptura del tanque, el líquido se esparza por la planta y provoque un incendio o cualquier otro tipo de accidente.

f) Localice el edificio de control tan cerca del control de la unidad de proceso como sea posible.

g) Localizar las facilidades de carga de carros tanque y de ferrocarril a una distancia segura del área principal de la planta debido al peligro de fuego. Usualmente, existirán carreteras de acceso y espuelas de ferrocarril que determinen ampliamente la localización de tales instalaciones.

h) Deberá proveerse el espacio conveniente para permitir el libre acceso a entradas de hombre, válvulas e instrumentos.

i) Dar espacio suficiente para el manejo de los tubos de cambiadores de calor y hornos y espacio para remover los internos de torres de enfriamiento, y a equipos que están sujetos a ser removidos o a darles servicios tales como turbinas, motores, bombas, compresores cilíndricos, etc.

j) Proveer de carreteras de acceso o espacios detrás de líneas de equipos principales; en cualquiera o en ambos extremos

de edificios de equipo, cuarto de compresores, cuarto eléctrico; en tanques de almacenamiento y en lugares que requieren equipo móvil para manejo de materiales.

k) Si las balanzas son usadas, el sistema de camino se traza tal que los furgones al entrar o salir pasen sobre la báscula.

l) Las bombas de embarque pueden ser localizadas cerca de los tanques de almacenamiento como sea posible, pero fuera del dique.

m) La longitud de las líneas de tubería es un factor económico importante en la localización de las estaciones de carga, no solo en el costo de la tubería sino también en el costo del bombeo.

#### II.4 REPRESENTACION TIPICA DEL PLANO DE LOCALIZACION DE EQUIPO.

- 1.- Título del plano.- Se indica en el espacio correspondiente del membrete en el orden siguiente:
  - Sección, edificio, área de proceso.
  - Tipo de plano: Localización de equipo o arreglo general.
  - Planta, vista o corte.
- 2.- Escala utilizada.- Se utiliza el rango de escalas entre 1:50 y 1:200, la escala usada se indicará en su espacio correspondiente en el membrete.
- 3.- Número del plano.- Se indica de acuerdo con la lista de planos.

- 4.- Norte.- Se muestra con la misma orientación del plano de arreglo general de la planta.
- 5.- Ejes de equipo y/o límites del área dibujada, localizarlos por coordenadas.
- 6.- Si el equipo está dentro o próximo de un edificio, se deben presentar las columnas, los muros y las puertas; en caso de tener solamente estructuras metálicas, deberán indicarse los elementos principales y aquellos que pudieran interferir con el equipo, como escaleras, plataformas y barandales.
- 7.- La representación gráfica de los equipos, se hace de acuerdo con su forma física exterior, lo más simplificada posible, considerando sus dimensiones extremas y se le dará mayor calidad de dibujo a los equipos que al resto de la información.
- 8.- En las elevaciones solamente se indican los niveles para los puntos de operación, plataformas, pisos y estructuras.
- 9.- Planos de referencia.- Se indican únicamente aquellos que se complementen con detalle, cortes o vistas. No se darán como referencia planos civiles, eléctricos y diagramas.
- 10.- Identificación de equipo.- Únicamente se indica el número del equipo, de acuerdo con el diagrama de flujo correspondiente
- 11.- Líneas de ensamble.- En el caso que la localización de equipo que se haga por secciones, se deben mostrar las líneas de ensamble (gruesas) y el número del plano con el que colinda.

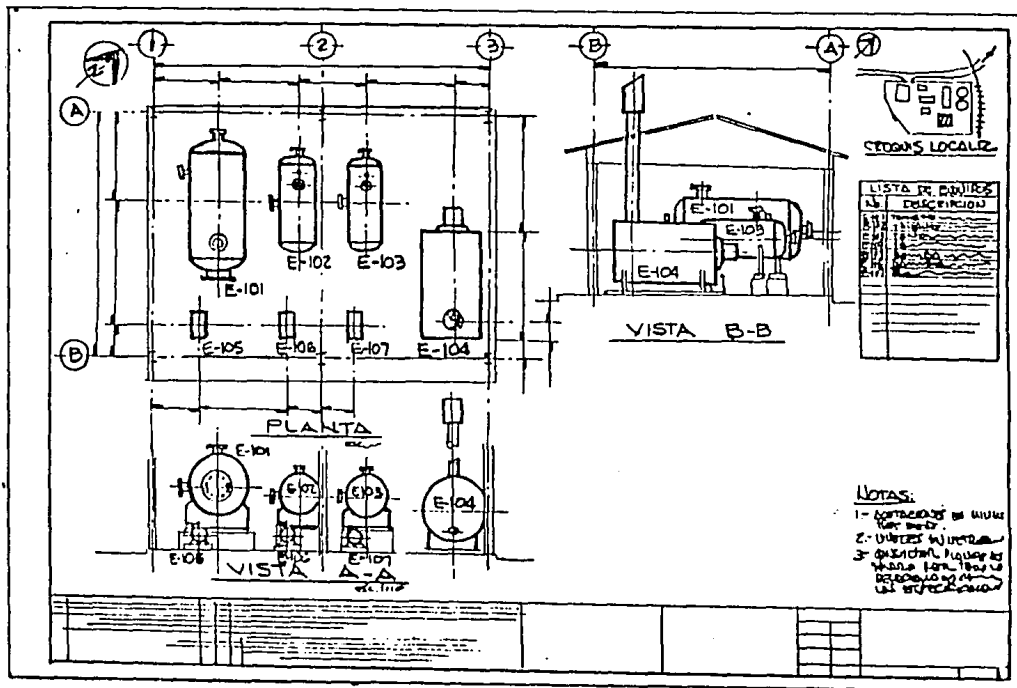
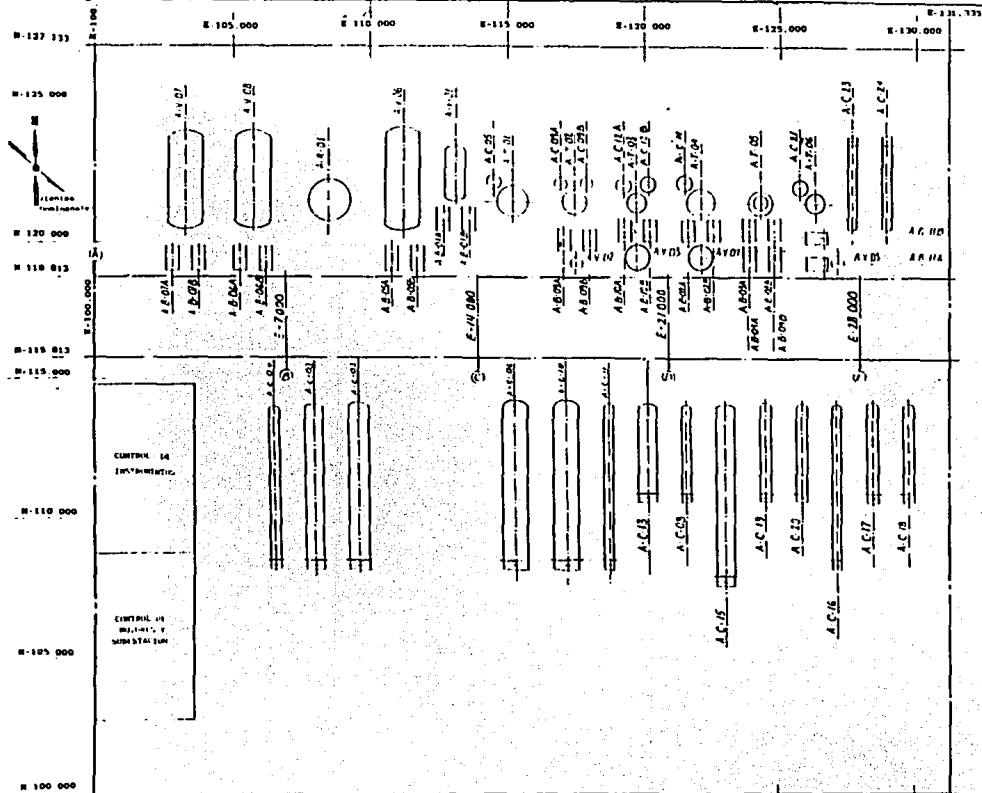


FIGURA 5.14



| LISTA DE EQUIPO  |  |
|------------------|--|
| REACTORES        |  |
| A.B.01           | REACTOR DE METILAMINAS                     |
| BOMBAS           |  |
| A.B.01 A/B       | BOMBA DE REFLUJO TORRE MMA                 |
| A.B.02 A/B       | BOMBA DE REFLUJO TORRE MMA-DMA             |
| A.B.03 A/B       | BOMBA DE RECIRCULACION DE FONDOS DEL ABSOR |
| A.B.04 A/B       | BOMBA DE ALIMENTACION AL AGOTADOR          |
| A.B.05 A/B       | BOMBA DE RECIRCULACION AL REACTOR          |
| A.B.06 A/B       | BOMBA DE ALIMENTACION DE METANOL           |
| A.B.07 A/B       | BOMBA DE ALIMENTACION DE ANHIDRIDO         |
| A.B.08 A/B       | BOMBA DE REFLUJO TORRE DE TNA              |
| A.B.09 A/B       | BOMBA DE REFLUJO TORRE DESMIDRATADORA      |
| A.B.10 A/B       | BOMBA DE REFLUJO TORRE AGOTADORA           |
| TANQUES          |  |
| A.V.01           | TANQUE DE REFLUJO DE TORRE DE ANHIDRIDO    |
| A.V.02           | TANQUE DE REFLUJO DE TNA                   |
| A.V.03           | TANQUE DE REFLUJO DE DESMIDRATADORA        |
| A.V.04           | TANQUE DE REFLUJO DE TORRE MMA-DMA         |
| A.V.05           | TANQUE DE REFLUJO DE TORRE AGOTADORA       |
| A.V.06           | TANQUE DE RECIRCULACION                    |
| A.V.07           | TANQUE DE BALANCE DE ANHIDRIDO             |
| A.V.08           | TANQUE DE BALANCE DE METANOL               |
| INTERCAMBIADORES |  |
| A.C.02           | INTERCAMBIADOR DE ALIM. AFLUENTES DEL REAC |
| A.C.03           | PRECALENTADOR ALIMENTACION AL REACTOR      |
| A.C.04           | ALIMENTACION INTERCAMBIADOR DE AGUA        |
| A.C.05           | REBOLLER TORRE MMA                         |
| A.C.06           | CONDENSADOR TORRE MMA                      |
| A.C.08           | ENFRIADOR AGUA DE ENTRACION                |
| A.C.09           | REBOLLER TORRE TNA                         |
| A.C.10           | CONDENSADOR TORRE TNA                      |
| A.C.11           | ENFRIADOR DE TNA                           |
| A.C.12           | REBOLLER DE LA DESMIDRATADORA              |
| A.C.13           | CONDENSADOR DE LA DESMIDRATADORA           |
| A.C.14           | REBOLLER TORRE MMA-DMA                     |
| A.C.15           | CONDENSADOR TORRE MMA-DMA                  |
| A.C.16           | ENFRIADOR TNA                              |
| A.C.17           | ENFRIADOR MMA                              |
| A.C.18           | ENFRIADOR DEL ABSORBIDOR                   |
| A.C.19           | ENFRIADOR RECIRCULACION FONDOS ABSOR       |
| A.C.20           | INTERCAMBIADOR ALIM. FONDOS DEL AGOTADOR   |
| A.C.21           | REBOLLER DEL AGOTADOR                      |
| A.C.22           | CONDENSADOR DEL AGOTADOR                   |
| A.C.24           | ENFRIADOR DEL AGOTADOR                     |
| TORRES           |  |
| A.T.01           | TORRE DE SEPARACION DE ANHIDRIDO           |
| A.T.02           | TORRE DE SEPARACION DE TNA                 |
| A.T.03           | TORRE DESMIDRATADORA                       |
| A.T.04           | TORRE DE SEPARACION MMA Y DMA              |
| A.T.05           | TORRE AARS-REDORA                          |
| A.T.06           | TORRE AGOTADORA                            |

| INGENIERIA DE PROYECTOR |          |                   |
|-------------------------|----------|-------------------|
| METILAMINAS             | METANOL  |                   |
| LOCALIZACION GENERAL    |          |                   |
| Unidad:                 | Area:    | Tipo de planta:   |
| L. J. L.                | Sección: | Numero de planta: |
| Division: J. C. M.      | e. d. P. | A. T. 01          |

- 12.- Croquis de la localización.- Este se dibuja en la esquina superior derecha del plano.
- 13.- Las coordenadas se indican de acuerdo con las indicadas en los planos civiles.
- 14.- Marcar toda la información que deba ser considerada por otras disciplinas, tales como drenajes especiales, huecos requeridos para el paso de las instalaciones electromecánicas, espacios para ampliaciones futuras.
- 15.- Notas.- Las notas generales se indican en el plano principal (planta), en la esquina inferior derecha, las cuales podrán ser:
  - 1.- Coordenadas \_\_\_\_\_ y niveles en metros referidos al banco de nivel \_\_\_\_\_.
  - 2.- Descripción de las siglas utilizadas.  
N.P.T. - Nivel del piso terminado.

Cuando la planta es pequeña puede ser suficiente un sólo plano para mostrar la localización de todos los equipos de la planta, pero si la planta es muy grande, puede haber necesidad de ocupar varios planos, por ejemplo uno para cada sección del proceso y otro para el área de servicios auxiliares. Lo recomendable es que la distribución de áreas de la planta se haga en un solo plano, esto facilita una visión clara del conjunto.

### III. PLANO DE LOCALIZACION GENERAL (PLANO DE INTEGRACION O MAESTRO)

El plano de localización general es un documento que muestra la localización de los diferentes componentes que integran una planta industrial, éstos componentes se presentan en el siguiente cuadro.

PLANO DE  
DISTRIBUCION  
DE AREAS DE  
LA PLANTA

Area de Proceso

Area de Servicios  
Auxiliares

- Torres de enfriamiento
- Generación de vapor
- Talleres
- Subestación eléctrica
- Laboratorios
- Fosas para tratamientos de efluentes
- Cuarto de compresores
- Cuarto de bombas
- Cuarto de equipo eléctrico

Areas de  
Almacenamiento

- Almacen de materia prima y producto
- Almacen de agua contra incendio
- Almacen de maquinaria y refacciones.

Servicios a  
personal

- Comedor
- Vestidores
- Baños
- Canchas deportivas
- Servicios médicos

Edificios  
Administrativos

Area carga y  
Descarga

Calles, espuelas de  
ferrocarril Y  
estacionamientos

Areas para expansiones  
futuras



# MANUAL DE OPERACION DE LA PLANTA

---

El manual de operación es un documento que proporciona al personal encargado del arranque y operación de la planta industrial información que le permitirá conocer el proceso, arrancarlo, operarlo y pararlo, así como dar solución a algunas anomalías que en su funcionamiento se pueden dar.

El contenido del manual de operación se divide en tres áreas principales.

- 1.- Area descriptiva
- 2.- Area operativa
- 3.- Documentos de soporte

## 1.- AREA DESCRIPTIVA

Primero se hace una descripción general del proceso, y después una descripción del diagrama de flujo.

En la descripción del proceso se hace una síntesis del proceso o procesos, sus objetivos y sus características sobresalientes. Esto tiene el fin de que el operador conozca en pocas páginas un panorama general del proceso dándole una visión global de las interrelaciones entre los equipos y secciones, sirve además como introducción a un conocimiento más detallado de la unidad.

En la descripción del diagrama de flujo se presenta en detalle el funcionamiento de la unidad siguiendo la secuencia del diagrama de flujo, incluyendo información de cada equipo sobre características relevantes, su sistema de control y condiciones de operación.

Puede suceder que en el proceso haya algún equipo especial, con una instrumentación muy extensa, de diseño poco conocido y de funcionamiento complicado, si este es el caso deberá ser descrito con mayor detalle que el resto de los equipos.

## 2.- AREA OPERATIVA

En este apartado se describen los procedimientos que deben seguirse para lavar, probar, arrancar, operar y parar la unidad, ésto último tanto en situaciones normales como de emergencia, haciendo incapie en los aspectos de seguridad de estas actividades

Es conveniente presentar el procedimiento de arranque mediante un diagrama de flechas, que muestre esquemáticamente la secuencia de operación.

También en este apartado se describen las acciones a seguir cuando ocurren fallas en los servicios auxiliares o en los equipos que son claves para el proceso, las fallas que se pueden presentar son por ejemplo:

Falla de vapor

Falla de energía eléctrica

Falla de agua de enfriamiento  
Falla de aire de instrumentos  
Falla de equipo clave.

Por último, en este apartado se deben dar normas de seguridad tales como; Tipo de equipo de protección que debe usar el personal, además de describir detalladamente las propiedades físicas y químicas de las sustancias que intervienen en el proceso así como las recomendaciones de seguridad para su manejo.

Si el proceso requiere de la utilización de algún catalizador debe incluirse las medidas de seguridad tendientes a preservarlo en óptimas condiciones.

En general, el manual deberá incluir todas las recomendaciones de seguridad necesarias para preservar la integridad física del personal y los equipos de la planta.

### 3.- DOCUMENTOS DE SOPORTE

Los documentos de soporte son elementos esenciales para el conocimiento de la unidad y están constituidos por diagramas, hojas de diseño, dibujos constructivos del equipo principal, etc.

## FILOSOFIAS BASICAS DE OPERACION

---

Las filosofías básicas de Operación de la Planta deben exponer los siguientes puntos:

- 1.- Variables de Operación y Control del Proceso.
- 2.- Operaciones Anormales.
- 3.- Procedimientos de Operación Especial.
- 4.- Requerimientos de Control Analítico del Proceso.

### 1.- VARIABLES DE OPERACION Y CONTROL DEL PROCESO

Con el objeto de facilitar el análisis de las variables de operación y de control de la planta, será conveniente dividir ésta en secciones para su descripción ( Sección de Reacción, Sección de Fraccionamiento, etc.).

a).- Descripción del efecto de las variables (presiones, flujos, temperaturas, relación de reflujo, etc.). Dicho efecto debe ser expresado por lo menos en forma cualitativa, aunque en algunos casos será conveniente expresar el orden de magnitud del efecto de las variaciones que pudieran presentarse.

b).- Descripción de la forma con la cuál se mantendrán las variables antes mencionadas, dentro de los rangos de operación

seleccionados, mediante los controles básicos del proceso, de acuerdo a la información de los Diagramas de Flujo correspondientes. ( por ejemplo, la temperatura de descarga de un horno se mantendrá mediante un control de flujo sobre la línea de alimentación del combustible)

## 2.- OPERACIONES ANORMALES

La descripción correspondiente de las condiciones anormales de operación se hace de acuerdo a la siguiente secuencia:

a).- Primero se describen las anomalías que se presentarán en el funcionamiento de la planta por causa de la descompostura de algún equipo. (por ejemplo, indicar el efecto que se tendría al pararse un compresor, como un incremento en la presión del circuito a la succión de éste y un posible relevo de gas por los dispositivos de seguridad).

b).- Es necesario describir las acciones de tipo correctivo necesarias para evitar que la planta opere en condiciones de inestabilidad derivadas del paro del equipo. ( por ejemplo, modificar el punto de ajuste de la válvula de control de presión, con el objeto de evitar que continúe el desfogue)

c).- Describir las condiciones a las cuales operará la planta al prescindir del equipo en cuestión señalando la forma en que sería afectados en su operación los equipos que se encontrasen relacionados.

## 3.- OPERACIONES ESPECIALES

Dentro de éste inciso se deberán cubrir los siguientes aspectos:

a).- La descripción de la operación de aquellos sistemas, secciones o equipos que sea necesario llevar en forma intermitente o ciclica y que, por lo general no se representan en los diagramas de flujo de proceso. Es el caso de la operación de regeneración del absorbente de un sistema de deshidratación o de la reactivación periódica del catalizador de un reactor. En estos casos es necesario llevar a cabo una descripción detallada de las operaciones especiales indicando las condiciones que prevalecerán en los equipos involucrados (presión, temperatura, flujos, etc.) e indicando la duración de las diversas etapas.

b).- La descripción de las operaciones de sistemas de protección continua a equipos, tales como sistemas de inyección de inhibidores de corrosión, agentes antiespumantes y de reactivos, o agentes químicos. En éstos casos se llevará a cabo una descripción de las condiciones de operaciones de dichos sistemas especiales, detallando las variables involucradas (flujos, temperaturas, presiones, pH, etc.) sobre todo en lo que se refiere a la forma para la cual dichas variables se mantendrán dentro del control requerido.

#### 4.- REQUERIMIENTOS DEL CONTROL ANALITICO DEL PROCESO

Para cubrir ésta parte se elaborará una lista de las corrientes que deberán ser analizadas, incluyendo composición, condiciones de operación, componentes claves a medir, variación de éstos componentes e impurezas presentes. Se deberá también recomendar el método analítico más adecuado para tal propósito.

## CAPITULO SEIS

### INGENIERIA DE DETALLE

---

#### 6.1 GENERALIDADES

Una vez concluido el desarrollo de la Ingeniería Básica, se inicia el desarrollo de la Ingeniería de Detalle. A esta etapa del proyecto se le puede definir como:

"El conjunto de diseños necesarios para construir e instalar la planta industrial".

Para comprender mejor la definición anterior, retomemos el ejemplo expuesto al inicio del capítulo IV, en el que se presentó el caso de una investigación para desarrollar un proceso y en el que colaboraron investigadores e ingenieros de proceso, los cuales después de una exhaustiva investigación tanto teórica como experimental aportaron toda la información tecnológica en la que se describe cómo elaborar a nivel industrial el producto X.

Algunas de las conclusiones de dicha investigación son las siguientes:

- Las materias primas A y B son las más convenientes para obtener el producto deseado.

- La única manera para efectuar dicha transformación es mediante un reactor químico, el cual por consideraciones económicas y de volumen debe ser tipo intermitente.
- Se elaboró el diseño de este reactor.
- Se establecieron los valores de presión y temperatura a los cuales debería de operar el reactor.
- Se da información sobre el tipo de catalizador a usar, velocidad de reacción y tipo de productos obtenidos.
- Se da información de como introducir la materia prima al reactor, como controlar las condiciones de operación y como descargar el producto.
- Como la consideración es exotérmica y es necesario que el proceso sea isotérmico se requiere entonces un sistema de enfriamiento.

En pocas palabras, de las investigaciones hechas se conoció: las características de las materias primas necesarias para obtener el producto X, el tipo de etapas para efectuar dicha transformación, así como la secuencia de ellas, el equipo necesario, sus dimensiones, las características que debe tener el metal para su construcción, y sus condiciones óptimas de operación. A esto se le conoce como investigación y desarrollo de nuevos procesos.

Toda la anterior información es presentada en planos, memorias de cálculo, programas de computación, hojas de datos de especificación, etc. A esta información se le conoce como ingeniería Básica.



Sin embargo hay otra información que no es aportada por la Ingeniería Básica, pero que es muy necesaria para poder construir e instalar la planta industrial, por ejemplo, se sabe ya para el caso antes mostrado, cual es el tamaño del reactor y hasta su peso, ahora es necesario diseñar los cimientos que deben soportar éste equipo, esto desde luego estará en función no solo del peso y del tamaño del reactor sino también de las características del suelo sobre el cual se va a colocar. También es necesario:

- Diseñar los edificios que alojarán tanto al equipo de proceso, como almacenes de materia prima, producto y oficinas.
- Diseñar los drenajes necesarios.
- Diseñar los sistemas de iluminación para la planta industrial, las líneas que suministran energía a motores y la subestación eléctrica.
- El diseño de sistemas de agua contra incendio para mantener la seguridad de las instalaciones.
- Diseñar de que manera deben estar distribuidos los equipos en el área de proceso, esto depende de la forma y dimensiones del terreno disponible para la planta industrial.
- El diseño del medio de transporte de materiales desde el almacén hasta el equipo de proceso, y entre equipos de procesos.
- Etc.

Estos son solo algunos de los diseños necesarios para efectuar la construcción e instalación de la planta industrial, y a la etapa del proyecto en que se efectúan estos diseños se le conoce como Ingeniería de Detalle.

Mientras que la ingeniería básica es el conjunto de información que dá a conocer "como se va a elaborar determinado producto", la ingeniería de detalle es el conjunto de información que dá a conocer "como se va a construir e instalar la planta industrial". Es conveniente tener en cuenta esta diferencia por la frecuente confusión entre los conceptos de ingeniería básica e ingeniería de detalle.

El tipo de diseños que integran a la ingeniería de detalle son muy variados, por lo que es conveniente que en su ejecución participen diferentes especialidades.

Las especialidades que participan varían de acuerdo al tipo de proyecto, pero las que están presentes en la mayoría de ellos son:

- Ingeniería de Procesos
- Ingeniería Eléctrica
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería de Tuberías
- Ingeniería de Instrumentos
- Ingeniería Civil
- Arquitectura

A continuación se describirá en mayor detalle las actividades más relevantes que cada una de las disciplinas de la ingeniería de detalle desarrolla, siempre con el objetivo de lograr un proyecto de buena calidad, a bajo costo y en el tiempo preestablecido.

## 6.2 DISCIPLINA DE INGENIERIA DE PROCESO.

Todas las actividades efectuadas por el ingeniero de procesos se pueden dividir en dos grupos; por una parte revisa y actualiza la información proveniente de la Ingeniería Básica, y por otra parte, elabora las bases de diseño para la especialidad de ingeniería de procesos, especifica los equipos no considerados en la Ingeniería Básica y colabora en la revisión de dibujos del equipo solicitado elaborados por los fabricantes. ( ver fig. 6.1 )

Retomando el ejemplo antes expuesto, hay un hecho que se debe de tomar en cuenta. La información que integra la ingeniería básica indica las condiciones físicas y químicas a las cuales deben introducirse las materias primas A y B al reactor, pero no da las características del equipo (para éste caso deberá ser un compresor) que introducirá las materias primas. Por otra parte se indica la cantidad de calor liberado por la reacción química y la necesidad de un intercambiador de calor que permita mantener la temperatura constante, sin embargo no da las características del intercambiador de calor.

Frecuentemente uno de los conceptos más conflictivos durante la definición en el alcance de la ingeniería básica y de la ingeniería de detalle es el establecer en cuál de estas etapas se debe especificar el equipo. Sin embargo en muchas ocasiones se ha convenido en que los equipos críticos de la operación de la planta o protegidos dentro de la misma patente del proceso deben quedar especificados durante la ingeniería básica. Este puede ser el caso de reactores o columnas de separación entre otros, mientras que equipos como bombas o algunos intercambiadores de calor son especificados durante la ingeniería de detalle.

# INGENIERIA DE PROCESO

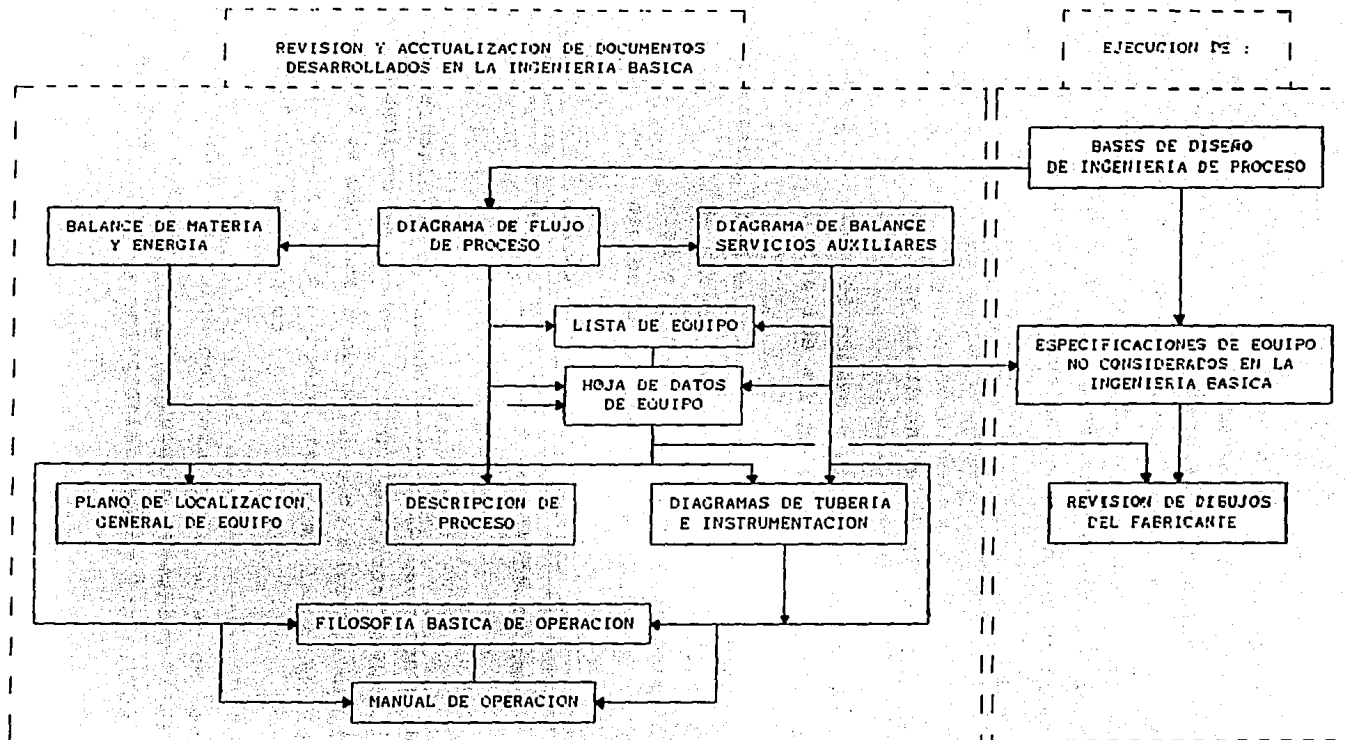


Figura 6.1

Durante la especificación de estos equipos intervienen varias especialidades de la ingeniería de detalle, así por ejemplo, en el diseño de un intercambiador de calor, el ingeniero de procesos efectúa el diseño termodinámico, con la información obtenida de este diseño elabora la hoja de datos del equipo, y posteriormente proporciona la información a otras disciplinas de la ingeniería de detalle, las cuales realizan actividades como las siguientes:

Mecánico: Realiza el diseño mecánico de las unidades

Tuberías: Con el número y dimensiones de las unidades inicia los arreglos de equipos y tuberías.

Procuración: Recibe de las diferentes disciplinas la hoja de datos, planos mecánicos y lista de material e inicia las actividades para la adquisición de equipo y materiales.

Civil : Tomando información de los planos mecánicos inicia el cálculo de cimentaciones.

Otro ejemplo es el diseño de un compresor centrifugo, en el cual el ingeniero de proceso elabora una hoja de datos en la que se especifica con base a su balance de material el flujo y características del gas a comprimir, así como las condiciones de operación requeridas del equipo.

El Ingeniero Mecánico con base en la hoja de especificaciones define el material de construcción, tamaño y características del elemento motriz, características de los sellos de la flecha, etc.

El Ingeniero Instrumentista participa en la instrumentación del compresor.

El Ingeniero de Tuberías especifica las tuberías de succión y descarga del equipo, participa en la toma de decisión para establecer donde se localizará el equipo y define la trayectoria que deberá seguir las tuberías.

Los Ingenieros Civiles con los datos de dimensiones y peso del equipo, diseña la cimentación que soportará a dicho equipo, así como el edificio que lo alojará.

El ingeniero electricista diseña los sistemas de alumbrado ( iluminación del edificio que alojará el compresor ) de fuerza, (especificación y localización de conductores y accesorio que suministrarán energía eléctrica al motor del compresor ) y de control (especificación y localización de conductores y accesorios para suministrar de energía eléctrica a los instrumentos.)

Toda la información elaborada, revisada y actualizada por los ingenieros de proceso es distribuida al resto de las disciplinas de la ingeniería de detalle para que éstas puedan iniciar sus diseños respectivos.

El ingeniero de procesos tiene una mayor participación que el resto de las disciplinas en la elaboración del plano de arreglo general de equipo, ya que él es quien tiene un conocimiento general de todo el proceso y algunas de sus características como: factores de riesgo por explosión, fuego, toxicidad, etc.

La lista de equipo, Tabla 6.1 y la lista de motores, Tabla 6.2 son documentos que forman parte de la ingeniería básica y el ingeniero de procesos los debe mantener actualizados a lo largo del proyecto con la ayuda del ingeniero electricista y/o ingeniero mecánico.



| NUMERO DE MOTOR | NOMBRE DE EQUIPO                              | DHP (EQUIPO) | HP (MOTOR) | RPM | VELOCIDAD. | REVL. SIBLE. | NO REVER. SIBLE. | ARMAZON. | MOTORES   |              | OBSERVACIONES |
|-----------------|---|--------------|------------|-----|------------|--------------|------------------|----------|-----------|--------------|---------------|
|                 |   |              |            |     |            |              |                  |          | OPERACION | REVL. SIBLE. |               |
| AB-01<br>AM/BM  | BOMBA DE REFLUJO)<br>TORRE DE NH3             | 2.1          | 3          |     |            |              |                  |          | 1         | 1            |               |
| AB-02<br>AM/BM  | BOMBA DE REFLUJO<br>TORRE DE MMA-DMA          | 2.2          | 3          |     |            |              |                  |          | 1         | 1            |               |
| AB-03<br>AM/BM  | BOMBA DE RECIRCULAC.<br>FONDOS DEL ABSORBEDOR | 14.9         | 20         |     |            |              |                  |          | 1         | 1            |               |
| AB-04<br>AM/BM  | BOMBA DE ALIMENTACION<br>AL AGOTADOR          | 1.7          | 3          |     |            |              |                  |          | 1         | 1            |               |
| AB-05<br>AM/Gr. | BOMBA DE RECIRCULAC.<br>AL AGOTADOR           | 8.4          | 10         |     |            |              |                  |          | 1         | 1            |               |
| AB-06<br>AM/BM  | BOMBA DE ALIMENTACION<br>DE METANOL           | 8.0          | 10         |     |            |              |                  |          | 1         | 1            |               |
| AB-07           | BOMBA DE ALIMENTACION<br>DE AMONIACO          | 2.0          | 3          |     |            |              |                  |          | 1         | 1            |               |
| AB-08<br>AM/BM  | BOMBA DE REFLUJO<br>TORRE TMA                 | 2.5          | 3          |     |            |              |                  |          | 1         | 1            |               |
| AB-09           | BOMBA DE REFLUJO<br>TORRE DESHIDRATADORA      | 1.7          | 2          |     |            |              |                  |          | 1         | 1            |               |
| AB-10           | BOMBA DE REFLUJO<br>TORRE AGOTADORA           | 0.11         | 0.5        |     |            |              |                  |          | 1         | 1            |               |
|                 |   |              |            |     |            |              |                  |          |           |              |               |
|                 |   |              |            |     |            |              |                  |          |           |              |               |
|                 |   |              |            |     |            |              |                  |          |           |              |               |
|                 |   |              |            |     |            |              |                  |          |           |              |               |
|                 |   |              |            |     |            |              |                  |          |           |              |               |
|                 |   |              |            |     |            |              |                  |          |           |              |               |
|                 |   |              |            |     |            |              |                  |          |           |              |               |
|                 |   |              |            |     |            |              |                  |          |           |              |               |

**LISTA DE MOTORES**

PLANTA METILAMINAS  
LOCALIZACION MORELOS

PROYECTO M. A. 01  
UNIDAD  
AREA  
PAG. 1 DE 1  
FECHA.

|                  |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| J. G. PROCESO.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| J. C. ELECTRICO. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

CADA REVISION INDICAR FECHA Y FIRMA



# INGENIERIA DE DETALLE

---

## DISCIPLINA DE INGENIERIA DE PROCESO.

Todo proceso de producción nace en su concepción original de un diagrama de flujo de proceso, el cual sirve de base para calcular los Balances de Materia y Energía, de los cuales se deriva la determinación de las condiciones de operación de cada uno de los equipos y tuberías que integran la planta. El siguiente nivel de desarrollo del proyecto lleva a la preparación de los Diagramas de Tubería e Instrumentación que muestran con detalle necesario todos los equipos, tuberías e instrumentos que toman parte en el proceso, así como sus interrelaciones. Hasta aquí, el desarrollo de la ingeniería es totalmente responsabilidad del Ingeniero de Procesos. Por lo tanto, es el quien en primer lugar puede determinar la forma en que cada equipo o variable pueden influenciar las condiciones de otros equipos o los valores de otras variables. Asimismo, es el ingeniero de proceso el que fija los límites normales y extremos de las mismas, en función de los modelos matemáticos correspondientes y las características de los equipos involucrados.

En consecuencia, debe ser el ingeniero de proceso quien debe de determinar:

A. En que puntos se requiere instalar dispositivos de indicación, control o registro de cada variable, y cuales han de ser la variable controlable; la variable media y la variable manipulada.

B. Los valores de operación requeridos (puntos de control, o de "set points") y los límites máximos de desviación aceptables.

C. Que puntos requieren por su importancia el ser supervisados desde el tablero de control, y cuales otros pueden controlarse con instrumentos de campo únicamente.

D. Qué variables requieren atención y acción del operador en caso de salir fuera de los límites extremos fijados y lograr esa atención por medio de alarmas.

E. Qué casos representa algún grado de peligro para el personal y/o equipo y por lo tanto deben iniciar el paro de algún equipo o sistema por medio de sistemas de enclavamiento ("interlocks").

Para poder lograr esto, el Ingeniero de Procesos debe conocer los principios básicos de la instrumentación, la aplicación de instrumentos y controles, en forma general los diferentes tipos de instrumentos disponibles en el mercado, las características de comportamiento de los elementos de control y la información que requiere el instrumentista para seleccionar correctamente el modelo adecuado de instrumentos para cada función.

La labor del Ingeniero de Procesos en este campo se apoya en el análisis matemático del comportamiento dinámico de los sistemas, y las experiencias previas en aplicaciones similares. La selección así definida se representa en los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's).

## DISCIPLINA DE INSTRUMENTACION

Una vez que se ha establecido por la disciplina de proceso los requerimientos básicos de instrumentación para cada equipo y las condiciones en que dichos instrumentos operarán, se inicia el trabajo del Ingeniero Instrumentista comensando con la revisión de los DTI's con la finalidad de actualizar la simbología e identificación de instrumentos y revisar los criterios de control. Posteriormente el ingeniero instrumentista asigna a cada instrumento su número de identificación e inicia la elaboración del índice de instrumentos.

Para controlar una variable particular, se establece siempre un sistema individual integrado por un componente (o componentes) del proceso, los instrumentos de medición, control y manipulación y las líneas de interconexión entre ellos. Como este sistema en la mayoría de los casos forma un circuito cerrado, se denomina "lazo" ("loop").

Posteriormente el Ingeniero de Procesos suministra los datos de operación y puntos de control y actuación de todos los instrumentos. Con esta información, el Ingeniero Instrumentista procede a preparar las hojas de datos, (también llamadas "requisiciones" "lista de materiales" "especificaciones", etc.) que definen las características de construcción, materiales, el span, la gama y el tamaño de cada instrumento, que deberán ser confirmados por los fabricantes.

Cabe aclarar que para determinar el grado de simplificación o sofisticación de la instrumentación de cada proceso, es imprescindible contar con la participación del cliente quien deberá orientar al ingeniero de procesos sobre las preferencias con base

en las experiencias anteriores en la operación de sus plantas, así como otros factores tales como costos, políticas de relaciones obrero-patronales, grados de confiabilidad, criterios de respaldo y continuidad del servicio.

En el cuadro se presentan los documentos de diseño así como la secuencia en que deben ser elaborados por la disciplina de Instrumentación durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle.

A continuación se da una descripción de los documentos presentados en el cuadro anterior.

#### IDENTIFICACION DE INSTRUMENTOS.

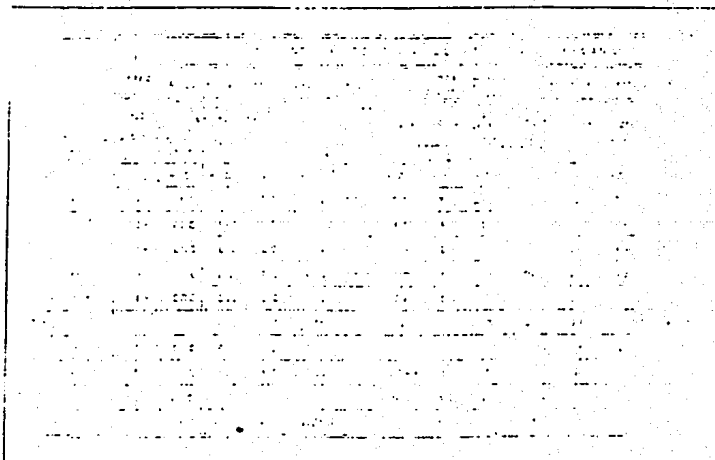
En instrumentación se emplea un sistema especial de identificación con el propósito de transmitir con claridad la información.

Internacionalmente se tiende a usar la identificación estandar de la ISA (Instrument Society of America, que tiene una sección en México); lo que facilita la comunicación entre las diferentes partes que intervienen en un proyecto (licenciador de tecnología, firma de ingeniería, proveedores, constructor, cliente). Su uso es muy deseable por ser un sistema lógico y uniforme que todos entienden. Su único inconveniente es que el orden de las letras de identificación sigue la gramática inglesa (primero la variable y luego la función) y las letras corresponden a las palabras en inglés (que coinciden mucho con las del español).

En México, Pemex ha establecido su norma de identificación de instrumentos siguiendo la gramática de nuestro idioma.

La codificación de instrumentos propuestos por la ISA es la siguiente.

1). Identificación Funcional. Consiste en combinaciones de letras usadas como se indica en la siguiente tabla.



En el uso de estas letras y sus combinaciones se deben aplicar las siguientes reglas.

A) Las letras de identificación se escribirán en todos los casos con mayúsculas. Las únicas excepciones lo son el uso de la "d", "r" y "p", (ésta última en la combinación pH únicamente)

B) La primera letra representará la variable de proceso y las siguientes el servicio o función que desempeña el instrumento.

C) Cada letra tiene un solo significado al usarse como primera letra. De manera similar cada letra tiene un solo significado cuando se utiliza como letra complementaria.

D) La identificación funcional de un instrumento será de acuerdo a la función y no de acuerdo a su construcción. Entonces un registrador de presión diferencial usado para medir flujo será FR.

E). EN un circuito de instrumentación, la primera letra de identificación funcional será seleccionada de acuerdo a la variable controlada o medida y no de acuerdo a la variable manipulada. Entonces la nomenclatura para una válvula que controla el flujo de vapor para mantener la temperatura en un tanque será TCV.

F) Se pueden adicionar letras modificadoras tanto a la primera letra como a letras complementarias, cuando sucede esto con la primera letra debe entenderse como una nueva variable, por ejemplo PDI y PI, miden dos diferentes variables, presión diferencial y presión respectivamente. Estas letras modificadoras siempre deben seguir inmediatamente a las letras que modifican.

G) El número de letras que forman la identificación funcional del instrumento debe ser el mínimo posible y no debe exceder de

## DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

Dentro del desarrollo de la ingeniería de detalle a partir de los diagramas de tubería e instrumentación se deberán elaborar los diagramas de instrumentación y control (DIC), conocidos también como "Diagramas de Gasa" o "Diagramas de Loop". El propósito fundamental es dar información sobre el lugar en que se localizarán los instrumentos, pudiendo ser en: campo, atrás de tablero y frente al tablero.

Estos diagramas contendrán todos los instrumentos que intervienen en el circuito de instrumentación, desde el elemento primario de control hasta el elemento final con sus accesorios, conexiones y aditamentos necesarios para su adecuado funcionamiento, y todos adecuadamente identificados.

Cada diagrama de instrumentación y control deberá tener su número asignado, así como un título descriptivo del loop, los instrumentos aislados no requieren de este tipo de diagrama, tales como manómetros, retámetros, termómetros, etc.

En seguida se muestra un ejemplo de un diagrama de instrumentación y control.

## ESPECIFICACION DE INSTRUMENTOS

Este es un documento de diseño que describe de manera detallada las características y condiciones de operación de los instrumentos.





La información necesaria para efectuar la especificación de los instrumentos es la siguiente:

- A). Criterios de diseño de instrumentación.
- B). Especificaciones de tubería. Esta información describe diámetros, materiales, número de cédula, etc.
- C). Condiciones de operación del proceso. En esta información queda incluido: gasto, presión temperatura, viscosidad, densidad, etc.

De la anterior información dependerá básicamente la selección del instrumento.

La información contenida en la especificación de instrumentos se divide en tres partes; la información contenida en la primera es: clave del instrumento, localización, servicio y montaje. La segunda da las características requeridas del instrumento como: tipo de instrumento, material del cuerpo y/o caja, clasificación eléctrica, rango, escala, diámetro, tipo de conexión, etc. Y la tercera parte contiene las condiciones de operación o datos de proceso, como son: tipo de fluido, los valores máximos, mínimos y normales de presión y temperatura, densidad, viscosidad, etc.

Las firmas de ingeniería generalmente emplean el formato estándar para especificación de instrumentos propuesto por la ISA RP-20.1.

Una vez que el cliente ha aprobado las hojas de especificaciones se envían al departamento de compras junto con las requisiciones para que en este departamento se elaboren las solicitudes de cotizaciones.

## DIBUJOS TIPICOS DE INSTALACION Y LISTA DE MATERIALES.

Estos dibujos muestran la forma de soportar y conectar los instrumentos, indicando en su caso los suministros eléctricos o neumático.

La información que debe contener es la siguiente.

- A). Datos generales del proyecto o planta.
- B). Clave de identificación del instrumento.
- C). Detalle simple, completo y esquemático de la forma de instalar el instrumento.
- D). Identificación de conexiones y accesorios requeridos para la instalación.
- E). Lista de material requerido para el montaje.

El Instituto Americano del Petróleo (API) tiene en sus normas un manual de instalación de instrumentos y sistemas de control (norma RP-550) que se usa como estándar de los dibujos típicos de instalación.

Se elabora un sólo típico de instalación para todos los instrumentos que se instalen en la misma forma y con el mismo material. Cada dibujo típico de instalación tienen en su margen derecho una lista con la identificación de los instrumentos que deben instalarse en la misma forma y con los mismos materiales indicados.

Los instrumentos montados en tablero no requieren típico de instalación ya que generalmente los materiales de conexión (alambre, tubería y accesorios) tanto eléctricos como neumáticos son suministrados por el fabricante.

## PLANOS Y ESPECIFICACIONES DE TABLEROS DE CONTROL.

Los tableros de control agrupan los instrumentos, equipos, dispositivos y mandos requeridos para supervisar y dirigir en forma eficiente y segura el funcionamiento de las secciones, áreas o unidades a que correspondan, tanto durante la operación normal, paros y arranques, como en sistemas de emergencia.

Clasificación de Tableros de Control.

Se consideran tres clasificaciones.

1.- Con respecto a la distribución de instrumentos.

- A). Convensionales.
- B). Semigráficos.
- C). Gráficos.
- D). Selectivos.

2.- Con respecto a la configuración.

- A). Abiertos.
- B). Cerrados tipo gabinete.
- C). Cerrados tipo gabinete con consola.
- D). Cerrados tipo pupitre.

3.- Con respecto a las características del lugar de instalación.

- A). Para servicio interior y servicios generales.
- B). A prueba de interperie.
- C). A prueba de explosión.

**Tableros Convensionales.** Son aquellos en los que los instrumentos tipo miniatura o tipo convencional (caja grande) son montados en filas horizontales y verticales por áreas o secciones del proceso o de la planta de acuerdo a una secuencia lógica y los anunciadores de alarmas e indicadores circulares montados en una fila horizontal sobre los otros instrumentos. Este tipo de tableros se utiliza en procesos sencillos que no tienen mucha instrumentación, en donde el arreglo de acuerdo a una secuencia lógica es suficiente para controlar el proceso de manera sencilla.

**Tableros Gráficos y Semigráficos.** Estos incluyen un diagrama de proceso el cual se lee de izquierda a derecha siguiendo la secuencia del proceso. El diagrama ayuda al operador a absorber y correlacionar información más fácilmente. Este tipo de tableros se utilizan en procesos grandes y con mucha instrumentación.

**Tableros Abiertos.** Son aquellos que no tienen puertas posteriores. Se utilizan en atmósferas no corrosivas y de bajo contenido de humedad.

**Tableros Cerrados Tipo Gabinete.** Son tableros con frente y perfil vertical (semejantes a una caja rectangular) totalmente cerrados y con puertas de acceso.

**Tableros Cerrados Tipo Consola.** Son tableros que tienen la parte inferior en forma de escritorio, ligeramente inclinada de tal manera que el operador puede manipular la instrumentación de esta sección estando sentado. La parte superior es recta de manera similar a los tableros convensionales. En este tipo de diseño la repisa o plano vertical solo se utiliza para la instrumentación que deba manipular el operador, el plano vertical se utiliza para instrumentos registradores o controladores. Puede tener puertas de acceso por la parte posterior o por el frente en la parte inferior.

Tableros para Ambiente Cerrados. Son debidos a que su construcción sólo se pueden usar en interiores especificamente en cuartos de control.

Tableros a Prueba de Interperie. Son tableros cuya construcción permite instalarlos dentro de la planta pero fuera de un cuarto de control bajo una cubierta que los proteja de la lluvia. Generalmente son para control de equipos individuales y no de procesos completos, usualmente se instalan cerca del equipo que van a controlar.

Tableros a Prueba de Explosión. Como su nombre los indica, están construidos con materiales resistentes a prueba de explosión, se utiliza en áreas peligrosas.

#### Información Requerida para la Construcción del Tablero.

La ingeniería de detalle suministrará al cliente y/o fabricante del tablero los siguientes dibujos e información:

- Dibujos de Arreglo General de Instrumentos (vista frontal), con las dimensiones y cortes.
- Dibujos de Arreglo de instrumentos (vista posterior), con las conexiones neumáticas.
- Diagramas de circuitos de control eléctrico.
- Especificación particular para c/u tablero.
- Especificación general para tableros.
- Lista de leyendas de instrumentos.
- Lista de leyendas de botones y luces piloto.
- Lista de suministros de instrumentos.
- Lista de conexiones neumáticas.

## LOCALIZACION DE INSTRUMENTOS EN PLANOS DE TUBERIA Y MECANICOS

Localizar instrumentos en planos de tubería y mecánicos es fijar el lugar físico en el que se instalarán dichos instrumentos para su mejor funcionamiento y protección. Para esto se siguen criterios generales de localización, a continuación se dan dos ejemplos de dichos criterios.

1.- Todos los instrumentos y componentes especiales de los circuitos de instrumentación deben quedar accesibles desde el piso, plataformas o escaleras fijas. Los instrumentos que además requieren de calibración o ajustes periódicos deben quedar conectados de tal manera que se permita el fácil acceso a todos sus componentes.

2.- Los instrumentos nunca deben instalarse sobre barandales, apeldaños, etc. ni deberán quedar bajo posibles escurrimientos de fluidos provenientes de equipos o estructuras superiores, debiéndose montar además de manera que no obstruyan los pasillos o el acceso al equipo.

### Información Que Deben Contener Este Plano

- A).- Datos generales del proyecto.
  - B).- Título del plano.
  - C).- Nombre del personal que elaboró, revisó y aprobó el plano.
  - D).- Planos de referencia que se usaron.
  - E).- Localización de todos los instrumentos locales en plantas y elevaciones.
  - F).- Todas las interconexiones de señal de aire entre instrumentos y los montados en el tablero de control.
  - G).- Identificación de los instrumentos.
- Etc.

Estos planos deben realizarse en plantas y elevaciones o también en maquetas. Y después de hecho esto se laboran los planos de ruta de suministro y señales neumáticas de instrumentos.

#### PLANOS DE RUTA DE SUMINISTRO Y SEÑALES NEUMATICAS DE INSTRUMENTOS

Estos planos tienen información sobre el trazado aproximado de las rutas que siguen los tubos que conducen los suministros y señales de instrumentos neumáticos con el propósito de cuantificar el material necesario para su instalación.

Estos planos se preparan sobre el plano de localización general de equipo.

La lista de líneas es de los documentos más importantes que el ingeniero de procesos envía a la disciplina de tuberías, el objetivo de este documento, así como la secuencia para elaborarlo se presenta a continuación.

### 6.2.1 INSTRUCTIVO PARA ELABORAR LA LISTA DE LINEAS.

#### A.- OBJETIVOS

La lista de líneas es un documento en el que se clasifican y dan las características de las tuberías presentes en una planta, sus objetivos particulares son:

- 1.- Permite conocer de inmediato la relación que existe entre dos o más tuberías.
- 2.- Permite la adecuada y pronta localización de las tuberías.
- 3.- permite conocer las condiciones de operación a las que se sujetará la tubería.
- 4.- Permite conocer la relación que hay entre equipos.
- 5.- Sirve como base a Ingenieros de Análisis de Esfuerzos, para llevar a cabo los estudios de esfuerzo en tuberías causadas por temperatura de operación, presión y/o peso propio, y así determinar el número el tipo de soportes y juntas de expansión y los cambios de dirección en tuberías ( Loops ) para absorber esfuerzos.

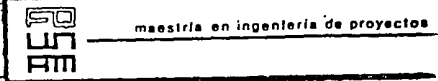


| REVISIONES | LINEA |        |        |  | AISLAM. |       | FLUIDO                         | RUTA             |                   | TEMP. °C |       | PRESION Kg/cm <sup>2</sup> Man. |       |      | TIPO DE PBA | DIAGR. | OBSERVACIONES |    |
|------------|-------|--------|--------|--|---------|-------|--------------------------------|------------------|-------------------|----------|-------|---------------------------------|-------|------|-------------|--------|---------------|----|
|            | SERV  | NUMERO | DIAM   | E <sub>g</sub> P <sub>g</sub> E <sub>c</sub> | TIPO    | CLAVE |                                | DE               | A                 | DIS.     | OPER. | DIS.                            | OPER. | PBA. |             |        |               |    |
|            |       |        |        |  |         |       |                                |                  |                   |          |       |                                 |       |      |             |        |               | 18 |
|            | A     | 101    | 1"     | 3PI  |         |       | Amoniaco                       | L. B.            | A-V-07            | 35       | 14    |                                 |       |      | ADTJ-01     |        |               |    |
|            | A     | 102    | 1 1/2" | 3PI  |         |       |                                | A-V-07           | 1 1/2" A-103-3PI  | 35       | 14    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | A     | 103    | 1 1/2" | 3PI  |         |       |                                | 1 1/2" A-102-3PI | A-B-07 A          | 35       | 14    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | A     | 104    | 1 1/2" | 3PI  |         |       |                                | 1 1/2" A-102-3PI | A-B-07 B          | 35       | 14    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | A     | 105    | 1"     | 6PI  |         |       |                                | A-B-07 A         | 2" M2-101-6PI     | 35       | 55    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | A     | 106    | 1"     | 6PI  |         |       | Amoniaco                       | A-B-07 B         | 1" A-105-6PI      | 35       | 55    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | MZ    | 101    | 2"     | 6PI  |         |       | NH <sub>3</sub> , MMA, TMA     | 1" A-105-6PI     | A-C-04            | 35       | 55    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | MZ    | 102    | 2"     | 6PI  |         |       | NH <sub>3</sub> , MMA, TMA, ME | A-C-04           | A-C-03            | 100      | 59    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | MZ    | 103    | 2"     | 6PI  |         |       |                                | A-C-03           | A-C-02 A          | 145      | 53    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | MZ    | 105    | 2"     | 6PI  |         |       |                                | A-C-02 B         | A-R-01            | 380      | 52    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | MZ    | 106    | 2"     | 6PI  |         |       |                                | 2" M2-103-6PI    | A-C-02-C          | 145      | 53    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | MZ    | 108    | 2"     | 6PI  |         |       | NH <sub>3</sub> , MMA, TMA, ME | A-C-02-D         | 2" M2-105-6PI     | 380      | 52    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | ME    | 101    | 1 1/2" | 3PI  |         |       | Metanol                        | L. B.            | A-V-08            | 24       | 1.5   |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | ME    | 102    | 2"     | 3PI  |         |       |                                | A-V-08           | 2" ME-104-3PI     | 24       | 1.5   |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | ME    | 103    | 2"     | 3PI  |         |       |                                | 2" ME-102-3PI    | A-B-06-A          | 24       | 1.5   |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | ME    | 104    | 2"     | 3PI  |         |       |                                | 2" ME-102-3PI    | A-B-06-B          | 24       | 1.5   |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | ME    | 105    | 1 1/2" | 6PI  |         |       |                                | A-B-06-A         | 2" M2-101-6PI     | 24       | 55    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | ME    | 106    | 1 1/2" | 6PI  |         |       |                                | A-B-06-B         | 1 1/2" ME-105-6PI | 24       | 55    |                                 |       |      |             |        |               |    |
|            | ME    | 107    | 1"     | 3PI  |         |       | Metanol                        | A-V-08           | Atmósfera         | 24       | 1.5   |                                 |       |      | ADTJ-01     |        |               |    |
| 1          | 2     | 3      | 4      | 5  | 6       | 7     | 8                              | 9                | 10                | 11       | 12    | 13                              | 14    | 15   | 16          | 17     | 18            | 19 |

NOTAS  
 1: TIPO DE PRUEBA  
 H= HIDROSTATICA  
 N= NEUMATICA

PLANTA: METILAMINAS  
 INDICE DE LINEAS RE:  
 ELABORO: L.J.L. AREA: REACCION O

FECHA TUB FLEX PROC APR FECHA TUB FLEX PROC APR.  
 REVISIONES



- 6.- Permite establecer las condiciones de prueba a las que se someterá la tubería.
- 7.- Sirve a quienes hagan la lista de materiales de tubería como documentos requerido para cuantificar la cantidad de aislamiento.

La lista de líneas comunmente consta de dos partes:

- 1.- Lista de líneas de proceso.
- 2.- Lista de líneas de servicios auxiliares.

#### B.- COMO LLENAR LA LISTA DE LINEAS.

Para llenar la hoja de lista de líneas, veáse la hoja de ejemplo anexa tabla 6.3, en la que se ha numerado las columnas para su identificación.

#### 1.- REV. ( REVISION )

Indica el número de revisión que se está llevando a cabo. Cuando se hace la primera edicion de la lista no se indica ninguna revisión. Cuando se hagan las revisiones a la lista de líneas, se empesará a partir de rev. 1 y solo se maracará aquella o aquellas líneas, que sufran cambio en cualquiera de sus datos.

Cuando una línea nueva se anexe a la lista , deberá marcarse con el número de revisión que se esté llevando a cabo.

## 2.- SERV. ( SERVICIO )

En esta columna se indica la clave que identifica el servicio para el que se utiliza la línea en cuestión. Para la identificación de las claves se utilizará lo que se indique en el diagrama respectivo. No se deberán anotar líneas de distintos servicios en una hoja.

La siguiente tabla muestra las claves de servicios usadas en la planta de metilaminas. Las claves para designar los servicios varía de una firma de ingeniería otra.

|     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| A.  | Amoniaco                        |
| ME  | Metanol                         |
| VM  | Vapor de media presión          |
| CM  | Condensado de media             |
| MZ  | Mezcla de aminas                |
| ML  | Mezcla de aminas líquidas       |
| SAE | Suministro agua de enfriamiento |
| RAE | Retorno de agua de enfriamiento |
| N   | Nitrógeno                       |

## 3.- NUMERO

En esta columna se anota el número que identifica a la línea de referencia. Este número además indicará si la línea es dependiente de otras.

Ejemplo:

10" P-101, 6" P-101-1, 4" P-101-2, ETC....

Se recomienda poner siempre en orden las líneas dependientes.

#### 4.- Ø N ( DIAMETRO NOMINAL )

Aquí se indica el diámetro nominal de la línea en cuestión. siempre se expresa en pulgadas. En ocasiones una línea en su recorrido puede tener cambios de diámetro, entonces se mostrarán dos diámetros separando el cuadro respectivo por medio de una diagonal.

Ejemplo:

|         |
|---------|
| Ø N     |
| 14" 20" |

Si se llegaran a presentar líneas que tienen más de dos cambios de diámetro solo se pondrán dos diámetros, siendo uno de ellos el que inicia y el otro el que termina el recorrido.

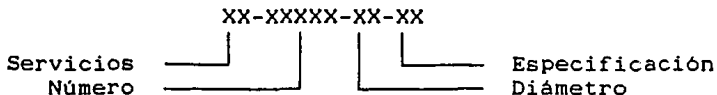
#### 5.- ESPECIFICACION

Se indica aquí, la especificación que tenga la línea de referencia si la línea en su recorrido cambia de especificación, se anotarán las dos especificaciones separando el espacio correspondiente, por medio de una diagonal.

Ejemplo:

|         |
|---------|
| ESP.    |
| B2A A2A |

En resumen de los cuatro anteriores puntos la identificación de la línea se hace de la siguiente manera.



El servicio corresponderá a las claves previamente acordadas por el proyecto; el número deberá indicar el área en que se encuentra la línea así como su consecución, el diámetro será calculado por el ingeniero de proceso y finalmente la especificación de acuerdo a la clave correspondiente.

#### 6.- TIPO DE AISLAM. ( TIPO DE AISLAMIENTO )

En este espacio se indica el tipo de aislamiento necesario para la línea. Se anota únicamente la letra que identifica el tipo de aislamiento. De acuerdo a claves tales como:

- BP Protección a personal
- HC Conservación de calor
- ST Trazado

En caso de no requerirse aislamiento se cancela el espacio con una línea.

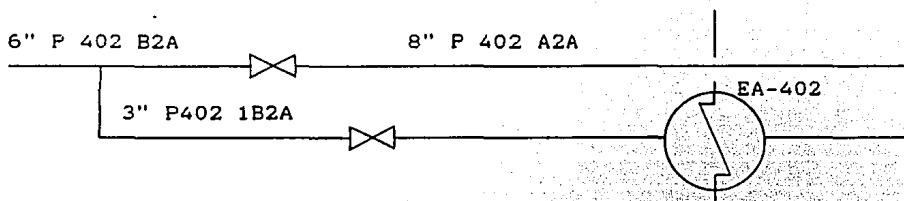
### 7.- CLAVE DE AISLAMIENTO

En este espacio se coloca la clave que identifica al aislamiento.

### 8.- FLUIDO

Se indica en este espacio el tipo de fluido que circula dentro de la tubería.

Cuando una línea se origine en otra línea que tenga diferente diámetro y/o especificación, deberá anotarse siempre el número completo de la línea en donde se origine.



| R<br>E<br>V | C L A V E |      |        |     | R U T A      |                 |
|-------------|-----------|------|--------|-----|--------------|-----------------|
|             | ESP       | SERV | NUMERO | Ø N | DESDE        | HASTA           |
|             | B2A       | P    | 402- 1 | 3"  | 6" P 402 B2A | EA-402 (CORAZA) |

#### 9.- RUTA DESDE

Aquí se indica el origen de la línea en cuestión. Una línea puede tener su origen en otra línea, por ejemplo cuando esta última es un cabezal o cuando la primera es una línea dependiente; en un equipo o en un límite de batería.

#### 10.- RUTA HASTA

En este espacio, se indica el número de la línea o el equipo al cual llega la línea de que se trate. En el caso de un cabezal, como los de servicios auxiliares, del cual salen varios ramales, es recomendable anotar, "cabezal distribuidor" o "tapon capucha". Este puede terminar en un tapón cachucha o en brida ciega y así se deberá anotar. Igualmente el caso de la línea de referencia llegue hasta una línea con cambio de diámetro y/o especificación, deberá anotarse siempre el número completo de la línea donde llega. ( ver ejemplo anterior )

#### 11.- TEMPERATURA DIS. ( TEMPERATURA DE DISEÑO )

Aquí se anota la temperatura considerada para el diseño y/o selección de la tubería.

#### 12.- TEMPERATURA OPER ( TEMPERATURA DE OPERACION )

Aquí se anota la temperatura a la cual se anotará normalmente la línea en cuestión.

13.- PRES DIS ( PRESION DE DISEÑO )

En esta columna se indica la presión de diseño para la tubería.

14.- PRESION OPER ( PRESION DE OPERACION )

Aquí se indica la presión a la que normalmente se encontrará el fluido dentro de la tubería en cuestión.

15.- PRESION PBA ( PRESION DE PRUEBA )

La máxima presión de prueba hidrostática será la máxima presión que puede soportar el componente más débil en el sistema tubería y equipo, este puede ser una brida, el cuerpo de una válvula o sus asientos o el espesor de su pared del tubo de conexiones. Dicho valor se anota en este punto.

Si el medio de prueba es líquido, la presión mínima de prueba es 1.5 veces la presión de diseño. Si la temperatura de diseño es mayor de 343 C, la presión mínima de prueba se corregirá por la relación de esfuerzos permisibles siguientes:

$$\text{Pmin. Prueb.} = 1.5 \text{ Pdis.} \frac{\text{S @ 650 F}}{\text{S @ Tdis.}}$$



#### 16.- TIPO PBA ( TIPO DE PRUEBA )

En este espacio se indica por medio de una letra el tipo de prueba a la que se someterá la línea.

H Hidrostática

N Neumática

#### 17.- DENSIDAD

En este espacio se anota la densidad del líquido que circula por la línea en operación normal.

Si la línea conduce un gas o vapor en operación normal se anotará únicamente la letra V. Si se conduce fluido en 2 fases, se anotará la densidad de la mezcla y se acompaña este valor por las letras L/V

#### 18.- DIAGRAMA DE FLUJO No.

Aquí se indica el número de diagrama en el cual aparece la línea de referencia. Cuando la línea nace en un diagrama y termina en otro, pueden indicarse ambos diagramas con una diagonal. Si la línea pasa por más de 2 diagramas se anota el número del diagrama en que se origina y el número del diagrama en el que tiene su destino separados por una diagonal.

#### 19.- OBSERVACIONES

En este espacio se anota cualquier aclaración que no puede ser hecha en los restantes puntos de la lista de líneas, por ejemplo para explicar el tipo de aislamiento especial ( ver columna 6 )

## 6.2.2 Instrumentación del Proceso

Todo proceso de producción nace en su concepción original de un diagrama de flujo de proceso, el cual sirve de base para calcular los Balances de Materia y Energía, de los cuales se deriva la determinación de las condiciones de operación de cada uno de los equipos y tuberías que integran la planta. El siguiente nivel de desarrollo del proyecto lleva a la preparación de los Diagramas de Tubería e Instrumentación que muestran con detalle necesario todos los equipos, tuberías e instrumentos que toman parte en el proceso, así como sus interrelaciones. Hasta aquí, el desarrollo de la ingeniería es totalmente responsabilidad del Ingeniero de Procesos. Por lo tanto, es el quien en primer lugar puede determinar la forma en que cada equipo o variable pueden influenciar las condiciones de otros equipos o los valores de otras variables. Asimismo, es él ingeniero de proceso el que fija los límites normales y extremos de las mismas, en función de los modelos matemáticos correspondientes y las características de los equipos involucrados.

En consecuencia, debe ser el ingeniero de proceso quien debe de determinar:

A. En que puntos se requiere instalar dispositivos de indicación, control o registro de cada variable, y cuales han de ser la variable controlable, la variable media y la variable manipulada.

B. Los valores de operación requeridos (puntos de control, o de "set points") y los límites máximos de desviación aceptables.

C. Que puntos requieren por su importancia el ser supervisados desde el tablero de control, y cuales otros pueden controlarse con instrumentos de campo únicamente.

D. Qué variables requieren atención y acción del operador en caso de salir fuera de los límites extremos figados y lograr esa atención por medio de alarmas.

E. Qué casos representan algún grado de peligro para el personal y/o equipo y por lo tanto deben iniciar el paro de algún equipo o sistema por medio de sistemas de enclavamiento ("interlocks") .

Para poder lograr esto, el Ingeniero de Procesos debe conocer los principios básicos de la instrumentación, la aplicación de instrumentos y controles, en forma general los diferentes tipos de instrumentos disponibles en el mercado, las características de comportamiento de los elementos de control y la información que requiere el instrumentista para seleccionar correctamente el modelo adecuado de instrumentos para cada función.

La labor del Ingeniero de Procesos en éste campo se apoya en el análisis matemático del comportamiento dinámico de los sistemas, y las experiencias previas en aplicaciones similares. La selección así definida se representa en los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's).

### 6.3 DISCIPLINA DE INSTRUMENTACION

Una vez que se ha establecido por la disciplina de proceso los requerimientos básicos de instrumentación para cada equipo y las condiciones en que dichos instrumentos operarán, se inicia el trabajo del Ingeniero Instrumentista comenzando con la revisión de los DTI's con la finalidad de actualizar la simbología e identificación de instrumentos y revisar los criterios de control. Posteriormente el ingeniero instrumentista asigna a cada instrumento su número de identificación e inicia la elaboración del índice de instrumentos.

Para controlar una variable particular, se establece siempre un sistema individual integrado por un componente (o componentes) del proceso, los instrumentos de medición, control y manipulación y las líneas de interconexión entre ellos. Como este sistema en la mayoría de los casos forma un circuito cerrado, se denomina "lazo" ("loop").

Posteriormente el Ingeniero de Procesos suministra los datos de operación y puntos de control y actuación de todos los instrumentos. Con esta información, el Ingeniero Instrumentista procede a preparar las hojas de datos, (también llamadas "requisiciones", "lista de materiales", "especificaciones", etc.) que definen las características de construcción, materiales, el span, la gama y el tamaño de cada instrumento, que deberán ser confirmados por los fabricantes.

Cabe aclarar que para determinar el grado de simplificación o sofisticación de la instrumentación de cada proceso, es imprescindible contar con la participación del cliente quien deberá orientar al ingeniero de procesos sobre las preferencias con base

en las experiencias anteriores en la operación de sus plantas, así como otros factores tales como costos, políticas de relaciones obrero-patronales, grados de confiabilidad, criterios de respaldo y continuidad del servicio.

En el figura 6.2 se presentan los documentos de diseño así como la secuencia en que deben ser elaborados por la disciplina de Instrumentación durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle.

A continuación se da una descripción de los documentos presentados en la figura 6.2.

### 6.3.1 IDENTIFICACION DE INSTRUMENTOS.

En instrumentación se emplea un sistema especial de identificación con el propósito de transmitir con claridad la información.

Internacionalmente se tiende a usar la identificación estandard de la ISA ( Instrument Society of America, que tiene una sección en México ) lo que facilita la comunicación entre las diferentes partes que intervienen en un proyecto (licenciador de tecnología, firma de ingeniería, proveedores, constructor, cliente). Su uso es muy deseable por ser un sistema lógico y uniforme que todos entienden. Su único inconveniente es que el orden de las letras de identificación sigue la gramática inglesa (primero la variable y luego la función) y las letras corresponden a las palabras en inglés (que coinciden mucho con las del español).

En México, Pemex ha establecido su norma de identificación de instrumentos siguiendo la gramática de nuestro idioma.

| LETRAS<br>MAYUSCULAS | DEFINICION Y POSICIONES PERMITIDAS EN CUALQUIER<br>COMBINACION |  |                                  |
|----------------------|--|--|----------------------------------|
|                      | 1ª letra<br>variables<br>de proceso                            | 2ª letra<br>Tipo de registro u<br>otra función | 3ª letra<br>Función<br>adicional |
| A                    | -  | Alarma o Analizador                            | Alarma                           |
| C                    | Conductividad  | Control  | Control                          |
| D                    | -  | -  | -                                |
| E                    | -  | Elemento primario                              | -                                |
| F                    | Flujo  | Relacionador                                   | -                                |
| G                    | -  | Cristal  | -                                |
| H                    | Manual   | -  | Alto                             |
| I                    | -  | Indicador                                      | -                                |
| L                    | Nivel  | -  | Bajo                             |
| M                    | Humedad  | -  | -                                |
| P                    | Presión  | -  | -                                |
| R                    | -  | Registrador                                    | -                                |
| S                    | Velocidad  | Interruptor                                    | -                                |
| T                    | Temperatura  | Transmisor                                     | Transmisor                       |
| V                    | Viscosidad   | -  | Válvula                          |
| W                    | Peso   | Pozo   | -                                |
| Y                    | -  | Convertidor                                    | -                                |

TABLA 6.4

La codificación de instrumentos propuestos por la ISA es la siguiente.

1). **Identificación Funcional.** Consiste en combinaciones de letras usadas como se indica en la siguiente tabla.

| letra variable del proceso | SEGUNDA Y TERCERA Mecanismos controladores |         |         |  |                              |                        | LETRAS TIPO DE MECANISMOS |                                      | Mecanismos de alarma |            |        | Elemento primario |
|----------------------------|--|---------|---------|--|------------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------|--------|-------------------|
|                            | Controladores separados                    |         |         | Válvulas reguladoras actuadas por si misma | Válvulas de seguridad relevo | Mecanismos de medición |                           | Aparatos de cristal solo para observ | Registro             | Indicación | Alarma |                   |
|                            | Regis-                                     | Indica- | Control |  |                              | Regis-                 | Indica-                   |                                      |                      |            |        |                   |
|                            | tro  | ción    | trol    | tro  | ción                         | tro                    | ción                      | tro                                  | ción                 | tro        | ción   |                   |
|                            | -RC  | -IC     | -C      | -CV  | -SV                          | -R                     | -I                        | -G                                   | -RA                  | -IA        | -A     | -E                |
| Flujo                      | F-   | FRC     | FIC     |  |                              | FR                     | FI                        | FG                                   | FRA                  | FIA        |        | FE                |
| Nivel                      | L  | LRC     | LIC     | LC   | LCV                          | LR                     | LI                        | LG                                   | LRA                  | LIA        | LA     |                   |
| Presión                    | P  | PRC     | PIC     | PC   | PCV                          | PSV                    | PR                        | PI                                   | PRA                  | PIA        | PA     | PE                |
| Densidad                   | D  | DRC     | DIC     | DC   |                              |                        | DR                        | DI                                   | DRA                  | DIA        |        |                   |
| Manual                     | H  |         | HIC     | HC   | HCV                          |                        |                           |                                      |                      |            |        |                   |
| Conductividad              | C  | CRC     | CID     |  |                              |                        | CR                        | CI                                   | CRA                  | CIA        | CA     | CE                |
| Velocidad                  | S  | SRC     | SIC     | SC   | SCV                          | SSV                    | SR                        | SI                                   | SRA                  | SIA        | SA     |                   |
| Viscosidad                 | V  | VRC     | VIC     |  |                              |                        | VR                        | VI                                   | VG                   | VRA        | VIA    |                   |
| Peso                       | W  | WRC     | WIC     |  |                              |                        | WR                        | WI                                   |                      | WRA        | WIA    | WE                |
| Temperatura                | T  | TRC     | TIC     | TC   | TCV                          | TSV                    | TR                        | TI                                   |                      | TRA        | TIA    | TE                |

TABLA 6.5

En el uso de estas letras y sus combinaciones se deben aplicar las siguientes reglas.

A) Las letras de identificación se escribirán en todos los casos con mayúsculas. Las únicas excepciones lo son el uso de la "d", "r" y "p", (esta última en la combinación pH únicamente)

B) La primera letra representará la variable de proceso y las siguientes el servicio o función que desempeña el instrumento.

C) Cada letra tiene un solo significado al usarse como primera letra. De manera similar cada letra tiene un solo significado cuando se utiliza como letra complementaria.

D) La identificación funcional de un instrumento será de acuerdo a la función y no de acuerdo a su construcción. Entonces un registrador de presión diferencial usado para medir flujo será FR.

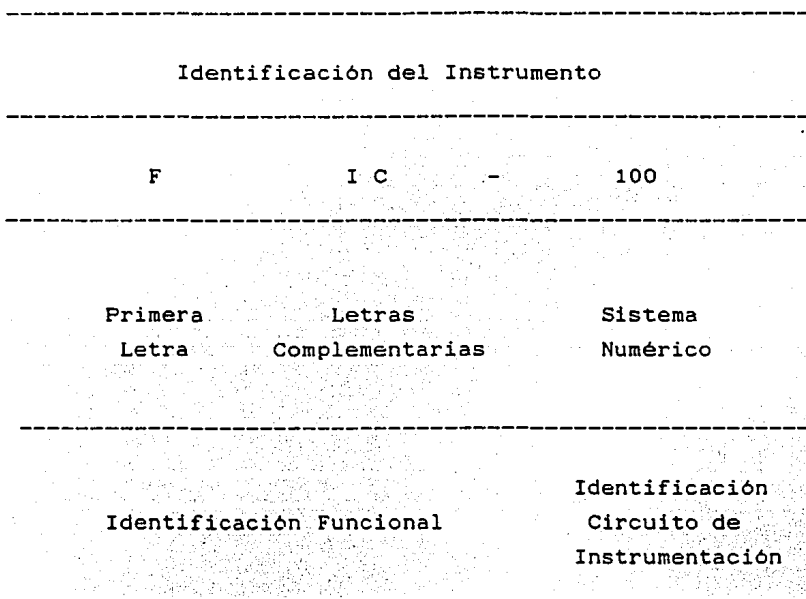
E). En un circuito de instrumentación, la primera letra de identificación funcional será seleccionada de acuerdo a la variable controlada o medida y no de acuerdo a la variable manipulada. Entonces la nomenclatura para una válvula que controla el flujo de vapor para mantener la temperatura en un tanque será TCV.

F) Se pueden adicionar letras modificadoras tanto a la primera letra como a letras complementarias, cuando sucede esto con la primera letra debe entenderse como una nueva variable, por ejemplo PDI y PI, miden dos diferentes variables, presión diferencial y presión respectivamente. Estas letras modificadoras siempre deben seguir inmediatamente a las letras que modifican.

G) El número de letras que forman la identificación funcional del instrumento debe ser el mínimo posible y no debe exceder de 4



2). **Identificación Especifica.** En la mayoría de los casos es necesario agregar a la identificación general un sistema numérico para establecer su identificación específica. El número va inmediatamente después de las letras y separado de éstas por un guión como se ve en el siguiente ejemplo.



Los componentes de un circuito de instrumentos (loop) se deben identificar utilizando un solo número para todos. Así un Loop formado por un elemento primario, un registrador controlador y una válvula de control se podrá identificar: FE-21, FRC-21, FV-21 La anterior es la forma de identificación utilizada en México.

### 6.3.2 INDICE DE INSTRUMENTOS

Es un listado de los instrumentos que intervienen en el proceso donde se dá información tanto de su localización como de aspectos relacionados con su compra.

El indice de instrumentos se empieza a elaborar cuando ya se tienen localizados los instrumentos en los DTI's.

El indice se divide en dos partes: la primera corresponde a la localización de los instrumentos y la segunda a datos relacionados con su adquisición.

A continuación se describe la manera de alabarar el indice de instrumentos usando el formato que se muestra en la tabla 6.5.

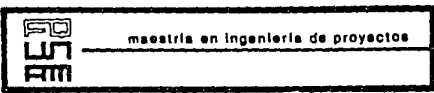
- 1.- Revisión. Numera las revisiones que el documento ha tenido.
- 2.- Identificación. Muestra la identificación del instrumento conforme al procedimiento antes descrito.
- 3.- Servicio. Indica el equipo o sistema al cual el instrumento está ligado para efectuar una función de control.
- 4.- Localización (Línea o equipos). Muestra la clave de la línea o el equipo al cual el instrumento está conectado.
- 5.- DTI. Muestra el número de DTI en el cual se encuentra el instrumento en cuestión.
- 6.- L-M.

CLIENTE

PROYECTO Nº 01

PLANTA METALAMINAS

SITIO MORBLOS II



INDICE  
DE  
INSTRUMENTOS

PROYECTO Nº 01

AREA    

FECHA

HOJA 1 DE 4

| REVISION<br>1 | TAG. Nº       | SERVICIO<br>3       | LOCALIZACION<br>LINEA O EQUIPO<br>4 | DTI<br>5 | L-M<br>6 | DIAGRAMA<br>DE LAZOS<br>7 | SUBC<br>C<br>A<br>C<br>I<br>O<br>N<br>8 | TIPICO DE<br>INSTALACION<br>9 | PLANO DE<br>LOCALIZACION<br>10 | PLANOS DE RUTA  |                 | ORDEN DE<br>COMPRA<br>13 |
|---------------|---------------|---------------------|-------------------------------------|----------|----------|---------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
|               | VAR LOOP Nº 2 |                     |                                     |          |          |                           |   |                               |                                | NEUMATICO<br>11 | ELECTRICO<br>12 |                          |
|               | FE 1          | VAPOR A REBOILER    | A-S-05                              | 01       |          | 1                         | C                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FT 1          | " "                 | " "                                 | 01       |          | 1                         | C                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FIC 1         | " "                 | " "                                 | 01       |          | 1                         | C                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FV 1          | " "                 | " "                                 | 01       |          | 1                         | C                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FV 1          | " "                 | " "                                 | 01       |          | 1                         | C                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FS 2          | CONDOS TORRE DE NH3 | A-T-01                              | 01       |          | 2                         | C                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FT 2          | " " "               | " "                                 | 01       |          | 2                         | C                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FR 2          | " " "               | " "                                 | 01       |          | 2                         | F                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FS 3          | REFUGIO TORRE NH3   | A-T-01                              | 01       |          | 3                         | C                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FT 3          | " " "               | " "                                 | 01       |          | 3                         | C                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FV 3          | " " "               | " "                                 | 01       |          | 3                         | A                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FIC 3         | " " "               | " "                                 | 01       |          | 3                         | F                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FV 3          | " " "               | " "                                 | 01       |          | 3                         | C                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | FRL 3         | " " "               | " "                                 | 01       |          | 3                         | A                                       |                               |                                |                 |                 |                          |
|               | LT 1          | TORRE DE NH3        | A-T-01                              | 01       |          | 4                         | F                                       |                               |                                |                 |                 |                          |

| REVISION | POR | FECHA | DESCRIPCION | CLAVES DE UBICACION (※)        | NOTAS: |
|----------|-----|-------|-------------|--------------------------------|--------|
| △        |     |       |             | F- FRENTE DE TABLERO PRINCIPAL |        |
| △        |     |       |             | A- ATRAS DE TABLERO            |        |
| △        |     |       |             | L- TABLERO LOCAL               |        |
| △        |     |       |             | R- RACK                        |        |
| △        |     |       |             | C- CAMPO                       |        |

7.- Diagrama de lazos.

8.- Ubicación. Indica la ubicación del instrumento en el proceso, la cual puede ser: Frente al tablero principal, atrás de tablero, tablero local, rack y campo.

9.- Típico de instalación. Todos aquellos instrumentos de campo que no hayan sido localizados físicamente y/o que ameriten un detalle de instalación; se incluirán dentro de estos típicos a los cuales se les asigna un número de referencia.

10.- Plano de localización. Este número corresponderá al plano de tuberías en donde se encuentre localizado el instrumento físicamente en el campo. Los instrumentos que se localicen en el tablero o anunciadores de alarmas no tendrán número de localización pero tendrán el número de identificación que los contiene, estos a su vez tendrán un número de localización dentro de la planta.

11.- Plano de ruta neumático.

12.- Plano de ruta eléctrico.

13.- Orden de compra. Para un buen control es importante indicar la orden de compra, este dato es asignado por el departamento de compras en la tramitación de la adquisición de instrumento.

14.- Marca. Se nota en esta columna la marca del instrumento en cuestión.

15.- Notas. En esta columna se indican todas aquellas aclaraciones referentes al instrumento, por ejemplo: cancelado, suministrado con equipo, proporcionado por el cliente, etc.

La elaboración de este índice se irá haciendo a medida que se avansa en el proyecto, la información del índice se va completando y/o actualizando.

### 6.3.3 SUMARIO DE INSTRUMENTOS.

Es un resumen de las condiciones de operación a las cuales estan sujetas los instrumentos, y que se requieren para elaborar sus especificaciones.

Un sumario se divide en dos partes: la primera corresponde a datos del instrumento y estos son anotados por la disciplina de instrumentos; la segunda corresponde a los datos de proceso, estos son anotados por el departamento de proceso.

#### Datos de Instrumentos.

Los datos de instrumentos que aparecen en el sumario de instrumentos son: descripción del instrumento ( manómetro, termómetro, etc), clave de identificación, número de DTI en el que se encuentra y clave del equipo en el que se encuentra.

#### Datos de Proceso.

Los siguientes datos son suministrados por la disciplina de proceso: tipo de fluido, estado físico, gasto mínimo, normal y máximo, viscosidad, presión y temperatura mínima, normal y máxima, presencia de agentes corrosivos, presión crítica, etc.

#### 6.3.4 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

Dentro del desarrollo de la ingeniería de detalle a partir de los diagramas de tubería e instrumentación se deberán elaborar los diagramas de instrumentación y control (DIC), conocidos también como "Diagramas de Gasa" o "Diagramas de Loop". El propósito fundamental es dar información sobre el lugar en que se localizarán los instrumentos, pudiendo ser en: campo, atrás de tablero y frente al tablero.

Estos diagramas contendrán todos los instrumentos que intervienen en el circuito de instrumentación, desde el elemento primario de control hasta el elemento final con sus accesorios, conexiones y aditamentos necesarios para su adecuado funcionamiento, y todos adecuadamente identificados.

Cada diagrama de instrumentación y control deberá tener su número asignado, así como un título descriptivo del loop, los instrumentos aislados no requieren de este tipo de diagrama, tales como manómetros, rotámetros, termómetros, etc.

En las figuras 6.3 y 6.4 se muestra un ejemplo de un diagrama de instrumentación y control.

#### 6.3.5 ESPECIFICACION DE INSTRUMENTOS

Este es un documento de diseño que describe de manera detallada las características y condiciones de operación de los instrumentos.

La información necesaria para efectuar la especificación de los instrumentos es la siguiente:

FIGURA 6.3

TITULO: Diagrama de Instrumentos Temperatura - Agua - 01

CALCULO: I.T.I. REVISO: O.G.C. FECHA: 10-2-99 CONTRATO: 01 HOJA: 01 DE 5

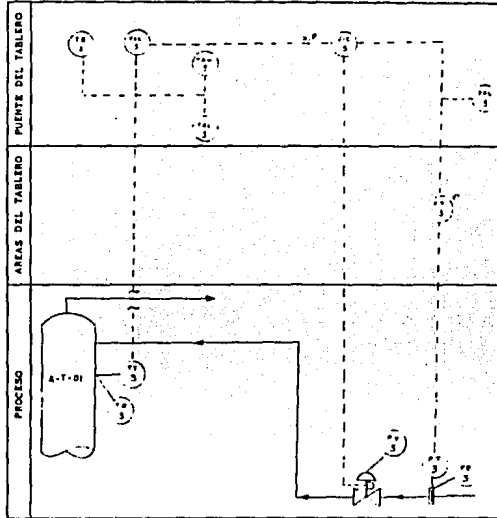
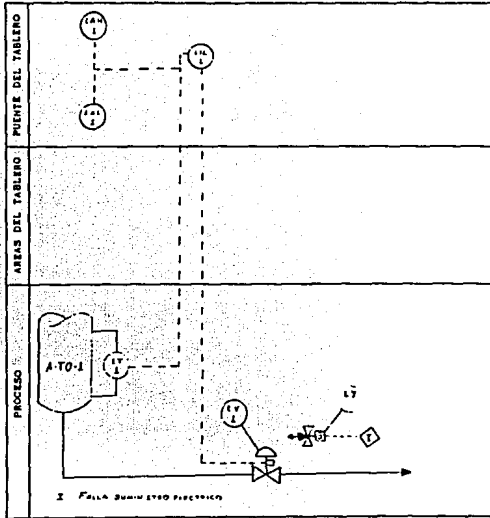


FIGURA 6.4

TITULO: Diagrama de Instrumentos Nivel - 1

CALCULO: I.T.I. REVISO: O.G.C. FECHA: 10-2-99 CONTRATO: 01 HOJA: 2 DE 3



- A). Criterios de diseño de instrumentación.
- B). Especificaciones de tubería. Esta información describe diámetros, materiales, número de cédula, etc.
- C). Condiciones de operación del proceso. En esta información queda incluido: gasto, presión temperatura, viscosidad, densidad, etc.

De la anterior información dependerá básicamente la selección del instrumento.

La información contenida en la especificación de instrumentos se divide en tres partes; la información contenida en la primera es: clave del instrumento, localización, servicio y montaje. La segunda da las características requeridas del instrumento como: tipo de instrumento, material del cuerpo y/o caja, clasificación eléctrica, rango, escala, diámetro, tipo de conexión, etc. Y la tercera parte contiene las condiciones de operación o datos de proceso, como son: tipo de fluido, los valores máximos, mínimos y normales de presión y temperatura, densidad, viscosidad, etc.

Las firmas de ingeniería generalmente emplean el formato estándar para especificación de instrumentos propuesto por la ISA RP-20.1.

Una vez que el cliente ha aprobado las hojas de especificaciones se envían al departamento de compras junto con las requisiciones para que en este departamento se elaboren las solicitudes de cotizaciones.



### 6.3.6 DIBUJOS TIPICOS DE INSTALACION Y LISTA DE MATERIALES

Estos dibujos muestran la forma de soportar y conectar los instrumentos, indicando en su caso los suministros eléctricos o neumático.

La información que debe contener es la siguiente.

- A). Datos generales del proyecto o planta.
- B). Clave de identificación del instrumento.
- C). Detalle simple, completo y esquemático de la forma de instalar el instrumento.
- D). Identificación de conexiones y accesorios requeridos para la instalación.
- E). Lista de material requerido para el montaje.

El Instituto Americano del Petróleo (API) tiene en sus normas un manual de instalación de instrumentos y sistemas de control (norma RP-550) que se usa como estándar de los dibujos típicos de instalación.

Se elabora un sólo típico de instalación para todos los instrumentos que se instalen en la misma forma y con el mismo material. Cada dibujo típico de instalación tienen en su margen derecho una lista con la identificación de los instrumentos que deben instalarse en la misma forma y con los mismos materiales indicados.

Los instrumentos montados en tablero no requieren típico de instalación ya que generalmente los materiales de conexión (alambre, tubería y accesorios) tanto eléctricos como neumáticos son suministrados por el fabricante.

### **6.3.7 PLANOS Y ESPECIFICACIONES DE TABLEROS DE CONTROL**

Los tableros de control agrupan los instrumentos, equipos, dispositivos y mandos requeridos para supervisar y dirigir en forma eficiente y segura el funcionamiento de las secciones, áreas o unidades a que correspondan, tanto durante la operación normal, paros y arranques, como en sistemas de emergencia.

Clasificación de Tableros de Control.

Se consideran tres clasificaciones.

**1.- Con respecto a la distribución de instrumentos.**

- A). Convensionales.
- B). Semigráficos.
- C). Gráficos.
- D). Selectivos.

**2.- Con respecto a la configuración.**

- A). Abiertos.
- B). Cerrados tipo gabinete.
- C). Cerrados tipo gabinete con consola.
- D). Cerrados tipo pupitre.

**3.- Con respecto a las características del lugar de instalación.**

- A). Para servicio interior y servicios generales.
- B). A prueba de interperie.
- C). A prueba de explosión.

**Tableros Convensionales.** Son aquellos en los que los instrumentos tipo miniatura o tipo convencional (caja grande) son montados en filas horizontales y verticales por áreas o secciones del proceso o de la planta de acuerdo a una secuencia lógica y los anunciadores de alarmas e indicadores circulares montados en una fila horizontal sobre los otros instrumentos. Este tipo de tableros se utiliza en procesos sencillos que no tienen mucha instrumentación, en donde el arreglo de acuerdo a una secuencia lógica es suficiente para controlar el proceso de manera sencilla.

**Tableros Gráficos y Semigráficos.** Estos incluyen un diagrama de proceso el cual se lee de izquierda a derecha siguiendo la secuencia del proceso. El diagrama ayuda al operador a observar y correlacionar información más fácilmente. Este tipo de tableros se utilizan en procesos grandes y con mucha instrumentación.

**Tableros Abiertos.** Son aquellos que no tienen puertas posteriores. Se utilizan en atmósferas no corrosivas y de bajo contenido de humedad.

**Tableros Cerrados Tipo Gabinete.** Son tableros con frente y perfil vertical (semejantes a una caja rectangular) totalmente cerrados y con puertas de acceso.

**Tableros Cerrados Tipo Consola.** Son tableros que tienen la parte inferior en forma de escritorio, ligeramente inclinada de tal manera que el operador puede manipular la instrumentación de esta sección estando sentado. La parte superior es recta de manera similar a los tableros convensionales. En este tipo de diseño la repisa o plano vertical solo se utiliza para la instrumentación que deba manipular el operador, el plano vertical se utiliza para instrumentos registradores o controladores. Puede tener puertas de acceso por la parte posterior o por el frente en la parte inferior.

**Tableros para Ambiente Cerrados.** Son debidos a que su construcción sólo se pueden usar en interiores específicamente en cuartos de control.

**Tableros a Prueba de Interperie.** Son tableros cuya construcción permite instalarlos dentro de la planta pero fuera de un cuarto de control bajo una cubierta que los proteja de la lluvia. Generalmente son para control de equipos individuales y no de procesos completos, usualmente se instalan cerca del equipo que van a controlar.

**Tableros a Prueba de Explosión.** Como su nombre los indica, están contruidos con materiales resistentes a prueba de explosión, se utiliza en áreas peligrosas.

#### **Información Requerida para la Construcción del Tablero.**

La ingeniería de detalle sumistrará al cliente y/o fabricante del tablero los siguientes dibujos e información:

- Dibujos de Arreglo General de Instrumentos (vista frontal), con las dimensiones y cortes.
- Dibujos de Arreglo de instrumentos (vista posterior), con las conexiones neumáticas.
- Diagramas de circuitos de control eléctrico.
- Especificación particular para cada tablero.
- Especificación general para tableros.
- Lista de leyendas de instrumentos.
- Lista de leyendas de botones y luces piloto.
- Lista de suministros de instrumentos.
- Lista de conexiones neumáticas.

### 6.3.8 LOCALIZACION DE INSTRUMENTOS EN PLANOS DE TUBERIA Y MECANICOS

Localizar instrumentos en planos de tubería y mecánicos es fijar el lugar físico en el que se instalarán dichos instrumentos para su mejor funcionamiento y protección. Para esto se sigue criterios generales de localización, a continuación se dan dos ejemplos de dichos criterios.

1.- Todos los instrumentos y componentes especiales de los circuitos de instrumentación deben quedar accesibles desde el piso, plataformas o escaleras fijas. Los instrumentos que además requieren de calibración o ajustes periódicos deben quedar conectados de tal manera que se permita el fácil acceso a todos sus componentes.

2.- Los instrumentos nunca deben instalarse sobre barandales, peldaños, etc. ni deberán quedar bajo posibles escurrimientos de fluidos provenientes de equipos o estructuras superiores, debiéndose montar además de manera que no obstruyan los pasillos o el acceso al equipo.

#### Información Que Deben Contener Este Plano

- A).- Datos generales del proyecto.
  - B).- Título del plano.
  - C).- Nombre del personal que elaboró, revisó y aprobó el plano.
  - D).- Planos de referencia que se usaron.
  - E).- Localización de todos los instrumentos locales en plantas y elevaciones.
  - F).- Todas las interconexiones de señal de aire entre instrumentos y los montados en el tablero de control.
  - G).- Identificación de los instrumentos.
- Etc.

Estos planos deben realizarse en plantas y elevaciones o también en maquetas. Y después de hecho esto se elaboran los planos de ruta de suministro y señales neumáticas de instrumentos.

#### **6.3.9 PLANOS DE RUTA DE SUMINISTRO Y SEÑALES NEUMATICAS DE INSTRUMENTOS**

Estos planos tienen información sobre el trazado aproximado de las rutas que siguen los tubos que conducen los suministros y señales de instrumentos neumáticos con el propósito de cuantificar el material necesario para su instalación.

Estos planos se preparan sobre el plano de localización general de equipo.

## 6.4 DISCIPLINA DE INGENIERIA DE TUBERIAS

La finalidad de esta especialidad de la ingeniería de detalle, es elaborar diseños de tuberías de proceso y servicios auxiliares que faciliten su montaje y mantenimiento, que contribuyan a una eficiente operación de la planta industrial y sean económicos.

La tubería reviste una gran importancia económica ya que llega a representar del 30 al 50% del costo de la planta. Durante la fase de Ingeniería de Detalle, el diseño de tuberías representa hasta el 50% de las horas hombre de un proyecto.

Podemos clasificar a las tuberías usadas en plantas industriales en 3 tipos: tuberías de proceso, tuberías de servicios auxiliares y tuberías subterráneas.

| TIPO DE TUBERIA                      | FLUIDO MANEJADO  |
|--------------------------------------|--|
| 1.- Tubería de proceso               | Fluido de proceso  |
| 2.- Tuberías de servicios auxiliares | Agua caliente<br>Agua fría<br>Vapor<br>Aire comprimido<br>Combustible<br>Gases inertes |
| 3.- tubería subterránea              | Desechos (drenajes)<br>Agua contra incendio  |

Figura 6.5

### INFORMACION NECESARIA

| Planos de Diseño   | Datos del Fluido a Manejar   |
|--|--|
| 1.- Diagrama de flujo de proceso<br>2.- Diagrama de tubería e inst.<br>3.- Plano de localización gral.<br>4.- Planos de recipientes y torr.<br>5.- Planos de cimientos<br>6.- Planos de estructura | 1.- Presión<br>2.- Temperatura<br>3.- Composición química<br>4.- Caract. reológicas<br>5.- Cantidad de flujo |

### DISEÑO HIDRAULICO

El Diseño de una Red de Tuberías Consiste en Definir:

- Ruta a seguir por la tubería y horientación de boquillas
- Configuración y aditamentos especiales con base a un análisis de esfuerzos
- Material de tuberías
- Tipo y potencia de bomba o compresor
- Diámetro y espesor de tuberías
- Tipo y espesor de aislante
- Accesorios e instrumentos

### FORMA DE PRESENTAR LOS RESULTADOS DEL DISEÑO

- Índice de Líneas
- Maqueta
- Planos isométricos
- Lista de materiales
- Planos de Plantas y Elevaciones

Figura 6.6

¿Qué se debe conocer para efectuar el diseño de las tuberías en una planta industrial? ¿En qué consiste éste diseño? ¿En qué tipos de documentos son expresados los resultados del mismo? Las respuestas a estos cuestionamientos son presentadas en la figura 6.6.



#### **6.4.1 INFORMACION NECESARIA**

##### **Diagrama de flujo.**

El diseñador de tuberías utiliza con bastante frecuencia el diagrama de flujo, ya que con este documento se entera de la secuencia seguida en el proceso, los equipos principales que en él participan, y de los equipos que requieren de tuberías para intercomunicarse.

##### **Diagrama de tuberías e instrumentación.**

En el diagrama de flujo se puede tener un panorama general de todo el proceso, ya que en este diagrama se presenta la interrelación de todos los equipos. En cambio, en los diagramas de tubería e instrumentación se presenta por cada plano una unidad de proceso (una unidad es un grupo de equipos que realizan una sola función) pudiéndose así observar con mucho más detalle que en un diagrama de flujo, las tuberías, accesorios, e instrumentos que deben integrar a cada unidad, estos datos son de gran utilidad durante el diseño de tuberías.

##### **Plano de localización general.**

Este es un documento dibujado a escala en el cual se muestra la localización del equipo e instalaciones que integran a una planta industrial. Esta información es de gran utilidad durante el diseño de tuberías porque conociendo los puntos de partida y llegada de los fluidos que circulan en la planta se podrán establecer las trayectorias más adecuadas para dichos fluidos.

### **Planos de recipientes y torres.**

Estos planos dan dimensiones exactas de recipientes y torres. Esta información es necesaria porque con base en ella se definirá la altura a la que deben llegar las tuberías y la orientación de las boquillas.

Las elevaciones de las boquillas en las torres son fijadas por el ingeniero de procesos, ya que su posición es determinada por el proceso. La orientación de las boquillas es función del diseñador de tuberías, ya que él debe determinarlo en relación con la dirección más adecuada para la tubería a conectar.

### **Planos de cimientos y estructuras.**

Se debe trabajar en estrecha relación con el departamento de ingeniería civil para evitar las posibles interferencias entre los cimientos y las tuberías subterráneas, y entre estructuras y tuberías aéreas.

### **Datos del fluido a manejar.**

El ingeniero de proceso es quien conoce de manera más detallada las características físicas y químicas de todas las sustancias que intervienen en el proceso, y es él quien suministra esta información en forma clasificada en dos documentos llamados índice de servicios e índice de líneas, (los cuales ya fueron explicados en este capítulo) al diseñador de las tuberías para que con base en ellos el especialista haga los diseños acordes con dichas propiedades.

#### 6.4.2 DISEÑO HIDRAULICO

Los valores de grado de corrosividad, presión y temperatura del fluido a manejar son datos necesarios para seleccionar el material y espesor más adecuado de la tubería que transportará dicho fluido.

Las características reológicas de fluido, así como su caudal de flujo definirán el diámetro de la tubería y en parte también el tipo y potencia de bomba o compresor.

Si se requiere de aislante, la temperatura del fluido y la temperatura del medio ambiente serán datos necesarios tanto para su selección como para el cálculo de su espesor.

Los planos antes mencionados serán la guía más importante para establecer la mejor ruta de las tuberías así como también definir los accesorios requeridos por el sistema.

Un aspecto muy importante a considerar durante todo el diseño de los sistemas de tuberías es el comportamiento estructural de éstas, para lo cual deben efectuarse los análisis de esfuerzos.

##### Análisis de esfuerzos.

En los sistemas de tuberías pueden ocurrir:

- a) Vibraciones producidas por equipo, como bombas o compresores.

- b) Compresión o dilatación debidas a cambios en la temperatura.
- c) Movimientos debido al viento y sismos.
- d) Experimentar una curvatura cuando suspende de lo alto, debido al peso del fluido y de la tubería misma.
- e) Etc.

Todo lo anterior provoca fuerzas en las tuberías, las cuales pueden ser transmitidas a otras tuberías, equipos, estructuras y cimentaciones.

Las fuerzas pueden llegar a ser tan grandes que pueden producir la rotura de la tubería o equipo.

Un análisis de estos esfuerzos (también conocido como análisis de flexibilidad) ayuda a preveer estos acontecimientos y establecer las soluciones para evitarlos.

Algunos de los accesorios especiales en redes de tuberías que tienen la finalidad de evitar los esfuerzos producidos en éstas son: juntas de expansión, anclajes, soportes de tubería, etc.

#### **6.4.3 FORMA DE PRESENTAR LA INFORMACION DEL DISEÑO**

Los diseños elaborados por los ingenieros en tuberías son presentados en:

- 1.- Planos isométricos.
- 2.- Planos de plantas y elevaciones.
- 3.- Maqueta.
- 4.- Indice de líneas.
- 5.- planos de tuberías subterranas
- 6.- Lista de materiales.

# TUBERIAS

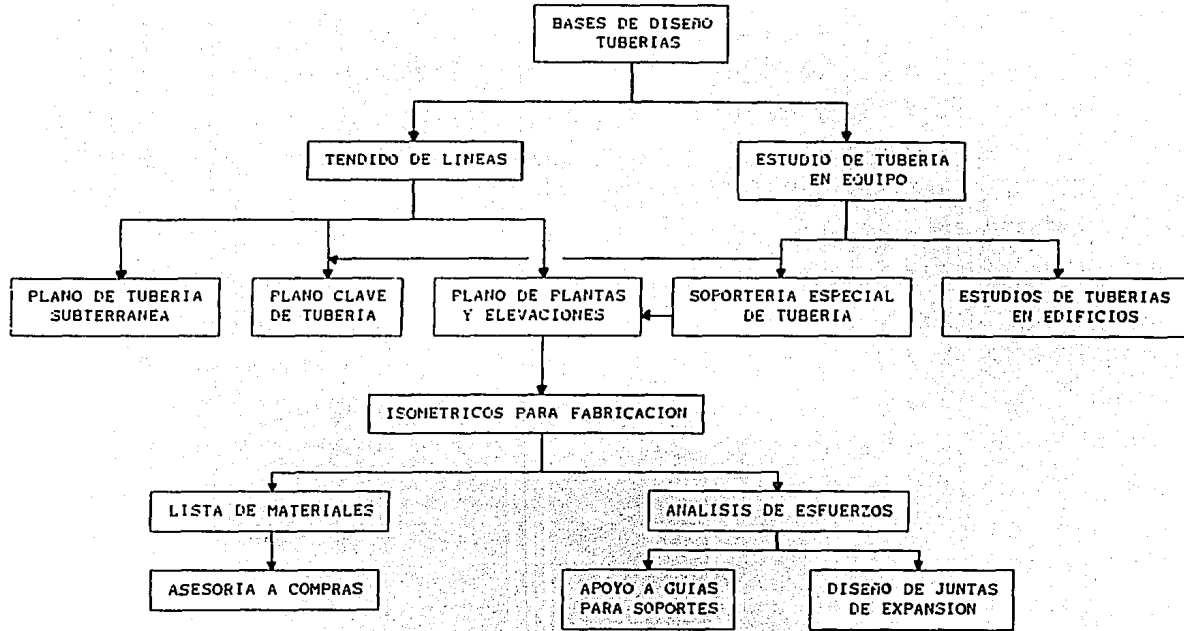


Figura 6.7

## Planos isométricos.

Este es un documento en el cual se presenta tridimensionalmente la trayectoria seguida por las tuberías, así como las especificaciones de ésta y de sus accesorios.

De la misma planta que se ha tomado como ejemplo en este trabajo, se presenta en la figura 6.8 el isométrico para alimentación de  $\text{NH}_3$  y  $\text{CH}_3\text{O}$

Este documento tiene las siguientes finalidades:

A) Mostrar en detalle las rutas seguidas por la tubería, esto facilitará la labor del grupo de personas que instalarán la tubería en la planta industrial.

B) Rápidamente y con pocas probabilidades de omisiones se puede elaborar la lista de materiales a partir del plano isométrico, ya que en éste se presentan de manera clara todas las conexiones y accesorios que hay en cada línea.

Para elaborar este documento de diseño es necesario tener la siguiente información:

- 1.- Bases de diseño.
- 2.- Diagramas de tuberías e instrumentación.
- 3.- Índice de líneas.
- 4.- Índice de instrumentos.
- 5.- Típicos de instalación de instrumentos.

La principal información contenida en éste documento es:

- A.- Todas las tuberías, indicando su clave y longitud.
- B.- Todos los accesorios, ramificaciones e instrumentos, indicando su clave.
- C.- Aislamientos y venas de calentamiento en las líneas que los requieran.
- D.- Direcciones de la tubería y por lo tanto del fluido.
- E.- En el documento a un lado del isométrico se presenta la lista de material de dicho isométrico.

Los siguientes puntos deberán ser consideradas durante la elaboración de los isométricos.

- A.- No se dibujan a escala.
- B.- Para mayor facilidad de interpretación, cada línea de tubería deberá ser presentada en un documento (isométrico).
- C.- El isométrico debe hacerse de acuerdo con su orientación, ésta se localizará en la parte superior izquierda de la hoja. La lista de materiales se indicará a la derecha de la hoja.  
Los isométricos deberán orientarse de manera consistente. Generalmente se orientan hacia el lado izquierdo del plano, 30 grados sobre la horizontal.
- D.- Las líneas deberán estar acotadas empleando las coordenadas de la planta y refiriendo estas a la línea de centro ó a cara de brida del equipo.
- E.- Las líneas que continúan en otro isométrico deberán puntearse e identificar el plano en que continúan.

F.- Indicar giros mediante grados y sentido.

G.- Indicar pendientes en líneas que lo requieran en por ciento.

H.- Indicar puntos de soporte y clave de soportes.

### Planos de plantas y elevaciones

Este es un documento de diseño en el cual se muestra la trayectoria horizontal y elevaciones de las tuberías en la planta industrial. ( ver figuras 6.9 y 6.10 , esta última corresponde a la planta de metilaminas )

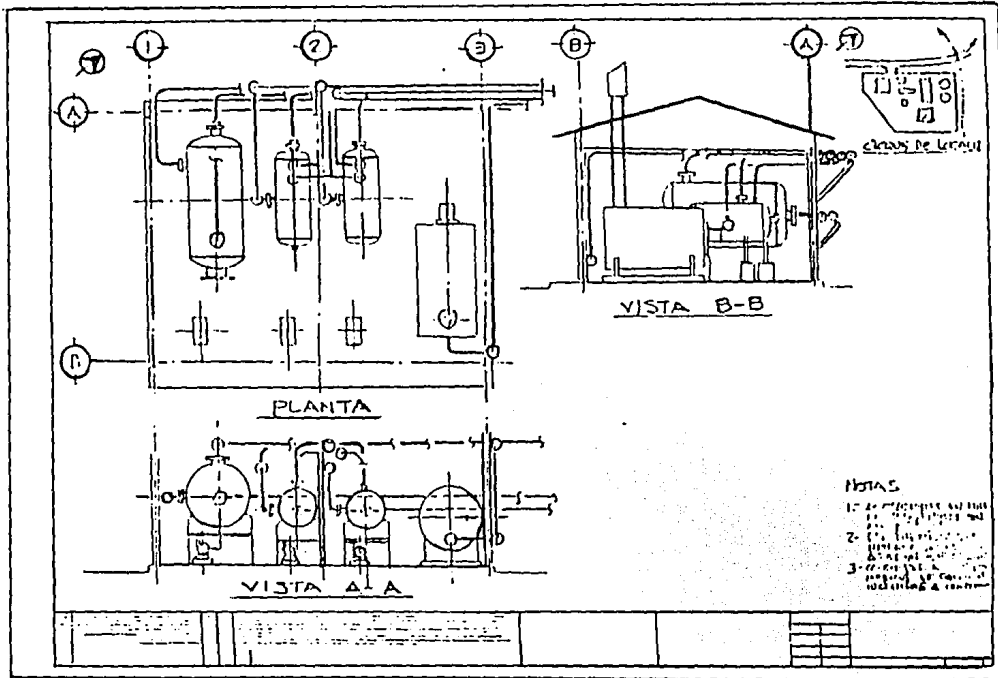
Una vez elaborado el arreglo de equipo y ya establecidas las rutas de las tuberías se elaboran los planos de plantas y elevaciones, para lo cual se divide la planta en áreas o secciones y en cada plano se presenta una sección, esto tiene la finalidad de no presentar mucha información en un solo plano que dificulte su interpretación.

### Maqueta

La maqueta de una planta industrial es un modelo o reproducción a escala reducida en la que se presenta a escala la localización y dimensiones de edificios, estructuras, equipos, racks de tuberías, etc.

Los planos isométricos pueden ser suficientes para identificar la localización de las tuberías y sus accesorios en una planta industrial, sin embargo elaborar una maqueta presenta las siguientes ventajas:





DIBUJO DE TUBERIAS

FIGURA 6.9



A.- Facilita la interpretación del diseño por los grupos de ingeniería involucrados en el proyecto, ya que la trayectoria de la tubería se presenta en tres dimensiones.

B.- Se puede identificar con gran facilidad las posibles interferencias de tuberías con equipos y estructuras, lo que no se logra fácilmente en los planos isométricos.

C.- La maqueta representa una extraordinaria herramienta de diseño, pues utilizándola de la forma adecuada, es posible llegar a la optimización de los diseños, lo cual es muy difícil de lograr mediante la elaboración de dibujos, que sólo muestran vistas en un solo plano en lugar de la representación tridimensional de la maqueta.

Además la maqueta tiene las ventajas de ser:

D.- Auxiliar en la fase inicial de la construcción, para la planeación y programación de la misma.

E.- Una excelente guía durante la construcción, principalmente cuando los planos no son muy claros, o bien para resolver problemas de posibles interferencias.

F.- Auxiliar para la evaluación del avance de la construcción, pues resulta relativamente fácil la comparación entre lo construido y lo que está representado en la maqueta.

G.- Auxiliar durante el adiestramiento del personal para el arranque y operación de la planta.

También la elaboración de maquetas tienen conveniencia económica, ya que minimizan errores de ingeniería, con el consecuente ahorro de tiempo y dinero durante la etapa de construcción.

## 6.5 DISCIPLINA DE INGENIERIA MECANICA

Las actividades más importantes de ésta especialidad se pueden clasificar en tres tipos:

- 1.- Selección de equipo rotativo (bombas, turbinas, etc.).
- 2.- Diseño mecánico de recipientes (columnas de separación, cambiadores de calor, etc).
- 3.- Diseño de sistemas auxiliares (sistemas contra incendio, aire acondicionado y manejo de sólidos).

La figura 6.11 muestra las actividades más importantes de la disciplina de ingeniería eléctrica, así como la interrelación que existe entre estas actividades

1.- Selección de Equipo Rotativo.- En esta actividad participan ingenieros especializados en bombas y compresores y son los que se encargan de la selección de los mismos.

2.- Diseño Mecánico de Recipientes.- Consiste en diseñar los recipientes y preparar los planos correspondientes, indicando tipos de material, espesores de cuerpo y cabezas, boquillas, soportes de platos y empaques, partes internas y ángulos, soportes de aislamiento, con detalles suficientes que permitan la compra de recipientes y la preparación de los planos detallados de taller por el proveedor. las figuras 6.12, 6.13 y 6.14 presentan los diseños mecánicos del reactor A-R-01, de la columna A-DM-03 y del intercambiador de calor A-DM-04, respectivamente, todos de la planta de dimetilamina

# INGENIERIA MACANICA

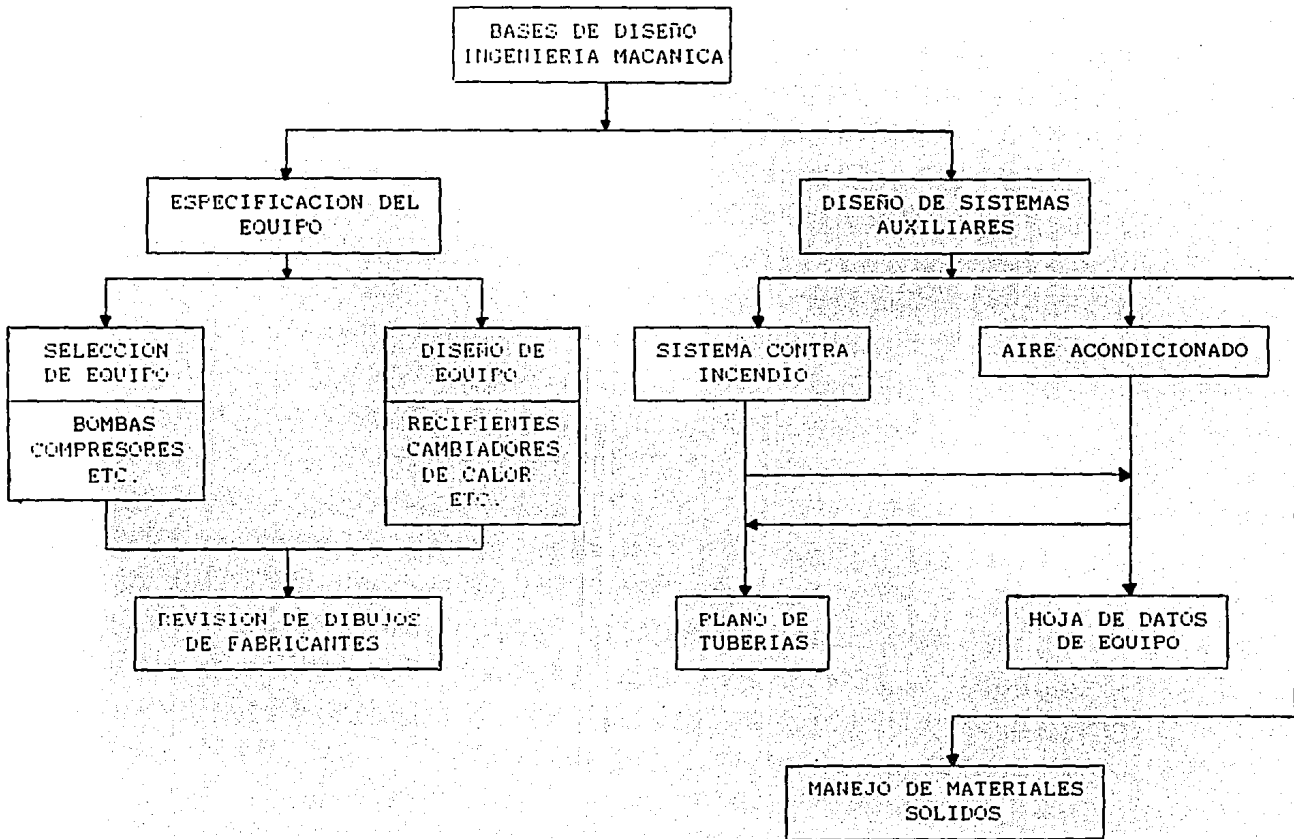


Figura 6.11

3.- **Diseño de Sistemas Auxiliares.**- Son tres los principales sistemas auxiliares en los que el ingeniero mecánico participa, estos son:

A.- **Manejo de sólidos.**- El ingeniero mecánico especifica los equipos necesarios para el manejo y transporte de sólidos.

B.- **Aire acondicionado.**- El diseño de este sistema consiste principalmente en:

- Cálculo de los requerimientos de aire acondicionado.
- Especificaciones del equipo ductos y rejillas.

C.- **Sistema contra incendio.**- el diseño de este sistema consiste principalmente en:

- Especificación de bombas y demás equipos requeridos por este sistema.
- Localización de bombas de agua contra incendio, de monitores e hidrantes.
- Etc.

## PLANOS MECANICOS

### OBJETIVO

La finalidad de un Plano de Equipo es la de proporcionar información clara y completa de los equipos a todas las áreas del proyecto, tuberías, civil, instrumentación, etc., y al mismo tiempo para la fabricación del mismo.

## CONTENIDO

En el contenido de estos planos deberá ser de lo más completo que sea posible, para que no exista ninguna duda respecto a las dimensiones, materiales y partes que integran el equipo.

Los puntos más importantes por cubrir en un Plano de Equipo son:

- 1) Planta.
- 2) Elevación.
- 3) Tabla de Boquillas.
- 4) Datos de Diseño.
- 5) Lista de Materiales.
- 6) Notas.
- 7) Detalles, vistas, etc.

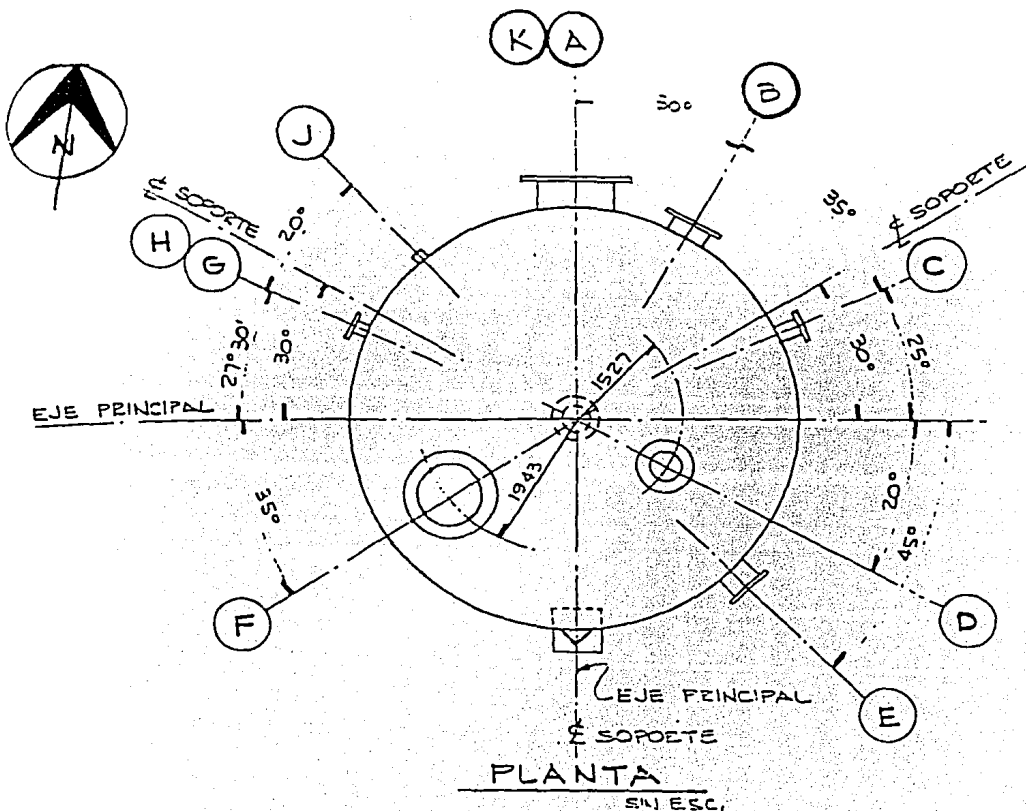
1) La planta del equipo servirá para mostrar la localización y orientación de boquillas, escaleras, plataformas de operación y soportes requeridos. ( ver figura 6.15 )

2) En la elevación es necesario acotar todas las dimensiones del equipo, espesores de placa, localización de boquillas en elevación, soportes y apoyos, anillos y placas de refuerzo y en general todas las partes del equipo. ( ver figura 6.16 )

3) En la tabla de boquillas se indican las características más importantes como son diámetros, materiales, uso, etc.

4) Datos de diseño.

A) Los datos de diseño son necesarios para información general tanto a otras áreas como al fabricante del equipo.

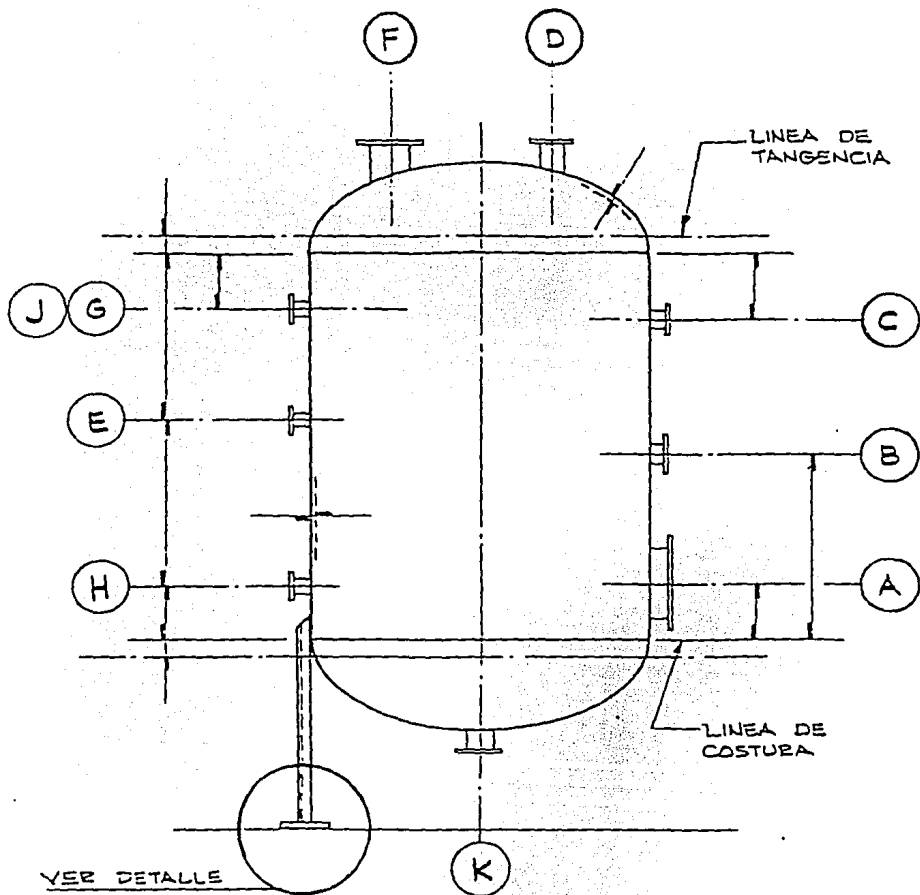


D) En muchos casos es necesario detallar dimensiones de soportes, tapas, refuerzos, boquillas, bafles, soldaduras, etc., entonces será necesario hacer un dibujo para ver claramente dichas partes.

En recipientes a presión es conveniente anexar una memoria de cálculo necesaria para la aprobación por parte de la dependencia oficial correspondiente.

Después del dibujo general en la planta y elevación deberá hacerse una distribución adecuada para los detalles y vistas que contenga el plano, guardando un cierto orden y proporción en el plano.





### ELEVACION

B) La lista de materiales debe contener todos los requeridos para la fabricación del equipo.

C) Las notas generales pueden contener datos como el código de diseño y fabricación, sistema de acotaciones empleado, condiciones de embarque, inspección al fabricante, acabados de superficies, etc.

## DIBUJO DE BOQUILLAS

- Las boquillas se dibujarán en los extremos (de dibujo) del tanque y se localizarán por acotación apartir de la línea de costura.
- Se repetirá su identificación de acuerdo a la planta, con la letra correspondiente encerrada en un círculo de 12mm Ø.
- Localizar las boquillas por medio del ángulo formado con el eje principal mas próximo del tanque, o con la boquillas mas próxima, además referir por acotación radial las boquillas localizadas en las tapas.
- Se usará la unidad de grados, minutos y segundos, no usar los decimales de grados.
- Se identificarán con las letras hechas a pulso de 4 mm.
- Seguir el orden alfabético como se muestra y eleminar las letras I, N, O.
- Para las identificaciones de boquillas usar círculos de 12 mm Ø.
- Evitar las indicaciones de proyección, diámetro, etc., las cuales se localizarán en la "Tabla de Boquillas".

## 6.6 DISCIPLINA DE INGENIERIA ELECTRICA

La finalidad de ésta especialidad de la ingeniería de detalle es elaborar los diseños de los sistemas eléctricos presentes en una planta industrial.

Los principales sistemas eléctricos de una planta industrial son los siguientes.

- 1.- Sistema de fuerza.- Su función es transportar la energía eléctrica a motores .
- 2.- Sistema de alumbrado.- Su función es transportar la energía que dará iluminación artificial a la planta industrial.
- 3.- Sistema de control.- Este sistema transporta la energía eléctrica a los instrumentos y centros de control.
- 4.- Sistemas de comunicación.- Permite la comunicación entre las diferentes áreas de la misma planta, y entre la planta y el exterior.
- 5.- Sistemas de tierra y pararrayos.- Este sistema permite el transporte de la energía eléctrica a la tierra, ésta proveniente de cargas estáticas originadas en motores, y descargas originadas de la atmósfera.
- 6.- Sistema de seguridad para la planta industrial.

En la figura 6.17 se indican los principales documentos de diseño elaborados por la disciplina de ingeniería eléctrica, se muestra además la secuencia e interrelación de estos documentos.

### 6.6.1 DOCUMENTOS DE DISEÑO

La función del grupo eléctrico es elaborar para los sistemas antes mencionados diseños que sean eficientes, seguros y económicos; los diseños son presentados en una gran cantidad de documentos, los principales son los siguientes:

- **Diagrama unifilar.** Este es un documento que muestra mediante líneas sencillas y símbolos gráficos, la trayectoria de un circuito eléctrico, o sistemas de circuitos eléctricos, además las cargas, las protecciones, los instrumentos del suministro eléctrico, etc. En la figura 6.18 se presenta el diagrama unifilar elaborado para la planta de metilaminas.

- **Plano de clasificación de áreas.** Las diferentes áreas que componen a una planta industrial tienen diferentes grados de peligrosidad, algunos por la presencia de gases flamables, otra por la presencia de sustancias corrosivas, algunas otras por la elevada temperatura a la que se encuentran. El ingeniero eléctrico clasifica estas áreas peligrosas con el fin de establecer las características del equipo y accesorios que ahí se localizarán, además de definir sus sistemas de seguridad, así por ejemplo, aquel equipo rotativo que tienda a liberar electricidad en forma de chispas, y se encuentre en una área con posible presencia de gases inflamables, será necesario encerrarlo en una caja hermetica a prueba de explosión.

- **Planos de distribución de fuerza,** mostrando sus trayectorias, las cuales pueden ser subterráneas o aéreas. En la mayoría de las plantas industriales la energía eléctrica se suministra por líneas normalmente subterráneas, aunque en algunos casos es aérea (principalmente cuando se manejan productos químicos corrosivos que pueden en un momento dado fugarse y/o dañar los ductos.).

# INGENIERIA ELECTRICA

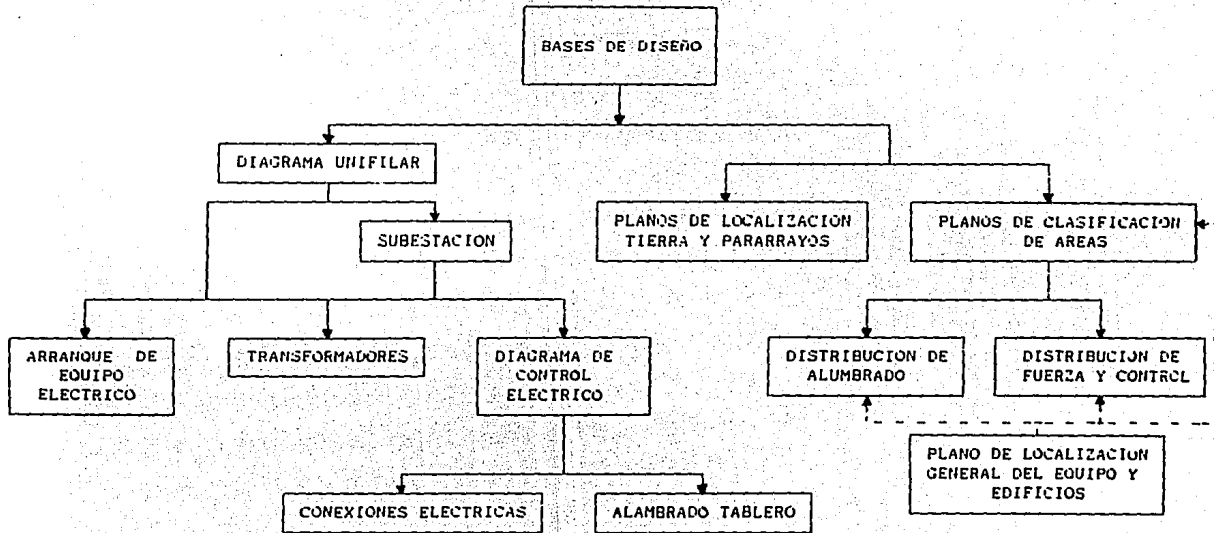


Figura 6.17

- Dibujo de cédulas de conductores y tubería en donde se resumen: identificación de equipo eléctrico, cargas, tensión, número de circuitos, longitud y calibre del alimentador, diámetro del ducto y número del documento de compra que ampare el material correspondiente.

- Dibujo de la red del sistema general de tierras y apartarrayos.

- Dibujos de alumbrado de patio, equipo, edificios y plataformas, mostrando su localización, especificación de lámparas, identificación y número de documento que ampara la compra del material correspondiente.

- Cuadro de balance de cargas y especificación de tableros de alumbrado.

- Dibujos de alumbrado en gabinetes de relevadores, indicando número y clasificación de relevadores, interconexión con los tableros locales y de control de instrumentos, de motores y esquemas de gabinetes.

- Diagramas de control eléctrico, que muestran los circuitos de control para los equipos que lo requieran, integrando los requerimientos indicados a los diagramas de tubería e instrumentación y describiendo la operación y circuitos de protección con que cuenta y los proporcionados por los proveedores de equipo.

- Dibujos de alimentación eléctrica a instrumentos, mostrando: localización equipos e instrumentos energizados, elevación, identificación de circuitos y ruta de los mismos, cédula de conductores y material de termopares, interconexión entre el centro de control de motores, tablero principal de control y consola indicadora de temperatura.

Dibujos de localización y diagramas de alambrado del sistema de telefonos y de sonido.

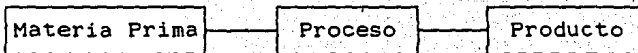
- Gráficas de coordinación de protecciones, mostrando la calibración de interruptores y secuencia de la protección.

- Especificación del equipo de subestación eléctrica para su adquisición, etc.

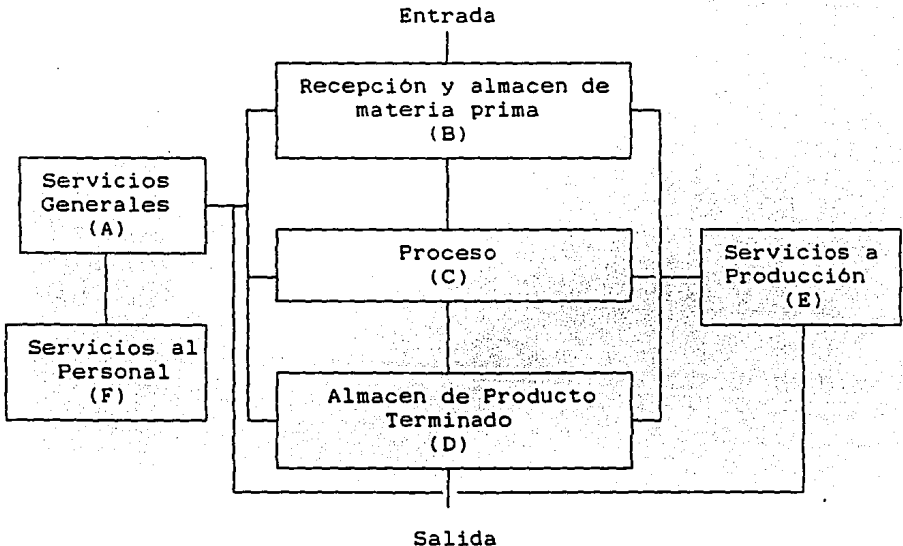
## 6.7 DISCIPLINA DE INGENIERIA CIVIL

La responsabilidades básicas de éstas disciplinas es el diseño civil y arquitectónico, consistente en los dibujos de detalle, especificaciones y lista de materiales de construcción, que son necesarios para la correcta ejecución de sus cimentaciones, estructuras de plantas y edificios industriales.

Toda planta industrial presenta el siguiente modelo básico.



Un modelo más detallado podría ser:





Dependiendo del tipo de planta y de su tamaño, cada bloque anterior puede comprender alguno o todas las siguientes áreas:

**A.- Servicios Generales a la Planta.**

- a).- Camino de acceso.
- b).- Espuela de ferrocarril.
- c).- Obra de toma.
- d).- Obra de descarga.
- e).- Caseta de descarga.
- f).- Areas pavimentadas.
- g).- Sistemas de drenajes.
- h).- Líneas enterradas.
- i).- Etc.

**B.- Recepción y Almacén de Materia Prima.**

- a).- Báscula de camiones.
- b).- Báscula de ferrocarril.
- c).- Caseta de básculas.
- d).- Descargaderos de camiones.
- e).- Descargaderos de ferrocarril.
- f).- Patios de almacenamiento de materia prima.
- g).- Bodega de materia prima.

**C.- Areas (edificios) de Proceso.**

- a).- Preparación de materia prima.
- b).- Distribución de materia prima.
- c).- Manufactura del producto.
- d).- Acabado del producto.
- e).- Empacado y acabado del producto.
- f).- Etc.

**D.- Almacén de Producto Terminado.**

- a).- Patios de almacenamiento de equipo terminado.
- b).- Bodega de equipo terminado.
- e).- Tanques y silos de producto terminado.
- f).- Sistemas de transportadores.

**E.- Servicio a la Producción.**

- a).- Almacén de refacciones.
- b).- Taller de almacenamiento.
- c).- Laboratorio.
- d).- Casa de fuerzas.
- e).- Area de combustible.
- f).- Cisterna.
- g).- Subestación.
- h).- Planta de trataminto de desperdicios.
- i).- Planta de tratamineto de agua.
- j).- Torre de enfriamiento.
- k).- Sistema contra incendio.
- l).- Sistemas para líneas de tuberías.

**F.- Servicios al Personal.**

- a).- Oficinas.
- b).- Baños y vestidores.
- c).- Comedor.
- d).- Zona habitacional.
- e).- Instalaciones deportivas.
- f).- Clínica.
- g).- Primeros auxilios.

### 6.7.1 Alcance del Trabajo.

Con el propósito de aclarar el tipo de trabajo que realizan las disciplinas de ingeniería civil y arquitectura, a continuación se presentan sus paquetes de trabajo y su desglose en actividades de cada una de ellas.

Todo el trabajo que realiza la disciplina de ingeniería civil agrupado en paquetes de trabajo.

- A.- General
- B.- Urbanización.
- C.- Cimentación de equipo.
- D.- Cimentación de estructura.
- E.- Estructuras de concreto.
- F.- Estructuras de acero.
- G.- Soportes de tubería

#### General

Bajo este título quedan cubiertas todas las actividades que pueden ser aplicadas a uno o más de las seis áreas restantes.

- A.- Topografía.
- B.- Mecánica de suelos.
- C.- Movimiento de tierras.
- D.- Nivelación.
- E.- Análisis sísmico (estático y dinámico)
- F.- Análisis bajo viento (estático y dinámico)
- G.- Análisis de condiciones y combinaciones de carga.

**Topografía.-** La topografía es la ciencia y el arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de los puntos, ya sea arriba, sobre o debajo de la superficie de la tierra.

**Mecánica de suelos.** Es la ciencia que aplica las leyes de la física a los problemas de ingeniería que se refieren a los suelos. En las primeras etapas del proyecto se determinarán las características de resistencia del suelo en el que se va a construir la planta. El método más seguro para determinar las características del subsuelo es extraer muestras de cada extracto por medio de sondeos haciendo después pruebas de laboratorio para determinar muchas de sus características químicas y físicas. Quizá el dato cuantitativo más importante que se pueda obtener de éste estudio es la resistencia útil o presión que puede soportar el suelo. Este valor se usa en los proyectos como capacidad de carga del suelo.

**Análisis Sísmico.-** Prácticamente las 3/4 partes del territorio nacional sufren temblores de tierra de intensidad variable. Los sismos ocasionan aceleraciones horizontal y vertical de la tierra, las cuales crean fuerzas en un objeto que descansa sobre ella. El conocer la intensidad y fuerza de los sismos en cierta área es necesario para diseñar los cimientos que soportan tanto a las estructuras como a los equipos.

### **Urbanización**

La ingeniería dentro de ésta área comprende:

- A.- Terracerías
- B.- Arreglo general de la planta.
- C.- Camino de acceso.
- D.- Entronque.

- E.- Espuela de ferrocarril.
- F.- Areas pavimentadas.
- G.- Drenaje. ( sanitario, pluvial e industrial).
- H.- Iluminación de efluentes.
- I.- Líneas enterradas.

### **Cimentación de Equipo.**

Una de las características básicas de una planta industrial es la presencia de una gran cantidad de equipo, dicho equipo debe ser recibido en una estructura o en una cimentación. Las cimentaciones de equipo pueden dividirse en cimentaciones bajo equipo estático y bajo equipo dinámico.

La maquinária como los compresores de pistón, las centrifugas y otros equipos semejantes que estan en movimiento, deben apoyarse de manera que las vibraciones y fuerzas de inercia no balanceadas se amortiguen. Generalmente la maquinária de gran velocidad deberá anclarse firmemente a cimentaciones de gran peso, estas absorben de manera eficiente las vibraciones producidas.

### **Cimentaciones de Estructura**

Esta parte se encarga del análisis y diseño, incluyendo el dimensionamiento y detalle de la cimentación de todas las estructuras.

Las cimentaciones pueden ser de tres tipos.

- 1.- Pilotes
- 2.- Zapatas
- 3.- Losas continuas.

## **Cimentación de Pilotes**

Con frecuencia se han localizado las plantas de proceso en zonas costeras o a lo largo de los rios. Estos lugares tienen suelos de poca resistencia y/o suelos que sufren grandes asentamientos con las cargas. En este caso las cimentaciones deben apoyarse en pilotes. Los pilotes son columnas subterráneas, generalmente colocadas en grupos que soportan las cargas de las cimentaciones y las transmiten a las capas de terreno estable situadas varios metros abajo de la superficie.

## **Zapatatas**

Las zapatas que se usan en las plantas de proceso consisten en una columna o pedestal colocada monolíticamente con una base de sección mucho mayor, cuanto mayor sea la base de la cimentación menor será la presión unitaria en el suelo. El fin de estos cimientos es distribuir las cargas sobre una área lo suficientemente grande para que el suelo pueda soportar las cargas con seguridad y sin asentamientos excesivos. El área de las zapatas debe ser lo suficientemente grande para asegurar que no se exceden de la capacidad de carga del suelo y que el asentamiento máximo se encuentre dentro de los límites aceptables.

Las zapatas se usan con mayor frecuencia para soportar torres, chimeneas y columnas estructurales altas. Las estructuras altas sujetan a la zapata a la acción combinada simultánea del peso y momento producido por terremotos y vientos.

## **Losas Continuas**

Son losas sobre suelos compresibles y proyectados para una baja presión del suelo. Dicha cimentaciones deben utilizarse con

gran precaución, ya que el terreno puede estar acentandose debajo de su propio peso.

La construcción de las cimentaciones constituidas de zapatas o bloque de gran masa, consisten en escabar hasta encontrar un estracto firme, colocar en su lugar el acero de refuerzo y colocar la cimentación corrida o zapata.

### **Estructuras de Concreto y Acero**

Estructuras es la combinación de cuerpos resistentes capaz de transmitir fuerzas o de soportar cargas, sin que haya movimiento relativo entre sus partes. Dicho de otro modo, es una armadura que sostiene un conjunto, ya que las estructuras deben soportar cargas, el peligro de derrumbamiento total o parcial debe ser nulo.

El análisis y diseño de estructuras de acero y concreto comprende todo tipo de estructuras, desde las correspondientes a servicios generales de la planta ( bloque A ), hasta los servicios de personal ( bloque F ).

Pueden existir tres áreas en las plantas de proceso:

- A.- Las construidas con la estructura totalmente cubierta.
- B.- Las que tienen una estructura parcialmente cubierta que son del tipo refugio simplemente techado.
- C.- Las de estructura descubierta constituida por un soporte estructural al aire libre.

## **Soportes de Tubería**

Toda planta industrial requiere de tuberías de servicio y de proceso. Usualmente la cantidad de tubería es tal, que se requieren soportes especiales, lo mismo que los equipos descubiertos que queden elevados arriba de la rasante.

Los soportes de tubería pueden ser:

- A.- Enterrados
- B.- A nivel de piso
- C.- Elevados

Los soportes elevados tanto para tubería como para equipo puede ser de concreto o de acero.

A continuación se enunciarán los principales documentos elaborados por cada paquete de trabajo.

### **6.7.2 PAQUETES DE TRABAJO**

Paquete de Trabajo: General

- 1.- Estudios de topografía
- 2.- Estudios de mecánica de suelos
- 3.- Análisis sísmico y bajo viento.

Paquete de Trabajo: Urbanización

- 1.- Especificación de construcción



- 2.- Localización y especificación de drenajes y abastecimiento de agua.
- 3.- Especificación y planos de vialidad vehicular y peatonal

**Paquete de Trabajo: Cimentación de Equipo y Estructuras**

- 1.- Niveles de desplante de las cimentaciones
- 2.- Localización por medio de dimensiones respecto a los ejes del edificio, de zapatas, trabes, etc.
- 3.- Detalles de armados de todos los elementos.

**Paquete de Trabajo: Estructurales de Concreto y Acero.**

- 1.- Localización de todos los elementos estructurales respecto a los ejes de columnas del edificio o respecto a los ejes del equipo.
- 2.- Indicación de los niveles superiores de la estructura y el nivel del piso terminado en cada una de las plantas estructurales
- 3.- Indicación de los tipos de soldadura, sus dimensiones, tipo y dimensión del electrodo.
- 4.- Detalles de armado de todos los elementos estructurales.

**Paquete de Trabajo: Soportes de Tubería**

- 1.- Localización por medio de coordenadas de las cimentaciones y los soportes
- 2.- Indicación de materiales, dimensiones y elevación de soportes

En la figura 6.19 se indican los principales diseños elaborados por la disciplina de ingeniería civil.

INGENIERIA CIVIL

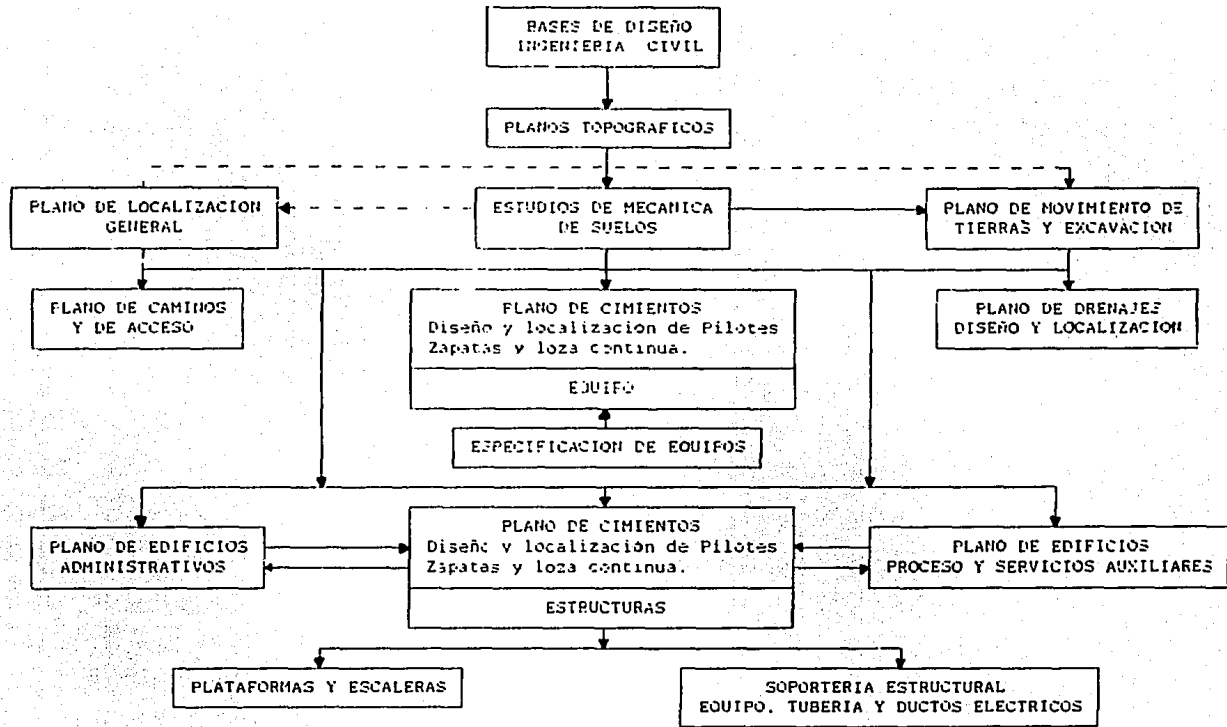


Figura 6.19

## 6.8 DISCIPLINA : ARQUITECTURA.

Todo el trabajo elaborado por ésta disciplina puede ser agrupado en los siguientes paquetes de trabajo.

- A.- General
- B.- Urbanización
- C.- Edificios de producción

### General

Al igual que en la disciplina de ingeniería civil en este apartado se agrupan todas aquellas actividades comunes a las cuatro áreas restantes.

### Urbanización

En este apartado se agrupan los estudios de vialidad vehicular y peatonal, y el estudio de áreas libres como jardines, campos deportivos, zonas de estancamiento, andenes, etc.

### Edificios de Producción y de Servicio

De éstas áreas se elaboran fachadas y cortes, se diseñan las instalaciones sanitarios y se especifican los detalles de instalación de puertos, ventanas, mamparas, etc.

En la figura 6.20 se indican los principales diseños elaborados por la disciplina de arquitectura.

# ARQUITECTURA

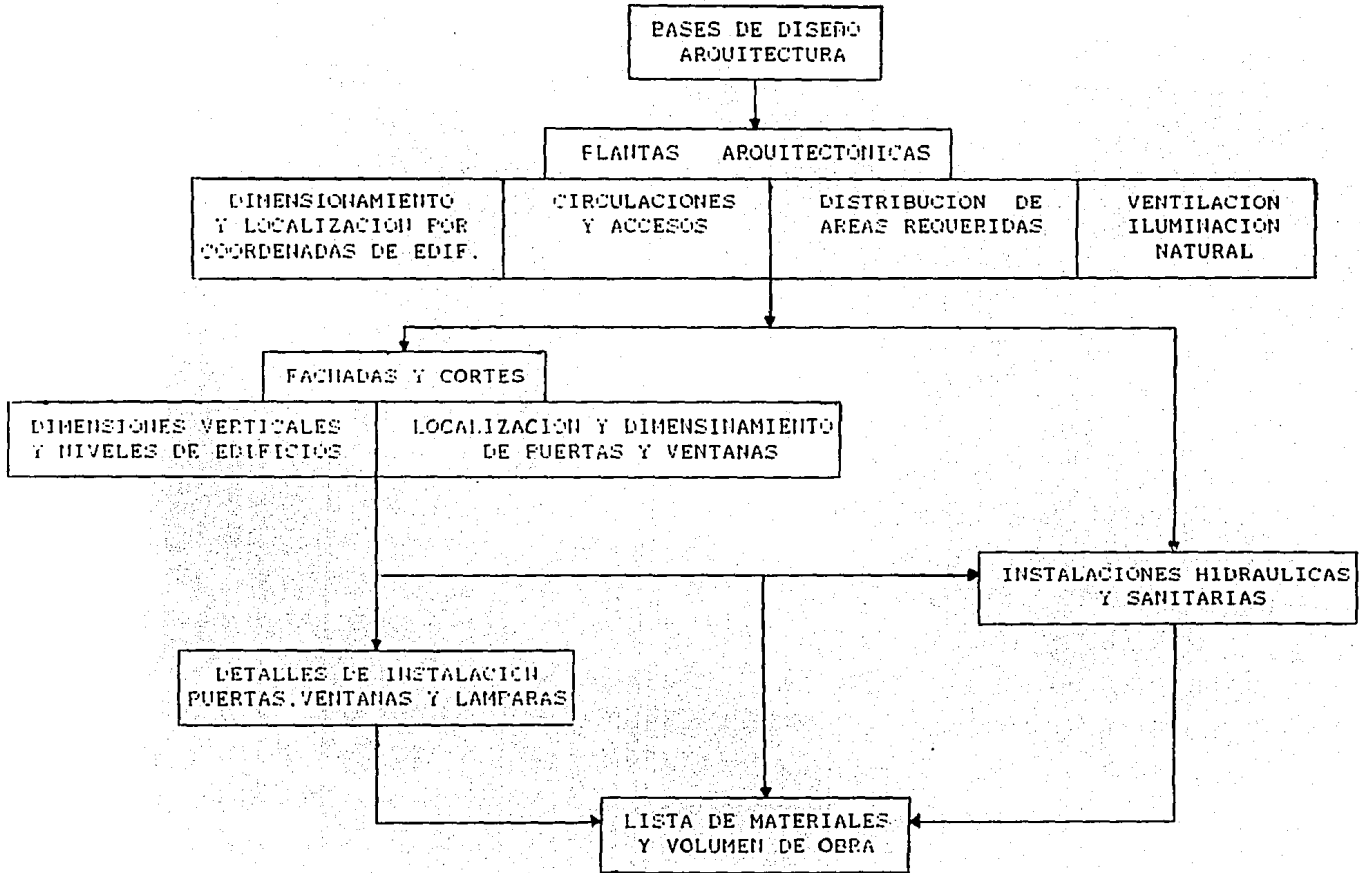


figura 6.21

## CAPITULO SIETE

### PROCEDIMIENTO DE ADQUISICION DE EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES

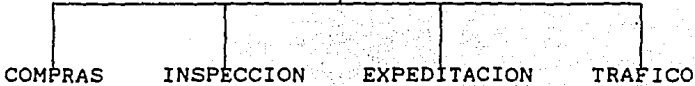
---

#### 7.1 GENERALIDADES.

Durante la ingeniería de detalle se termina de especificar completamente todos los equipos, instrumentos y materiales que conforman el proceso, las especificaciones se presentan en memorias de cálculo, hojas de datos y planos. Esta información es enviada al departamento de compras, quien con ella efectúa los procedimientos necesarios para obtener los equipos, instrumentos y materiales al menor costo, con la calidad especificada y en el tiempo preestablecido.

Para alcanzar los anteriores objetivos se realizan una gran cantidad de actividades, las cuales pueden ser clasificadas en cuatro grupos.

## ADQUISICION DE EQUIPO , INSTRUMENTOS Y MATERIALES



La responsabilidad de cada grupo en terminos generales es:

**COMPRAS.-** Recibe las especificaciones provenientes del departamento de ingeniería, solicita cotizaciones, elabora tablas comparativas técnico - comerciales y firma el contrato de compra-venta con el proveedor seleccionado.

**INSPECCION .-** Es responsable de que los equipos, materiales e instrumentos sean fabricados y entregados en estricto apego a las especificaciones preestablecidas.

**EXPEDITACION .-** Vigila que los pedidos sean entregados en las fechas preestablecidas durante la firma del contrato compra-venta, para lo cual se revisa periódicamente el avance de fabricación, y en su caso se dictan medidas correctivas.

**TRAFICO .-** Este grupo se encarga de efectuar los procedimientos técnico - legales necesarios para transportación en la máxima seguridad el equipo y materiales de su lugar de fabricación al lugar de su instalación.

## 7.2 TIPOS DE COMPRAS.

Los requerimientos adquiridos a través del departamento de compras son muy variados, por ejemplo, lo que requiere una construcción especial, lo que se encuentra ya en catálogos y solo es necesario seleccionarlo, y aquello como tuercas y tornillos, comparativamente de menor importancia y de difícil conocimiento de cantidades necesarias desde la ingeniería de detalle.

Para tener una mejor organización y control de estas adquisiciones variadas en cantidad, complejidad, tamaño y costo, se ha convenido en dividir a las compras en tres tipos:

- 1.- Compras Técnicas
- 2.- Compras de Rutina
- 3.- Compras de Campo

**Compras Técnicas** .- Este tipo de compras comprende la adquisición de equipos e instrumentos complejos, con características especiales para el proceso en cuestión y por lo tanto requieren de un análisis técnico-económico para su adquisición. Dichos equipos e instrumentos son seleccionados de catálogos si su fabricación es estandar o son mandados construir de acuerdo a las especificaciones que el departamento de ingeniería ha establecido, es común que estas compras sean vigiladas desde el periodo de cotización hasta la entrega del equipo por ingenieros químicos, ingenieros mecánicos e ingenieros eléctricos.

**Compras de Rutina.**- Este tipo de compras requiere de análisis comerciales únicamente, dado que la compra de ellos casi siempre se hace de acuerdo a catálogos y son de manufactura estándar. Además a diferencia del anterior tipo de compras estas son de menor complejidad técnica por lo que en general el personal que las efectúa no necesariamente se requiere que sea especialista en alguna rama de la ingeniería ya que no involucra un análisis técnico.

Ejemplos de compras de rutinas son: materiales eléctricos (cables, luminarias, conexiones eléctricas, tuberías, conductos, etc.) material mecánico (empaques, soportería, etc.)

El procedimiento para efectuar estas compras de rutina es el siguiente.

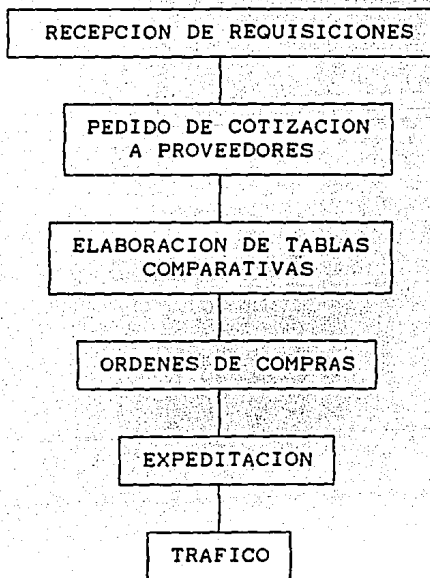


fig 7 1

El significado y procedimiento para efectuar cada una de las anteriores etapas será explicado más adelante.



**Compras de campo.**- Es difícil que durante la ingeniería de detalle se estimen con exactitud las cantidades de materiales o dispositivos como pueden ser: tornillos, empaques, alambre, etc., por lo que es conveniente tener personal asignado en el sitio de la construcción que efectúe las compras de material faltante localmente, lo que trae como consecuencia un ahorro en tiempo y costo considerable, ya que de hacerse através de la oficina central requeriría de un tiempo mayor para la adquisición, lo que traería como consecuencia una pérdida de tiempo por parte del personal que requiere el material con urgencia. Lógicamente en este tipo de compras, los trabajos de expedición, inspección y tráfico son en mínima cantidad.

### **7.3 PROCEDIMIENTO DE ADQUISICION DE EQUIPO INSTRUMENTOS Y MATERIALES.**

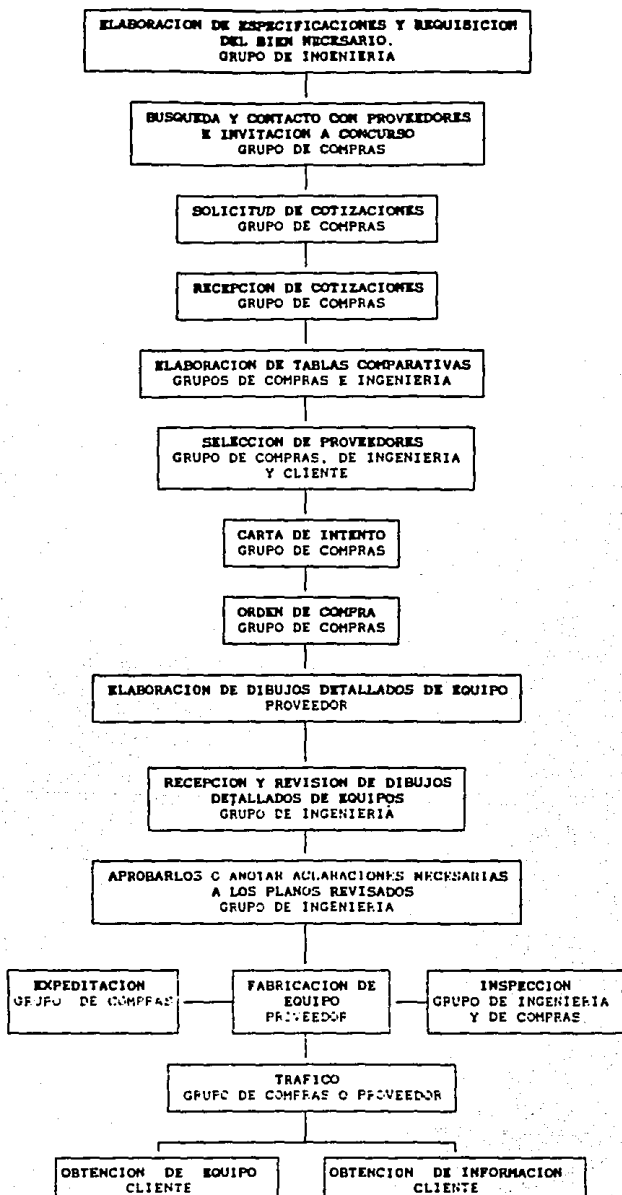
A continuación se describen las actividades a seguir para llevar a cabo las labores de compras técnicas en proyectos industriales a partir de la recepción de una requisición hasta la entrega del pedido y la obtención de la información final certificada de los proveedores.

El procedimiento a seguir depende del tipo de contrato, alcance del mismo, tipo y tamaño del proyecto, entre otros factores, sin embargo las actividades y secuencia de estas que son presentadas en la figura y que se describirán enseguida son válidas para la mayoría de proyectos industriales.

#### **7.3.1 Requisiciones.**

Las requisiciones son documentos mediante el cual se solicita la compra de equipo, materiales e instrumentos al departamento de compras. Las requisiciones se elaboran durante el

PROCEDIMIENTO DE ADQUISICION DE EQUIPO  
INSTRUMENTOS Y MATERIALES



desarrollo de la ingeniería de detalle por los diferentes departamentos técnicos que la componen y de acuerdo a las necesidades específicas del proceso.

Las requisiciones van acompañadas de especificaciones muy detalladas de lo que se desea adquirir, presentadas éstas tanto en hojas de datos como planos detallados del equipo.

### 7.3.2. Búsqueda y contacto con proveedores.

Una vez que se tiene la información completa, el departamento de compras busca los proveedores más idóneos, esto con base en el curriculum y referencias que de ellos se tengan.

En la búsqueda de fabricantes resulta útil revisar publicaciones tales como: Thomas Register, Hydro Carbon Processing Catalog, Catalogo CANAME, Guia de la Industria Química Sección Equipos, Materiales y servicios, etc.

### 7.3.3. Solicitud de cotizaciones.

Una vez detectados los proveedores, sean nacionales y/o extranjeros, el departamento de compras les invita a un concurso de ofertas sobre el bien solicitado y simultaneamente les hace llegar una solicitud de cotización.

Con la solicitud de cotización se le envían especificaciones y planos de lo que se desea adquirir, y se les indica como y que información debe ser presentada en su oferta, y por último se le hace saber la fecha de vencimiento del concurso así como el lugar de entrega de las ofertas.

El concurso tiene la finalidad de revisar varias ofertas y elegir al proveedor que nos de las mayores ventajas, esta evaluación de ofertas se hace con la elaboración de tablas comparativas técnico-comerciales.

#### 7.3.4. Tablas comparativas técnico-comerciales.

Este es un documento que se elabora una vez recibidas las cotizaciones de parte de los proveedores, esta información recibida es ordenada y clasificada para su adecuada comparación y evaluación. La información contenida es de dos tipos, una comercial y otra técnica.

Con la información técnica se comparan los requerimientos técnicos de lo solicitado con las características de lo ofrecido por los diversos proveedores, estas comparaciones son efectuadas por el grupo de ingeniería.

La información técnica mas importante que el proveedor nos proporciona y es analizada usando tablas comparativas es la siguiente:

A.- Cumplimiento con las especificaciones técnicas. La garantía es un documento legal en el cual el proveedor se compromete por un lapso de tiempo determinado componer y/o reparar los daños causados por el mal funcionamiento del bien adquirido, un ejemplo de mal funcionamiento es consumir mayor combustible del indicado en la cotización. Para el mal o buen funcionamiento influyen principalmente el diseño, mano de obra y material de construcción.

**B.- Partes de repuesto.** Es conveniente que el proveedor envíe junto con la oferta del equipo principal su cotización de partes de repuesto, además de informar el lugar en que estos pueden ser adquiridos.

**C.- Herramientas y equipos de apoyo.** En ocasiones son necesarias herramientas y equipos especiales para prueba, instalación, operación o mantenimiento del bien adquirido, en tal caso el proveedor deberá de dar el costo de dichos equipos y herramientas.

**D.- Ofertas alternativas.** Además de la oferta base, el proveedor podrá proponer una oferta alternativa. Las razones de estas oferta alternativa pueden ser: mejoras de diseño, disminución en el costo, disminución en tiempo de entrega, etc. estas nuevas modificaciones deben cumplir con las características mínimas requeridas en la solicitud de cotización.

Con la información comercial se evalúa y comparan las condiciones principales de venta de los proveedores, estas evaluaciones son efectuadas por el grupo de compras.

La información comercial más importante que el proveedor nos proporciona y es analizada usando tablas comparativas es la siguiente.

**A.- Declaración del cumplimiento.** Se solicita al proveedor certifique por escrito que su cotización cumple con las especificaciones técnicas y comerciales, firmando su cumplimiento.

**B.- Costo y forma de pago.** El costo es de los principales factores a considerar en la selección del proveedor, la forma de pago se negocia entre el cliente y el fabricante y puede hacerse en porcentajes distribuidos en períodos de tiempo, preestable-

cidos, por ejemplo, 30,60 y 90 días apartir de la recepción de la carta de intento, además deberán especificarse las fórmulas de escalación a usar para el ajuste de precio.

La escalación significa la estimación del aumento de costo para cubrir las variaciones que através del tiempo tienen los costos de producción y venta del proveedor. Es decir, el proveedor nos da un precio oficial de lo ofrecido, sin embargo éste puede modificarse de acuerdo a variaciones en el costo de algunos factores que afecten directamente en los costos de producción y venta de lo ofrecido, por ejemplo en aumento y costo de materiales usado para la fabricación de lo solicitado o aumento en el costo de la mano de obra, etc.

En la cotización se establece una fórmula de escalación, esta indica de que manera y de que porcentaje variara el costo de lo ofrecido ante la variación de algunos aspectos como los antes mencionados:

**C.- Vigencia de oferta.** Es conveniente pedirle al proveedor que mantenga su oferta hasta la terminación del concurso y selección del proveedor.

**D.- Leyes aplicables.** Se debe especificar bajo que tipo de leyes estará sujeto el contrato de adquisición esto es de gran importancia cuando se trata de proveedores extranjeros.

**E.- Patentes.** En caso de utilizar patentes vigentes para la construcción el proveedor deberá indicar por escrito los permisos legales para su uso.

**F.- Programa de fabricación.** El proveedor debe indicar el tiempo de entrega de dibujos para aprobación, dibujos certificados de instructivos (manuales de operación y de equipo) apartir de la

recepción de carta intento. Además si es posible debe enviar su programa de avance de programación.

G.- Lugar de entrega. El lugar de entrega puede ser en la fábrica de construcción del equipo, en la frontera del país en que se fabricará o instalará el equipo o en la planta en que se instalará el equipo, es importante considerar esto, puesto que el costo de flétes deberá sumarse al costo de construcción y obtener el costo total el cual finalmente será el valor de comparación con las demás ofertas.

H.- Precios unitarios para trabajos o servicios adicionales. Estos servicios pueden comprender instalación del bien adquirido, entrenamiento de personal para su operación, etc.

Es común que en la información proporcionada por el proveedor este incompleta o en algunos puntos poco clara, en tales casos habría comunicación entre el departamento de compras y el proveedor para solicitar la información faltante o aclarar los puntos poco claros.

Después del análisis técnico y comercial de las tablas comparativas se elige la oferta que ofrezca el menor precio, el tiempo de entrega solicitado y cumpla con las especificaciones técnicas requeridas.

En la cotización se establece una fórmula de escalación, ésta indica de que manera y de que porcentaje varía el costo de lo ofrecido ante variación de algunos aspectos como los antes mencionados.

### 7.3.5. Carta de intento.

La carta de intento es un documento legal mediante el cual se autoriza al proveedor del equipo, materiales o servicios a iniciar la ingeniería, fabricación y/o compras de materiales secundarios.

En ocasiones por las características del proyecto, el elaborar una orden de compra requiere de varios trámites administrativos, esto a su vez requiere un lapso de tiempo durante el cual se corre el riesgo de que los precios del vendedor se incrementen, es por tal motivo conveniente editar una carta de intento (con validez legal) inmediatamente después de haber sido seleccionado el proveedor, con esto se asegura el mantenimiento del precio inicialmente fijado.

### 7.3.6 ORDEN DE COMPRA

La orden de compra es un contrato comercial mediante el cual se compromete el comprador a fabricar y a entregar el equipo de acuerdo a las cláusulas comerciales y especificaciones indicadas en su cotización.

### 7.3.7 RECEPCION Y REVISION DE DIBUJOS DETALLADOS

Es necesario que los proveedores nos envíen los planos de construcción del bien adquirido, esta información es necesaria para continuar con la elaboración de nuevos documentos de diseño durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle.



Una vez elaborados estos planos por los proveedores, son enviados a la firma de ingeniería para que el departamento técnico revise si dichos planos cumplen con las especificaciones y códigos preestablecidos. El departamento técnico dará la aprobación a los planos, y/o indicará aclaraciones necesarias, o los desaprobará según sea el caso. Posteriormente son enviados al proveedor para que este inicie inmediatamente la construcción del equipo y/o considere las aclaraciones hechas, o vuelva a elaborarlos según sea la indicación del departamento técnico.

#### 7.4 INSPECCION

Como su nombre lo indica, consiste en examinar que los productos adquiridos han sido fabricados de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas en la orden de compra.

La inspección es efectuada por ingenieros con amplia experiencia en normas, códigos, procedimientos de fabricación y procedimientos de prueba de equipos.

La inspección sigue paso a paso la manufactura vigilando lo siguiente:

A). **Calidad de los materiales de construcción.** Examina que éstos cumplan con los requerimientos de calidad preestablecidos, el examen se realiza antes de que principie la fabricación, para que en caso de haber desviaciones en las especificaciones se descubran a tiempo y se tomen las medidas correctivas necesarias, por ejemplo, reemplazo de material defectuoso.

B). **Empleo de mano de obra calificada.** Es común que se solicite el curriculum del personal que se encargará de la fabricación. En ocasiones se exige que la experiencia del personal

sea amplia, especialmente cuando se trata de equipo crítico como reactores o calderas, esto garantiza en cierta medida el uso de los procedimientos adecuados de fabricación.

C). **Cumplimiento de los códigos de construcción adecuados.** Los códigos establecen los requisitos mínimos de calidad, los procedimientos de prueba de calidad, las ecuaciones y factores de seguridad que se deben considerar durante el diseño y construcción del equipo.

Se debe investigar si se justifica que los equipos cumplan con dichos códigos, exigirlos implica un costo adicional que se tiene que pagar, sin embargo tratándose de equipos críticos cuya falla afectaría considerablemente al proceso vale la pena solicitarlos y vigilar en todo momento el cumplimiento de dichos códigos ya que éstos exigen al proveedor cumplir con detalle de diseño, fabricación y prueba de calidad.

D). **Concordancia entre la información presentada en los planos de diseño y las características del equipo fabricado.** Es posible que en la fabricación de determinado equipo se utilicen los materiales adecuados, se cumpla con los códigos de construcción establecidos, sin embargo en algunas ocasiones ocurren errores de fabricación, por ejemplo que la orientación de cierta boquilla esté al norte en lugar de al sur, las consecuencias estarán en el momento de instalar los equipos y conectarlos a las tuberías u otros equipos, es por lo tanto conveniente en todo momento de la construcción que las dimensiones, alineamientos, elevaciones, orientaciones, acabados, recubrimientos, etc. de construcción estén acordes con los planos de diseños.

E). **Efectuar o vigilar la ejecución de las pruebas de calidad.** Los códigos indican la forma correcta de realizar las

pruebas de calidad, los aspectos de las mismas en que hay que poner especial cuidado, los rangos y duración de las mismas, etc. y corresponde a los inspectores efectuar o vigilar que la ejecución de dichas pruebas esté acorde con los códigos establecidos.

La inspección visual es la primera técnica a usar, con ella se puede detectar en poco tiempo varias de las anomalías debidas a características de material y procedimientos de construcción. La inspección visual se concreta básicamente a la búsqueda de defectos, tales como: corrosión, distorsión, protuberancias, pandeo, desalineamiento, fracturas, etc.

La mayoría de anomalías que pueden estar presentes tanto en las características del material como en los procedimientos de construcción no son posibles de detectar con una inspección visual, surgiendo la necesidad de utilizar otras pruebas, algunas de las más frecuentes son:

- Pruebas de dureza
- Análisis químico de materiales
- Pruebas con ultrasonido
- Pruebas de partícula magnética
- Pruebas con líquido penetrante
- Examen radiográfico de la calidad
- Pruebas hidrostáticas
- Pruebas neumáticas

A continuación se da una explicación de cada una de las pruebas antes mencionadas.

## Prueba de dureza.

Los números más empleados para la dureza de un material son Rockwell, Brinell y Vickers, los cuales miden las resistencias a la penetración en los materiales.

La dureza Rockwell se determina midiendo la profundidad de penetración, que provoca una carga específica utilizando un marcador también específico. Existen varios marcadores que incluyen balines de acero de diferentes diámetros, y usualmente la carga aplicada en las pruebas varía entre los 60 y 150 kg.

La dureza Brinell se obtiene midiendo con un calibrador de poder microscópico, el diámetro de impresión creada por un balin marcador de 10 mm. bajo una carga de 500 a 3000 kg. la medida del tamaño de la impresión, y la carga usada son necesarias para obtener el número de dureza en tablas.

Actualmente en la industria se esta empleando un método que utiliza el principio de rebote y consta de un cuerpo percursor en forma de balin, de carburo de tungsteno, éste es lanzado por la fuerza elástica de un resorte contra la superficie a examinar, y en la cual rebota. La altura del rebote es registrada por un aparato, proporcionando valores en indicadores de dureza "L", los cuales pueden convertirse a valores Rockwell o Brinell, mediante el uso de las tablas con que cuenta el equipo.

La prueba de dureza se emplea para revisar los tubos de calentadores (el recalentamiento de los tubos provoca cierta fatiga del material, haciendolo quebradizo), así como en la revisión de los cordones de soldadura esencialmente los que se deben someter a un relevado de esfuerzos (el relevado de esfuerzos es el calentamiento uniforme de una pieza o parte de ella, a una

temperatura inferior a la critica durante un tiempo suficiente, seguido de un enfriamiento uniforme y controlado, con el fin de eliminar la mayor parte de los esfuerzos residuales.

**Análisis químico.** Con un análisis químico se puede conocer la composición de cualquier aleación. Los análisis pueden ser cualitativos o cuantitativos.

Uno de los análisis químicos más usados es el llamado análisis a la gota o prueba de gota, este es un método cualitativo que consta del siguiente equipo: un juego de reactivos químicos, una lima o cincel de los comunmente llamados "pata de cabra" , una varilla de vidrio y una placa de porcelana con godetes.

Para llevar a cabo un análisis de este tipo la toma de muestra es opcional, ya que sobre el mismo material se puede hacer la prueba. Es necesario limpiar bien por medio de una lima una pequeña parte de la superficie ( un centimetro cuadrado es suficiente. ). Esta superficie se hace reaccionar con un ácido y una vez que la reacción se lleva a cabo, por medio de una varilla de vidrio se toma una muestra y se coloca en uno de los godetes de la placa de porcelana, donde se agrega una o más gotas de los reactivos adecuados, según el elemento que se este investigando, y por medio del color que desarrolla la reacción determinaremos la presencia o ausencia del elemento.

Mediante esta prueba se puede determinar la presencia de elementos como el níquel, manganeso, molibdeno, cromo y cobalto las cuales forman parte de la composición de los metales más usados en la industria química.

Para llevar a cabo un análisis cuantitativo es necesario contar con un laboratorio químico en el que se tengan instrumentos de análisis electrónico, como son los equipos de absorción

química, espectrofotometría, espectroscopía de emisión entre muchos otros. Para realizar estos análisis será necesario contar con una muestra del material de prueba.

**Instrumentos de ultrasonido.** Esta es la herramienta más usada en la inspección técnica de unidades de proceso. La inspección ultrasónica es un método en el cual ondas de sonido de alta frecuencia son introducidos en el material bajo inspección, para detectar cambios en la homogeneidad. La mayoría de las pruebas ultrasónicas se efectúan dentro del rango de 1 a 25 MHz.

Dado que en las vibraciones mecánicas que se generan con la aplicación de ultrasonido producen un esfuerzo muy por abajo del límite elástico del material, no ocasionan deformaciones y de ahí su aplicación en la inspección de piezas metálicas para la detección y características de fallas, calificación de soldadura, medición de espesores y en menor grado, para determinar ciertas propiedades físicas, como ejemplo: estructura de fases, tamaño de grano, y constantes elásticas, limpieza, etc.

la mayoría de los instrumentos para inspección ultrasonica detecta fallas por medio de monitores, en una o más de las siguientes formas:

A). Reflexión de energía en la interfase metal-gas, metal-liquido o discontinuidades dentro del material.

B). Tiempo de transito de una onda de sonido a través de la pieza de prueba.

C). atenuación y difracción de haz de ondas de sonido.

**Partículas magnéticas.** El método de inspección con partículas magnéticas es usado principalmente para detectar defectos superficiales en materiales magnéticos y se usa también para los defectos subsuperficiales cercanos. Este método usa un medio de magnetización del área a inspeccionar y un polvo magnético como es la limadura fina de acero. Los defectos causan una distorsión en el campo magnético, y las partículas son orientadas al punto donde las líneas de fuerza magnética son desviadas fuera y atrás de la superficie. Las fracturas no aparecen si se encuentran paralelas a las líneas magnéticas. por lo cual, es necesario variar la dirección del magnetismo recorriendo el area en diferentes sentidos.

**Líquidos penetrantes.** los líquidos penetrantes fueron desarrollados para auxiliar la inspección visual de superficies fracturadas o fisuradas de materiales no porosos o insolubles. Proveen un medio para inspeccionar materiales no magnéticos, supliendo al método de partículas magnéticas.

En este método de inspección la superficie del objeto es primero limpiada y secada, después de lo cual se aplica el líquido penetrante en la superficie por medio del esparcido. Se deja el líquido penetrante durante 5 minutos, el exceso de penetrante es lavado con un solvente. Un revelador es entonces aplicado a la superficie secandose al contacto, a través de su propiedad absorbente y por la acción capilar, el revelador se tiñe fuera de las irregularidades. la mancha en el revelado define la extensión y tamaño de algunos defectos superficiales. Después de marcar los defectos si los hay, la pieza se lava perfectamente con el solvente para retirar el líquido penetrante.

**Radiografía industrial.** se basa principalmente en el gran poder de penetración de rayos X, rayos gamma y otras partículas nucleares. Hay muchas técnicas diferentes de radiografía como por ejemplo: Fluoroscopia, Xerorradiografía, etc. pero el más empleado es el de película radiográfica a los rayos X y rayos gamma. Los que tienden a pasar a través del material o equipo de prueba.

Los rayos X son comunmente producidos en un tubo de vacío por bombardeo de electrones sobre materiales densos. Los rayos gamma son esencialmente lo mismo que los rayos X, pero se originan en el núcleo de isótopos inestables cuando los átomos ensayados alcanzan el equilibrio, después del decaimiento nuclear. Estos rayos son usualmente de alta frecuencia y tienen mayor poder de penetración que los rayos X. Los isótopos radioactivos están normalmente contenidos en un dispositivo protector (cámara), y se controlan en forma diferida para la exposición.

Las porciones oscuras de la película radiográfica, representan las áreas delgadas o poco densas encontradas por la trayectoria de la radiación. Las radiografías son usadas para medir espesores de material y revestimientos, para determinar defectos internos como pudieran ser grietas, hoyos, corrosión, falta de adhesión, laminación y porosidad. Las aplicaciones típicas incluyen pruebas o tubos, barras, soldaduras, estructuras, recipientes sujetos a presión, nipleria, entre otras.

**Prueba Hidrostática.** La prueba hidrostática se realiza introduciendo líquido bajo presión a un circuito o equipo. Esta prueba es probablemente la más común para detectar fugas. Normalmente la prueba hidrostática se puede llevar a cabo con una verificación visual sobre el todo el sistema, o se puede observar el decremento de presión utilizando un manómetro en el sistema. Es



necesario poner mucha atención en los criterios para determinar las pérdidas de presión ya que los cambios de temperatura pueden ser significativos. Se puede facilitar la detección de fugas, en las pruebas utilizando tinta fluorescente y lámparas de luz negra.

Cuando por razones metalúrgicas se requiere realizar esta prueba a temperaturas elevadas, se puede utilizar aceite caliente siempre y cuando se mantenga la temperatura abajo del punto de inflamación del aceite.

La prueba hidrostática sirve para determinar la resistencia de los materiales a las presiones de operación, por esta razón se recomienda realizar las pruebas a 1.5 veces la presión máximo permisible de trabajo de acuerdo al código de diseño del recipiente, manteniendo esta presión durante 30 minutos empleando agua limpia a temperatura ambiente.

**Prueba Neumática.** Una variante de la prueba hidrostática, es la prueba neumática en la cual se usa gas o aire presurizado y se aplica una solución jabonosa, para detectar las fugas mediante las burbujas que producen. Sin embargo, la prueba neumática es más peligrosa que la prueba hidrostática, por la energía almacenada. Por lo tanto, se recomienda la prueba neumática a bajas presiones con lo que se asegura un adecuado margen de seguridad, y a su vez la reducida velocidad de fuga proporciona una formación de burbujas más fácil de detectar.

Los equipos estándar seleccionados de catálogo se les prueba principalmente la eficacia de su funcionamiento, es el caso de bombas, compresores, filtros, etc.

Los inspectores además de vigilar la adecuada fabricación del producto solicitado debe de tener la autoridad que le permita lo siguiente:

- A). Impedir la continuación de cualquier trabajo que no se esté realizando de acuerdo a lo especificado o que no respete los códigos adecuados.
- B). Prohibir el empleo de personal, equipo, material o herramientas que no reúnan los requisitos necesarios.
- C). Exigir la reparación o cambio de partes defectuosas.
- D). Exigir la sustracción de aquellas partes fabricadas e instaladas sin inspección previa y que no es posible inspeccionar una vez concluido el trabajo.
- E). Aprobar la sustitución de materiales y accesorios que, a criterio, son equivalentes y que no afecten la calidad o buen funcionamiento.

## 7.5 EXPEDITACION.

Es común en muchos proyectos, que el dinero ahorrado gracias a una buena negociación durante la compra, se pierda y aún más que lo ahorrado, cuando el pedido no es surtido en la fecha preestablecida, y es que un atraso en la entrega del bien adquirido afecta a varias disciplinas de la ingeniería de detalle quienes necesitan como datos las características finales del equipo construido para continuar con su diseño. Por ejemplo será necesario conocer las dimensiones finales de una caldera mandada construir para asignarle el área adecuada en el plano de localización de equipo. Además un retraso en la entrega de equipos críticos ocasionaría generalmente un retraso en la puesta en marcha de la planta industrial., esto ocasionaría a su vez retrasos en la percepción de utilidades , y se han dado casos de hasta pérdida del mercado, por la anticipación en la venta del producto de algún competidor.

Con el fin de evitar estos retrasos y sus repercusiones en el tiempo y costo del proyecto, se hace indispensable la integración de un grupo de expeditadores.

La mercancía a adquirir puede ser de fabricación estándar, en tal caso solo es necesario, revisar catálogos, seleccionar la mercancía más adecuada y adquirirla; para este caso la función del expeditador se concreta a vigilar que la fecha de entrega sea la acordada en el contrato compra-venta.

Pero también la mercancía a adquirir puede ser de fabricación especial, en este caso el procedimiento de adquisición y las actividades del expeditador son mayores.

Recordemos que el grupo de diseño define las características principales del bien que se requiere, éstas son enviadas a diferentes proveedores quienes nos hacen saber el monto que cobrarían por fabricar el bien con las características solicitadas. El departamento de compras después de un análisis de las propuestas elige al proveedor que presenta las mayores ventajas y se firma con él el contrato correspondiente, hecho esto el proveedor elegido elabora "planos detallados" de la mercancía solicitada siempre cumpliendo con las características que el departamento de diseño requiere, éstos planos son enviados al grupo de diseño y al cliente para su revisión y en su caso aprobación o desaprobación, si los planos son desaprobados, el proveedor efectúa las correcciones necesarias y los envía nuevamente al grupo de diseño y al cliente para su nueva revisión, cuando los planos son aprobados se inicia con éstos la aprobación del bien solicitado.

La función principal de los expeditadores es la de vigilar a los diferentes proveedores de equipos y materiales desde que se colocan los pedidos hasta que las mercancías son surtidas con el

fin de que dichas entregas se hagan en los tiempos preestablecidos para lograr esto el grupo de expeditación efectúa las siguientes actividades:

- A.- Obtención de programas detallados de fabricación. Este documento es útil al fabricante para utilizar su trabajo en el taller; permite al comprador seguir el curso real de fabricación, programar viajes de inspección en las etapas críticas y asegurarse de que la fecha de entrega prometida pueda ser cumplida.
- B.- Obtención del programa de consecución de materias primas para fabricación, ésto alludará a tener un mejor control sobre el tiempo de construcción.
- C.- Vigilar periódicamente el avance y cumplimiento de dicho programa.
- D.- Tomar oportunamente medidas preventivas y correctivas en caso que se observen retrasos en el programa propuesto.
- E.- Vigilar que sean cumplidos los pagos y fianzas acordadas en el contrato.
- F.- Investigar si la fabricación se realizará totalmente en el taller del proveedor o si existen subcontratos para otros talleres, ésta información es necesaria para planear la inspección y controlar el avance.
- G.- Solicitar al fabricante la información que éste se comprometió a dar y quedó en el contrato de adquisición, dicha información puede ser: Dibujos

certificados, manuales de instalación, operación y mantenimiento, certificados de inspección, cartas de garantía, etc.

Además el grupo de expeditación debe de tener la autoridad de suspender pagos por concepto de adelantos, avances de fabricación, compra de materiales, etc. si no han sido satisfechos los requisitos para efectuarlos, y de cancelar el pedido si el fabricante no cumple con lo establecido en el contrato.

## 7.6 TRAFICO.

El grupo encargado de esta actividad efectúa los procedimientos legales y supervisa el embarque y traslado del taller de fabricación al sitio de instalación de los equipos y materiales una vez aprobados por el grupo de inspección.

Las actividades del grupo de tráfico se efectúan en las 3 áreas siguientes:

- 1.- Aspectos legales y politicos relativos a la importación.
- 2.- Rutas y medios de y transportación.
- 3.- Embalaje.

**Aspectos legales y politicas relativas a la importación.**

El comercio exterior mexicano regula através de diversas dependencias del gobierno la importación de mercancías, esta regulación es con el fin de:

- A.- Nivelar la balanza de pagos.
- B.- Protección a la industria nacional.
- C.- Evitar el contrabando.
- D.- Evitar evasión de impuestos.

### **Rutas y medios de transporte.**

El gobierno a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas tienen las siguientes facultades:

- A.- Otorgamiento de concesiones, así como su caducidad, rescisión y modificación.
- B.- Otorgamiento y renovación de permisos.
- C.- Aprobación, revisión o modificación de tarifas, horarios, tablas de distancia, y en general todos los documentos relacionados con la explotación de los medios de comunicación federales.

El grupo de tráfico debe efectuar los procedimientos necesarios para cumplir con las disposiciones legales y así obtener los permisos correspondientes para el traslado del equipo del lugar de fabricación al lugar de instalación.

Los medios de transportación utilizados son:

- Barco
- Ferrocarril
- Autotransportes
- Avión
- Correos

### **Embalaje y mercado.**

El grupo de tráfico vigilará que la carga esté acomodada, sujeta y cubierta en tal forma que:

- A.- No ponga en peligro la integridad física de las personas que la transportan, ni cause daños materiales a terceros.

B.- No caiga, ni estorbe la visibilidad del conductor, ni comprometa la estabilidad y conducción del vehículo.

C.- No oculte las señales de precaución e identificación, ni obstruya las luces o la visibilidad.

## CAPITULO OCHO

### CONSTRUCCION DE PLANTAS INDUSTRIALES E INSTALACION DE MAQUINARIA Y EQUIPO

---

Las actividades de construcción de la planta industrial se inician generalmente cuando el avance de la ingeniería de detalle es apenas de un 5 a 10% . El tipo de actividades a realizar para la construcción y la secuencia en que se efectúan depende entre otros aspectos de; tamaño y tipo de planta industrial, localización y características del terreno. Sin embargo se puede establecer tipo y secuencia de actividades más importantes que corresponda a la mayoría de plantas industriales. Esta secuencia es presentada en la figura 8.1. A continuación se explica cada una de las actividades que en dicha figura se presentan.

#### 8.1 PREPARACION DE TERRENO.

La preparación del terreno es la primera actividad en la construcción de la planta, y esta consiste en; localización de linderos, desmonte, despeje de rocas, movimiento de tierras y determinación de elevaciones.



CONSTRUCCION DE UNA PLANTA INDUSTRIAL  
E INSTALACION DE MAQUINARIA Y EQUIPO

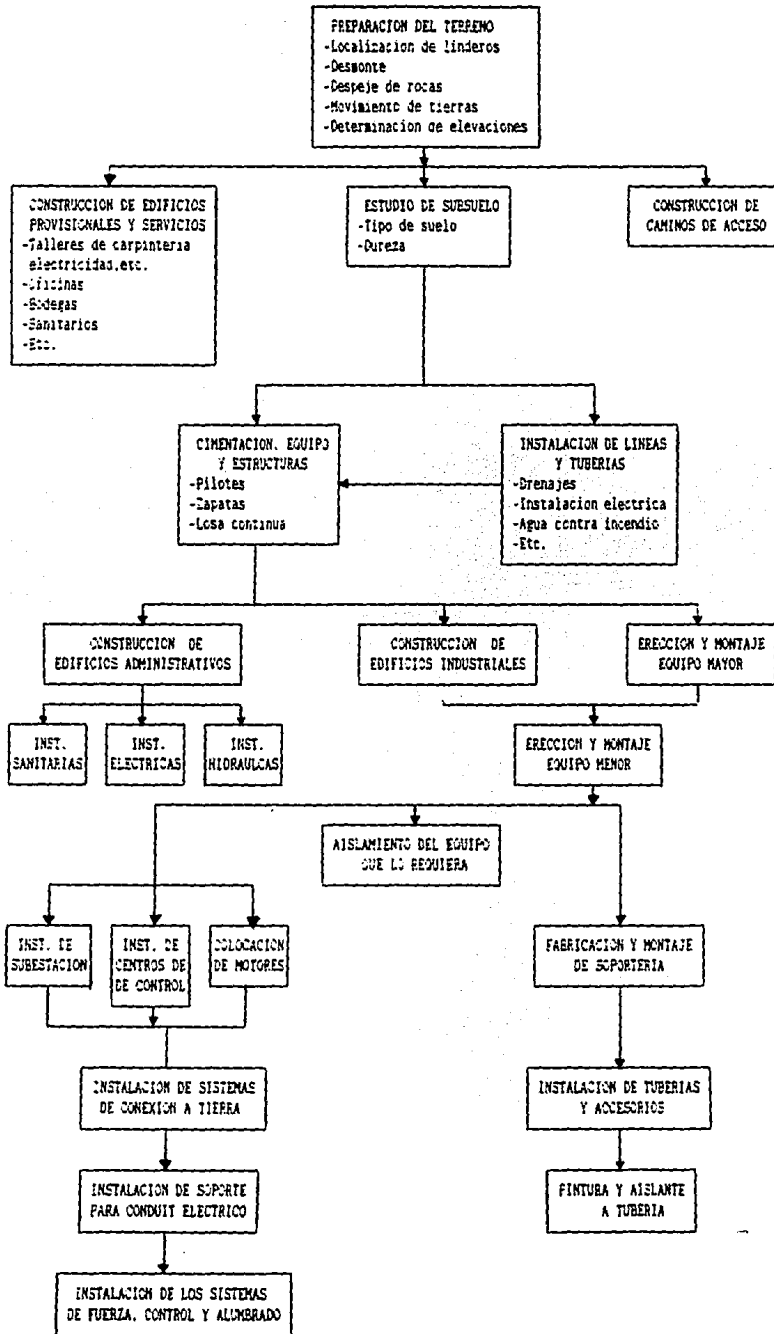


FIGURA 8.1

**Localización de linderos.-** Se hace con base en lo especificado en las escrituras de propiedad con lo cual se establecen los límites dentro de los cuales se acentará la planta industrial.

**Elevaciones.-** En ocasiones, las secciones que componen a una planta industrial se encuentran a diferentes niveles unas con respecto a otras, ( generalmente el punto más bajo de la planta se le da la cota arbitraria de 100, de esta manera todas las elevaciones del proyecto serán de 100 o mayores con esto se evita que la elevación de las tuberías subterráneas tomen valores negativos ) esta información se encuentra en los planos de elevación de la planta, los cuales junto con los mapas topográficos del terreno y los planos de cimentación, determinan la magnitud de los movimientos de tierra a efectuar, ya que en algunos puntos habrá que excavar y en otros rellenar.

**Desmante.-** Una vez que los linderos de la planta, así como los niveles de elevación han sido trazados por los topógrafos se procede al desmante del terreno. El desmante consiste en eliminar la vegetación que se encuentra en el terreno, ésta puede consistir en hierbas, matorrales y árboles, dependiendo del terreno. Junto con esta actividad se van quitando las piedras y rocas que se encuentran en el terreno.

**Movimiento de tierras.-** Por movimiento de tierras se entiende la excavación, explanación, y rellenos que se efectúan en un terreno; ya sea para satisfacer los requerimientos de los planos de elevación o bien para efectuar trabajos de cimentación o instalación de tuberías y ductos subterráneos.

Deben evitarse los rellenos con tierra vegetal o materiales orgánicos pues la descomposición de estos produce capas de menor resistencia y por lo tanto hundimientos diferenciales.

## 8.2 INSTALACION DE EDIFICIOS Y SERVICIOS PROVICIONALES

Los edificios provicionales varían con el tipo de obra, los siguientes son los comunes; oficinas, vestidores, cobertizos para fabricación de tubería, cuarto de herramienta, bodegas, talleres de carpintería, herrería y eléctrico, etc. todos son de indispensable ayuda durante la construcción de la planta industrial.

Cuando se están construyendo los edificios provicionales otras cuadrillas de trabajadores construyen calles y espuelas de ferrocarril para transportar materiales y equipos necesarios para la obra. Además instalan el servicio temporal de agua y el sistema de protección contra incendio, también el grupo de electricistas instala los sistemas temporales de energía eléctrica para alumbrado, motores y plantas de soldar.

## 8.3 ESTUDIO DE SUBSUELO

Para realizar una cimentación adecuada es necesario tener un conocimiento completo del suelo. El método más seguro para determinar las características del subsuelo es extraer muestras de cada extracto por medio de sondeos los cuales pueden dividirse en sondeos principales o profundos y los secundarios o de poca profundidad.

Los sondeos profundos se hacen con máquinas portátiles montadas en camiones. Estas extraen muestras de material que se encuentra a una profundidad de 30 a 60 metros. Uno de los métodos para hacer esta extracción es utilizando una barrena de cola de pescado a la que se aplican movimientos verticales largos, cada vez que se percibe un cambio de dureza en los materiales extraídos

se cambia la barrena por una cuchara la cual extrae las muestras. Las muestras obtenidas de esta manera son enviadas al laboratorio para determinar sus características físicas y químicas.

Algunas de estas pruebas incluyen: la determinación de su densidad, humedad, resistencia al corte, granulometría, coeficiente de rosamiento interno, consolidación (es la medida de asentamiento de una muestra de suelo inalterada bajo el efecto de una carga específica) permeabilidad, propiedades químicas (pH, naturaleza coloidal, etc.) cohesión (resistencia que presentan las partículas a su desalojamiento, y contracción (pérdida de volumen).

Además se determina el número de golpes necesario para introducir un sacamuestras tipo a una profundidad de 30 cm., mediante el impacto de una masa de 63.5 kg. de granola, dejada caer desde una altura de 76 cm. El número de golpes necesario es un dato para determinar la densidad y resistencia del suelo.

Los sondeos deben suspenderse cuando se llega a la roca. Las propiedades de esta roca pueden determinarse extrayendo "coraciones" con equipo de barrenaciones especiales, semejantes a los que se utilizan durante la perforación en la industria petrolera. Quizá el dato cuantitativo más importante que se puede obtener de este estudio es la resistencia útil o presión que puede soportar el suelo. Este valor se usa en los proyectos como capacidad del suelo.

Es absolutamente indispensable hacer un gran número de sondeos en las zonas que una vez estuvieron cubiertas de agua como las costeras, los valles con corrientes de agua y las llanuras de marea. Si la zona está situada en una región que se sabe es

estable, que no esta en la costa, ni en el cause de alguna corriente, y si uno o dos sondeos demuestran que la zona esta compuesta de formaciones sedimentarias estables o de mantos de roca, solo es necesario hacer un número mínimo de sondeos profundos. Sin embargo, deberán hacerse sondeos a poca profundidad, con barrena giratoria, para localizar el estracto firme superior en el lugar que van a ocupar las zapatas principales. Con estas barrenaciones de poca profundidad se puede conocer el espesor de la capa de tierra vegetal o humus, y la profundidad necesaria de la escavación para localizar el desplante de las zapatas sobre el estrato firme que esté a menor profundidad. La capa de tierra vegetal, nunca sirve para soportar cargas y debe quitarse completamente de cualquier lugar que se vaya a utilizar para desplazar cimientos o sobre el que se vaya a construir losas de concreto.

Los sondeos también indican la altura del agua subterránea. Este dato tiene también valor durante la construcción porque permite al constructor preveer y tomar las medidas necesarias para extraer el agua de las escavaciones.

#### **8.4 CONSTRUCCION DE CAMINOS DE ACCESO**

Mientras se efectuan los estudios del subsuelo y construyen edificios provisionales, otras cuadrillas de trabajadores construyen vias de acceso, carreteras o espuelas de ferrocarril para transportar al lugar de la obra al personal de construcción, materiales y herramientas de construcción y equipo de proceso.

Para la construcción de carreteras se efectua primero el trazado, posteriormente se quita la tierra vegetal, y se rellena con arena y grava. El pavimento en las carreteras se coloca al final de la obra para evitar dañarlo con el equipo pesado transportado durante la construcción.

## 8.5 INSTALACIONES SUBTERRANEAS

Estas instalaciones comprenden:

- A) Tubería para drenaje pluvial, sanitario, químico y aceitoso
- B) Conductos para instalaciones eléctricas.
- C) Tuberías subterráneas de agua contra incendio.

### 8.5.1 SISTEMAS DE DRENAJES

EL sistemas de drenaje para las plantas de proceso se puede construir en una o más líneas principales de drenaje con ramales a cada área por drenar. La línea principal de drenaje debe tener la suficiente profundidad para resistir las descargas de los ramales de cualquier área de la planta o áreas previstas para ampliaciones.

A las líneas de drenaje se les debe dar la pendiente necesaria para que el fluido que circule por ellas tenga una velocidad de 2.5 a 3 pies por segundo. Estas velocidades son necesarias para evitar el acantamiento de sólidos.

El tubo de concreto reforzado es el que más se utiliza para drenajes, el tubo de plomo se emplea para desechos ácidos y para los drenajes sanitarios se utiliza tubería de hierro fundido.

El método de instalación varía según el tipo, por ejemplo el tubo de fierro fundido de macho y campana usada en las alcantarillas de los procesos y drenes se tiende sobre una cama de arena para asegurar su apoyo continuo. Las puntas se calafatean con yute sólo o saturado de brea y se cubre cuidadosamente de

plomo fundido. Después de hacer las uniones se compacta el suelo firme alrededor de la mitad inferior del tubo, la zanja se rellena y el suelo se apisona.

Generalmente se usa un tubo de barro vitrificado para los drenajes de líquidos corrosivos de los procesos. Los tubos deben ser rectos perfectamente circulares. Las juntas se hacen con cemento puro o mastique resistente a la corrosión .

Los tubos de acero al carbón que se van a instalar subterráneamente primero se soldan, se limpian y se cubren con una pintura anticorrosiva, y finalmente se envuelven con fieltro embreado o con fibra de vidrio embreada.

#### 8.5.2 SISTEMAS ELECTRICOS

La instalación de ductos eléctricos es similar al procedimiento que se sigue en la instalación de tuberías subterráneas a diferencia que los ductos eléctricos son generalmente rectangulares. Antes de rellenar y apisonar la zanja se introduce el cable en el ducto eléctrico entre los registros (cajas de paso) por medio de malacates movidos con aire comprimido o a mano usando un lubricante para reducir los rozamientos, posteriormente se prueba el aislamiento con un instrumento que aplica voltajes elevados a través del aislamiento, que indica la resistencia del mismo.

Se vierte color rojo al concreto, se rellena la zanja y se apisona. El color rojo es muy visible y sirve para advertir a los trabajadores cuando se hacen excavaciones alrededor del ducto eléctrico.

El trabajo eléctrico hecho en esta fase de la construcción incluye también la instalación del sistema de conexión a tierra y de protección catódica. El cable desnudo para tierra se tiende directamente en el terreno y se lleva a la superficie en puntos predeterminados para conectarlo a los equipos que lo requieran. El alambre aislado que se utiliza para protección catódica se conecta eléctricamente al tubo subterráneo que va a proteger y se lleva a la superficie para conectarlo al sistema de protección catódica.

## **8.6 CIMIENTACIONES**

Cimientos son la parte del edificio que se encuentra bajo la superficie de la tierra, su función es soportar y mantener en una posición estable lo que encima de ellos se coloca. Los cimientos en el área industrial soportan principalmente edificios y equipo.

### **8.6.1 Cimentación de Equipo**

En una planta industrial hay la presencia de una gran cantidad de equipo, mucho del cual debe ser soportado sobre una cimentación. Las cimentaciones de equipo pueden dividirse en cimentaciones bajo equipo estático y bajo equipo dinámico.

La cimentación bajo equipo estático, por ejemplo columnas de separación, tienen la función de mantener el equipo en una posición fija y estable ante la existencia de fenómenos tales como asentamientos de la tierra, terremotos, altas velocidades de aire, etc., fenómenos ante los cuales el equipo podría tener inclinaciones, daños en su estructura o hasta caer si no tuviera una cimentación adecuada.



El equipo dinámico como compresores, turbinas, bombas y otros equipos semejantes que están en movimiento deben apoyarse sobre cimientos de manera que las vibraciones y las fuerzas no balanceadas se amortigüen y no se propaguen a zonas aledañas.

### 8.6.2 Cimentaciones de Edificios

La cimentación en edificios tiene el mismo objetivo que la usada en equipos estáticos, es decir evita que su estructura se vea dañada por fenómenos tales como asentamientos de tierra, terremotos o altas velocidades de aire.

### 8.6.3 Tipos de Cimentaciones.

Los tipos de cimentación que más se usan son.

- 1.- Zapatas
- 2.- Losa corrida
- 3.- Macivas
- 4.- Pilotes

La elección de la cimentación más adecuada depende del tipo de suelo y el tipo de edificio o equipo que vayan a soportar y las características de los fenómenos naturales que ocurren con más frecuencia en el lugar de construcción de la planta como son velocidad de vientos y frecuencia e intensidad de terremotos.

## 8.7 CONSTRUCCION DE EDIFICIOS.

Los edificios presentes en una planta industrial pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- 1.-Edificios de procesos.
- 2.-Edificios de servicios auxiliares a procesos.
- 3.-Edificios de servicios a personal
- 4.-Edificios administrativos.

Generalmente los edificios de servicios a personal (comedor, vestidores, baños, etc) y administrativos son construidos con estructura completamente cerrada, pero los edificios de proceso pueden ser construidos de alguna de las siguientes formas:

- 1.- Estructuras completamente cubiertas.
- 2.- Estructuras parcialmete cubiertas.- Que son del tipo de refugio simplemente techado .
- 3.- Estructura descubierta constituidos por un soporte estructural de aire libre.

Estructura es la combinación de cuerpos resistentes capaz de transmitir fuerzas o soportar cargas, o dicho de otro modo, es una armadura que sostiene un conjunto. Las estructuras pueden ser de concreto y/o acero.

La mayoría de las plantas de proceso se proyectan para ser construidas al aire libre. Una planta al aire libre elimina el problema de la calefacción y ventilación, reduce costos iniciales eliminando muros y techos, y reduce el costo de mantenimiento. Además las plantas al aire son plantas más seguras, ya que una planta al descubierto reduce problemas de acumulación de vapores tóxicos, explosivos o flamables.

Para ciertos equipos que deben ser protegidos de la lluvia, nieve y/o requieren de mantenimiento frecuente, en algunas ocasiones se construyen cuartos especiales, ejemplos de equipos que pueden requerir cuartos especiales son: compresoras y calderas

En una planta al descubierto, los equipos que quedan elevados arriba de la rasante, pueden soportarse con acero estructural o con concreto reforzado. El acero estructural es más económico cuando se requieren estructuras de varios pisos, pero requiere de constante mantenimiento. El concreto reforzado es adecuado cuando se requieren estructuras a prueba de fuego y especialmente para estructuras de un solo piso (3 a 5 m. arriba de la rasante).

Antes de proceder a describir la erección y montaje de las estructuras que soportarán el equipo se procederá a mencionar brevemente los aspectos tomados en consideración al planear las estructuras.

Los edificios pueden ser construidos con partes prefabricadas o hechas sobre diseño. Las partes prefabricadas comprenden paredes y techos de materiales ligeros, tales como el acero corrugado o aluminio. Este tipo de construcción son adecuados para almacenamiento, talleres de mantenimiento, cuartos de calderas y construcciones provisionales.

Los edificios hechos sobre diseño son principalmente de mampostería o de panel aislante y la amarradura del conjunto es de acero y/o concreto con techos de distintos tipos y/o materiales. Este tipo de edificios son adecuados para cuarto de compresores y cualquier servicio que requiera un alto grado de atención por parte del personal.

Montaje de estructuras de acero. Para llevar a cabo la erección de las estructuras, los fabricantes de éstas deben proporcionar dibujos de montaje y la ingeniería de detalle debe proporcionar los planos de distribución de la planta con sus respectivas coordenadas.

Una vez que las estructuras se encuentran en el sitio de erección, son colocadas las piezas de acero en su lugar marcado por los documentos de diseño. Para lo cual una cuadrilla en tierra selecciona la pieza requerida y dirige la grúa de erección con la pieza hasta el sitio correcto. Luego una cuadrilla de ensambladores, guía la pieza hasta la posición exacta y la aseguran primero mediante clavijas o pernos provisionales y posteriormente se colocan las conexiones permanentes, que pueden ser tornillos (pernos de alta resistencia), remaches o soldadura. Este último es el que más se utiliza en la actualidad.

## 8.8 ERECCION Y MONTAJE DE EQUIPO

Una vez que se ha terminado la construcción de las cimentaciones y estructuras que soportarán los equipos, se procede a instalar el equipo principal.

El orden de los trabajos en la instalación de los equipos será:

- 1.- Transportación
- 2.- Armado
- 3.- Erección
- 4.- Nivelación del equipo

### **8.8.1 Transportación**

El equipo a instalar puede ser suministrado por el fabricante completamente armado o por secciones, dependiendo de las dimensiones y del peso del mismo. En el caso de recipientes de gran tamaño y peso, éstos se suministran por secciones.

### **8.8.2 Armado de equipos construidos en el campo**

Como se mencionó anteriormente es posible que algunos equipos (principalmente el más grande) sean enviadas del lugar en que se fabricó al lugar en que se instalará en partes separadas por lo que será necesario efectuar el armado de las diferentes secciones.

Antes de empezar cualquier maniobra de armado se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- 1.- Dibujos.- Se debe disponer de los planos de especificaciones, fabricación y armado.
- 2.- Revisión del equipo a montar.- Esto es con el fin de asegurarse de que se encuentren todas las piezas del equipo a armar.

### **8.8.3 Erección de Equipo**

La información necesaria para la erección del equipo, se obtiene de consultar los siguientes planos:

- 1.- Plano de construcción de equipo
- 2.- Plano de localización de equipo
- 3.- Plano de cimentación de equipo
- 4.- Plano de inatación de equipo

#### **Datos requeridos de los planos de construcción**

- a) Material de construcción del equipo.
- b) Dimensiones.
- c) Peso neto.
- d) Especificaciones especiales de instalación.

#### **Datos requeridos de los planos de localización**

- a) Area de trabajo para el montaje.
- b) Area de localización del equipo.

#### **Datos requeridos de los planos de cimentación y elevación**

- a) Revisión de anclas para el montaje del equipo.
- b) Elevación de la instalación y niveles de referencia.

#### **De los planos de instalación mecánica del equipo**

- a) Localización de las principales boquillas.
- b) Orientación de las mismas según su eje.
- c) Colocación del equipo (vertical u horizontal).

### **8.8.4 Estudio de los Factores que Intervienen en las Maniobras de Erección**

Una maniobra para la instalación de un recipiente, requiere de un estudio minucioso sobre los diferentes factores que pueden intervenir, como por ejemplo el equipo de maniobra que nos servirá para montar el recipiente, el peso del recipiente, sus dimensiones y forma, la resistencia del terreno en donde se va a ejecutar la maniobra, las condiciones atmosféricas en el momento de llevar a cabo la maniobra y el personal.

A continuación analizaremos cómo afectan los factores antes mencionados.

**Peso del recipiente.** Determina la selección del equipo adecuado en la maniobra, el cual estará siempre ligado a las dimensiones y peso del recipiente.

**Resistencia del suelo en el lugar de la maniobra.** Es otro factor que deberá tomarse en cuenta. Regularmente para instalar el equipo de maniobra es necesario colocar una cama de madera, para aumentar la resistencia del suelo y evitar problemas de hundimiento. En el caso de que el lugar donde se ejecute la maniobra esté congestionado de recipientes o cimentaciones de otros equipos que se van a instalar posteriormente, esto repercutirá en la selección del equipo de maniobra.

**Las condiciones atmosféricas en el momento de maniobra.** La velocidad de los vientos, la dirección de los mismos, la lluvia, la neblina, son factores que pueden hacer que se abandone la maniobra en la fecha indicada y posponerla para otra. Un viento muy fuerte puede provocar una presión sobre el recipiente y en el caso de que el punto de enganche estuviera muy cerca del centro de gravedad, provocaría balanceo. Un terreno donde ha llovido por varios días se vuelve lodoso y esto restará flexibilidad en sus movimientos a los obreros. La niebla resta visibilidad para apreciar las señales y movimientos indicados por los operadores.

El equipo que se va a levantar se sostiene por medio de eslingas de alambre de acero según la carga, una grúa de oruga, una pluma montada, plumas de poste, varias grúas portátiles montadas en camiones y aún diferenciales de cadena pueden usarse para levantar.

La maniobra de levantar equipo pesado requiere de operadores y ayudantes muy hábiles para levantar y colocar con precisión una pieza de 200 toneladas de un equipo. El operador de la máquina elevadora controla su grúa por medio de señales hechas a mano por un ayudante parado cerca de la carga. Estas señales, lo mismo que todas las fases de la operación de la grúa, los ha uniformizado la American Standards Association (ASA) porque las malas interpretaciones pueden resultar costosas y peligrosas.

#### 8.8.4 Nivelación del Equipo

Después que han sido colocados los diversos recipientes en sus respectivas bases, debe procederse a nivelarlos, al mismo tiempo se dejan a la altura final deseada, ya que todos estos recipientes tienen uniones con tubería en diferentes puntos; estas tuberías son prefabricadas en los tramos de unión y por lo tanto requieren que el otro extremo se encuentre en el punto exacto de empate, pues de otra forma se necesita forzar la línea, ya sea por calentamiento u obligándola por algún medio de flexión a llegar hasta la brida del recipiente. La tolerancia máxima que se permite de diferencia de niveles en las bridas es de más o menos 3.18 mm.

Las torres verticales de una altura superior a 9 m., se plomean con la ayuda de dos tránsitos topográficos, estos se colocan en dos ejes imaginarios a 90 grados uno del otro vigilando la verticalidad del recipiente. Con las tuercas de anclaje flojas se van colocando laines (láminas delgadas) de diferentes calibres y en los puntos que se vaya haciendo necesario. Cuando se ha conseguido que la torre quede perfectamente a plomo, se aprietan las tuercas alternadas en forma de cruz.

Los recipientes verticales de menor altura que la especificada anteriormente, se plomean de la misma forma, utilizando plomadas en lugar de aparatos. Para colocar la laine, el



recipiente se levanta mediante cuñas metálicas impulsadas por impacto. Los recipientes horizontales son nivelados mediante nivel de agua, tomando como puntos base las bridas de unión con la tubería. La altura se da también mediante linternas y para levantar el recipiente se usan gatos hidráulicos de capacidades adecuadas.

## 8.9 SOPORTES DE TUBERIA

Toda planta industrial requiere de tubería de servicio y de proceso. Usualmente la cantidad de tubería es tal, que se requieran soportes especiales para ella.

Los soportes de tubería pueden ser:

- A.- Enterrados.
- B.- A nivel del piso.
- C.- Elevados.

Para tubería que conduce fluidos a altas presiones y/o temperaturas y que por consiguiente producen movimientos vibratorios o dilataciones que es necesario absorber, se coloca un tipo especial de soportería llamada dinámica, la cual consta de dispositivos a base de resortes, accesorios hidráulicos y en ocasiones neumáticos. Los soportes elevados pueden ser de concreto o de acero.

## 8.10 Instalación de tubería

Para iniciar la fase de montaje de tubería, se debe contar con todo el equipo de proceso ya instalado, así como los edificios y estructuras necesarias para soportar la tubería.

El montaje de tubería se inicia con la localización del lugar de colocación de la tubería con base a los planos suministrados por la especialidad de tuberías de la ingeniería de detalle, y se selecciona la tubería correspondiente, verificando número de pieza, diámetro, longitud y cédula. Posteriormente a la colocación de la tubería en el lugar indicado se alinea y nivela, para después enroscarla o soldarla.

### **8.11 Pintura y Aislante de Tubería**

El tipo de pintura a aplicar dependerá de las condiciones ambientales bajo las que esté expuesta la tubería, así por ejemplo, si el aire atmosférico tiene elevados contenidos de humedad, o si existe la presencia de gases corrosivos será necesario aplicar una pintura anticorrosiva. La última capa de pintura de la tubería deberá ser del color seleccionado de acuerdo a códigos establecidos en función del fluido transportado.

### **8.12 Aislante de Tuberías y Equipos**

Los objetivos principales de colocar aislantes en tuberías y equipo son:

- 1.- Protección y confort del personal de operación.
- 2.- Protección de la planta.
- 3.- Evitar pérdida o ganancia de energía térmica en el fluido manejado, por haber entre éste y el medio ambiente temperaturas diferentes, estos tipos de fluidos son: vapor, fluidos frigoríficos, entre otros.

Los materiales aislantes pueden ser clasificados en los dos grupos siguientes:

#### 1.- Aisladores Térmicos.

- a) Materiales minerales fibrosos o celulares, como es el asbesto, el vidrio, el silice, las rocas o escorias.
- b) Materiales orgánicos fibrosos o celulares, como la caña, el algodón, el caucho, la madera, la corteza de árbol y el corcho.
- c) Plásticos orgánicos celulares, como el poliestireno o el poliuretano.
- d) Metales que reflejan el calor (que deben de dar a espacios vacíos o llenos de aire o gas).

#### 2.- Aisladores Criogénicos.

- a) Al alto vacío. Consiste en el empleo de un alto vacío en recipientes de paredes dobles con superficies reflejantes.
- b) Aislamiento de capas múltiples. En este tipo de aislamiento, los escudos reflejantes de la radiación, de baja emitancia, separados por espaciadores de conductancia muy baja, se exponen a un alto vacío.

- c) Aislamiento de polvo evacuador. Tiene la ventaja sobre el alto vacío solo o el aislamiento de capas múltiples de que conserva una resistencia notable al flujo de calor en el caso de que falle el vacío. Los polvos están divididos en forma muy fina y sirven para reducir tanto la convección como la irradiación.
  
- d) Espumas rígidas. Las espumas rígidas no son tan eficientes como los anteriores aislantes criogénicos, pero tienen la ventaja de no requerir una atmósfera evacuada, lo que permite la construcción de tubería o recipiente de un sólo casco.

La selección del aislante más adecuado depende de: la temperatura del material a aislar, la temperatura del medio ambiente, humedad, características químicas del medio ambiente, la cantidad de energía máxima permisible liberada o absorbida y de factores económicos.

De las características importantes a considerar de los aislantes durante su selección son:

1.- Propiedades físicas.

- a) Conductividad térmica.
- b) Calor específico.
- c) Coeficiente de expansión.
- d) Dureza.
- e) Resistencia a la fatiga.
- f) Resistencia al fuego.

## 2.- Propiedades químicas.

- a) Composición química.
- b) Naturaleza corrosiva.
- c) Toxicidad.

### 8.12.1 Instalación del Aislante

#### Tuberías.

Las tuberías pequeñas se aíslan con secciones semicilíndricas prefabricadas y colocadas sobre la tubería. Las tuberías grandes se pueden aislar con segmentos planos, curvos o semicilíndricos. Los accesorios y las válvulas se cubren con aisladores premoldeados.

Métodos de fijación. El aislante en tuberías de pequeño diámetro se puede sostener con abrazaderas de metal. En tuberías grandes se puede necesitar un vendaje o un alambrado suplementario.

#### Tanques, Recipientes y Equipos.

Las superficies planas, curvas e irregulares, como las de depósitos, recipientes, calderas, se aíslan normalmente con bloques planos, segmentos curvos, asbesto rociado, etc.

Método de fijación. En recipientes cilíndricos de diámetro pequeño, el aislamiento se puede fijar mediante un vendaje en torno a la circunferencia. En recipientes mayores, el vendaje se puede complementar con ménsulas de ángulo de hierro para sostener el aislamiento y evitar que se deslice.

### 8.13 IDENTIFICACION DE TUBERIAS

La identificación de tuberías tiene la finalidad de conocer de manera rápida, tan solo observando la tubería, el tipo de fluido que circula por ésta. Esto es importante principalmente en casos de emergencia.

Se ha establecido un código para identificación de tubería por la "American Standard Association", y publicado por la Sociedad Americana de Ingenieros Químicos. La norma está basada en una clave y un color de identificación.

Una identificación en ocasiones usada es una leyenda escrita en la tubería del fluido que circula en ésta. Además puede darse información suplementaria como es: peligrosidad o usos del fluido transportado. También es frecuente el uso de flechas para indicar la dirección del flujo.

## CAPITULO NUEVE

### PRUEBA Y ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES

---

La prueba y arranque de la planta industrial es la etapa culminante de un proyecto industrial, en ésta se verifica que todo ha sido fabricado conforme a diseño, se prueba el correcto funcionamiento de todas y cada una de las partes que integran el proceso y por último se arranca la planta industrial para obtener el producto deseado con la calidad preestablecida.

Para cada planta industrial diferente habrá un conjunto diferente de actividades necesarias ha realizar para probarla y ponerla en marcha, aunque hay ciertas actividades ( generalmente las más importantes ) que pueden ser consideradas como comunes para la mayoría de plantas industriales. Esta sección es dedicada a presentar y explicar dichas actividades más importantes que intervienen durante la prueba y puesta en marcha de plantas industriales.

Los principales documentos de diseño usados para realizar esta última etapa del proyecto son:

- Plano de arreglo general de la planta
- Diagramas de flujo de proceso

- Diagramas de balance de servicios auxiliares
- Diagramas de tubería e instrumentación
- Planos de construcción de la planta
- Diagramas unifilares
- Hojas de especificación de equipo
- Planos isométricos
- Manual de operación

Acontinuación se explicarán tipo y secuencia de actividades a realizar durante la prueba y puesta en marcha de la planta industrial.

## 9.1 INSPECCION DE LA PLANTA

### 9.1.1 Tubería

Antes del arranque se debe inspeccionar minuciosamente las tuberías, poniendo especial atención en los siguientes aspectos:

1.-Verificar que las especificaciones de cada tramo de tubería y accesorios concuerde con la información presentada en los diagramas de tubería e instrumentación, y que sus dimensiones y orientaciones correspondan con el isométrico respectivo.

2.-En cuanto a materiales y especificaciones de soldadura se verifica que sean correctos, esta inspección se realiza mediante el radiografiado industrial, el porcentaje de juntas por radiografiar se efectua de acuerdo al siguiente criterio:

A.-Todas las radiografías que conducen gases, ácidos o soluciones ácidas se radiografian a 100%.



- B.-Las líneas de servicios auxiliares, vapor condensado, gas combustible, aire de instrumentos, y aire de plantas, se radiografian al 5%.
- C.-Las líneas que transportan agua desmineralizada, agua para la planta y agua de enfriamiento no se radiografian.
- 3.-Comparar contra el plano de sistema contra incendio, la localización de los monitores e hidrantes, revisando que toda la planta quede protegida por el sistema.
- 4.-Verificar que los colores de las tuberías sean de acuerdo a un código preestablecido.
- 5.-Se checa que no sean instaladas las placas de orificio ni los medidores de desplazamiento positivo y rotámetros, y se aislarán o desmontarán las válvulas de control hasta que las líneas sean lavadas.

#### 9.1.2 Instrumentos

A medida que la construcción lo permite, el ingeniero instrumentista del departamento de recepción de plantas, checa el desarrollo de los trabajos de esta especialidad. Dentro de las primeras actividades está la de revisar cuidadosamente los instrumentos con el fin de comprobar que sus especificaciones estén de acuerdo a la información presentada en las hojas de especificación elaboradas por los especialistas en instrumentación. Se revisa que se encuentren las partes de repuesto necesarias y se verifica que el lugar en que se localizarán los instrumentos sea el adecuado, para lo cual se toman en cuenta criterios como los siguientes:

- A.- Que no se localicen los instrumentos en las principales líneas de tráfico.

B.- Que los manómetros, termómetros y demás dispositivos estén orientados en la posición que de mayor facilidad de observación a los operadores.

C.- Que todos los componentes de instrumentos sean accesibles.

La revisión de los circuitos de control se inicia con la calibración de instrumentos antes de ser instalados. La calibración puede definirse como la comparación entre la lectura indicada por un instrumento determinado y el valor indicado por un estándar conocido.

La calibración puede ser efectuada por las siguientes personas:

- 1.- Por personal del fabricante, proveedor o usuario, en el lugar de fabricación o en el local del proveedor, antes de ser enviado el instrumento a la planta.
- 2.- Por personal del fabricante, proveedor o usuario en la planta pero antes de ser instalados.
- 3.- Por personal del fabricante, proveedor o usuario en la planta después de ser instalados.
- 4.- En ocasiones se confía en el control de calidad del fabricante ( es decir no se realiza la calibración ).

En la revisión final de un circuito de control se verifica que:

- A.- Todos los elementos estén instalados, calibrados y probados para una función adecuada.
- B.- Todas las escalas y cartas estén instaladas y con los rangos apropiados.
- C.- Todos los dispositivos de alarmas y disparos estén ajustados a los valores requeridos para lograr la debida protección de equipos y sistemas.
- D.- La acción de la válvula de control a falla de aire sea la especificada.
- E.- Exista la continuidad de los circuitos de control del cuarto de control al campo, así como en sentido inverso.

### 9.1.3 Equipo Mecánico Instalado.

El equipo mecánico está integrado por: bombas, compresores, turbinas, ventiladores, agitadores y en general todo el equipo de potencia. La inspección del equipo mecánico después de haber sido instalado tiene la finalidad de conocer fallas tanto de fabricación como de instalación y corregirlas para asegurar su buen funcionamiento.

Los siguientes puntos son de los más importantes a considerar durante la inspección del equipo mecánico instalado.

## INSPECCION DE EQUIPO MECANICO

- 1.- Limpiar el sistema de lubricación
- 2.- Revisar la circulación correcta del lubricante
- 3.- Limpiar y revisar el sistema de enfriamiento (si aplica)
- 4.- Revisar la instrumentación asociada con la operación del equipo, sobre todo lo referente a alarmas.
- 5.- Revisar el anclaje del equipo y las conexiones de este con las tuberías.
- 6.- Revisar que las flechas e impulsores giren libremente sin ninguna obstrucción.
- 7.- Revisar que se hayan instalado filtros temporales a la succión de los equipos.
- 8.- Operar el motor sin carga; es decir, desacoplado.
- 9.- Acoplar el motor con el equipo y verificar la correcta alineación.
- 10.-Revisar el sistema de sello ( prensa estopas, sello mecánico ).
- 11.-Operar el equipo sin carga, y revisar vibraciones y/o calentamiento excesivo de rodamientos.
- 12.-Operar el equipo con carga y revisar nuevamente vibraciones y calentamientos..
- 13.-Evaluar el funcionamiento del equipo. Llenar las hojas de pruebas con todos los datos significativos, y parar el equipo.

Tabla 9.1

#### 9.1.4 Instalaciones Eléctricas

Antes de probar la planta y ponerla en marcha se inspeccionan las instalaciones eléctricas, esta inspección se efectúa principalmente en:

- A.- Sistemas de tierras y apartarrayos.
- B.- Especificación de material y equipo eléctrico de acuerdo a la clasificación de áreas.
- C.- Iluminación.
- D.- Conexiones a motores e instrumentos.

#### A.- Sistemas de Tierras y Apartarrayos.

Los sistemas de tierras y apartarrayos tienen la finalidad de proteger al personal, equipo, e instalaciones eléctricas en general de descargas atmosféricas, cargas estáticas o choques eléctricos producidos por diferencias de potencial ya sea por contacto de conductores sin aislantes con partes metálicas o bien por el paso de corriente de falla.

#### B.- Especificación de material y equipo eléctrico de acuerdo a la clasificación de áreas.

La inspección de este punto consiste primeramente en clasificar las áreas peligrosas de acuerdo a la presencia de gases, líquidos, o vapores flamables, y posteriormente conocer si en dichas áreas se encuentra equipo eléctrico que pueda causar la ignición de una mezcla flamable por calentamiento, arco o chispa. La presencia de arcos o chispas eléctricas pueden ocurrir en las

escobillas de los conmutadores, cierre y aperturas de contactos, etc. Después de haber clasificado las áreas e identificado los equipos que en ellas se encontrarán, se implementan las medidas de seguridad que se consideren necesarias, por ejemplo, cerrar herméticamente el equipo eléctrico en cajas que soporten explosión, a la vez enfriando los gases flamables durante su salida al medio circundante, etc., esto para evitar explosiones en dichas áreas peligrosas.

#### C.- Iluminación.

Se verifica antes de poner en marcha la planta se cuenten con todas las instalaciones eléctricas necesarias para dar una iluminación adecuada durante la operación nocturna, además se revisa que las luces de emergencia funcionen correctamente.

#### D.- Subestación y conexiones a motores e instrumentos.

De la subestación se revisa principalmente el aislamiento del bus, las conexiones de barras, el alumbrado, los instrumentos y los elementos térmicos. También se revisa la continuidad y correcta conexión tanto a motores como a instrumentos y el ajuste adecuado de alarmas y disparos.

#### 9.1.5 Drenajes.

La inspección del sistema de drenajes tiene la finalidad de conocer su correcto funcionamiento al tener que desalojar una cantidad de agua equivalente a la requerida para hacer frente a

una emergencia de incendio en el área; cantidad que previamente se determina al hacer una prueba de inundación. Se observa durante esta prueba si el diámetro de los ductos es el adecuado o si presenta la formación de áreas inundadas ya sea por obstrucción o por insuficiencia. Se verifica también que el tamaño, número y localización de alcantarillas sea el correcto y que el material de construcción para el drenaje aceitoso, pluvial y sanitario sea el adecuado. Para realizar la inspección se utilizan los planos de ductos subterráneos y de sistemas de drenajes.

## 9.2 LIMPIEZA

Después de haber efectuado una inspección general en la planta y haber solucionado los problemas encontrados, se lleva a cabo una limpieza tanto en equipo como en tuberías.

Antes de efectuar la limpieza se verifica que no estén instaladas las placas de orificio, medidores de desplazamiento positivo, rotámetros y demás restricciones en la tubería. Se desmontan o bloquean las válvulas de control antes del lavado, esto último abriendo la válvula de compuerta de la derivación (bypass), se colocan mallas en las succiones de las bombas, y se verifica que no estén presentes otros componentes que se puedan dañar, por ejemplo los elementos filtrantes de los filtros o los catalizadores de los reactores.

El lavado de las tuberías se hace con el fin de eliminar pedacera de materiales, lodo, estopas, tuercas, polvo y demás materiales que puedan causar daño en el proceso. Esta limpieza se efectúa generalmente con agua, aunque en ocasiones cuando la

suciedad es muy difícil de eliminar, por ejemplo aceite, se efectúa un lavado químico, y cuando la parte a limpiar no debe mojarse con agua porque contendrá más tarde reactivos químicos (en equipos como reactores o sistemas de regeneración del catalizador) deben ser totalmente soplados con aire. Los sistemas de refrigeración que más tarde trabajarán a baja temperatura se secan usando aire a temperatura aproximada de 250 °F esto para asegurar la ausencia de humedad en la tubería.

Para elaborar un programa y un control de limpieza es conveniente dividir a la planta en circuitos (sistemas de fraccionamiento, regeneración, horno, reactor, etc.)

Después de efectuarse el lavado total de la planta, debe drenarse perfectamente todo el equipo y tuberías, eliminar las mallas de las succiones de las bombas colocadas para el lavado de éstas y se instala todo aquello que se desmonte para efectuar la limpieza, como son: medidores de flujo, medios filtrantes, catalizadores, válvulas de control etc.

### 9.3 PRUEBA DE LA PLANTA INDUSTRIAL.

Esta prueba se realiza inmediatamente antes de poner en marcha la planta industrial, tiene la finalidad de comprobar que los equipos y componentes eléctricos ya instalados posean la resistencia mecánica y hermeticidad necesaria para tener un adecuado funcionamiento del proceso y aun soporten probables condiciones anormales de funcionamiento.

Esta prueba se realiza principalmente a:

- 1.- Recipientes, Tuberías y sus Accesorios
- 2.- Instalaciones eléctricas



## Prueba en Recipientes, Tuberías y Accesorios.

Para conocer si los recipientes, tuberías y accesorios soportarán no solo la presión a la que serán sometidos durante la operación normal del proceso sino también presiones mayores debido a posibles anormalidades, será necesario probarlos antes de su funcionamiento normal. La prueba en éstos equipos consiste en introducirles fluido y aumentar su presión hasta alcanzar una presión generalmente igual a la de diseño, los fluidos utilizados pueden ser agua, aire o gases inertes.

El agua cruda se usa para equipos de acero al carbón, agua tratada para equipos de acero inoxidable. El aire es usado principalmente en las tuberías que distribuyen aire para instrumentos, ya que la presencia de humedad en la mayoría de instrumentos daría lecturas incorrectas y dañaría los aparatos, también es usado el aire en tuberías de distribución de combustible, y en los sistemas de refrigeración.

Se deben tener en cuenta una gran cantidad de detalles antes de efectuar las pruebas de presión, por ejemplo si la prueba es hidrostática se debe revisar que los soportes de los distintos equipos sean capaces de soportar el peso de equipo totalmente llenos de agua. También se debe revisar si los dispositivos internos con que cuentan los distintos equipos son capaces de soportar la presión que se alcanzará durante la prueba, sino la soporta deberán ser desmontados para evitar rupturas o descomposturas, es el caso por ejemplo de flotadores en recipientes y de algunos otros mecanismos de medición.

Los tubos de vidrio utilizados frecuentemente como indicadores de nivel también deben ser probados hidrostáticamente

sobre todo si el recipiente al cual estarán conectados trabaja a presión. En este caso se debe tener cuidado durante la realización de la prueba pues el tubo puede romperse y los pedazos de cristal saldrían expulsados a una velocidad considerable.

Los equipos o accesorios conectados a la tubería, por ejemplo filtros o secadores con presión de prueba recomendable menor que la presión de prueba mínima para el circuito de tubería, deberán removerse del sistema, bloquearse o aislarse antes de la prueba. Las válvulas de relevo y discos de ruptura siempre deberán ser desmontados o bloqueados antes de la prueba a presión.

Para elaborar un adecuado programa y control de las pruebas es conveniente dividir a la planta en circuitos, cada uno debe integrar líneas y equipos que trabajen a condiciones semejantes de presión y temperatura. Esto facilita la elaboración de las pruebas, por ejemplo minimizando el número de juntas ciegas por instalar.

La presión de prueba mínima para las tuberías es de 1.5 veces la presión de trabajo. Si la temperatura de trabajo es superior a 343 °C la presión de prueba mínima es dada por la siguiente ecuación.

$$P_p = 1.5 P_d \frac{S_p}{S_d}$$

Donde:

$P_p$  = Presión hidrostática mínima de prueba ( kg/cm )

$P_d$  = Presión de diseño ( kg/cm )

$S_p$  = Esfuerzo permisible a 650 F ( kg/cm )

$S_d$  = Esfuerzo permisible a la temperatura de diseño (kg/cm)

La presión de prueba neumática generalmente es de 110% la presión de diseño.

Para torres y recipientes la presión de prueba generalmente es la especificada por el departamento de ingeniería. En el caso de cambiadores de calor, se prueban separadamente el cuerpo y los tubos, poniendo especial atención en las uniones tubo-espejo, estas uniones resultan las más frágiles y por lo tanto es el lugar en el que hay más posibilidad de encontrar fugas.

Normalmente estas pruebas son desarrolladas de acuerdo a los procedimientos figados por los distintos códigos de diseño de equipo a presión. En estos códigos se establecen las presiones de prueba en función de la presión de operación del sistema o del equipo. La ISA (Instrument Society of America) a desarrollado una serie de procedimientos y estándares entre los que se encuentra el ISA RP 7.1 que describe los métodos para llevar a cabo pruebas neumáticas en las líneas de transmisión de las señales. Se deben probar neumáticamente todos los componentes y conexiones del sistema de control. Previo a estas pruebas, se deben limpiar y soplar todas las líneas con el objeto de eliminar cualquier material extraño.

#### Pruebas de equipo en caliente.

Algunos equipos deben ser probados a su temperatura de operación con objeto de detectar posibles fugas. Este tipo de procedimientos son conocidos como pruebas de equipos en caliente. Los siguientes son ejemplos de equipos que normalmente deben pasar por estas pruebas:

- Reactores catalíticos de cama empacada que en operación normal son calentados o enfriados por medio de aceite térmico o

por medio de sales fundidas. El catalizador podía sufrir contaminación irreversible si se presentan fugas del medio transmisor de calor.

▪ Secador rotatorio , en el que se deben evitar las fugas de material a la atmósfera y la entrada de aire frío a su interior. Las fugas en estos casos se pueden presentar como consecuencia de las altas temperaturas o bien a causa de enfriamiento del equipo una vez que éste ha terminado de operar.

Para evitar el choque térmico en el equipo, la temperatura del medio de calentamiento se debe incrementar paulatinamente. De antemano deberán establecerse los procedimientos para la verificación de fugas y los métodos de separación que se utilizarán en caso de ser necesarios. Si los trabajos de soldadura para eliminar una fuga no son realizados adecuadamente, se pueden producir esfuerzos que ocasionen fugas adicionales de mayor tamaño.

Un punto a considerar durante estas pruebas es la uniformidad que se debe tener en la temperatura de todo el equipo. La expansión diferencial que se puede producir como consecuencia de un gradiente de temperatura durante la prueba ocasiona la deformación y desperfecto de los equipos desde antes de su arranque.

Es común que durante las pruebas no se preste especial atención a los ductos, tuberías y equipos que opera a presiones muy cercanas a la atmosférica; sin embargo se debe examinar detenidamente su hermeticidad pues puede suceder que estos sistemas manejen sustancias tóxicas o inflamables y una fuga de éstos materiales durante el arranque y operación de la planta puede ocasionar accidentes de muy graves repercusiones.

La hermeticidad también debe ser probada en equipos que trabajan a vacío. Para esto, se adquiere el vacío, normalmente usando el mismo equipo de la planta (eyectores o bombas de vacío), después se bloquea el sistema, si la presión se incrementa será indicio que hay entrada de aire, si este es el caso, intencionalmente se elevará la presión del sistema por encima de la atmosférica y se buscará eliminar la fuga. La continuidad en tuberías, equipos y sistemas puede comprobarse con un flujo de aire seco y limpio para evitar que se queden juntas ciegas olvidadas y que impidan el flujo normal de operación.

Después de terminadas las pruebas en equipos y líneas se drenan completamente, se lavan, se secan, se desmontan los accesorios solo usados para la prueba y se instalan los instrumentos y demás accesorios que se desmontaron para evitarles daños durante las pruebas.

Una vez hecho lo anterior es conveniente introducir los servicios auxiliares, esto permite realizar las pruebas de los circuitos neumáticos y eléctricos de control y protección, la verificación de instrumentos y válvulas automáticas y la corrida de prueba para bombas, equipo mecánico y unidades paquete.

#### Pruebas e instalación de equipo eléctrico.

La prueba final de los transformadores, interruptores, motores, arrancadores y sistemas de control de la planta tiene la finalidad de confirmar que se encuentren en condiciones de operar satisfactoriamente de acuerdo a los requerimientos del proceso.

## 9.4 ARRANQUE INICIAL DE PLANTAS INDUSTRIALES

Para iniciar las operaciones de una nueva planta se requiere fundamentalmente lo siguiente.

- 1.- Pruebas preoperativas totalmente terminadas ( pruebas, hidrostáticas, neumáticas, eléctricas, dinámicas, etc.)
- 2.- Personal para arranque y operación de la planta altamente capacitado.
- 3.- Materia prima y materiales químicos auxiliares en cantidad y calidades necesarias.
- 4.- Programa de arranque elaborado

Para definir tipo y secuencia de actividades a ejecutarse para el arranque de plantas industriales resulta conveniente dividir a ésta última en secciones, las secciones principales en plantas industriales son :

- 1.- Servicios auxiliares.
- 2.- Preparación de materias primas.
- 3.- Reacción.
- 4.- Recuperación.
- 5.- Refinación de producto terminado.

### 9.4.1 Servicios Auxiliares

Generalmente ésta es la primera sección en ser arrancada, pues dará servicio a las demás. Esta sección está integrada principalmente por los sistemas de : energía eléctrica, agua de proceso, agua contra incendio, vapor y aire comprimido.

**Energía Eléctrica .-** Este es el primer servicio que entra en operación, su arranque incluye energizar todas las líneas para contar con el flúido eléctrico en los puntos que se requiera.

**Agua de Enfriamiento.-** Esta se obtiene generalmente de torres de enfriamiento y su operación inicia con el llenado de agua limpia a la pileta , enseguida se arrancan las bombas de recirculación de agua las cuales previamente han sido examinadas y probadas tanto mecánica como eléctricamente; el agua se hace circular por las tuberías habriendo las válvulas del drenado de manera que arrastre todo el oxido, escoria y materiales extraños hacia el drenaje. Una vez que comienza a salir limpia se cierran los drenes y se recircula el agua hacia la torre, para posteriormente arrancar los ventiladores.

**Vapor.-** La alimentación del vapor a los sistemas de distribución debe ser lenta y en forma gradual, y mientras la tubería va creciendo por el aumento de temperatura se debe observar el correcto funcionamiento de las expansiones y soportes. Es posible que parte del primer flujo de vapor que entra a las tuberías se condense por la baja temperatura de éstas, si esto sucede se presentarán golpes de ariete causando daños a la tubería, para evitar esto se disminuye la velocidad de flujo de vapor mientras se eliminan los condensados se eleva la velocidad del vapor hasta obtener los flujos requeridos y por último se ventean los incondensables abriendo los venteos en los equipos de intercambio de calor.

Posterior a la puesta en marcha de los servicios y una vez que estos se encuentran operando en forma satisfactoria, se procede al arranque de las demás secciones. Para ésto, es recomendable en muchas plantas comprar producto de tal forma que se pueda arrancar con éste la sección de refinación de producto terminado. Después se arrancan la sección de preparación de materia prima y por último las secciones de reacción y recuperación, las cuales están estrechamente vinculadas.

## 9.5 PLANEACION Y CONTROL

Una herramienta valiosa y de gran ayuda en la planeación, ejecución y control del arranque, es el uso de diagramas lógicos, también conocidos como diagramas de flechas. En la figura 9.1 se muestra el diagrama lógico para el arranque de un compresor de gas. Como se puede observar, todos los pasos necesarios para alcanzar un objetivo dado son ordenados en una secuencia lógica. Las actividades subsecuentes a un nodo determinado en el diagrama no pueden o no deben iniciarse hasta que no hayan sido terminadas todas aquellas actividades que confluyen en dicho nodo. Se puede observar también que varios paquetes de actividades o subsistemas pueden ser desarrolladas por separado y simultáneamente de tal forma que en un momento dado desembocan en un mismo punto que permite la continuación de las actividades del sistema global. La descripción de cada actividad debe ser concisa y muy clara para facilitar la comprensión de la misma por parte del personal operativo. Así como en éste equipo también se puede construir el diagrama para el arranque de toda la planta en el cual obviamente el arranque del compresor estará indicado como una sola actividad sobre una flecha correspondiente. Este tipo de diagramas es de mucha utilidad no solo en el arranque en sí sino también en el entrenamiento del personal, ya que permite al instructor mostrar la importancia de una actividad específica. El operador por su parte puede captar rápidamente y de una manera sencilla y práctica el panorama global de todas las actividades a desarrollar para el arranque. Dentro del diagrama se suelen usar líneas punteadas para indicar actividades ya realizadas. Esto permite que con el diagrama se puede mostrar de una manera muy práctica el estado y avance que guarde el arranque. También pueden mostrarse las flechas de terminación requeridas en cada nodo con lo cual el uso del diagrama permite un mejor control.



Después del arranque, el personal que colaboró en él permanecerá el tiempo necesario para vigilar que todos los equipos de proceso en todas las secciones de la planta funcionen adecuadamente con los fluidos de proceso y se esté obteniendo producto con la calidad preestablecida en el diseño del proceso, también se evalúa en este momento la velocidad de producción, los rendimientos de materias primas y los consumos unitarios de servicios auxiliares entre otros aspectos.

## **9.6 PERSONAL QUE PARTICIPA EN LA PRUEBA Y ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES**

Las especialidades que intervienen en el arranque son variadas cada una de ellas con funciones específicas. Algunas de estas especialidades son:

**Ingenieros Mecánicos.-** Se encargan del correcto funcionamiento del equipo dinámico, tal como, bombas, agitadores, turbinas, compresores, etc., así como de la reparación y/o remplazo de tubería e instalación de aislante.

**Ingenieros Instrumentistas.-** Se encargan de la calibración, instalación y mantenimiento de los circuitos eléctricos y neumáticos.

**Ingenieros Electricistas.-** Se revisan y reparan en colaboración con los Ingenieros Mecánicos los motores eléctricos, además revisan y reparan los sistemas de arranque y paro del equipo dinámico.

**Personal de Laboratorio y control de calidad .-** Llevan a cabo los análisis que se requieren durante el arranque los cuales pueden caer dentro de las siguientes categorías:

Después del arranque, el personal que colaboró en él permanecerá el tiempo necesario para vigilar que todos los equipos de proceso en todas las secciones de la planta funcionen adecuadamente con los fluidos de proceso y se esté obteniendo producto con la calidad preestablecida en el diseño del proceso, también se evalúa en este momento la velocidad de producción, los rendimientos de materias primas y los consumos unitarios de servicios auxiliares entre otros aspectos.

## **9.6 PERSONAL QUE PARTICIPA EN LA PRUEBA Y ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES**

Las especialidades que intervienen en el arranque son variadas cada una de ellas con funciones específicas. Algunas de estas especialidades son:

**Ingenieros Mecánicos.-** Se encargan del correcto funcionamiento del equipo dinámico, tal como, bombas, agitadores, turbinas, compresores, etc., así como de la reparación y/o remplazo de tubería e instalación de aislante.

**Ingenieros Instrumentistas.-** Se encargan de la calibración, instalación y mantenimiento de los circuitos eléctricos y neumáticos.

**Ingenieros Electricistas.-** Se revisan y reparan en colaboración con los Ingenieros Mecánicos los motores eléctricos, además revisan y reparan los sistemas de arranque y paro del equipo dinámico.

**Personal de Laboratorio y control de calidad .-** Llevan a cabo los análisis que se requieren durante el arranque los cuales pueden caer dentro de las siguientes categorías:

A.- Análisis de las corrientes de proceso. De los resultados de estos surgen las modificaciones de carácter inmediato que se deben hacer en las condiciones de operación de la planta.

B.- Análisis de calidad de producto terminado.

Previo al arranque se deberá contar con un programa de análisis en el que se detallen las corrientes que deberán ser mostradas y la frecuencia con que se deberán tomar dichas muestras.

## 9.7 PROBLEMAS TIPICOS EN EL ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES

Los problemas que se presentan en el arranque de plantas pueden ser agrupados en tres categorías.

1.- Fallas debido a descomposturas mecánicas y/o eléctricas. Algunas de las anomalías incluidas en este punto son: flechas desalineadas, cortos circuitos, taponamiento en líneas.

2.- Equipo mal diseñado o fabricado.- Ejemplos de estas fallas son torres que se inundan al operarse a los flujos de diseño del vapor y del líquido, motores que se sobrecalientan porque las condiciones de operación sobrepasan sus características de diseño, cambiadores de calor con caídas de presión excesiva.

3.- Fallas en el proceso debido a un mal diseño de la ingeniería Básica y/o Ingeniería de Detalle.

Se considera que aproximadamente cerca del 75% de los problemas son debidos a la descompostura de equipos, el 20% a equipos inadecuados, y tan solo un 5% al equivocado diseño de proceso. ( Ganz, M., "the a to Plant Startup", Chemical Engineering, Mzo. 15, 1975 pp 72-73 )

## Problemas Típicos Con Algunos Equipos.

A manera de ejemplo se da a continuación los problemas típicos de tres de los equipos más comunes en la industria de proceso.

### 1.- Intercambiadores de calor.

Los problemas observados en estos equipos con más frecuencia son:

A.- Cambios en los valores de temperaturas de entradas y salidas tanto del fluido frío como del caliente.- Esto es debido principalmente al depósito de incrustaciones y/o a la presencia de materiales extraños en el intercambiador o en las corrientes de proceso. Cuando se emplea vapor como medio de calentamiento, puede suceder que las trampas no operen adecuadamente lo que ocasionaría que las líneas y el equipo se inunden de condensado y se pierda área para la transferencia de calor, provocando por lo tanto cambios en los valores de temperatura de los fluidos, detectables a la salida del intercambiador de calor.

B.- Caída de presión excesiva en el intercambiador.- Esto también es debido a la presencia de las incrustaciones o de materiales extraños en el intercambiador, sin embargo, esta situación no es fácil de detectar a menos que el taponamiento sea considerable.

C.- Fugas a través de empaques y bridas.- Este tipo de problemas se presenta sobre todo en equipos que operan a temperaturas elevadas. Si las fugas son internas, pueden ser debidas a la perforación de un tubo por defectos de fabricación o inadecuada selección del material y espesor de los tubos, tal que el equipo no soportó las condiciones de operación.

## 2.- Bombas

Los problemas más frecuentes en este tipo de equipos son:

A.- Sobrecarga en el motor de la bomba .- esto puede ser ocasionado por diámetros muy grandes de las tuberías dando como resultado un flujo volumétrico también grande. La condición de flujo excesivo se puede presentar también cuando una bomba que bajo condiciones normales de operación descargará a un recipiente a presión elevada se prueba descargando hacia un recipiente de menor presión. Cuando se tienen problemas en las condiciones de operación se deben consultar las curvas de la bomba proporcionadas por el fabricante y compararlas con la curva del sistema.

B.- Cavitación .- En ocasiones aparecen burbujas de vapor en la succión de la bomba, éstas son succionadas por la bomba y pasan de una región de baja presión a regiones de elevada presión dentro del cuerpo de la bomba, éstas presiones pueden ser tan elevadas que causen la implosión ( condensación brusca ) de las burbujas, causando choques del líquido con la carcasa e impulsores de la bomba, y ocasionando además de un ruido intermitente la erosión de las partes internas de la bomba. Para que no suceda esto se debe evitar la aparición de burjas en la succión de la bomba y esto se impide si la presión en la succión es mayor que la presión de vapor del fluido a la temperatura en que se encuentra, esta presión se puede incrementar, por ejemplo, elevando el tanque de succión de la bomba.

C.- Nula presión de descarga .- Esto es indicativo de la presencia de una bolsa de aire, por lo tanto es necesario purgar (llenar de líquido) la bomba. Además si la bomba trabaja largo tiempo sin dar presión de descarga puede dañarse por el calentamiento que se produce como consecuencia de la fricción.

### 3.- Compresores

Algunos de los problemas típicos en este equipo son:

A.- Un aumento en la temperatura del cilindro en compresores reciprocantes.- Esto es debido principalmente a la presencia de líquidos (remanentes de la prueba hidrostática) arrastre de polvos, provenientes del cabezal de alimentación. La acción abrasiva del polvo originará en poco tiempo desgaste en los anillos del pistón. Para eliminar este problema, se deben instalar lámparas y filtros a la succión del compresor durante el arranque.

B.- Vibraciones.- Su origen es principalmente por tres causas, presencia de materiales extraños en el interior de la carcasa del compresor, anclaje defectuoso, desalineación, etc.

### 4.- Equipo Eléctrico.

Es probable la penetración de humedad y polvo a las instalaciones eléctricas durante la etapa de construcción y prueba de la planta industrial. Esto ocasiona falsos contactos, cortos circuitos y sobrecalentamientos.

### 5.- Bolsas de Agua.

Después de efectuar las pruebas hidrostáticas puede haber drenados incompletos, quedando bolsas de agua, éstas al llegar a zonas de alta temperatura durante el arranque de la planta pueden vaporizar con fuerza explosiva dañando las partes internas de los equipos, para evitar esto es conveniente además de drenar lo más posible el agua y calentar el equipo lentamente.

## CAPITULO DIEZ

### ADMINISTRACION DE PROYECTOS INDUSTRIALES

---

Las funciones en las cuales se ha clasificado la administración para su estudio son: Planeación , Organización, Dirección y Control, algunos autores emplean términos diferentes pero las funciones son las mismas. Considerando de manera general, la planeación es la función que define: ¿Qué hacer?, ¿Cómo hacerlo?, ¿Cuándo hacerlo?. La Organización se refiere a ¿Quién va hacer cada cosa?, es decir, agrupa las actividades comunes y elige al personal más adecuado a quien se le da la responsabilidad y asigna autoridad que le permitan efectuar las actividades eficientemente. La dirección se refiere al arte de inducir a los subordinados a cumplir sus tareas eficientemente. El control es la evaluación de los resultados en relación con el plan propuesto.

La manera exacta de administrar proyectos es única para cada tipo de industria, ya sea pequeña o de gran tamaño, de una planta química, petroquímica, siderúrgica o alimentaria (solamente por considerar algunas ramas industriales). Sin embargo los principios administrativos ( Planeación, Organización, Dirección y Control ) son comunes a cualquier tipo y magnitud de proyecto, y son una función dinámica que constantemente se está retroalimentando.

## ETAPAS PRINCIPALES EN LA PLANEACION DE PROYECTOS

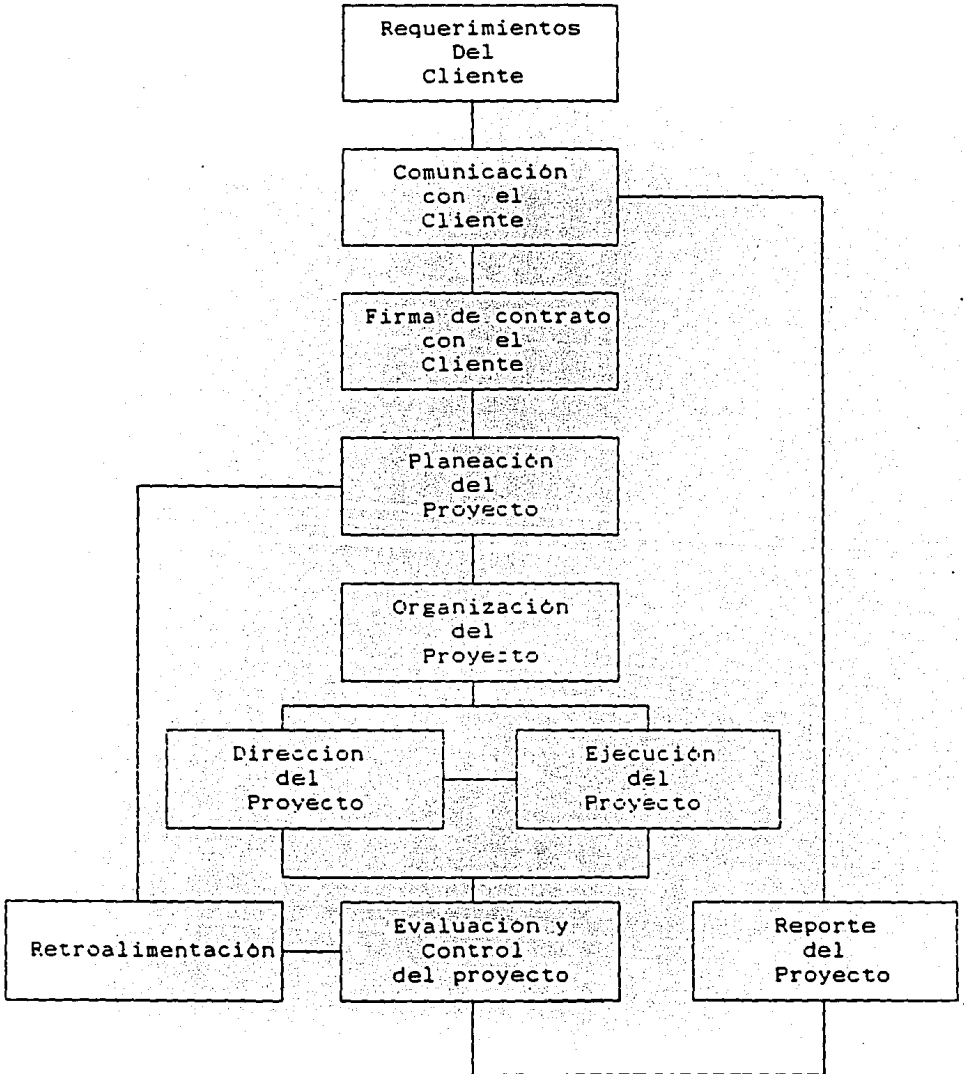


Figura 10.1



En cualquiera de las etapas de ejecución de un proyecto es importante planear exactamente los resultados que se desean obtener, organizar los recursos necesarios tanto humanos como materiales, integrar al grupo de trabajo y dirigirlo hacia el logro de los resultados, y finalmente evaluar los resultados obtenidos.

Las funciones administrativas ; Planeación, Organización, Dirección y Control son expuestas con más detalle a continuación.

## 10.1 PLANEACION

Durante la planeación se responde básicamente a tres preguntas y estas son; ¿Qué hacer?, ¿Cómo hacerlo? y ¿Cuándo hacerlo?.

### 10.1.1 ¿ QUE HACER ?

No se puede administrar y realizar eficientemente algo que no se conoce en detalle todo lo que abarca, por lo tanto, la primera pregunta fundamental que surge en la realización de proyectos es: ¿que se va hacer?, o dicho de otra manera ¿ cuál es el alcance del proyecto ? . El definir clara y detalladamente el alcance, contribuye en gran medida a lograr un éxito en la administración y por lo tanto en la ejecución del proyecto.

Para facilitar el estudio y administración de proyectos se ha convenido en desglosarlos sucesivamente en sus componentes hasta sus partes fundamentales. Así como un cuerpo humano también de gran complejidad, ha sido necesario para su estudio dividirlo

en sistemas ( circulatorio, digestivo, nervioso, etc. ), éstos a su vez en organos y continuar con sucesivas divisiones hasta llegar a la unidad básica, la célula.

A la primera división de proyectos industriales se le conoce como etapas de proyecto, y éstas son las siguientes:

- Selección del proceso.
- Estudios de preinversión
- Ingeniería básica
- Ingeniería de detalle
- Procuración de maquinaria y equipo
- Construcción de la planta industrial.
- Instalación de maquinaria y equipo
- Prueba y puesta en marcha de la planta industrial

A su vez cada etapa se divide en disciplinas, por ejemplo, las disciplinas que integran a la etapa de Ingeniería de Detalle son:

- Ingeniería de procesos
- Ingeniería de tuberías
- Ingeniería eléctrica
- Instrumentación
- Ingeniería mecánica
- Ingeniería civil
- Arquitectura

Cada una de estas disciplinas se divide en paquetes de trabajo, éstos en actividades y por último las actividades en documento de diseño. Esto lo podemos observar en la figura 10.2

El establecer el alcance del detallado del proyecto significa conocer con toda claridad y exactitud que etapas, sistemas, actividades y documentos lo integran.

### 10.1.2 ¿ CUANDO HACERLO ?

Una vez que se conoce en forma detallada lo que se va a hacer, el siguiente paso es contestar lo siguiente ; ¿ cuando se debe iniciar y terminar el proyecto ?, ¿ Cuando y en que secuencia se realizarán cada una de las etapas, paquetes de trabajo, actividades, y documentos que integran el proyecto ?, Estos cuestionamientos quedan contestados con la elaboración de una serie de programas. En la tabla 10.1 se presenta el desglose de un proyecto industrial, los tipos de programas aplicados a cada fragmento de dicho desglose, y las técnicas de programación más usuales.

| NIVEL DEL DESGLOSE    | TIPO DE PROGRAMA                                  | TECNICA DE PROGRAMACION                                   |
|-----------------------|---|---|
| Etapas                | Fechas Clave                                      | Diagrama de Gantt   |
| Disciplinas           | Programa Maestro                                  | Diagrama de Gantt   |
| Paquetes de Trabajo   | Programa maestro                                  | Diagrama de Gantt<br>Red lógica<br>Matriz de Precedencias |
| Actividades Genéricas | Duración de cada una y secuencia para efectuarlas | Diagrama de Gantt<br>Matriz de Preced.<br>Ruta Critica    |
| Planos y Documentos   | Duración de cada una y secuencia para efectuarlas | Matriz de preced.<br>Ruta Critica                         |

#### OTROS PROGRAMAS

| TIPO DE PROGRAMA        | TECNICA DE PROGRAMACION               |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Horas-Hombre Requeridas | Gráfica de Horas-Hombre contra tiempo |
| Avance del Proyecto     | Gráfica de % de Avance Contra Tiempo  |

Tabla 10.1

# DESGLOSE DE PROYECTOS

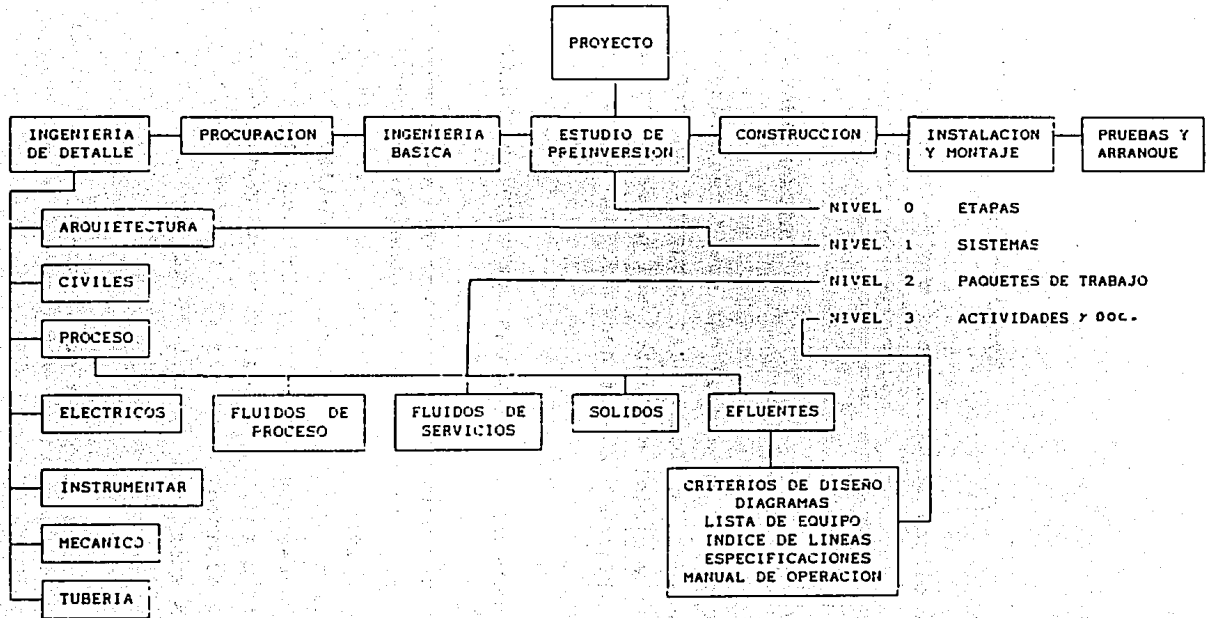


FIGURA 10.2

#### **A.- PROGRAMA DE FECHAS CLAVE**

Este programa establece las fechas de inicio y terminación de cada una de las etapas del proyecto.

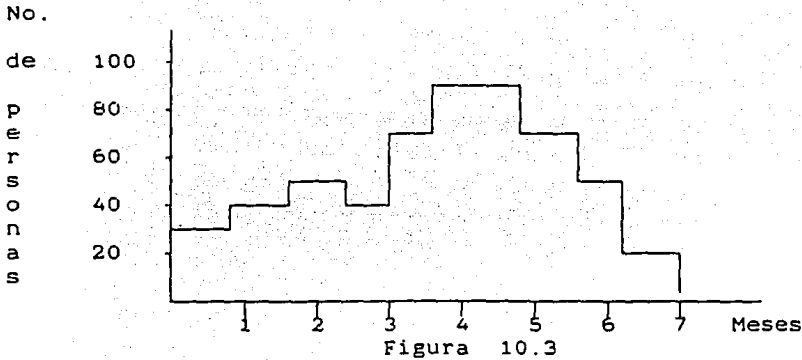
#### **B.- PROGRAMA MAESTRO**

Este programa establece las fechas de inicio y terminación de las disciplinas que integran cada etapa del proyecto. También el programa maestro presenta las fechas de inicio y terminación de los paquetes de trabajo que componen a cada disciplina

#### **C.- PROGRAMA DE PERSONAL REQUERIDO (HORAS-HOMBRE)**

La estimación de horas-hombre requeridas para efectuar el proyecto se elabora partiendo de la estimación de horas-hombre requeridas para hacer cada documento y se va integrando por paquete de trabajo, disciplinas, etapas, hasta obtener el total del proyecto. La estimación de horas-hombre por documento se hace con base en datos estadísticos de proyectos similares o bien con estadísticas generales de horas-hombre mínimas, promedio y máximas por documento, y para seleccionar el dato se considera el grado de dificultad del proyecto.

la figura 10.3 presenta un ejemplo de un programa de personal requerido



#### D.- PROGRAMA DE AVANCE DEL PROYECTO

La curva de avance programado del proyecto se obtiene a partir de las horas-hombre requeridas por mes respecto al total de horas-hombre programadas para la totalidad del proyecto. Este cálculo se efectúa de la misma manera que la gráfica de necesidades de personal, es decir, se hace a partir de las horas-hombre requeridas por documento y se va integrando por paquetes de trabajo, disciplinas y etapas del proyecto.

La figura 10.4 es un ejemplo de una curva de avance.

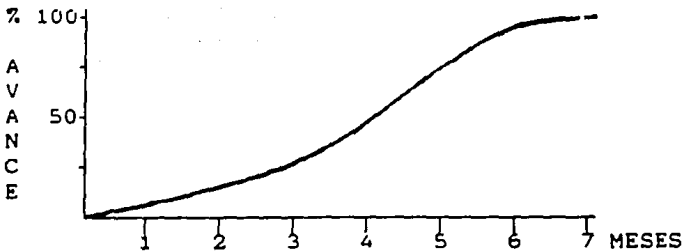


Figura 10.4

PROCEDIMIENTO PARA PROGRAMAR PROYECTOS

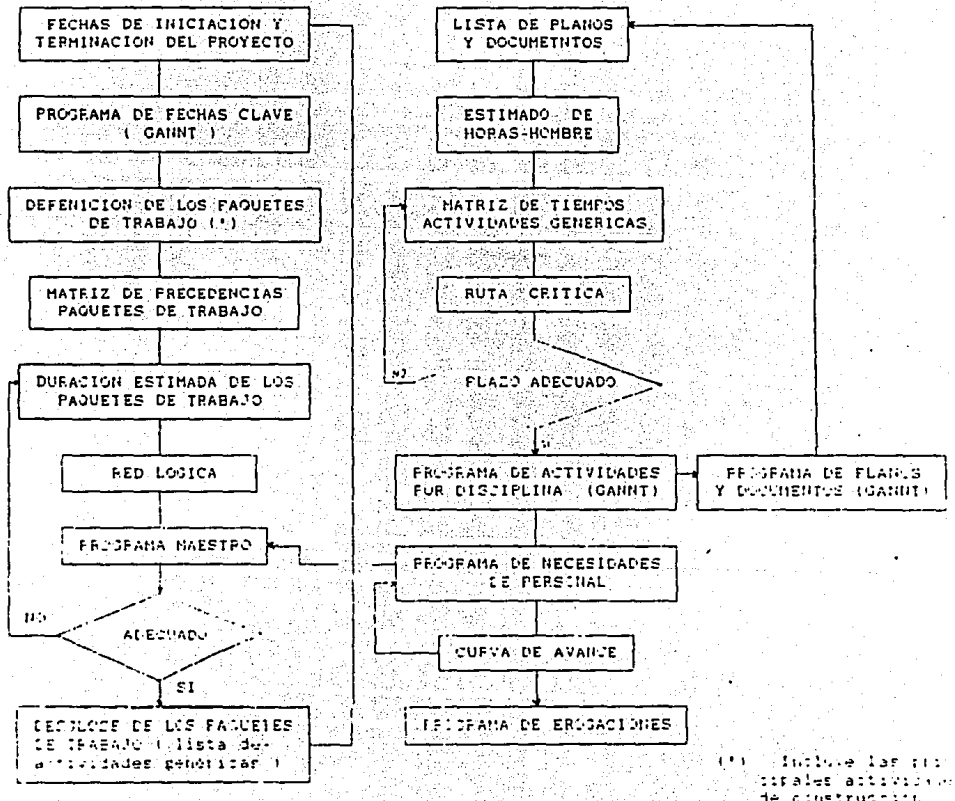


FIGURA 10.16

## 10.2 ORGANIZACION

Organizar es agrupar actividades comunes y asignar responsables para la ejecución adecuada de dichas actividades.

Los siguientes son los pasos que se siguen para establecer la estructura de la organización :

- 1.- Preparar el cuadro de la organización.
- 2.- Establecer la estructura.
- 3.- Delinear las relaciones.
- 4.- Definir líneas de enlace para facilitar la coordinación
- 5.- Crear las descripciones del puesto.
- 6.- Fijar los requerimientos para cada puesto.
- 7.- Definir las cualidades de la persona para cada puesto.

### 10.2.1 TIPOS DE ORGANIZACION.

Para el desarrollo ordenado y eficiente de un proyecto de ingeniería es indispensable contar con una estructura de organización clara de responsabilidades. Las diferentes organizaciones para la administración de proyectos pueden clasificarse de acuerdo a sus características en los siguientes tipos básicos:

- 1.- Organización Funcional o Departamental
- 2.- Organización por Grupo Especial de Proyecto, Proyectoizada o "Task-Force"
- 3.- Organización Matricial



## A.- ORGANIZACION FUNCIONAL O DEPARTAMENTAL

Este tipo de organización consiste en; primero, organizar al personal de la firma de ingeniería en grupos o departamentos específicos, y posteriormente, una vez que un proyecto es asignado a la firma de ingeniería, éste se secciona y se turna cada sección al departamento que le corresponda, estos a su vez se responsabilizan lo concerniente a su especialidad únicamente.

Cada departamento tendrá un jefe (jefe de departamento o jefe de división ) y cada persona reporta solo a una autoridad.

### Ventajas

Por sus características este tipo de organización ofrece las siguientes ventajas que provienen principalmente de la centralización de recursos similares.

- Los especialistas al ser agrupados comparten sus conocimientos, responsabilidades y por ende se incrementa la calidad del trabajo.
- El personal puede ser ocupado simultáneamente en varios proyectos.
- Comparativamente con las otras organizaciones tipo, ésta es la más barata.
- Es frecuente que en este tipo de organización se de capacitación al personal técnico de cada departamento

- Presenta una buena capacidad de respuesta, sin embargo ésta puede depender de las prioridades de los administradores funcionales ( jefes de departamento ).
- Permite mantener un buen control sobre el personal en virtud de que cada empleado tiene tan solo una autoridad a quien reportar.
- Los canales de comunicación son verticales y bien establecidos.

#### Desventajas

- Dificil comunicación interdepartamental (comunicación horizontal )
- Ninguna persona es directa y particularmente responsable por el proyecto en su totalidad.
- Dificultad en la coordinación de los departamentos, ya que un jefe de departamento no tiene autoridad sobre el resto de departamentos para exigir el cumplimiento en tiempo y calidad de las actividades que afectan a su departamento, sino mas bien, debe esperar opiniones, decisiones y acciones de otros jefes de departamento o de otras autoridades.

ORGANIZACION FUNCIONAL

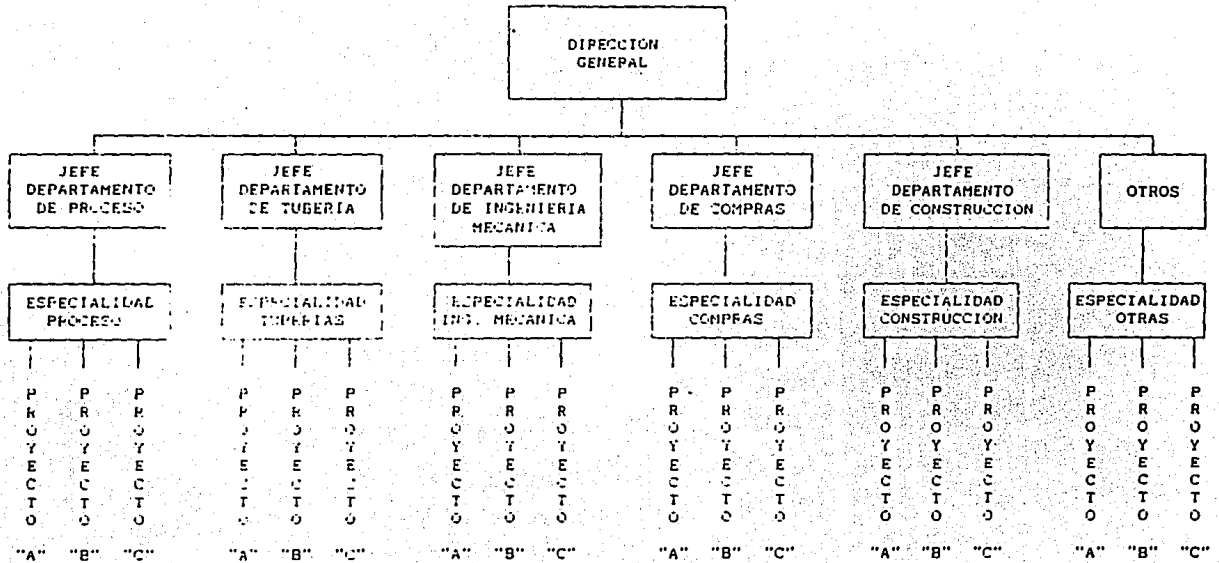


FIGURA 10.19

# ORGANIZACION MATRICIAL

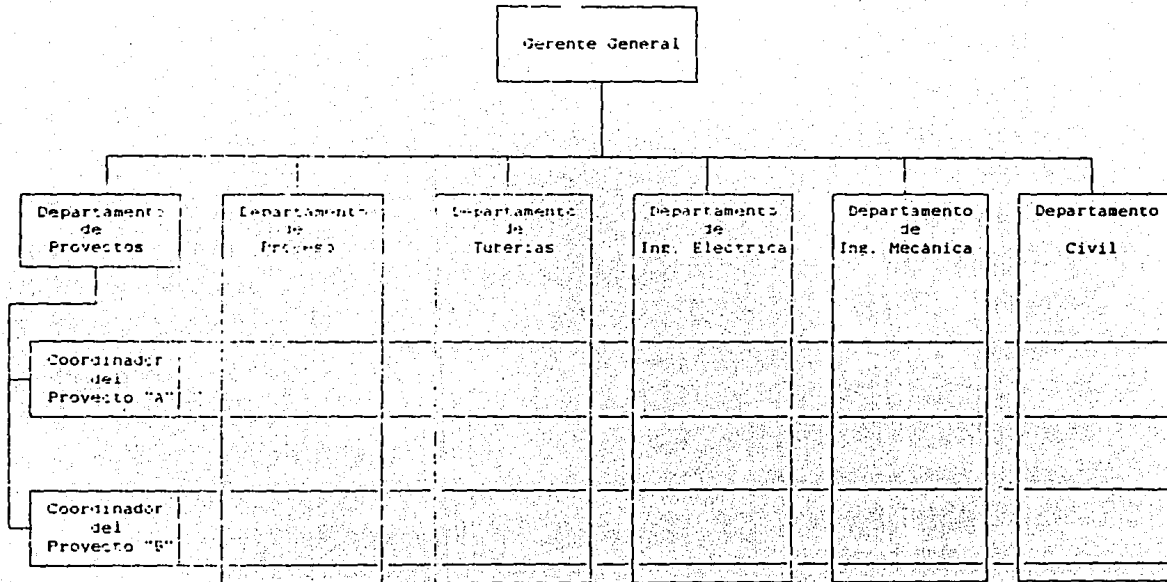


FIGURA 10.21

## B.- ORGANIZACION PROYECTIZADA

A diferencia del anterior tipo de organización, en ésta si hay un jefe de proyecto que tiene la responsabilidad total de la administración del proyecto y todo el personal queda bajo su autoridad directa durante el tiempo de desarrollo del proyecto. El personal del proyecto se organiza en grupos por áreas funcionales o especialidades.

Las ventajas de este tipo de organización provienen principalmente de tener un solo objetivo (el de un solo proyecto) y de la unidad de mando.

- En virtud de encontrarse reunidas todas las especialidades en un solo sitio y de trabajar sólo para un proyecto, el tiempo requerido para terminar el proyecto se reduce considerablemente. De hecho, esta estructura es la que requiere de menos tiempo para completarla comparativamente con las otras dos.
- Autonomia completa del proyecto del resto de proyectos elaborados en la firma de ingeniería, lo que facilita la administración del mismo (la organización exclusiva para el proyecto es como una empresa en sí, aunque de duración limitada).
- Máximo control del gerente de proyectos sobre asuntos que atañen a su proyecto. él mismo maneja todos los conflictos, de esta manera el nivel de gerencia y de dirección pueden pasar la mayor parte de su tiempo en la toma de decisiones ejecutivas que arbitrando conflictos.

Las principales desventajas que presenta la organización proyectizada son las siguientes:

- Dificultad para conseguir especialistas calificados por cortos periodos de tiempo, ya que algunas actividades pueden requerir de habilidades especificas que no se repiten.
- Los recursos humanos y técnicos aunque potencialmente ricos, son en terminos generales, insuficientemente aprovechados en virtud de que una porción considerable del proyecto no requiere el empleo de la alta especialidad.
- A menos que el proyecto sea de gran magnitud y requiera de gran cantidad de recursos humanos simultáneos, resultará más costosa que otras formas de organización, por ejemplo las actividades de apoyo tales como compras, contabilidad, etc. pueden resultar onerosas si el proyecto no tiene para ellas un volumen de trabajo adecuado, otro ejemplo es mantener personal de proyecto durante lapsos de inactividad, por la necesidad de utilizarlos más adelante.
- Al separarse el personal de su departamento funcional, son alejados también de los mecanismos de capacitación del mismo, por otro lado, al terminar el proyecto, el personal que participó perdió su lugar dentro de la estructura funcional, por lo que ocasiona una falta de seguridad en el trabajo.
- Esta estructura está enfocada hacia los objetivos a corto plazo del proyecto, descuidandose los objetivos a largo plazo de los departamentos funcionales de desarrollo de técnicas especializadas.

Esta forma de organización autónoma puede ser la indicada en algunas situaciones como cuando el proyecto se ha de desarrollar en una ubicación alejada de la empresa, cuando es un requisito del cliente o aún para obtener ventajas fiscales manejando el proyecto como subsidiario.

### C.- ORGANIZACION MATRICIAL

Con el objetivo de ampliar ventajas y disminuir desventajas de los dos tipos de organización anteriores, se creó la estructura matricial tratándose de combinar la jerarquía vertical con otra jerarquía adicional que se puede considerar de tipo horizontal.

En este tipo de proyectos hay dos autoridades, por una parte el administrador del proyecto y por otra parte el administrador funcional (jefe de departamento).

La responsabilidad del administrador de proyecto es dar respuesta a lo siguiente:

- ¿Cuál es el alcance y tareas que conforman el proyecto?
- ¿Cuándo se realizarán las tareas de proyecto?
- ¿Cuál es el presupuesto disponible?
- ¿Con qué nivel de calidad debe de cumplir el proyecto?

La responsabilidad del administrador funcional es dar respuesta a lo siguiente:

- ¿Cómo se realizarán las tareas?
- ¿Dónde se realizarán las tareas?
- ¿Que persona hará el trabajo?
- ¿Con qué nivel de calidad técnica deben cumplirse los trabajos?

El administrador del proyecto es responsable por la integración total del proyecto que incluye evaluar cada decisión clave del proyecto y determinar como impacta a otras tareas, al programa y al presupuesto. Mientras que el administrador funcional es responsable de la dirección técnica de su disciplina.

ORGANIZACION PROYECTIZADA

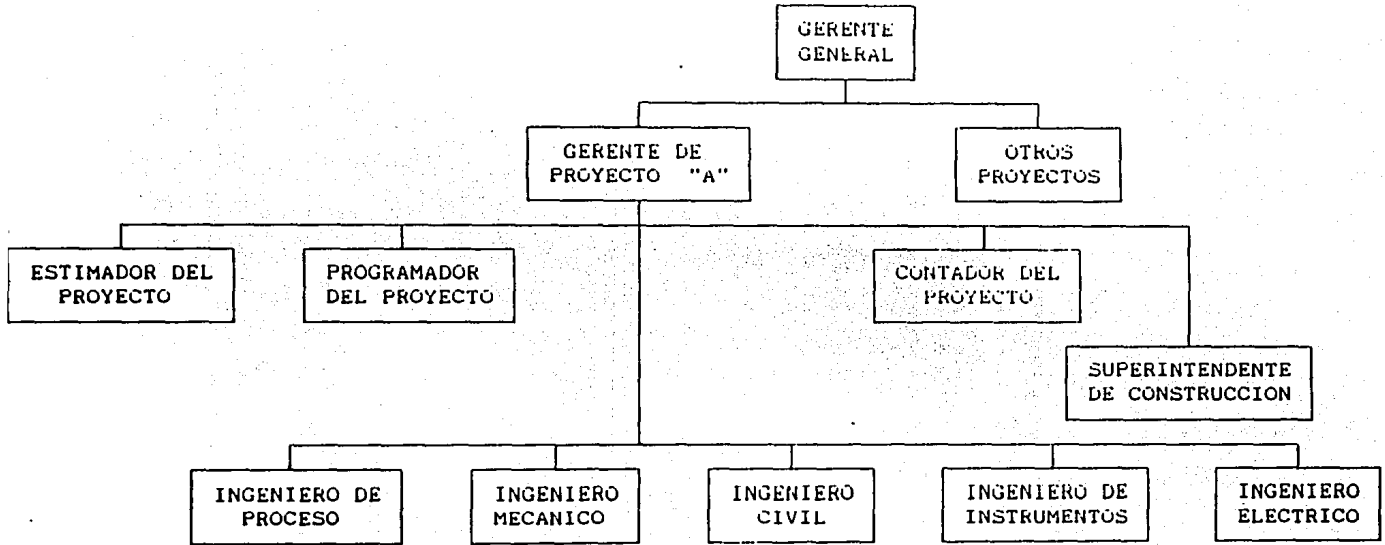


FIGURA 10.20



Las ventajas de este tipo de organización son, entre otras las siguientes:

- Existe una coordinación dinámica entre el grupo de proyectos.
- Se pueden trabajar muchos proyectos simultáneamente en cada grupo.
- Se alcanza de manera armónica 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.
- El administrador del proyecto mantiene máximo control sobre todos los recursos, incluyendo costo y personal, a condición de que los conflictos de programas puedan ser eliminados.
- El administrador del proyecto tiene autoridad para comprometer los recursos de la compañía a condición de que los programas no causen conflictos con otros proyectos.
- Es posible tener rápidas respuestas ante los cambios, la resolución de problemas y las necesidades del proyecto.
- Los costos del proyecto se minimizan por que el personal clave puede ser compartido. El personal puede trabajar en una variedad de problemas, teniendo mayor control de ellos.

- Puede desarrollarse una base técnica fuerte y se puede dedicar más tiempo a la resolución de problemas complejos.
- Los conflictos se disminuyen cuando las soluciones son negociadas en la interfase administrador del proyecto-administrador funcional.
- Se tiene un mayor balance entre el tiempo, el costo y la calidad.

Las principales desventajas de la organización matricial son las siguientes:

- Se requiere de más personal administrativo para desarrollar las políticas y procedimientos, lo que ocasiona un incremento en los costos directos e indirectos de la compañía.
- Se requiere de mayor tiempo y esfuerzo inicial para definir las políticas y procedimientos.
- Los administradores funcionales pueden ser influidos por su propio conjunto de prioridades.
- Cada organización de proyecto opera independientemente, debe tenerse cuidado en que no ocurra la duplicación de esfuerzos.
- El balance de poder entre el administrador de proyecto y el administrador funcional debe ser constantemente vigilado.

En este tipo de organización, el equipo humano y muchas veces la maquinaria para realizar el proyecto, se obtiene de los departamentos de la empresa. Estos recursos permanecen en el proyecto sólo el tiempo en que la especialidad de cada uno es necesaria para cumplir determinadas actividades y luego vuelven a su unidad de origen.

Este traspaso de personal entre el proyecto y los departamentos, o con otros proyectos, permiten que se pueda emplear también algunos especialistas por tiempo parcial, mientras que ocupan el resto de su tiempo en actividades distintas del proyecto.

Se pueden diseñar una amplia variedad de estructuras matriciales desde la llamada matricial débil hasta una matricial fuerte.

La matricial débil es aquella en que sólo un porcentaje de personal está a tiempo completo y es exclusivo para el proyecto en cuestión, el resto del personal permanece en su departamento colaborando en éste y otros proyectos a la vez, mientras que matricial fuerte es lo opuesto de lo antes expresado.

# CONTINUIDAD ORGANIZACIONAL

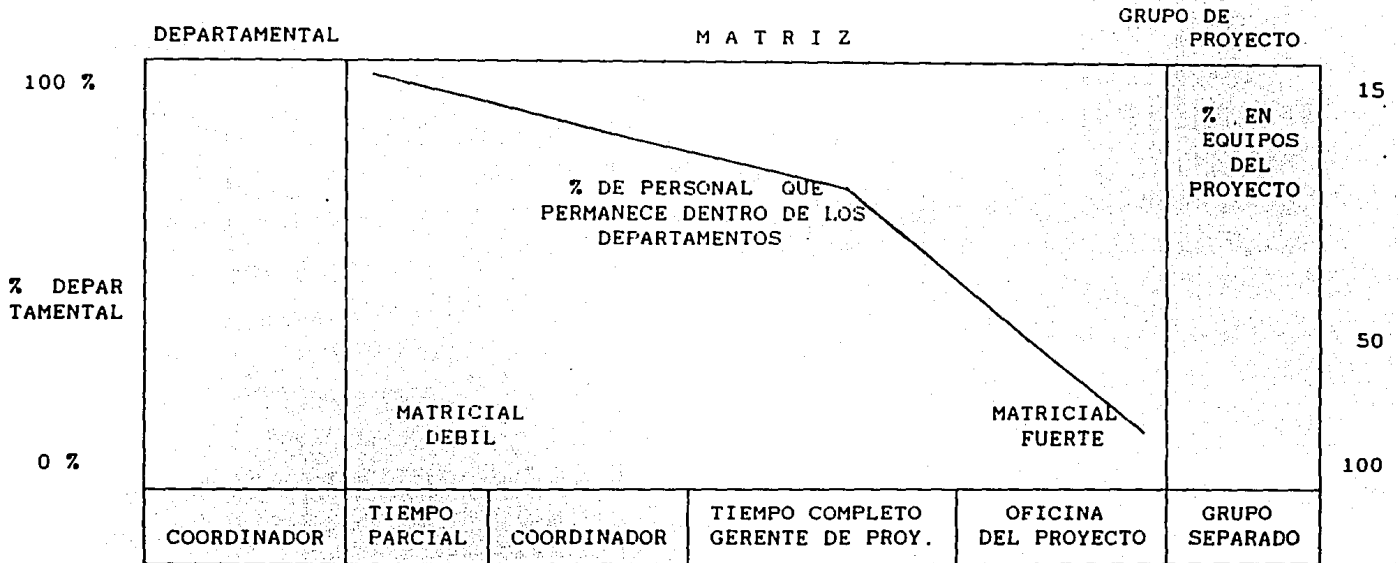


FIGURA 10.22

#### D.- FACTORES PARA DECIDIR EL TIPO DE ORGANIZACION.

Los factores que determinan la selección del tipo de organización para la administración de proyectos son numerosos. La evaluación para la selección tiene que ser minuciosa y cada caso tiene que ser analizado en detalle, tomando en cuenta como mínimo los factores que se describen a continuación:

##### 1).- Complejidad del proyecto.

Este renglón se refiere básicamente al número de departamentos funcionales que se ven involucrados y la interrelación en el flujo de información. En general, cuando el proyecto se torna complejo, la administración matricial y de grupo se vuelven atractivas.

##### 2).- Tecnología del proyecto.

Este factor se debe considerar como lo avanzado de la tecnología del proyecto en sus diversas especialidades. Si el proyecto es altamente avanzado en la tecnología de diversas especialidades, favorecerá tanto a la organización matricial como a la de grupo, las cuales podrán garantizar una alta calidad técnica.

##### 3).- Tamaño del proyecto.

En este inciso se debiera considerar los requerimientos de personal para el proyecto. Así, en general, un proyecto grande favorece a la organización de grupo. Sin embargo, la decisión debe considerar los diversos factores, ya que un proyecto pequeño no muy complejo preferentemente se maneja también con organización de grupo.

4).- Duración del proyecto.

Una duración amplia tiende a favorecer la organización matricial.

5).- Tipo de cliente.

En muchas ocasiones la decisión se puede inclinar a una u otra organización, dependiendo de la opinión o petición de los clientes.

6).- Frecuencia de cambios al proyecto.

La organización matricial y de grupo tienden a ser más flexibles en este aspecto.

7).- Número de proyectos simultáneos.

La organización matricial favorece altamente al manejo de varios proyectos simultáneos, en virtud de un aprovechamiento de los recursos humanos.

8).- Dificultad en el establecimiento de la organización.

De acuerdo al inciso anterior, la organización funcional es la más simple, siguiendo la de grupo y finalmente la matricial que es la más difícil de establecer y operar.

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 internamente.

### 10.2.2 TIPOS DE CONTRATOS EN INGENIERIA.

Un contrato de ingeniería es básicamente un acuerdo entre dos o más partes, en el cuál se obligan a sí mismos a cumplir con un conjunto de cláusulas que norman la realización de un proyecto determinado.

Existen diferentes tipos de contratos, siendo normalmente el cliente quien determina sus preferencias o requerimientos.

Los tipos de contratos de ingeniería más usuales son: por administración con sus variantes y a precio fijo.

El contrato por administración se define como el convenio que celebra el cliente y el contratista por medio del cual el cliente cubre al contratista el costo real de los gastos del proyecto en que incurren más una utilidad. Este tipo de contrato tiene las modalidades siguientes:

- 1.- Administración pura.
- 2.- Administración con utilidad fija.
- 3.- Administración con máximo garantizado.

El contrato a precio fijo. Es aquel en que se define desde un inicio el costo total del proyecto en cuestión y que el cliente deberá pagar a la firma de ingeniería. También hay otra modalidad de este tipo de contrato y se conoce como de precio unitario.

#### A.- ADMINISTRACION PURA

En este tipo de contrato la firma de ingeniería recibe por parte del cliente el total de costos y gastos en que ésta incurre por efectuar el trabajo solicitado más un porcentaje por utilidades.

Los costos y gastos en que la firma de ingeniería incurre al efectuar el trabajo solicitado son por ejemplo; salarios a personal, prestaciones a personal ( vacaciones, seguro social, etc. ), depreciación de maquinaria y equipo, pago de servicios (luz, agua, teléfono, telex, etc. ), entre otros.

#### Ventajas para el cliente

- puede ser negociado con rapidez y no requiere una definición particularmente precisa de la extensión del trabajo; ésta puede desarrollarse durante el curso del trabajo.

- Es de una gran versatilidad para efectuar cambios en el alcance del proyecto sin necesidad de efectuar costosas negociaciones extras por el costo que implicaría dichos cambios.

- El cliente se reserva el derecho de intervenir en el proyecto, ejerciendo la opción de aprobar el trabajo desarrollado.

#### Ventajas para la firma de ingeniería.

- Mínimo riesgo de pérdidas por posibles contingencias.

- Tiene la posibilidad de probar procedimientos de ingeniería de alta calidad.

Las primeras dos ventajas enunciadas para el cliente, también son para el contratista.



#### **Desventajas para el cliente.**

- Poca eficiencia en la realización del trabajo, ya que el contratista entre mayor tiempo tarde para efectuar el trabajo, mayores utilidades recibirá. Generalmente el costo del proyecto no llega a ser el óptimo.

#### **Desventajas de la firma de ingeniería**

- No hay incentivos para controlar costos

#### **B.- ADMINISTRACION CON UTILIDAD FIJA**

El cliente cubre los costos y gastos del proyecto al igual que en el contrato por administración pura, excepto el porcentaje de utilidad, el cual se transforma en una cantidad fija para el proyecto completo.

#### **Ventaja para el Cliente.**

- Se tiene la seguridad de que la firma de ingeniería tratara de efectuar el trabajo en el menor tiempo posible.

#### **Ventaja para la firma de ingeniería**

- Se tiene el incentivo para trabajar lo más rápidamente posible.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

#### Desventajas para el cliente.

- Debe serciorarse en todo momento de que la calidad del trabajo desarrollado esté de acuerdo con la ofrecida ya que es posible que la firma de ingeniería descuide este aspecto por su afán de terminar lo antes posible el proyecto.

#### Desventajas de la firma de ingeniería.

- Si no se hace una adecuada estimación del alcance del proyecto se corre el riesgo de emplear un mayor tiempo del preestablecido, sin la oportunidad de iniciar otro proyecto rápidamente que de nuevas utilidades.

#### C.- ADMINISTRACION CON MAXIMO GARANTIZADO

El cliente cubre los costos y gastos del proyecto, similar al contrato por administración pura pero hasta una cantidad de dinero límite, después de esa cantidad límite (máxima garantizada) no se hace ningún pago más y si, la firma de ingeniería estará obligada a terminar el proyecto.

También es posible que la firma de ingeniería elabore el trabajo antes de llegar al límite de pago fijado, en tal caso solo se le pagará la cantidad devengada.

#### Ventajas para el cliente.

- Todos los ahorros que se obtengan con respecto al precio máximo, pertenecen al cliente.

• Desde un inicio el cliente sabrá cual es la máxima cantidad que debe pagar. a diferencia de los tipos de contratos antes explicados en los cuales en todo momento hay una incertidumbre sobre el costo del trabajo solicitado.

#### Desventajas para el cliente.

• Es muy posible que la firma de ingeniería pudiendo terminar el trabajo antes del limite preestablecido alargue el tiempo de terminación hasta el limite máximo, esto le proporcionará mayores utilidades.

#### Desventaja para la firma de ingeniería.

• La firma de ingeniería debe conocer casi totalmente el alcance del proyecto para no correr el riesgo de ocupar más tiempo que el mercado por el limite máximo garantizado.

#### D.- CONTRATO A PRECIO FIJO

Un contrato a precio fijo es el mas rigido de todos. Es aquel en el que se fija un precio para cubrir el total del trabajo, conviniendose en que si los costos reales resultan ser mayores que el precio estipulado, el contratista absorbera el deficit. Si los costos reales son menores que el precio estipulado, el superávit será una ganancia extra para la firma de ingeniería.

Para elaborar este tipo de contrato se requiere que el alcance del proyecto esté totalmente definido. Además para que la

firma de ingeniería evite riesgos, ésta debe tener una amplia experiencia en proyectos similares y que el personal empleado en el estimado y en el proyecto sea altamente competente y eficiente.

#### Ventajas para el cliente

- Precios firmes
- Rápida ejecución del trabajo

#### Ventajas para la firma de ingeniería.

- Oportunidad de obtener grandes ganancias empleando alta eficiencia.

#### Desventajas para el cliente.

- Poca participación
- Afán de la firma de ingeniería de obtener ganancia sacrificando la calidad del trabajo.

#### Desventajas para la firma de ingeniería

- Excesivo costo por la preparación de la cotización.
- Riesgos producidos por deficiencias en la propuesta

#### E.- PRECIOS UNITARIOS

Los contratos a precio unitario presentan ventajas en donde el alcance está bien definido, cualitativamente, pero cantidades exactas están sujetas a considerables variaciones.

En este tipo de contrato, el trabajo a ser desarrollado es dividido en unidades y a cada unidad está asignado un costo.

Ejemplos del uso de este tipo de contrato incluye trabajo de líneas de tuberías; aislamiento de tuberías, pintura a edificios, equipo y tubería, etc.

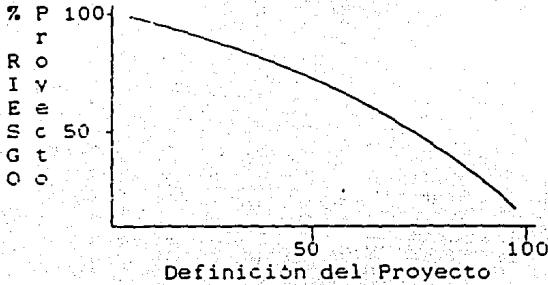


Figura 10.23

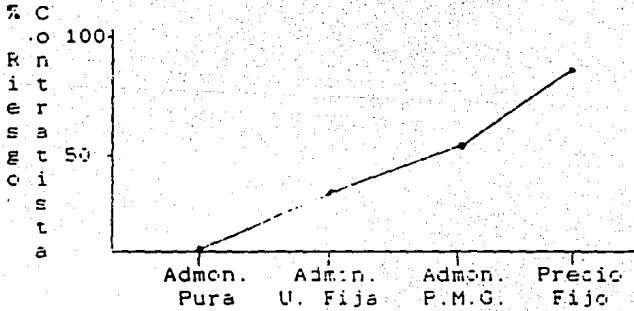


Figura 10.24

Es muy posible que el tipo de contrato que reditua mayores beneficios tanto al cliente como a la firma de ingenieria no sea ninguno de ellos en particular sino más bien una combinación de ellos, por ejemplo; para un proyecto en su etapa inicial, en la que aun no se conoce con exactitud el alcance del proyecto, y el cual apenas se está definiendo es conveniente efectuar un contrato por administración pura, de tal forma que facilite el intercambio de ideas, la preparación y discusión de alternativas posibles.

Una vez establecido en detalle el alcance del proyecto se puede cambiar a un segundo tipo de contrato.

### 10.3 DIRECCION

Dirección es el arte de inducir a los subordinados a cumplir sus tareas con celo y confianza. El celo refleja entusiasmo, honradez e intensidad en la ejecución del trabajo, la confianza refleja experiencia y habilidad técnica.

El dirigente para lograr lo anterior debe entre otras cosas:

- Integrar al grupo en un equipo de trabajo.
- Asignar a cada persona las tareas que debe realizar.
- Delegar autoridad equivalente a las responsabilidades asignadas a cada elemento del grupo y definirle exactamente los resultados esperados.
- Definir las políticas generales del proyecto.
- Establecer un sistema de comunicación efectiva.
- Hacer reuniones periódicas de evaluación de resultados.
- Tomar decisiones oportunas para corregir el curso de acción en caso de desviación de los planes del proyecto, es decir, controlar.

## 10.4 CONTROL DEL PROYECTO

El control implica la medida del cumplimiento de cada etapa del proyecto con respecto al programa del mismo, y la toma de medidas correctivas en el caso de desviaciones para asegurar el cumplimiento de los compromisos contraídos con el cliente.

El control se enfoca a cuatro aspectos: Avance, Costo, Calidad e información recibida y generada; y se concentra en las siguientes actividades.

- Reporte de avance del proyecto.
- Control de horas-hombre por actividad
- Control de calidad del proyecto
- Control de costos del proyecto
- Control de facturación y pagos del proyecto
- Control de información recibida y generada
- Control de estado financiero del proyecto

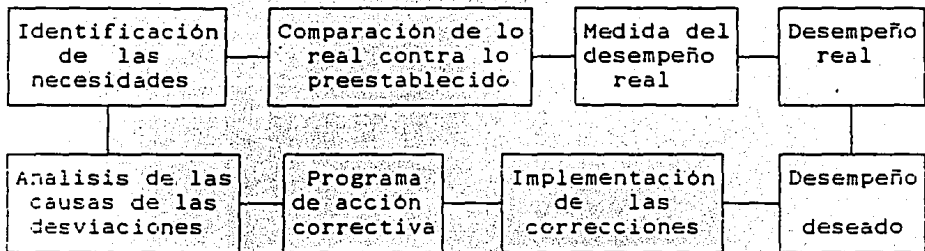


figura 10.25

Se conocerá el grado de desviación del proyecto al comparar los programas de avance, horas-hombre, calidad, costo del proyecto con los respectivos valores obtenidos realmente.

## CONCLUSIONES

---

1.- A lo largo de la investigación para desarrollar este trabajo se notó marcadamente la escasez de referencias bibliográficas que:

- A.- Explicaran en un solo libro todas las etapas de que se compone un proyecto industrial. Más bien, alguna de ésta información se encuentra dispersa en algunos libros y revistas especializadas, que en ocasiones abordan de una manera superficial.
- B.- Explicarán de manera detallada como elaborar e interpretar cada uno de los documentos de diseño que integran la ingeniería básica.

Lo anterior dá como consecuencia una gran dificultad para todo aquel que desee tener conocimientos sobre la ingeniería de proyectos. Es por esto que en este trabajo:

Se describen todas las etapas que conforman un proyecto industrial, explicando para cada una de ellas sus características relevantes, actividades más importantes y secuencia en que dichas actividades se realizan.



Se explica como elaborar e interpretar los documentos de diseño que integra a la Ingeniería Básica, y algunos de los que conforman a la Ingeniería de Detalles y con el fin de lograr un mayor entendimiento se da un ejemplo de cada uno de ellos todos referidos a una misma planta industrial.

2.- La Ingeniería de Proyectos es una área de gran importancia para los estudiantes de las carreras de ingeniería relacionadas con la industria de procesos (Ingeniería Química, Ingeniería Química Industrial, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Alimentos, Ingeniería en Energía, etc.) por las siguientes razones.

- A.- Les permite integrar los conocimientos adquiridos a lo largo de su carrera profesional.
- B.- El conocer en forma amplia como se elaboran e interpretan los documentos de diseño que conforman la Ingeniería Básica y los principales que integran a la Ingeniería de Detalle, facilitará en gran medida comprender con rapidez el proceso industrial en el cual vayan a laborar.
- C.- Si su desarrollo profesional será en una firma de ingeniería el tener un conocimiento de la Ingeniería de Proyectos les permitirá ubicarse rápidamente en su área de trabajo, así como conocer la interrelación que tendrá el departamento en el cual laborarán con el resto que componen al proyecto industrial.

Es por lo anterior la necesidad imperiosa de integrar esta materia a los planes de estudio de las profesiones relacionadas con la industria de procesos.

3.- Los documentos de diseño aquí expuestos se han tratado de tal manera que sirvan como una guía para los estudiantes que deseen presentar la Ingeniería Básica de un Proyecto Industrial en sus cursos universitarios.

4.- En este trabajo se presenta una metodología para efectuar la selección de procesos, explicando de manera amplia los criterios técnicos, económicos y contractuales que integran dicha metodología. Además se proponen procedimientos generales para evaluar, seleccionar y adquirir tecnología, efectuar el estudio de mercado, investigar y desarrollar nuevos procesos industriales, efectuar la procuración de maquinaria y equipo, y programar un proyecto industrial.

5.- La Ingeniería de Proyectos es una área del conocimiento muy amplia, en este trabajo se ha expuesto sólo un planteamiento general con el cual el estudiante pueda ubicar a la Ingeniería de Proyectos dentro de la Ingeniería en general, comprender sus objetivos, conocer sus actividades relevantes, y contar con las bases necesarias para abordar y profundizar en alguna etapa del proyecto específica de su interés, en libros y revistas especializadas.