

DIAGRAMAS DE FLUJO

Para el ingeniero químico es importante poder usar el balance de materiales y energía y el diagrama de flujo en la resolución de problemas de diseño y operación. Así como el balance económico y el estado de resultados permiten al contador resolver complejos problemas financieros, el balance de materiales y energía, junto con el diagrama de flujo de un proceso, ayudan al ingeniero químico a visualizar y resolver sus problemas de una manera rápida y directa.

Bosquejar un diagrama de flujo es una manipulación casi instintiva para el ingeniero químico experimentado. Es una parte de su proceso mental así como de su técnica explicativa. Esto es lo que normalmente constituye un bosquejo o diagrama esquemático de flujo. En el diseño y construcción de una planta, un diagrama de flujo más completo, llamado diagrama de ingeniería de flujo, se convierte en el engrane vital para transmitir la información de proceso a todos los departamentos de un grupo de ingeniería de diseño.

DIAGRAMAS ESQUEMATICOS DE FLUJO

Parece aconsejable sugerir el menor número de reglas a seguir en la elaboración de diagramas esquemáticos. Por naturaleza deben ser individualísticos, ya que se usan para propósitos muy variados. Cuando se emplean para explicar un proceso o modo de operación a un colega, a un superior, o a un cliente, la originalidad proporciona con frecuencia el énfasis necesario. La claridad, sin embargo, nunca debe ser sacrificada, y para asegurar esta claridad el auditorio debe ser tenido en cuenta.

Existen tres tipos de diagramas esquemáticos en uso general:

1. Diagrama de cuadros
2. Diagrama de flujo de proceso
3. Diagrama gráfico de flujo

Diagrama de cuadros

El diagrama de cuadros es el más simple, pero menos descriptivo de los diagramas esquemáticos. Como su nombre lo indica, consiste de cuadros que por lo general representan una sola operación unitaria en una planta o bien toda una sección de la planta. Estos cuadros están conectados por flechas que indican la secuencia del flujo. En la Fig. 5-1 se muestra uno de tales diagramas.

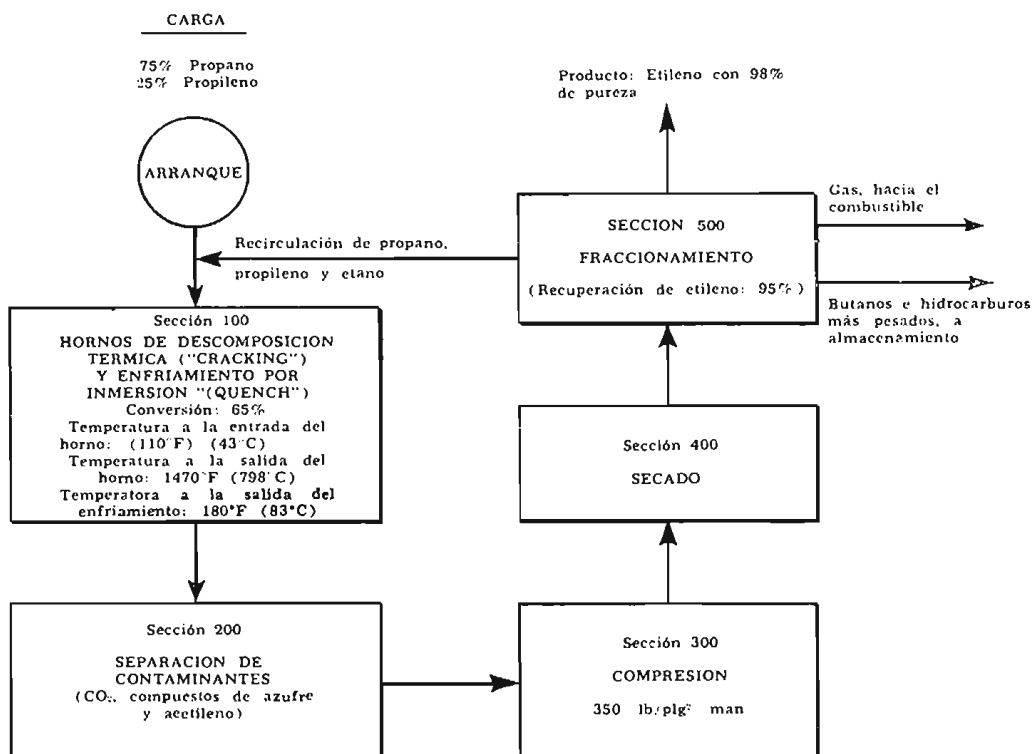


FIG. 5-1. Diagrama de cuadros para una planta de etileno

El diagrama de cuadros es en extremo útil en las etapas iniciales de un estudio de proceso y es particularmente valioso para presentar los resultados de estudios económicos u operaciones, ya que dentro de los cuadros pueden colocarse los datos significativos.

Diagrama de flujo de proceso

El diagrama de flujo de proceso, tal como se ilustra en la Fig. 5-2, es utilizado con mayor frecuencia por el ingeniero de proceso en

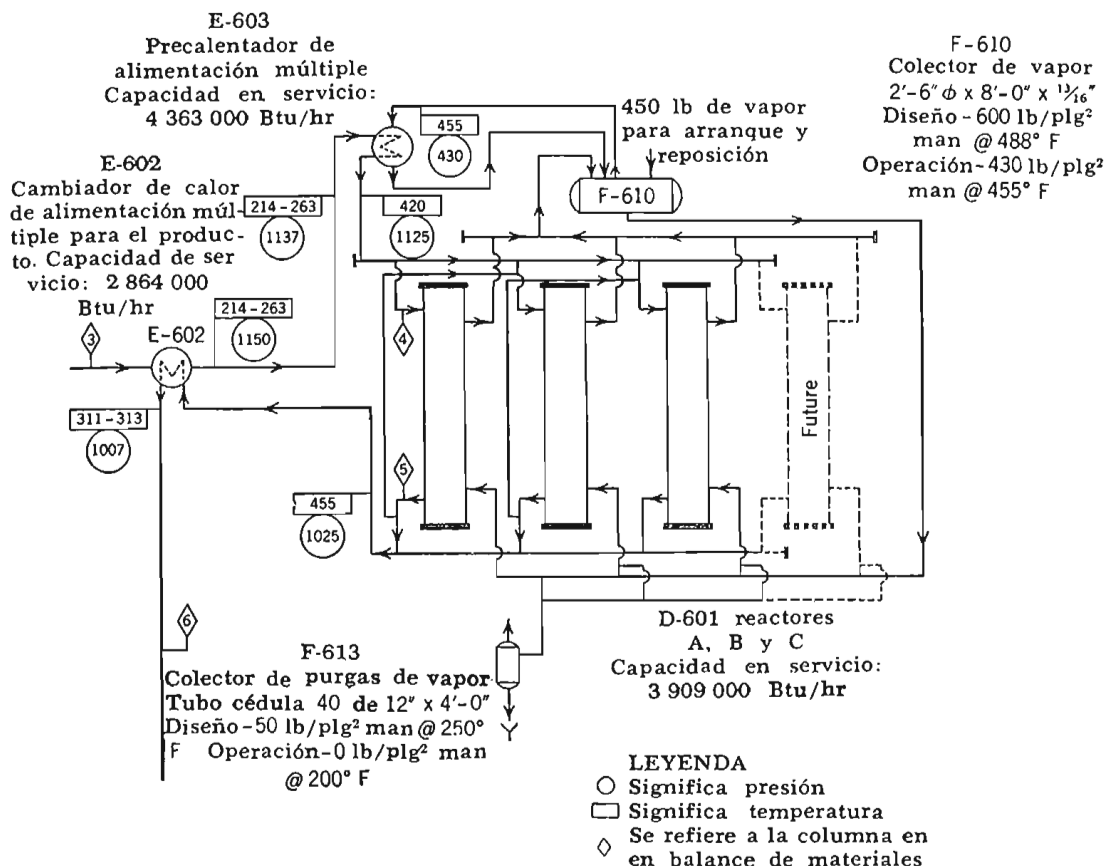


FIG. 5-2. Diagrama de flujo de proceso: sección de reactores de la unidad de polimerización. (Cortesía de Foster Wheeler Corporation.)

trabajos de diseño y en estudios de proceso. Debe estar dibujado de manera que el flujo y las operaciones del proceso destaquen de inmediato. Esto se logra omitiendo todo excepto los detalles esenciales, utilizando frecuentes flechas para indicar la dirección del flujo, empleando líneas más gruesas para las líneas principales de flujo, e indicando temperaturas, presiones y cantidades de flujo en diversos puntos significativos del diagrama. Se presentan ciertos datos pertinentes del diseño de proceso, tales como la capacidad en servicio de cambiadores de calor, datos de diseño de recipientes, y requerimientos especiales como las elevaciones requeridas de ciertos equipos.

Como se muestra en la Fig. 5-2, a menudo se usan símbolos convencionales para renglones estándar de equipo, tales como bombas y cambiadores de calor. Excepto cuando se necesitan para darle claridad al proceso, las válvulas, líneas de servicio y partes de repuesto de equipo se omiten. Únicamente se ilustran instrumentos esenciales al control del proceso.

Los principales criterios para un buen diagrama de flujo de proceso son la claridad, la exactitud y la utilidad. Este diagrama se

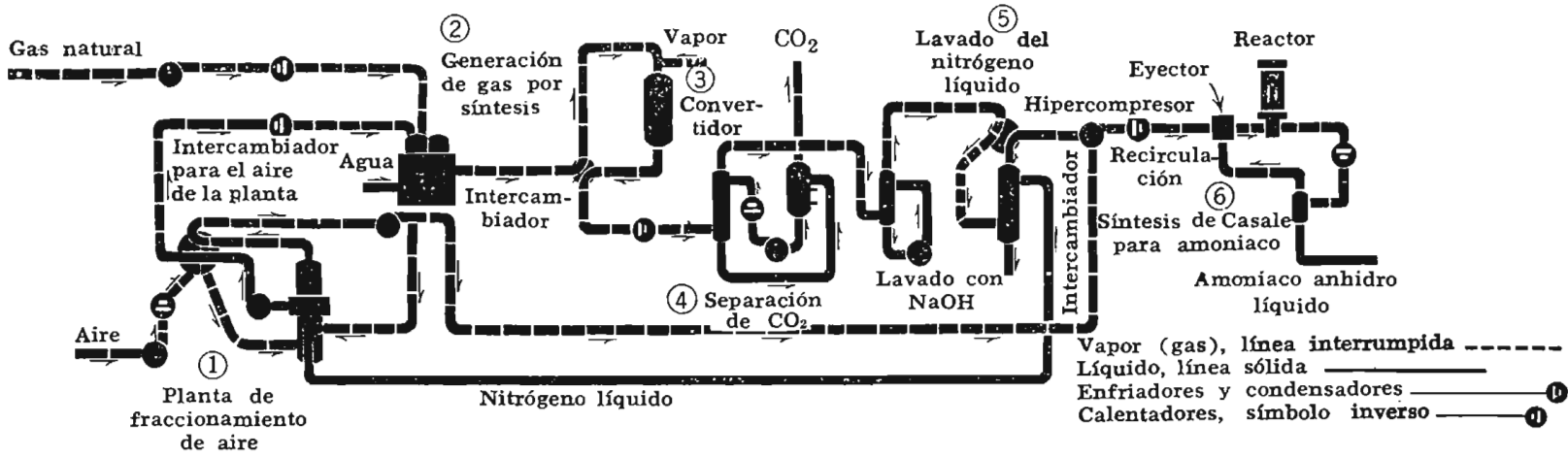


Fig. 5-3. Diagrama gráfico de Flujo: planta de amoniaco. (Cortesía de Foster Wheeler Corporation.)

usa en todas las fases iniciales del diseño de la planta y muchos ingenieros deben verlo y comprenderlo. Es a partir de este diagrama que, se desarrolla el diagrama más completo de ingeniería de flujo. No es fácil dar el énfasis suficiente a la importancia de un trabajo cuidadoso, como de artífice, en el diagrama de flujo de proceso.

Diagrama gráfico

El diagrama gráfico de flujo (Fig. 5-3) se utiliza con más frecuencia en publicidad, reportes financieros de compañías e informes técnicos, en los cuales ciertas características del diagrama de flujo requieren énfasis adicional. Pocas reglas pueden sugerirse para este tipo de diagrama, dado que muchas veces cierta desusada originalidad logra más efectivamente el propósito deseado. Este diagrama debe presentar de manera clara la información deseada y de un modo fácil de apreciar que además de novedoso sea informativo.

DIAGRAMA DE INGENIERIA DE FLUJO

Durante las etapas iniciales del estudio y desarrollo del proceso, los diversos diagramas esquemáticos de flujo sirven bastante bien. Cuando los cálculos de proceso están terminados y se ha hecho el contrato de construcción, se requiere el diagrama de ingeniería o mecánico de flujo, más completo (Figs. 5-4 y 5-5) (entre Págs. 96-97).

Para comprender lo que se necesita en este diagrama, se debe entender su uso. En un bufete de ingeniería el diagrama de flujo es la fuente central de información para todos los grupos de diseño. Estos grupos incluyen diseñadores en los aspectos eléctricos, de tubería, estructuras, instrumentos, y bombas y compresoras. Dicho diagrama sirve como un lugar común de reunión para los ingenieros de diseño y los ejecutivos. Dado que tantas personas de diferentes disciplinas se deben referir a él, la estandarización es esencial con objeto de evitar confusiones innecesarias. Ninguna información importante debe ser omitida ni información inútil alguna debe ser incluida.

Equipo de proceso

En el diagrama de ingeniería de flujo se muestran todos los renglones de equipo de proceso, incluyendo los de repuesto. Los apuntes diagramáticos se hacen a modo de asemejarse lo más posible al equipo, ayudando así a la visualización de los equipos individuales por parte de todos los usuarios del diagrama. Por lo general se emplean vistas sencillas de elevación, pero alteradas de tal modo que todas las conexiones aparezcan sobre el plano del diagrama. Este procedimiento se sigue por su simplicidad. Las boquillas se localizan en la posición relativa apropiada es decir, en el plan apropiado en

una columna de fraccionamiento. No es práctico hacer estos diagramas a escala, puesto que los equipos más pequeños serían reducidos a tamaños indebidos. Sin embargo, se recomienda conservar una cierta proporción en las diferencias relativas de tamaños, lo cual a veces se puede lograr utilizando diferente escala en lo horizontal que en lo vertical.

En atención a que el equipo varía considerablemente, no es posible tener apuntes diagramáticos estándar para cada renglón individual. No obstante, las representaciones de bombas, motores y turbinas pueden ser estandarizadas como en la Fig. 5-5.

Notaciones

Adyacente a cada renglón de equipo se debe proporcionar cierta información esencial. Estas notaciones deben suministrar de una manera concisa los datos requeridos por cada usuario del diagrama. La experiencia ha dictado la información que requieren ciertos renglones comunes de equipo como bombas y recipientes. Para equipo especial, con frecuencia se dan las dimensiones globales y las principales características de operación. Se han sugerido las siguientes notaciones:

TABLA 5-1. DESIGNACIONES DE EQUIPO TIPICO

Compresoras	K, C
Intercambiadores	E, C (para condensadores) y RB (para rehervidor)
Calentadores	H
Bombas	P o PU
Reactores	R
Tanques de almacenamiento	ST
Torres	T
Recipientes	V

Empero, cualquier sistema consistente puede ser satisfactorio.

Numeración individual

A todas las unidades del equipo se les debe asignar un número individual que debe aparecer sobre o junto al equipo de que se trate. Si el sistema de numeración individual se planea con cuidado, ayuda en forma inconmensurable en el uso del diagrama de flujo y en la ejecución de todas las fases del trabajo de diseño y construcción. Un sistema típico que ha sido empleado con éxito en casos en donde la unidad de proceso está dividida en áreas o secciones, utiliza una clave, como, por ejemplo, P-101. La letra indica el tipo de equipo, en este caso una bomba; el 101 indica que la bomba es la número

uno en el área 100. Si esta bomba tiene un repuesto idéntico, éste puede denominarse P-101A. En la Tabla 5-1 se proporcionan designaciones comunes, a base de letras para diversos equipos.

Información de proceso

También debe proporcionarse una lista con información importante sobre el proceso. Las siguientes son sugerencias importantes para diversos renglones comunes de equipo.

Recipientes

- Servicio
- Diámetro, altura, espesor
- Características especiales (revestimientos, etc.)
- Condiciones de diseño
- Condiciones de operación

Intercambiadores de calor

- Servicio
- Presión diferencial a través del casco y de los tubos
- Área de transmisión de calor
- Capacidad en servicio, en Btu/hr
- Condiciones de diseño
- Temperatura y presión a la entrada y a la salida

Bombas

(Esta información puede ser proporcionada en el diagrama de flujo o en anexos adecuados.)

- Servicio
- Tamaño y tipo
- Fluido
- Temperatura de la bomba
- Densidad a la temperatura de la bomba
- Gal/min (GPM) de diseño a la temperatura de la bomba
- Diferencial de diseño
- NPSH (Cabezal neto positivo de succión)

Compresoras

(Esta información puede ser proporcionada en el diagrama de flujo o en anexos adecuados.)

- Servicio
- Número de pasos
- Condiciones de succión
- Succión en el primer paso

Succión en el segundo paso
 Descarga en el segundo paso
 BHP (Potencia al freno) en el primer paso
 BHP en el segundo paso
 Capacidad SCFM (Pies cúbicos estándar por minuto).

Tubería y válvulas

En los diagramas de ingeniería de flujo se muestran todas las líneas de proceso y líneas de servicios para el equipo de proceso. A menudo las líneas del proceso principal se dibujan más gruesas a manera de que la secuencia del flujo primario sea más evidente.

TABLA 5-2. SIMBOLOS TÍPICOS DE VALVULAS Y TUBERIAS PARA DIAGRAMAS DE FLUJO

PIEZA	SIMBOLO	Designaciones para las líneas	
<i>Válvulas y accesorios.</i>			
Válvulas de ángulo		Proceso principal	
Brida ciega		Proceso secundario	
Válvula de retención		Aire	
Brida en 8		Condensado	
Brida		Drenaje	
Válvula de compuerta		Vapor	
Válvula de globo		Rastreada con vapor	
Conexión de manguera		Agua	
Llave de macho		Nota: En los diagramas de flujo, generalmente no se hace distinción entre conexiones de brida o de rosca. La especificación de tubería, anotada en el número de designación de la línea, proporciona esta información.	
Reductor			
Coladera			

Las líneas de servicios se dibujan usando varios símbolos (Tabla 5-2) para permitir una fácil diferenciación de los diversos servicios. Las flechas se usan siempre que sea necesario para ayudar a seguir el flujo. Todas las válvulas se indican, incluyendo las de retención, pero las bridas y los accesorios no se muestran, excepto en el equipo. En la Tabla 5-2 se presentan los símbolos comunes para las válvulas de uso general. Tamaños de válvulas diferentes al de la línea se muestran adyacentes a la válvula.

Dado que el diseñador de tuberías utiliza el diagrama de flujo como su principal fuente de información, muchos datos deben ser proporcionados en el diagrama. Se deben suministrar temperaturas y presiones, flujos y descripción de los fluidos. Además, deben darse

las especificaciones para las líneas a modo de que para cada línea también se conozcan el tamaño, material y espesor de tubería, clase de bridas y capacidad normal de válvulas y accesorios. Esta información puede ser convenientemente proporcionada por medio de un sistema de numeración de líneas, en el cual cada línea que va desde un equipo a otro tiene un número individual.

Estos números pueden registrarse en las mismas formas en que se registra el flujo, presión, temperatura y fluido. Siempre que el tamaño o la especificación de la línea cambian, el número de la línea también cambia. Para evitar confusiones, cuando una línea se cancela se elimina un número de línea. El número de línea puede incluir la designación del área. Un sistema típico emplea un número tal como 3"06403E (Fig. 5-4).

3"	0	6
Tamaño de línea	Clase de fluido	Número de área
403	E	
Número de línea	Espec. de tubería	

En vista de que, como se explica en el Cap. 18, las especificaciones de tubería se escriben en detalle para cada clase de servicio, el diseñador de tuberías puede obtener del diagrama de flujo toda la información requerida para distribuir y diseñar la tubería, así como también la lista de líneas y las especificaciones de tuberías. Estos números de línea sirven, además, para el marcado e identificación de la tubería fabricada en taller. Por consiguiente, un diagrama de flujo pobremente numerado puede causar grandes confusiones en todo el proyecto.

En el diagrama de flujo las válvulas se identifican tanto por número como por símbolo. Los números se refieren a las especificaciones detalladas de las válvulas y son muy útiles lo mismo a los diseñadores que a las personas encargadas de las adquisiciones de materiales. Aunque algunas organizaciones no numeran las válvulas en sus diagramas de flujo, la mayoría utilizan números en sus planos de tuberías.

Instrumentación

En el diagrama de flujo debe mostrarse toda la instrumentación para el control, registro e indicación de la operación de la planta. Por lo general, el ingeniero de proceso indica de manera esquemática la instrumentación en el diagrama de flujo de proceso. Posteriormente este diagrama se "ingenieriza" y se adiciona al diagrama de ingeniería de flujo con toda la otra instrumentación requerida.

La Sociedad Norteamericana de Instrumentos (The Instrument Society of America) ha preparado un conjunto de símbolos estándar para instrumentos, los cuales deben ser observados para evitar con-

fusiones. Dichos símbolos se reproducen en la Tabla 5-3. Por lo general en el símbolo se incluye el número de instrumento, tal como se muestra en la tabulación. Para ayudar en el diseño de la tubería, los tamaños de las válvulas de control y de las válvulas de alivio deben aparecer junto a ellas.

Arreglo del diagrama

Un arreglo bien planeado del diagrama de ingeniería de flujo, puede contribuir bastante a asegurar una eficiente y alta calidad de mano de obra en todas las etapas del trabajo. Si cuando se dibuja el diagrama de flujo se tiene cierta idea del plano real de la distribución de la planta, es muy útil arreglar el diagrama de manera similar, en la medida de lo práctico. Dicho arreglo ayuda al personal de distribución de equipo y a los diseñadores de tubería a visualizar la planta más rápidamente y evita el sobreacentamiento de una línea que en realidad puede ser bastante corta, pero que aparece larga debido al arreglo del diagrama de flujo.

Existen muchos métodos de lograr un buen arreglo. Las bombas pueden ser colocadas debajo del otro equipo, como se muestra en la Fig. 5-5, o bien todo el equipo puede estar arreglado sobre una misma línea base. Las líneas de proceso pueden mostrarse en un plano y las líneas de servicio en otro. O ambas líneas, las de proceso y servicio, pueden ser mostradas en un solo plano. Sin embargo, esto a menudo produce una aglomeración excesiva, especialmente si hay demasiadas conexiones de servicio, como acontece en las instalaciones de compresoras grandes.

El diagrama de flujo, para ser leído y entendido con facilidad, no debe estar aglomerado. Para representar un proceso, con frecuencia se necesitan varios planos por separado. Las líneas que pasan del equipo de una hoja al de otra, se mantienen a una misma altura a modo de que la continuación de la línea en la siguiente hoja pueda ser encontrada con facilidad.

INFORMACION CONFIDENCIAL

Debido a lo completo que resultan, los diagramas de flujo de proceso, los diagramas de ingeniería de flujo y, algunas veces, los diagramas de cuadros contienen información confidencial. Nunca deben ser distribuidos libremente, ni su reproducción debe ser permitida por personas desautorizadas. Si se permite que individuos sin escrúpulos copien un diagrama de flujo, ellos pueden obtener una ventaja desleal ya que están evitando el tiempo, esfuerzo y gastos requeridos para producir un diagrama completo de flujo. Dicha práctica viola todos los códigos de ética conocidos.

TABLA 5-3 (1). SIMBOLOS DEL PLANO DE INSTRUMENTACION PARA FLUJO

(Reimpresa con autorización, Instrument Society of America, *práctica tentativa recomendada*)

SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION BASICA

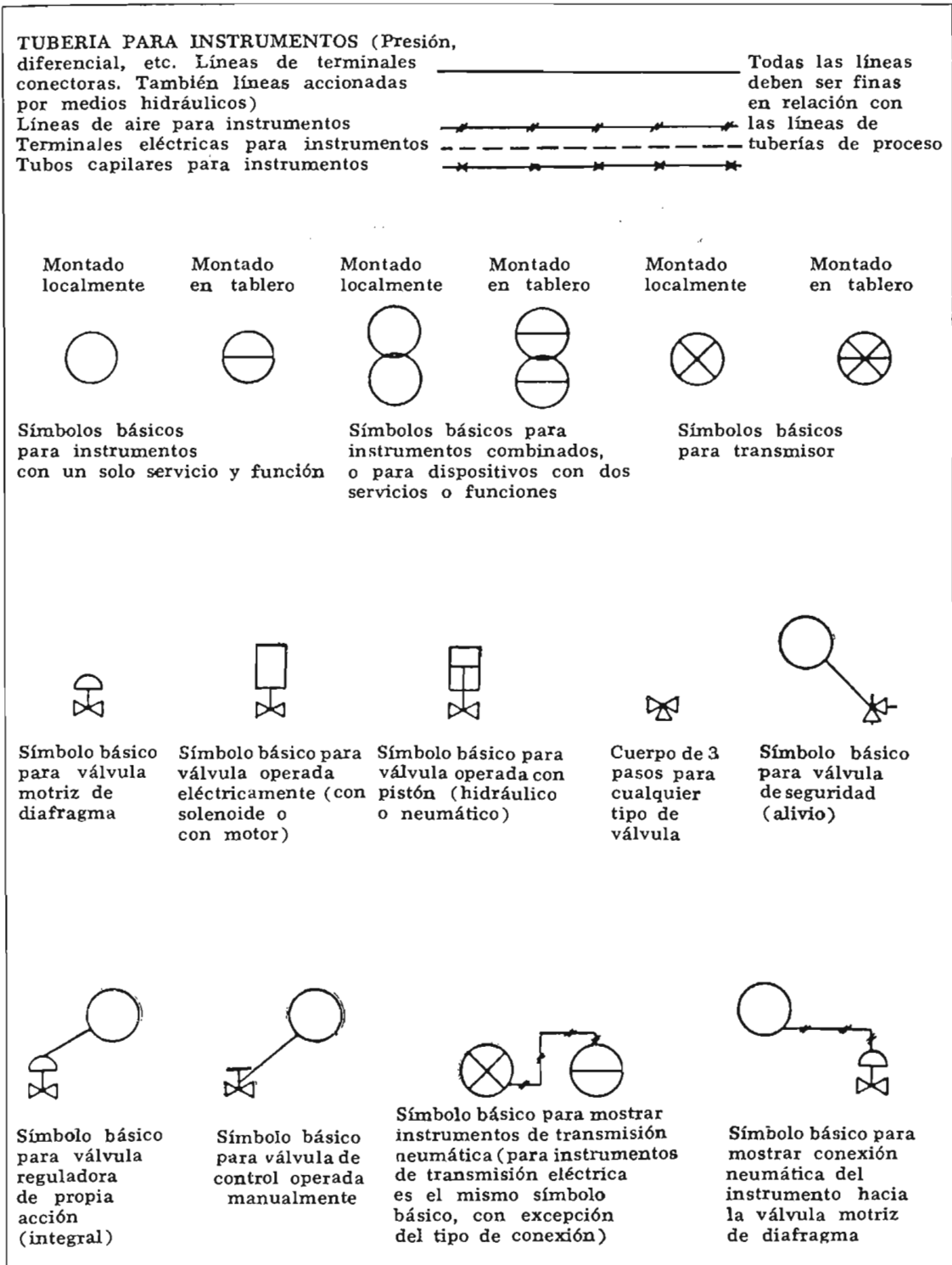


TABLA 5-3 (2). SIMBOLOS DEL PLANO DE INSTRUMENTACION PARA FLUJO

(Reimpresa con autorización, Instrument Society of America, práctica tentativa recomendada)

SIMBOLOS TÍPICOS DE INSTRUMENTACION PARA FLUJO

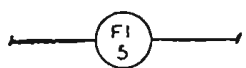
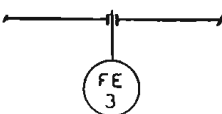
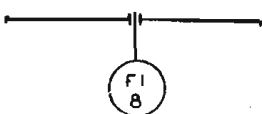
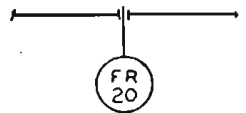

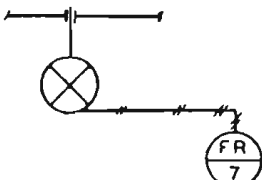
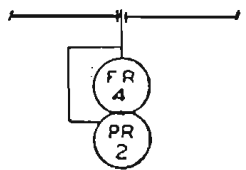
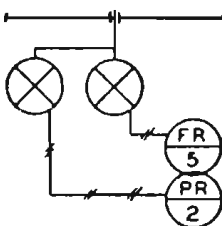
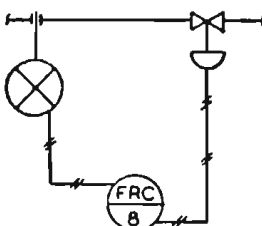
 <p>Medidor, tipo desplazamiento, de flujo</p>	 <p>Elemento (primario) de flujo (Cuando no se proporciona instrumento medidor)</p>	 <p>Indicador de flujo Tipo diferencial Montado localmente</p>
 <p>Registrador de flujo Tipo diferencial Transmisión mecánica Montado localmente</p>	 <p>Registrador de flujo tipo rotámetro, u otro tipo de registrador "en la línea"</p>	 <p>Registrador de flujo Transmisión neumática Transmisor local Receptor montado en tablero</p>
 <p>Registrador de flujo, tipo mecánico, con pluma registradora de presión directamente conectada, montado localmente (Nótese que en la lista de especificaciones, etc., una combinación como ésta aparecería escrita como FR-4 y PR-2, tratando, por consiguiente, cada elemento como una entidad separada)</p>	 <p>Registrador de flujo con pluma registradora de presión. Ambos elementos con transmisión neumática Transmisores montados localmente y el receptor en tablero (El receptor debe anotarse como FR-5 y PR-2, y cada transmisor se identifica por su propio elemento)</p>	 <p>Registrador controlador de flujo. Transmisión neumática con receptor montado en tablero y transmisor local</p>

TABLA 5-3 (3). SIMBOLOS DEL PLANO DE INSTRUMENTACION PARA FLUJO

(Reimpresa con autorización, Instrument Society of America, *práctica tentativa recomendada*)

SIMBOLOS TIPICOS DE INSTRUMENTACION PARA TEMPERATURA

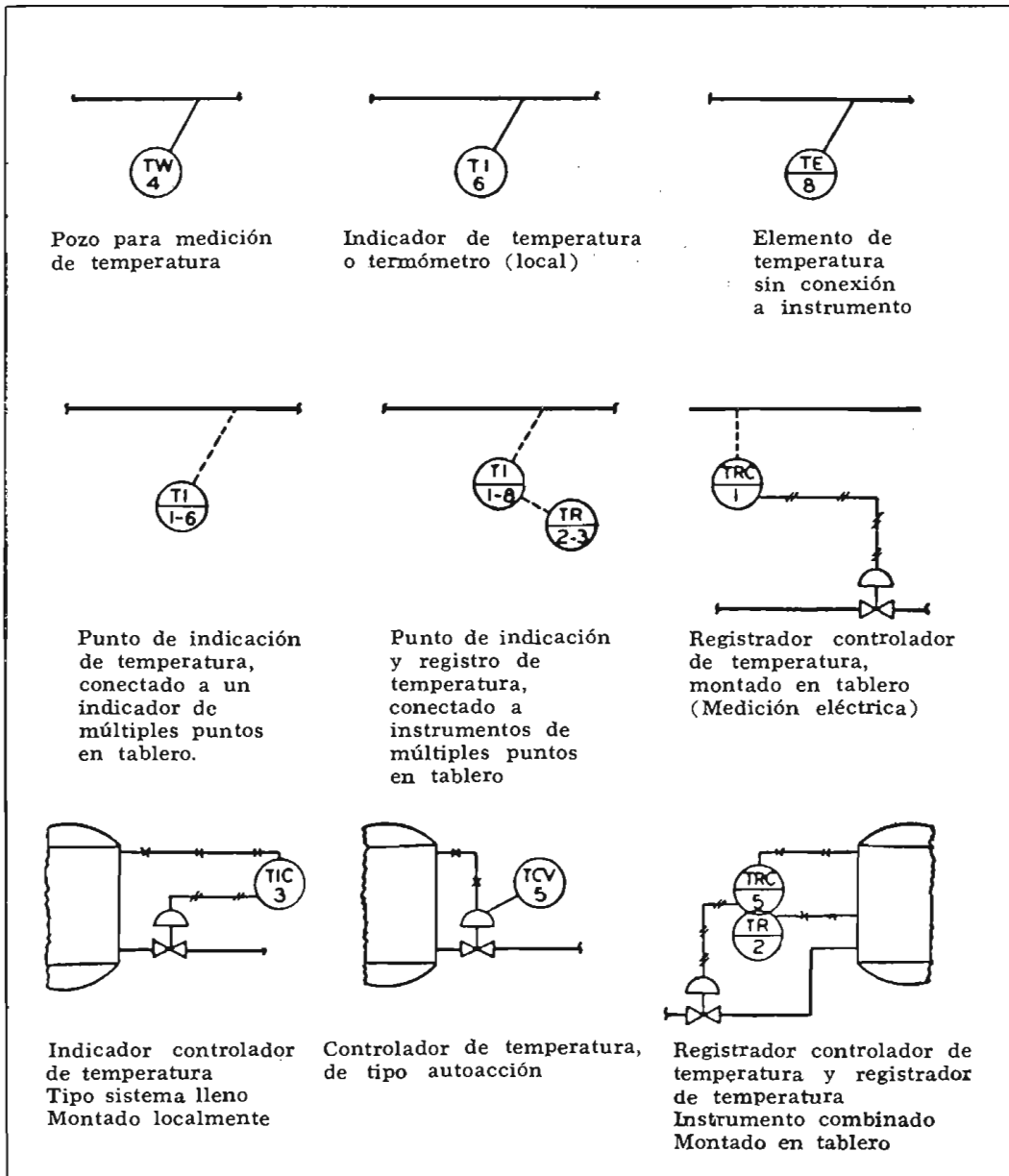
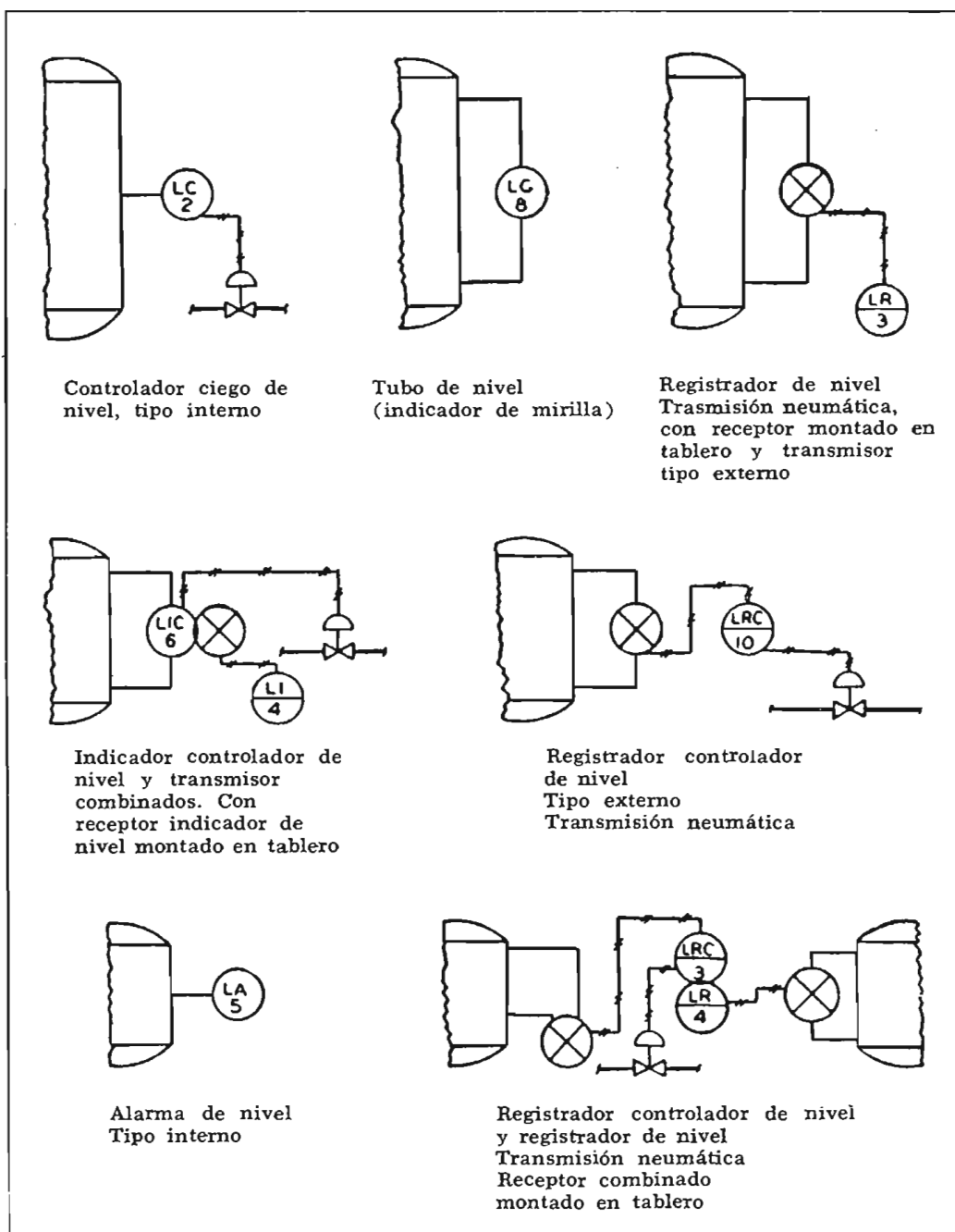


TABLA 5-3 (4). SIMBOLOS DEL PLANO DE INSTRUMENTACION PARA FLUJO

(Reimpresión con autorización, Instrument Society of America, *práctica tentativa recomendada*)

SIMBOLOS TIPICOS DE INSTRUMENTACION PARA NIVEL



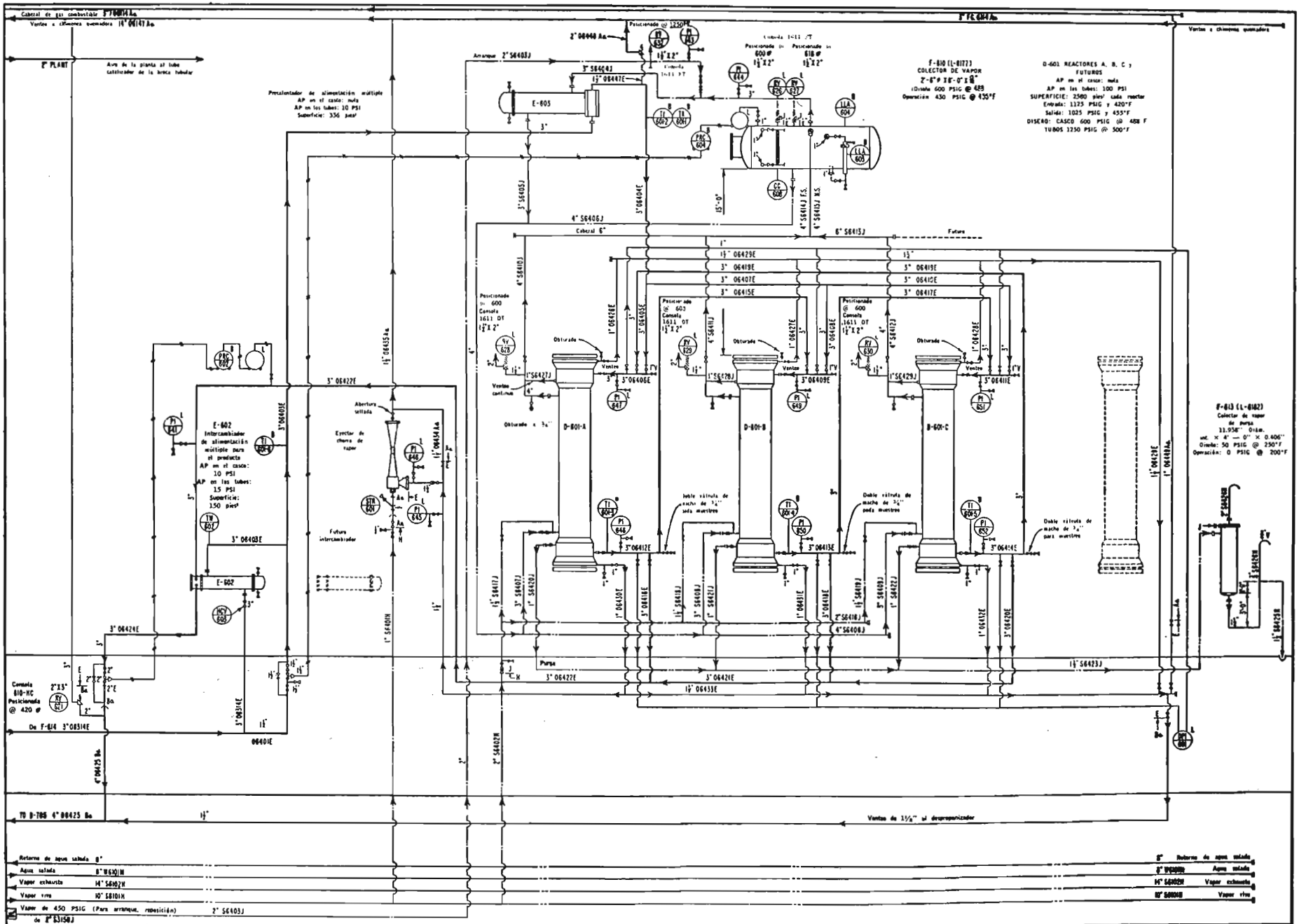


FIG. 5-4. Diagrama de ingeniería de flujo: sección de reactores de unidad de polimerización. (Cortesía de Foster Wheeler Corporation.)

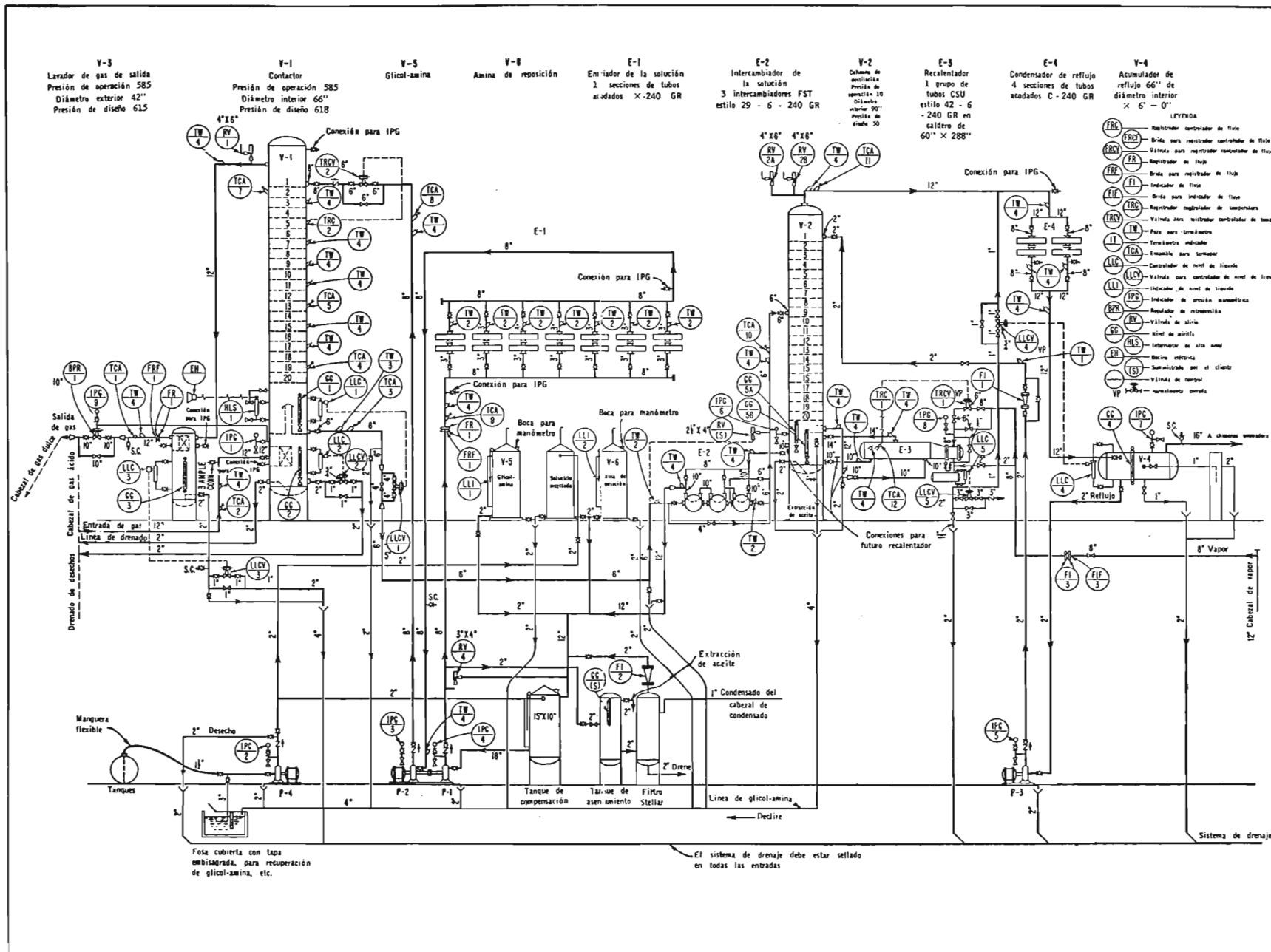


Fig. 5-5. Diagrama de ingeniería de flujo: planta de tratamiento de gas. (Cortesía de Fluor Corporation.) Este es un típico diagrama de flujo en la industria.

TABLA 5-3 (5). SIMBOLOS DEL PLANO DE INSTRUMENTACION PARA FLUJO

(Reimpresa con autorización, Instrument Society of America, *práctica tentativa recomendada*)

SIMBOLOS TIPICOS PARA INSTRUMENTACION PARA PRESION

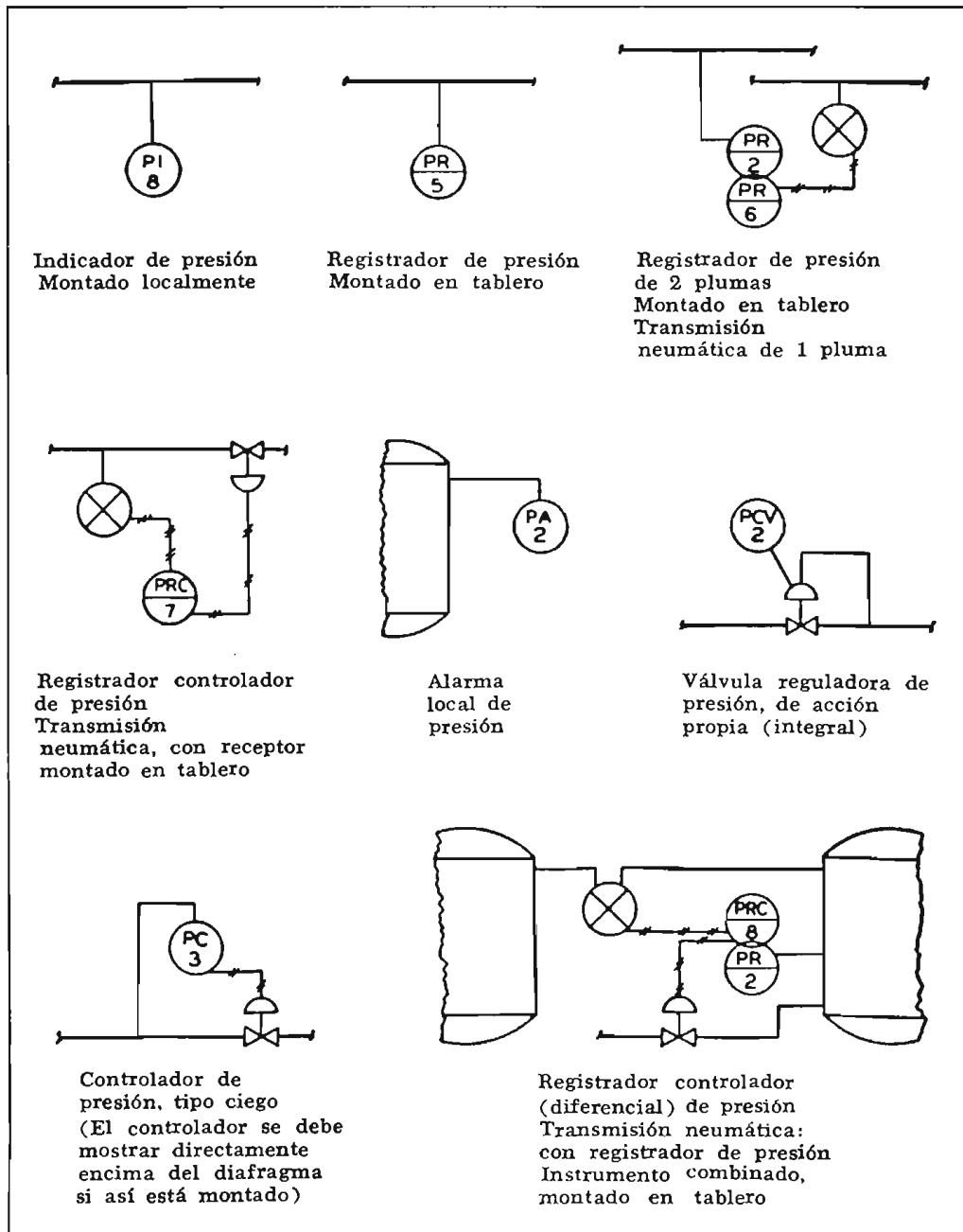


TABLA 5-3 (6). SIMBOLOS DEL PLANO DE INSTRUMENTACION PARA FLUJO

(Reimpresión con autorización, Instrument Society of America, práctica tentativa recomendada)

SIMBOLOS TIPICOS DE INSTRUMENTACION (DIVERSOS)

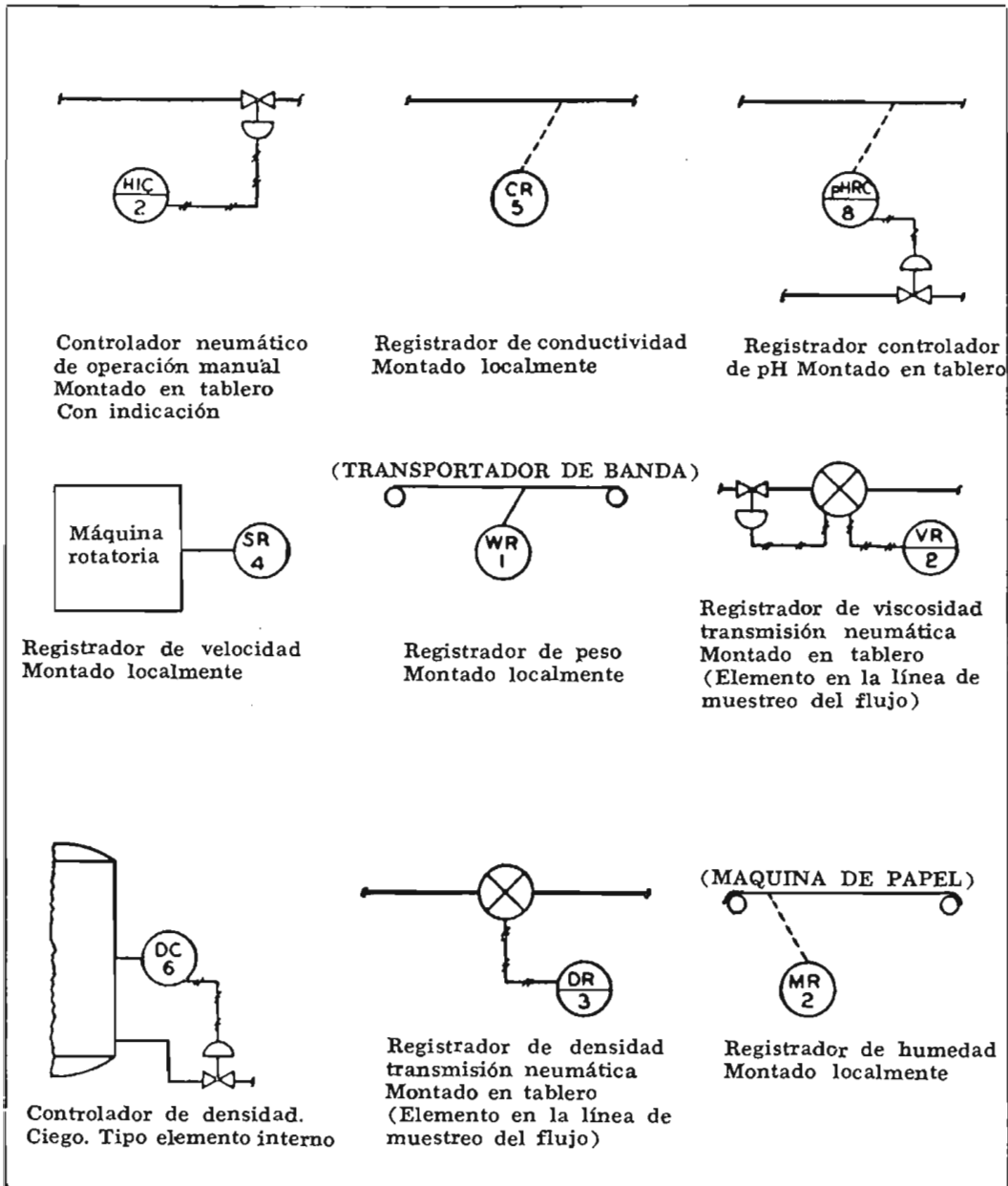


TABLA 5-3 (7). SIMBOLOS DEL PLANO DE INSTRUMENTACION PARA FLUJO

(Reimpresa con autorización, Instrument Society of America, práctica tentativa recomendada)

SIMBOLOS TÍPICOS DE INSTRUMENTACION PARA INSTRUMENTOS COMBINADOS

