



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**DESCRIPCION DEL DESARROLLO DE PROYECTOS TANTO  
DE INGENIERIA BASICA COMO DE DETALLE**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A N  
JOSE ISAAC LOPEZ BERNAL  
EDUARDO OSCAR SAMPEDRO GARIBAY  
MEXICO, D. F. 1980



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## I N D I C E

I	INTRODUCCION
II	GENERALIDADES
II.A.	Antecedentes
II.B.	Contenido
B.1.	Documentos Anexos al Contrato
B.2.	Proyectos de Ingeniería Básica
B.3.	Proyectos de Ingeniería de Detalle
III.	DOCUMENTOS ANEXOS AL CONTRATO
III.A.	Procedimientos de Coordinación
III.B.	Programas y Reportes de Avance
B.1.	Programas de Ejecución
1.a.	Programas de Ejecución de Ingeniería Básica
1.b.	Programas de Ejecución de Ingeniería de Detalle
1.c.	Distribución de Recursos
B.2.	Reportes de Avance
IV.	INGENIERIA BASICA
IV.A.	Datos Básicos para la Ingeniería Básica
IV.B.	Diagramas de Flujo de Proceso y Balances de Materia-Energía
IV.C.	Lista de Equipo
IV.D.	Hojas de Datos
IV.E.	Arreglo General de Equipos (Plot Plan)
IV.F.	Diagramas de Flujo de Ingeniería (DTI <sub>g</sub> )
IV.G.	Revisión de Presión y Temperatura

- IV.H. Revisión de Materiales
- V. INGENIERIA DE DETALLE
- V.A. Datos Básicos para la Ingeniería de Detalle
- V.B. Ingeniería de Equipos
  - B.1. Ingeniería de Proyecto
    - 1.a. Arreglo General de Equipos (Plot Plan)
    - 1.b. Lista de Equipo
    - 1.c. Revisión de Materiales
    - 1.d. Especificaciones de Trabajo
    - 1.e. Diagramas de Flujo de Ingeniería
    - 1.f. Lista de Líneas
    - 1.g. Requisiciones de Equipos Especiales
    - 1.h. Subcontratos para Construcción
  - B.2. Ingeniería Especializada
    - 2.a. Requisiciones de Equipos
    - 2.b. Tablas Comparativas Tecnicas
    - 2.c. Ordenes de Compra
    - 2.d. Planos de Proveedores
    - 2.e. Partes de Repuesto
    - 2.f. Catálogo Mecánico
    - 2.g. Manual de Operación
- V.C. Diseño y Dibujo
  - C.1. Estudios Preliminares
  - C.2. Memorias de Cálculo
  - C.3. Planos para Construcción
  - C.4. Lista y Requisiciones de Materiales

**C.5.**

**Maqueta**

**VI.**

**BIBLIOGRAFIA**

I

**INTRODUCCION**

I

INTRODUCCION

En este trabajo se describe de una manera general los documentos necesarios para la realización de un Proyecto de Ingeniería, a partir de la Firma del Contrato entre el Cliente y la firma de Ingeniería, con el principal objetivo de proporcionar al egresado de la carrera de Ingeniería en que consiste y como realiza una Firma de Ingeniería un proyecto, el cual puede significar la creación de una nueva planta, una ampliación, modernización, etc.; por lo que se describirán los puntos que proporcionen un mayor conocimiento de los proyectos, los cuales se mencionan a continuación:

- 1.- Descripción y contenido de los documentos generados durante el desarrollo de un proyecto.
- 2.- La proposición de un Procedimiento de Coordinación que ordene, rija y sistematice, la comunicación entre el Cliente y la Firma de Ingeniería durante el desarrollo de un proyecto.
- 3.- El establecimiento de los parámetros básicos para la programación y control del avance de los proyectos.
- 4.- La secuencia de ejecución e interdependencia de las diferentes actividades de un proyecto, a modo de hacer obvia la importancia de cada actividad y documento generado para el desarrollo eficiente del mismo.

**II**

**GENERALIDADES**

**II.A            Antecedentes**

**II.B            Contenido**

**B.1            Documentos Anexos al Contrato**

**B.2            Proyectos de Ingeniería Básica**

**B.3            Proyectos de Ingeniería de Detalle**

## II

### GENERALIDADES

#### II.A. ANTECEDENTES

En este trabajo se tratan y definen de una manera general los documentos necesarios para la realización de un Proyecto de Ingeniería, a partir de la Firma del Contrato entre el Cliente y la Firma de Ingeniería. Por lo que no se contemplan las actividades anteriores a la Firma de un Contrato de Ingeniería, como son:

- a) Estudio de Mercado
- b) Estudio de Viabilidad Económica
- c) Estudios para la selección óptima de la ubicación de la planta.
- d) Estudios para la realización y estimación del costo de inversión.
- e) Preparación del Paquete de Información, para la invitación a concurso de la Ingeniería Básica.
- f) Estudio y Análisis de los presupuestos recibidos
- g) Negociación y Firma de Contrato, con la Firma de Ingeniería seleccionada.

#### II.B. CONTENIDO

Con el objeto de facilitar el desarrollo de este trabajo, se ha dividido en tres partes principales, que son:

##### B.1. DOCUMENTOS ANEXOS A CONTRATO

Estos documentos son aquellos que establecen en forma

oficial y específica, la manera en que se llevarán a cabo aquellas actividades indirectas, pero necesarias durante la realización de un proyecto, como son:

- a) Procedimiento de coordinación entre el Cliente y la Firma de Ingeniería, para todas las fases durante el desarrollo del proyecto.
- b) Lineamientos generales de programas y reportes que deberá preparar la Firma de Ingeniería para el Cliente.

**B.2. PROYECTOS DE INGENIERIA BASICA**

En este capítulo se define y establece el contenido de un paquete de Ingeniería Básica, en el cual se describe el uso y contenido de los documentos generados por el Licenciador( así llamaremos a quien elabora la Ingeniería Básica) durante esta etapa. Asimismo, se incluye la información (DATOS BASICOS PARA LA INGENIERIA BASICA), que deberá preparar el Cliente para que el Licenciador pueda desarrollar y adecuar la Ingeniería Básica correspondiente, a las necesidades del mismo.

**B.3. PROYECTOS DE INGENIERIA DE DETALLE**

En este capítulo, al igual que en el de INGENIERIA BASICA, se describe en forma específica, el contenido típico de los servicios e información que se deben incluir dentro de la INGENIERIA DE DETALLE, la cual se ha dividido en dos partes, que son:

- a) INGENIERIA (DE PROYECTO, ESPECIALIZADA)
- b) DISEÑO Y DIBUJO

También se incluyen los DATOS BASICOS para la INGENIERIA DE DETALLE, que deberá generar el Cliente para la Firma de Ingeniería.

**III**

**DOCUMENTOS ANEXOS AL CONTRATO**

**III.A.                    Procedimientos de Coordinación**

**III.B.                    Programas y Reportes de Avance**

**B.1.                    Programas de Ejecución**

**1.a.                    Programas de Ejecución de Ingeniería Básica**

**1.b.                    Programas de Ejecución de Ingeniería de Detalle**

**1.c.                    Distribución de Recursos**

**B.2.                    Reportes de Avance**

### III

#### DOCUMENTOS ANEXOS AL CONTRATO

En este capítulo se proponen dos documentos básicos que son de gran ayuda para un desarrollo eficiente de los Proyectos, ya que establecen el orden y sistema de comunicación entre el Cliente y la Firma de Ingeniería, así como la evaluación del avance requerido durante el desarrollo del Proyecto.

La propuesta para el seguimiento de estos documentos que a continuación se tratan, se debe establecer en la etapa de la firma del Contrato, con la Firma de Ingeniería, con el fin de que tengan carácter oficial.

Estos documentos anexos al contrato son:

a) PROCEDIMIENTOS DE COORDINACION:

Trata de los procedimientos a seguir, tanto por el Cliente, como por la Firma de Ingeniería, relativos a la correspondencia, personas responsables de las diferentes áreas del Proyecto, etc.

b) PROGRAMAS Y REPORTES DE AVANCE:

Propone bases para la preparación de programas y evaluación del avance, que previo análisis y aprobación del Cliente, deberán ser seguidas por la Firma de Ingeniería que desarrolle el Proyecto.

### III.A.

#### PROCEDIMIENTO DE COORDINACION

En todos los contratos que celebren Cliente-Firma de Ingeniería, se preparará un Procedimiento de Coordinación que sirva para identificar el proyecto, especificar el alcance, ordenar el trabajo, definir responsabilidades y presentar todos los requerimientos específicos del mismo.

Este documento generalmente es elaborado por la Firma de Ingeniería en un formato propio, o cuando así sea solicitado, con el formato del Cliente.

A continuación se presenta un modelo de Procedimiento de Coordinación, el cual puede variar debido a que algunos conceptos no son iguales para todos los Proyectos, es decir, que se adapta según las necesidades específicas en cada caso.

Se sugiere que al utilizar este Procedimiento de Coordinación, se anote en la hoja inicial, tanto la fecha de emisión, como la de todas las revisiones subsecuentes, asimismo, se recomienda la emisión total del procedimiento, cada vez que se lleve a cabo una revisión, con el fin de evitar confusiones.

**FORMATO PROPUESTO**

**PROCEDIMIENTO DE COORDINACION**

**ENTRE (CLIENTE)**

**DIRECCION**

**CONTRATO DEL CLIENTE No. \_\_\_\_\_**

**Y (FIRMA DE INGENIERIA)**

**DIRECCION**

**CONTRATO (FIRMA DE INGENIERIA) No. \_\_\_\_\_**

-----

I N D I C E

<u>Sección</u>	<u>Asunto</u>
1.00	Introducción
2.00	Alcance del Proyecto
3.00	Grupos de Coordinación
4.00	Correspondencia y Comunicaciones
5.00	Ingeniería de Proyecto
6.00	Requisiciones
7.00	Procuramiento
8.00	Expeditación
9.00	Inspección
10.00	Tráfico y Transporte de Equipos
11.00	Seguros
12.00	Construcción
13.00	Operación
14.00	Contabilidad y Control
15.00	Reportes

1.00

INTRODUCCION

1.01. Este procedimiento de coordinación, establece las funciones y procedimientos rutinarios que serán seguidos por el Cliente y la Firma de Ingeniería, (que a partir de aquí serán referidos con las siglas del Cliente y la Firma de Ingeniería respectivamente) cuando se trate del proyecto descrito a continuación.

1.02. El nombre oficial del proyecto sera:

(NOMBRE)

1.03. El proyecto estará físicamente localizado en:

(LOCALIZACION)

2.00

ALCANCE DEL PROYECTO

2.01. El desarrollo y responsabilidad del Trabajo bajo el contrato (Tipo de Contrato), será como sigue:

<u>DESCRIPCION</u>	<u>A CARGO DE:</u>
Diseño de Proceso	Especificar en cada caso,
Diseño Mecánico	si el trabajo será realiza
Compras	do por el Cliente o por la
Expeditación	Firma de Ingeniería.
Inspección	
Supervisión de Construcción	
Construcción	
Manual de Operación	
Operación de Arranque	

3.00

PERSONAL

3.01. El personal del Cliente asignado a este Proyecto es el siguiente:

PUESTO:	NOMBRE:	TELEFONO:
---------	---------	-----------

3.02. El personal de la firma de Ingenieria asignado a este proyecto es el siguiente:

PUESTO:	NOMBRE:	TELEFONO:
---------	---------	-----------

Gerente de Proyecto	"	"
Ing. de Proyecto	"	"
Coordinador de Proyecto	"	"
Coordinador de Compras	"	"
Coordinador de Control de Proyecto	"	"
Coordinador de Diseño y Dibujo	"	"

Etc.

4.00

CORRESPONDENCIA

4.01. GENERAL

- 4.011. La correspondencia, reportes, instrucciones generadas por (la Firma de Ingenieria) deberán ser en (idioma). La correspondencia generada por el Cliente, deberá ser en (idioma).
- 4.012. La correspondencia dirigida al Cliente, deberá ser en (número de copias requeridas).
- 4.013. La correspondencia dirigida a (la Firma de Ingenieria) deberá ser en (Número de copias requeridas).
- 4.014. Cada carta sólo tratará un asunto.
- 4.015. Se deberá mandar por correo una copia de todos los Télex , Cables y Telegramas como confirmación.
- 4.016. Las llamadas telefónicas importantes deberán ser registra<sup>d</sup>das y confirmadas por escrito posteriormente por (la Firma de Ingenieria).
- 4.017. (La Firma de Ingenieria) deberá preparar y editar las minutas de junta.

4.02. ENCABEZADOS Y TERMINACIONES

- 4.021. El encabezado de todas las cartas originadas por el Cliente o (la Firma de Ingenieria), deberá ser:

Fecha \_\_\_\_\_

Carta No. \_\_\_\_\_

File No. \_\_\_\_\_

Referencia: (Nombre y No. de Contrato del Cliente)

(Nombre y No. de Contrato de la Firma de  
Ingeniería)

Asunto: \_\_\_\_\_

4.022. Las cartas de (la firma de Ingeniería) al Cliente, deberán ser firmadas por el Gerente de Proyectos correspondiente. Cuando sean escritas o firmadas en lugar del Gerente de Proyecto la terminación deberá mostrar sólo el nombre del Gerente, sin embargo, deberán mostrarse tanto las iniciales del Gerente como las de quien preparó la carta, junto a aquellas de la secretaria correspondiente.

4.023. El original y todas las copias de la correspondencia dirigida al Cliente, deberán firmarse.

#### 4.03. DIRECCIONES

4.031. La correspondencia al Cliente deberá ser enviada a:

Nombre: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

At'n: \_\_\_\_\_ (Nombre)

Gerente de Proyecto

4.032. La correspondencia a la Firma de Ingeniería, deberá ser enviada:

Nombre: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

At'n: \_\_\_\_\_ (Nombre)

Gerente de Proyecto

4.04. NUMEROS TELEFONICOS Y DE TELEX

	<u>TELEFONO</u>	<u>TELEX</u>
Cliente	"	"
Firma de Ingenieria	"	"

4.05. NUMERACION DE CARTAS

La correspondencia, incluyendo télex, deberá ser numerada consecutivamente de acuerdo con las siguientes series:

4.051. (Firma de Ingenieria) a Cliente	No. de Serie de Carta	Archivo y quien lo conserva
a) Toda la correspondencia excepto la mencionada a continuación.	Numeración según código del Cliente	No. de Archivo y Nombre
b) Transmisión de requisiciones standars, especificaciones y dibujos.		Nombre y No. de Archivo
c) Correspondencia del departamento de Compras		Nombre y No. de Archivo

4.052. Cliente a (Firma de Ingenieria)

	<u>No. de Serie</u>	<u>No. de Archivo</u>
Toda la correspondencia	Numeración según código del cliente	Nombre y No. de Archivo

5.00. INGENIERIA

5.01. BASES DE DISEÑO

5.011 Las bases de diseño Mecánico y de Proceso del Proyecto serán(referirse a la Propuesta Técnica o describir, según aplique).

5.02. ESPECIFICACIONES DE TRABAJO

5.021. Las especificaciones de trabajo serán preparadas en base a estándares que se seguirán, ya sean del Cliente o de la Firma de Ingeniería.

5.022. Las especificaciones de trabajo requerirán de la aprobación del Cliente, dentro de un periodo de, (se recomiendan de cinco a diez días hábiles después del cual se considerarán, automáticamente aprobadas).

5.03. PLANOS

5.031. Los planos de la (Firma de Ingeniería) deberán ser preparados de acuerdo con las prácticas estándares y sistema de numeración de la (Firma de Ingeniería) a menos que el cliente indique otra cosa.

5.032. Indicar cuales dibujos de la (Firma de Ingeniería) y/o dibujos de proveedores - si aplica - requerirán aprobación del Cliente previa a su emisión. Si el Cliente requiere de dicha aprobación, fórmese lo siguiente:

a) Los planos de la (Firma de Ingeniería) y/o proveedores, requerirán de la aprobación del Cliente.

b) Los comentarios y la aprobación, deberán ser entregados por el Cliente dentro de (se recomienda un periodo de cinco a diez días hábiles siguientes de haberlos recibido).

c) Si los comentarios y la aprobación no son recibidos por la (Firma de Ingeniería), en dicho plazo, se establece que la aprobación será automática.

- 5.033. El recuadro de los planos de la (Firma de Ingeniería) deberá contener como mínimo la siguiente información (si el Cliente lo requiere, contendrá otra información).

TITULO DEL PLANO

NOMBRE DE LA UNIDAD

NUMERO DE LA UNIDAD

NOMBRE DEL CLIENTE

LOCALIZACION DE LA PLANTA

- 5.034. Indicar si se requiere aprobación local o estatal de los planos; y a quien enviar los planos para aprobación.
- 5.035. Indicar si a la terminación del proyecto, los originales de los planos finales se enviarán al Cliente.
- 5.036. Indicar el tipo de planos de tuberías que se preparan por ejemplo, plantas y elevaciones, maquetas e isométricos, etc.
- 5.04. ESTANDARES DE LA FIRMA DE INGENIERIA

Cuando se haga referencia a estandares de la (Firma de Ingeniería) en planos de la misma, estos estandares deberán enviarse al Cliente junto con la primera edición de los planos.

Ediciones posteriores de los planos no serán acompañadas de los estandares.

Si en dos o más planos se hace referencia al mismo estandar, éste acompañará solo a la primera edición del primer plano.

- 5.05. MAQUETA (Si se requiere)

5.051. Cuando en opinión de la (Firma de Ingeniería) la maqueta esté suficientemente completa, el Cliente será invitado a realizar una revisión por parte de su personal de Ingeniería, Operación, Mantenimiento y otros departamentos interesados.

Se entenderá que la aprobación del Cliente después de esta revisión, es específica de los arreglos de tubería, de la accesibilidad de operación y mantenimiento, de la conveniencia de las estructuras y sus plataformas, etc., y por tanto el diseño de la Planta continuará de común acuerdo.

5.052. Indicar si la maqueta pasará a poder del Cliente una vez que la planta sea aceptada.

5.06. PARTES DE REPUESTO RECOMENDADAS (Para Equipo)

Indicar si el Cliente requiere listas de partes de repuesto recomendadas y cotizaciones de los proveedores.

NOTA ACLARATORIA: A menos que el Cliente lo solicite específicamente, la Firma de Ingeniería, normalmente no solicita cotización por partes de repuesto recomendadas, ya que el Catálogo Mecánico incluirá una lista completa de partes.

(Se sugiere que el Cliente sí solicite estas cotizaciones).

5.07. INSTRUCTIVO DE INSTALACIONES, OPERACIONES Y MANTENIMIENTO  
TO (Para Equipos)

5.071. Los instructivos de instalación, operación y manteni-

miento para equipos, se deberán incluir en el Catálogo Mecánico.

5.072. Indicar cualquier requerimiento especial, en edición a los requerimientos del Catálogo Mecánico.

5.08. CATALOGO MECANICO

5.081. Al menos cuatro (4) meses antes de finalizar la construcción la (Firma de Ingeniería) suministrará al Cliente (Número) ejemplares encuadernados del Catálogo Mecánico. Este catálogo se preparará de acuerdo a los procedimientos de la (Firma de Ingeniería o Cliente).

6.00. REQUISICIONES

6.01. Las requisiciones serán numeradas según la práctica normal y el sistema de numeración de la (Firma de Ingeniería).

6.02. Las requisiciones mostrarán lo siguiente:

Nombre del Cliente \_\_\_\_\_

Localización de la Planta \_\_\_\_\_

Nombre del Proyecto \_\_\_\_\_

Clave del Proyecto \_\_\_\_\_

6.03. Indicar algún requerimiento especial para requisiciones tal como si se requiere la aprobación del Cliente antes de liberarlas para cotización.

7.00. PROCURAMIENTO

7.01. El procuramiento de material será según la práctica normal de la (Firma de Ingeniería), a menos que se mo-

difique como se indica adelante.

7.02. Indicar algún requerimiento especial en relación a procuramiento. Estos requerimientos pueden cubrir la recepción del Cliente de solicitudes de cotización, tablas comparativas y cotizaciones, etc.

7.03. Indicar si los materiales deben ser sólo de origen mexicano.

7.04. Indicar necesidades especiales por financiamiento, por ejemplo: Banco Mundial

8.00. EXPEDITACION

8.01. La expeditación será según el procedimiento normal de la (Firma de Ingeniería) a menos que el Cliente indique lo contrario. (Indicar requerimientos especiales tales como distribución de reportes al Cliente, si se requiere).

9.00. INSPECCION

9.01. La inspección será según el procedimiento normal de la Firma de Ingeniería) a menos que el cliente indique lo contrario.

9.02. Enlistar requerimientos especiales, sobre todo si el cliente puede tener su propio representante de inspección, o puede requerir copias de los reportes de inspección de la (Firma de Ingeniería) certificados de prueba en taller, reportes de datos proporcionados por el fabricante, etc.

10.00. EMBARQUE

10.01. La (Firma de Ingeniería) o Cliente será responsable de todos los arreglos de tráfico según el procedimiento normal de la (Firma de Ingeniería) o Cliente.

10.02. Indicar los requerimientos especiales del Cliente, o de la Firma de Ingeniería, por ejemplo: si los embarques deberán ser codificados con colores para su fácil identificación, tratándose de contratos de unidades múltiples.

11.00. SEGUROS

Los requerimientos de seguros serán según acuerdo contractual.

Nota Aclaratoria: Si el Cliente tiene requerimientos especiales, éstos deberán enlistarse aquí.

12.00. CONSTRUCCION

12.01. Si la información está disponible, enlistar brevemente condiciones del lugar, facilidades de la construcción y trabajos que serán proporcionados por el Cliente. Esto puede cubrir el proporcionar un lugar despejado por arriba y abajo del piso, bancos de nivel, área para almacenar servicios para la construcción, suministro e hincado de pilotes (si se requiere), procuramiento de licencias, permisos y similares.

12.02. La Firma de Ingeniería, subcontratará todas las fases de construcción del trabajo, que en su opinión sirvan mejor para los intereses del Proyecto. Las áreas de

trabajo a ser subcontratado son: (Enlistar todo el trabajo subcontratado tal como: aislamiento, pintura, etc.).

13.00. OPERACION

Especificar los requerimientos en relación a las operaciones de arranque, preparación y fecha de entrega de los Manuales de Operación, etc.

14.00. CONTABILIDAD Y CONTROL DE COSTOS

14.01. Los procedimientos de contabilidad serán según el sistema normal de codificación de costos de la (Firma de Ingeniería) a menos que el Cliente indique lo contrario.

Especificar procedimientos especiales en relación a los procedimientos de contabilidad, especialmente si debe de seguirse el Código de Cuentas y Procedimientos del Cliente.

15.00. REPORTES

(La Firma de Ingeniería) preparará y editará para el Cliente los siguientes reportes:

(Nota: Se enlistan aquí algunos de los Reportes que pueden ser requeridos por el Cliente y que deben ser seleccionados en cada caso, según el Proyecto y Contrato de que se trate).

15.01. Programa maestro del Proyecto

Esto es una combinación mensual del programa y del Reporte de Avance y cubre Ingeniería, Diseño, Dibujo,

Procuramiento y Actividades de Construcción.

15.02. Reporte del Estado de Materiales

Este es un reporte mensual que muestra todas las requisiciones de material y compras efectuadas. Se muestran para cada equipo o grupo de materiales: Proveedores, números de las ordenes, fecha de entrega de originales, fechas de entrega actualmente aceptables y las fechas de entrega reales o programadas.

Nota: Cuando el Cliente requiere copias, éstas serán transmitidas junto con el Programa Maestro del Proyec to.

15.03. Reporte Mensual de Construcción

Este es un Reporte Mensual que muestra al detalle las alteraciones de todas las actividades de construcción y el avance realizado y programado para cada activi- dad.

Nota: Este reporte normalmente se edita sólo para uso interno de la (Firma de Ingeniería), pero puede ser solicitado por el Cliente.

15.04. Reporte de Avance (Diseño-Dibujo)

Este es un reporte que muestra todos los planos en cada categoría de Diseño-Dibujo, junto con un programa de fechas de liberación y de avance realizado en cada plano.

Nota: Este reporte normalmente se edita sólo para uso interno de la Firma de Ingeniería.

**15.05. Reporte del Estado de Ingeniería y Diseño-Dibujo**

Este es un reporte mensual que muestra el Estado de la Ingeniería de Proyecto y Especializada y de Diseño-Dibujo. Este reporte incluye el estado de todos los equipos y funciones específicas de la Ingeniería de Proyecto.

Nota: Este reporte normalmente se edita sólo para uso interno de la Firma de Ingeniería.

**15.06. Reporte de Costos del Contrato**

Este es un Reporte Mensual que compara los costos actuales y proyectados con el presupuesto.

Nota: Este reporte normalmente se edita sólo para uso interno de la Firma de Ingeniería.

**15.07. Programas de Procesos**

Esta es una combinación semanal del programa y del reporte que cubre la fase de Ingeniería de Procesos del Contrato.

Nota: Este reporte normalmente se edita sólo para uso interno de la Firma de Ingeniería.

**15.08. Reporte Mensual de Avance**

Este es un Reporte Mensual en forma de carta editado por el Gerente de Proyecto para resumir el avance de los meses anteriores en Ingeniería, Procuramiento, Diseño-Dibujo y Construcción.

Nota: Las copias para el Cliente se transmitirán junto con el Programa Maestro del Proyecto.

**15.09. Material Comprometido**

**Este es un Reporte Mensual de la marcha del Proyecto, en el cual se encuentra enlistado todo el material por medio de requisiciones y números de unidades y comparando costos comprometidos, presupuestados y garantizados.**

**Nota: Este reporte normalmente se edita sólo para uso interno de la Firma de Ingeniería.**

### III.B.

#### PROGRAMAS Y REPORTES DE AVANCE

Durante la iniciación y desarrollo de un proyecto, es muy importante contar con elementos de control que permitan la ejecución del mismo, dentro del tiempo y costo previstos.

Estos elementos de control, fundamentalmente se componen por Programas de Ejecución y Reportes de Avance, de los cuales el Cliente debe solicitar a la Firma de Ingeniería un resumen, efectuado, bajo formatos estándar diseñados por él mismo, a fin de recibir información uniforme y con ellos proceder como sea conveniente.

A continuación se presentan los lineamientos generales, bajo los cuales se preparan los Programas de Ejecución y Reportes de Avance.

##### B.1. Programas de Ejecución

Desde el punto de vista del Cliente, el propósito de preparar un programa de ejecución del Proyecto, es el tener una base para evaluar el avance reportado. Sin embargo, desde el punto de vista de la Firma de Ingeniería, una eficiente programación es aquella que le permitirá:

- 1.- Definir las actividades a realizar
- 2.- Determinar fechas críticas para ciertas actividades
- 3.- Preparar programas realistas
- 4.- Establecer las bases de Distribución de Recursos
- 5.- Registrar el avance del proyecto

6.- Identificar áreas en retraso

7.- Conocer la utilización de los recursos disponibles

8.- Determinar las consecuencias en cambios de alcance.

Debe tenerse en cuenta, que el tiempo requerido para la realización de un Proyecto, depende principalmente, de la magnitud y complejidad del mismo (reflejada a través de las horas-hombre estimadas para dicha realización) y de las particularidades inherentes a la Planta y Cliente de que se trate. No es posible establecer cifras definidas, porque cada proyecto y cada firma de Ingeniería son en si, diferentes. Sin embargo, a continuación se presenta una tabla, resultado de datos estadísticos, donde se muestra el tiempo aproximado de realización de un Proyecto en función de una estimación de horas-hombre:

<u>DIBUJO</u>		<u>INGENIERIA Y SERVICIOS DE OFICINA</u>	
Miles de Horas (54%)	Duración (meses)	Miles de Horas (46%)	Duración (meses)
3	3	2	11
5	5	2	13
8	6	7	14
11	7	10	16
14	7	12	17
17	8	14	18
19	8	17	18
22	9	19	19
25	9	21	19
28	10	24	20
42	12	35	24
56	13	47	27
70	15	59	29
84	16	71	30
97	17	83	32
111	18	95	33

125	19	107	34
139	20	119	36
153	21	130	38
167	22	142	39
181	23	154	40
195	24	166	41
208	24	178	41
223	24	189	41
237	25	201	42
251	25	213	42
264	26	225	43
278	28	237	45
418	32	355	48
556	36	474	51

El criterio generalmente utilizado para la selección de los conceptos a programar, es el de la división por disciplinas de las actividades de trabajo involucradas, como se muestra a continuación para Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalle.

#### 1.a. PROGRAMAS DE EJECUCION DE INGENIERIA BASICA

Se desglosan normalmente en los siguientes conceptos:

	<u>% Pesado</u>
- Balances de Materia y Energía del Proceso y sus Servicios Auxiliares.	6
- Diagramas de Flujo de Ingeniería (procesos) y Dimensionamiento de Líneas.	20
- Diagrama de Flujo de Servicios	6
- Lista de Equipos	2
- Recipientes	8
- Torres e Interiores	7
- Compresores	2
- Bombas	7

- Calentadores a Fuego Directo	4
- Intercambiadores de Calor	7
- Instrumentación	9
- Coordinación, descripción y seguimiento del Proceso. (Revisión de materiales, Revisión de Presión, Temperatura, Revisión de Plot Plan, etc.	22
TOTAL	100%

NOTA: Los "Porcentajes Pesados" anteriormente expuestos, son valores aproximados, ya que estos varían en cada Proyecto de acuerdo a la complejidad que presentan las actividades del mismo.

#### 1.b. PROGRAMAS DE EJECUCION DE INGENIERIA DE DETALLE

Para efectos de este trabajo, la Ingeniería de Detalle se ha dividido en dos fases, que son:

##### INGENIERIA Y DISEÑO-DIBUJO

La fase de DISEÑO-DIBUJO, se inicia alrededor del 50% de avance de la fase de INGENIERIA y depende en su mayoría de la información suministrada por ésta, para la elaboración de los planos de construcción.

##### INGENIERIA

Para facilitar la programación de esta fase, normalmente se le subdivide en las siguientes disciplinas:

##### ING. DE PROYECTO

- Diagrama de Flujo, Plot Plan, Lista de Equipo, etc.

##### ING. DE RECIPIENTES

- Tanques, Torres, Reactores, etc.

##### ING. MECANICA

- Bombas, Compresores, Turbinas, etc.

**ING. ELECTRICA**

- Transformadores, Cuarto de Control de Motores, etc.

**ING. DE INSTRUMENTOS**

- Válvulas de Control, Instrumentos de Flujo, Instrumentos de nivel, etc.

**ING. DE TRANSFERENCIA DE CALOR**

- Cambiadores de Calor, Torres de enfriamiento, etc.

**COORDINACION GENERAL**

- Gerencia e Ing. de Proyecto (Trabajo de coordinación)

Los avances esperados en el tiempo para cada una de las disciplinas dependerán:

1.- De las fechas siguientes:

- a) Fecha estimada de preparación de las especificaciones para compra de equipos.
- b) Fecha estimada de recepción de cotizaciones de proveedores.
- c) Fecha estimada de elaboración de tablas comparativas
- d) Fecha estimada de colocación de órdenes de compra
- e) Fechas estimadas de recepción de dibujos de proveedores (preliminares y certificados)

2.- De los siguientes porcentajes (no olvidar que dependiendo de la organización y procedimientos de cada Firma de Ingeniería estos porcentajes y desgloses, pueden variar significativamente):

**AVANCE POR TIPO DE EQUIPO**

	Ing. de Proyecto.	Recipientes	Transferencia de calor	Equipo Mecánico	Equipo Eléctrico
a) ACTIVIDAD:					
- Preparación de Requisición de compra y en					

vfo a Proveedores	40	22	23	20	41
- Recepción de cotizaciones de proveedores	8	13	12	15	8
- Preparación y Aprobación de Tablas Comparativas	25	35	30	30	20
- Preparación y Aprobación de Orden de Compra	8	8	8	8	8
- Recepción de Planos de Proveedores (Preliminares)	10	12	15	15	13
- Recepción de Planos de Proveedores (Certificados e Información para Catálogo Mecánico)	9	10	12	12	10
- TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%
Porcentaje del total de su disciplina:	23%	100%	100%	100%	50%

**EQUIPO ELECTRICO**

Ing. de Equipos (según desglose de arriba)	50%
Especificaciones eléctricas	10%
Diagramas Unifilares	35%
Estudios (Diagramas de Control, Corto Circuito)	<u>5%</u> 100%

**INSTRUMENTOS**

Para los instrumentos normalmente se efectúa un desglose como el que sigue:

Concepto	Diseño	Requisición	Tabla Comparativa	Total
a) Instrumentos de Temperatura	2%	1%	1%	4%
b) Instrumentos de Flujo	4%	2%	1%	7%
c) Instrumentos de Nivel	2%	2%	1%	5%
d) Instrumentos de Presión	2%	1%	1%	4%

e) Válvulas de Control	15%	6%	3%	24%
f) Válvulas de Relevo	3%	2%	1%	6%
g) Instrumentos de Tablero	3%	3%	2%	8%
h) Accesorios (+)	3%	6%	3%	12%
i) Tablero	3%	2%	1%	6%
j) Datos para catálogo mecánico	3%	2%	1%	6%
k) Revisar diagramas de flujo	5%			5%
l) Numerar y listar Instrumentos.	4%			4%
m) Conexiones para instrumentos en Recipientes y Tuberías	9%			9%
TOTAL:	58%	27%	15%	100%

(+) Accesorios incluye: Termómetros, termopozos, cable para termopar, bridas de orificio, orificios, trampas, manómetros, switches y analizadores.

#### INGENIERIA DE PROYECTO

La Ingeniería de Proyecto consiste fundamentalmente de un trabajo "productivo" y uno de "coordinación".

El trabajo productivo dentro de la Ingeniería de Proyecto, se compone fundamentalmente de:

- a) Plot Plan (80%)
- b) Revisión de Materiales (2%)
- c) Especificaciones de Trabajo (8%)
- d) Servicios Técnicos (2%)
- e) Diagramas de Flujo (P & I): (32%)
- f) Diagramas de Flujo (geográficos): (19%)
- g) Diagramas de Flujo (auxiliares): (6%)

h) Equipo requisitado por Ing. de Proyecto: (23%)

NOTA: Los porcentajes anteriores indican la intervención del Ing. de Proyecto en la elaboración de dichos documentos.

#### DISEÑO Y DIBUJO

La fase de Diseño-Dibujo se subdivide generalmente en las siguientes disciplinas para su programación:

##### Diseño-Dibujo de Recipientes:

- Tanques, Torres, Reactores, Aislamiento de Equipos, etc.

##### Diseño-Dibujo Civil y Estructural:

- Prep. de Lugar, pilotes, concreto, estructuras de acero, etc.

##### Diseño-Dibujo Eléctrico:

- Fuerza, Alumbrado, alambrado de instrumentos, etc.

##### Diseño-Dibujo de Tubería para Instrumentos:

- Tableros de Control, Tubería de Instrumentos

##### Dibujo en General:

- Diagramas de Flujo, Plot Plan, etc.

Los avances esperados en el tiempo para cada disciplina, dependen de la recepción de los dibujos de proveedores de equipos y del tiempo que se establezca para la realización de los planos de construcción, en base a las horas-hombre estimadas.

Debido a la profunda interrelación entre las disciplinas de Diseño-Dibujo y ya que sus actividades se inician con información preliminar (antes de recibir dibujos de proveedores), los incrementos de avance esperados en un principio son muy pequeños, incrementándose a medida que se va contando con in-

formación de proveedores y decreciendo nuevamente conforme se aproxima el final del proyecto. Esto se puede apreciar en las siguientes gráficas:

- 1.- La gráfica de Incrementos de Avance contra Tiempo, que describa aproximadamente la forma de una "Campana de Gauss" (Fig. III.I)
- 2.- La Gráfica de Avance contra tiempo, que describa la llamada "Curva S" (Fig. III.2)

Estas gráficas pueden aplicarse, tanto al programa de cada disciplina como al programa global, en cualquier tipo de Proyecto.

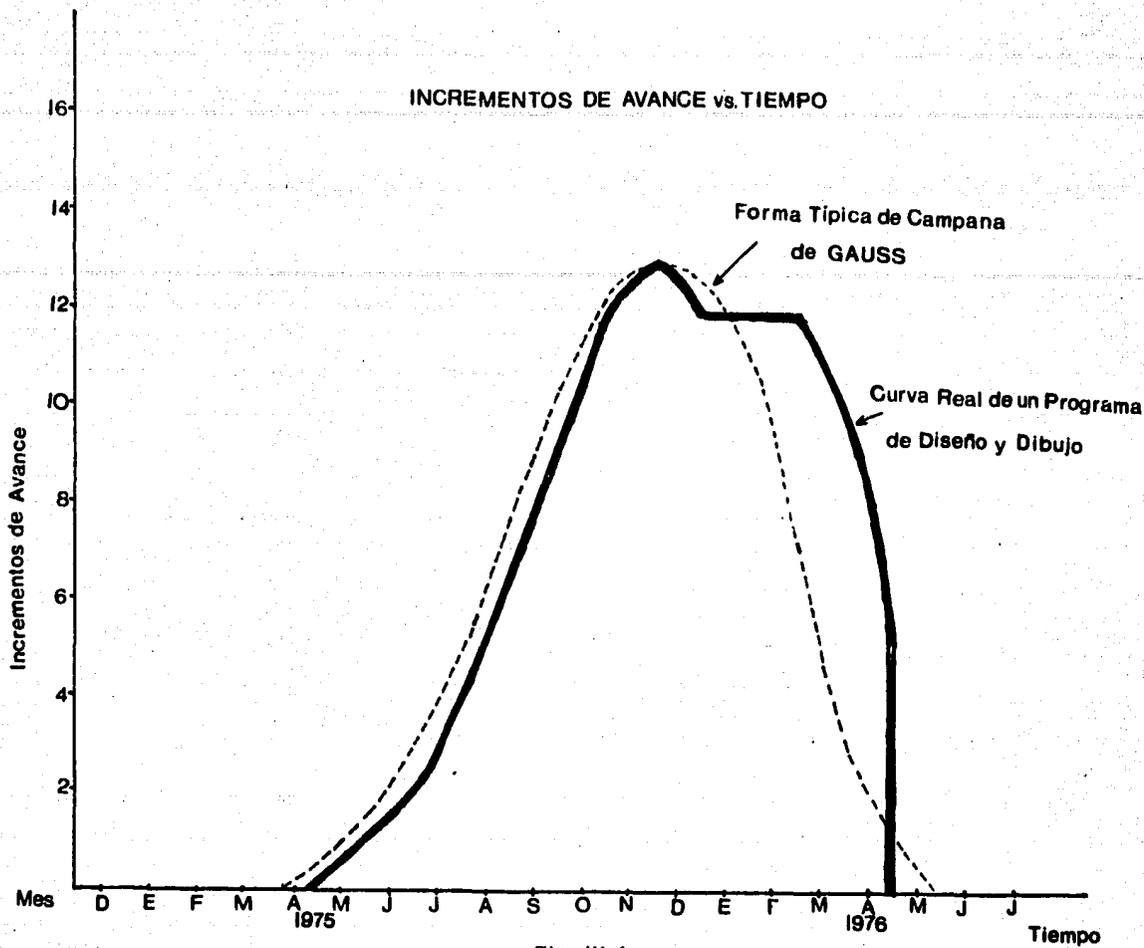


Fig. III.1

Curva 'S' de Avance vs. Tiempo

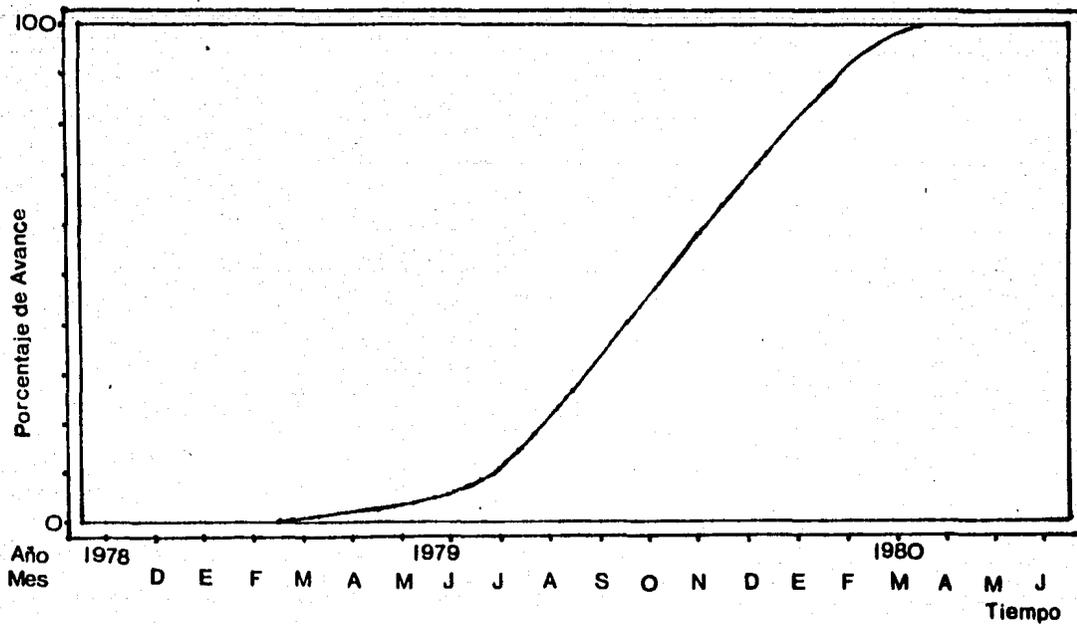


Fig. III.2

I.C.

### DISTRIBUCION DE RECURSOS

Por distribución de recursos se entiende, la cantidad de personas y horas-hombre que distribuidos en el tiempo, de acuerdo con los programas establecidos, permitan concluir el proyecto dentro del costo y tiempo previstos.

El distribuir personal en función del tiempo, requiere de un profundo conocimiento de las actividades que desarrolla cada departamento y del tiempo que requiere cada una para ser totalmente terminada, ya que de esta distribución depende:

- Que el proyecto siempre cuenta con los recursos humanos necesarios para cumplir con los programas.
- Que se contrate más personal dentro de la Firma de Ingeniería, si se estima que el actual es insuficiente, o en caso de que se cuente con exceso de gente, que se reasigne a otras actividades fuera del proyecto.

Es importante que el Cliente se asegure que la Firma de Ingeniería cuente con programas sólidos de asignación de recursos a través del proyecto, en la medida que la definición del alcance de éste así lo permita, lo cual lo puede lograr solicitando a las Firmas de Ingeniería (si así lo considera pertinente), la emisión de los programas globales de distribución de recursos al inicio del proyecto y posteriormente la emisión de programas actualizados a través del desarrollo del mismo.

En la actualidad, la distribución de recursos para determinados proyectos, puede ser obtenida inclusive, por medio del graficador de una computadora, ya que el haber realizado muchos proyectos de un solo tipo, ha permitido a ciertas firmas, preparar programas especiales con este fin, en base a lo siguiente:

- Avances Programados
- Curvas Estadísticas
- Conocimiento en base a la experiencia, del tiempo que requiere cada actividad.

Un hecho importante de tomar en cuenta durante la preparación de un programa de distribución de recursos es que en cualquier proyecto que se realice, independiente de su magnitud o carácter, el consumo de horas-hombre durante su ejecución, expresado con el % del total de horas presupuestadas, no corresponde en forma lineal con el porcentaje de avance de trabajo, más que en un sólo punto, el cual varía, dependiendo del proyecto que se trate.

Esta diferencia se debe a que durante el inicio de un proyecto, en la fase de Planeación, Organización, estudio del Proyecto, etc, se consume una gran cantidad de horas, con muy poco avance real en el trabajo. Luego, una vez que los diferentes departamentos involucrados han comenzado sus actividades y han logrado organizar y dividir el trabajo en forma regular, el proyecto empieza a experimentar una etapa de alta eficiencia,

con consumos de horas-hombre considerablemente menores a los avances que se logran. Finalmente, cuando el proyecto se acerca a su terminación, se suelen consumir muchas horas con poco avance aún en mayor proporción que al inicio del proyecto, debido a que invariablemente surgen gran cantidad de detalles que atender y/o modificar, antes de dar por completamente terminados los trabajos.

A continuación se presenta una gráfica (Fig. III.3), la cual muestra una curva típica de desarrollo de Proyectos de Ingeniería, preparada en base a datos estadísticos y en la cual se puede contemplar lo descrito anteriormente:

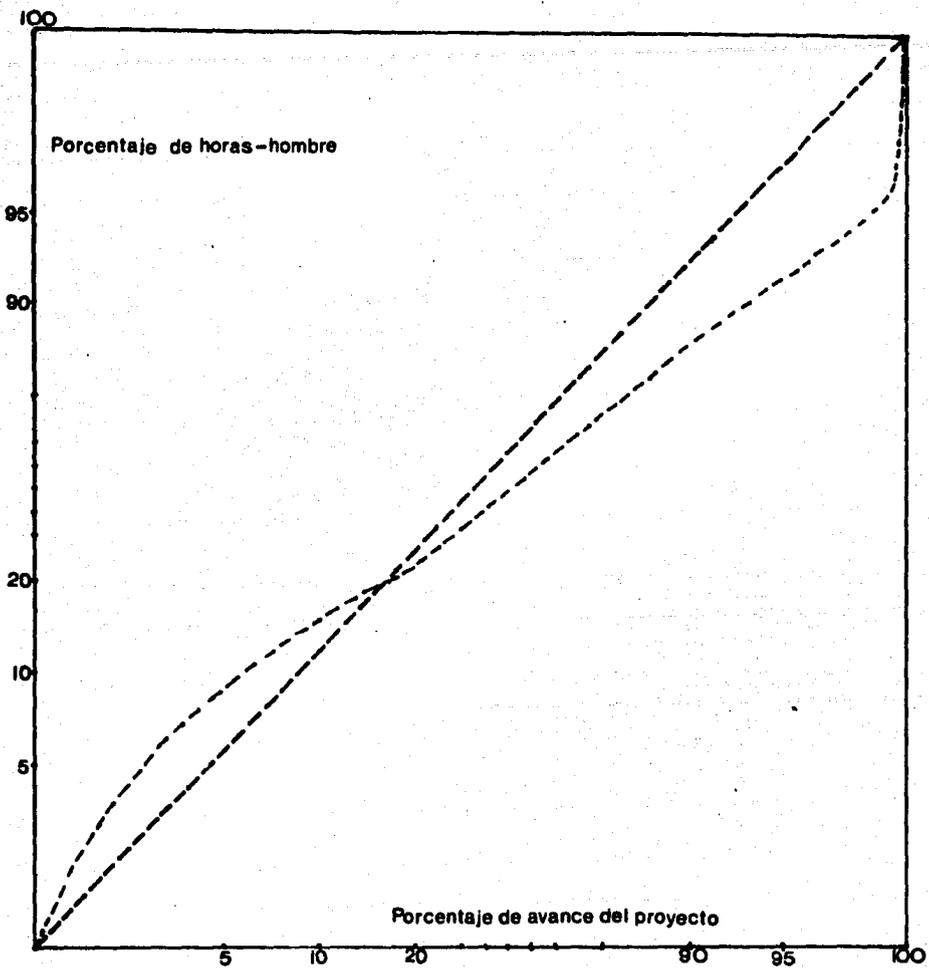


Fig. III.3

B.2.

REPORTES DE AVANCE

Los reportes de Avance son aquellos documentos que reflejan el estado del proyecto a una fecha dada y permiten, por medio del análisis de los resultados reportados a través del tiempo, pronosticar los resultados finales de ejecución del Proyecto, en tiempo y costo. Por lo que es muy importante que toda Firma de Ingeniería que realice proyectos, reporte al Cliente en forma periódica (normalmente mensual), las actividades realizadas y los avances logrados durante el periodo considerado.

Los Reportes de Avance, deben prepararse siguiendo los mismos lineamientos presentados para la preparación de programas, con el objeto de poder comparar los avances reales de las distintas actividades, con lo programado. Por tanto, en todos los casos se evalúan las mismas actividades que se programan.

IV    I N G E N I E R I A    B A S I C A

- IV.A.        Datos básicos para la Ingeniería Básica
- IV.B.        Diagramas de Flujo de Proceso y Balances  
              de Materia-Energía.
- IV.C.        Lista de Equipo
- IV.D.        Hojas de Datos
- IV.E.        Arreglo General de Equipos (Plot Plan)
- IV.F.        Diagramas de Flujo de Ingeniería (DTI<sub>s</sub>)
- IV.G.        Revisión de Presión y Temperatura
- IV.H.        Revisión de Materiales

IV

INGENIERIA BASICA

El propósito de este capítulo, es el de definir lo más claramente posible, lo que el Cliente debe esperar de un paquete de Ingeniería Básica, también conocido como paquete de Diseño de Proceso, una vez que el Cliente haya previsto al Licenciador correspondiente, los Datos Básicos de Ingeniería Básica.

Como Ingeniería Básica, se puede entender aquella información tecnológica que se requiere para poder diseñar una planta. Sin embargo, es importante hacer notar que el concepto de Ingeniería Básica, no está específicamente definido o regulado por alguna Asociación, por tanto su contenido varía, dependiendo del Licenciador que la desarrolle. Pero en cualquier caso puede contemplarse como aquella que unida a los Datos Básicos de Ingeniería de Detalle permite desarrollar la Ingeniería de Detalle correspondiente, la cual se define en el capítulo V.

Generalmente el contenido de un paquete de Ingeniería Básica, comprende lo siguiente:

- A.- Datos básicos para la Ingeniería Básica (Bases de Diseño)
- B.- Diagramas de Flujo de Proceso. Balances de Materia-Energía
- C.- Lista de Equipo
- D.- Hojas de Datos
- E.- Arreglo General de Equipos (Plot Plan)

F.- Diagramas de Tubería e Instrumentación

G.- Revisión de Presión y Temperatura

H.- Revisión de Materiales

De los cuales hablaremos a continuación detalladamente.

#### IV.A. DATOS BASICOS PARA LA INGENIERIA BASICA

Los datos básicos para la Ingeniería Básica, constituyen la información específica del Proyecto, indispensable para que el Licenciador pueda desarrollar la Ingeniería Básica correspondiente, dada una tecnología. Estos datos son preparados por el Cliente, quien los debe emitir al Licenciador antes de que éste inicie las actividades correspondientes a la Ingeniería Básica.

Estos datos varían de acuerdo a la naturaleza del proyecto y tipo de planta que se desee instalar, debiendo analizarse dado el caso, la conveniencia de incluir o no, determinada información.

A continuación se describe en forma general los "datos básicos" que debe proporcionar el Cliente para el Desarrollo de la Ingeniería Básica.

##### a) DATOS GENERALES

Nombre de la Planta

Función de la Planta

Localización de la Planta

Capacidad de la Planta

Tipo de Proceso

Características de Materia Prima y Productos (Composición, P y T en L.B., estado físico, disponibilidad, pureza del producto).

Los códigos que se aplican en cuanto a polución o contaminación ambiental; y para el diseño del equipo.

b) DATOS PARA LOS SERVICIOS AUXILIARES:

1.- AGUA DE ENFRIAMIENTO

Fuente de Suministro

Disponibilidad

Presión y temperatura de entrada así como de retorno o salida de L.B.

2.- AGUA DE PROCESO

Fuente de Suministro

Disponibilidad

Presión y Temperatura en L.B.

Análisis Químico

3.- AGUA CONTRA INCENDIO

Fuente de Suministro (Anotar también las fuentes secundarias)

Presión y temperatura en L.B.

Disponibilidad

4.- AGUA DE ALIMENTACION O CALDERA

Fuente de Suministro

Disponibilidad

Presión y Temperatura en L.B.

Análisis Químico

**5.- AIRE DE SERVICIO A INSTRUMENTOS Y A PLANTA**

Presión y temperatura en L.B.

Humedad

Punto de Rocío

(Disponibilidad y Fuente de Suministro)

**6.- COMBUSTIBLE**

Composición

Estado Físico

Presión y Temperatura en L.B. (Gas y Liq)

Medio de Transporte (Sólido)

Poder Calorífico

Viscosidad

Disponibilidad

**7.- ENERGIA ELECTRICA**

Fuente de Suministro

Tensión

Número de Pasos

Acometida de la corriente (subterránea o aérea)

Energía eléctrica de emergencia (Generador auxiliar para ayuda de equipo crítico).

**8.- DRENAJES: (MATERIAL SELECCIONADO PARA)**

Drenaje aceitoso

Drenaje de agua de proceso

Drenaje pluvial

Drenaje sanitario

Drenaje químico

**9.- VAPOR**

**Calidad del Vapor**

**Fuente de Suministro**

**Disponibilidad**

**Presión y temperatura en L.B. así como del conden  
sado de Retorno.**

**c) CONDICIONES CLIMATOLOGICAS:**

**Temperaturas Máxima y Mínima, extremas y promedios**

**Temperatura promedio**

**Temperatura de bulbo húmedo**

**Humedad**

**Presión Atmosférica**

**Altura sobre el nivel del mar**

**Precipitación Pluvial**

**Datos de tormentas eléctricas**

**Dirección y velocidad media de los vientos dominantes y  
reinantes.**

**Condiciones Sísmicas**

#### IV.B.

### DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO Y BALANCES DE MATERIA-ENERGIA

Los diagramas de flujo de proceso, se preparan con el fin de proporcionar un arreglo esquemático del equipo de proceso principal, la instrumentación básica de control y las líneas de alimentación, interconexión y producto. Normalmente se acompañan de los Balances de Materia y Energía, cuyos cálculos son propiedad del Licenciador, quien deberá conservarlos para posibles referencias.

Los principales criterios para un buen diagrama de flujo de proceso con la claridad, exactitud y utilidad, puesto que resulta un documento bastante importante, ya que de él se obtiene información para:

- Elaboración de Hojas de Datos de Proceso
- Checar continuidad del Proceso
- Preparar diagramas de flujo de servicios
- Preparar diagramas de flujo de Ingeniería (DTI)
- Desarrollo de procedimientos de Operación
- Etc.

Los balances de Materia y Energía, incluyen las cantidades de materiales y energía que entran y salen de cada etapa del proceso y se elaboran en base a los rendimientos de productos intermedios y finales, y a los consumos de servicios y de energía previstos, de acuerdo con la experiencia de los proveedores de la tecnología y las investigaciones de tipo expe-

rimental realizadas en apoyo del proyecto.

Estos balances permiten determinar las capacidades de cada una de las unidades industriales y los requerimientos de servicios de los mismos. Asimismo, permiten conocer los volúmenes de subproductos y desechos que deben esperarse de la operación de la planta.

Pueden incluirse como se mencionó anteriormente, dentro de los diagramas de Flujo o en tabulaciones separadas, identificando las corrientes mediante una numeración de los mismos. (Fig. IV.1.)

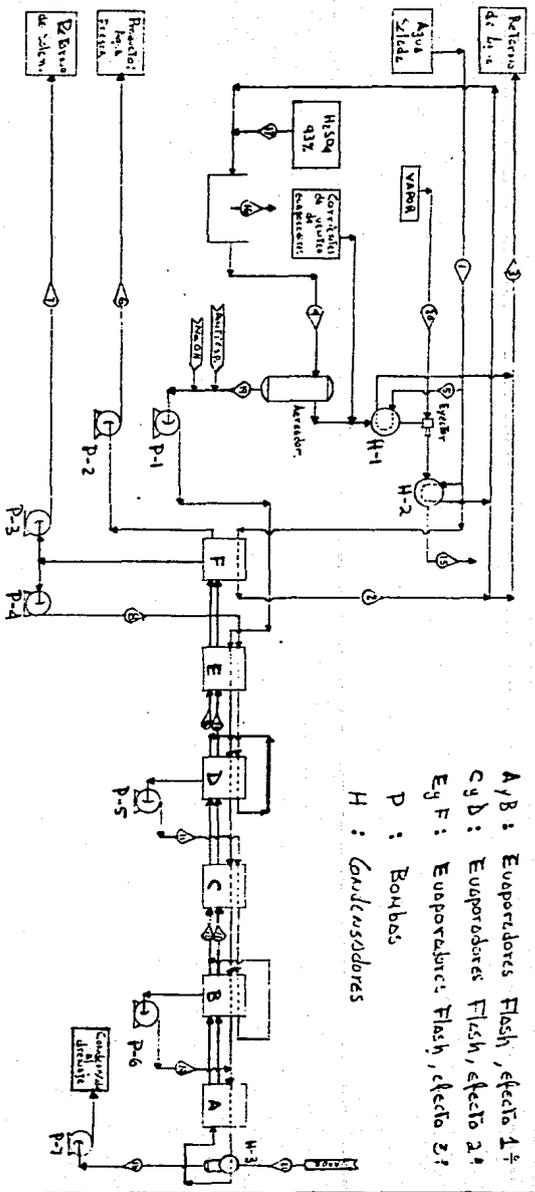
Dentro de la información específica que se debe cubrir en los Balances de Materia y Energía, para todas las corrientes, se cuenta la siguiente:

- Gasto volumétrico y de masa
- Composición química de las corrientes
- Estados físicos y composición porcentual en cada corriente
- Presiones y temperaturas de operación
- Principales propiedades físicas y químicas de cada corriente

A continuación se muestra un ejemplo típico de Diagrama de Flujo de Proceso (Fig.IV.2.)



Detalle -



- AyB : Evaporadores Flash, efecto 1<sup>o</sup>
- EyD : Evaporadores Flash, efecto 2<sup>o</sup>
- EyF : Evaporadores Flash, efecto 3<sup>o</sup>
- P : Bombas
- H : Condensadores

Balace de Materia del Proceso de Recalado de Agua

Concreto	Corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Hijo Masico de Kg/h		1192	850	233	817	142	349	467	1,283	586	230	1,653	702	114	1,774	609	0.06	0.10	17.5	0.0004	16	17.5
Flujo Volumétrico, gpm		2325	1,680	456	1,600	277	698	899	2,470	1,157	469	3,264	1,421	238	3,996	-	-	-	37.4	-	-	-
Temperatura, °C		65	85	85	85	65	83.4	85	85	157	155.7	157	209	207.7	209	85	85	70	265	70	-	265
Gravedad específica		1.025	1.021	1.021	1.021	1.025	1.00	1.034	1.039	1.03	0.98	1.013	0.99	0.96	0.99	1.35	1.52	1.84	0.94	1.08	-	-

Fig. No. 2 Ejemplo de Diagrama de Flujo

#### IV.C.

##### LISTA DE EQUIPOS

Este documento debe ser preparado en forma preliminar por el Licenciador que desarrolle la Ingeniería Básica, el cual deberá contener todos los equipos que intervengan en el proceso de una forma ordenada por similitud de equipos, conteniendo la clave de identificación de los mismos de acuerdo al servicio, al área a la que pertenecen y su descripción.

Esta lista será actualizada durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle, con la siguiente información:

- Clave del Equipo (en caso de que no haya sido dada)
- Diagrama de Flujo en el que se encuentre
- Número de requisición asignado
- Número de orden de compra asignado
- Elevación del equipo
- Comentarios especiales

A continuación se muestra un ejemplo típico de Lista de Equipos desarrollada durante la Ingeniería Básica (Fig.IV.3.)



#### IV.D.

#### HOJAS DE DATOS DE PROCESO

Las Hojas de Datos de Proceso, se preparan a partir de los Balances de Materia y Energía y son aquellas cuya información contiene las condiciones de operación para cada uno de los equipos de proceso y que sirven como base para la preparación de las requisiciones de compra correspondientes.

Con el objeto de proporcionar una idea más completa de lo que son las Hojas de Datos de Proceso, a continuación se describe el contenido de éstas, para Recipientes Cambiadores de Calor y Bombas, que son equipos muy comunes en Plantas de Proceso mostrándose ejemplos típicos de éstos.

#### RECIPIENTES

Se deberá incluir un esquema estandar de proceso mostrando:

- Diámetro, altura y/o longitud del recipiente
- Número, tipo y espaciamiento de platos para torres.
- Número, tamaño y localización de boquillas
- Presiones y temperaturas máximas de operación
- Materiales de construcción y tolerancia para corrosión
- Niveles de líquido altos y bajos
- Requerimientos de aislamiento
- Detalles de partes internas especiales tales como soportes, eliminadores de niebla, distribuidores, etc.
- Resumen estandar de cargas de plato o empaques

La localización de boquillas indicada arriba, aplicará solamente a requerimientos especiales de altura de boquillas. La orientación no es parte del alcance del trabajo de proceso. Por lo que se refiere a aislamiento, el Licenciador solamente indicará si el aislamiento es o no requerido. (Fig. IV.4.)

#### CAMBIADORES DE CALOR

Las Hojas de Datos de Proceso para Cambiadores de Calor, incluyen corrientes limitantes de transferencia donde sea aplicable, propiedades físicas de los fluidos que se requieren para dimensionamiento por computadora: viscosidades limitantes y puntos de escurrimiento, factores de ensuciamiento, curvas de compensación y vaporización, restricciones relativas a la combinación de aero-enfriadores, etc. (Fig. IV.5.)

#### BOMBAS

Las Hojas de Datos de Procesos para Bombas incluyen las correspondientes unidades motrices, los requerimientos de relevo, materiales de construcción, NPSH disponible, tolerancia para corrosión y tipo específico de bomba si se requiere por razones de proceso, especificaciones para alternativas, si fuera necesario para algunos servicios individuales.

No se suministrarán datos mecánicos (excepto que por razones de proceso exista un requerimiento especial tal como tipo y metalurgia. (Fig. IV.6.)



<b>DATOS DE PROCESO DE CAMBIADORES DE CALOR</b>		Contrato: _____ Elaboró: _____			
		Cliente: _____ Revisó _____			
PARTIDA:		Planta: _____ Fecha: _____			
		Loc.: _____ Hoja _____ De _____			
Revisión	1	2	3		
Fecha/Por	/	/	/		
Servicio					
Materiales Manejados:					
Tipo de Cambiador:					
Servicio <input type="checkbox"/> Continuo <input type="checkbox"/> Intermitente Aprox. _____ Hrs./año					
<b>DISEÑO DE UNA UNIDAD</b>					
		Lado Envolvente		Lado Tubos	
<b>Fluido</b>					
Flujo Total....	Lb/hr	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Vapor.....	Lb/hr				
Líquido.....	Lb/hr				
No condensables.....	Lb/hr				
Peso Molecular.....					
Densidad.....	Lb/ft <sup>3</sup>				
Viscosidad.....	Cp.				
Calor Específico.....	BTU/Lb. °F				
Conductividad Térmica.....	BTU/hr. °F, ft				
Calor latente.....	BTU/Lb				
Temperatura.....	°F				
Presión de Operación.....	PSIG				
Velocidad.....	ft/seg.				
No. de pasos.....					
Caída de Presión.....	PSIG				
Coef. de la Película.....	BTU/Hr. °F, ft <sup>2</sup>				
Resistencia por Suciedad.....	Hr. °F, ft <sup>2</sup> /BTU				
Coef. de Transmisión.....	BTU/Hr. °F, ft <sup>2</sup>	Limpio	Diseño	Mínimo	
Calor Cambiado.....	BTU/Hr	ΔT Media °F		Sup. Efectiva ft <sup>2</sup>	
Sup. por Unidad Calculada.....	ft <sup>2</sup>	Disponible ft <sup>2</sup>		Exceso %	
Envolventes/Unidad/Tamaño		Tipo			
Horizontal <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/>		Conectadas <input type="checkbox"/> En paralelo <input type="checkbox"/> Serie <input type="checkbox"/> Aislados <input type="checkbox"/>			
<b>CONSTRUCCION</b>					
Envolvente: P. Diseño PSIG.....		Temp. Diseño °F.....		Tol. de Corrosión pulg.....	
Tuberías: P. Diseño PSIG.....		Temp. Diseño °F.....		Tol. de Corrosión pulg.....	
Envolvente: Diám. pulg.....		Tolerancia Máxima pulg.			
Baffles: Tipo _____ Distancia _____		% Dism. _____		Area <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal <input type="checkbox"/> 45°	
Baffle Longitudinal.....		Baffle de choque <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No			
Tubos: No. _____	D.E. pulg.	Long. ft	BWG	Paso pulg.	Δ ◁ □ ◇
<b>MATERIALES</b>					
Envolvente: _____ Espejos: _____					
Tubos: _____ Tapas: _____					
Notas ( Ventéo, drenaje, conexiones, aislamiento, aditivos, etc. ) :					

<b>DATOS DE PROCESO DE BOMBAS</b>			Contrato: _____ Elaboró: _____ Cliente: _____ Revisó: _____ Planta: _____ Fecha: _____ Loc.: _____ Hoja _____ De _____		
PARTIDA:					
Revisión	1	2	3	4	5
Fecha/Por	/	/	/	/	/
Servicio					
Tipo de Bomba <input type="checkbox"/> Centrífuga <input type="checkbox"/> Recip.Eléctr. <input type="checkbox"/> Recip.vapor <input type="checkbox"/> Rotatoria <input type="checkbox"/> Dosif. Número de Bombas Requeridas _____ Operando _____ Relevo _____ Servicio <input type="checkbox"/> Continuo <input type="checkbox"/> Intermitente Aprox. _____ Hrs/año					
<b>REQUERIMIENTOS DE PROCESO POR BOMBA</b>					
Caso de Operación					
Líquido					
Temperatura de Bombeo Normal °F					
Máxima Esperada °F					
Dens. Rel. a T. B. para diseño ( Min. )					
Mínima esperada					
Presión de Vapor a Temp. Bombeo PSIA					
Viscosidad a Temp. Bombeo CPS					
Capacidad a T. B. Requerida U.S. GPM					
Normal U.S. GPM					
Presión de Descarga Requerida PSIG					
Presión de Succión Requerida PSIG					
(Máxima Posible) PSIG					
Presión Diferencial PSI					
Cabeza Dif. (solo bombas centríf.) FT					
N. P. S. H. Disponible FT					
Corrosión/Erosión debido a					
Detalles Especiales					
Flujo controlado por <input type="checkbox"/> LC <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> PC <input type="checkbox"/> FC <input type="checkbox"/> Otros					
Forma de arranque de la bomba de relevo Manual Automático					
Vapor Motriz: Alimentación:					
NOTAS :					
Materiales Recomendados: Carcasa: Interiores:					

#### IV.E.

##### ARREGLO DE EQUIPOS PROPUESTO: PLOT PLAN

Un Plot Plan o Arreglo General de Equipo, es un plano dibujado a escala en el cual se muestra la localización óptima del equipo e instalaciones que integrarán la Planta (Fig. IV.7.)

En esta etapa de Ingeniería Básica, el Licenciador propone un arreglo general de equipos conforme a las bases de diseño, diagramas de flujo, lista de equipo y hojas de datos. El objetivo principal de este diagrama, es el de proporcionar una idea acerca de la distribución de equipo mayor e instalaciones principales dentro de lo que constituirá la planta.

Este arreglo sufrirá modificaciones posteriores durante la etapa de Ingeniería de Detalle, cuando se cuente con información de proveedores de equipo, y se haya integrado ésta a los diferentes componentes de la planta. Asimismo, durante la etapa de Ingeniería Básica, deberá analizarse a fondo teniendo en cuenta que se cumplan los siguientes factores, que son el criterio a seguir para la elaboración del Plot Plan:

**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 Acceso-

rios de la planta, con el objeto de dar servicio, ajuste, etc., siempre que se requiera.

**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 al algún equipo mayor (cambiadores de calor, reactores y torres, etc.)

**Facilidad de Construcción.-** Un Plot Plan puede aparentar ser un buen arreglo por haber cumplido satisfactoriamente los puntos anteriores, pero si no se puede construir, resulta inútil.

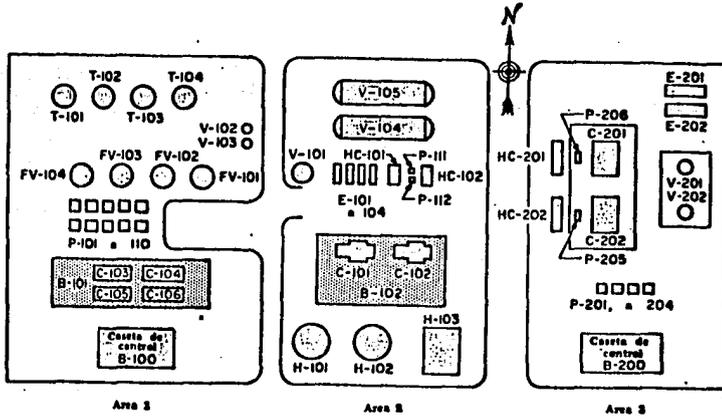
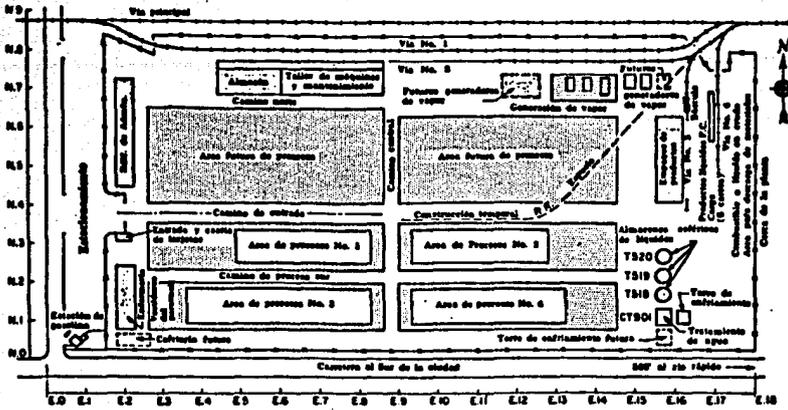
**Economía.-** Un buen Plot Plan se reflejará en un ahorro considerablemente de la inversión para la construcción del proyecto.

**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.

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

Todos los puntos anteriores deberán ser satisfechos en este documento, para lo cual se anexa a continuación tres ta-

blas (Figs. IV.8., IV.9., y IV.10.) en las cuales se muestran los criterios que se deben tomar en cuanto a distancias entre equipos.



Arreglo general de Equipos (Plot Plan)

Fig. IV.7

**A PARTIR DE**

**ESTA PAGINA**

**FALLA  
DE  
ORIGEN**







Para la elaboración de un Plot Plan se requiere de la siguiente información:

1) Bases de diseño que incluyen principalmente:

- Dirección y velocidad de vientos dominantes
- Coordenadas del área disponible con que se cuenta
- Norte astronómico geográfico
- Entrada de Materia Prima y salida de productos
- Entradas y salidas de servicios auxiliares
- Estudio topográfico del terreno
- Caminos de acceso existentes
- Plantas circunvecinas
- Líneas de tuberías e instalaciones de FF.CC. existentes
- Localización del área de almacenamiento

2) Diagramas de Flujo de Proceso

3) Lista de Equipo

4) Dimensiones preliminares de equipo

5) Dimensiones preliminares de edificios

Asimismo la información que debe contener, es la siguiente:

- 1) Localización de todo el equipo (incluyendo el contorno de los "futuros")
- 2) Dimensiones y localización de todas las estructuras y edificios
- 3) Numeración de columnas y localización de racks de tubería
- 4) Todos los soportes de piso, para tuberías

- 5) Localización aproximada de todos los soportes de inter cambiadores de calor y tanques horizontales
- 6) Localización aproximada de áreas pavimentadas
- 7) Localización aproximada de estaciones de servicios,  
(aire, vapor, agua)
- 8) Areas para ramoción de haces de tubos de intercambiadores u otras partes interiores de equipos.
- 9) Areas libres paramanejo de equipos en estructuras y to rres.
- 10) Accesos para equipo móvil
- 11) Localización de la red general contra incendio
- 12) Todas las escaleras que desplantan del piso
- 13) Designación de áreas y líneas de ensamble de las mismas
- 14) Coordenadas de los límites de batería de la planta
- 15) Boquillas de entrada y salida de ventiladores
- 16) Cuarto de control, áreas de tableros de distribución  
y transformadores
- 17) Tableros de Control
- 18) Flecha señalando el norte geográfico y dirección de  
vientos dominantes
- 19) Notas generales, simbología y planos de referencia
- 20) Localización de las líneas, entrando y saliendo de  
los límites de batería.

#### IV.F.

##### DIAGRAMAS DE FLUJO DE INGENIERIA

Los diagramas de tubería e Instrumentación (Fig. IV.11.) son originados durante la Ingeniería Básica después de haber realizado los diagramas de flujo de proceso con sus respectivos balances, sus revisiones de material y presión-Temperatura y las hojas de datos de proceso. Debido a que en ellos se sintetiza gran parte de la información de la planta, sirven de base para el diseño dibujo, estimado de costo, construcción y operación de la misma.

Los diagramas de flujo de Ingeniería, básicamente muestran todos los equipos involucrados en la planta, las líneas de tubería, la instrumentación, las temperaturas máximas de operación, los requerimientos de aislamiento y una breve descripción de cada equipo importante.

Al igual que sucede con el arreglo de equipos (Plot Plan), la lista de equipos, etc., los diagramas de flujo de Ingeniería son complementados durante la Ingeniería de Detalle, conforme se generan mayores análisis e información, tanto interna como proveniente de proveedores.

En adición a los diagramas de flujo de Ingeniería propiamente dichos, durante la Ingeniería de Detalle se preparan otros diagramas de flujo complementarios a éstos y que son

los diagramas de servicios, los diagramas geográficos y los diagramas auxiliares, éstos se explican debidamente en el capítulo V, correspondiente a Ingeniería de Detalle.



#### IV.G.

##### REVISION DE PRESION Y TEMPERATURA

El establecimiento de una consistente, correcta y óptima selección económica de presiones y temperaturas de diseño de equipos requiere, además de una buena ingeniería, una considerable planeación y cantidad de revisiones.

Con el objeto de proporcionar una herramienta adicional de trabajo y de asegurar unas apropiadas especificaciones de equipo, es conveniente en ocasiones y dependiendo de la complejidad del proceso, el desarrollar un "Diagrama de flujo de presión-temperatura", donde se muestren específicamente las condiciones mecánicas de todos los equipos.

La preparación de este diagrama (realizado sobre una copia del diagrama de flujo de procesos) requiere de la intervención directa de varios departamentos de la Firma de Ingeniería y debe llevarse a cabo después de los balances de materia y de los cálculos para especificación de bombas.

La información contenida en el "Diagrama de Presión-Temperatura" básicamente, es la siguiente:

- 1) Presión y temperatura de operación de todos los equipos. En equipos con mucha caída de presión como cambiadores de calor, se debe indicar la presión de operación a la entrada y a la salida.
- 2) Presión y Temperatura de diseño
- 3) Presión y Temperatura de operación de todos los siste

mas mayores de servicios (Vapor, agua de enfriamiento, gas, combustible, etc.) y presión y temperatura de diseño de los equipos involucrados.

- 4) Condiciones anormales que afecten las condiciones de diseño tales como ciclos de activación o regeneración, arranques, etc.

Esta información debe utilizarse como base para la asignación de presiones y temperaturas de diseño para todos los equipos y que se indican en las "Hojas de Datos de Proceso"

#### IV.H.

#### REVISION DE MATERIALES

La selección apropiada de los materiales a utilizar en las tuberías y equipos de una planta, es de suma importancia en el diseño de la misma y requiere de personal especializado para su realización.

La información de proceso requerida para la selección de materiales varía de acuerdo al tipo de planta, pero puede generalizarse en lo siguiente:

- 1) Diagrama de flujo de proceso, incluyendo datos de presión y temperatura máximos de operación y en cualquier otra condición significativa, para todas las líneas y equipos.

- 2) Alimentaciones

- Fuente (origen(es) geográfico(s))
- Composición

- Composición de todas las corrientes, tanto de proceso, como de servicios.

Es importante que la Firma de Ingeniería prepare un documento donde se indiquen principalmente, las bases sobre las cuales se realizarón los estudios para la selección de materiales y posteriormente, un listado detallado de los equipos, con los materiales específicos a utilizar en cada uno de los componentes.

Las bases para la selección de materiales deben incluir:

- 1) Sustancias consideradas como corrosivas.
- 2) Temperaturas de las corrientes que causen mayor corrosión
- 3) Años de vida útil esperada para los equipos
- 4) Consideraciones especiales (modo de tratamiento de agua para calderas, para agua de enfriamiento, etc.)
- 5) Comentarios generales sobre tipos de soldaduras para diversos materiales y/o equipos: grosor, dureza, material, etc.
- 6) Materiales en general y tolerancia para corrosión para tuberías a presión, para agua contra incendio y para otras tuberías.

V

INGENIERIA DE DETALLE

- V.A. Datos básicos para la Ingeniería de Detalle
- V.B. Ingeniería de Equipos
  - B.1. Ingeniería de Proyecto
    - 1.a. Arreglo General de Equipos (Plot Plan)
    - 1.b. Lista de Equipo
    - 1.c. Revisión de Materiales
    - 1.d. Especificaciones de Trabajo
    - 1.e. Diagramas de Flujo de Ingeniería
    - 1.f. Lista de Líneas
    - 1.g. Requisiciones de Equipos Especiales
    - 1.h. Subcontratos para Construcción
  - B.2. Ingeniería Especializada
    - 2.a. Requisiciones de Equipos
    - 2.b. Tablas Comparativas Técnicas
    - 2.c. Ordenes de Compra
    - 2.d. Planos de Proveedores
    - 2.e. Partes de Repuesto
    - 2.f. Catálogo Mecánico
    - 2.g. Manual de Operación
- V.C. Diseño y Dibujo
  - C.1. Estudios Preliminares
  - C.2. Memorias de Cálculo

- C.3. Planos para Construcción**
- C.4. Lista y Requisiciones de Materiales**
- C.5. Maqueta**

V

INGENIERIA DE DETALLE

El propósito de este capítulo es el de definir lo más claramente posible la información que el Cliente debe esperar de la Firma de Ingeniería que desarrolla la Ingeniería de Detalle y una vez que haya provisto a ésta de los "Datos Básicos de Ingeniería de Detalle" correspondientes.

El concepto de Ingeniería de Detalle al igual que el de Ingeniería Básica (como se menciona en el capítulo IV), no está específicamente definido o regulado por alguna Asociación, por tanto su contenido varía dependiendo de la firma de Ingeniería que la desarrolle, sin embargo para propósitos de este capítulo podemos entender como Ingeniería de Detalle al conjunto de estudios, cálculos, diseños, especificaciones y cualquier otra información que permita preparar los planos detallados para la construcción e instalación de una planta (incluyendo éstos dentro del paquete de Ingeniería de Detalle)

Debido a la gran cantidad de Firmas de Ingeniería que actualmente hay en el mercado, existe consecuentemente una gran variedad de métodos y estructuras organizadas para el desarrollo de proyectos de Ingeniería de Detalle. La estructura sobre la cual se basa este análisis, divide a la Ingeniería de Detalle en dos grandes grupos de actividades:

- 1) Ingeniería de Equipos

## 2) Diseño y Dibujos de Planos para construcción

A continuación hablaremos de los Datos Básicos de Ingeniería de Detalle, para posteriormente hablar de estos dos grupos de actividades en que se ha dividido a la Ingeniería de Detalle.

V.A.

### DATOS BASICOS PARA LA INGENIERIA DE DETALLE

Los datos básicos para la Ingeniería de Detalle deben ser preparados por el Cliente y constituyen la información específica del proyecto, indispensable para que la Firma de Ingeniería pueda desarrollar la Ingeniería de Detalle correspondiente, una vez entregado el paquete completo de Ingeniería Básica.

Estos datos, al igual que los requeridos para la Ingeniería Básica, varían de acuerdo a la Naturaleza del proyecto y tipo de planta que se desee instalar, debiendo analizarse dado el caso, la conveniencia de incluir o no, determinada información.

Los datos básicos para la Ingeniería de Detalle comprenden todos los que se dieron para la Ingeniería Básica (ver capítulo IV) pero en forma más completa y detallada, ya que por medio de éstos se define, por ejemplo el grado de automatización que deba presentar la planta. A continuación se presenta con detalle el contenido de éstos.

DATOS BASICOS  
PARA INGENIERIA DE DETALLE

DATOS GENERALES

- 1.- Nombre del Cliente \_\_\_\_\_
- 2.- Nombre de la Planta \_\_\_\_\_
- 3.- Ubicación de la Planta \_\_\_\_\_
- 4.- Capacidad de la Planta, Factor de Diseño \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 5.- Sistema de medidas Métrico \_\_\_\_\_ Inglés \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 6.- Estandards y especificaciones que serán usados \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 7.- Todo el diseño y la construcción deberá estar de acuerdo con la última edición de las secciones aplicables de los códigos ASME, ASTM, AISC, ACI, ANSI, AIEE, NEC, NEMA, TEMA en adición a los códigos nacionales. Las siguientes secciones especializadas de estos códigos están designadas, junto con cualquier código ó ley local que los suplementen ó mejoren.

	Sección	Locales
Recipientes a presión	_____	_____
Calderas	_____	_____
Estructural y Edificios	_____	_____
Eléctrico	_____	_____
Sanitario	_____	_____
Prevención aeronaves	_____	_____
Seguridad	_____	_____
Polución de agua	_____	_____
Polución de aire	_____	_____
Ruido	_____	_____
Otros	_____	_____

8.- Características de Materias Primas, Subproductos y Productos, como son:

- Composición
- Estado Físico
- Disponibilidad
- Pureza
- Presión y Temperatura en L.B.
- etc.

Notas:

DATOS DE SERVICIOS

A. Vapor

1.- En Area de Proceso

---

SERVICIO	PRESION, KG/CM <sup>2</sup>			TEMPERATURA °C			
	NOR	MAX	MIN DISEÑO	NOR	MAX	MIN	DISEÑO

---

Alta Presión

---

Media Presión

---

Baja Presión

---

Descargas Limpias

---

Descargas Aceitosas

---

Deareador

---

2.- En la Casa de Fuerza

---

SERVICIO	PRESION KG/CM <sup>2</sup>			MAX	DISPONIBILIDAD
	NOR	MAX	MIN APERTURA	°C	KG/HR

V. DE S.

---

Alta Presión

---

Media Presión

---

Baja Presión

---

Salida

---

Deareador

---

Notas:

**B.- Condensado**

- 1.- El condensado deberá \_\_\_\_\_ no deberá \_\_\_\_\_ recuperarse
- 2.- El condensado del sistema de \_\_\_\_\_ kg/cm<sup>2</sup> debe descargar a \_\_\_\_\_ Kg/cm<sup>2</sup>.
- 3.- El condensado del sistema de \_\_\_\_\_ Kg/cm<sup>2</sup> debe descargar hacia el cabezal de condensado de baja presión.
- 4.- La mínima presión de diseño para el condensado de baja presión en límites de batería será de \_\_\_\_\_ kg/cm<sup>2</sup>.

**C.- Corriente eléctrica**

<u>SERVICIO</u>	<u>RANGO DE POTENCIA</u>		<u>VOLTAJES</u>	<u>FASES</u>	<u>FREQ-CPS</u>	<u>KVA</u>
	<u>DE</u>	<u>A</u>				

Motores \_\_\_\_\_

**Instrumentos**

**Distribución de Alumbrado**

Capacidad del Transformador \_\_\_\_\_

disponible para este \_\_\_\_\_

Proyecto condiciones \_\_\_\_\_

**secundarias**

**Suministro a la Planta**

- 1.- Toda la luz eléctrica debe ser \_\_\_\_\_ V, todos los luminarios serán alimentados a \_\_\_\_\_ V aterrizando en un lado de acuerdo

con la especificación de trabajo \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2.- ¿Se requiere aislamiento especial debido a condiciones climáticas? \_\_\_\_\_

Si es así las condiciones son: \_\_\_\_\_

3.- La clasificación de área será: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4.- La distribución de fuerza será \_\_\_\_\_ enterrada \_\_\_\_\_ aérea \_\_\_\_\_

5.- Generación de Emergencia

Se deberá \_\_\_\_\_ no se deberá \_\_\_\_\_ proporcionar un generador de emergencia, que suministre potencia para la instrumentación, así como para algunas luces o equipos importantes seleccionados, este generador opera bajo las siguientes condiciones:

Volts \_\_\_\_\_

Fases \_\_\_\_\_

Frecuencia \_\_\_\_\_

6.- \_\_\_\_\_ Serán proporcionados para instrumentos y algunas luces.  
\_\_\_\_\_

7.- Todos los motores abajo de \_\_\_\_\_ HP serán de \_\_\_\_\_ Volts. \_\_\_\_\_

Fases \_\_\_\_\_ Hz.

Notas:

D. Agua

DESCRIPCION	SERVICIO		
	AGUA DE ENFRIAR	Agua de Pozo Papagayo No. 3	Agua de Pozo Papagayo No. 4

Origen

Retorno

presión de Suministro (al Piso)

Kg/cm<sup>2</sup>

Presión de Retorno (Al Piso)

Kg/cm<sup>2</sup>

Presión del Diseño del sistema

Kg/Cm<sup>2</sup>

Temperatura de Diseño (°C)

- suministro

Temperatura Máxima (°C)

-retorno

Disponibilidad (GPM)

Análisis

1.- Para diseño de torre de enfriamiento use \_\_\_\_\_ °C Bulbo hú-  
medo.

2.- Tratamiento en uso, para agua de alimentación de caldera  
\_\_\_\_\_

3.- Tratamiento en uso para agua de enfriamiento \_\_\_\_\_

4.- ¿Existe agua potable disponible? \_\_\_\_\_

5.- ¿De que sistema será el agua potable suministrada?  
\_\_\_\_\_

6.- ¿Se requerirá un sistema de agua vs. incendio? \_\_\_\_\_

a.- La presión en el L. de Bat. es: \_\_\_\_\_

b.- La presión de sistema para diseño será: \_\_\_\_\_

Notas:

**E. Combustible**

DESCRIPCION	TIPO					
	ACEITE			GAS		
	Aceite de Compra do.	Aceite de Refineria	Aceite de Arranque	Gas Com pra do.	Gas de Re- fi- neria	Gas de Arran- que

°API

Viscosidad SSF 122°C

Temperatura en el Quemador °C

Poder Calorífico (Gross)

BTU/GAL

Disponibilidad, GPM

Wf-% Vanadio

Wf-% Azufre

Presión del Cabezal normal

Kg/Cm<sup>2</sup>

Presión en el Quemador

normal Kg/cm<sup>2</sup>

SP. GR.

Poder Calorífico (Gross)

BTU/SCF

Disponibilidad MCS/Hr

Vol. % H<sub>2</sub> S

Granos/100 SCF-Azufre

Notas :

**F. Aire**

<b>SERVICIO</b>	
<b>Aire de la Planta</b>	<b>Aire de Instrumentos</b>
<b>¿Se requiere un nuevo sistema?</b>	
<b>Tipo de unidad matriz del compresor existente</b>	
<b>¿El sistema existente suministra aire seco?</b>	
<b>¿El sistema existente suministra aire sin aceite?</b>	
<b>Presión en el sistema existente Kg/cm<sup>2</sup></b>	
<b>Capacidad SCFM-Disponible</b>	
<b>Punto de Rocío requerido °F</b>	

**Notas:**

DATOS DE ECONOMIA

1.- ¿Se requieren evaluaciones económicas? \_\_\_\_\_

2.- Periodo de años para recuperación de inversiones \_\_\_\_\_

3.- ¿Se incluirán los impuestos? \_\_\_\_\_

4.- Los costos de servicios son:

a. Vapor \_\_\_\_\_ Kg/cm<sup>2</sup> (g) \_\_\_\_\_ \$/Ton Met.

b. Agua \_\_\_\_\_ \$/M<sup>3</sup>

\_\_\_\_\_ \$/M<sup>3</sup>

\_\_\_\_\_ \$/M<sup>3</sup>

c. Condensado \_\_\_\_\_ \$/M<sup>3</sup>

d. Combustible -aceite \_\_\_\_\_ \$/M<sup>3</sup>

gas \_\_\_\_\_ \$/M<sup>3</sup>

e. Corriente eléctrica \_\_\_\_\_ \$/M<sup>3</sup>

f. Aire \_\_\_\_\_ \$/M<sup>3</sup>

Notas:

DATOS PARA EQUIPOS

A.- Bombas y Compresores

				EQUIPO		
BOMBAS		COMPRESORES		Soplador de Aire		
En Ope	Relevo	En Ope	Relevo			

Unidad Matriz-tipo

Tipo de Compresor

Relevos 100%

Relevos Míminos

Sin relevos

- 1.- ¿Para uso limitado se permiten bombas reciprocantes operadas con vapor? \_\_\_\_\_
- 2.- Las bombas reciprocantes de vapor deben evacuar a \_\_\_\_\_
- 3.- Las turbinas de vapor deben evacuar a \_\_\_\_\_
- 4.- ¿La corriente eléctrica se considera dentro de la filosofía para relevos? \_\_\_\_\_
- 5.- Para diseño de sopladores de aire use \_\_\_\_\_% humedad relativa  
\_\_\_\_\_ % °F temperatura de  
bulbo seco.

Notas:

**B. Cambiadores de Calor**

1.- ¿En que proporción deben usarse enfriadores de aire?

\_\_\_\_\_

2.- Temperatura de diseño para entrada de aire \_\_\_\_\_ °C bulbo seco

3.- Los ventiladores deben ser de tiro inducido \_\_\_\_\_ forzado \_\_\_\_\_

4.- Longitudes preferidas de tubo Tubulares \_\_\_\_\_ Mt.  
Enfriadores de Aire \_\_\_\_\_ Mt.

5.- Diámetros preferidos de tubo para tubulares:

	<u>Servicio Limpio</u>	<u>Servicio Sucio</u>
a).- Acero - O.D.	_____	_____
-BWG (min) (Prom)	_____	_____
-Paso	_____	_____
b).- Aleación -O.D.	_____	_____
- BWG (min) (Prom)	_____	_____
- Paso	_____	_____
c).- Admiralty - O.D.	_____	_____
-BWG (min) (Prom)	_____	_____
-Paso	_____	_____

6.- Diámetros preferidos de tubo para enfriadores de aire:

	<u>Servicio Limpio</u>	<u>Servicio Sucio</u>
a).- Acero - O.D.	_____	_____
-BWG (min) (Prom)	_____	_____
b).- Aleación - O.D.	_____	_____
-BWG (min) (Prom)	_____	_____

Notas:

7.- ¿Existe alguna limitación para el diámetro de los haces de tubos? \_\_\_\_\_ Mt.

8.- ¿Cual es la limitación sobre el peso de los haces de tubos? \_\_\_\_\_

9.- Factores de ensuciamiento: Lado del agua (sin relevo) \_\_\_\_\_  
Lado del agua (enfriadores dobles) \_\_\_\_\_

C. Calentadores

1.- Los calentadores deberán estar equipados con quemadores de: aceite \_\_\_\_\_ gas \_\_\_\_\_ combinado \_\_\_\_\_

2.- ¿Deben implementarse pilotos para cada quemador?  
\_\_\_\_\_

3.- ¿Cual es la eficiencia mínima a ser considerada? \_\_\_\_\_%

4.- ¿Cual es la mínima altura de chimeneas sobre el nivel de piso? \_\_\_\_\_ Mt.

5.- Tipo de Chimenea \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Notas:

d. Instrumentos

- 1.- El tablero de control debe ser: Gráfico\_\_\_\_\_ Semi-Gráfico  
\_\_\_\_\_
  - 2.- ¿Deben ser los instrumentos miniatura?\_\_\_\_\_
  - 3.- ¿Deben ser los instrumentos electrónicos?\_\_\_\_\_
  - 4.- ¿Los indicadores multipunto de temperatura deberán montarse en consola sobre escritorio independiente?\_\_\_\_\_
  - 5.- ¿Las válvulas de control deberán ser operadas neumáticamente?\_\_\_\_\_
  - 6.- ¿El grado de instrumentación deberá ser mínimo para operación?\_\_\_\_\_
- Si no es el mínimo:
- a).- ¿Las cargas de proceso y corrientes de producto deberán ser medidas con registradores de flujo?\_\_\_\_\_
  - b).- ¿Las cargas de proceso y corrientes de producto deberán ser medidas con integradores de flujo?\_\_\_\_\_
  - c).- ¿Hasta que grado la corriente de proceso debe ser medida con registradores de flujo?\_\_\_\_\_
  - d).- ¿Hasta que punto los intercambiadores de calor deben estar equipados con conexiones para medición de temperatura con objeto de medir su eficiencia?\_\_\_\_\_
  - e).- ¿Deben medirse y registrarse los flujos de servicios, como totales de la unidad de proceso?\_\_\_\_\_
  - f).- ¿Deben ser integradores los registradores de flujo en corrientes de servicio?\_\_\_\_\_

g).- ¿Deben tomarse provisiones para cualquier medición - individual de flujo en corrientes de servicios, tales como combustible o calentadores ó agua a cambiadores?

---

---

h).- ¿Deben mostrarse en el tablero de control todos los ni veles de proceso? \_\_\_\_\_

i).- ¿Se usarán alarmas de alto y bajo nivel? \_\_\_\_\_

j).- ¿Se utilizarán analizadores continuos? \_\_\_\_\_

Notas:

**MATERIALES ESTRUCTURALES**

1.- Soportes estructurales elevados \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2.- Plataformas / pasillos elevados \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3.- Soportes de Tubería \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4.- Soportes para tubería subterránea \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Notas:



5.- Precipitación pluvial máxima registrada en una hora es:

\_\_\_\_\_ cm.

Precipitación pluvial máxima registrada en doce horas es:

\_\_\_\_\_ cm.

6.- Diseño para carga de nieve, es \_\_\_\_\_ kg/m<sup>2</sup>.

7.- ¿Deberá el diseño tomar en consideración temblores? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Si es así la zona sísmica es: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ELEVACION DE LA PLANTA

1.- La planta se encuentra aproximadamente a \_\_\_\_\_ mt. sobre el nivel del mar.

2.- La presión de diseño barométrica en el lugar debe ser: \_\_\_\_\_

3.- Elevación actual de la planta; Ha quedado establecido como \_\_\_\_\_ sobre el nivel del mar.

4.- Las elevaciones de la planta deben ser como sigue:

Punto bajo (piso) (Pavimento).- Sección-Código: \_\_\_\_\_

Punto alto (piso) (pavimento).- Sección-Código: \_\_\_\_\_

5.- La altura mínima para la parte superior de las cimentaciones sobre el pavimento deberá ser:

Bombas                      Sección-Código: \_\_\_\_\_

Recipientes                Sección-Código: \_\_\_\_\_

Piso de Edificios        Sección-Código: \_\_\_\_\_

Notas:

**CONDICIONES DEL SUELO**

1.- ¿Se ha hecho en esta área análisis del terreno? \_\_\_\_\_

(Si ha sido así, enviar copia del reporte). El Consultor

es: \_\_\_\_\_

2.- Se deberá establecer lo siguiente para diseño de cimentaciones independientemente de que se hallan hecho exploraciones del área.

a).- El nivel freático es \_\_\_\_\_ mt. \_\_\_\_\_ cm.

b).- Resistencia permisible \_\_\_\_\_ ton/mt<sup>2</sup> a \_\_\_\_\_ mt.

c).- Pilotaje es \_\_\_\_\_ no es \_\_\_\_\_ requerido

3.- Para pilas: -tipo \_\_\_\_\_

capacidad \_\_\_\_\_

tensión máxima \_\_\_\_\_

resistencia lateral \_\_\_\_\_

4.- Tipo de cimentación:

Equipo mayor, edificios y estructuras: \_\_\_\_\_

Equipo Menor, soporte de tuberías: \_\_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_\_

5.- ¿Existen cimentaciones u obstrucciones abajo o encima del piso en el área de proceso? \_\_\_\_\_

Notas:

**ELIMINACION DE AGUA-DRENAJES**

1.- ¿Se requiere pavimentación en el área de proceso? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

De detalles: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Caminos de acceso pavimentados? \_\_\_\_\_

- Areas pavimentadas sección-Código \_\_\_\_\_

-Areas sin pavimentar Sección-Código \_\_\_\_\_

2.- ¿Los drenajes aceitosos serán combinados con el sistema de drenaje pluvial? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3.- ¿Qué otro sistema de drenaje se requerirá?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Notas:

EDIFICIOS

1.- Tipo y construcción de los edificios: Deberá ser \_\_\_\_\_

a.- Casa de control \_\_\_\_\_

b.- Cuarto de Compresores \_\_\_\_\_

c.- Sub-estación \_\_\_\_\_

d.- Protección de tableros de distribución \_\_\_\_\_

e.- Protección de Bombas \_\_\_\_\_

f.-Otras \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.- Aire acondicionado es \_\_\_\_\_ no es \_\_\_\_\_ requerido para el cuarto de control.

Otros edificios \_\_\_\_\_

3.- Presurización es \_\_\_\_\_ no es \_\_\_\_\_ requerido para la sub-estación.

4.- El diseño ambiental de invierno para calefacción es: \_\_\_\_\_

°C bulbo seco.

5.- El Diseño ambiental de aire acondicionado para verano es:

\_\_\_\_\_ °C bulbo seco.

6.- Temperatura de diseño para el interior del edificio es:

\_\_\_\_\_ °C

Notas:

**CUBIERTA PROTECTORA**

1.- Extensión y tipo de "fireproofing" debe ser: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Rack de tuberías \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Soportes Estructuras \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Soportes de enfriadores de aire \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.- Temperatura mínima de operación de tuberías con aislamiento para protección personal, es \_\_\_\_\_ °C.

3.- Requerimiento de pintura o preparación especial? \_\_\_\_\_

Si es así, explique \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4.- Condiciones atmosféricas para selección de materiales eléctricos (u otros si aplican).

Indique contaminaciones del ambiente que afecten la selección de materiales tales como:

a) Humedad extrema (clima tropical) \_\_\_\_\_

b) Exposición a ambientes marinos \_\_\_\_\_

c) Humos que atacan al cobre (amoníaco, sulfúricos, etc.) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

d).- Exposición a polvos conductores ó corrosivos (carbón, óxido de fierro, amoniaco, nitratos o fosfatos, etc.) \_\_\_\_\_

e).- Exposición a agentes corrosivos (Nítricos o ácidos sulfúricos, cloro, cáusticos, etc.) \_\_\_\_\_

Notas:

V.B.

## INGENIERA DE EQUIPOS

Dentro del desarrollo de un proyecto, las actividades de ingeniería, conceptualmente pueden dividirse en dos grandes grupos:

1. Ingeniería de Proyecto
2. Ingeniería Especializada

### B.1. Ingeniería de Proyecto

El trabajo dentro de la ingeniería de proyecto, responsabilidad del Ingeniero de Proyecto, consiste fundamentalmente de un trabajo "productivo" y otro de coordinación.

El trabajo "productivo" se compone principalmente de la preparación de:

- a) Plot Plant+
- b) Lista de Equipo+
- c) Revisión de Materiales+
- d) Especificaciones de trabajo
- e) Diagramas de Flujo de Ingeniería+
  - 1) Diagramas del area de proceso
  - 2) Diagramas del area de Servicios Geográficos
  - 3) Diagramas Auxiliares
- f) Lista de Líneas
- g) Requisiciones de Equipos Especiales
- h) Subcontratos para Construcción (opcionales)

Es importante señalar que la participación del Ingeniero de Proyecto para la preparación de estos documentos (excepto los in

cisco g y h, que son preparados por él personalmente) es a nivel parcial, ya que otros departamentos intervienen en dicha preparación. Sin embargo, la responsabilidad de su emisión recaé directamente en el Ingeniero de Proyecto.

(+) El trabajo en estos documentos, consiste en actualizar aquellos suministrados en Ingeniería Básica (Cap. IV) a medida que se va desarrollando la Ingeniería de Detalle.

El trabajo de "Coordinación" del Ingeniero de Proyecto, consiste en supervisar todas las actividades de los diferentes grupos que forman la Ingeniería Especializada y del departamento de Diseño y Dibujo, de los cuales hablaremos más adelante.

Cabe mencionar, que es también responsabilidad del Ingeniero de Proyecto sentar las bases para que los especialistas de los diferentes grupos de Ingeniería, elaboren sus correspondientes hojas de especificaciones de equipo y él mismo elaborar las suyas. Tendrá la necesidad de convocar a juntas para explicar a los diferentes grupos el alcance y tipo de proyecto, establecer la filosofía, peligros del proyecto, características del Cliente, etc.

A continuación se presenta una descripción de los documentos generados por el Ingeniero de Proyecto, como parte de su trabajo "productivo".

1.a.

### PLOT PLAN, ARREGLO GENERAL DE EQUIPOS

Debido a que en la Ingeniería de Detalle se cuenta con mayor información y conocimiento sobre las áreas, edificios y equipo principalmente en lo que respecta a dimensiones, se procede a efectuar conforme se va avanzando, modificaciones al PLOT PLAN generado durante la Ingeniería Básica, dando origen así al arreglo definitivo, siempre y cuando el Cliente, previo análisis, lo apruebe.

Es responsabilidad del Ingeniero de Proyecto de la Firma de Ingeniería, brindar al personal de las áreas que se mencionan a continuación, la oportunidad de revisar los arreglos preliminares que anteceden al arreglo definitivo:

**- Tecnología**

Revisión de la localización del equipo donde existan tanto transferencia como líneas de tubería críticas.

**- Diseño de Proceso**

Estudio del arreglo general y revisión de los arreglos de tuberías, determinando cuáles presentan largas corridas y sus efectos en las caídas de presión requeridas.

**- Eléctrico**

Revisión de los arreglos de equipo y conduits, con el objeto de cerciorarse si se cuenta con las corridas óptimas de cable y/o alambrado, así como para la localización de subestaciones y centros de control de motores.

**-Instrumentos**

Revisión de la localización de los cuartos de control y de las corridas de tubería y/o alambrado óptimos para instrumentos.

**-Construcción**

Estudio del arreglo general, asegurándose que sea de fácil erección, flexibilidad y que haya accesibilidad para la construcción.

**Información requerida para su elaboración**

La información requerida para su elaboración básicamente es la misma que la que se necesita para la elaboración del PLOT PLAN de Ingeniería Básica, con la diferencia de que en esta etapa, la información es definitiva y no preliminar (Ver inciso e) del capítulo IV).

**Información que debe contener**

La información que debe contener el PLOT PLAN de la Ingeniería de Detalle básicamente es la misma que la que debe contener el generado durante la Ingeniería Básica, (Ver inciso e del Capítulo IV) con la única diferencia de que ahora, en el Plot Plan de la Ingeniería de Detalle se deben contemplar las dimensiones definitivas de todo el equipo, áreas y edificios que integren la planta.

**1.b. Lista de Equipo**

El Ingeniero de Proyecto es responsable de actualizar la lista de equipo conforme se va generando la información requerida.

Para definición y detalles de la lista de equipo, ver inciso c del capítulo IV.

**1.c. Revisión de Materiales**

Es responsabilidad del Ingeniero de Proyecto, revisar el diagrama de selección de materiales conjuntamente con el grupo de servicios técnicos y el de procesos, para asegurar la apropiada selección de materiales antes de preparar las requisiciones de equipo y las especificaciones de tubería.

Para definición y detalles de la selección de materiales, ver inciso h del capítulo IV.

#### 1.d. Especificaciones de Trabajo

Las especificaciones de trabajo son requeridas para todos los proyectos, con el objeto de definir y establecer procedimientos estándares de diseño, fabricación y erección, de los servicios, equipo y materiales necesarios que permitan construir una planta de proceso.

Las especificaciones de trabajo, forman así una guía y - asisten a todo el personal, vendedores, subcontratistas, contratistas, etc.

Las especificaciones aplicables a un proyecto deben de enlistarse para su control y/o referencia y emitirse a los participantes del proyecto al inicio del mismo.

El origen de las especificaciones pueden provenir de:

- El Cliente
- La Firma de Ingeniería
- Una combinación de las especificaciones de el Cliente y de la Firma de Ingeniería.
- Preparación de nuevas especificaciones cuando no existan las anteriores.

Las especificaciones de trabajo deben contener la siguiente información, según se necesite para definir los requerimientos del proyecto:

- Datos y criterios de diseño, características de construcción, procedimientos y prácticas aplicables, incluyendo códigos locales, nacionales y extranjeros.
- Controles de calidad aceptables para equipo y materiales
- Requerimientos de inspección y pruebas.

En general las especificaciones para el diseño y edificación de una planta de proceso, deben cubrir lo siguiente:

(1) Torres y Recipientes a presión

- Tanques de Almacenamiento
- Recipientes a presión
- Platos y partes internas de torres y equipo en general

(2) Equipo de transferencia de calor

- Intercambiadores de coraza y tubos
- Intercambiadores de doble tubo y multitubos
- Intercambiadores enfriados con aire (aeroenfriadores)
- Calentadores a fuego directo
- Chimeneas de concreto
- Sistemas de quemadores (flare)
- Generadores de vapor en paquete
- Generadores de vapor contruidos en campo
- Calderas de tubos de humo (en paquete)
- Deareador de agua para calderas

**(3) Equipo Mecánico**

- Bombas(cualquier tipo)
- Motores
- Turbinas
- Compresores
- Caja de Engranés
- Filtros rotatorios
- Equipos para manejo de sólidos  
(bandas, elevadores, gusanos, etc.)

**(4) Ingeniería Civil**

- Cimentaciones en General
- Estructuras de concreto elevadas
- Acero Estructural
- Edificios, cuarto de control, cuarto de compresores
- Soportes de tubería
- Alambrado perimetral
- Carga de sismos y vientos
- Preparación del lugar
- Pilotes

**(5) Instrumentación**

- Instrumentos y controles para plantas de proceso
- Identificación y símbolos de instrumentos
- Instrumentos y controles para generadores de vapor
- Tubería de instrumentos neumáticos
- Alambrado de instrumentos electrónicos

- Tableros de control
  - Alambrado y entubado de instrumentos para tablero en taller.
- (6) Ingeniería eléctrica
- Estándares eléctricos
- (7) Aislamientos
- Aislamiento externo para tubería, equipo y tanques de almacenamiento
  - Pintura
  - Recubrimiento para tubería enterrada
  - Protección contra incendio
  - Protección contra condensación, para temperatura ambiente arriba de 32°F.
  - Protección contra condensación - temperatura de diseño en invierno de 15°F a 32°F.
  - Trabajo de Vapor
  - Sistemas de recubrimiento con ladrillos protectores
- (8) Tubería
- Tuberías
  - Empaques y acabados de superficie para uniones bridadas.
  - Tubería de gas y aceite combustible
  - Equipo de calentamiento
  - Dimensiones de empaques especiales y acabado de superficie para comprensión apropiada.

- Protección contra contaminación para suministro de agua potable (cuando se requiera).
- Requisitos especiales de tuberías en compresores
- Tubería para generadores de vapor
- Tubería de plástico reforzado
- Especificaciones de material de tubería
- Tubería para trazado de vapor, recipientes a presión y equipo
- Drenaje superficial, sanitario y químico
- Trampas de vapor
- Tratamiento térmico de soldaduras de campo

(9) Misceláneos

- Preparación de material para embarque
- Certificado de inspección
- Pruebas hidrostáticas
- Pruebas eléctricas
- Inspección en campo, prueba y calibración de instrumentos.
- Instalaciones de seguridad - contra incendios
- Preparación de catálogo mecánico

1.e.

## DIAGRAMAS DE FLUJO DE INGENIERIA

Los diagramas de Flujo de Ingeniería definidos en el inciso f del capítulo IV, se dividen en cuatro grupos:

- Del Area de Proceso (iniciados durante la Ingeniería Básica y complementados durante la Ingeniería de Detalle)
- De Servicios (Desarrollados durante Ingeniería de Detalle)
- Geográficos (Desarrollados durante Ingeniería de Detalle)
- Auxiliares (Desarrollados durante Ingeniería de Detalle)

Diagrama del Area de Proceso (Ver inciso f del capítulo IV)

### Diagramas del Area de Servicios

Los diagramas de servicio son idénticos a aquellos preparados para el área de proceso, pero enfocados, como su nombre lo indica, a mostrar información relativa a equipos y líneas que manejan los fluidos de servicio para los equipos de proceso y para la planta en general.

Se consideran como equipos típicos de servicios principalmente los siguientes:

- Torres de enfriamiento
- Generadores de vapor y calderas
- Compresores de aire para instrumentos
- Equipo para Sistemas de Refrigeración

Los servicios de fluidos de servicio son entre otros:

- Agua

- Vapor
- Aire
- Combustible
- Gas Inerte

#### Diagramas Geográficos

Los diagramas geográficos se preparan como auxiliares a los diagramas de servicio propiamente dichos, con el fin de definir las dimensiones y diámetros de los cabezales de servicios.

Estos diagramas deben mostrar la secuencia correcta de todas las derivaciones de los cabezales, de acuerdo con el arreglo de equipos propuesto en el Plot Plan y Lay-Out correspondientes.

La información que deben proveer para cada sistema de servicios, es la siguiente:

- Tamaño e identificación de líneas
- Especificaciones y requerimientos de aislamiento para los cabezales, subcabezales y líneas a cada equipo individual.
- Válvulas en cabezales
- Condiciones de temperatura y presión en los límites de batería como sea necesario.
- Instrumentos en general (Indicadores de Control, etc.)

#### Diagramas Auxiliares

Los diagramas de flujo auxiliares se preparan con el objeto de mostrar los servicios auxiliares (agua de enfriamiento o vapor a chaquetas, líquido para sellos, etc.) que equipos como bombas, compresores, turbinas, etc. requieren para su operación.

La información que en este diagrama se debe contemplar es la siguiente:

- Equipo Auxiliar suministrado por el proveedor, que sin formar parte integral del equipo principal que se trate, son necesarios para el funcionamiento de éste, como mirillas, válvulas, intercambiadores de calor, etc.
- Todas las conexiones del equipo al resto de la planta
- Todas las conexiones al equipo requeridas con motivo de los servicios auxiliares

La fuente de información para la preparación de los diagramas de flujo auxiliares proviene principalmente de:

- Dibujos y especificaciones de proveedores
- Diagramas de Flujo de Ingeniería
- Diagramas de Flujo de Servicios

1.f.

### LISTA DE LINEAS

Se reconoce con el nombre de Lista de Líneas a la lista en la cual se clasifican y detallan todas y cada una de las líneas de tubería presentes en una planta, las cuales pueden ser:

- De Proceso: Líneas entre límites de batería y equipo, líneas entre equipos, líneas de "by-pass", etc.
- De Servicios: Líneas de agua de enfriamiento, líneas de vapor, etc.
- Misceláneas: Líneas de venteo, líneas de drenaje, etc

Cabe mencionar, que es responsabilidad del Ingeniero de Proyecto dentro de la Firma de Ingeniería, la preparación de la Lista de Líneas, basado en la información de los Diagramas de Flujo y en la información que suministra Ingeniería de Procesos, Ingeniería Especializada y el mismo Ingeniero de Proyecto, durante el desarrollo del proyecto.

La información típica contenida en una Lista de Líneas puede verse en la hoja que a modo de ejemplo se anexa la cual se explica por sí misma y sólo caba hacer las siguientes aclaraciones: (Ver figura V.1.)

- 1.- La columna para la serie de las líneas debe llenarse con la codificación para el servicio de la línea y con un número, cuyas dos primeras cifras indiquen el número del diagrama de flujo en que se encuentra la misma y las demás, indican el número consecutivo de línea dentro del diagrama en que se origina (no olvidar esta no-

menclatura varía para cada Firma de Ingeniería).

- 2.- La columna para especificación de las líneas debe llenarse con la codificación de la especificación de tubería que corresponde a cada una de ellas.

Como se puede apreciar, la lista de líneas es el resumen de las principales características de las mismas y como tal, su mayor utilidad es disponer de esas características en forma rápida y efectiva. Además, la Lista de Líneas permite llevar el control de las mismas, respecto a si se ha dibujado su isométrico (si aplica) preparado su lista de materiales, etc.

						HOJA DE		INDICE DE TUBERIAS	
Rev.No.		Por	Fecha	Aproh	Fecha	FECHA		PROYECTO-----	
						DIVISION PLANTA LOCALIZACION			
FLUIDO MANEJADO	CONDICIONES DE OPERACION		CONDICIONES ANORMALES		PRESION DE VAPOR	AISLAMIENTO	TOXICIDAD	ESPECIFICACION DE TUBERIAS, VALVULAS Y CONEXIONES.	OBSERVACIONES

Fig. V. 1

1.g.

### REQUISICIONES DE EQUIPOS ESPECIALES

Una actividad más dentro del trabajo productivo del Ingeniero de Proyecto, es la preparación de Requisiciones de Equipo Especiales, que por su naturaleza o importancia para el proyecto no sean asignados a los departamentos de Ingeniería Especializada. La definición de lo que es una Requisición de equipo, así como su contenido, se presenta más adelante.

Como Equipos Especiales típicos, que pueden asignarse a Ingeniería de Proyecto para preparar su requisición, se tienen:

- Silenciadores
- Eyectores
- Torres de Prilado
- Torres de Enfriamiento
- Sistemas de Tratamiento de Agua
- Sistemas de Refrigeración
- Calderas
- Etc.

l.h.

### SUBCONTRATOS

En ocasiones el Cliente puede solicitar a la Firma de Ingeniería que dentro del alcance de Ingeniería de Detalle, prepare las Requisiciones que serán utilizadas para comprar servicios de construcción (subcontratos), ya sea que se elaboren por cada especialidad (concretos e instalaciones subterráneas, estructuras, tubería, instalación de equipo, etc.) o que solamente se elabore un subcontrato general, que sirva para contratar la totalidad de los servicios de construcción necesarios para la erección de la planta.

Independientemente del tipo de subcontrato que requiera el Cliente, generalmente dentro de la Firma de Ingeniería, el Ingeniero de Proyectos prepara aquellos subcontratos de carácter especializado y cada disciplina del grupo de Diseño-Dibujo elabora su propio subcontrato, bajo la dirección del Ingeniero de Proyecto, ya que éste es el responsable de la emisión de todos los subcontratos.

La filosofía a seguir en la elaboración de los subcontratos es dada por el Gerente de Proyecto, quien debe reflejar los requerimientos del Cliente.

En un subcontrato tal como el preparado por los Ingenieros de Proyecto y los grupos de Diseño y Dibujo, se trata fundamentalmente de solicitar cotizaciones por servicios de construc-

ción, pero sin entrar en detalles comerciales, los cuales se manejan en las "Instrucciones generales para cotización de construcción", preparadas por el Gerente de Proyecto de la Firma y aprobadas por el Gerente de Proyecto del Cliente. Es por tanto el subcontrato una precisa definición de alcance técnico para que el constructor separe claramente lo que haya que suministrar. En adición, la requisición de subcontratos define los siguientes aspectos:

- a) Servicios que proporciona el Cliente en obra
- b) Nombres de personas que serán los coordinadores con el constructor.
- c) Quién suministra materiales y cuáles
- d) Qué actividades se dejan fuera del alcance de la construcción
- e) Definición de las condiciones del terreno y localización
- f) Especificaciones de Construcción
- g) Programa esperado de obra
- h) Pruebas durante el desarrollo de la construcción
- i) Definición precisa de lo que se considera "Término de la Construcción"

Los subcontratos, conjuntamente con las "Instrucciones generales para cotización", se emiten normalmente con planos preliminares, con el objeto de que al convertirse en certificados para construcción, se tenga ya definido al contratista o contratistas para la construcción. Se recomienda al Cliente que la fecha para iniciar la construcción sea aquella en la que se cuente al menos

con 70% de Ingeniería y 40% de Diseño y Dibujo, ya que asignaciones tempranas de personal en campo para fines de construcción, sólo conducen a abrir las puertas a los subcontratistas para solicitar del Cliente extras de dinero por falta de información, que les permita avanzar adecuadamente. Por otro lado, asignaciones tardías provocan retrasos no recuperables con la consiguiente pérdida de dinero por falta de producción en la fecha prevista.

### B.2. Ingeniería Especializada

Dentro de la Ingeniería Especializada se tiene como objetivos fundamentales, los siguientes:

- Especificar los equipos requeridos para que se efectuó su compra.
- Obtener los dibujos de los proveedores del equipo especificado, para suministrarlos a las secciones de diseño y dibujo, para que éstas puedan preparar los planos de construcción correspondientes.

La Ingeniería Especializada se encuentra dividida en los siguientes grupos, cuyas actividades principales se describen:

#### Grupo de Proceso

Este grupo es responsable de elaborar la Ingeniería de Proceso complementaria a aquella suministrada por la Ingeniería Básica como es actualización de diagramas y emisión de datos de proceso para cubrir equipos e instrumentos no definidos durante la Ingeniería Básica.

Las actividades secuenciales de este grupo son las siguientes:

- 1.- Desarrollar diagramas de flujo de proceso para fluidos auxiliares.
- 2.- Desarrollar lista de líneas y resúmenes de flujos
- 3.- Asistir en el desarrollo del "Plot Plan"
- 4.- Revisar comparativos y comentar
- 5.- Revisar los diagramas de flujo y hacerlos acorde con la selección de proveedores
- 6.- Preparar listas de equipos para fluidos auxiliares y de áreas exteriores
- 7.- Llevar a cabo la revisión de diagramas con el Ingeniero de Proyecto y el Cliente. Esta actividad es muy importante, ya que en base a los comentarios generados, se continúa el desarrollo de la Ingeniería con pleno conocimiento y aprobación del Cliente.
- 8.- Distribuir los datos de proceso para instrumentos
- 9.- Vigilar las diferentes fases de diseño para asegurar el cumplimiento de los requerimientos del proceso.
- 10.- Preparar los requerimientos de catalizadores y productos químicos
- 11.- Revisar la maqueta y asegurar que es consistente con los diagramas de flujo y que hay accesos adecuados para operar.
- 12.- Preparar los manuales de Arranque y de Operación
- 13.- Revisar la planta construída, y participar en el arranque

### Grupo Mecánico

Las principales actividades que se desarrollan dentro de este grupo son las siguientes:

- 1.- Preparar especificaciones
- 2.- Emitir programa de control
- 3.- Preparar las requisiciones de:
  - Bombas
  - Compresores
  - Equipo rotatorio especial (ventiladores, etc.)
  - Equipo de manejo de sólidos
- 4.- Elaborar comparativos técnicos y aprobar órdenes de compra
- 5.- Obtención de planos de proveedores y aprobación
- 6.- Recomendación para compra de partes de repuesto
- 7.- Expedición de planos y equipos
- 8.- Inspeccionar equipos en talleres de fabricante (solamente cuando se requieran pruebas atestiguadas)
- 9.- Elaborar los diagramas de flujo auxiliares

### Grupo de Transmisión de Calor

Este grupo desarrolla las mismas actividades que el grupo mecánico, pero aplicadas a equipo donde existe transmisión de calor, tales como:

- Intercambiadores de calor (coraza y tubos, doble tubo, etc.)
- Aeroenfriadores
- Calentadores a fuego directo

- Generadores de Vapor

- Etc.

Grupo de Instrumentos

Las principales actividades que se desarrollan dentro de este grupo, son las siguientes:

1.- Preparar especificaciones generales y especificaciones mecánicas

2.- Participar en el desarrollo de los diagramas de flujo de Ingeniería

3.- Numerar todos los instrumentos, preparar el índice y mantenerlo actualizado

4.- Calcular y requisitar:

- Válvulas de relevo

- Instrumentos a nivel

- Válvulas de control

- Instrumentos locales

- Instrumentos Misceláneos

- Analizadores

- Etc.

5.- Conexión de instrumentos en recipientes y en isométricos de tubería.

6.- Elaborar arreglo del tablero de control y requisitarlo

7.- Hacer todos los comparativos técnicos y revisar y aprobar órdenes de compra

8.- Revisar planos de fabricante y obtener información para catálogo mecánico

- 9.- Participar en la revisión de la maqueta
- 10.- Inspección del tablero de control en los talleres del fabricante antes de autorizar su embarque a la planta.
- 11.- Expeditar dibujos de proveedores
- 12.- Revisión en campo (si se requiere)
- 13.- Participar en arranque de planta (si se requiere)

#### Grupo Eléctrico

Las principales actividades que realiza este grupo, son las que a continuación se enlistan:

- 1.- Preparar especificaciones
- 2.- Emitir programa de control
- 3.- Preparar unifilar y plano de clasificación de áreas
- 4.- Requisitar equipo eléctrico (transformadores, centros de control de motores, etc.)
- 5.- Elaborar comparativos técnicos y aprobar órdenes de compra
- 6.- Obtención de planos de proveedores, revisión y aprobación
- 7.- Expeditación de planos de proveedores
- 8.- Efectuar los cálculos de corto circuito
- 9.- Revisar diagramas de flujo y preparar los diagramas lógicos
- 10.- Inspeccionar equipo eléctrico en talleres del fabricante según se requiera (pruebas atestiguadas)
- 11.- Preparar los diagramas de conexiones para enclavamiento de equipos ("Interlocks")

12.- Revisar maqueta y aprobar "lay out" eléctricos.

Grupo de Recipientes

Las principales actividades que desarrolla este grupo son las siguientes:

- 1.- Preparar especificaciones
- 2.- Preparar estándares
- 3.- Emitir programa de control
- 4.- Iniciar diseño de recipientes y planos
- 5.- Preparar las requisiciones de todos los recipientes y partes internas
- 6.- Hacer todos los comparativos técnicos y aprobar órdenes de compra
- 7.- Envío de planos a Diseño-Dibujo para:
  - Diseño de cimentaciones
  - Orientación de boquillas, plataformas y escaleras
- 8.- Dibujar orientación de boquillas y escaleras
- 9.- Revisar planos de fabricante y aprobarlos
- 10.- Obtener información de catálogo mecánico
- 11.- Inspeccionar recipientes en los talleres del fabricante
- 12.- Expeditar equipo

En resumen los documentos preparados por los diferentes grupos de Ingeniería Especializada y por el Ingeniero de Proyecto (en adición a aquellos descritos en el inciso B.1. de este capítulo) son:

- a) Requisiciones de Equipo
- b) Tablas Comparativas Técnicas
- c) Ordenes de Compra (revisión técnica)
- d) Planos de Proveedores (Expeditación y chequeo)
- e) Partes de Repuesto (Requisición, revisión, compra)
- f) Información para catálogo mecánico
- g) Manuales de Operación

A continuación se explica con detalle el contenido de cada uno de estos documentos:

2.a.

## REQUISICIONES DE EQUIPO

Las requisiciones de Equipo son documentos que se elaboran durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle, a partir de los datos de proceso y que reflejan las necesidades específicas que los equipos del proyecto deben cumplir. Estos documentos son la base para las solicitudes de cotización y posteriormente para la compra de los equipos.

### Contenido Conceptual de las Requisiciones de Equipo

En términos generales las requisiciones deben de cubrir los siguientes puntos:

#### I. General

A. Cada requisición debe preferentemente contener un informe introductorio, en donde se presente lo que en términos generales es requerido por el vendedor.

El informe debe incluir:

- 1.- El tipo de unidad, sistema o equipo que es requerido
  - 2.- Número de unidades requeridas
  - 3.- Criterios sobre los que el vendedor debe diseñar, suministrar el equipo, convenir la compra y (en algunos casos) montar el equipo
  - 4.- Quién efectuará la instalación
  - 5.- A que grado se incluyen tubería, instrumentación e instalación eléctrica, dentro del paquete del vendedor
  - 6.- Dónde la instalación presentará entradas y salidas
- B. Cada requisición deberá contener, en la primera hoja

las iniciales de quien la emitió.

## II. Especificaciones de Proceso

Las especificaciones de proceso varían, dependiendo del tipo de equipo requerido. La siguiente lista indica algunas de las especificaciones más comunes que se incluyen.

1.- Capacidad del equipo normal, mínima y máxima requerida

2.- Especificaciones para todas las corrientes de proceso,

como:

- Composición

- Velocidad de flujo

- Presión y temperatura de operación

- Propiedades físicas (viscosidad, densidad relativa, etc.)

- Grado de Pureza

## III. Servicios Disponibles

Los servicios disponibles deben ser listados en la requisición, siempre y cuando sean requeridos por el vendedor de equipo. El costo unitario de los servicios debe ser listado cuando se conozca, ya que será requerido por el vendedor para llevar a cabo sus evaluaciones económicas. Los servicios disponibles pueden incluir:

Suministro de Agua de Enfriamiento-Máxima Presión y Temperatura

Retorno de Agua de Enfriamiento - Máxima Presión y Temperatura

Vapor - Presión y Temperatura para cada nivel

Energía Eléctrica - Voltaje, fases, frecuencia, para cada nivel

Gas Natural	- Composición, peso molecular, presión y temperatura
Aire de Planta	- Presión
Aire de Instrumentos	- Presión y Temperatura de rocío
Gas Inerte	- Composición, peso molecular, presión y temperatura
Agua de Alimentación para Caldera	- Análisis, presión y temperatura

Además, la presión de diseño mecánico, así como la temperatura deben ser dados para todos los servicios.

#### IV. Datos Meteorológicos

Los datos Meteorológicos deben ser listados en la requisición cuando sean aplicables. Estos datos pueden incluir conceptos como:

- Temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo (durante el verano e invierno)
- Presión Barométrica de Diseño
- Vientos, lluvias y nevadas que se tomen en cuenta para diseño
- Zona sísmica
- Temperatura máxima y mínima ambiental
- Dirección de vientos dominantes

#### V. Especificaciones mecánicas

A. Los materiales de construcción y tolerancia para corrosión deben ser definidos para todas las partidas de equipo y accesorios, hasta donde sea posible. Las recomendaciones del ven-

dedor son algunas veces requeridas para las partidas de equipo diseñado y suministrado por él mismo, ya que en ocasiones la requisición puede contener, en la lista de materiales, algunos que no sean permitidos. Así por ejemplo, el cobre o aleaciones que lo contengan no se permiten en contacto con Monómero de Estireno, ni en ambientes de Amoniaco.

B. Determinar cuales procedimientos de la Firma de Ingeniería (si los hay) o que especificaciones de trabajo deben ser aplicables para el diseño del equipo (bombas, compresores, etc.) tuberías, instrumentación, etc.

C. Determinar que códigos o procedimientos del Cliente deben ser aplicados en adición a, o en lugar de aquellos de la Firma de Ingeniería.

D. El Departamento de Procuramiento tiene la responsabilidad de establecer más adelante los requerimientos en las solicitudes de cotización y en cualquier subsecuente orden de compra.

E. La presión y la temperatura de diseño de todas las partes deben ser dadas.

A continuación se muestra un ejemplo de una hoja para especificación de un Cambiador de Calor (Fig. V.2.)

Fig. V.2 HOJA DE ESPECIFICACIONES DE CAMBIADOR DE CALOR

Cliente	Obra Núm.	
Dirección	Referencia Núm.	
Localización de la planta	Solic. de Cot. Núm.	
Servicio de la unidad	Fecha	
Tamaño	Tipo	Partida Núm.
Superficie por unidad	Carcasas por unidad	Conectada en
Comportamiento por unidad		
	Lado de la carcasa	Lado de los tubos
Fluido circulado		
Total de fluido que entra		
Vapor		
Líquido		
Vapor de agua		
No condensables		
Fluido vaporizado o condensado		
Vapor de agua condensado		
Gravedad específica del líquido		
Viscosidad del líquido		
Peso molecular de los vapores		
Calor específico del líquido	Btu/lb	Btu/lb
Calor latente de los vapores	Btu/lb	Btu/lb
Temperatura de entrada	°F	°F
Temperatura de salida	°F	°F
Presión de operación	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
Número de pasos		
Velocidad	pies/seg	pies/seg
Caída de presión	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
Calor intercambiado, Btu/hr.	Ton métricas/Día ( Corregidas )	
Velocidad de transmisión de servicio	Coeficiente "limpio"	
Construcción		
Presión de diseño	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
Presión de prueba	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
Temperatura de diseño	°F	
Tubos	Núm.	Diám.ext. BWG Longitud Espaciamiento
Carcasa	Diám.int.	Diám.ext. Espesor
Tapa de la carcasa	Tapa del cabezal flotante	
Garganta	Tapa de la garganta	
Placas tubulares estacionarias	Flotantes	
Deflectores transversales	Tipo	Espesor
Deflectores longitudinales	Tipo	Espesor
Tirantes de los tubos	Espesor	
Empaquetaduras		
Conexiones carcasa entrada	Salida	Serie
Garganta entrada	Salida	Serie
Tolerancia de corrosión lado de la carcasa	Lado de los tubos	
Requerimientos de Código	Clase TEMA	
Pesos cada carcasa	Haz tubular	Lleno de agua
Nota : Indique después de cada parte si se ha sujetado a alivio de esfuerzos (A.E.) y si se ha radiografiado ( Rayos X )		
Observaciones:		

2.b.

### TABLAS COMPARATIVAS TECNICAS

Inmediatamente después de que los proveedores presentan sus cotizaciones, la Firma de Ingeniería debe proceder a elaborar las Tablas comparativas Técnicas, las cuáles constituyen el análisis que desde el punto de vista técnico, es hecho por los grupos de Ingeniería y tienen como objetivo determinar que proveedores cumplen con lo especificado en las Requisiciones de Equipo y cuáles no. Este comparativo técnico junto con el comercial preparado por el grupo de Procuramiento, es enviado por el Gerente de Proyecto de la Firma de Ingeniería al Cliente, con una recomendación de proveedor, resultante de los comparativos mencionados.

En el desarrollo de las tablas comparativas técnicas, es aconsejable que el Cliente, dentro de sus posibilidades, sugiera a la Firma de Ingeniería tengan en cuenta los siguientes aspectos:

- Mantener al mínimo la comunicación con los proveedores, con objeto de evitar pérdidas de tiempo en su elaboración
- Recibir copia de las cotizaciones comerciales, con objeto de que si hay necesidad de hacer consultas, éstas sean hechas sólo con los proveedores más competitivos.
- Los comparativos deben estar lo más completos posible, dentro del tiempo permitido para su elaboración. No se trata de hacerlos perfectos con un consumo del doble o triple del tiempo programado.

- La confirmación de datos no señalados en la oferta del proveedor, debe hacerse justo antes de colocar la orden de compra.
- Ser consistente en las unidades usadas y no comparar datos que no sean relevantes
- Aclarar las desviaciones que se presenten a las especificaciones o al alcance pretendido y señalar siempre un precio para que la procuración pueda hacer su comparativo comercial sin pérdidas de tiempo. Si ésto no es posible, en el último de los casos, describir la desviación para que Procuración investigue el precio y pueda emitir su dictamen.
- Evaluar sólo cuando sea importante, los costos de operación (consumos de vapor, corriente eléctrica, agua, etc.) para que se incluyan en los comparativos comerciales.
- Efectuar cálculos solamente cuando así se requiera, para certificar apego a especificaciones.
- Siempre mostrar en la tabla comparativa los datos que se requieren para facilitar la revisión
- Y finalmente, hacer las tablas comparativas en el tiempo previsto, lo más claro posible y con la calidad que asegure la selección del mejor equipo aunque no sea el más barato.

2.c.

ORDENES DE COMPRA

La orden de compra constituye el contrato de compra-venta por medio del cual un proveedor de equipo, materiales o servicios, se compromete a suministrar aquello especificado en la propia orden de compra y por lo cual el comprador (el cliente) a su vez, se compromete a pagar por ello el monto establecido en la misma.

La orden de compra se prepara por la Firma de Ingeniería, una vez seleccionado por el Cliente el proveedor correspondiente, en base a las tablas comparativas y a la recomendación por parte de la Firma del proveedor más convincente.

A pesar de que la orden de compra es siempre preparada por el departamento de compras de la Firma de Ingeniería, la intervención del Ingeniero especialista que preparó la requisición de compra, es necesaria en todos los casos.

Es responsabilidad del ingeniero especialista cerciorarse que la orden de compra muestre la información que asegure que el suministro esté en estricto acuerdo con aquello solicitado en la requisición. Además, el Ingeniero especialista es quien define directamente con el proveedor, durante las negociaciones para la colocación de la orden de compra, aspectos como:

- Método de empaque
- Selección de partes de repuesto
- Procedimientos de soldadura

- Fechas para entregas de planos
- Fechas para entrega de programas de avance de fabricación
- Fechas límite para terminación de fabricación y embarque, etc.

Los aspectos comerciales relativos a la orden de compra, como precio, escalación, condiciones de pago, etc. son tratados por el departamento de compras con el proveedor.

2.d.

### PLANOS DE PROVEEDORES

El siguiente paso en Ingeniería, aparte de posibles negociaciones de tipo Técnico con proveedores y la aprobación de la orden de compra por el Cliente, será el mantener una cuidadosa expeditación de información (planos) para que ésta sea recibida en las fechas ofrecidas. Si ésto se logra, se entra de lleno a una de las actividades más importantes de los Grupos de Ingeniería, no sólo porque se asegurará que los equipos serán recibidos en estricto acuerdo con el criterio de cada grupo, que presumiblemente es el mejor para el proyecto, sino porque un mal manejo de los planos de proveedores puede causar retrasos importantes en el proyecto y gastos extras de horas-hombre.

Los planos de proveedores deben ser revisados primeramente por el Ingeniero Especialista para verificar su conformidad con las especificaciones requeridas y cuando así sea, debe enviarlos al Departamento de Diseño-Dibujo para que éstos integren a los planos, la información que proceda.

Con el propósito de ilustrar hasta que punto son importantes los dibujos de proveedores en el desarrollo de los planos de construcción, a continuación se presentan los departamentos de Diseño-Dibujo involucrados en cada uno de los equipos y por los cuales deberán circular los dibujos correspondientes:

**DIBUJOS**

Depto. de Diseño-Dibujo que requerirá los dibujos

	<u>Recip.</u>	<u>Civil</u>	<u>Tuberías</u>	<u>Eléctrico</u>	<u>Instrum.</u>
Recipientes	X	X	X		X
Transm. de Calor	X	X	X		
Equipo Mecánico		X	X	X	X
Instrumentos	X		X		X
Equipo Eléctrico		X		X	X
Equipo Misceláneo		X	X	X	X

Número de Planos Involucrados

En ocasiones el departamento de Procuración fija en sus condiciones el pago que debe hacerse al proveedor cuando éste haya suministrado determinada información técnica a la Firma de Ingeniería.

Esta filosofía es muy aconsejable que sea implementada en cualquier Firma de Ingeniería, sin embargo, es importante que se detalle cuántos planos serán y a la recepción de cuáles, el pago efectivamente podrá ser cubierto; ya que en algunos casos, los proveedores, si no se detalla bien, entregan el plano de arreglo general y su recibo por el efectivo al que según ellos se han hecho acreedores.

2.e.

### PARTES DE REPUESTO

Las partes de repuesto son aquellos elementos de un equipo, que debido a su naturaleza u operación son susceptibles de sufrir daño o desgaste a través del tiempo de operación del equipo y que por tanto es importante mantener elementos extra en la bodega de la planta, para poder sustituirlos inmediatamente en el momento que sea necesario.

El no mantener en la bodega de la planta las partes de repuesto recomendadas para los diferentes equipos, puede ocasionar inclusive el paro de producción de la planta cuando un equipo falle, con las pérdidas consecuentes de dinero.

En el caso de equipos extranjeros, las partes de repuesto toman aún un papel más crítico, ya que de necesitar un elemento en la planta con el cual no se cuente en el país, puede ocasionar el paro de la planta, o al menos de una sección de ella, hasta por varias semanas.

La Firma de Ingeniería debe suministrar al Cliente una lista de partes de repuesto recomendadas para cada tipo de equipo y el Cliente debe aprobar la compra respectiva, previo análisis, para prevenir potenciales problemas.

Las partes propuestas por la Firma de Ingeniería son el resultado de la selección a cargo del Ingeniero Especialista correspondiente, de aquellas partes propuestas por el proveedor del equipo. (quien en muchas ocasiones puede exagerar el número de partes de repuesto, con el fin de incrementar sus ventas).

La selección de las partes se debe basar realmente en datos estadísticos de los equipos en operación a través del tiempo y/o en la experiencia. Sin embargo si ninguna de éstas existe, se deben seleccionar aquellas partes que puedan necesitar reemplazarse en un periodo de dos años de operación (periodo usado en la industria), debido a desgaste, por operación inadecuada o por destrucción accidental (piezas frágiles).

La lista de partes de repuesto recomendadas para cada tipo de equipo, se preparan inmediatamente después de colocar la orden de compra correspondiente, y se recomienda se compren cuanto antes para evitar incrementos de precios.

Es muy importante tener en cuenta que la uniformización de marcas y modelos de equipos para cada planta, permite reducir el número total de partes de repuesto requeridas en el almacén. El Cliente debe llevar un control interno de las partes de repuesto para cada equipo y exigir a la Firma de Ingeniería la adquisición de dichas partes para todos los equipos.

2.f.

## CATALOGO MECANICO

### General

Un catálogo Mecánico consiste en una recopilación ordenada de ciertas requisiciones, especificaciones, dibujos y datos de fabricantes que permite conocer al personal técnico de una planta (tanto a los ingenieros de planta y oficina como a los operadores de la planta), los requerimientos de instalación, operación y mantenimiento de todos los equipos que forman parte de la misma.

### Responsabilidad

La Firma de Ingeniería es responsable de la preparación del Catálogo Mecánico, dentro del alcance típico de Ingeniería de Detalle e igualmente responsable de la obtención de la información para dicho Catálogo.

### Distribución y Manejo

El catálogo Mecánico se deberá distribuir tan pronto como sea práctico y al menos, dos meses antes del arranque de la planta. Se sugiere por protección, que el Catálogo sea empacado en caja de madera cubriendo cada volumen con un seguro, cuyo monto queda a criterio del Cliente.

### Recomendaciones de Formato

Cada Firma de Ingeniería debe contar con procedimientos propios para la preparación de sus Catálogos Mecánicos, sin embargo conviene que el Cliente exija que sus catálogos sean preparados

en tamaño carta ( 8 1/2 x 11") con pasta dura y preferentemente con los dibujos reducidos a 11" de alto por conveniencia para su manejo.

### Contenido

En general, los catálogos contendrán los siguientes datos en el orden que se indica a continuación. Se sugiere que el arreglo de la documentación en la sección de "equipos" siga la secuencia numérica de las requisiciones de equipo.

#### A. INDICE DEL CONTENIDO

#### B. DATOS DE PROCESO

- 1.- Bases de diseño
- 2.- Esquema del proceso
- 3.- Servicios

#### C. GENERAL

- 1.- Lista de equipo
- 2.- Diagramas de Flujo de Ingeniería
- 3.- Lista de clasificación de líneas
- 4.- Arreglo de equipos
- 5.- Índice de requisiciones

#### D. ESPECIFICACIONES DE TRABAJO

#### E. EQUIPO

- 1.- Recipientes (torres, reactores, tanques)
- 2.- Cambiadores de calor
- 3.- Calentadores a Fuego directo
- 4.- Equipo de vacío
- 5.- Bombas
- 6.- Compresores

- 7.- Motores
- 8.- Turbinas
- 9.- Instrumentos
- 10.- Equipo eléctrico
- 11.- Equipo Misceláneo

Para todos estos equipos se suministrará dentro del catálogo Mecánico, en los casos que aplique, lo siguiente:

- La requisición
- Dibujos de arreglo general
- Dibujos de Detalle
- Lista completa de partes de repuesto
- Curvas de pruebas de comportamiento
- Información descriptiva para todos los accesorios y controles
- Instructivo de instalación, operación y mantenimiento

2.g.

### MANUAL DE OPERACION

El Manual de Operación consiste en uno o varios libros, cuyo contenido proporciona los procedimientos necesarios a seguir, por el personal encargado de la operación de la planta, para arrancar, operar al nivel que se desee y parar la planta, en forma eficiente y segura.

El contenido y lineamientos para el Manual, son establecidos por el Licenciador del Proceso durante el desarrollo de la Ingeniería Básica. Es decir, el Licenciador inicia la preparación del Manual de Operación con la información preliminar de que dispone en ese momento (diagramas de flujo, lista de equipos, Plot Plan, etc.). Posteriormente, el manual será complementado y modificado hasta el final de la Ingeniería de Detalle, una vez que hayan sido emitidos los diagramas de flujo finales y que se cuente con información certificada de proveedores.

Un buen Manual de Operación debe contener lo siguiente:

#### I.- Descripción General

- A. Introducción
- B. Bases de diseño
- C. Descripción del flujo
- D. Diagramas de flujo de proceso
- E. Consumo de servicios

#### II.- Condiciones de Operación y Control

A. General

B. Operación y control para sección I de la planta

C. Operación y control para la sección II de la planta

D. Etc.

III.- Descripción de equipo de emergencia

A. Válvulas de seguridad

B. Alarmas y controles de seguridad

IV.- Preparación para el arranque inicial

A. General

B. Pruebas Hidrostáticas

C. Limpieza de la líneas de servicios auxiliares

D. Limpieza de las líneas de aire de instrumentos

E. Lavado de las líneas de proceso

F. Corridas iniciales de bombas

G. Instrumentación

H. Verificación final de fugas

V.- Arranque normal

A. General

B. Arranque normal para la sección I de la planta

C. Arranque normal para la sección II de la planta

D. Etc.

VI.- Paro normal

A. General

B. Paro normal para la sección I de la planta

C. Paro normal para la sección II de la planta

D. Etc.

**VII.- Paro de emergencia**

A. General

B. Falla de vapor

C. Falla de agua de enfriamiento

D. Falla de energía eléctrica

E. Falla de Aire de instrumentos

F. Falla de equipo

**VIII.- Resumen de equipo**

A. Torres

B. Recipientes

C. Cambiadores de calor y eyectores

D. Calentadores a fuego directo (hornos)

E. Bombas

F. Instrumentos

**IX.- Diagramas de flujo de Ingeniería y Plot Plans Apendices**

A. Procedimientos de muestreos y análisis

B. Propiedades físicas y químicas de los fluidos manejados

C. Medidas y procedimientos de seguridad

D. Requerimientos especiales de mantenimiento (si se requiere)

V.c.

## DISEÑO Y DIBUJO

Las actividades de Diseño y Dibujo, consisten principalmente en la elaboración de planos aprobados para construcción, basados en el arreglo de equipos, diagramas de flujo, etc, establecidos, y con la información de planos de proveedores.

Evidentemente, esta responsabilidad no debe concretarse a sólo elaborar dichos planos, sino que éstos deben ser generados en el tiempo previsto, con el consumo de horas-hombre fijado y con la calidad que asegure que durante el periodo de la construcción, los errores de Ingeniería (que son casi inevitables por la complejidad de los proyectos de Ingeniería), sean mínimos.

Las actividades más importantes que se desarrollan dentro del departamento de Diseño-Dibujo, las cuales se tratan más adelante, pueden sintetizarse en las siguientes:

- 1.- Estudios preliminares
- 2.- Memorias de cálculo
- 3.- Planos para construcción
- 4.- Lista y requisiciones de materiales
- 5.- Maqueta

### C.1. Estudios Preliminares

- Los estudios preliminares se realizan con el propósito de poder seleccionar en base a ellos, las alternativas técnica y económicamente más adecuadas para la construcción y

operación de una planta.

- La cantidad y variedad de estudios preliminares necesarios para el desarrollo de un buen proyecto, depende directamente de las necesidades específicas y del grado de definición del proceso y el alcance de dicho proyecto.

En plantas de proceso, las disciplinas que más comúnmente son requeridas para realizar estos estudios, son Civil-Estructural, tuberías y Manejo de Sólidos. En el caso Civil se busca definir la mejor solución para:

- Plataformas de edificios de proceso
- Cimentaciones especiales
- Arreglos Arquitectónicos
- Mejoras por actualización técnica, durante la duplicación de plantas
- Otras

En tuberías los estudios permiten definir:

- Rutas principales de tuberías de diámetro mayor
- Localización, elevaciones y ancho de los racks principales de tubería
- Localización de equipos
- Información para la disciplina civil para la definición de ésta, de estructuras y cimentaciones

En base a lo anterior, es importante reconocer el beneficio que pueden proporcionar los estudios preliminares a la ejecución típica de un proyecto, cuando éste no está bien definido.

Por tanto, se sugiere que el Cliente solicite a las Firmas de Ingeniería la preparación de estos estudios, para encontrar las mejores soluciones a proyectos cuyo alcance no se encuentra plenamente definido.

### C.2. Memorias de Cálculo

El propósito de este inciso, es el de enfatizar la importancia que tiene la preparación sistemática y ordenada de las memorias de cálculo que se hacen necesarias durante el desarrollo de un proyecto de Ingeniería.

Las memorias de cálculo son propiedad de la Firma que las desarrolla. Sin embargo el Cliente tiene el derecho, y así se sugiere que actúe, de exigir la preparación de las memorias de Cálculo en forma clara y ordenada, para poder referirse a ellas fácilmente, si así fuere necesario.

#### Contenido

Una memoria de cálculo bien desarrollada debe ser preparada en hojas de tamaño estandar (carta de 8 1/2 x 11") e incluir:

- Índice del contenido
- Números de los planos o documentos donde fué incluida la información de la memoria de cálculo

En cada hoja:

- . Número de proyecto
- . Descripción o título de lo que se está calculando (equipo, estructura, etc.)
- . Fecha en que se realizó el cálculo
- . Nombre de quien preparó el cálculo

- . Nombre de quien revisó y fecha de revisión del cálculo
- . Especificaciones que apliquen y consideraciones especiales para los cálculos

### **C.3. Planos para Construcción**

En este inciso se presentan los principales tipos de plano requeridos para una planta de proceso.

- Planos de recipientes
- Planos de preparación de terrenos
- Planos de pilotes
- Planos de cimentaciones
- Planos estructurales
- Planos de arreglo de tubería
- Planos de Rack's de tuberías
- Isométricos
- Planos de instalaciones sanitarias en edificios
- Planos de instalaciones subterráneas
- Planos de Drenaje pluvial y contaminado
- El diagrama unifilar general
- Los planos de distribución de fuerza
- Planos para la subestación
- Planos de control
- Planos de alumbrado
- Planos de localización de instrumentos y líneas de suministro de aire

**- Planos de comunicación**

C.4.

**LISTA Y REQUISICIONES DE MATERIALES**

Las listas de materiales directos de construcción, son preparadas por los diversos grupos de diseño y dibujo, para la preparación de las requisiciones y posteriormente de las órdenes de compra correspondientes.

Esta lista de materiales comprende todos aquellos que forman físicamente, parte de la planta, como:

Civiles: Concreto, varillas, estructuras de acero, etc.

Tuberías: Líneas de tuberías, conexiones, válvulas, etc.

Tuberías de Instrumentos: Líneas de aire para instrumentos, "Tubing"

Eléctricos: Cable, conduit, condulets, etc.

Materiales de Protección: Aislamiento, pintura, etc.

Existen dos maneras principales de preparar las listas de materiales:

1.- Preparación de listas preliminares alrededor del 60% de avance de cada disciplina y complementación con listas definitivas hacia el final del proyecto.

2.- Preparación de listas definitivas al final del proyecto

Las características de cada método son las siguientes:

1er. Método:

Ventajas:

- Permite la compra de materiales, a un precio que seguramente será menor a aquel que estará en vigor al final del

proyecto.

- Asegura el suministro de los materiales en obra, a tiempo para la construcción.

Desventajas:

- Las horas-hombre para la preparación de las listas preliminares, se incrementan respecto a aquellas necesarias para preparar solamente el listado final.
- Las horas-hombre del Depto. de Procuramiento se incrementan igualmente, por los ajustes necesarios al final del proyecto.
- Si las listas preliminares no son bien preparadas, pueden existir cargos al Cliente, por concepto de devoluciones.

## 2do. Método

Ventajas:

- Las listas preparadas al final del proyecto son definitivas y el consumo de horas es menor en un 30% a 40%, respecto al 1er. Método.
- El control requerido por el departamento de compras es bastante más simple que en el método anterior por las razones ya citadas en aquel.

Desventajas:

- El precio pagado por los materiales es generalmente mayor con las listas finales, por los incrementos de precio a través del tiempo.
- Cualquier escasez en el mercado de material necesario

para la obra, puede ocasionar retrasos en la construcción con las consecuentes pérdidas de dinero, tanto por gastos extras de construcción como por inicio tardío de producción. Estos retrasos conducen en ocasiones a pérdidas de muchos millones de pesos.

Considerando el análisis anterior, se recomienda que el Cliente siempre solicite a las Firmas de Ingeniería, listas preliminares para compra de materiales, pues de esa manera, aunque un poco más costosa en la fase de Ingeniería, se asegura la provisión a tiempo y a mejor precio, de los materiales de construcción.

#### C.5. Maqueta

En la actualidad, durante la ejecución de proyectos para Plantas Industriales, es práctica usual incluir dentro de las actividades de la Ingeniería de Detalle la elaboración de Maquetas a escala, en virtud de las conveniencias que presenta el uso de la misma durante el diseño, construcción y operación de la Planta Industrial.

La decisión de incluir una maqueta para un proyecto determinado, depende del beneficio que ésta aporte al desarrollo del proyecto. Este beneficio adquiere mayor importancia:

- En plantas donde exista una gran concentración de equipos, estructuras y tuberías
- En procesos complicados, en donde los diseños de tuberías sean sofisticados (tuberías con mucha pendiente, con radios especiales de curvatura, etc.)

- En proyectos en donde el factor tiempo sea básico y se requiera ahorrar tiempo en la fase de la construcción
- En donde se manejen materiales costosos y especiales, y se requiera el diseño óptimo para evitar desperdicios en los materiales.

### Importancia en el Uso de las Maquetas Industriales

A continuación se relacionan algunas de las ventajas más importantes del empleo de las maquetas durante las fases de Concepción, diseño, Construcción, Operación y Planes de Expansión para la futura planta.

#### Concepción

Durante la fase inicial de un proyecto, la maqueta es básica para definir la localización de los edificios, estructuras, racks de tuberías, equipos principales, etc., evitándose de esta manera, el recurrir a la elaboración de dibujos preliminares para mostrar diferentes alternativas y lograr el mismo fin.

También, durante esta fase del proyecto, es posible fijar los parámetros más importantes que regirán durante el desarrollo del mismo, tales como: Niveles de Operación para Equipos, estructura, racks de tuberías, áreas de acceso y mantenimiento, etc.

En muchas ocasiones, si no se recurre el uso de la maqueta, varios de los parámetros indicados, o se modifican, o se establecen en etapas cuando el proyecto ya está avanzado, ocasionando una serie de modificaciones en la Ingeniería de Detalle, con los consecuentes atrasos y consumos adicionales de horas-hombre y posibilidad de errores.

La maqueta igualmente, permite un ahorro importante de horas-hombre durante la elaboración, dibujo y revisión de los isométricos.

- Ya que la maqueta presenta una visualización inmediata del conjunto, disminuye considerablemente el tiempo que se emplea para revisiones, y la comunicación entre las diferentes disciplinas que intervienen en el diseño, acelerando así la toma de decisiones y la solución de posibles problemas.

- Debido a que el uso de la maqueta hace posible optimizar los diseños de tuberías, se minimiza con ello el uso de conexiones y trayectorias de las mismas lográndose un ahorro importante en el costo de la planta.

- La maqueta también sirve como auxiliar en el conteo de materiales, dando como consecuencia una mayor eficiencia en esta actividad.

- Normalmente hacia la terminación del proyecto, se realiza una revisión final para verificar que los diseños realizados satisfagan los requerimientos del proceso y aquellos que pueda tener el Cliente. Para esta actividad, la maqueta es un magnífico auxiliar, facilitando la revisión de Ingeniería de Procesos, proyecto y la revisión para aprobación del Cliente.

#### Diseño

- La maqueta representa una extraordinaria herramienta de diseño, pues utilizándola en forma adecuada, es posible llegar a la optimización de los diseños, lo cual es muy difícil lograrlo

mediante la elaboración de dibujos, que sólo muestran vistas en un sólo plano en lugar de la representación tridimensional de la maqueta.

- El uso de la maqueta reduce importantemente la interferencia entre equipos, estructuras, tuberías, etc., lo que es mucho más complicado detectar en plano. Así, con el uso de la maqueta, pueden evitarse modificaciones y pérdidas de tiempo durante la etapa de la construcción.

- Mediante el empleo de la maqueta, es posible reducir la cantidad de planos, principalmente en el área de tuberías, puesto que dicha maqueta sirve de apoyo e ilustra durante el diseño de los arreglos de tuberías muy elaborados.

La reducción de planos consiste en que sólo se hace en estudios preliminares de arreglos de tubería para iniciar la maqueta y ésta a su vez sustituye los planos de elevaciones de tuberías. Posteriormente los diseños se afinan y por último para fines de construcción, se elaboran los isométricos de las tuberías.

#### Construcción

Los beneficios de la maqueta durante la etapa de construcción pueden contemplarse como los siguientes:

- Auxiliar durante las actividades de la evaluación de la construcción, ya que da una idea real de la magnitud de la obra, con lo cual es posible presentar un mejor estimado del costo de la construcción
- Auxiliar también durante la fase inicial de la construcción, para la programación y planeación de la misma, ya

que permite establecer los puntos críticos para la secuencia de construcción como maniobras para erección de equipo, estructuras, montaje de tuberías, etc., de tal manera que se logre una eficiente erección de la planta y en el tiempo preestablecido.

- Referencia durante la construcción, especialmente cuando los diseños en los planos no son claros o bien para resolver problemas de posibles interferencias.
- Permite un control mejor de los materiales, principalmente los de tuberías, ya que todas las tuberías en la maqueta se identifican con colores, los cuales representan el servicio y el material para cada línea.
- Auxiliar para la evaluación inmediata del citado avance de la construcción, pues resulta relativamente fácil la comparación entre lo construido y lo que está representado en la maqueta.

#### Operación

- La utilidad de la maqueta durante el arranque de una planta, consiste en su practicalidad, ya que sin necesidad de recorrer todas las instalaciones de la misma, es posible visualizar y dar instrucciones claras de los puntos de control y de la planeación general del arranque.

- Durante el adiestramiento del personal de operación y mantenimiento, la maqueta nuevamente permite establecer claramente para los nuevos empleados, los puntos críticos y rutinas a seguir durante la operación de la planta, sin necesidad de reco-

rrer las instalaciones o recurrir a planos.

#### Expansión

- Para planes de expansión o mejoramiento de operación, la maqueta resulta muy útil durante la planeación y ejecución de dichos planes.

- La facilidad de transportación de la maqueta (equivalente a la transportación de la planta), permite analizar en oficinas, las diversas alternativas de expansión con eficiencia y ahorro de gastos de viaje y tiempo del personal que de otra manera, hubiera tenido que transportarse a la planta hasta posiblemente en varias ocasiones.

#### CONSIDERACIONES ECONOMICAS SOBRE LA INCLUSION DE UNA MAQUETA EN LA EJECUCION DE PROYECTOS INDUSTRIALES:

Con base a lo expuesto en los puntos anteriores sobre las ventajas del empleo de la maqueta, es posible analizar los aspectos económicos de la inclusión de la misma en los proyectos industriales.

- Es difícil evaluar la repercusión económica de una maqueta para un proyecto determinado, ya que por una parte se consumen horas-hombre y materiales para su elaboración y por otra, se logra un ahorro de horas-hombre por la reducción de planos adicionales que hubieran sido necesarios al no contar con ella.

Por lo tanto, es posible que un proyecto resulte aproximadamente del mismo costo con o sin la inclusión de una maqueta, (o inclusive ligeramente mayor en la fase de Ingeniería con la in-

clusión de la maqueta).

Sin embargo, el proyecto que se realice con ella, se beneficiará de la manera citada en los puntos anteriores y específicamente con ahorros potenciales mucho mayores, como se indica a continuación:

**Conveniencia Económica Potencial del uso de una Maqueta.**

- Se minimizan errores de Ingeniería, con el consecuente ahorro de tiempo y dinero durante la construcción.

- Para poder optimizar diseños se ahorra en el costo de los materiales y horas-hombre durante la construcción de la planta.

- Al reducirse el tiempo en la construcción, la planta puede arrancar en el tiempo previsto, iniciándose la recepción de utilidades por la producción de la misma, dentro de programas.

El costo propio de la maqueta, por otra parte, dependerá principalmente de los siguientes factores:

- Planeación y Programación adecuada para su ejecución

- Personal capacitado y taller para maquetas con las herramientas y material necesarios que aseguran una maqueta de calidad aceptable.

- Experiencia en la realización de maquetas industriales, que permita una ejecución eficiente y sin errores.

- Buena coordinación de las disciplinas que generan la información para la fabricación de la maqueta

- Revisiones continuas de los diseños realizados para evitar modificaciones tardías, que por ello puedan ocasionar mayores problemas

- Como punto final y considerando los beneficios que se obtienen del empleo de una maqueta durante el desarrollo de proyectos, se recomienda ampliamente se solicite su inclusión, como parte de los servicios de Ingeniería de Detalle correspondientes.

A continuación se muestra un ejemplo de una maqueta (Figura V.3.)

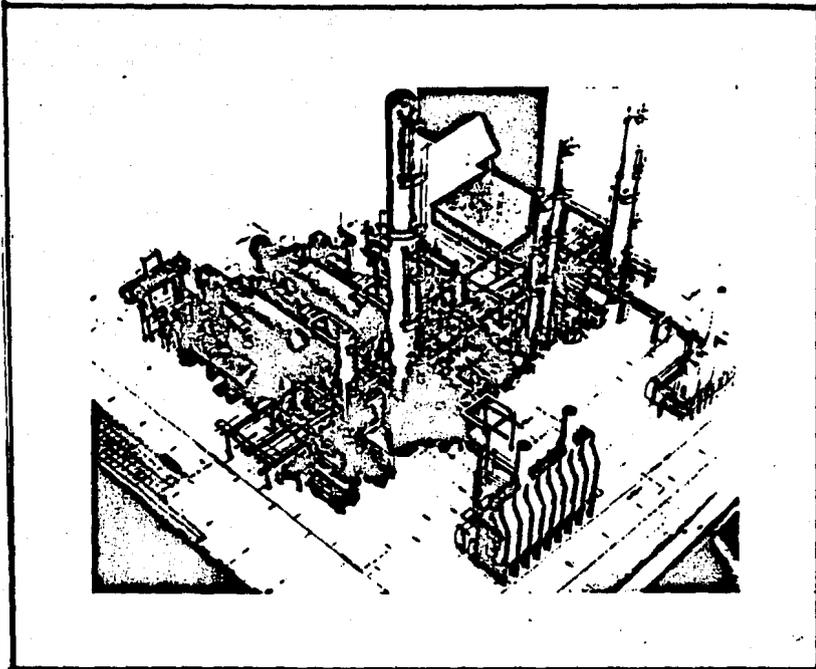


FIG. V. 3

EJEMPLO DE MAQUETA DETALLADA  
DE UNA PLANTA DE PROCESO.

VI

BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

- 1.- H. F. Rase y M.H. Barrow, Ingeniería de Proyectos para plantas de proceso, Compañía Editorial Continental, S.A., 4a. Edición 1977.
- 2.- Ernest E. Ludwig, Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Vol. I, Second Edition, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1977.
- 3.- Vilbradt, Chemical Engineering Plant Design, Mc. Graw Hill.
- 4.- Max S. Peters y Klaus D. Timmerhaus, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Second Edition, McGraw Hill Kogakusha, Ltd.
- 5.- Experiencias de Atlas Foster Wheeler, S.A., en desarrollo de Proyectos
- 6.- Estandares de Foster Wheeler Energy Co.
- 7.- Procedimientos e instructivos de Monsanto Co.
- 8.- Carreto Cordero Jaime, Servicios que prestan las Firmas de Ingeniería Nacionales para la Ejecución de Proyectos Industriales y Lineamientos Generales de Contratación, México, 1975. Tesis UNAM Facultad de Química.
- 9.- Meade García Carlos, Planeación y Método para la elaboración de un Proyecto, México, 1972. Tesis UNAM Facultad de Química.