

15.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

PROGRAMA EN ACAD PARA LA ELABORACION DE  
DIAGRAMAS DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION  
DE ACUERDO A LOS CODIGOS ANSI, ISA Y NFPA.

290877

**T E S I S**

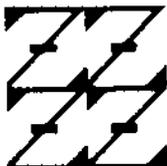
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO QUIMICO**

P R E S E N T A :

**ENRIQUE NICOLAS GUTIERREZ GARCIA**

U N A M  
F E S  
Z A R A G O Z A



LO MARCAO ES  
DE NUESTRA DIFUSION

MEXICO, D. F.

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

A Dios creador. Yahve

A la memoria de mi Padre. Roberto Gutiérrez (\*)

Al ejemplo arrasador de mi Madre. Martha García

A las oraciones de mi hermana. Sor Doro

Al apoyo de mis hermanos. Roberto, Juan, Monica y Agustín

Al comprensión de mi esposa. Yola

A la felicidad de estar con mis hijos. Jesús Alberto, Luis Enrique y Ana

Cristina

# *Contenido*

Contenido	i
Resumen	1
Introducción	2
Capítulo I. Diagramas de Proceso	12
I.1 Descripción general de los Diagramas de Proceso	14
I.1.1 Diagrama de Bloques	14
I.1.2 Diagrama de Flujo de Proceso	16
I.1.3 Diagrama de Materiales	20
I.1.4 Diagrama de Tuberías e Instrumentación	23
I.2 Descripción de las actividades en que los Diagramas de Proceso son utilizados	30
I.2.1 Diagrama de Bloques	30
I.2.2 Diagrama de Flujo de Proceso	31
I.2.3 Diagrama de Materiales	31
I.2.4 Diagrama de Tuberías e Instrumentación	32
I.3 Descripción de las actividades que se realizan para elaborar DTI's	42
Capítulo II. Métodos de dibujo de Diagramas de Tuberías e Instrumentación	46
II.1 Historia breve de los métodos de dibujo de DTI's	46
II.1.1 Dibujo a mano	47
II.1.2 Dibujo en aplicaciones de computadora CAD	50
II.1.3 Aplicaciones especializadas	52
II.2 Formación del Ingeniero Químico	56
Capítulo III. Estándares de simbología	58
III.1 Estándares de simbología y su alcance	60

III.1.1 ANSI/ISA-S5.1-1984	61
III.1.2 ASME Y14.1 1995, ASME Y14.1M 1995	63
III.1.3 ASME Y14.22M 1992/ANSI Y14.2M 1979	69
III.1.4 ASME Y32.2.3 49	70
III.1.5 ASME Y32.2.4 49	71
III.1.6 ASME Y32.2.6 50	72
III.1.7 ASME Y32.11.61	73
III.1.8 NFPA 170	75
III.1.9 Estándar de PEMEX	76
III.2 Esfuerzos por desarrollar un estándar	81
Capítulo IV. Bases para el desarrollo de la aplicación en ACAD	83
IV.1 Administración de los archivos de computadora	83
IV.2 Gráficos	88
IV.2.1 Generalidades	88
IV.2.2 Clasificación del menú	89
IV.2.3 Datos por gráfico	92
IV.3 Archivos de ACAD a modificar	98
Capítulo V. Resultados y Conclusiones	102
V.1 Resultados	103
V.1.1 Diagrama #1	103
V.1.2 Diagrama #2	109
V.1.3 Diagrama #3	114
V.2 Conclusiones	116
V.2.1. Conclusiones generales	116
V.2.2. Conclusiones de la aplicación	118
Referencias	120

## **R e s u m e n**

El objetivo de este trabajo es introducir, al Estudiante de Ingeniería Química o al Ingeniero Químico de recién egreso, en el uso de herramientas para el desarrollo de diagramas de proceso mediante la presentación de las aplicaciones posibles en programas de diseño asistido por computadora, CAD, y particularmente, con la presentación de una aplicación en AutoCAD® para la elaboración de Diagramas de Tuberías e Instrumentación.

Por tanto, en el trabajo se describe la relación entre los métodos para la elaboración de Diagramas de Proceso con la aplicación de programas de dibujo, demostrando que el uso, intensivo y extensivo, de la herramienta de diseño dará como resultado un incremento significativo en la calidad del producto, un decremento en el costo de elaboración e implicaciones valiosas en su manejo durante la generación de los diagramas de proceso que todo proyecto de Ingeniería requiere.

En el capítulo I se presenta una descripción general de los Diagramas de Proceso, su aplicación en las etapas de un proyecto industrial y una reseña de las actividades que se tienen que realizar para elaborarlos.

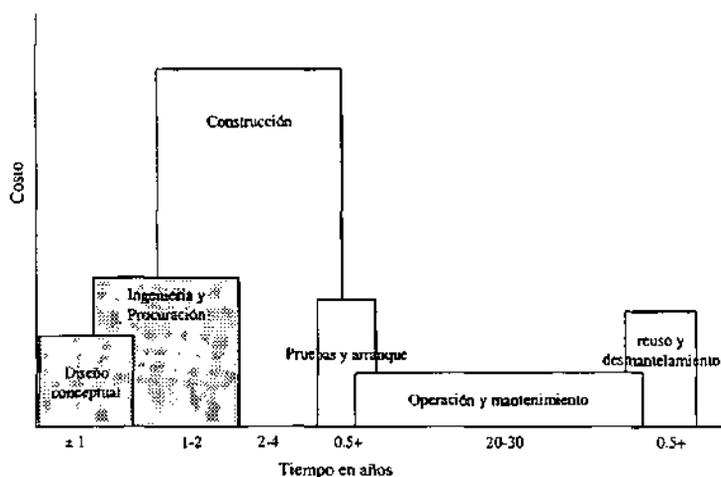
En el capítulo II se analiza el proceso de dibujo para elaborar DTI's y las modificaciones que ha sufrido, o tiene que sufrir, por el desarrollo de nuevos programas para la computadora.

En el capítulo III se describen los estándares que se utilizaran y cual es la principal ventaja de su uso. El capítulo IV describirá el alcance de las aplicaciones gráficas y su aplicación en este trabajo, así también, la secuencia y bases que serán necesarias especificar para realizar una aplicación y una guía rápida de ampliación al trabajo presentado, finalmente, en el capítulo V, se presenta ejemplos del uso de un programa de este tipo, recomendaciones y conclusiones.

## Introducción

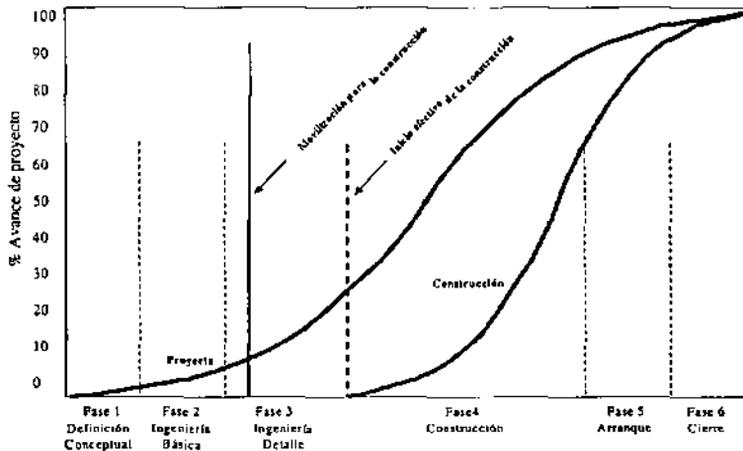
La vida de un proyecto se inicia con la idea lógica de cubrir una necesidad. El estudio de prefactibilidad, factibilidad, la ingeniería básica y de detalle, la procuración, la construcción, la puesta en marcha, la operación y mantenimiento, el re uso y desmantelamiento; son los períodos generales de un proyecto industrial. Cada una de estas etapas tiene una duración y un costo asociado, en la figura 1 se muestra el tiempo de vida contra el costo, en forma relativa, que puede tener cada etapa de un proyecto, siendo este dependiente al tipo de proyecto que se trate. Se puede notar que no existe una clara diferencia entre las etapas del proyecto y además puede cambiar su relación dependiendo del tipo de proyecto.

Figura 1. Etapas generales de la vida de un proyecto contra su costo relativo



Atendiendo a la inversión, las etapas de un proyecto se pueden dividir en dos secciones principales: a) hasta donde la inversión puede ser suspendida y, b) a partir de cuando no hay marcha atrás. La barrera mencionada para los proyectos industriales, en la mayoría de los casos, está en el desarrollo de la Ingeniería Básica, si después de esta etapa se retira la inversión se puede estimar una pérdida cuantiosa debido a la presencia de trabajo que difícilmente podrá ser utilizado. En la figura 2 se muestra que cuando se tiene un avance en la Ingeniería de Detalle se inicia la movilización de la construcción al lugar donde estará la nueva planta, es decir, se inicia la inversión con mayor costo.

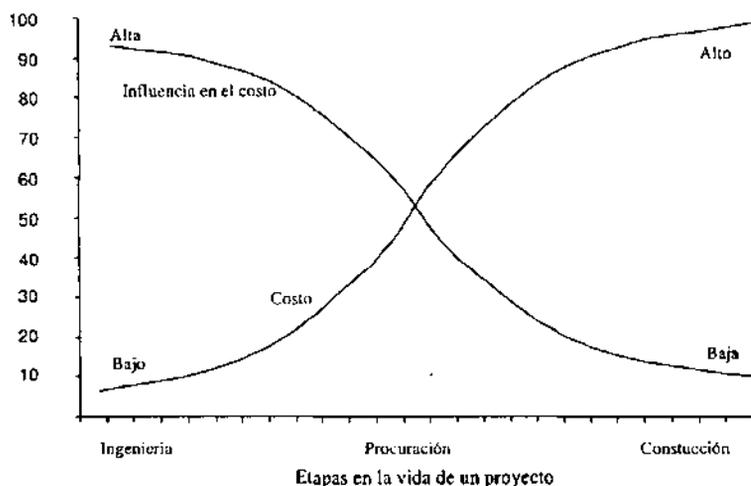
Figura 2. Fases típicas en el ciclo de vida de un proyecto



Por esto la ingeniería y las etapas anteriores tienen un impacto directo en el costo de inversión, operación y mantenimiento de la planta, es decir, a mejor análisis y diseño del proyecto menor será su costo. Debido a esto, cada día se

requiere mayor cantidad de recursos, económicos y tecnológicos, al desarrollo de la ingeniería e incluso se utilizan una serie de nuevos parámetros englobados en la palabra "constructabilidad" (que es la inversión temprana, en el recurso humano especializado, para el manejo de la información que se centrará en el desarrollo del proyecto). En la figura 3 se muestra, en forma idealizada, el costo y la capacidad de influencia que tienen las tres etapas generales del proyecto<sup>1</sup> a través de su desarrollo.

Figura 3. Influencia en el costo y costo asociado por etapa de la vida de un proyecto



Además, la etapa de ingeniería, tiene el efecto inverso, un error en el diseño, por ejemplo una operación aritmética, que prácticamente no tiene un costo

<sup>1</sup>Para el propósito se engloban las etapas de desarrollo de un proyecto en tres generales: Ingeniería, Procuración y Construcción. Además, dependiendo del autor será el número de etapas que se liste.

asociado, puede causar pérdidas considerables en la procuración de equipos, en la construcción de la planta, en la operación y/o en el mantenimiento, que la mayoría de las veces tiene que ser pagado y solucionado por la compañía antes de entregar (inclusive retardando la fecha de entrega).

En proyectos industriales, cuando se autoriza iniciar el diseño de la Ingeniería Básica, comienza el desarrollo formal de los Diagramas de Proceso, que junto con las Bases de Diseño, la Descripción del Proceso, el Balance de Materia y Energía, la Lista de Equipo, los Criterios de Diseño, las Hojas de Datos de los Equipos, el "Plot Plant" y la Filosofía de Operación forman los documentos que se entregan a su termino<sup>2</sup>.

Así, los Diagramas de Proceso son desarrollados en la fase de ingeniería, utilizados y complementados en las siguientes etapas, siendo en algunas de ellas esenciales. En algunos Proyectos, incluso, al inicio del diseño conceptual ya se esbozan los Diagramas de Proceso.

El programa, el costo y la calidad de un proyecto dependen esencialmente del recurso con que se elabore, esto combinado con la fuerte competencia por los mercados existentes y potenciales, nacionales e internacionales, la necesidad de ingresar al mercado global "justo a tiempo" y de consorcios económicos, son algunos de los factores que han favorecido el desarrollo de tecnologías para elaborar proyectos. Las nuevas tecnologías están basadas en el uso intensivo y extensivo de programas de aplicación en computadoras, teniendo una importancia insuperable el uso de bases de datos y el diseño asistido por computadora.

---

<sup>2</sup>La cantidad y calidad de estos documentos puede variar dependiendo de la Empresa y el Proyecto.

Esta tecnología esta propiciando, al tener que ser compartida la información por más de una compañía e incluso una nación, que la simbología deba de ser interpretada correctamente por las partes involucradas en el desarrollo del proyecto. Las asociaciones más reconocidas en la certificación de sistemas han realizado un esfuerzo por hacer un estándar que sea universal.

En consecuencia, el recurso humano tiene que permanecer en constante capacitación para entender y aprovechar las nuevas herramientas de que dispone. Utilizando algunas veces un porcentaje bajo de la aplicación y teniendo que cambiar a versiones actualizadas de la misma e incluso a nuevas aplicaciones para evitar la obsolescencia.

El manejo de la información electrónica ha aumentado la eficiencia en la elaboración de proyectos, reduciendo el error humano de captura y el reprocesamiento por revisiones cruzadas, concentrando la información en un servidor de base de datos por proyecto y/o compañía.

La reducción de costos en un proyecto es directamente proporcional al desarrollo y uso correcto de estas herramientas en el diseño. Aun cuando estas herramientas no tienen un bajo costo de inversión y actualización son necesarias para competir y cumplir. El permitir almacenar información en forma digital con mayor velocidad de consulta que la forma tradicional (archivo muerto en carpetas Lefort) le da la flexibilidad para la reproducción con alta calidad y rapidez. Esta flexibilidad se refleja directamente en la comunicación entre las áreas de la empresa (dedicada a producir proyectos) e

incluso entre compañías con el mismo propósito y/o la relación cliente/proveedor.

Una de las líneas de tecnología (programas de aplicación y computadoras) para el desarrollo de proyectos industriales se basa en crear modelos electrónicos tridimensionales, estos permiten prevenir errores en la construcción de la planta, tales como: interferencias entre elementos materiales o entre estos y los espacios necesarios para operación y mantenimiento; por ejemplo, entre el sistema enterrado de agua contra incendio y los registros eléctricos o entre tuberías y estructuras. Dichos errores no son fáciles de detectar con el método tradicional de elaboración, es decir, el desarrollo del proyecto en planos para construcción en dos dimensiones.

Además, de la prevención de errores, se ha buscado la reducción de costos en el desarrollo de proyectos por la disminución de "retrabajos" (en todas las etapas), por ejemplo, el costo asociado a una demolición. Además, estas herramientas aumentan su utilidad en el diseño de proyectos en los cuales el espacio es un factor esencial, por ejemplo: en plataformas marinas de extracción de petróleo, o, en el inverso, que serían las compañías que por flujo de proceso desprecian el uso de espacio, por ejemplo, la industria farmacéutica.

Los modelos electrónicos tridimensionales pueden ser utilizados en diversas etapas de la vida de un proyecto, ya sea una planta química, petroquímica, farmacéutica, alimenticia, o de otro tipo, en la figura 4 se muestra la fotografía electrónica del modelo, el detalle que se requiera tener en el modelo será proporcional al consumo de recursos. Los modelos son útiles debido a la

calidad y cantidad de información que pueden proporcionar, por ejemplo: estimado de materiales, simulación de montaje o desmontaje de equipos, reserva de espacio para ampliaciones futuras, programa de mantenimiento, entre otros. La información almacenada puede ser obtenida, inmediatamente y con el mismo recurso, durante el ciclo de vida de una planta y el producto final solamente tendrá una inversión inicial y un costo mensual por renovación de licencias. Aunque no hay que olvidar que el tiempo de respuesta depende directamente del sistema de computo que se tenga, del tamaño, del modelo y de la tarea que se solicite.

Figura 4. Modelo Electrónico



Los programas de computadora para elaborar Diagramas de Proceso han sido desarrollados a la par que los modelos tridimensionales, sin embargo, este tipo de programas han tenido menor aceptación en las compañías que producen ingeniería. Esto se debe, como se presenta en el presente, a los procesos de trabajo que se utilizan para producir los Diagramas de Proceso o al costo de estas herramientas de computo.

Se han realizado desarrollos para ligar la elaboración de los Diagramas de Tuberías e Instrumentación con el desarrollo del modelo electrónico. El principal avance que se ha dado es la revisión electrónica para verificar que los elementos de tuberías e instrumentos dibujados en el DTI sean incluidos en el modelo electrónico. El problema a resolver es el de realizar esta revisión en "tiempo real".

Un problema lateral al anterior es que entre el diseño de los Diagramas de Proceso y el dibujo de ellos no se tiene una comunicación definida, a diferencia de otras áreas que cuentan con su propio grupo de dibujo e inclusive, si se requiriera, su grupo de maquetas plásticas ó electrónica.

Los avances tecnológicos tienen por consecuencia que los dibujantes y diseñadores deban tener mayor experiencia y conocimientos del área para la que trabajan y además en los programas de computadora, con lo que la mayoría de dibujantes tradicionales (dibujo con mina plástica) quedan fuera de la posibilidad de trabajar con los programas de computadora existentes, a pesar de su habilidad y experiencia, y la minoría se capacita en el uso de los programas y en la información técnica necesaria.

De acuerdo al avance que tenga la compañía en el uso de los programas de computadora se disminuirá la cantidad de personal que tiene que ser capacitado, si procede, o dado de baja por falta de conocimientos en el uso de la computadora.

El costo de la tecnología descrita es elevado debido a que se necesita de computadoras y programas potentes, las velocidades y memoria RAM de trabajo no son las convencionales, la estructura necesaria para el uso de los programas cambia de la básica debido al manejo de base de datos relacional, traductor, ambiente gráfico y otros requerimientos intrínsecos al programa.

Estas herramientas son útiles en proyectos que contemplan el desarrollo de Ingeniería, Procuración y Construcción (IPC), en donde se encarece el costo de inversión en la etapa ingeniería, por uso de nuevas tecnologías, y se reduce el costo de inversión en la etapa de construcción, sin embargo, para proyectos con menor alcance no son económicamente factibles al menos que ya se haya invertido en ellos anteriormente o no se tengan negocios futuros con el cliente.

# **Capítulo I**

## **Diagramas de Proceso**

Debido a la importancia de los Diagramas de Proceso en el desarrollo de un proyecto, en la primera parte de este capítulo, se hace una descripción general de su contenido, datos y gráficos, y en la segunda parte, se resumen las actividades en que los diagramas son utilizados en el desarrollo del proyecto y la vida de la planta.

Finalmente, en la tercera parte, se presenta una reseña general de las actividades globales que se realizan para elaborar los diagramas de tuberías e instrumentación.

Entiéndase por Diagramas de Proceso, y de los que se hará la descripción, los siguientes:

1. Diagrama de Bloques
2. Diagrama de Flujo de Procesos (DFP)
3. Diagrama de Materiales
4. Diagrama de Tuberías e Instrumentación (DTI)

Como primera consideración, se debe entender que entre la amplia gama de compañías, nacionales e internacionales, que generan diagramas de proceso hay una diversidad en los métodos de trabajo, en el contenido de los documentos y en los documentos a editar, además que dependiendo del alcance

del proyecto a desarrollar será la cantidad de información que se proporcionará por documentos, es decir, la información que contiene un Diagrama de Proceso en un proyecto de Ingeniería Básica es menor a la que contiene la de un proyecto de Ingeniería de Detalle. O, la información que contiene un Diagrama de Proceso de Ingeniería Básica que genera la compañía UOP LLC tiene diferente cantidad de información al Diagrama generado en el IMP (Instituto Mexicano del Petróleo).

El contenido en este capítulo es general y es una recopilación de varios métodos y presentaciones con la finalidad de que el Ingeniero Químico pueda adaptarse a la compañía con la cuál preste sus servicios.

La descripción de las actividades presentadas con detalle será para los Diagramas de Tuberías e Instrumentación debido a que son los diagramas que generan mayor información interdisciplinaria durante el desarrollo del proyecto y el objetivo de este trabajo.

Los diagramas de proceso conocidos como "sketches" no serán mencionados debido a que su principal alcance es proporcionar información interna en el desarrollo del trabajo del Ingeniero de Proceso.

## **I.1 Descripción general de los Diagramas de Proceso**

### **I.1.1 Diagrama de Bloques**

Son los diagramas de proceso más simples y con información general y descriptiva del alcance del proyecto. Como su nombre lo indica consiste en una secuencia de bloques, los cuales representan una operación unitaria en una planta, una sección completa de una planta o una planta de un complejo industrial, ver ejemplos de estos diagramas en las figuras I.1 y I.2.

Los bloques del diagrama se ligan por medio de líneas que muestran la secuencia del flujo de los materiales principales a transformar o transportar. El flujo es mostrado generalmente de izquierda a derecha. La información contenida sobre las líneas es una simple pero completa etiqueta, por ejemplo, alimentación líquida de reactivo, y/o un número de corriente que puede corresponder a un sencillo balance de materia y/o energía (en las presentaciones más sofisticadas).

Figura I.1. Refinery Process Chart

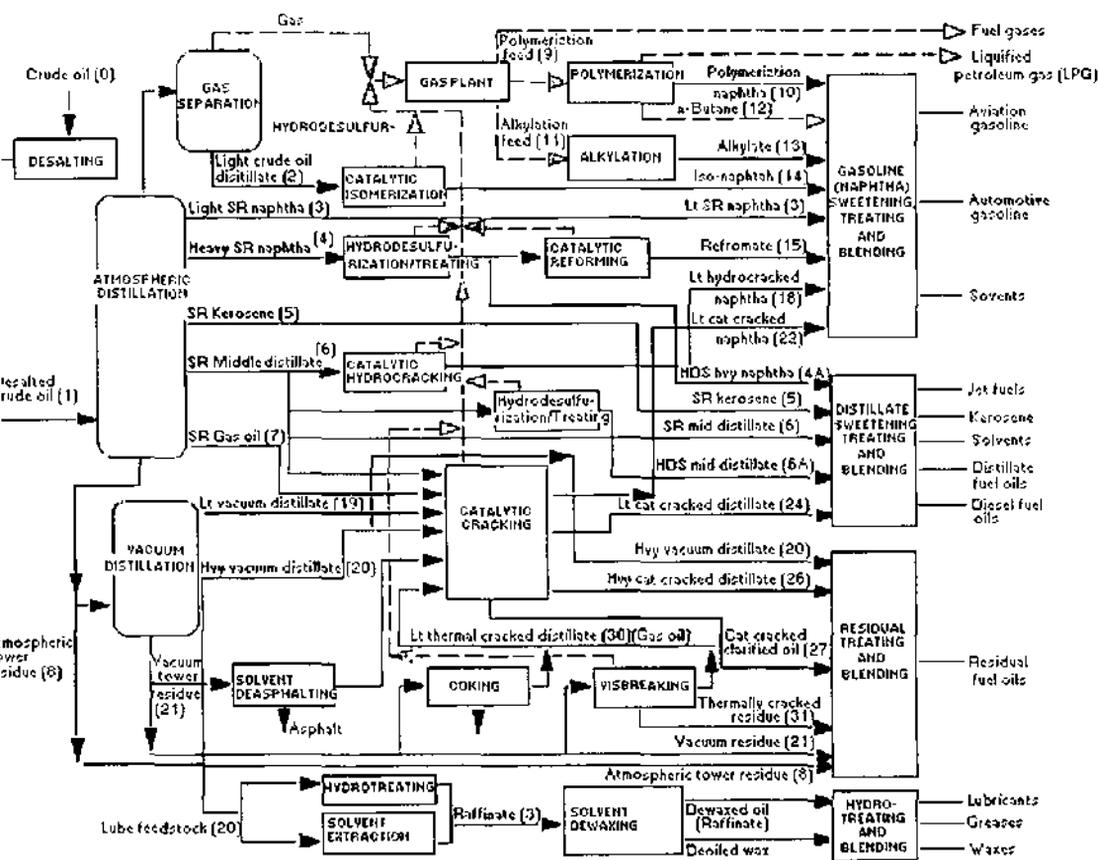
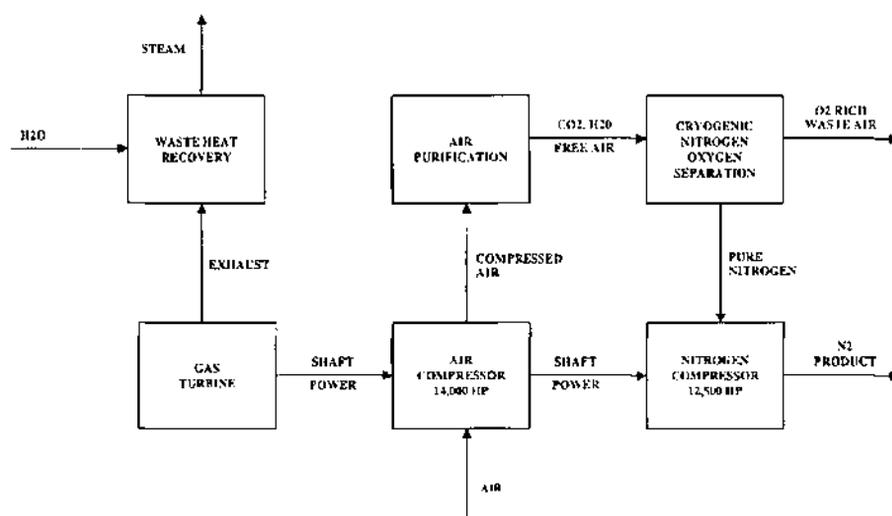


Figura I.2. Air Separation Plant

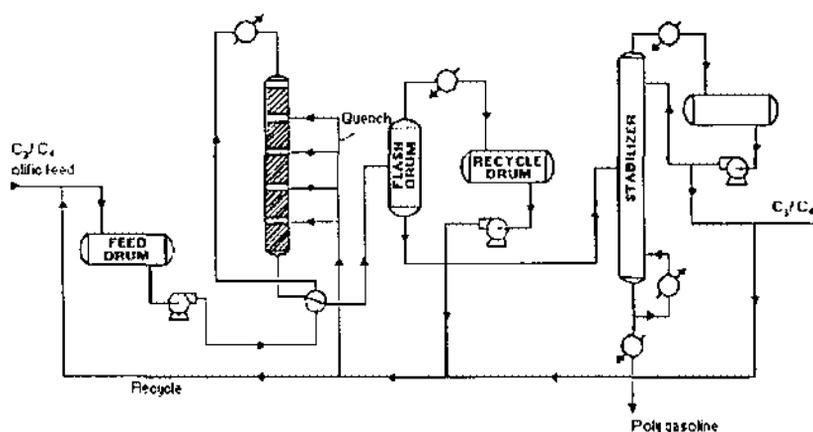


### I.1.2 Diagrama de Flujo de Proceso

Los diagramas de Flujo de Proceso son diagramas que contienen la información básica del proyecto con mayor detalle que los diagramas de bloques, se tienen representación esquemática para los equipos principales y las principales interconexiones en el proceso de transformación, almacenamiento y/o transportación, también pueden indicarse las condiciones de operación normal y/o de capacidad de diseño de la planta, se pueden incluir condiciones de operación alternas, por ejemplo, operación a baja capacidad de la planta u operación con alguna sección en mantenimiento.

Un diagrama de flujo de proceso usualmente incluye dos o tres etapas del proceso (destilación, reacción, mezclado, compresión, etc.) en un dibujo, es decir, un proceso completo puede requerir varios diagramas de flujo de proceso, ver ejemplos en las figuras I.3, y I.4.

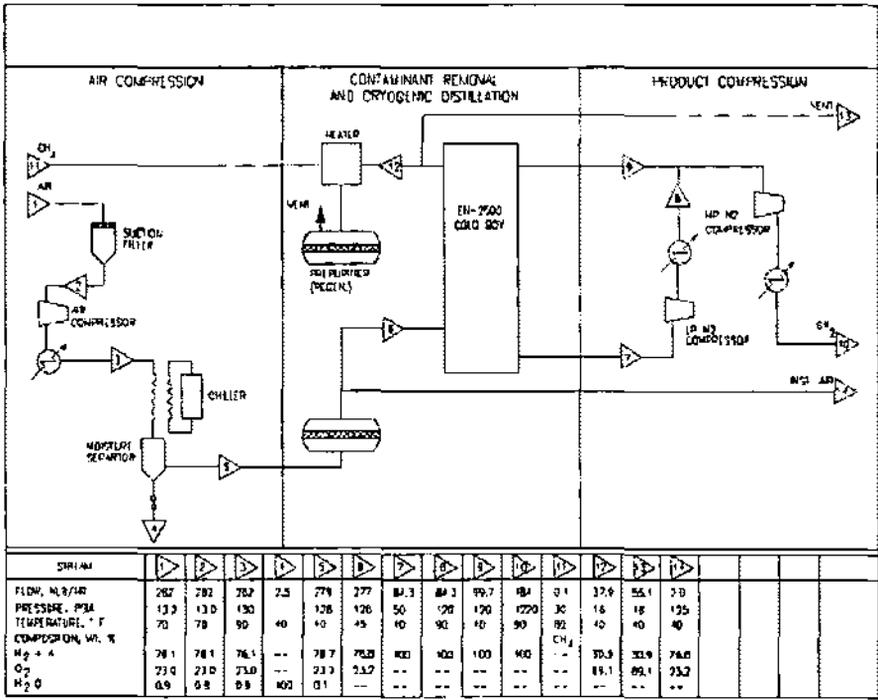
Figura I.3. Polymerization Process



Los DFP's se dividen en dos categorías:

- Los diagramas de flujo de proceso para el proceso. Que son en los que se representa únicamente el proceso de transformación, almacenamiento y/o transportación; y,
- Los diagramas de flujo de proceso para los servicios. Que son en los que se representa la generación, almacenamiento y/o transportación de los servicios auxiliares. Estos diagramas son renombrados como Diagramas de Flujo de Servicios, DFS's.

Figura I.4. Air Separation



En el presente trabajo ambos diagramas, DFP's y DFS's, son considerados dentro de la misma categoría de Diagramas de Flujo.

En el(los) Diagrama(s) de Flujo de Proceso de una planta:

- Se deben mostrar todos los equipos principales (utilizando símbolos que los representan a cada uno).
- No se deben dibujar los equipos en relevo, trabajando en paralelo o en serie, pero se debe mostrar su existencia en la descripción.

- Se deben mostrar las líneas principales que conectan los equipos. Se recomienda no mostrar las líneas auxiliares.
- Se indica el número de corriente, que puede hacer referencia al balance de masa y energía, para las líneas principales del balance.
- Se debe mostrar la dirección en que se dará el flujo principal con una flecha sobre las líneas.
- Es recomendable mostrar la entrada de alimentación del lado izquierdo del diagrama.
- Es recomendable mostrar la salida del producto por el lado derecho del diagrama, de ser posible, los gases por la parte superior y los líquidos y sólidos por la parte inferior. Si se requiere, se debe hacer referencia a la continuación con otros diagramas.
- En columnas se debe indicar el número de etapa teórica para el domo, el fondo, el(los) reflujo(s) y la(s) alimentación(es) y/o se esquematiza el empaque.
- En cambiadores se debe indicar el lado por el cual se transfiere el fluido de proceso.
- Cada equipo debe estar debidamente etiquetado con su número (Tag), que puede incluir la descripción, la capacidad, la presión y temperatura de operación, y el material de construcción (según proceda por tipo de equipo). En la identificación se debe de mostrar la presencia de equipos en relevo o trabajando en paralelo.
- En diagramas de flujo de proceso se puede mostrar, en cantidad, el flujo de vapor, de agua de enfriamiento o de refrigerante en cada equipo que lo requiera. En diagramas de flujo de servicios se muestra

en forma esquemática la distribución de cada servicio, que puede ser identificada por su número de corriente correspondiente.

- Se debe de mostrar el control principal de la planta o el sistema.
- Para el control se puede mostrar la variable principal y su acción sobre el elemento controlador. De preferencia no se debe de mostrar el lazo de control completo.
- La relación entre la variable y el elemento controlador se puede hacer únicamente con una línea delgada y punteada (representación gráfica de la señal eléctrica).
- Finalmente, se puede incluir una tabla de balance de materia y energía, en la parte inferior del diagrama de flujo de proceso, que puede contener el número de corriente, el flujo, la presión, la temperatura, la composición y el intercambio de energía para cada corriente que se hace referencia en el(los) diagrama(s). En algunos estándares para elaborar DFP la tabla de corrientes es editada como un documento aparte.

### I.1.3 Diagrama de Materiales

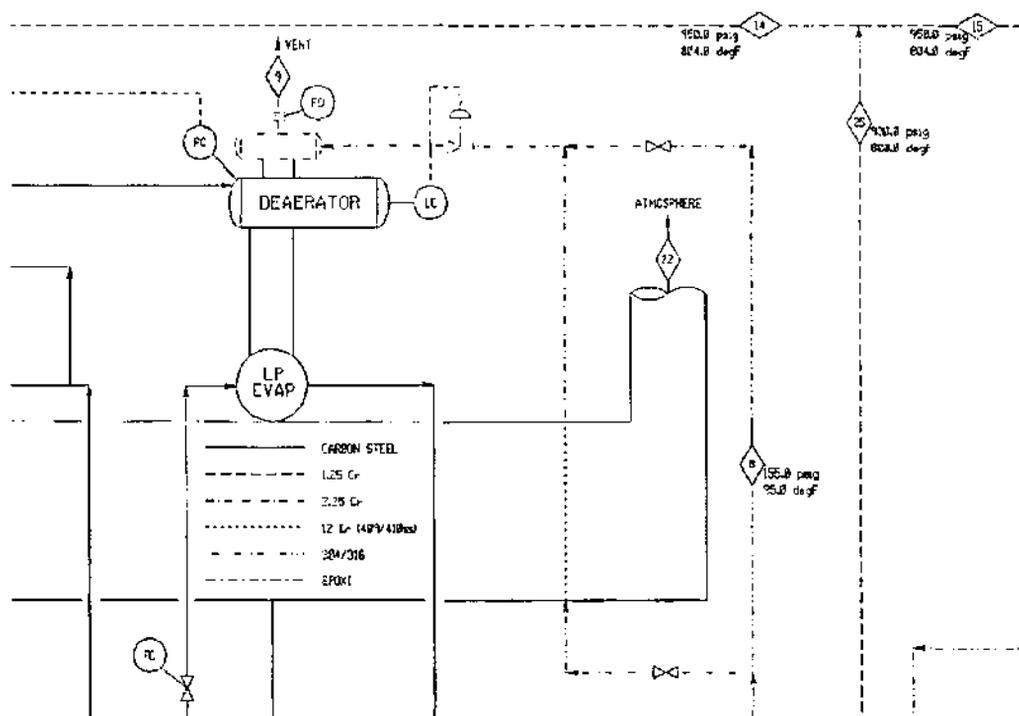
El diagrama de materiales es una continuación de gran utilidad del diagrama de flujo de proceso, en este diagrama se marca la especificación mínima del material principal que será necesario utilizar en los equipos y en las tuberías, las condiciones de diseño de presión y temperatura y los requerimientos de corrosión permisible (debido a que se inicia a partir del DFP se debe eliminar la tabla de balance para evitar repetir información), ver figuras ejemplos de la información que puede contener en las figuras I.5 y I.6.



- Calentadores a fuego directo. Por ejemplo manifolds, tubos, etc.
- Bombas y equipo rotatorio. Por ejemplo para bombas API carcasa, impulsor, etc.

Dependiendo del proceso, se debe de indicar para cada corriente el fluido de proceso, el agente de corrosión, el posible contaminante y cualesquier otra consideración que se considere necesaria para la selección del material.

Figura I.6. Nomenclatura de los Materiales



### I.1.4 Diagrama de Tuberías e Instrumentación

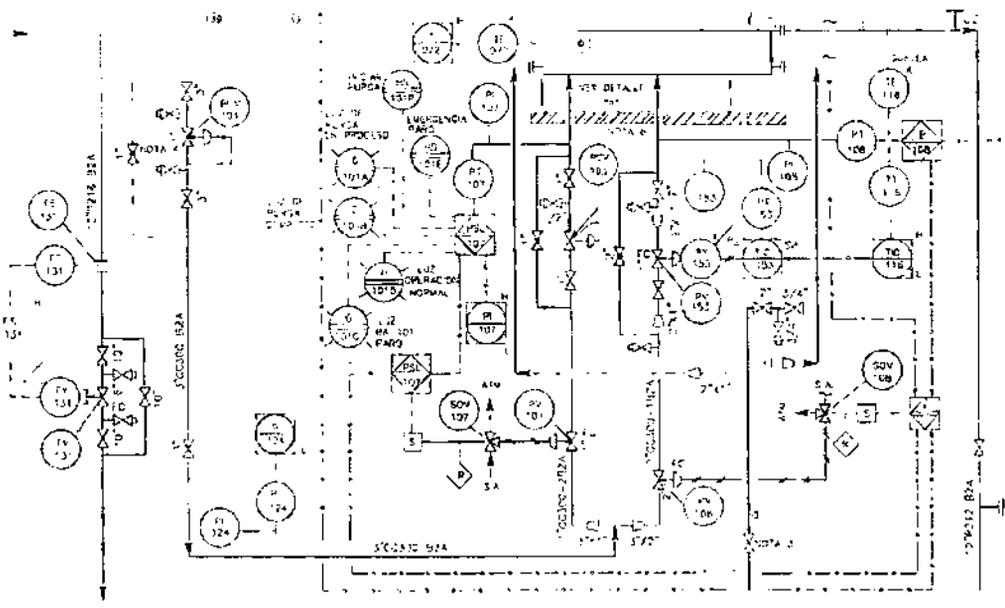
Los diagramas de tuberías e instrumentación son los diagramas de proceso que contienen en información con mayor detalle. En estos diagramas se representa la información, mediante la descripción gráfica, proveniente del diseño, operación, arranque y mantenimiento del proceso. La información que contienen los DTI's es clara y detalla para que durante el transcurso de la elaboración del proyecto sea lo más útil posible, ver ejemplos del detalle en las figuras I.7 y I.8.

Los gráficos son explícitos por si mismos, sin embargo, para cualquier consulta de personal, que no se encuentra familiarizado con el proyecto y que sabe interpretar los diagramas, se editan los diagramas de simbología, que contienen la definición de cada gráfico y abreviatura que se presentan como información en los DTI's. Los diagramas de simbología son considerados en este trabajo como parte de los DTI's a editar.

Es posible incluir en los diagramas de simbología detalles típicos que no se quieren mostrar en cada diagrama para evitar confusiones, tal es el caso de las trampas de condensado que en los diagramas únicamente se muestra un símbolo y este puede representar las válvulas de raíz en los cabezales, las válvulas laterales de la trampa, el filtro tipo "Y", los drenajes, el directo de la trampa y la trampa.

En algunos casos, en los diagramas de simbología se listan los DTI's que forman el proyecto y los equipos principales que forman el proceso y servicios auxiliares, esto es una practica que no se recomienda debido a que puede resultar en errores, esto es porque existen documentos dentro del proyecto que hacen este mismo listado y como consecuencia se puede tener la actualización de uno y no la del otro, por ejemplo, la lista de equipo (que incluye los equipos y todos sus auxiliares).

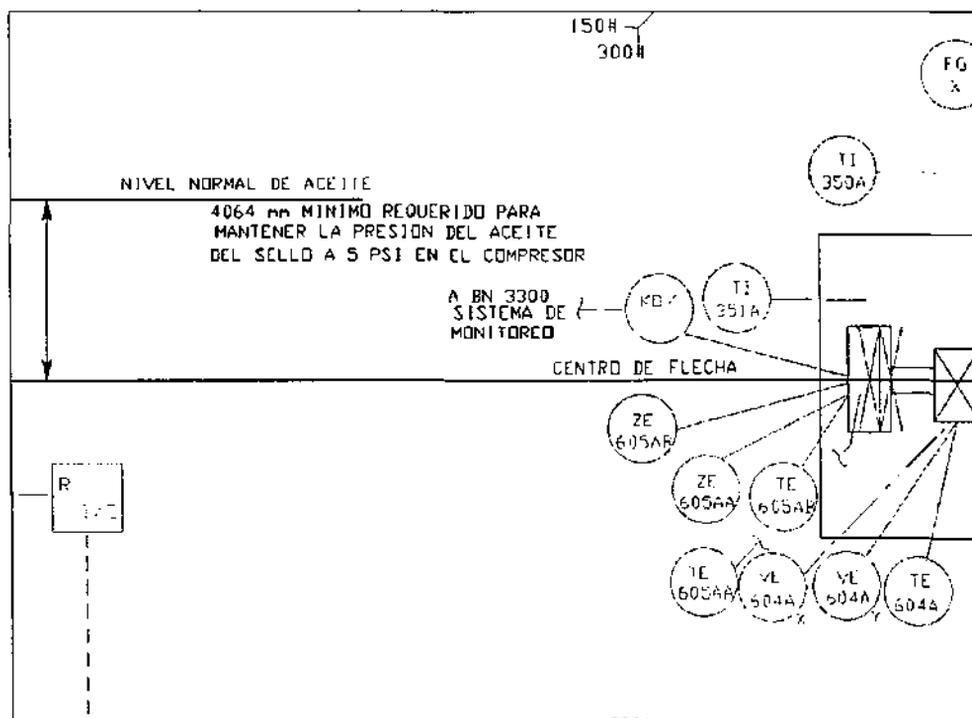
Figura I.7. Instrumentos en un DTI



En los DTI's también se da la división entre diagramas de proceso y diagramas de servicios, sin embargo, la diferencia es menor que en los DFP's, ya que en

los diagramas de proceso se ilustran, como se mencionará, todas las líneas, y los diagramas de servicios son prácticamente aquellos que muestran la generación y distribución de los servicios auxiliares. En DTI's, y generalmente en diagramas de servicios, se da una clasificación más, dentro y fuera de límites de batería, que es utilizada para referirse a los equipos, tuberías y accesorios que se encuentran fuera del límite de la planta y/o del complejo. Dado el objetivo del trabajo estas clasificaciones no serán tratadas por separado.

Figura I.8. Notas en un DTI



En los Diagramas de Tuberías e Instrumentación de una planta:

- Al igual que en el DFP se deben mostrar todos los equipos principales, auxiliares y de relevo (con la diferencia que todos serán dibujados utilizando símbolos que los representen detalladamente y atendiendo a reglas de ubicación).
- Cada equipo debe estar debidamente etiquetado con su número (Tag), descripción, capacidad, presión y temperatura de diseño, flujo de diseño, y material de construcción (según proceda por tipo de equipo). Esta etiqueta debe de ser la misma utilizada en todos los documentos del proyecto y finalmente en la placa del equipo.
- Se deben mostrar los internos y detalles de los equipos que sirvan para el diseño y la interpretación correcta del flujo de fluidos y la operación de los mismos, por ejemplo, en las columnas se deben mostrar los distribuidores de la alimentación y de los reflujos; en recipientes se muestra el eliminador de niebla, el rompedor de vórtice, el tubo buzo, etc.; en cambiadores de calor se representa el número de pasos, el tipo de tapas, etc.
- Se deben de mostrar, y de preferencia con líneas de diferente simbología, las tuberías de proceso, las de servicios, las enterradas, las de arranque, las de limpieza, las de paro, los directos, los puntos de prueba y las auxiliares en general.
- Se recomienda que se muestren las condiciones de operación, diseño, diseño alterno, prueba, seguridad y limpieza de los equipos y de las tuberías.

- Se puede mostrar el resultado del diseño de todos los elementos en el diagrama, como son; equipos, líneas, válvulas de control, válvulas de corte, válvulas de seguridad, discos de ruptura, venteos, ductos, etc.
- Se deben mostrar los requerimientos de aislamiento, trazado, seguridad y limpieza para equipos y tuberías.
- Se debe mostrar la especificación de tuberías que corresponda. Si se requiere, se debe mostrar el punto exacto donde se hará cambio de especificación.
- Se debe de mostrar la dirección de las tuberías en el sentido del flujo del fluido.
- Se recomienda que se muestren todas las notas necesarias que afectan el diseño de las áreas del proyecto, por ejemplo: mecánico, tuberías, sistemas de control, instrumentos, ambiental, civil, eléctrico, procuración y construcción.
- Se deben de mostrar los detalles necesarios para operación, arranque y mantenimiento.
- Se deben de mostrar todos los instrumentos que tendrá la planta tanto en líneas como en equipos (indicadores, transmisores, controladores, medidores, luces, alarmas, detectores, etc.)
- Se puede mostrar el tipo de instrumento que se requerirá sea instalado (un transmisor de nivel puede ser magnético o de diferencial de presión).
- Se recomienda mostrar los lazos de control y establecer el detalle requerido al inicio del proyecto (sin duplicar esfuerzos con la edición de lazos de control).

- Se debe hacer diferencia entre las señales que se tendrán entre los elementos de un lazo de control (neumática, eléctrica, tubing, software, etc.).
- Se debe hacer distinción clara de la localización de los instrumentos (en cuarto de control, en tablero local, montado en campo, etc.)
- Se deben incluir los requerimientos necesarios para la instalación de instrumentos, por ejemplo; el indicador de nivel deberá de ser visto desde la válvula de globo del directo de la válvula de control 0545 ó el indicador de presión deberá de ser montado visible a la primera plataforma.
- Se recomienda dibujar las entradas al diagrama por la parte izquierda y las salidas por la parte derecha siguiendo el flujo del proceso. En diagramas de distribución o colección se traza(n) una(s) línea(s) central(es) que representa(n) el(los) cabezal(es) y las entradas y/o salidas se muestran de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba, teniendo en cuenta, la distribución real de los sistemas, por ejemplo, el sistema de distribución de agua de enfriamiento o agua contra incendio.
- Si en el proyecto se tienen diferentes etapas de construcción, se debe hacer clara diferencia entre lo existente, lo nuevo y/o lo futuro. Se debe especificar el punto en el cual se conectará lo nuevo con lo existente y los puntos finales de conexión de lo nuevo con lo futuro.
- Si en el proyecto se tienen diferentes alcances de diseño, suministro y/o construcción, se deben de mostrar los puntos en donde el alcance es del cliente, de la firma de ingeniería, del proveedor de los equipos o de otro.

- Se recomienda mostrar los puntos de entrada y salida del limite de batería.

Al inicio de la elaboración de los diagramas en el proyecto, se puede solicitar la información complementaria que se desee contengan los DTT's y la simbología que lo representará.

## **I.2 Descripción de las actividades en que los Diagramas de Proceso son utilizados**

Se explica en forma general las actividades de un proyecto para las cuales los diagramas de proceso son la fuente de información, sin embargo, hay que tomar en cuenta que los documentos que se editan en un proyecto están ligados entre ellos y mientras un documento es fuente de información de otro no dejan de completarse hasta el final del proyecto, es decir, forman un ciclo de actualización de la información.

Un DTI pasa por varias revisiones desde la emisión inicial hasta como quedo construido. Además, los DTI's deben de ser actualizados en durante todas las etapas restantes de la vida de la planta después que el proyecto entrega la revisión "As Built", esto se hace tomando en cuenta las modificaciones que sufre la planta durante su operación, "revamp", "debottlenecked" y mantenimiento (equipos, tuberías, instrumentos y lazos de control).

### **I.2.1 Diagrama de Bloques**

Estos diagramas son de utilidad para los ingenieros en una variedad de propósitos generales: en ventas, pueden ser utilizados para explicar al cliente el potencial de un nuevo proceso o para comparar el uso de varios procesos para la obtención del mismo producto; en las etapas tempranas de un proyecto son útiles para representar el resultado económico o de operación; y

finalmente, en la explicación de los procesos son esenciales por la forma general que representan la información.

Se pueden presentar en juntas de arranque de proyecto donde no solo asiste personal técnico especializado o en el reporte gráfico de la medición del avance.

### 1.2.2 Diagrama de Flujo de Proceso

Se debe tener en cuenta que estos diagramas son la base de diseño de todo el proyecto y que la información que contiene debe ser revisada y aprobada por el cliente antes de ser utilizada. Cuando esta información sale de un licenciador se reciben garantías específicas sobre los productos y consumos de la planta.

Los ingenieros de proceso desarrollan y utilizan los DFP's para varias aplicaciones principales, entre las cuales se tiene: El tamaño de equipos, tuberías, accesorios, internos, etc. (recordando que existen las bases y criterios de diseño como documentos independientes que complementan la información); y, la base del desarrollo de la filosofía de control del proceso, de la metodología de arranque de la planta y de la filosofía de operación.

### 1.2.3 Diagrama de Materiales

Las principales aplicaciones que tiene este diagrama en el proyecto son: revisión con el cliente de los materiales que serán utilizados (y su costo asociado); y, base para que los especialistas de materiales obtengan información y puedan iniciar el desarrollo de las especificaciones de tuberías.

Este diagrama sirve como base para desarrollar una correcta especificación de los materiales que serán utilizados en los equipos y accesorios especiales. Si este diagrama es desarrollado correctamente, con toda la información requerida, se podrán tener ahorros cuantiosos en la selección del material.

#### 1.2.4 Diagrama de Tuberías e Instrumentación

Se menciona el uso de los DTT's en las fases globales de un proyecto y como cada una de estas fases actualiza la información contenida en los DTT's.

En la fase de ingeniería de detalle se hace una descripción de cada una de las disciplinas que intervienen en su desarrollo debido a que se considera la fase en donde los DTT's tienen una mayor aplicación y son enriquecidos con la información que esta generando.

##### 1.2.4.A Ingeniería de detalle

A menudo una firma diseña y produce los DFP's y/o DTT's, y otra completa la ingeniería de detalle, aunque como se menciono anteriormente esta práctica tiene a desaparecer. En esta fase a los DTT's se les incluye el resultado de la revisión de los cálculos hidráulicos, la información proveniente del diseño de las disciplinas y proveedores.

En la ingeniería de detalle los DTI's son la fuente primaria de información para el diseño de las disciplinas, es decir, el diseño debe cumplir como mínimo con los requerimientos especificados en el DTI.

En la figura I.8 se presentan los documentos que son necesarios para iniciar la elaboración de los DTI's y los documentos, en que los DTI's, son fuente de información. No hay que olvidar que el proceso de generación de documentos es cíclico.

Fig. I.8. Secuencia de Información a través de los DTI's en la Ingeniería de Detalle

Descripción de Proceso  
Hojas de Datos de Equipos  
Selección de Materiales  
Filosofía de Control  
Diagramas de Flujo de Proceso



**Diagramas de  
Tuberías e  
Instrumentación**



Lista de Equipo  
Datos a Instrumentos  
Narrativas de los lógicos  
Índice de Líneas  
Lista de Componentes Especiales  
Lista de Motores  
HAZOP  
Manual de Operación  
Isométricos de Tuberías

En las siguientes secciones se describe la utilidad de los diagramas en cada área o disciplina:

- a) **Plot Plant.** Este documento es elaborado por varias disciplinas dentro de la Ingeniería Básica y complementado en la Ingeniería de Detalle. Los DTI's son la fuente primaria de información para su elaboración. Si el personal entiende el flujo del proceso y sus servicios se realizará un Plot Plant adecuado y económicamente factible.
- b) **Disciplina de Tuberías.** Obtiene de los diagramas la información que le permitirá realizar el trazado optimo de tuberías, utiliza los requerimientos de aislamiento para dar los espacios necesarios entre tuberías, revisa, comenta y cumple notas de diseño del proceso, incluye las válvulas, accesorios indicados y respeta las distancias que se solicitan para el correcto funcionamiento de los instrumentos, no hace cambios que afecten el proceso y no estén especificados en los diagramas. La disciplina de tuberías actualiza los diagramas con información geográfica, localización de venteos, drenajes y válvulas raíz resultante del arreglo de tuberías, además, incluye la información de los accesorios especiales, que serán comprados y no están listados en las especificaciones. Como parte de su trabajo, para la emisión de isométricos, revisa el contenido de su diseño contra la información actual de los DTI's.
- c) **Disciplina de Materiales.** Obtiene de los diagramas las condiciones de operación y diseño para selección de la especificación del material.

Especifica y compra los accesorios de tuberías (filtros tipo "Y" temporales, trampas de vapor termodinámicas, etc.)

- d) **Disciplina de Flexibilidad.** Hace la revisión de los esfuerzos mecánicos que tienen los arreglos de tuberías y los comenta para cumplir con las condiciones especificadas en los diagramas.
- e) **Disciplina de Instrumentación.** Obtiene de los diagramas los instrumentos que van especificar, revisa y actualiza los instrumentos contenidos en equipos paquete o por alcance del proveedor, actualiza los diagramas con el tamaño y tipo de los instrumentos. Calcula válvulas de control, de seguridad, discos de ruptura, etc., y actualiza el diagrama con el tamaño de estos.
- f) **Disciplina de Sistemas de Control.** Revisa las variables a controlar y el tipo de control que el área de proceso esta proponiendo. Utiliza los diagramas como base para realizar los diagramas esquemáticos de control y revisa la filosofía de control. Actualiza los diagramas con el detalle de los lazos de control, señales al sistema de control distribuido, señales al control lógico programable, señales de entrada y salida que son responsabilidad del proveedor del equipo, señales de paro o arranque de un equipo o de la planta, señales de emergencia, etc.
- g) **Disciplina Eléctrica.** Obtiene de los diagramas los requisitos de potencia para motores de relevo y motores intermitentes (complementado por lista de equipo y lista de motores). Realiza la localización de botoneras. Se

apoya en la información de los diagramas para hacer la edición del plano de clasificación de áreas eléctricas.

- h) **Disciplina Civil.** Utiliza los diagramas para obtener calcular y la localización de los diferentes tipos de drenajes (aceitoso, químico, sanitario, pluvial), también, utiliza los datos sobre cisternas y fosas para elaborar su diseño. Revisa niveles a partir del piso terminado que son importantes por proceso. Actualiza los diagramas con información según construido.
  
- i) **Disciplina Mecánica.** Utiliza la información de los diagramas para los equipos y la utiliza para hacer el diseño mecánico (edición de planos mecánicos). Actualiza los diagramas con información del proveedor tal como se especificaron y compraron los equipos (principal atención en los equipos paquete). Incluye el servicio que cumplirán las conexiones auxiliares de los equipos rotatorios. En algunas compañías los DTI's de los sistemas de lubricación de los equipos rotatorios son mantenidos por el área mecánica.
  
- j) **Disciplina Ambiental.** Utiliza la información de los diagramas para comentar los diseños que no se permiten realizar por la emisión de residuos que contaminan al medio ambiente y la localización exacta de emisiones con riesgo. Utiliza los diagramas, el balance de materia, el estudio de impacto ambiental y el análisis de riesgo para obtener los permisos, ante las autoridades competentes, de la construcción de la planta.

#### 1.2.4.B Seguridad

En el análisis de seguridad y de riesgos los DTI's son la principal herramienta de trabajo. En estos se plasma todas las resoluciones que el grupo de seguridad haga para minimizar el riesgo de operar y mantener la planta.

Esta retroalimentación a los diagramas es esencial debido a que el personal que participa en el análisis tiene amplia experiencia en la operación y mantenimiento, así como, en la solución de incidentes y accidentes.

Generalmente, el análisis de seguridad se elabora cuando los diagramas están aprobados para diseño y los cambios que van a darse en el desarrollo del proyecto únicamente los complementarán.

En el análisis de consecuencias también los DTI's son una herramienta de ayuda. Sobre los DTI's se desarrolla el panorama de cada posible falla mecánica que pueda ocurrir.

#### 1.2.4.C Procuración

Para procuración los DTI's son la fuente que mantiene actualizada la lista de equipo que se utiliza para comprar. Si algún equipo cambiara en el transcurso de la ingeniería de detalle/procuración sería el DTI el primer documento a ser modificado.

También, de los diagramas, se puede presentar un estimado rápido de válvulas y accesorios especiales, que representa una ventaja en tiempo de compra. Es de recordar que todos las válvulas, instrumentos y accesorios, que serán comprados deberán estar mostrados en los DTI's o el diagrama debe hacer referencia a ellos, por ejemplo, para una trampa de condensados en el DTI únicamente se muestra un símbolo y este a su vez representa todos los accesorios que deberán ser comprados para la instalación de la trampa.

Por otra parte, las tablas comparativas de los equipos, desde el punto de vista técnico, deben cumplir con los requerimientos mostrados en los diagramas y en las especificaciones.

#### 1.2.4.D Construcción

En la construcción frecuentemente se considera que los DTI's no tienen utilidad, esto es debido a que se utilizan planos de construcción y los DTI's son esquemáticos. Pero en realidad, los DTI's representan nuevamente una herramienta poderosa para el constructor, la diferencia es que no se usan básicamente al tiempo en que se construye sino en la generación de información. Cuando el constructor comprende que es lo que esta construyendo, y no solamente construye lo que esta en los planos, la eficiencia en la construcción aumenta.

El constructor va siendo involucrado e informado como parte de la constructabilidad, se inicia con la explicación del proceso, materiales a utilizar, aislamientos a instalar, fluidos a manejar, peligros potenciales al

construir y operar etc. y continua con un análisis exhaustivo para obtener una planta fácil de construir y segura en operación y mantenimiento. Todos los comentarios que se obtienen de estas revisiones, por participación del personal con experiencia en distintas etapas a la de diseño, son plasmadas en los diagramas.

Además, el constructor que puede comparar su avance contra los DTI's lleva ventaja y será más eficiente, esto es debido a que esta construyendo algo que esta comprendiendo.

#### I.2.4.E Terminación Mecánica

Una vez que el constructor ha terminado un sistema se inicia la revisión de la construcción contra los DTI's, esta actividad es llamada "punch list" y consiste en revisar que cada elemento mostrado en el DTI este debidamente construido e instalado.

#### I.2.4.F Puesta en Servicio

Para esta área son esenciales los diagramas ya que todas sus actividades serán ilustradas en ellos. Por ejemplo: la prueba hidrostática de un sistema es marcada en el diagrama con el número de prueba, el tipo de prueba, el limite de la prueba, los accesorios que tendrán que ser removidos para la prueba y los accesorios que tendrán que ser incluidos para la prueba; O, para el arranque inicial de un sistema se debe de marcar la conexión de llenado del sistema, del

venteadado, del presurizado, con que instrumentos se hará el seguimiento y que accesorios deben de ser incluidos o removidos.

Esta área debe de iniciar su Ingeniería, con los DTI's, antes de que la planta este terminada de construir y de ser necesario incluir sus comentarios.

#### I.2.4.G Operación

Una vez construido, o al tiempo de la construcción, se realiza la revisión "as built" o "según construido" de los diagramas. Esta revisión consiste en indicar en los diagramas las modificaciones, que por construcción, haya sufrido el proceso. Estas modificaciones, en su momento, debieron ser validadas por el ingeniero de proceso.

Cuando se arrancan los sistemas, o parte de ellos, los diagramas se utilizan para obtener la información de seguridad, arranque y conexión entre sistemas.

Los manuales de operación, arranque y paro tienen como base a los DTI's. Los ingenieros de proceso elaboran dichos manuales y los ilustran basándose en los diagramas, cualquiera de estas actividades sin el conocimiento en el proceso, que dan los diagramas, es un peligro potencial.

Durante la operación de la planta el operador (y por tanto el Ingeniero de Turno) debe de conocer los elementos que conforman la planta y sus parámetros de diseño para mantener la producción dentro del rango de diseño, para cualquier duda el operador debe de tener los DTI's para consulta rápida.

## 2.4.H Mantenimiento

En mantenimiento su alcance es menor debido a que directamente se utilizan los manuales anteriormente descritos. Sin embargo, para llevar a cabo un mantenimiento adecuado, sin posibilidad de riesgos, es recomendable consultar los DTI's.

En esta fase y la anterior los diagramas pueden ser actualizados con los cambios que tiene la planta. Tómese en cuenta que estas etapas duran entre 15 y 25 años.

### 2.4.I Expansiones, ampliaciones, re configuraciones...

Para cualquier actividad posterior que implique una modificación al proceso será necesario contar con DTI's que contengan toda la información existente y partir de estos para realizar las modificaciones por el nuevo diseño.

### **1.3 Descripción de las actividades que se realizan para elaborar los DTI's**

Las actividades que se requieren para elaborar los diagramas de proceso son complejas y el alcance directo del presente trabajo son los DTI's, debido a esto, únicamente serán mencionadas las actividades globales que hace el grupo de ingenieros de proceso para desarrollar los DTI's de un proyecto.

Es deseable que los DTI's se inician después de la emisión para diseño de los Diagramas de Flujo de Proceso. Se puede decir que la elaboración de los DTI's se hace con una recopilación total de la información de diseño que están generando los ingenieros de proceso en relación con las diferentes áreas del proyecto.

El orden presentado puede variar y no es necesario terminar cada una de las actividades para iniciar otra, o terminar un diagrama para iniciar otro. Se presenta esta secuencia como cercana al desarrollo real que es complejo.

Los DTI's se pueden realizar de acuerdo a las siguientes actividades globales:

- Se puede atender al DFP para dividir el proceso en una cantidad lógica de sistemas que a su vez se dividirán en DTI's.
- Se debe de planear el número de diagramas dependiendo de los equipos o sistemas que habrá por diagrama. Hay algunas reglas de

“dedo” pero siempre es necesario revisar el contenido por diagrama. Se puede hacer referencia a proyectos de giro similar realizados con anterioridad.

- Se puede plasmar en el DFP la separación que se realizó por sistemas y diagramas para nombrar correctamente los DTI's y evitar problemas en la secuencia del proceso.
- Se deben de colocar los equipos en el diagrama de acuerdo al flujo del proceso. Se debe revisar el tamaño del equipo de acuerdo a los estándares y al detalle que se necesitará representar, evitar equipos con representaciones pequeñas o grandes, atender a las tuberías que entrarán y/o saldrán del equipo y a la instrumentación con que contará el equipo, para auxiliarse se pueden utilizar diagramas de otros proyectos con equipos en servicios parecidos. Hay equipos que ya tienen definido su tamaño y no podrán ser modificado, por ejemplo, las bombas. En equipos rotatorios se deberá atender el número de conexiones auxiliares posibles (consulta del área mecánica).
- Como inicio, se pueden unir los equipos con las tuberías principales representadas por líneas.
- Se deben ligar los diagramas con líneas siguiendo el flujo del proceso. La línea que sale de un diagrama debe entrar a otro diagrama o tener la indicación necesaria para saber donde será su conexión, por ejemplo, Limite de Bateria (L.B.). Lo mismo aplica para las líneas que entran al diagrama.
- Como inicio, se puede colocar la instrumentación básica de equipos y líneas. Esto permitirá un re arreglo rápido para cualquier tamaño o distribución errónea.

- Se deben incluir notas de diseño para que sean atendidas por las disciplinas.
- Se debe seleccionar la especificación de tubería que aplicará por sistema/línea. Es una actividad que se desarrolla en común acuerdo con el ingeniero de materiales que forma parte del proyecto.
- Se deben de completar los datos del diseño que serán incluidos para los equipos, las líneas, las válvulas de relevo, las válvulas de control, los instrumentos, los venteos, etc.
- Se debe detallar cada sistema. Recirculación de bombas, boquillas en equipos, niveles de operación, alturas mínimas, distancias máximas, directos de válvulas, reducciones, válvulas de corte, bridas para operación, tomas de muestra, partes que pueden ser removidas, etc.
- Se puede completar la instrumentación de acuerdo a la filosofía de control desarrollando los lazos de control, localizar la instrumentación de acuerdo a la solicitud de operación.
- Se puede mostrar el espesor de aislamiento y/o el tipo de trazado en los equipos y líneas que lo requieran.
- Se debe numerar líneas, válvulas, accesorios, etc.
- Se debe incluir datos y alcance de proveedor para equipos y equipos paquete.
- Si se requiere se puede elaborar o revisar diagramas distribución de acuerdo al arreglo de tuberías definitivo.

Estas actividades son responsabilidad del ingeniero de proceso y se desarrollan a través de varias revisiones o emisiones internas y con el cliente. Son el resultado de todas las actividades de diseño y revisiones cruzadas por las

áreas del proyecto. La presentación que se les da a los diagramas es importante para hacer que sean un documento de fácil consulta en el proyecto y refleje el esfuerzo invertido en su elaboración.

## ***Capítulo II***

### ***Métodos de Dibujo de Diagramas de Tuberías e Instrumentación***

En la primera parte de este capítulo se hará referencia al método de dibujo de los Diagramas de Tuberías e Instrumentación y como ha evolucionado por el desarrollo de aplicaciones en computadora. Unicamente se describen estos diagramas de proceso debido a que son los más elaborados y que contienen mayor detalle de información, además, el método de dibujo para los otros diagramas es similar pero de menor alcance.

En la segunda parte se revisará como se ha afectado el Ingeniero Químico en la obtención de trabajo, en el trabajo y en la formación escolar por el desarrollo de nuevos programas de computadora.

#### **II.1 Historia breve de los métodos de dibujo de DTI's**

Se presentan tres épocas en la elaboración de los diagramas y las características generales que los distinguen a cada uno de ellos, esta división se hizo para el presente trabajo y puede variar según el autor, el propósito es ejemplificar.

Estas épocas no fueron acotadas en un período de tiempo sino en el uso de herramientas de dibujo de diagramas y han o pueden cambiar en cada empresa/institución, que los haya utilizado, según los recursos disponibles o el giro empresarial.

La primer época que se menciona, dibujo a mano alzada, es la época inicial y en la mayoría de los casos ha desaparecido su aplicación. Actualmente, se presenta en proyectos de alcance reducido en compañías donde la inversión de estas herramientas no se justifica o el cliente no quiere pagar por su uso y, en compañías de manufactura, en donde el grupo actualizan los diagramas existentes.

La segunda época, es la que actualmente tiene mayor auge, se utiliza en la mayoría de las compañías para producir los diagramas debido a que el costo de obtención de los programas CAD es de bajo costo y el grupo de dibujantes de tuberías fácilmente puede elabora diagramas. Las compañías que iniciaron temprano el uso, han desarrollado sus propias librerías y estándares, que les han permitido reducir el tiempo para elaborar los diagramas.

La tercer época, aplicaciones especializadas, esta prácticamente en desarrollo y únicamente es accesible a compañías que invierten en el recurso para mejorar el proceso productivo.

### II.1.1 Dibujo a mano

Cuando los diagramas de proceso eran dibujados en papel (albanene, bond, etc.), el ingeniero de proceso, a mano alzada y en hojas cuadrículadas (tamaño 11 in x 17 in en el mejor de los casos), dibujaba a lápiz con plantillas y el mayor detalle posible los preliminares, y ponerlos en limpio era responsabilidad del área de dibujo de tuberías. Se continuaba con un proceso de revisión entre lo dibujado y los comentarios del ingeniero de proceso, mano alzada – dibujo en computadora, hasta que era emitida la revisión de los diagramas “aprobado para diseño”.

Para hacer más rápida la edición de los preliminares, el ingeniero de proceso, podía hacer uso de copias de diagramas de proyectos anteriores, haciendo los recortes y las adaptaciones necesarias con código de colores. Esto también resultaba laborioso debido a que al inicio de un proyecto los diagramas tienen menor información que al final de un proyecto, es decir, había que eliminar una gran cantidad de detalles.

Los dibujantes deberían de tener una clara idea de lo que el ingeniero de proceso requería porque un error en concepto era prácticamente desechar lo realizado e iniciar un dibujo nuevo. Rehacer un diagrama implicaba recursos y tiempos que podían volverse críticos dependiendo de la etapa en que se requería el cambio.

De los diagramas aprobados para diseño se editaba una copia maestra y, además, cada disciplina tenía una copia de trabajo. Las disciplinas hacían sus comentarios, en su copia, y después de ser discutidos con el ingeniero de proceso y el ingeniero de proyecto eran, si procedían, integrados a la copia maestra y enteradas las otras disciplinas.

En este proceso era laborioso redibujar un diagrama debido a los cambios por el cliente o modificaciones de diseño, generalmente cuando se requería un cambio difícil o que no se tuviera espacio para realizarlo se tenía que volver a dibujar el diagrama. La estandarización de los símbolos para los diagramas era compleja y dependía del uso de plantillas (desechables o hechizas), calidad del papel, tinta y habilidad del dibujante, entre otros. Si eran necesario incluir algún equipo auxiliar, en un diagrama ya dibujado, se perdía toda proporción y se tenía que hacer en el diagrama un dibujo pequeño, perdiendo claridad y/o presentación del diagrama (estética).

Para facilidad, de dibujo y manejo, se utilizaba en algunos casos papel continuo y se dibujaba en un restirador que contaba con rodillos laterales para poder correr el papel de un lado a otro, este método implicaba que cada dibujante tuviera asignado una serie de diagramas continuos. Se llegaron a presentar diagramas que eran dibujados continuamente a través del rollo sin interrupción, es decir, se tenía un solo diagrama a lo largo del rollo de papel. El manejo de estos diagramas implica el uso de una o varias mesas que permitan enrollar los diagramas para su consulta.

Las modificaciones que llegaba a realizar el ingeniero de proceso a los diagramas eran mínimas y consistían en borrar, con goma o navaja, y pintar, a mano alzada, el cambio o incluir algún dato faltante (como una nota, una flecha o un número de instrumento).

Las modificaciones entre emisión y emisión eran marcadas con un triángulo, con el número de emisión, y no eran borradas, esto daba por resultado que se tuviera un historial puntual de los cambios y/o modificaciones que habían sido realizadas a lo largo del proyecto, que en la mayoría de los casos resulta de gran utilidad. Además, se podía tener una bitácora con el detalle necesario para describir los cambios realizados.

Otra técnica era hacer comentarios por la parte de atrás del diagrama para evitar manchar o dañar el diagrama, estas modificaciones eran pequeñas y no permanentes ya que podían ser removidas sin maltratar el diagrama.

En cada reproducción de los diagramas se perdía calidad y la mayoría de las veces los usuarios finales, como son los operadores de la planta, tenían copias casi ilegibles. Los diagramas debían de ser manejados con cuidado ya que deberían durar durante toda la vida del proyecto y era económicamente difícil tener que volverlos a dibujar únicamente porque fueran maltratados.

## II.1.2 Dibujo en aplicaciones de computadora CAD

Cuando se inicio el uso de computadoras personales para dibujar los diagramas de proceso, con aplicaciones CAD, el método de trabajo era, o inclusive es, similar al dibujo a mano alzada.

Se cambia de herramienta de trabajo, se pasa de un restirador, tinta y goma a una computadora personal, una impresora y un graficador. Los cambios que ha sufrido el método son mínimos y se basan tanto en la facilidad de dibujar y la velocidad de efectuar las actualizaciones, es decir, el almacenamiento electrónico de detalles típicos de dibujos y de diagramas, la velocidad de reproducción de los diagramas, entre otros, a logrado que se reduzca el número de dibujantes y las veces que el diagrama pasa del ingeniero al dibujante antes de ser editado el diagrama.

Debido a la facilidad con la que se reproducen los diagramas, sin tener que redibujar lo que no ha cambiado, ha hecho que los ingenieros de proceso disminuyan considerablemente la planeación de los diagramas e inmediatamente inicien el diseño con la finalidad de terminar el proyecto (como resultado de los tipos de contratos actuales). La primera consecuencia, y la más grave, es que los diagramas son emitidos en un mayor número de revisiones y el costo asociado a los cambios que se realizan en la ingeniería aumenta su costo. Además, el impacto que tienen los cambios, en el trabajo de las distintas áreas del proyecto, es exponencial al tiempo en que se realiza el cambio, es decir, un cambio al inicio del proyecto, cuando la primera edición de los diagramas se ha realizado podría ser realizado en papel por el área de ingeniería, pero, un cambio en la ultima edición de los diagramas podría significar una demolición o un retraso en la compra de materiales.

Un problema más que se puede presentar, y este es que debido a la facilidad de hacer los cambios, cuando se requiere hacer una actualización mínima se modifica una tercera parte y no se percibe debido a los acercamientos en el diagrama ("zoom") y a la imposibilidad de observar con detalle el diagrama en el monitor en su presentación completa ("fit").

En este proceso, se facilitan y disminuyen las horas de dibujo si se planean correctamente los diagramas, aunque es necesario mayor capacitación y habilidad en el dibujante. Los diagramas pueden ser reutilizados de un proyecto a otro, con los cambios necesarios, sin tener que dibujarlos completamente, en este sistema ocurre lo mismo, hay que borrar lo que no se requiere, nada más que, borrar en una computadora es la actividad más sencilla y rápida.

La estandarización de la simbología depende de la organización que se tenga en el sistema de computo, es decir, de los archivos de símbolos compartidos por medio de una red o de los archivos completos en cada computadora y la actualización permanente, en cada computadora, al crear un nuevo símbolo, y así únicamente las diferencias serán las que cada dibujante realice en los DTI's por selección de uno u otro símbolo.

La presentación de los diagramas es uniforme y no depende directamente de la habilidad del dibujante, sino, de la cantidad de detalles que se tengan almacenados y de la calidad del graficador. Según se requiera la impresión del diagrama se puede hacer en varios tamaños y tipos de papel.

La copia maestra puede ser actualizada cuantas veces se necesite con un esfuerzo mínimo con relación a los cambios realizados. Al cliente se le entrega además de una copia dura un archivo electrónico que puede ser reproducida para su conveniencia y mantener actualizado después de finalizar el proyecto con los cambios que él genere.

Las modificaciones que llega a hacer el ingeniero de proceso son mínimas y consisten en agregar un instrumento, cambiar algún dato, borrar, editar y/o incluir algún detalle simple. Con gran facilidad puede imprimir los diagramas y utilizar las copias que requiera con la misma calidad que el original.

En ambos métodos es válido utilizar ingenieros químicos recién egresados, sacrificando velocidad de trabajo, para que se familiaricen con los diagramas que se elaboraban en un proyecto. Además, esta actividad es basada en que, un ingeniero no puede revisar y/o supervisar las actividades que no sabe realizar, sin embargo, lo más común es tener un grupo de dibujantes dirigidos y supervisados por un "especialista en dibujo" con conocimiento en la elaboración de los diagramas de proceso.

### II.1.3 Aplicaciones especializadas

La relación gráfico-dato a revolucionado los programas de computadora aplicados a la ingeniería, solo basta mencionar, como un simulador relaciona el dibujo de una operación unitaria con los algoritmos de solución, o, como un lenguaje que se utiliza para programar un PLC cambia de escribir una sintaxis compleja a dibujar un esquemático.

A la fecha, se han elaborado aplicaciones, sobre los programas de dibujo, para que la actividad de hacer diagramas de proceso sea más simple. Estas aplicaciones son recientes y aún están siendo implementadas.

El alcance de estas aplicaciones es tener un estándar de la simbología, el recuadro o borde de los diagramas, el tamaño de los diagramas, impresión, la distribución de equipos en

cada diagrama, etc., y con una calidad que haga uso de todas las ventajas de los programas CAD, sin que esto dependa directamente de las cualidades de los dibujantes.

Otras aplicaciones relacionan el dibujo de los diagramas con datos para la obtención de listas preliminares, por ejemplo, listado de equipo, listado de motores, sin ser todavía un proceso de trabajo que se haya implementado exitosamente.

Cada desarrollo tecnológico requiere que el ingeniero de proceso supervise más detalladamente al grupo de dibujantes y que no deje la responsabilidad total al área de dibujo. Si se obtuviera un listado también tendrá que revisarlo y comentarlo antes de ser utilizado por las disciplinas.

Las aplicaciones más ambiciosas existentes han desarrollado los primeros diagramas "inteligentes", estando éstos, en el primer nivel de la inteligencia artificial.

Se define, para el alcance de este trabajo, un DTI inteligente como un archivo gráfico, creado en un programa CAD, que esta electrónicamente ligado a una base de datos relacional. Esta base de datos puede sostener la relación de una o varias descripciones de los gráficos mostradas o no en el dibujo.

Para ser más explícito, dentro del enfoque de la ingeniería la Inteligencia Artificial (IA) resalta la importancia de tener un conjunto de técnicas que pueden ser utilizadas como herramientas en la solución de problemas. Se tiene que dentro del conjunto de las técnicas básicas, llamadas así por encontrarse a la base de diversas aplicaciones de IA, se pueden ubicar: la búsqueda heurística de soluciones, la representación del conocimiento, la deducción automática, la programación simbólica (LISP) y otras.

Es en este primer nivel o técnicas básicas de la IA es en el que se desarrollan las aplicaciones más actuales para elaborar DTI's inteligentes. Estas permite revisar y reportar la consistencia de datos a través del diagrama y entre los diagramas, así también, obtener reportes de los datos capturados y revisados electrónicamente.

Con este tipo de aplicaciones se puede tener el diagrama y las listas de proceso al mismo tiempo, la consistencia entre documentos es intrínseca, dado que son obtenidos de la misma fuente de información. El fin actual de estas aplicaciones no es únicamente dibujar los diagramas y hacer que el dibujo sea prácticamente lo más simple de realizarse.

Al elaborar los diagramas con este tipo de programas se busca que el ingeniero de proceso regrese a la planeación de los diagramas, pero además, que tenga que elaborar sus propios diagramas y no en borrador, dado que es más fácil utilizar estos programas que dibujar a mano alzada. Esto se debe a que el concepto de dibujar a cambiado, las actividades dibujo y listas de proceso eran separadas, y con estos desarrollo las actividades de elaborar el diagrama y hacer las listas de proceso se están realizando al mismo tiempo.

Lo anterior a dejado prácticamente fuera a los dibujantes, que se distinguían más por su habilidad que por sus conocimientos del área de proceso, e introducido a los ingenieros de proceso a un nuevo campo.

Los ingenieros de proceso elaborarán sus diagramas, es decir, diseñan los sistemas, equipos, líneas, válvulas de seguridad, etc., con todas las actividades correspondientes, entre ellas dibujar sus diagramas.

Si con estas aplicaciones se pretendiera tener dibujantes, estos tendrán que ser especializados y con conocimientos del desarrollo de DTI's. Una primera solución, a la

resistencia natural y actual de los ingenieros de proceso por usar estas herramientas, es la de contratar ingenieros estudiando o con carrera trunca para realizar esta tarea. Aun cubriendo esta posibilidad los ingenieros de proceso tendrán que conocer y manejar la herramienta para supervisar el trabajo y disminuir el costo.

En estos sistemas, los archivos electrónicos están localizados en un servidor, la copia maestra puede ser electrónica, cuando se emite una revisión se pueden seguir obteniendo listas de proceso de esa revisión. Las listas pueden ser ordenadas y seleccionadas de acuerdo a como se necesite, esto se debe a que los datos se encuentran dentro de una base de datos relacional.

Los datos en la base de datos pueden ser utilizados por cualquier otro programa de cómputo que pueda leerlos. Se puede deducir que esto disminuye considerablemente los tiempos de captura y los errores imputables al "dedo".

Siguiendo esta filosofía se ha querido contemplar el uso de los DTI's inteligentes como fuente electrónica para la realización y/o la revisión de los diseños de detalle de otras especialidades dentro del desarrollo de la ingeniería de detalle.

El desarrollo de éstas y más complejas herramientas requieren de la especialidad del recurso humano, que ahora debe encontrar en la computadora una de las herramientas más poderosas para su desarrollo.

## II.2 Formación del Ingeniero Químico

Es sabido que los planes de estudio no pueden presentar una modificación cada vez que se desarrolle una herramienta para realizar el trabajo en una gama de empresas específica y menos en la actualidad, donde cada desarrollo se esta modificando y actualizando en un tiempo reducido. Además, que no todas las compañías utilizan los desarrollos tecnológicos.

La Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza" ha enfocado su plan de estudios al desarrollo de Ingenieros Químicos que puedan realizar la ingeniería básica y de detalle para complejos industriales, por tanto, se espera que de requerirse, los Ingenieros Químicos egresados de esta Facultad, no tendrán problemas para adoptar y adaptar las nuevas tecnologías que se están desarrollando para este tipo de trabajos.

Para poder hacer frente con facilidad al uso de estas herramientas, será necesario que los estudiantes inicien el conocimiento de los programas base, es decir, los programas CAD, además de la revisión de los estándares que se están utilizando internacionalmente. Siendo estrictos, el estudiante deberá de tener acceso a programas varios de CAD, cálculo y simulación para poder tener un desarrollo laboral competitivo.

Sin necesidad de ser esta una materia, el estudiante de Ingeniería Química, podrá hacer uso de estos programas, programas CAD, y presentar sus diagramas de estudio en forma consistente y profesional.

Con el uso, dentro de la Facultad, se familiarizará con el ambiente gráfico de los programas CAD y esto le permitirá utilizarlos eficientemente dentro de su desarrollo profesional para la elaboración de diagramas de proceso, la revisión de los planos de otras disciplinas, etc., en la realización de todas las etapas de un proyecto en una compañía.

Dado que el uso de los programas especializados no es comercial, por el alto costo que representa adquirirlos y mantenerlos, para apoyar el fin descrito, como se indica en los objetivos, se elabora en el presente trabajo la guía básica para desarrollar un programa que permita dibujar DTI's bajo los estándares internacionales.

Sí la FES "Zaragoza" desarrolla su propio estándar evitará que cada estudiante pierda tiempo en la creación sus propios símbolos, bordes y/o la configuración del programa CAD, y entienda, que además de los estándares internacionales existen los estándares de cada compañía. Inclusive, con este desarrollo, lo que a mano alzada ha parecido imposible, en una asignatura o en secuencia de varias asignaturas, el estudiante podría editar varias revisiones a los diagramas.

## *Capítulo III*

### *Estándares de Simbología*

El uso de estándares ha tomado una real importancia para la realización de cualquier trabajo de manufactura y/o producción. Esto ha llevado a que las principales compañías que se dedican a certificar métodos de trabajo hayan editado sus propios estándares.

Para el Ingeniero Químico implicado en el diseño de plantas de proceso es importante conocer y familiarizarse con los códigos, prácticas recomendables y estándares aplicables, así como, su uso como fuente principal de base de diseño. La información contenida en estos documentos esta basada en años de experiencia de personal especializado en un área en particular.

Si bien, en muchos casos estos documentos representan los requerimientos mínimos de diseño, el ingeniero los emplea como referencia y guía añadiendo u omitiendo los detalles requeridos por el tipo de trabajo que realice.

Además, proveen un lenguaje común para las partes que participan en la realización del proyecto y una reducción de costo resultante de su consulta, sin olvidar que el desarrollo de éstos documentos tiene un costo asociado.

Las grandes compañías productoras editan sus propios documentos con la finalidad de particularizarlos a partir de un alcance general a su aplicación particular y uniformar el trabajo realizado dentro de su industria. Un ejemplo de esto es PEMEX que los ha desarrollado prácticamente en todas sus áreas.

Una clasificación dentro de los estándares es la que se refiere a la presentación y representación de documentos de diseño. En esta clasificación es donde se encuentran los estándares para la elaboración de diagramas de tuberías e instrumentación

En este capítulo se hace referencia a los estándares que fueron consultados para el desarrollo de los gráficos y una breve descripción de los esfuerzos que actualmente se han dado con la finalidad de tener un estándar único para la realización de diagramas de proceso.

La razón por la cual únicamente se consulto los estándares que se han listado, y no todos los existentes, es que la diferencia entre ellos no es de concepto sino de representación. Un ejemplo de esta afirmación, es el estándar Europeo DIN que es totalmente diferente en simbología y nomenclatura, pero quien conoce y entiende los DTI's podrá interpretar correctamente diagramas desarrollados con este estándar (previa consulta del estándar DIN o de los diagramas de simbología generados en el proyecto).

Algunos estándares consultados no tienen como objetivo principal la elaboración de DTI's, sin embargo, se encuentran dentro del área de elaboración de dibujos o planos de la ingeniería, y deben de ser conocidos y comprendidos para obtener el beneficio de la estandarización.

El esfuerzo por desarrollar herramientas de computo más elaboradas para la realización de proyectos, como se analizó anteriormente, esta provocando que las que las compañías quieran reducir la cantidad de diferencias que existen entre los estándares actuales con el mismo alcance.

Los estándares referidos se consultaron en la última edición, se deberá tener presente que un estándar puede sufrir modificaciones y ser nuevamente editado, por tanto, para trabajos posteriores se debe comprobar que se este utilizando la revisión correcta.

### III.1 Estándares de simbología y su alcance

Los estándares que se consultaron para la elaboración de la simbología para diagramas de proceso y formatos en general son los siguientes:

- ANSI/ISA-S5.1-1984
- ASME Y14.1-1995 Decimal inch drawing sheet size and format
- ASME Y14.1M 1995 Metric drawing sheet size and format
- ASME Y14.2M 1992/ANSI Y14.2M 1979. Line conventions and lettering
- ASME Y32.2.3 49. Graphical symbols for pipe fittings, valves, and piping
- ASME Y32.2.4 49. Graphical symbols for heating, ventilating, and air conditioning
- ASME Y32.2.6 50. Graphical symbols for heat-power apparatus
- ASME Y32.11 61. Graphical symbols for process flow diagrams
- NFPA 170. Standard for fire safety symbols
- Norma PEMEX No. 1.030.01 Guía para la elaboración de planos y formatos para documentos diversos
- Norma PEMEX No. 2.401.01 Simbología de equipo de proceso
- Norma PEMEX No. 2.451.03 Simbología e identificación de instrumentos

Algunos de estos estándares serán explicados en forma conjunta ya que los cambios que presentan son básicamente el sistema de unidades al que se refieren las medidas indicadas.

ASME, ANSI y NFPA tienen mayor alcance al referido y, por tanto, otros estándares que deberán de ser consultados dependiendo de la actividad de diseño que se este realizando. Además, se pueden encontrar otras instituciones que formulen estándares que deben de ser atendidos en la etapa de diseño.

La revisión a las normas de PEMEX que se ha realizado, aunque difiere del giro de las demás compañías, es debido a la importancia que tiene en el desarrollo industrial de nuestro país y a la gran cantidad de empleos que genera. Debido a esto, no es conveniente pasar por alto su propio estándar, que como se observará es muy parecido a los internacionales.

### III.1.1 ANSI/ISA-S5.1-1984

La ISA, Instrument Society of America, y ANSI, American National Standard Institute, indican que el propósito de este estándar es establecer un lineamiento uniforme en sistemas de instrumentación utilizados para la medición y el control, que incluye, símbolos e identificación de códigos, este estándar no incluye simbología para equipos.

Su estándar es aplicable en la industria química, petroquímica, generación de energía, aire acondicionado y otros varios procesos industriales.

El estándar presenta una serie de definiciones, con las cuales aclara como se estará refiriendo a cada parte de la instrumentación y hace una descripción clara del sistema de identificación de los lazos de control.

En una serie de tablas -Identification letters, Typical letter combinations y Function blocks - function designations- muestra el significado de cada letra que sé esta utilizando en la

simbología, las combinaciones típicas posibles y el tipo de funciones y su representación gráfica, ver tabla III.1.

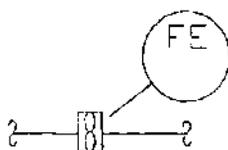
Tabla III.1. ISA-S5.1-1984 Identification letters página 17.

	FIRST LETTER		SUCCEEDING LETTERS		
	MEASURED OR INITIATING VARIABLE	MODIFIER	READOUT OR PASSIVE FUNCTION	OUTPUT FUNCTION	MODIFIER
A	ANALYSIS		ALARM		
B	BURNER, COMBUSTION				
C				CONTROL	CLOSED
D		DIFFERENTIAL			
E	VOLTAGE		SENSOR (PRIMARY ELEMENT)		
F	FLOW RATE	MOD (FRACTION)			
G			GLASS		
H	HAND				HIGH
I	CURRENT (ELECTRICAL)		INDICATE		
J	POWER	SCAN			
K	TIME, TIME SCHEDULE	TIME, RATE OF CHANGE		CONTROL STATION	
L	LEVEL		LIGHT (STATUS INDICATOR)		LOW
N		MOMENTARY			MIDDLE, INTERMEDIATE
N					
O			ORIFICE (RESTRICTION)		OPEN
P	PRESSURE, VACUUM		POINT (TEST CONNECTION)		
Q	QUANTITY	INTEGRATE, TOTALIZE			
R	RADIATION		RECORD		
S	SPEED, FREQUENCY	SAFETY		SWITCH	
T	TEMPERATURE			TRANSMIT	
U	MULTIVARIABLE		MULTIFUNCTION	MULTIFUNCTION	MULTIFUNCTION
V	VIBRATION			VALVE, DAMPER, LOUVER	
W	WEIGHT, FORCE		WELL		
X	UNCLASSIFIED		UNCLASSIFIED	UNCLASSIFIED	UNCLASSIFIED
Y	EVENT, STATE OR PRESENCE			RELAY, COMPUTE, CONVERT	
Z	POSITION, DIMENSION			DRIVER, ACTUATOR, UNCLASSIFIED FINAL CONTROL ELEMENT	

Por ultimo, la parte más extensa, es la explicación del tipo de simbología que se utiliza para las líneas de instrumentos, los símbolos de válvulas, de actuadores, de reguladores, de elementos primarios, de funciones de control y de combinaciones varias, ver figura III.1.

Figura III.1. ISA-S5.1-1984 Primary Element Symbols página 36.

Turbine or propeller type primary element



## III.1.2 ASME Y14.I 1995 Decimal inch drawing sheet size and format

ASME Y14.IM 1995 Metric drawing sheet size and format

ASME, The American Society of Mechanical Engineers, define en estos estándares el tamaño de los planos y el formato que deben tener los dibujos dentro de la rama de la Ingeniería. No se tiene por objeto el forzar a utilizarlos olvidando las necesidades de cada industria o proyecto, si no, de linear un concepto común sobre la presentación e intercambio de dibujos entre la industria, el gobierno Norteamericano y otros usuarios.

El estándar Y14.I presenta, en el sistema inglés, y el estándar Y14.IM, en el sistema métrico, las medidas de cada presentación de un plano, los formatos básicos de presentación, el contenido del área para datos generales, el contenido para el área de historia de las revisiones y su estado.

En la tabla III.2 se muestran los tamaños del estándar Y14.I y en la tabla III.3 los tamaños del estándar Y14.IM.

Tabla III.2. ASME Y14.1 95 Flat Size &amp; Roll Size página 5.

Tamaño de Plano			
Nombre	Medidas (in)		
	Vertical	Horizontal	
A (HORIZONTAL)	8.5	11.0	
A (VERTICAL)	11.0	8.5	
B	11.0	17.0	
C	17.0	22.0	
D	22.0	34.0	
E	34.0	44.0	
F	28.0	40.0	

Tamaño de Rollo			
Nombre	Medidas (in)		
	Vertical	Horizontal	
		Mínimo	Máximo
G	8.5	22.5	90.0
H	28.0	44.0	143.0
J	34.0	55.0	176.0
K	40.0	55.0	143.0

Tabla III.3. ASME Y14.1M 95 Basic Size, Elongated Size & Extra-Elongated Size página 5.

Tamaño Básico		
Nombre	Medidas (mm)	
	Vertical	Horizontal
A0	841	1189
A1	594	841
A2	420	594
A3	297	420
A4	210	297

Tamaños Largos		
Nombre	Medidas (mm)	
	Vertical	Horizontal
A3X3	420	891
A3X4	420	1189
A4X3	297	630
A4X4	297	841
A4X5	297	1051

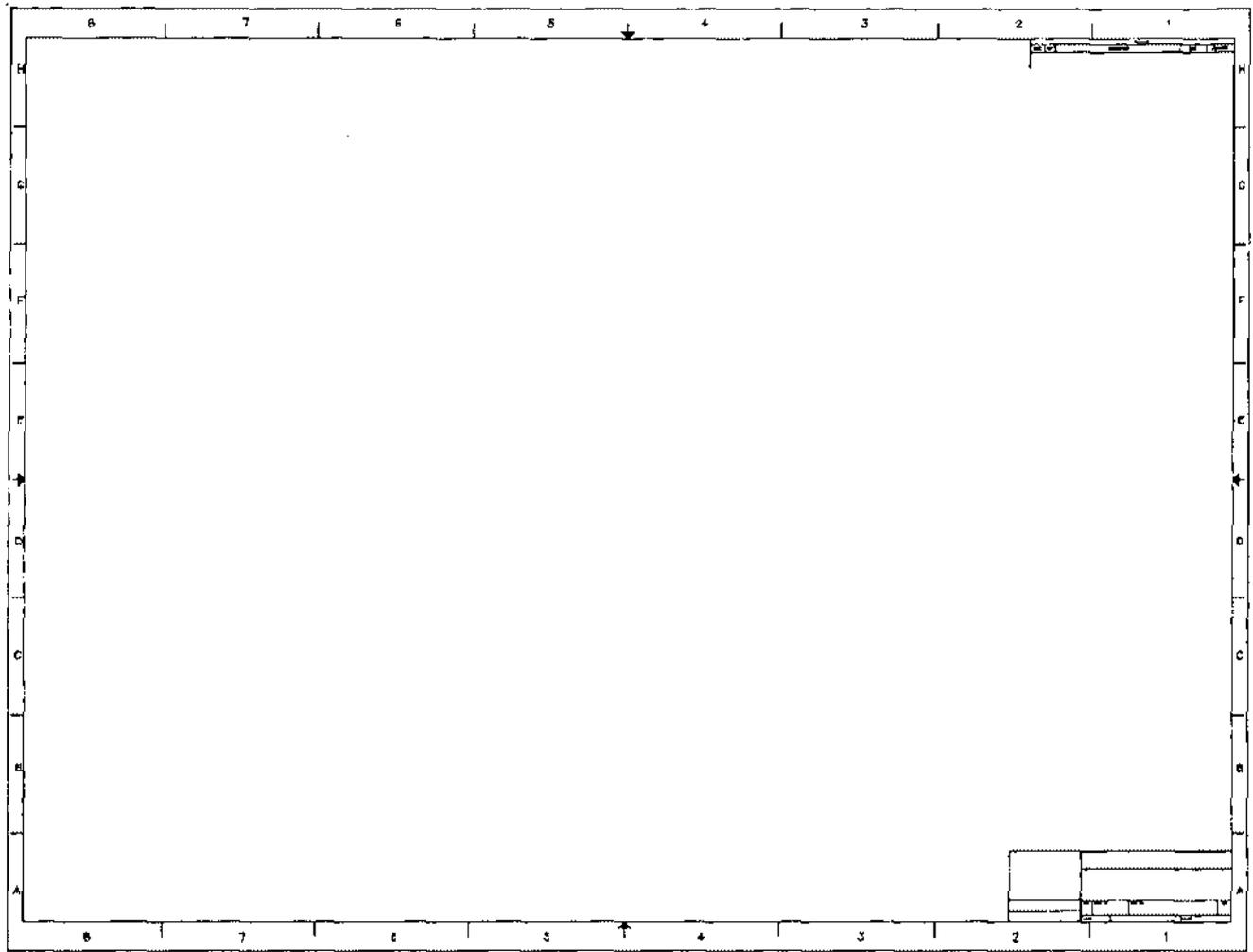
Tamaños Extra largos		
Nombre	Medidas (mm)	
	Vertical	Horizontal
A0X2	1189	1682
A0X3	1189	2523
A1X3	841	1783

## Tamaños Extra largos

Nombre	Medidas (mm)	
	Vertical	Horizontal
A1X4	841	2378
A2X3	594	1261
A2X4	594	1682
A2X5	594	2102
A3X5	420	1486
A3X6	420	1783
A3X7	420	2080
A4X6	297	1261
A4X7	297	1471
A4X8	297	1682
A4X9	297	1892

Ambos estándares detallan las medidas de las áreas y espacios entre ellas para cada presentación. En las siguientes figuras se muestran ejemplos del tamaño y formato con la finalidad de conocerlos.





### III.1.3 ASME Y14.22M 1992/ ANSI Y14.2M 1979 Line conventions and lettering

ASME, The American Society of Mechanical Engineers, define en este estándar las líneas, flechas y letras que deben de ser utilizadas en la preparación de dibujos de ingeniería. Incluye los límites mínimos para que la reducción y la reproducción de estos documentos sean legibles.

Las líneas que presenta este estándar son únicamente utilizadas como secundarias en la elaboración de DTI's, esto podrá comprobarse consultando los tipos de líneas en otros códigos, especialmente en la ISA donde se definen la simbología para los diferentes servicios de instrumentos, sin embargo, hay que atender a los espesores recomendados.

Para las letras, incluyendo números, se definen los tamaños y estilos que pueden ser presentados. En la elaboración de DTI's normalmente solo se utiliza un tipo de letra y tres o cuatro tamaños (tag de equipos, tag de instrumentos, notas, números de línea, etc.).

En la tabla III.4 se muestran las dimensiones mínimas de letras (en pulgadas) para los diferentes tamaños de presentación de los dibujos. Debido a que estos son los tamaños mínimos únicamente se deberá cuidar no excederlos y el tamaño establecido por cada aplicación será correcto.

Tabla III.4. ASME Y14.2M 92 Appendix I Minimum Letter Heights (inch) página 14.

Para uso de	Altura de letra (in)	Tamaño de dibujo
Título de dibujo, tamaño del dibujo	0.24	D, E, F, H, J, K
Número de dibujo y letras de revisión	0.12	A, B, C, G
Letras para vistas y secciones	0.24	Todas
Letras para zonas y números en el borde	0.24	Todas
Títulos de bloques en el dibujo	0.10	Todas
Otros caracteres	0.12	Todas

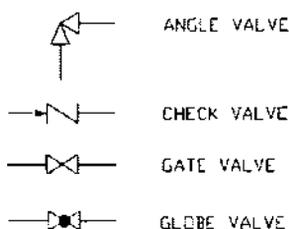
#### III.1.4 ASME Y32.2.3 49. Graphical symbols for pipe fittings, valves, and piping

Este estándar ha sido desarrollado para el uso de dibujos en los que se encuentra representado componentes de tubería, válvulas, tubería y cualquier gráfico relacionado.

El principal propósito de este estándar es evitar la confusión en la interpretación de los requerimientos plasmados con símbolos en un documento. Los principios que se siguieron para elaborar este estándar fueron cubrir una amplia gama de documentos (diagramas, isométricos, planos en elevación, etc.), clarificar y simplificar la identificación, utilizar letras únicamente cuando hubiera confusión por similitud de símbolos e incluir únicamente los símbolos que por consenso fueron acordados (consenso de los participantes en la elaboración del código).

En la figura III.3 se muestran algunos símbolos de este estándar que pueden ser utilizados en la elaboración de DTI's. Aunque el estándar hace la presentación de cada símbolo para cinco categorías (bridado, roscado, campana y espiga, soldado y estañado) solamente se muestran las que afectan a los DTI's.

Figura III.3. ASME Y32.2.3 49 Graphical Symbols for Pipe Fittings & Valves, varias páginas.



### III.1.5 ASME Y32.2.4 49. Graphical symbols for heating, ventilating, and air conditioning

Este estándar ha sido desarrollado para el uso de dibujos en los que se encuentra representado cambiadores de calor, ventiladores, aire acondicionado y todos los componentes que se encuentren relacionados con su diseño.

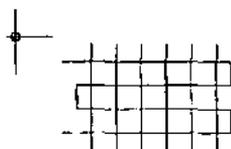
El principal propósito de este estándar es evitar la confusión en la interpretación de los requerimientos plasmados con símbolos en un documento. Los principios que se siguieron para elaborar este estándar fueron clarificar y simplificar la identificación, utilizar letras únicamente cuando hubiera confusión por similitud de símbolos e incluir únicamente los símbolos que por consenso fueron acordados (consenso de los participantes en la elaboración del código).

Este estándar esta referido principalmente a las áreas que se dedican al diseño y construcción de sistemas de aire acondicionado, sin embargo, también cuenta con simbología relacionada con los DTI's. El personal que diseña sistemas de aire acondicionado, en algunas compañías, elabora DTI's pero pertenece al área mecánica.

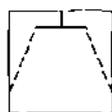
La simbología presentada para válvulas es similar a la del estándar Y32.2.3 y la presentada para equipos, relacionados con el aire acondicionado, difieren a los que generalmente se encuentran en DTI's de proceso.

En la figura III.4 se muestran unos ejemplos de estos equipos.

Figura III.4. ASME Y32.2.4 49 Graphical Symbols for Heating, Ventilating, and Air Conditioning, varias páginas.



CONDENSER, AIR COOLED, FINNED, STATIC



COOLING TOWER

### III.1.6 ASME Y32.2.6 50. Graphical symbols for Heat-Power Apparatus

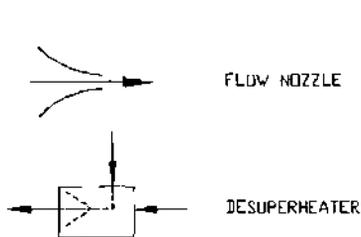
Este estándar ha sido desarrollado para el uso de dibujos en los que se encuentra representado equipos y componentes relacionados con la generación de energía.

El principal propósito de este estándar es evitar la confusión en la interpretación de los requerimientos plasmados con símbolos en un documento. Los principios que se siguieron para elaborar este estándar fueron clarificar y simplificar la identificación, utilizar letras únicamente cuando hubiera confusión por similitud de símbolos e incluir únicamente los símbolos que por consenso fueron acordados (consenso de los participantes en la elaboración del código).

Este estándar está prácticamente referido a la representación de equipos y componentes de tubería utilizados en el acondicionamiento de vapor.

En la figura III.5 se muestran unos ejemplos de estos equipos.

Figura III.5. ASME Y32.2.6 50 Graphical Symbols for Heat Power Apparatus, varias páginas.



### III.1.7 ASME Y32.11 61 Graphical symbols for Process Flow Diagram

Este estándar ha sido desarrollado para el uso de diagramas de proceso y cubre los equipos, tuberías y sus accesorios dentro de la industria petroquímica y química. La principal idea de este estándar es la de mantener en forma general la apariencia física de los equipos requiriendo el mínimo de trazos de un dibujante.

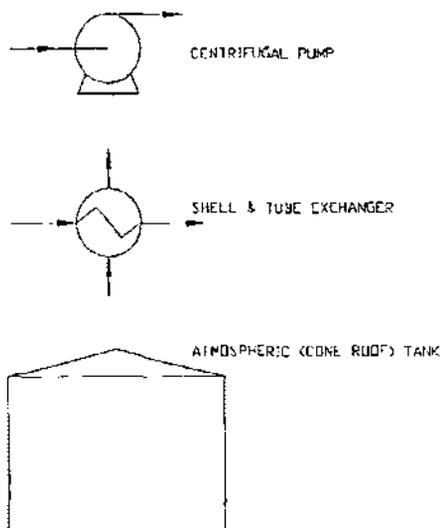
Los símbolos que se presentan en el estándar no tienen escala pero deben tener un tamaño relativo dentro del diagrama generado. El estándar aclara que los símbolos deben de ser arreglados sobre el diagrama en una secuencia lógica atendiendo a la dirección del flujo, desde la carga de la materia prima hasta el producto final.

Este estándar sugiere que las líneas de los equipos deben de ser impresas con intensidad oscura y que las tuberías que los conectan deben de ser impresa con intensidad clara. Para la representación de los instrumentos se debe complementar con el estándar de ISA.

Los 79 símbolos que se presenta no son todos los que pueden ser utilizados, sin embargo, con la adopción de este estándar la mayoría de los procesos pueden ser representados adecuadamente.

En la figura III.6 se muestran algunos ejemplos de símbolos típicos representados en este estándar.

Figura III.6. ASME Y32.11 61 Graphical Symbols for Process Flow Diagram, varias páginas.



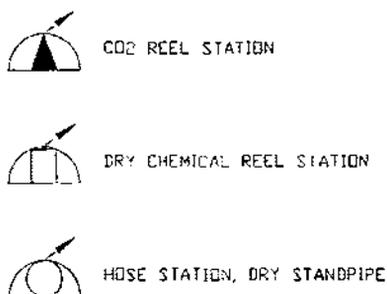
### III.1.8 NFPA 170. Standard for fire safety symbols

Este estándar está especializado en la representación de símbolos del área de seguridad, y especialmente del área de sistema contra incendio, tanto tubería y sus componentes como sistemas de alarma.

Este estándar ha sido desarrollado como una referencia para entendimiento de las partes que intervienen en la seguridad mecánica de la planta. El uso de esta simbología ayuda a que las compañías aseguradoras entiendan fácilmente los sistemas que se tienen implementados en la planta.

En la figura III.7 se muestran algunos ejemplos de símbolos típicos representados en este estándar.

Figura III.7. NFPA 170 Standard for fire safety symbols, página 21.



### III.1.9 Estándar de PEMEX

PEMEX ha formado sus estándares a partir de su experiencia y de la consulta de los estándares internacionales. Ha apoyado su desarrollo principalmente al uso que les ha dado a través de la realización de proyectos y mega proyectos.

Se consultaron tres estándares:

- = Norma PEMEX No. 1.030.01 Guía para la elaboración de planos y formatos para documentos diversos
- = Norma PEMEX No. 2.401.01 Simbología de equipo de proceso
- = Norma PEMEX No. 2.451.03 Simbología e identificación de instrumentos

a) Norma PEMEX No. 1.030.01 Guía para la elaboración de planos y formatos para documentos diversos

En la guía para la elaboración de planos y formatos, PEMEX, define todos los requerimientos que deberán aplicar las áreas que desarrollan documentos, tanto internos como subcontratistas.

Esta guía se divide en tres secciones generales, que son: formato de dibujo, identificación de los documentos y presentación de los documentos. En cada sección se aclara cual será el alcance por disciplina.

Para la primera sección se define que el área de proceso únicamente podrá presentar impresiones de diagramas para tramites oficiales en tamaño D (560 X 915 mm). En la segunda sección se define que el área de proceso deberá utilizar la letra "A" para identificar sus diagramas, en la tabla III.5 se muestran los números consecutivos y su uso.

Tabla III.5. Números consecutivos de diagramas de proceso

Nomenclatura	Descripción
A-000 al A-099	Diagramas de Bloques
A-100 al A-199	Diagramas de Proceso
A-200 al A-299	Balance de Servicios
A-300 al A-399	Balances de Materia y Energía
A-400 al A-499	Diagramas Mecánicos de Flujo
A-500 al A-599	Diagramas de Interconexiones

Finalmente, en la tercera sección la guía específica como deberán de ser los bordes y tamaños de presentación para los diferentes planos elaborados durante la ingeniería.

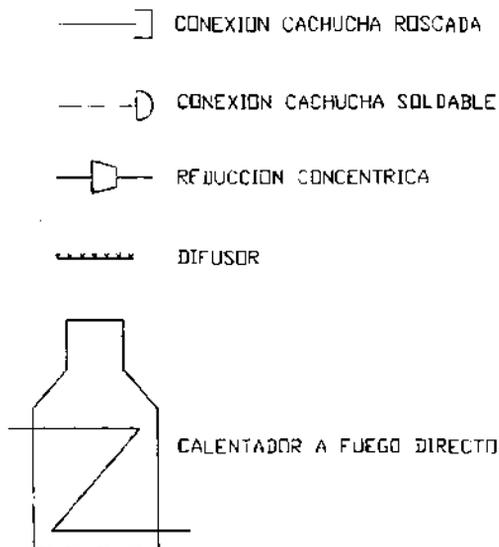
b) Norma PEMEX No. 2.401.01 Simbología de equipo de proceso

Esta norma presenta una guía para uniformar la simbología empleada en los proyectos de las plantas petroquímicas y de refinación de Petróleos Mexicanos, elaborados, tanto por su ingeniería interna como por firmas nacionales y extranjeras.

Esta norma presenta la simbología de los diagramas de proceso “Simbología de Equipo de Proceso” y descripciones para elaborar cada uno de los siguientes documentos: Diagramas de Flujo, Diagramas de Bloques, Diagramas, Diagramas Mecánico de Flujo, Diagrama Mecánico de Servicios Auxiliares y Diagrama de Balance de Servicios Auxiliares.

En la figura III.8 se muestran algunos ejemplos de símbolos típicos representados en este estándar.

Figura III.8. Norma PEMEX No. 2.401.01, varias páginas.



## c) Norma PEMEX No. 2.451.03 Simbología e Identificación de Instrumentos

Esta norma tiene por objeto establecer un significado uniforme para designar los tipos de instrumentos, variables y sistemas de control.

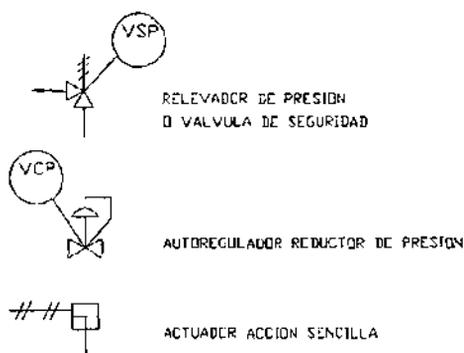
Esta norma aplica en la elaboración de Diagramas de Flujo, Diagramas de Proceso, Diagramas Mecánicos, Especificaciones, Estándares, Lista de Materiales, Listas de Almacén y Ordenes de Compra.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

En la primera parte presenta definiciones, referencias, bibliografía y sistema de identificación de los instrumentos. La segunda parte la refiere a la simbología. La tabla que fue mostrada en la sección ISA PEMEX la traduce al español y la incluye en esta norma.

En la figura III.9 se muestran algunos ejemplos típicos representados en esta norma. La principal diferencia que muestra esta norma con la ISA es el idioma para presentar las identificaciones de los instrumentos.

Figura III.9. Norma PEMEX No. 2.451.03, varias páginas.



### III.2 Esfuerzos por desarrollar un estándar

Con la finalidad de tener una aplicación que sea capaz de atender las necesidades de los usuarios, compartiendo la información de los productos con la velocidad y claridad requeridas por los avances tecnológicos, la ISO ha iniciado el desarrollo de un programa de computadora que pueda compartir esta información de forma eficiente. La ISO 10303 es un estándar internacional de interpretación, representación e intercambio de datos de los productos a través de la computadora.

El objetivo de este estándar es proveer un mecanismo que sea capaz de describir el producto a través de su ciclo de vida independientemente del sistema en particular que sea realizado. La naturaleza de esta descripción se hace adecuada no únicamente para un intercambio de archivos electrónicos neutrales, sino también, como una base para implementar y compartir bases de datos y archivos electrónicos.

La estructura de este estándar esta descrita en la norma ISO 10303-1, y su nombre es "Standard for the Exchange of Product Model DATA (STEP)".

STEP ayuda a las compañías para realizar un intercambio efectivo de información con sus socios en el mercado mundial, clientes, proveedores y su propia distribución interna. Para permanecer competitivamente en el mercado las compañías tienen que asegurarse que este cambio sea consistente, correcto y a tiempo.

Debido a la remoción de las barreras, que actualmente tienen el intercambio de información, se prevé máxima flexibilidad en el diseño, manufactura y soporte. STEP

permitirá a los productores tener éxito con nuevos y altos niveles de calidad y productividad, reduciendo el costo y tiempo de venta. Esto es debido a que:

- = STEP permite la representación de la información del producto incluyendo componentes y sus ensambles.
- = El intercambio de información de los productos incluye interacción, transferencia, accesibilidad y posibilidad de archivarlos.

En la parte I de este estándar, "Over view and fundamental principles", se presentan los siguientes dos puntos para clarificar el objetivo:

- = Estructura del estándar internacional.
- = Definiciones y términos utilizados en el estándar internacional.

Los diagramas de proceso han participado en este desarrollo de compartir información de los productos. Se han realizado pruebas para compartir los diagramas. Un diagrama de tuberías e instrumentación con 38 elementos fue dibujado con la aplicación Zyxad's y transferido cinco aplicaciones que elaboran diagramas. Esta transferencia incluyó aplicaciones desarrolladas por Compañías importantes, como son: Intergraph, CADCenter y ICS. La operación fue realizada desde TSW, Rebis, un browser y el modelo de archivo neutral STEP. Cada aplicación siguió siendo propietaria de su estructura de datos.

Normalmente, una transferencia entre seis programas hubiera requerido treinta intercambios de datos, con STEP solamente fueron requeridas seis. Otras demostraciones se han realizado mejorando cada vez el proceso.

## **Capítulo IV**

### **Bases para el desarrollo de la aplicación en ACAD**

Con la finalidad de desarrollar una aplicación gráfica con el menor número posible de recursos (software & hardware) en este capítulo se ha dividido en tres fundamentos generales para realizar una aplicación; la primera, clasificación de los archivos de computadora, la segunda, datos que pueden ser capturados y/o preestablecidos por cada gráfico, y finalmente, los archivos que será necesario modificar en el ambiente gráfico.

#### **IV.1 Administración de los Archivos de Computadora**

Para facilitar el uso de los archivos electrónicos, que contienen los gráficos predefinidos que se insertaran como bloques en el ambiente ACAD, son nombrados de acuerdo a la siguiente clasificación de simbología.

Se usarán únicamente seis dígitos alfanuméricos para clasificar los archivos (en la actualidad los sistemas operativos permiten utilizar los dígitos que se deseen), y serán asignados de la siguiente forma: los dos primeros indican la división del gráfico; el tercero y el cuarto indican la clase y el grupo, respectivamente; y por ultimo, el quinto y sexto indican un consecutivo de dos dígitos.

Para equipos se tiene las siguientes divisiones:

- = Recipientes
- = Mecánico

- = Intercambio de calor
- = Separación
- = Manejo de materiales
- = Paquete, y
- = Componentes de equipo

Cada tipo de equipo se divide en grupos, por ejemplo, para recipientes se tienen los siguientes cuatro grupos:

- = Reactores
- = Torres
- = A presión
- = Atmosféricos

Cada grupo tiene sus consecutivos, por ejemplo, para reactores se tienen: 01, 02, 03 y 04. Los consecutivos dependerán del número de símbolos que tenga cada grupo, así, pueden haber 10 bombas y solo 5 ventiladores.

En la tabla IV.1 se definen las letras que serán utilizadas para la división, la clase y el grupo, los números consecutivos podrán ser ordenados en forma ascendente y/o el usuario podrá utilizar el orden que prefiera en la creación de sus nuevos gráficos predeterminados. En la figura IV.1. se muestra en forma representativa el nombre que deberá de tener cada archivo predefinido.

Tabla IV.1. Clasificación de símbolos

División	Clase	Grupo
Equipo (EQ)	Recipientes (R)	Reactores (R) Torres (T) A presión (P) Atmosféricos (A) Varios (V)
	Mecánico (M)	Bombas (B) Compresores (C) Ventiladores (V)
	Intercambio de calor (I)	Generales (G) TEMA (T) Torres de enfriamiento (E) Quemadores (Q)
	Separación (S)	Sólido - líquido (S) Sólido - sólido (O) Líquido - líquido (L) Sólido - gas (G) Líquido - gas (I)
	Manejo de materiales (E)	Transportadores (T) Medición (M) Camiones (C)
	Paquete (P)	Paquete (P)
	Componentes (C)	Generales (G) Etiquetas (E) Recipientes (R) Intercambio de calor (I)
Líneas (LN)	Trazado de líneas (T)	Líneas (L) Modificación de líneas (M) Etiquetas (E)
	Componentes (C)	Válvulas (V) Componentes especiales (E) Etiquetas (Q) Conectores (C)

División	Clase	Grupo
Instrumentos (IN)	Trazado de líneas (T)	Líneas (L) Modificación de líneas (M)
	Loop (L)	Numeración (N)
	Instrumentos (N)	Instrumentos (I) Etiquetas (E)

Figura IV.1. Nombre de los archivos electrónicos para equipos



De esta clasificación se obtiene que cada gráfico tendrá un nombre único, por ejemplo, EQRR01.DWG es el gráfico que pertenece a la división *equipo*, a la clase *recipiente* y al grupo *reactores*, es el reactor 01.

Los accesorios de tuberías e instrumentos usaran dos dígitos más, el primero indicará la orientación del gráfico, "h" horizontal y "v" vertical, y el segundo indicará el punto de inserción, "d" derecho, "c" centro e "i" izquierdo. Por ejemplo, LNCV01HC es el gráfico número uno que pertenece a la división *líneas*, a la clase *componentes*, se presenta en posición horizontal y su punto de inserción es el centro del dibujo.

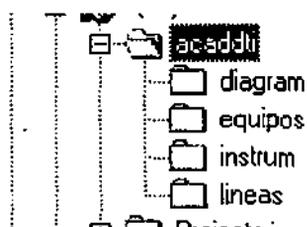
El nombre del diagrama y su archivo dentro de la computadora será dado por el usuario y deberá respetar las reglas que tenga el sistema operativo utilizado y Autocad.

Los archivos se identificarán con la extensión DWG que por definición le otorga el programa AutoCAD.

Con la finalidad de obtener archivos electrónicos de un tamaño manejable el borde del diagrama será utilizado como archivo de referencia. EL nombre del borde será bordeX.dwg, donde X=1,2,... 9. Esto dará la posibilidad de predefinir varios tipos de borde y seleccionar el que se requiera de acuerdo a la presentación que se tenga que entregar.

Se tendrá una estructura de los directorios donde se encuentren los archivos de bloques predefinidos, y de igual forma, corresponde a la clasificación de simbología, en figura IV.2 se muestra esta estructura.

Figura IV.2. Árbol de directorios.



Esta estructura tendrá que ser respetada al utilizar el programa, ya que la lectura de archivos esta dirigida. Si no se encuentran los directorios se producirá un error.

## IV.2 Gráficos

En esta sección se hace una descripción de como están elaborados los gráficos y que datos predeterminados se le pueden capturar con la finalidad de que el uso de los menús sea fácil.

### IV.2.1 Generalidades

Para facilitar la elaboración de los diagramas y su estandarización cada gráfico que sea insertado en el dibujo, y que pertenezca a los gráficos aquí mencionados, tendrá la posibilidad de tener datos asociados, predefinidos y/o integrados por medio de su captura al momento de ingresarlos.

La captura de datos debe ser mínima para evitar pérdida de tiempo. Los datos pueden ser capturados al insertar el gráfico y modificados en el transcurso de elaboración del diagrama.

Una vez que un gráfico es creado únicamente contara con los atributos que se le dieron, si se requiere hacer una modificación o adición será necesario crear un gráfico nuevo.

Entre más gráficos creados se tengan más fácil será la elaboración de los diagramas. De ser posible, cada vez que se elabore un diagrama en el que se tenga un símbolo que no se encuentre en la librería será conveniente elaborar un bloque y tenerlo disponible.

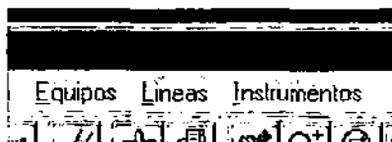
Un mismo gráfico podrá tener varias variantes, por ejemplo, el punto de inserción de una válvula, se tendrá el gráfico de la válvula con los datos asociados y puede ser creado como

bloque tres veces con diferente punto de inserción, punto derecho, izquierdo y central, o puede ser creado con diferente orientación, horizontal o vertical.

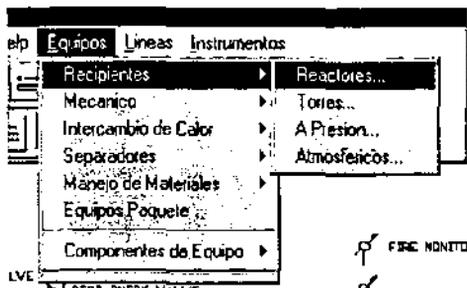
#### IV.2.2 Clasificación del menú

El menú comprende las siguientes opciones: Equipos, Líneas e Instrumentos, en la figura IV.3 se despliega el menú y el contenido por cada uno de ellos.

Figura IV.3 a) Menú del programa



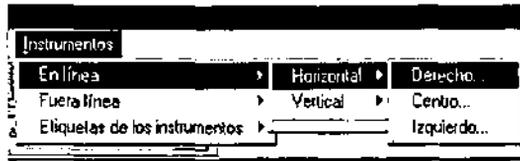
b) Menú Equipos



c) Menú Líneas



## d) Instrumentos



Los comandos propios de AutoCad no serán dados de baja ya que la mayoría se utiliza en la elaboración de un dibujo, es decir, el menú del programa será insertado después del menú "Help".

Las opciones que muestran una flecha dentro del menú tendrán ligado un submenú y las opciones que muestran tres puntos tendrán ligado un comando. Los principales comandos son de trazado de líneas y de inserción de bloques. En las figuras IV.4 y IV.5 se muestran menús de iconos que se utilizará para insertar bloques.

En el menú de iconos se muestran los nombres comunes e imágenes de los gráficos que pueden ser ingresados dentro del dibujo. Los botones "previous", "next", "ok" y "cancel" son propios de Autocad. Al hacer la selección que se requiera se insertará el gráfico y presentará la captura de los valores predeterminados.

EL menú de iconos desplegado por las opciones Horizontal, Vertical, Derecho, Centro, Izquierdo es el mismo, la diferencia es como esta creado el bloque y su nombre. No se considera necesario cambiar las imágenes que se despliegan debido a que la selección en el menú es clara.

Figura IV.4. Menú de inserción de válvulas.

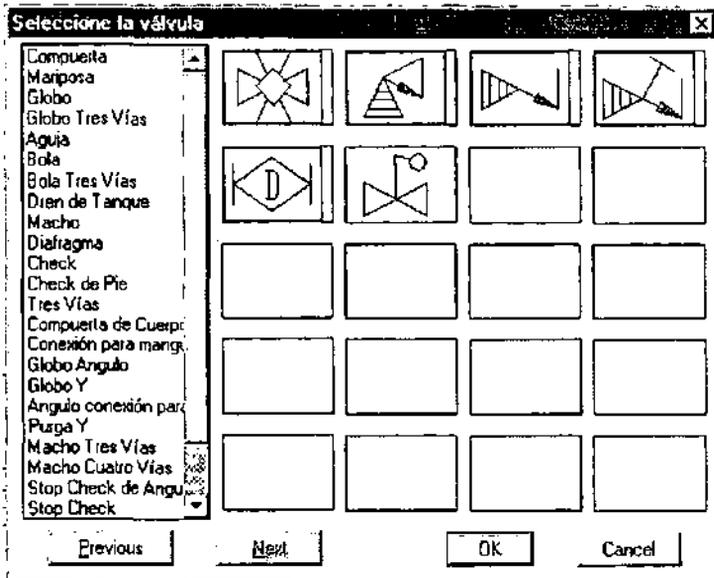
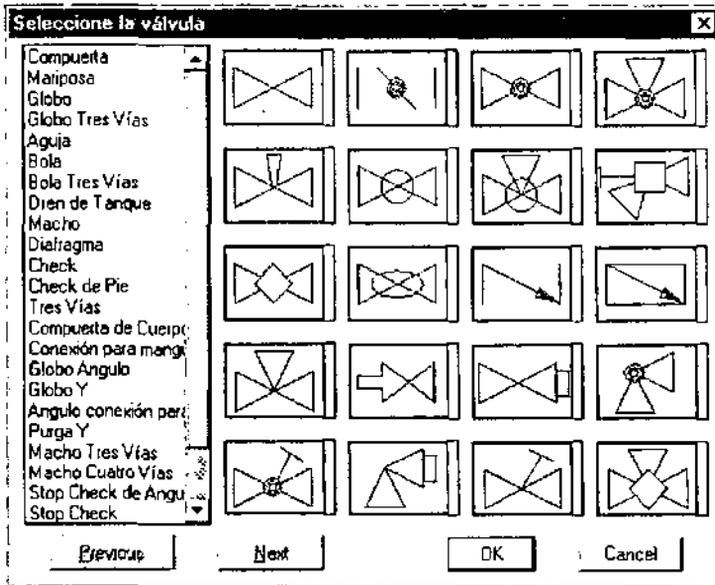
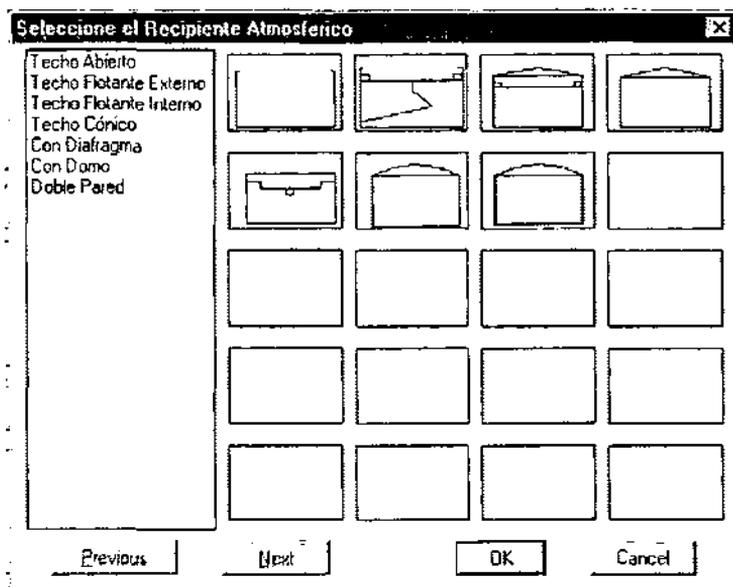


Figura IV.5. Menú de inserción de recipientes atmosféricos.



### IV.2.3 Datos por gráfico

Los gráficos que se utilizan para dibujar diagramas podrán tener letras asociadas que se desplegarán o no en el dibujo, con este propósito se capturarán las siguientes opciones por cada división de gráfico:

= Equipo.

Identificación del equipo

Descripción del equipo

= Componente de equipo.

Diámetro del componente

= Etiquetas de Equipo

Identificación del equipo-número de componente

Descripción 1

Descripción 2

Descripción 3

Descripción 4

= Líneas de proceso, servicio o instrumento no tendrá ningún dato. Cada línea será numerada con una etiqueta que no tendrá liga con la línea gráfica. La etiqueta tendrá los siguientes datos:

Número de línea

Aislamiento

Trazado

Origen

Destino

= Accesorios de Tubería

Número de Accesorio

Diámetro

Posición Normal

= Instrumentos

Número de lazo

Función del instrumento

Diámetro

Posición Normal

= Nota.

Número de nota

Descripción 1

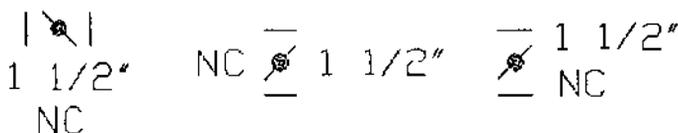
Las letras o palabras asociadas variarán dependiendo del gráfico que se este elaborando o insertando. En algunos casos la simbología podrá sustituir las letras asociadas, pero en estos casos será necesario crear un gráfico nuevo, por ejemplo, una válvula normalmente cerrada puede ser representada por el gráfico de una válvula normal con la leyenda "NC" a su lado o con el gráfico de la válvula renegrido, en la figura IV.6 se muestra este ejemplo.

Figura IV.6. Válvula Normalmente Cerrada.



Además, al insertar una válvula deberá ser opcional el desplegar la leyenda NC ya que puede ser una válvula en la que se quiera representar únicamente el diámetro o se requieran ambos datos. En la figura IV.7 se muestra como puede ser la representación de estos datos, normalmente en un gráfico horizontal los datos se muestran bajo este y en uno vertical se tienen dos opciones.

Figura IV.7. Válvula de Mariposa con Datos Asociados



Para poder crear los gráficos de tal forma que permitan la captura homogénea se utiliza la herramienta de ACAD de atributos por texto. Por ejemplo, para la válvula de mariposa

vertical del ejemplo anterior se tendrá que definir que características tendrá el texto asociado a la válvula. Se define como un atributo a una entidad de dibujo diseñada para contener texto.

Las características permitidas para los Atributos en ACAD son:

- = Invisible. El texto del atributo no aparecerá después de insertado el bloque.
- = Constante. El atributo tiene un valor fijo para todas las inserciones de bloques que no puede modificarse en ninguna fase.
- = Variable. Se deberá verificar el valor predeterminado cuando se inserte el bloque.
- = Presente. El atributo se define como un valor predeterminado que no permite modificaciones.

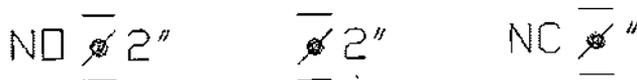
Dentro de Autocad los atributos se definen con el comando *DDATTDEF*. En la figura IV.8 se muestra como se vería una válvula con sus dos datos definidos antes de ser creada como bloque.

Figura IV.8. Válvula de Mariposa Vertical con Atributos.

OPERACION  DIAMETRO

Al crearse como bloque la válvula guardará estos atributos y cada que se inserte el bloque ACAD solicitará los valores para estas dos propiedades. En la Figura IV.9 se muestran las posibilidades que se tienen al insertar el bloque.

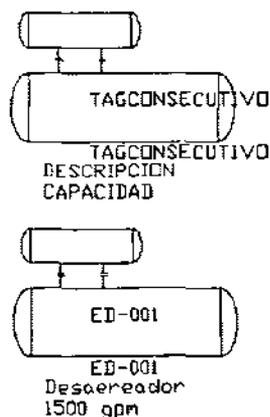
Figura IV.9. Válvula de Mariposa Vertical



En la figura IV.9 se observa que el atributo diámetro fue creado con un valor predeterminado que indica las unidades del diámetro, es decir, pulgadas; si no se captura otro valor para este atributo Autocad desplegará el valor predeterminado. Debido a lo anterior, será necesario crear los gráficos con los atributos correctos para evitar retrabajos o malas representaciones.

En la figura IV.10 se muestra los atributos para un equipo y como se desplegarían dentro de un dibujo.

Figura IV.10 Atributos de un Desaereador



Se recomienda que los gráficos pertenecientes a las divisiones de líneas e instrumentos no se escalen. Los gráficos pertenecientes a la división equipo pueden ser escalados ya que dependerán de la presentación que se requiera. Por ejemplo, si el desareador presentado en la figura anterior es pequeño para mostrar la instrumentación típica al ser insertado puede ser escalado.

Generalmente los equipos no se giran. De requerirse, los gráficos de las divisiones de líneas e instrumentos pueden ser girados cuando son insertados, sin embargo, se recomienda utilizar los gráficos con rotación predeterminada ya que presentan los textos en posición vertical u horizontal.

Los bloques predeterminados son desarrollados dentro de un nivel o capa de ACAD. Sin embargo, el usuario podrá definir sus propias capas e insertar los gráficos en la capa que desee para dar la presentación requerida. Los siguientes espesores cualitativos, para cada capa, son recomendados para imprimir en diferentes calidades: a) capa para equipos con el máximo espesor de impresión; b) capa para líneas, accesorios en línea e instrumentos en línea con espesor menor a la capa de los equipos; c) capa para instrumentación fuera de línea con espesor menor a la capa de los equipos; y d) capa para notas y líneas auxiliares con el mínimo espesor. El borde puede ser impreso con el espesor de la capa de líneas.

### IV.3 Archivos de ACAD a modificar

El sistema operativo Windows ha facilitado la interfase entre el usuario y el producto final, es decir, ha hecho amigable el uso de los programas de computo. Además, este mismo efecto se ha tenido con los archivos de configuración de los programas.

Autocad es un programa de dibujo que ha sufrido actualizaciones en su contenido y adaptaciones para que funcione e intercambie datos y gráficos con el ambiente Windows. Así mismo, se han editado versiones con los archivos básicos para que únicamente se hagan dibujos simples y versiones completas para hacer diseños complejos.

En versiones anteriores, a las compatibles con el sistema operativo Windows, haber realizado las modificaciones que se proponen implicaba el uso de la interfase y del compilador, ambos propios del programa.

Sin embargo, en las versiones para Windows los archivos que se tendrán que modificar son pocos y las modificaciones simples. Además, las opciones y menús, que ACAD presenta como base, no serán dadas de baja ya que para elaborar un dibujo se requieren.

Los archivos de ACAD que se modifican para obtener son: acad.mnu, acad.pgp \*.scr y \*.lin. En el archivo acad.mnu se incluirán los menús desplegables. En el archivo acad.pgp se modificarán algunos comandos rápidos. Se tendrá el archivo dti.scr para definir los niveles y varios archivos \*.lin para definir tipos de líneas.

Por ejemplo, en el archivo acad.mnu, se tienen que hacer la siguiente adición para crear el menú de equipos.

```

***POP11
**Equipos
ID_Equipos [&Equipos]
ID_Recip [->Recipientes]
    [Reactores...]$I=Reactores $I=*
    [Torres...]$I=Torres $I=*
    [A Presion...]$I=APresion $I=*
    [<-Atmosfericos...]$I=Atmosfericos $I=*
ID_Mecanico [->Mecanico]
    [Bombas...]$I=Bombas $I=*
    [Compresores...]$I=Compresores $I=*
    [<-Ventiladores...]$I=Ventiladores $I=*
ID_Intcalor [->Intercambio de Calor]
    [Generales...]$I=Generales $I=*
    [TEMA...]$I=TEMA $I=*
    [Torres de Enfriamiento...]$I=TorreEnf $I=*
    [<-Quemadores...]$I=Quemadores $I=*
ID_Separacion[->Separadores]
    [Solido - Liquido...]$I=SolLiq $I=*
    [Solido - Solido...]$I=SolSol $I=*
    [Liquido - Liquido...]$I=LiqLiq $I=*
    [Solido - Gas...]$I=SolGas $I=*
    [<-Liquido - Gas...]$I=LiqGas $I=*
ID_ManeMat [->Manejo de Materiales]
    [Transportadores...]$I=Transportadores $I=*
    [Medicion...]$I=Medicion $I=*
    [<-Camiones...]$I=Camiones $I=*
ID_Paquete [Equipos Paquete]^C^CInsert eqpp01
    [---]
ID_Componen [->Componentes de Equipo]
    [Generales...]$I=CompGen $I=*
    [Etiquetas de los equipos...]$I=CompEtEq $I=*
    [Recipientes...]$I=CompRec $I=*
    [<-Intercambio de Calor...]$I=CompIC $I=*
    [---]

```

Y la siguiente adición para crear el Menú de Inserción de Válvulas.

[Seleccione la válvula]

[Incvhd01,Compuerta]^C^Cinsert Incvhd01

[Incvhd02,Mariposa]^C^Cinsert Incvhd02

[Incvhd03,Globo]^C^Cinsert Incvhd03

[Incvhd04,Globo Tres Vías]^C^Cinsert Incvhd04

[Incvhd05,Aguja]^C^Cinsert Incvhd05

[Incvhd06,Bola]^C^Cinsert Incvhd06

[Incvhd07,Bola Tres Vías]^C^Cinsert Incvhd07

[Incvhd08,Dren de Tanque]^C^Cinsert Incvhd08

[Incvhd09,Macho]^C^Cinsert Incvhd09

[Incvhd10,Diafragma]^C^Cinsert Incvhd10

[Incvhd11,Check]^C^Cinsert Incvhd11

[Incvhd12,Check de Pie]^C^Cinsert Incvhd12

[Incvhd13,Tres Vías]^C^Cinsert Incvhd13

[Incvhd14,Compuerta de Cuerpo Extendido]^C^Cinsert Incvhd14

[Incvhd15,Conexión para manguera]^C^Cinsert Incvhd15

[Incvhd16,Globo Angulo]^C^Cinsert Incvhd16

[Incvhd17,Globo Y]^C^Cinsert Incvhd17

[Incvhd18,Angulo conexión para manguera]^C^Cinsert Incvhd18

[Incvhd19,Purga Y]^C^Cinsert Incvhd19

[Incvhd20,Macho Tres Vías]^C^Cinsert Incvhd20

[Incvhd21,Macho Cuatro Vías]^C^Cinsert Incvhd21

[Incvhd22,Stop Check de Angulo]^C^Cinsert Incvhd22

[Incvhd23,Stop Check]^C^Cinsert Incvhd23

[Incvhd24,Stop Check Tipo Y]^C^Cinsert Incvhd24

[Incvhd25,Diluvio]^C^Cinsert Incvhd25

[Incvhd26,Con Flotador]^C^Cinsert Incvhd26

## *Capítulo V*

### *Resultados y Conclusiones*

Para demostrar que el uso de un programa de computadora personalizado, como al que se ha hecho referencia en el presente trabajo, ayuda a mejorar la eficiencia del recurso y disminuye el tiempo de dibujo de un diagrama de proceso, se elaboraron tres diagramas y se comparó contra el método tradicional de dibujo.

El primer diagrama que se muestra se dibujó con los bloques y menús presentados y se compara contra el mismo diagrama hecho a mano alzada, en una hoja doble carta en formato 11 in por 17 in. Ambos diagramas son reducidos a tamaño carta; el diagrama hecho a mano alzada se fotocopió y el diagrama en computadora se imprimió.

El segundo diagrama que se desarrollo se compara en calidad de reproducción contra un diagrama elaborado a mano alzada hace algunos años. Se utiliza el formato tamaño carta para representar una parte del diagrama.

Los dos primeros diagramas fueron copiados de una referencia y la simbología fue adaptada lo más posible al original.

El tercer diagrama que se presenta es elaborado únicamente con los símbolos preestablecidos, utilizando el formato 22 in X 34 in (560 mm X 864 mm) y se imprimió en formato doble carta, 11 in X 17 in, y en formato tamaño carta.

Estos tres diagramas se elaboraron con bordes presentados en el capítulo tres pero no se les incluyo información para evitar confusiones. A cada borde se le pueden incluir atributos para facilitar la captura de los datos y homogeneizar la presentación.

## V.1 Resultados

### V.1.1 Diagrama #1

Este diagrama presenta una corriente gaseosa que pasa a través de un tanque separador de condensados, un filtro coalescedor y un tren de deshidratación. Unicamente se presentan los equipos y tuberías principales, la instrumentación es representativa y básica.

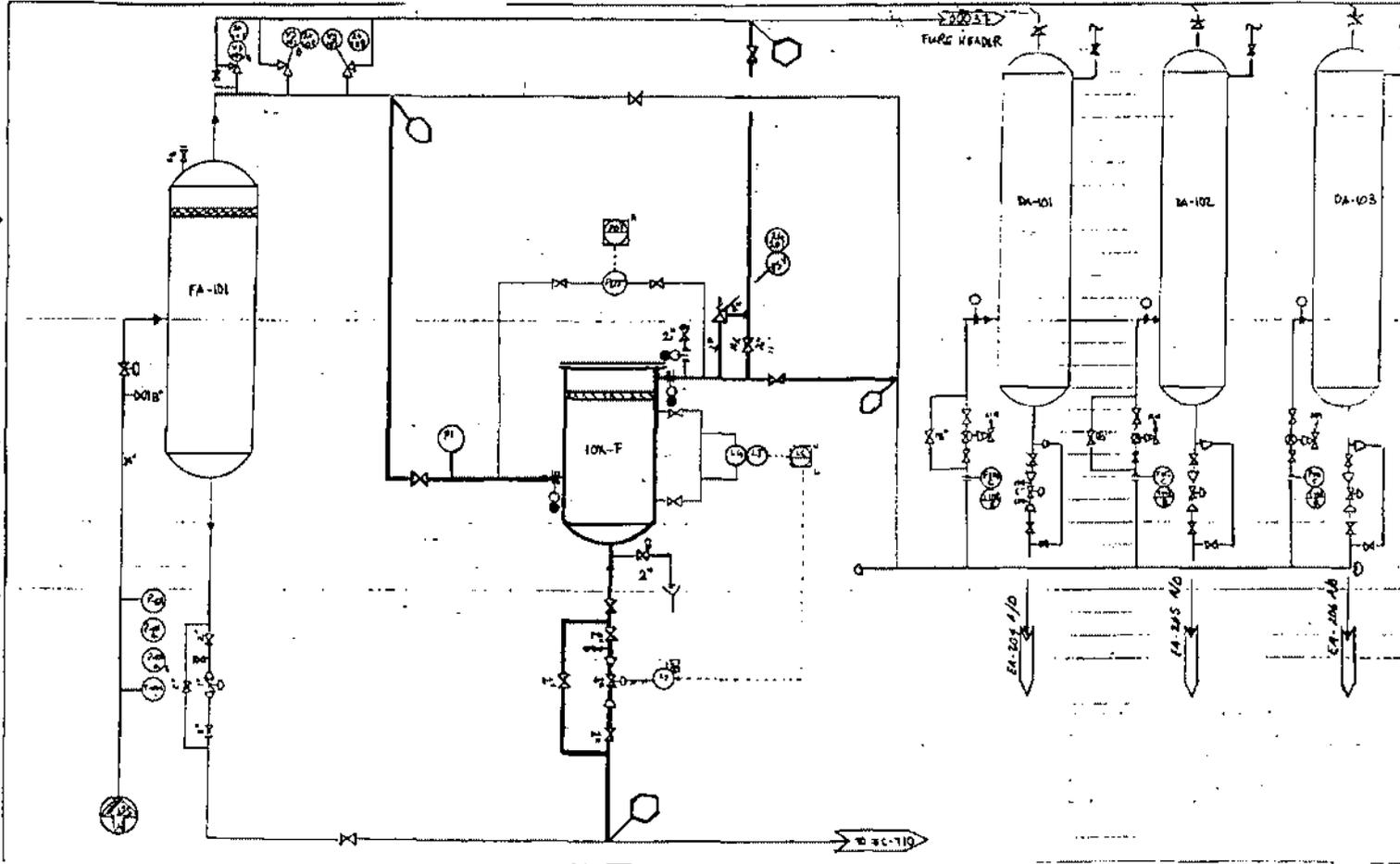
Este diagrama fue dibujado rápidamente a mano alzada, cuestión de 30 minutos, pero la calidad que se obtiene es mínima y la reproducción a tamaño carta presenta problemas de legibilidad en las letras. Si fuera necesario agregar un cuarto deshidratador en el dibujo habría que sacar una fotocopia cortar, agregar y completar el nuevo equipo; la reducción a tamaño carta sería menos legible.

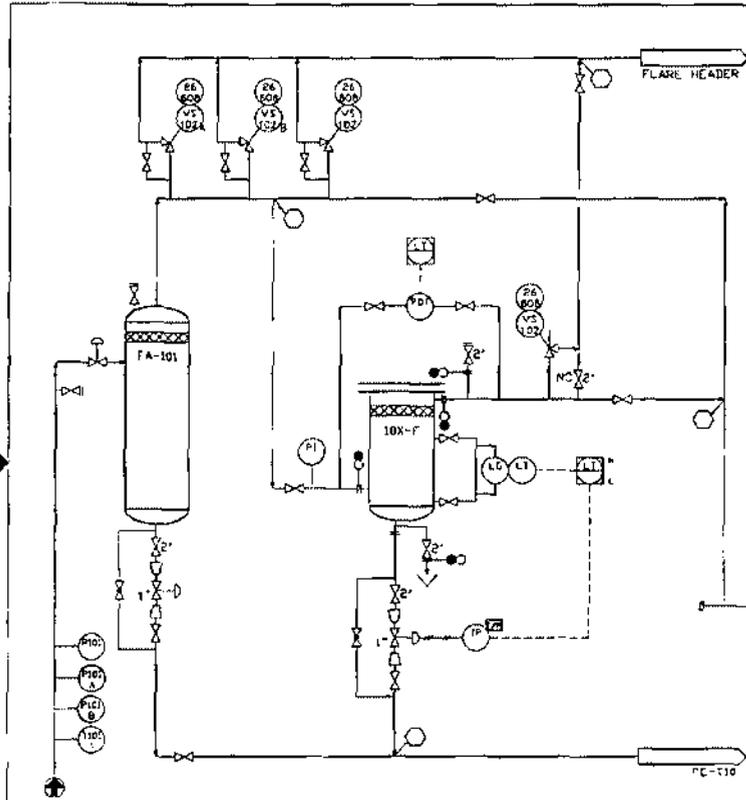
El dibujo en computadora se llevó aproximadamente dos horas, debido a que no se tenían creados algunos bloques, por ejemplo, las marcas hexagonales para las interconexiones. En este dibujo fueron únicamente utilizadas dos capas, nuevo y existente, con las cuales es fácil y rápido mostrar la diferencia entre calidad de línea.

El dibujo presentado a mano alzada no puede ser ingresado en un libro de proyecto y con dificultad podrá ser actualizado conforme avance el proyecto. En el dibujo de computadora

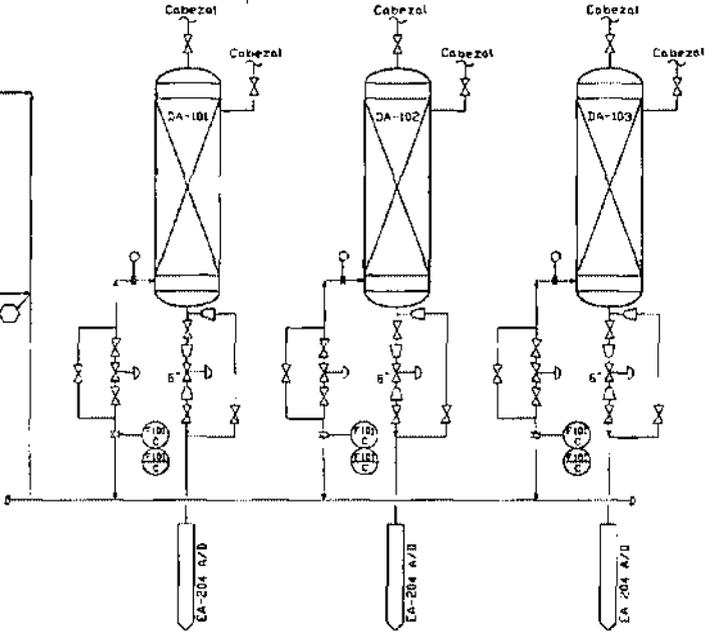
fácilmente se podrá cambiar el borde de referencia, utilizar el borde del proyecto y actualizar.

Para ingresar el cuarto deshidratador únicamente se deben de disminuir los espacios entre los equipos. Adicionar el equipo fue cuestión de tres o cuatro minutos, incluyendo impresión. Cambiar de capa, y, por tanto, de espesor, para mostrar el equipo como nuevo se hace con una instrucción; finalmente se hizo la copia del símbolo de interconexión.

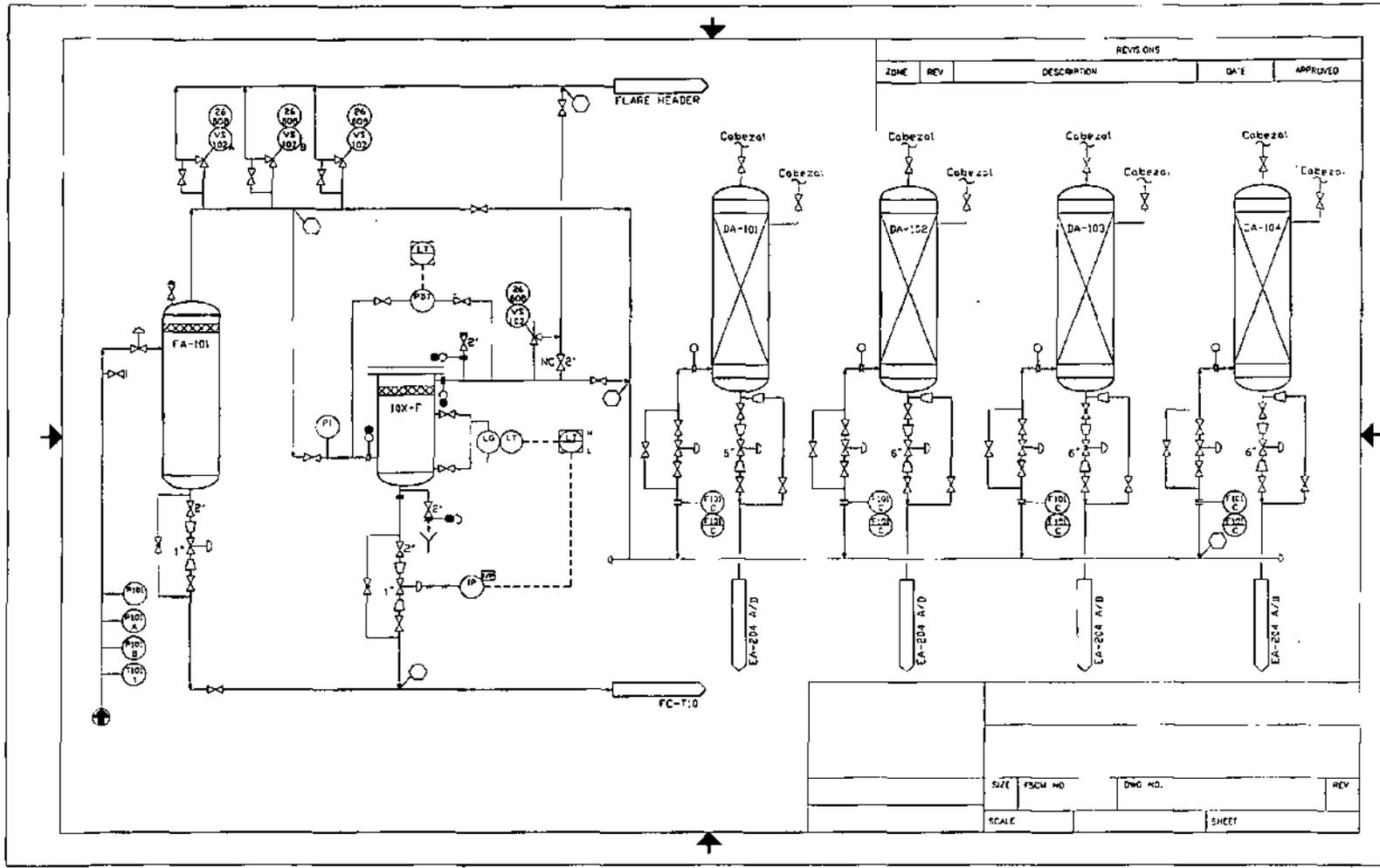




REVISIONS				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED



SIZE		PSCM NO.	
SCALE		DWG NO.	
		REV	
		SHEET	



REVISIONS				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED


SIZE	FROM NO.	DWG NO.	REV.
SCALE	SHEET		



### V.1.2 Diagrama #2

Este diagrama presenta un desareador elaborado a mano alzada en el año de 1973, reducido a doble carta para su manejo durante las fases del proyecto y ampliado 130% para la presentación en el trabajo. El diagrama fue editado en cinco revisiones, en las cuales, el cambio más representativo fue la supresión de un equipo. Para comparar la calidad de reproducción se obtiene una fotocopia tamaño carta del área que presenta el desareador.

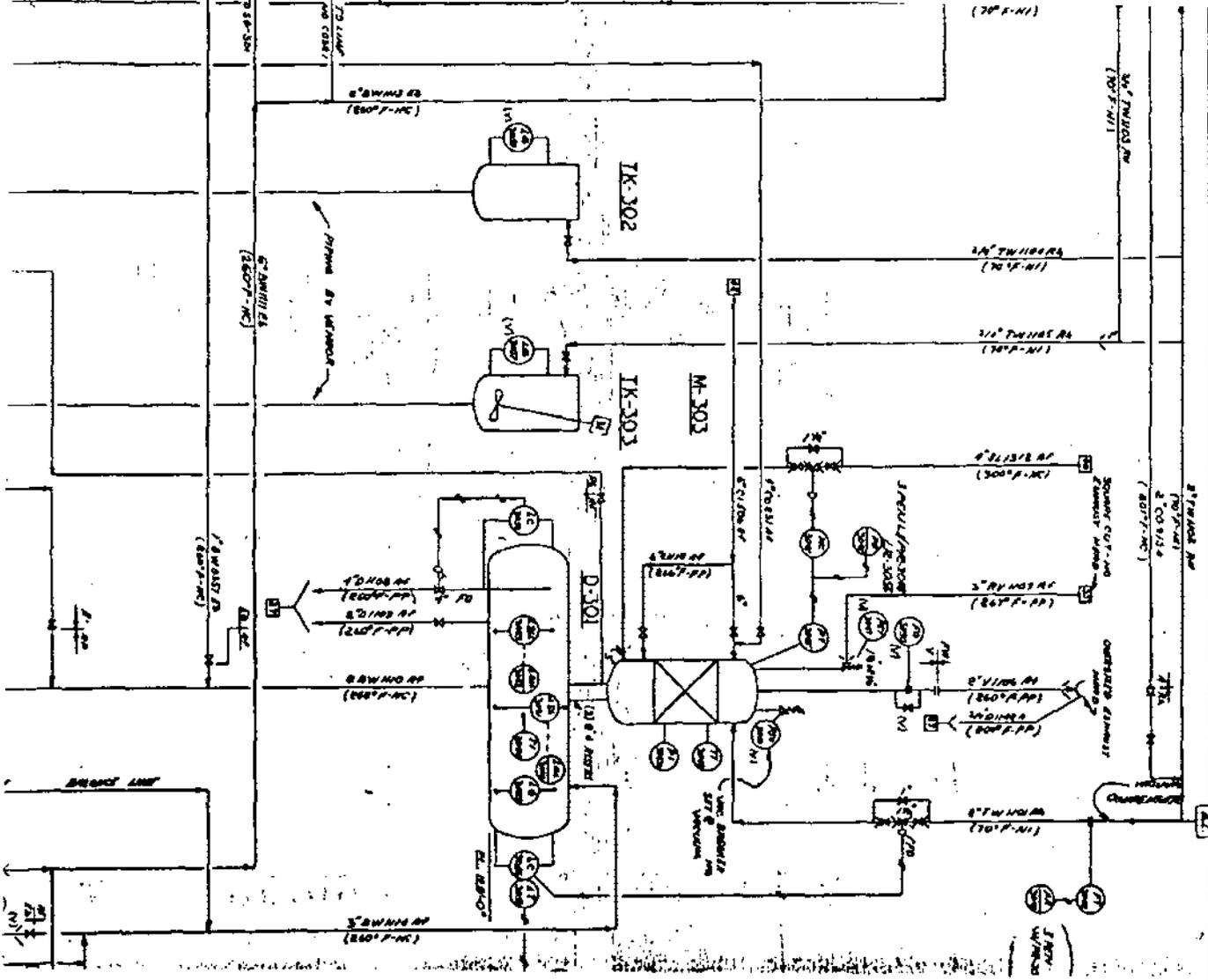
El dibujo presentado a mano alzada no fue integrado en el libro del proyecto y reproducido para su uso en la operación de la planta.

Se dibuja en la aplicación CAD el desareador presentando el equipo con sus líneas y controles principales en formato tamaño carta.

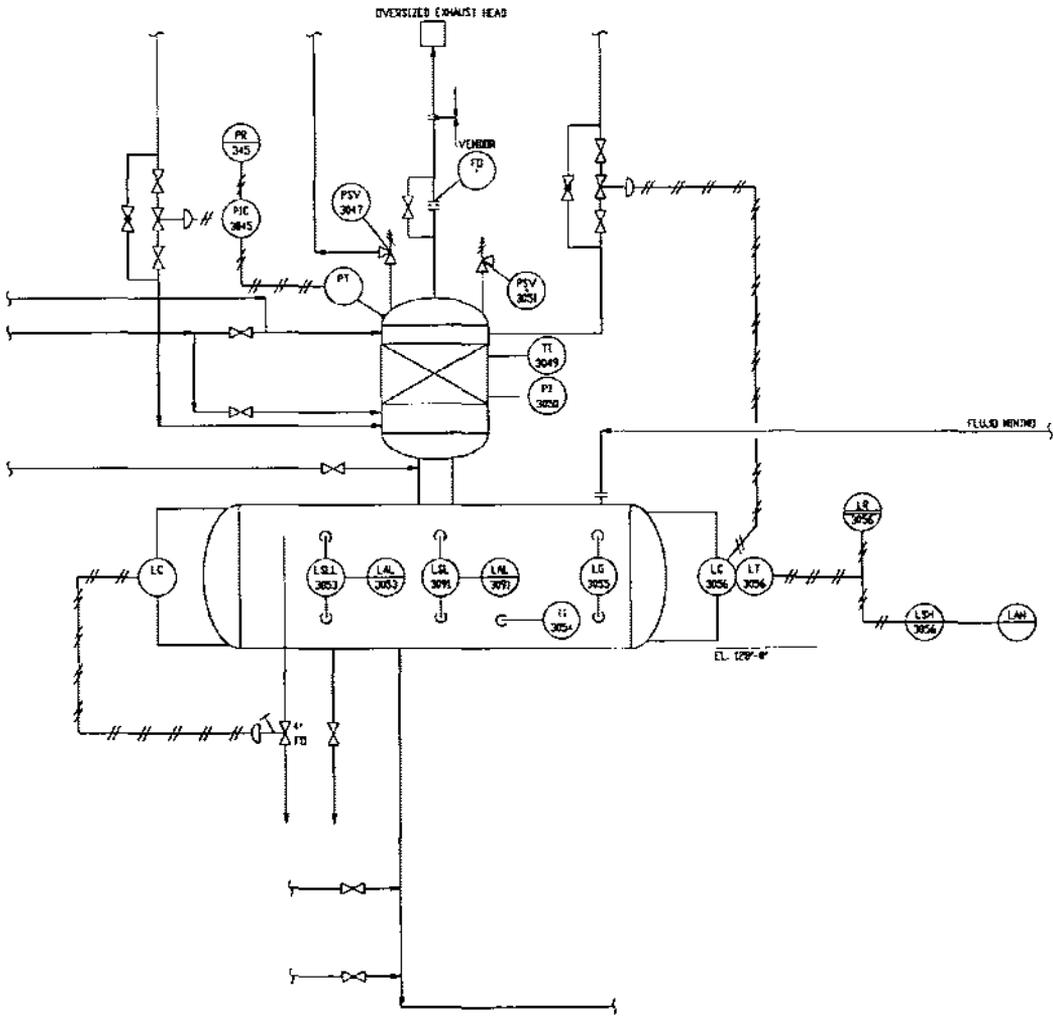
Es de notar la clara diferencia que hay entre la calidad de presentación y/o reproducción entre un diagrama y otro. El diagrama electrónico es escalado dentro del mismo formato e impreso. Modificando los espesores de impresión el diagrama continúa siendo legible.

El dibujo en computadora se llevó aproximadamente una hora. En este dibujo fueron únicamente utilizadas varias capas, equipo, tubería, instrumentos, etc., con las cuales es fácil y rápido mostrar la diferencia entre calidad de línea.

Si este dibujo se utilizará como detalle básico, a partir del cual se hicieran dibujos de otros proyectos, el tiempo para insertarlo sería mínimo y las modificaciones llevarían menor tiempo que volver a dibujar el diagrama.



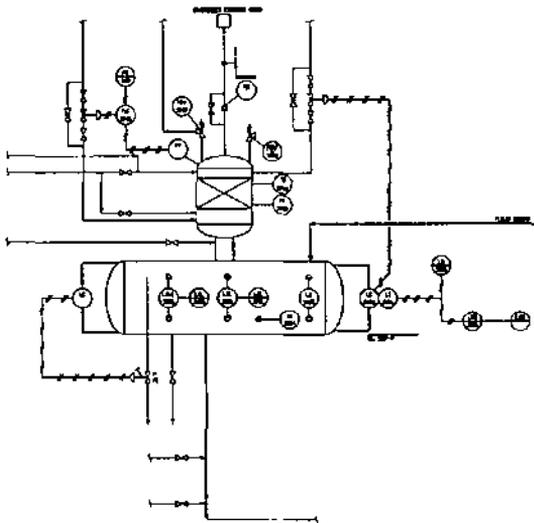
REVISIONS				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED



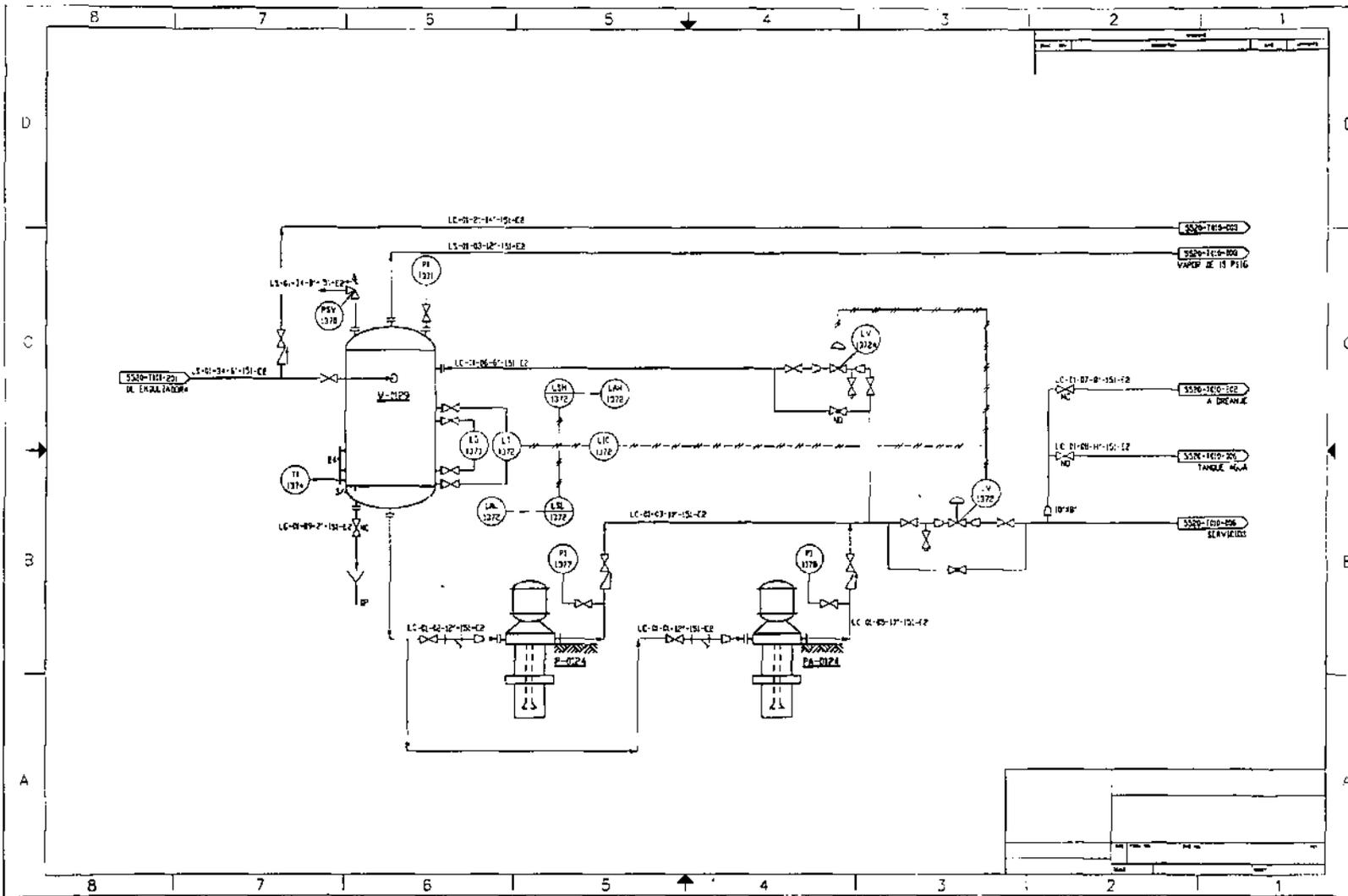
SIZE	FSCM NO.	DWG NO.		REV	
SCALE				SHEET	

REVISIONS

ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
------	-----	-------------	------	----------



	SIZE	FSCM NO.	DWG NO.	REV
	SCALE		SHEET	

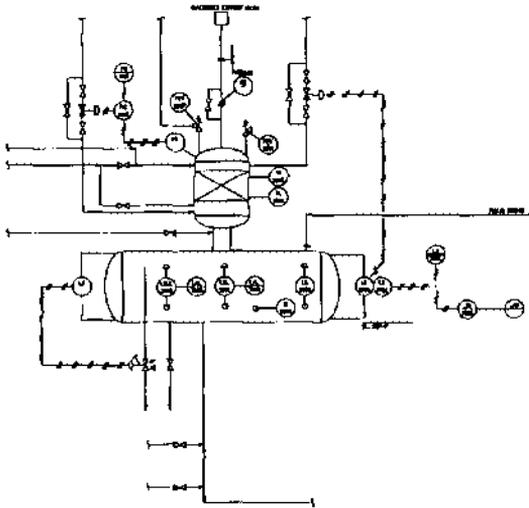


### V.1.3 Diagrama #3

Este diagrama presenta un tanque de vaporización. El vapor es enviado a un desareador y el condensado es bombeado para uso en servicios auxiliares.

Este diagrama fue dibujado en 45 minutos. Nuevamente el principal problema fue el trazado de las líneas neumáticas.

REVISIONS			
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE



		SIZE	FSCM NO.	DWG NO.
		SCALE		SHEET



## V.2 Conclusiones

Se presentan dos tipos de conclusiones al trabajo realizado, las primeras, que se consideran de carácter general sobre las bases que impulsaron a realizarlo, y las segundas, que consideran la elaboración de dibujos con los bloques predeterminados.

### V.2.1 Conclusiones Generales

Desde el inicio del presente, ha sido claro y evidente que el uso de la computadora como herramienta de trabajo día a día toma mayor importancia dentro de cualquier ámbito de desarrollo profesional.

Para el área de Ingeniería el desarrollo de programas de aplicación le han permitido hacer el trabajo secuencial dentro de rutinas que le dan el tiempo suficiente para analizar los resultados e implementar más y mejores soluciones. En particular, el Ingeniero Químico es capaz de adaptarse a mayor variedad de trabajos con la misma plataforma de estudios.

En torno a los diagramas de proceso, el desarrollo de aplicaciones ha dejado atrás un método de trabajo que durante muchos años permaneció en las compañías que se dedican a elaborar estos documentos.

El desarrollo de computadoras, "Hardware", más rápidas, eficientes y a menor costo de adquisición, ha logrado que las compañías de servicios, como son las compañías que desarrollan proyectos, inviertan en el uso extensivo de las mismas.

Aun con la presencia de los desarrollos tecnológicos que se plantean en este trabajo se ha demostrado que el Ingeniero Químico no requiere de cambios de planes de carrera para hacer uso de ellas. Se necesita únicamente una ligera capacitación, para entender el funcionamiento de estos programas, y práctica para elaborarlos, con mayor calidad y menor costo.

Además, entre mayor sea el uso de programas especializados, de dibujo de diagramas de proceso, mayor será la experiencia que pueda tener el Ingeniero Químico en la elaboración de diagramas y menor será el recurso que se tenga que invertir en el siguiente proyecto.

Aunque ésta ventaja, se desvanece con el tiempo, ya que el Ingeniero asciende a nuevos puestos y responsabilidades, y deja la elaboración de diagramas. El costo de inversión que se pagó, en la capacitación y adquisición de computadoras y programas, queda recuperado en el precio de venta de un producto de calidad, confiable y reproducible durante el periodo de vida de las instalaciones (aún sin cuantificar el ahorro interno por cambio de un sistema de trabajo).

### V.2.2 Conclusiones de la Aplicación

Hacer diagramas de proceso con bloques predefinidos ayuda a dibujar menos y estandarizar la presentación.

Encontrándose con los siguientes inconvenientes:

- = Al inicio el número de bloques realizados no fue suficiente, ya que para hacer los diagramas de este trabajo, se tuvieron que elaborar varios bloques más de los que se tenían planeados.
- = La simbología, entre dos diferentes proyectos, todavía tiene sus variaciones que dificultarán el uso de los bloques predefinidos. Será necesario compilar nuevamente el menú cuando se tengan una serie de cambios a los presentados en las ventanas de iconos. Sin embargo, con la creación de bloques conforme se van haciendo diagramas se tendrá un acervo suficiente inclusive para tener varios tipos de simbología disponibles.
- = Dentro de las rutinas de AutoCad para elaborar tipos de líneas únicamente se tiene opción para dibujar secuencias de puntos en una sola línea, es decir, la simbología para líneas de instrumentos, como es la neumática, la de software, etc., se dificultó teniendo que hacer uso de bloques de líneas e insertándolos tantas veces fuera necesario. Esto reduce la eficiencia y presentación de los diagramas.
- = El uso de comandos propios de Autocad que no permiten utilizar los bloques predefinidos como referencia disminuye la eficiencia. Es decir, es más fácil y rápido

trazar una línea, después insertar una válvula y por último la continuación de la línea, que, trazar la línea completa, insertar una válvula sobre la línea y por último cortar la línea entre el espacio de la válvula.

Aún después de los inconvenientes anteriores, encontrados en la aplicación realizada, se concluye que en tiempo y calidad, el uso de herramientas CAD ayudan a disminuir el costo de elaboración de proyectos.

Si conforme avanza el área de la computación aplicada se pueden ir resolviendo inconvenientes como los descritos la extrapolación de la aplicación presentada será aún más sencilla.

## *Referencias*

1. ANSI/ISA-S5.1. Instrument Society of America  
Instrumentation Symbols and Identification. American National Standard.
2. An American National Standard. Engineering Drawing and Related Documentation  
Practices. ASME Y14. Revision of ANSI Y14
3. AutoCAD Versión 12. Tutorial. Marzo 1993
4. AutoCAD Versión 12. Guía de usuario. Marzo 1993
5. AutoCAD 12 para Profesionistas. Robert M. Thomas  
McGraw Hill. 2a Edición
6. 3D Plant Design Systems: Benefits and Paybacks  
DARATECH, Inc., Cambridge, MA, U.S.A.
7. The Right Partner for Plant Design Execution  
Intergraph Corporation. December 1994
8. Views from the 1995 ECC conference. J. C. Lowry, J. K. Haegelin, J. K.  
Underwood.  
Hydrocarbon Processing. December 1995
9. Create intelligent P&ID's. D. Catena, J. T. Dietz, T. D. Traubert

Hydrocarbon Processing, November 1992

10. La Inteligencia Artificial Enfoques, herramientas, aplicaciones. Ramón Brena  
Soluciones Avanzadas. Septiembre 1994
11. The Road to a Common Byte. Neil L. Book, Oliver C. Sitton, Rodolphe L. Motard,  
Michael R. Blaha, Barbara Maia-Goldstein, John L. Hedrick, James J. Fielding.  
Chemical Engineering. September 1994
12. Programming the Easy Way. Nikhil Desai  
Chemical Engineering. July 1995
13. Chemical engineering, April 1996.