

08.75.14

CNEA AC 18/75

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

CENTRAL NUCLEAR EN ATUCHA

INTRODUCCION A LOS SISTEMAS AUXILIARES
DEL REACTOR DE LA C.N.A.

E. Díaz

Buenos Aires-Argentina
1975

- I Generalidades. Función de los circuitos auxiliares.
- II Sistema de regulación de volumen TA.
- III Sistema de inyección de boro de emergencia TB.
- IV Sistema de limpieza del refrigerante primario TC.
- V Sistema de desgasado TD.
- VI Sistema de enriquecimiento de D_2O TE.
- VII Circuito intermedio de refrigeración nuclear TF.
- VIII Circuito de refrigeración y limpieza del agua de piletas de elementos combustibles TG.
- IX Sistema de refrigeración de seguridad TJ.
- X Circuito de refrigeración de agua fría TK.
- XI Sistema de ventilación de zona controlada TL.
- XII Sistema de provisión de agua desmineralizada y vapor TN.
- XIII Sistema de aire comprimido y N_2 TP.
- XIV Sistema de tratamiento de desechos líquidos TR.
- XV Sistema de tratamiento de residuos sólidos TT.
- XVI Sistema de tratamiento de drenajes y pérdidas de agua recuperable TU.
- XVII Sistema de extracción de muestras TV.
- XVIII Sistema de abastecimiento de D_2O a la máquina de carga TW.
- XIX Sistema de secado de elementos combustibles en botella basculante TX.
- XX Sistema recolector de venteos y pérdidas y vaciado de componentes TY.
- XXI Sistema de drenaje de edificios en zona controlada (H_2O/D_2O).

I. FUNCION DE LOS CIRCUITOS AUXILIARES

En un reactor nuclear no solamente resulta suficiente para su funcionamiento, mantener un adecuado valor de reactividad del núcleo y la segura evolución del medio refrigerante primario. Debe contemplarse también en el diseño los fenómenos de variación de volumen que experimenta la masa del refrigerante y moderador durante los "arranques" y detenciones del reactor. Esta necesidad sumada a otras que serán comentadas más adelante hacen que se introduzca un sistema de regulación de volumen (TA) (1). Los requerimientos en cuanto a especificaciones químicas y físicas del medio primario (en el caso de la CNA, D_2O) requieren que este mismo sistema conduzca en condiciones de presión y temperatura adecuadas una cierta cantidad horaria hacia los sistemas de limpieza y desgasado.

La necesidad de un sistema de limpieza (TC) surge claro en cuanto al requerimiento de extraer el máximo posible de productos radioactivos del medio primario. En este mismo sistema se encuentran las instalaciones destinadas a retener boro. Como es sabido durante la primer fase de operación de la planta se requiere utilizar boro para no disponer de un grado elevado de reactividad.

Los productos de activación gaseosos del agua, tales como el N^{16} y los productos de fisión que ante eventuales daños de elementos combustibles aparecen en el medio primario requieren un sistema que paralelamente los vaya extrayendo. Surge entonces también la necesidad de disponer de un sistema de desgasado (TD).

Los cierres de los canales de refrigeración ("tapones") no poseen estanqueidad perfecta y debe preverse que a través de los mismos, como así también en otras partes de la instalación, aparecerán pérdidas de agua pesada. Estas deberán ser canalizadas adecuadamente y colectadas en instalaciones que permitan el muestreo, y de acuerdo a su riqueza en deuterio proceder a "regradar" las cantidades cuya concentración haga que económicamente resulte ello necesario.

El sistema de enriquecimiento (TE) cumple con las funciones de regradar el agua y llevar su concentración a valores "calidad de reactor" (99,75% molar D_2O).

El agua de pérdidas, cuando ella se encuentra en fase líquida, es conducida al sistema recolector (TY).

(1) En la tabla 1 se enumeran los circuitos auxiliares del reactor junto a su denominación simbólica.

Muchas de las pérdidas, al provenir de sistemas a presión y temperatura elevada, se vaporizan con facilidad, contribuyendo con ello a aumentar la humedad de los ambientes.

Resulta necesario extraer la mencionada humedad del ambiente y luego de ser condensada conducida al sistema TY, para decidir su enriquecimiento o no.

La necesidad de adecuar temperaturas del medio a procesar, en los distintos sistemas auxiliares, da lugar a los sistemas TF y TK, que no son más que circuitos de agua desmineralizada a distintas temperaturas (agua de refrigeración).

El proceso de recambio de elementos combustibles, que en la Central Nuclear Atucha, tiene lugar durante la operación requiere sistemas auxiliares para proveer agua pesada y agua liviana al sistema de transporte del combustible (sistemas TW y TG). Agua liviana con permanente circulación y limpieza se requiere también las piletas de elementos combustibles destinadas a la operación con los mismos (ensamble y desensamble) y piletas de decaimiento.

Durante la etapa de remoción de D2O arrastrado por el combustible, es necesario secar al mismo con nitrógeno, operación que se lleva a cabo en la "botella basculante" mediante el sistema TX.

Los locales de zona controlada deben cumplir con especificaciones de temperatura y humedad, como así también, en algunos casos con la segura renovación del aire de los mismos de acuerdo a un cierto "rate". Estas funciones son llevadas a cabo por el sistema TL.

Los circuitos de refrigeración TF y TK, como así también el circuito TG, utilizan agua desmineralizada. Los circuitos de calefacción utilizados en diversos sistemas (calefacción del desgasificador del sistema TD, calefacción de evaporadores del sistema TE, calefacciones del evaporador del sistema TR, etc.) utilizan vapor de agua desmineralizada. Existen suministros de agua desmineralizada también en distintos sistemas para producir diluciones, lavados de filtros, distribución de agua para usos generales, etc.

El sistema que provee los servicios antes mencionados se denomina con la sigla TN.

El aire comprimido juega un papel importante en distintos procesos, tales como: el mezclado de las resinas de los filtros

de lecho mixto de los sistemas TC y TU, el accionamiento de válvulas neumáticas de los sistemas TA, TB y TL, de manera importante. El sistema de "aire de respiración" y accionamiento de herramientas neumáticas son consumidores del mismo aire. Este suministro se encuentra caracterizado dentro de la zona controlada, como sistema TP.

Las aguas colectadas en la zona controlada, como ya fuera expuesto, son colectadas en los sistemas TY y TZ, luego de realizado el análisis sobre el contenido de deuterio, se decide si las mismas son posibles de ser "regradadas" o bien en caso contrario deben ser evacuadas al río sin sobrepasar los valores de actividad y concentración, fijadas en la licencia provisoria de la CNA. El sistema encargado de almacenar y emitir los residuos radioactivos líquidos previo tratamiento cuando el caso lo requiere, se denomina TR.

El sistema TR, como se verá en XIV, está compuesto por tierras de infusorios a los efectos de retener la actividad "particular" en sus filtros y por la actividad en solución en su evaporador.

Los filtros de tierra de infusorios, como así también el concentrado de la calota del evaporador paulatinamente se van "enriqueciendo" en actividad. Periódicamente estos residuos son extraídos a través de cañerías y enviados a un sistema que los solidifica, mediante el aditamento de un plástico. Este proceso denominado de "inclusión" es llevado a cabo en el sistema TT.

El agua pesada que va a ser "regradada" en el sistema TE es tratada antes y después de las columnas de enriquecimiento, mediante filtros de resinas aniónicas y de carbón activado, de manera que agentes en suspensión o actividad queden retenidos en los mismos y no afecten a las columnas del sistema TE. Ya regradada el agua, ésta puede arrastrar cobre u otras impurezas proveniente de los cuerpos de rellenos de las columnas, siendo éste, elemento perjudicial para el circuito primario. La función descripta se encuentra a cargo del sistema TU.

En la zona controlada, todos los desagües que en algún momento puedan conducir agua de limpieza de pisos, derrames de agua liviana de los circuitos de refrigeración o bien agua pesada proveniente de pérdidas de los circuitos principales o auxiliares, son colectadas en "sumideros" desde donde previo análisis del contenido de deuterio son enviados a los sistemas TR o TY (eliminación hacia el río con eventual tratamiento o envío hacia las columnas de enriquecimiento respectivamente (TY vía TU hacia TE)).

Este sistema colector se designa con la sigla TZ.

Aparte de los sistemas mencionados, existen los sistemas denominados "de emergencia". Como lo da a entender su denominación, los mismos actúan en caso de ocurrir el accidente de diseño.

El sistema TB, en el caso de que habiéndose producido un orden de "scram" y un cierto porcentaje de barras de control no se haya introducido totalmente, asegurando una cierta reactividad negativa, inyecta al tanque del moderador una solución de D_3BO_3 (ácido deuterobórico).

El sistema TJ es el encargado de mantener la refrigeración del núcleo, en caso de ocurrir el accidente de diseño. Se compone de dos sistemas: a) de alta presión y b) de baja presión. El primero actúa inyectando agua liviana en el circuito del refrigerante primario, en un punto próximo al reactor. El segundo está destinado a retirar el calor de decaimiento. Una vez que el circuito primario haya alcanzado una presión de 5 at. menos que la presión de impulsión de las bombas del foso del reactor, se rompen las membranas que vinculan este circuito con el circuito del moderador haciéndose efectiva la refrigeración del núcleo a través de la vinculación del circuito moderador refrigerante.

II. SISTEMA DE REGULACION DE VOLUMEN (TA)

El esquema circuital se muestra en la figura 1. Puede observarse que es factible tomar desde el circuito del moderador o desde el circuito del refrigerante una determinada cantidad de agua pesada con destino a:

- Suministro de D_2O para la botella basculante (TW)
- Suministro de D_2O para la máquina de carga (TU)
- Limpieza del medio primario (TC)
- Desgasado del medio primario (TD)
- Enriquecimiento del D_2O - Sistema primario (TE 1)
- Suministro de agua de sellos para las bombas principales QF.
- Rociado "Frío" y "Caliente" del presurizador.

Además el sistema permite otras funciones según demanda:

- Inyección de boro al sistema primario ($B O_3 D_3$);
- Inyección de hidracina ($N_2 H_4$).
- Reposición o extracción de D_2O del sistema.

En operación normal se extraen del circuito primario 24 ton/h de D_2O , que luego de un primer enfriamiento en un intercambiador recuperativo, y de un segundo enfriamiento en un intercambiador alimentado por el sistema TF, posee una temperatura de 44° o 45° . Una estación de reducción de presión, reduce las 112 atmósferas del circuito primario a aproximadamente 5 atmósferas.

La totalidad del caudal extraído por este sistema, atraviesa, en condiciones normales, el sistema de limpieza (TC). Allí se filtra el D_2O eliminando las impurezas que pueden encontrarse en forma de partículas o en solución. De esta manera se consigue mantener en el circuito primario un determinado nivel de actividad y de elementos agresivos para la instalación. La válvula de "by-Pass" del sistema TC, se encuentra normalmente cerrada, pero si la temperatura del medio a filtrar supera los 60° , se abre, evitando que se destruyan las resinas de los filtros.

El mismo caudal de agua (24 t/h) pasa a través del sistema de desgasado (TD), dado que la válvula "by-Pass" de este sistema se encuentra normalmente cerrada. En este sistema mediante evaporación y posterior condensación se separan del D_2O los gases no condensables, entre los cuales se encuentran el D_2 , O_2 , N_2 , Xe y Kr.

Luego del sistema TD, el agua pasa al tanque de regulación de volumen, donde se mantiene un determinado nivel.

A través de la válvula TU21S01, y la bomba asociada se extrae un caudal aproximado de 100 l/h para enriquecimiento. Previo al pasaje por el sistema de enriquecimiento (TE1) y con posterioridad al mismo, el agua atraviesa un sistema de filtrado dominado TU. El grueso del caudal de sistema de regulación de volumen es conducido nuevamente al circuito primario por medio de las bombas de alta presión (TA41D01, TA42D01, TA43D01). Con posterioridad a las bombas se encuentran las extracciones de agua de sellos para las bombas principales del circuito primario y las extracciones para el rociado del tanque del presurizador.

Forman parte también del sistema de regulación de volumen los recipientes para almacenamiento de D₂O, TA35, TA36, TA37 y TA38B01, con una capacidad total de 280 m³. Mediante las bombas de llenado, es posible transferir el D₂O del sistema a los tanques de reserva y desde estos últimos al sistema. También mediante las bombas de llenado es posible enviar agua al tanque de alivio o extraer agua del mismo. Precisamente la regulación de volumen se lleva a cabo mediante el tanque de "regulación de volumen" y las bombas de llenado. Cuando se produce un aumento de volumen en el circuito primario, aumenta el nivel en este tanque. Mediante las bombas de llenado es posible enviar agua al tanque de alivio o a los tanques de reserva. De manera inversa se procede cuando existen contracciones de volumen.

III. SISTEMA DE INYECCION DE BORO DE EMERGENCIA (TB)

Constituye un sistema de emergencia. El mismo asegura para el caso en que habiéndose ordenado un "Scram" del reactor, no se logre dentro de un tiempo previsto, el estado subcrítico con un cierto grado de seguridad. También en el caso en que se registre un descenso rápido de la presión en el circuito primario, tiene lugar la actuación de este sistema.

En la figura 2 se ha representado una de las tres ramas de inyección de ácido deuterobórico ($B_2O_3D_3$) al moderador. Dos compresores de aire alimentan baterías de botellones de aire comprimido, los cuales se encuentran disponibles por sola apertura de la válvula TB31S02. La válvula TB31S05, se encuentra normalmente abierta. En el recipiente TB31B01 se encuentra una solución al 4% de ácido deuterobórico (160 ℓ). Esta solución se encuentra separada por una membrana (TB31S-011) del moderador. Cuando la señal de accionamiento actúa sobre la válvula electromagnética, ésta deja pasar aire hacia la válvula neumática TB31S02 quedando aplicada la presión de los botellones de aire (175 kg/cm²) sobre el recipiente (TB-31B01). La membrana rompe con una diferencia de 20 kg/cm², positiva respecto del lado reactor. Como ya se dijo el sistema posee tres ramas. De éstas, para conseguir una subcriticidad del 2%, aún sin barras de control, es suficiente que actúen sólo 2.

IV. SISTEMA DE LIMPIEZA DEL REFRIGERANTE PRIMARIO (TC)

En este sistema se procede al filtrado del agua proveniente del sistema TA(figuras). El caudal nominal de operación es de 22 a 24 ton/h. Al ingresar a este sistema, el agua pasa a través de un filtro mecánico TC10N01 o TC10N02. Allí se retienen las partículas en suspensión. A continuación el agua pasa a través de resinas de lecho mezclado (TC11N01 o TC12N01) Las resinas permiten retener impurezas estables y productos radioactivos en estado iónico. Finalmente el agua abandona el sistema a través del filtro mecánico TC14N01. Este último permite retener resinas en el caso de existir roturas en el cedazo de contención del filtro de lecho mezclado.

Durante la primer fase de operación fué necesario agregar boro al sistema primario hasta una concentración de 18ppm Alcanzado el régimen de potencia de la Central se requirió extraer este boro hasta concentraciones inferiores a 1 ppm. Esta operación se lleva a cabo mediante la apertura de la válvula TC13S02, habilitando el filtro de resina aniónicas TC13N01: es decir, el caudal de limpieza describe durante el desborado el circuito: filtro mecánico- resinas del lecho mixto- resina aniónica- filtro mecánico.

V. SISTEMA DE DESGASADO (TD)

En la figura 4 se muestra esquemáticamente este sistema. Entre las funciones de este sistema pueden citarse:

- Eliminación de productos de fisión gaseosos del medio refrigerante principal y moderador.
- Recuperación del deuterio producido por radiólisis en el circuito primario.
- Almacenamiento de los gases radioactivos a los efectos de reducir por decaimiento su actividad.
- Mantenimiento de una ligera depresión en recipientes y sistemas que puedan contener niveles considerables de actividad.

El sector de este sistema destinado al desgasificado del circuito primario está constituido por un desgasificador TD11-N01, un condensador refrigerado por el sistema TK, un compresor TD21D01, un tanque colector TD21B01 y un recombinador TD=41N01. El agua proveniente del sistema TC, ingresa al desgasificador donde por calentamiento desde el sistema TN se evapora el agua pesada, separándose los gases, en el condensador; los que son aspirados por el compresor y enviados al tanque colector. Desde este último son enviados al recombinador donde el deuterio al combinarse con oxígeno suministrado al efecto, forma D_2O , que es recuperada.

El resto de los gases, en una gran proporción radioactivos es enviado por medio del compresor TD51D01 a tanques de decaimiento (TD61/64B01).

La línea de mantenimiento de depresiones (TY2) ingresa a un recombinador TD72N01 donde mediante la adición de O_2 se consigue recuperar el D_2 libre. Desde un tanque colector TD71B01 se envían los gases a la chimenea por medio de TD71D01. A la salida de cualquiera de las líneas comentadas, existen válvulas electromagnéticas que se cierran, cuando el detector TD65Y01 supera un valor pre-establecido de actividad. Existen además conexiones auxiliares (en línea punteada). Una de ellas permite durante las operaciones de evacuado del primario, operar con dos compresores. La otra permite enviar los gases de la línea TD7 al tanque colector TD21B01 y de allí a los tanques de decaimiento. Este procedimiento se utiliza cuando la actividad específica de los gases hace que los mismos no puedan ir directamente a chimenea.

VI. SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO DEL D_2O (TE)

La instalación de enriquecimiento consta de dos columnas de rectificación (ver figura 5); la columna I (TE13B01) que extrae en forma continua agua del primario y la enriquece, tratando que se mantenga en este circuito "agua pesada calidad de reactor" (mínimo 99,75% Mol. D_2O). La columna II (TE23B01) está diseñada para enriquecer mezclas diluídas provenientes de los sistemas colectores de D_2O . Estas mezclas tienen su origen en: Sistema de secado de elementos combustibles (TX), pérdidas de D_2O en locales de generadores de vapor y del reactor, pérdidas controladas en las bombas de alta presión del sistema TA, producto de cabeza de la columna I, etc.

COLUMNA I

El agua proveniente del sistema TU (ver figura 1), ingresa a uno de los evaporadores de alimentación, calentado por el sistema TN. La alimentación a la columna, tiene lugar por medio de la válvula correspondiente asociada a la misma (la válvula de alimentación elegida es función de la concentración de D_2O del agua a procesar).

La alimentación posee la concentración del primario, mientras que el pie de la columna suministrará una concentración máxima de 99,9 % Mol D_2O . El producto de cabeza resulta aproximadamente de 90% Mol D_2O . El producto de pie de la calota es recirculado por una bomba pasando por un evaporador alimentado también por el sistema TN. La depresión existente en la columna es de 120 Torricelli aproximadamente. En su parte superior, la columna posee dos enfriadores, uno alimentado por el sistema TF y otro por el sistema TK.

El producto de cabeza es enviado a un tanque colector (TE14B01) y por medio de una bomba es enviado a alguno de los tanques de colección y alimentación.

De este tanque, por gravedad, el agua ingresa al evaporador de alimentación de la columna II. El producto de pie (agua enriquecida) es extraído de una bomba hacia el sistema TU (TU11) y de allí ingresa nuevamente al circuito de regulación de volumen (TA).

La columna I ha sido diseñada para extraer 600 kg. de agua liviana por año del medio primario.

COLUMNA II

La columna II funciona de manera similar a la de la columna I. La característica diferenciante es la posibilidad de alimentación de un amplio rango de concentraciones (2%-99%). A medida que disminuyen las concentraciones de alimentación, se lleva a cabo a mayor altura. El producto de cabeza, en condiciones de régimen es de 1% Mol D_2O , o menor, mientras que el producto de pié es de calidad reactor (máx. 99,8% Mol. D_2O).

El producto de pié es extraído mediante una bomba que alimenta el recipiente TE28B01.

Desde este último recipiente se envía nuevamente al TA, previo paso por el sistema de filtrado TU. La columna II ha sido diseñada para procesar del orden de 156 toneladas de agua mezcla por año, con una concentración media del 50% Mol. D_2O .

En condiciones normales el producto de cabeza se desecha, enviándose al sistema TR.

El producto de pié es extraído por la bomba y enviado al tanque TE28B01 y desde allí al sistema TA previo paso por los filtros del sistema TU.

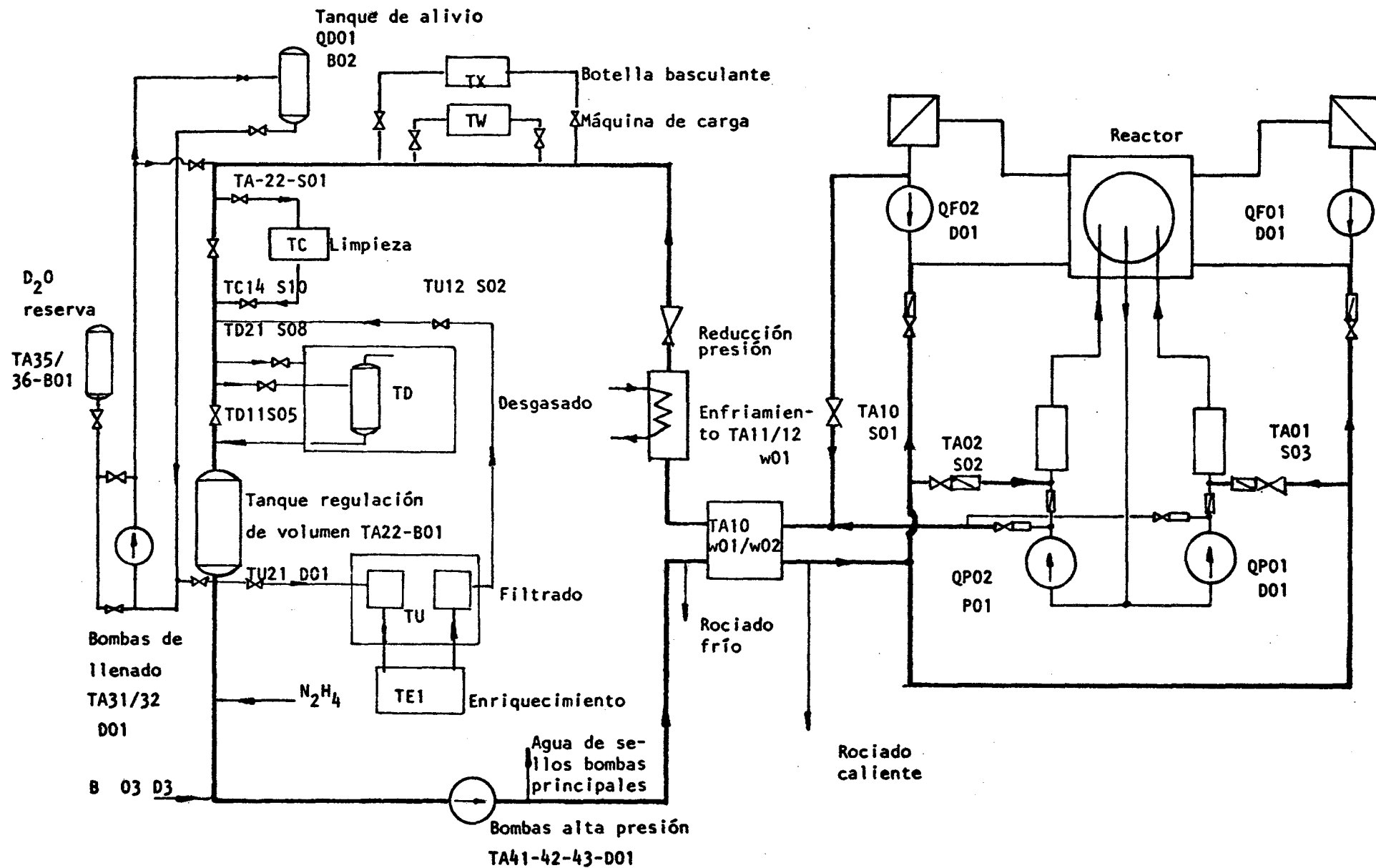


Figura 1

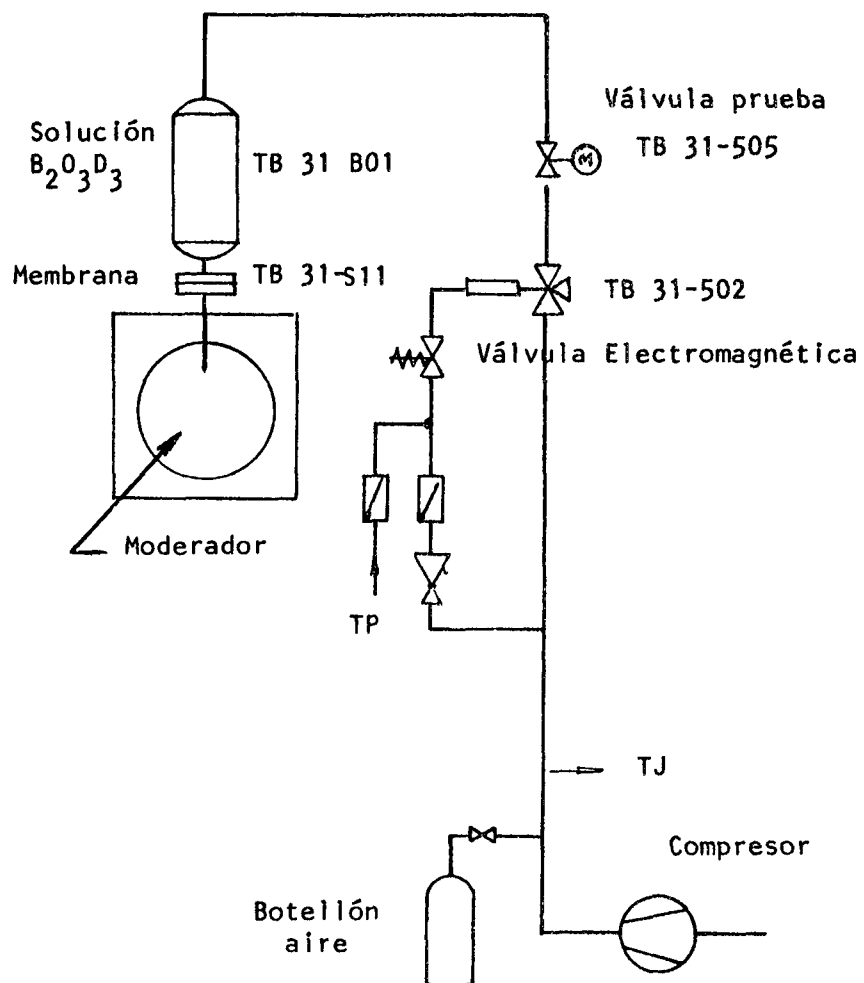


Figura 2

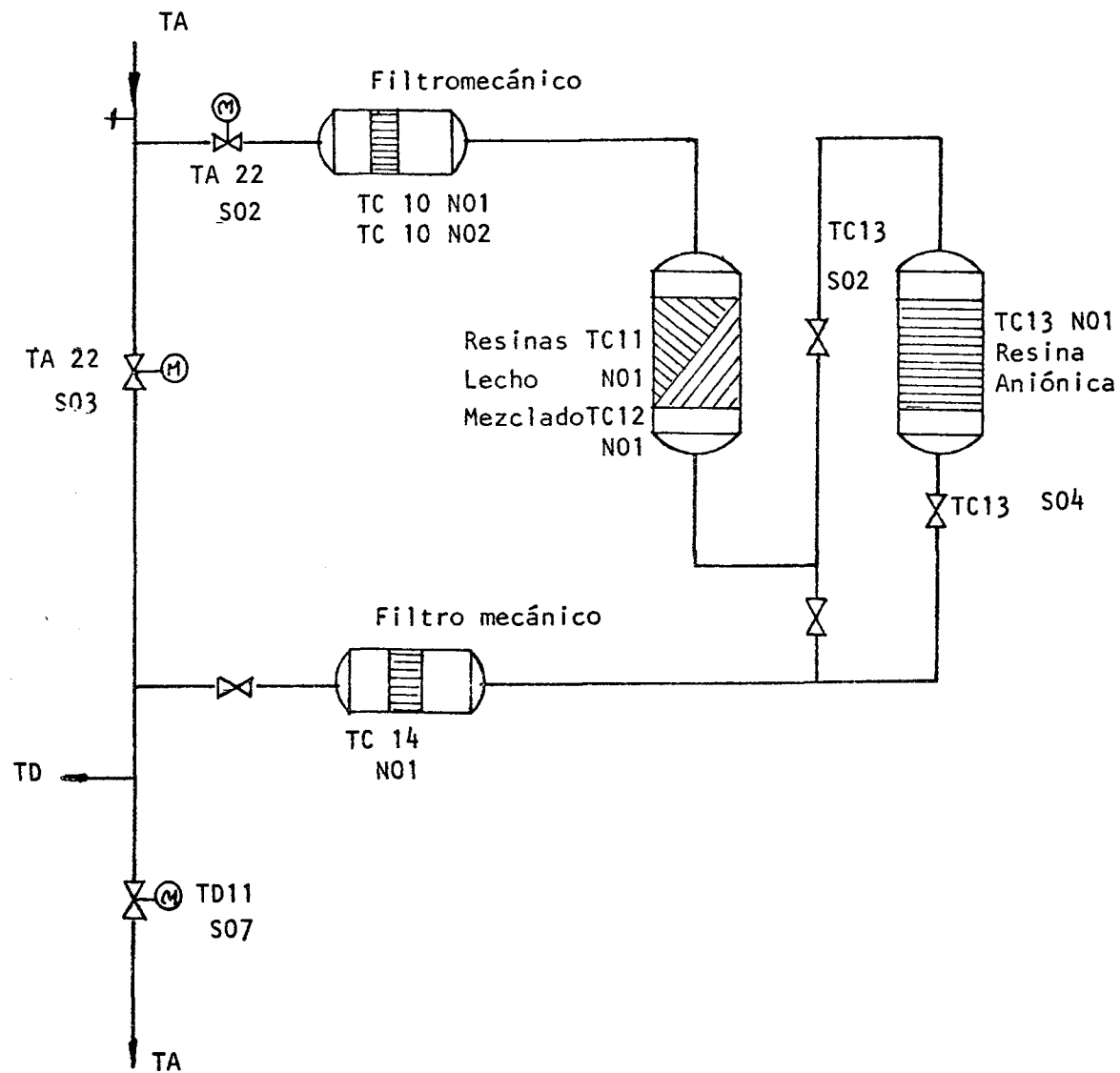


Figura 3

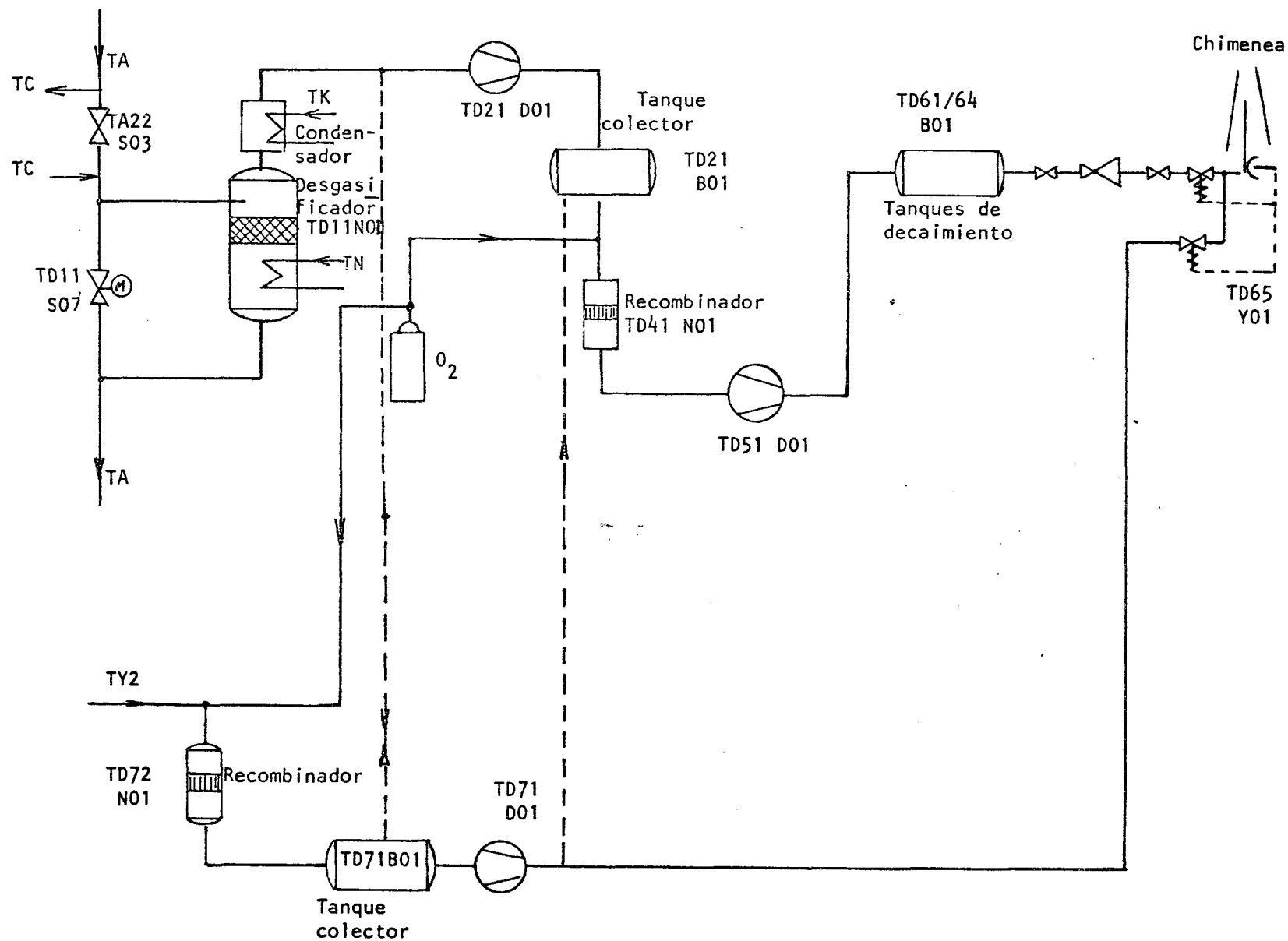


Figura 4

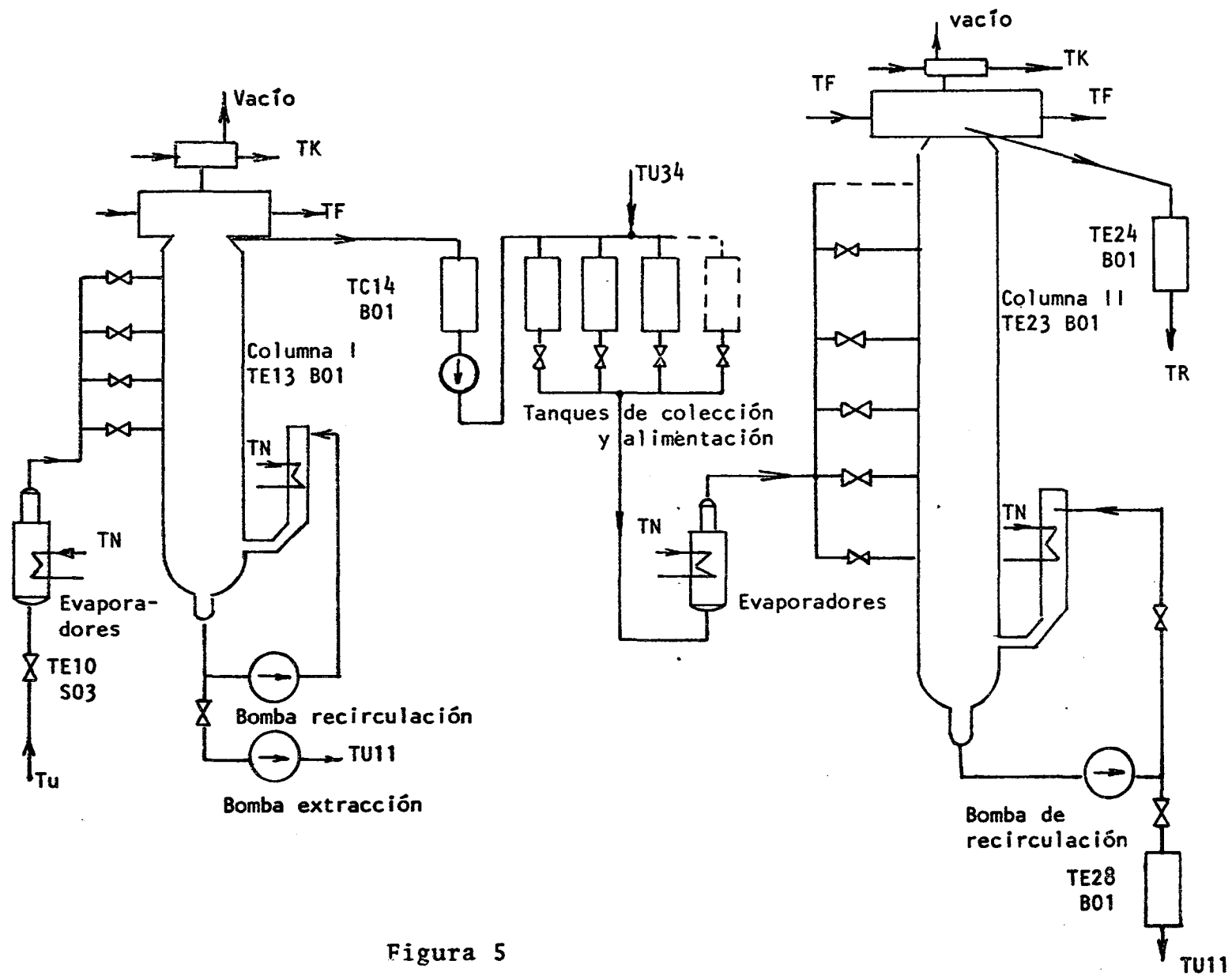


Figura 5

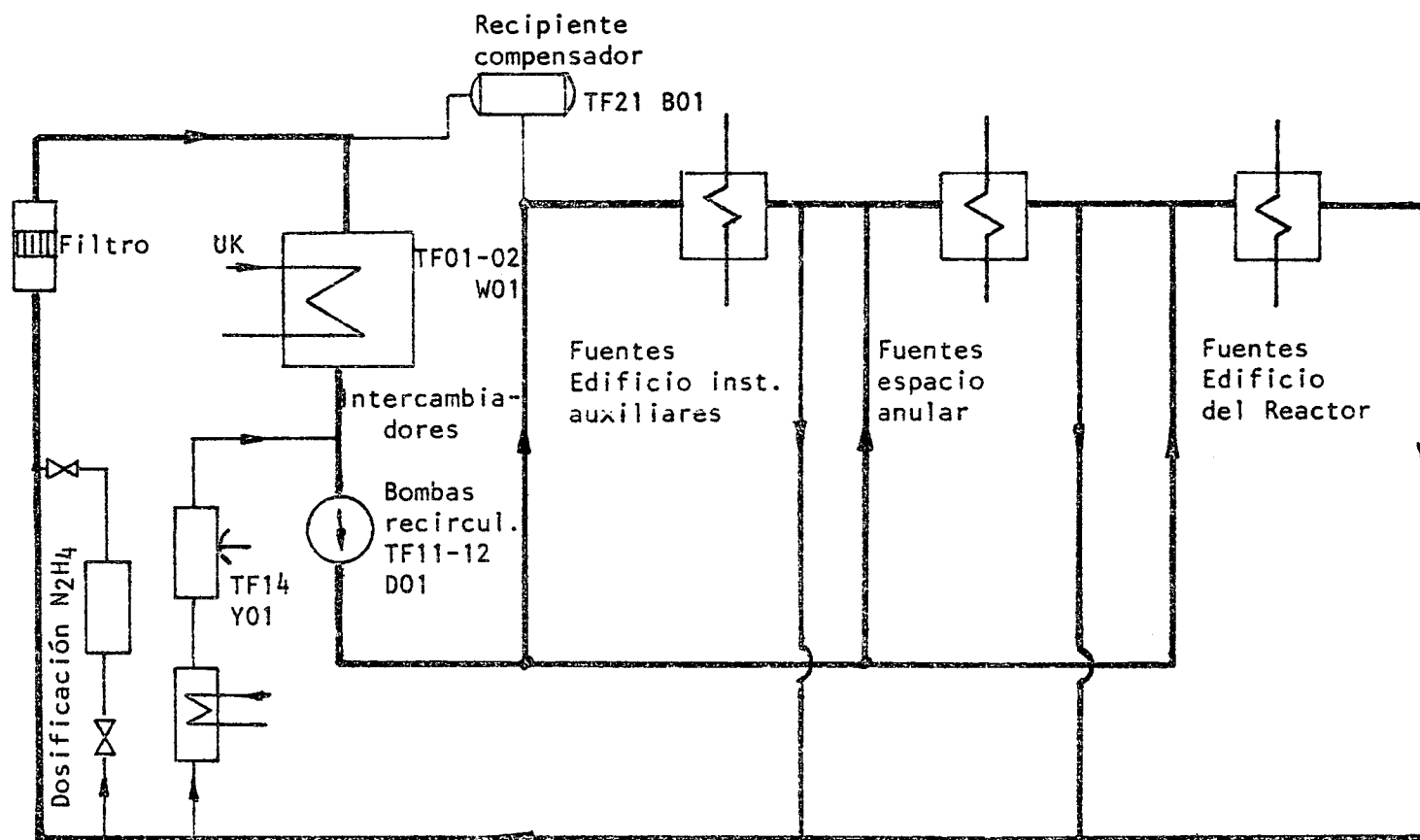


Figura 6

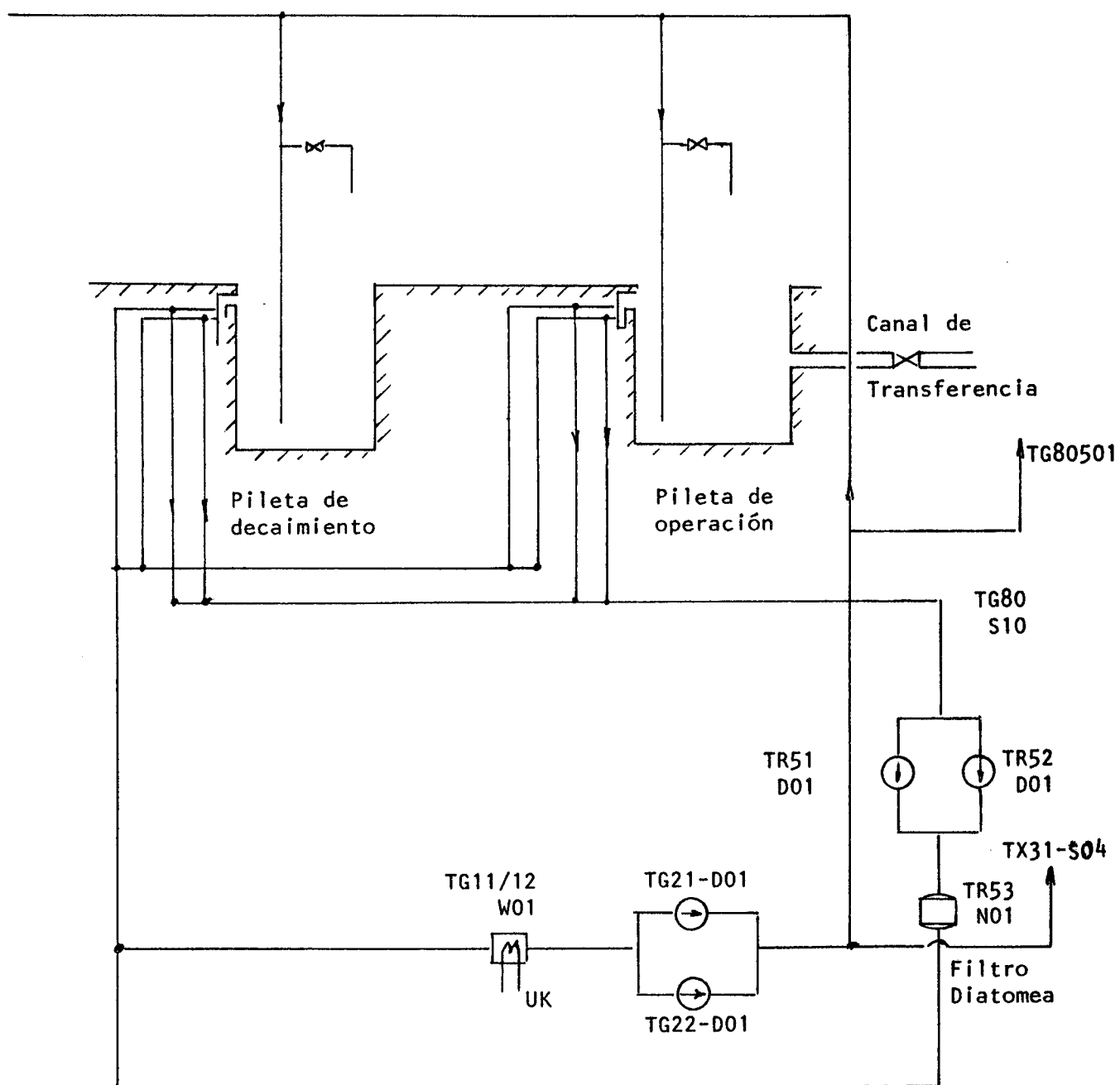


Figura 7

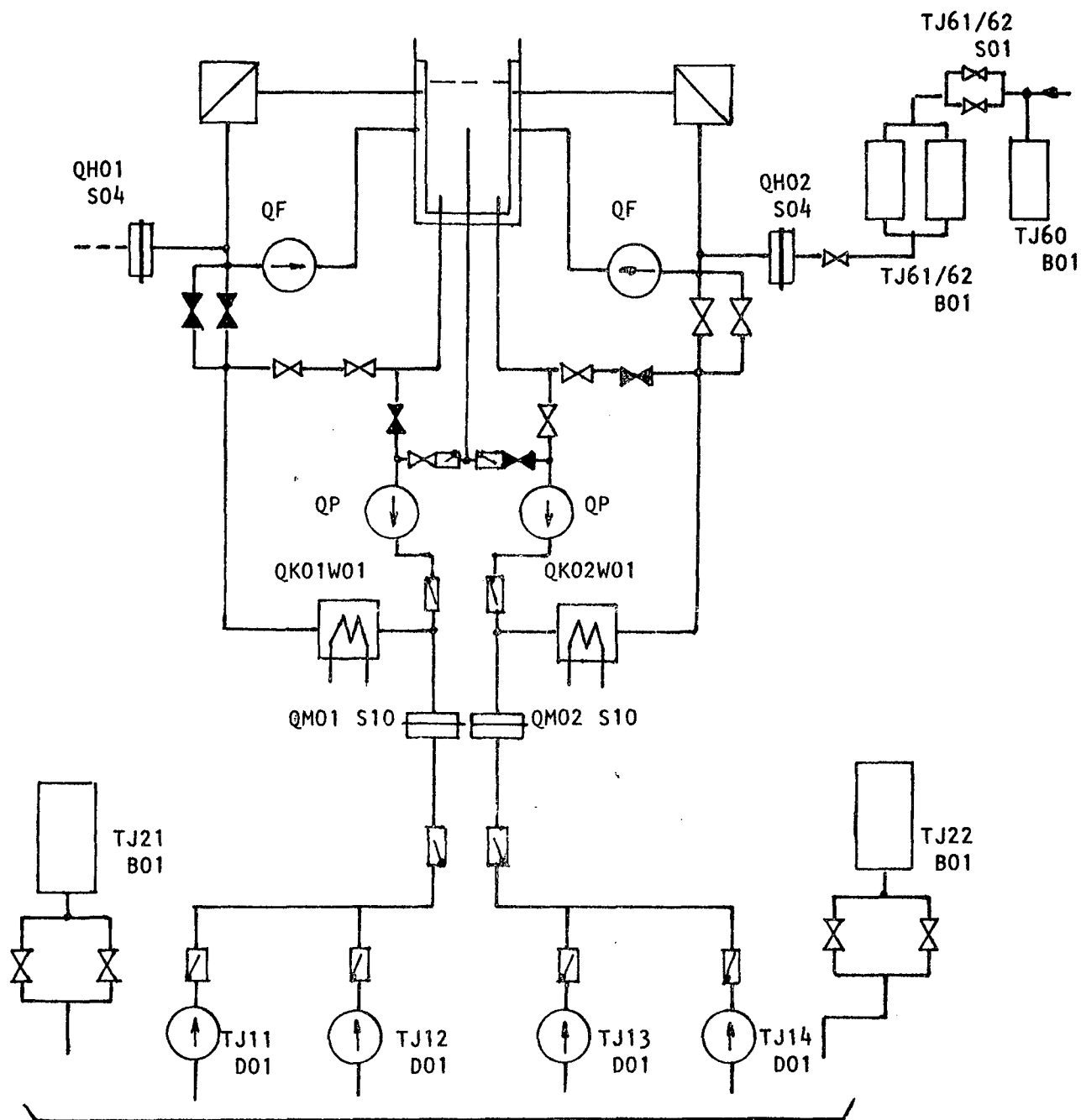
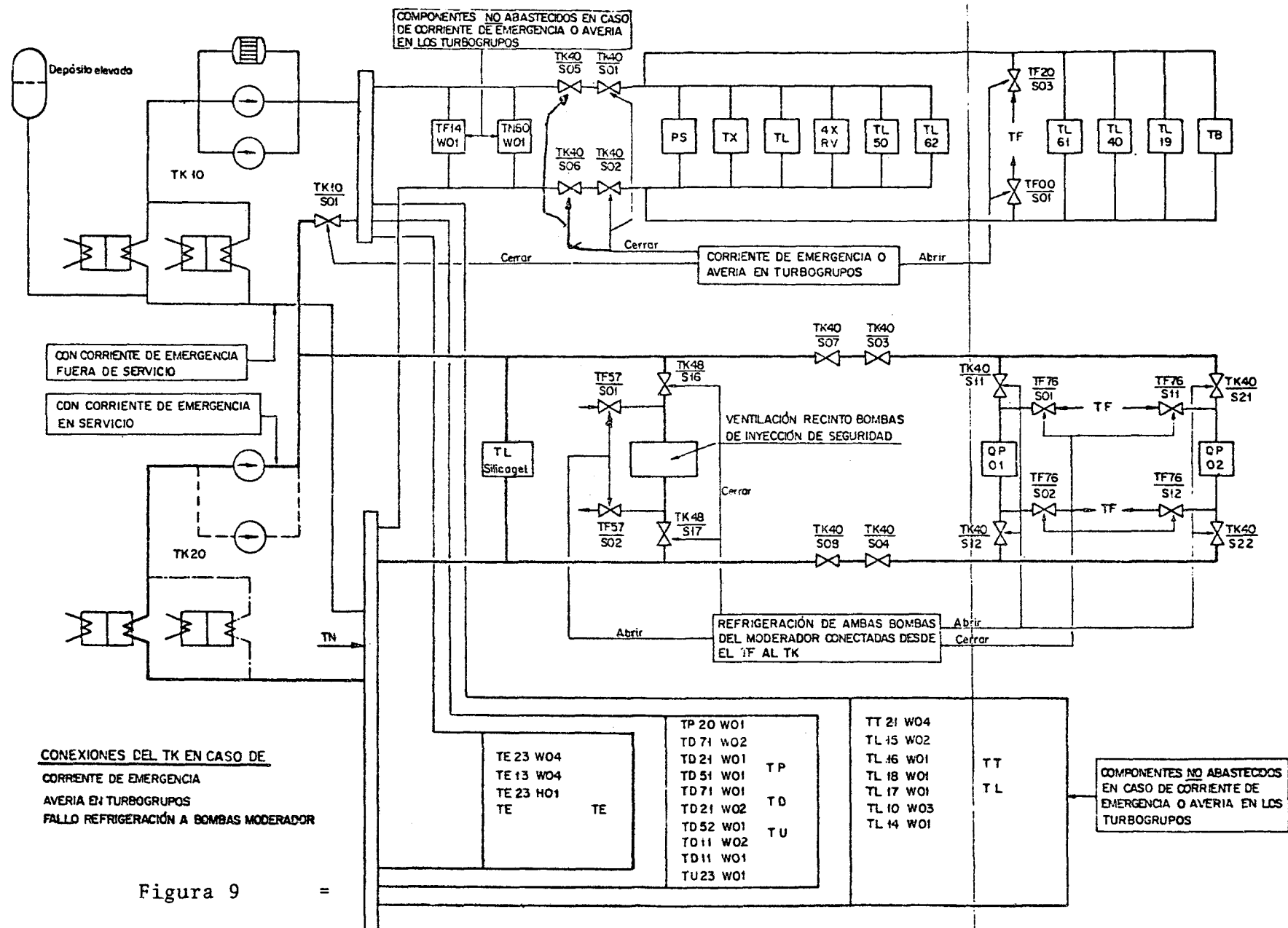


Figura 8



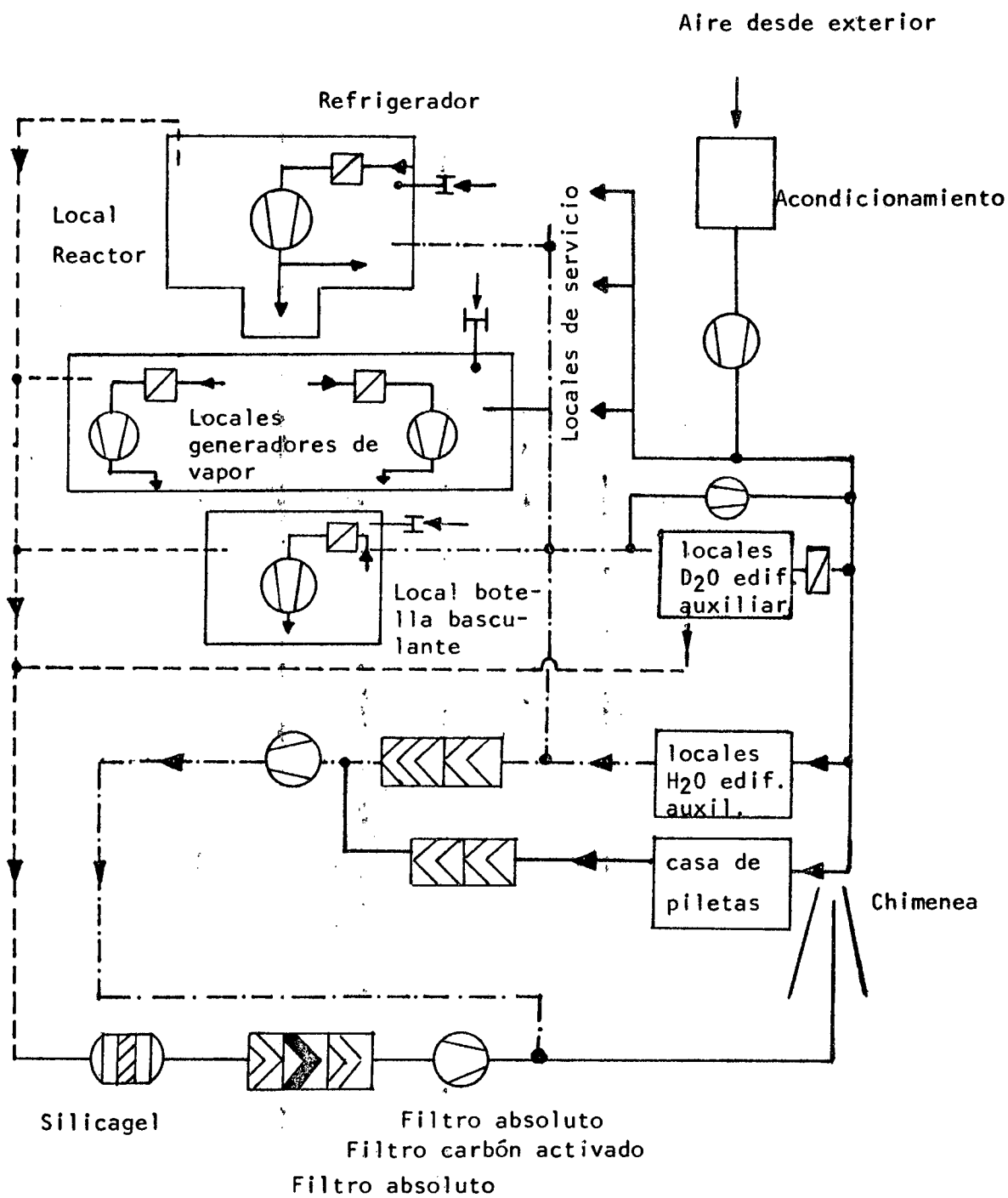


Figura 10

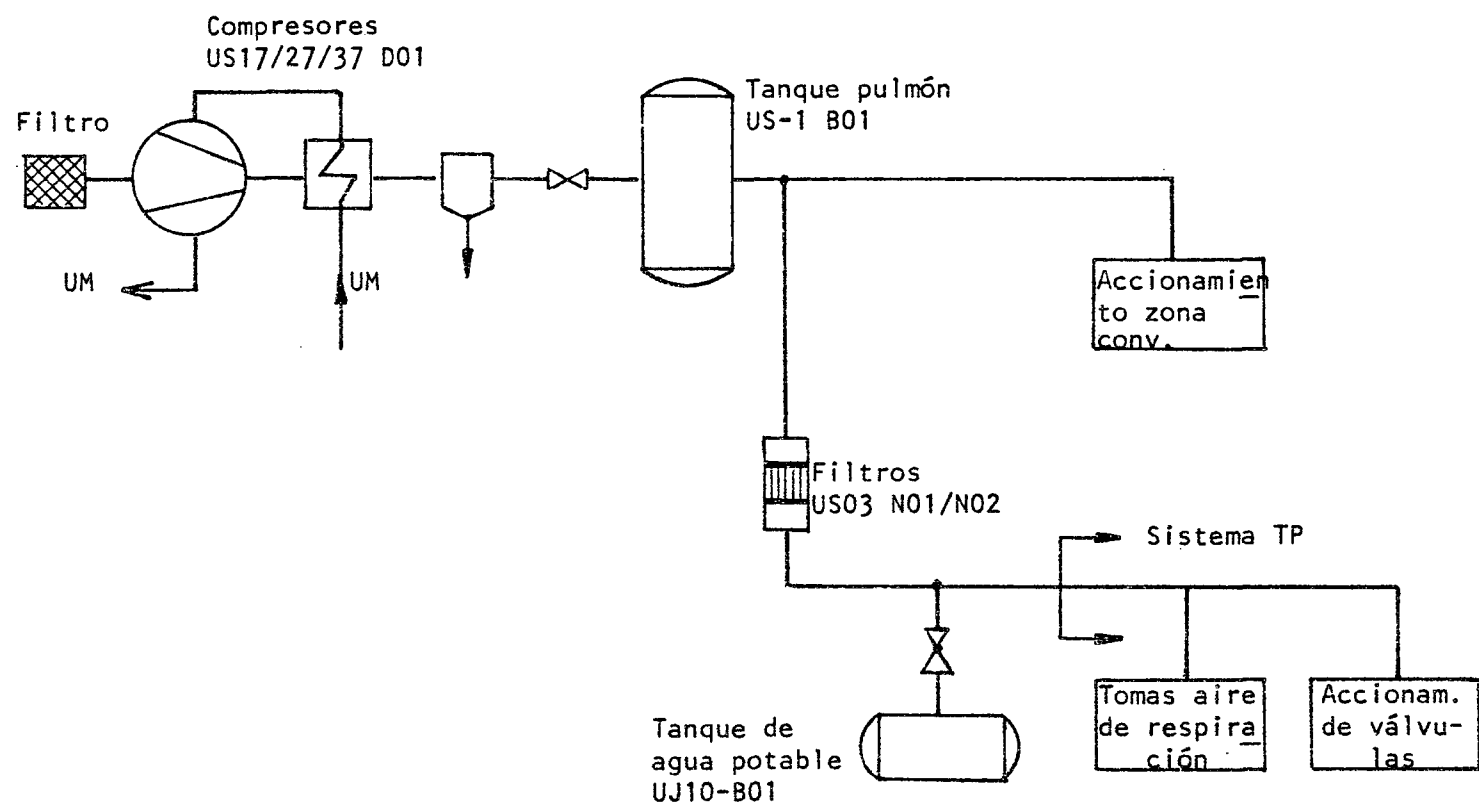
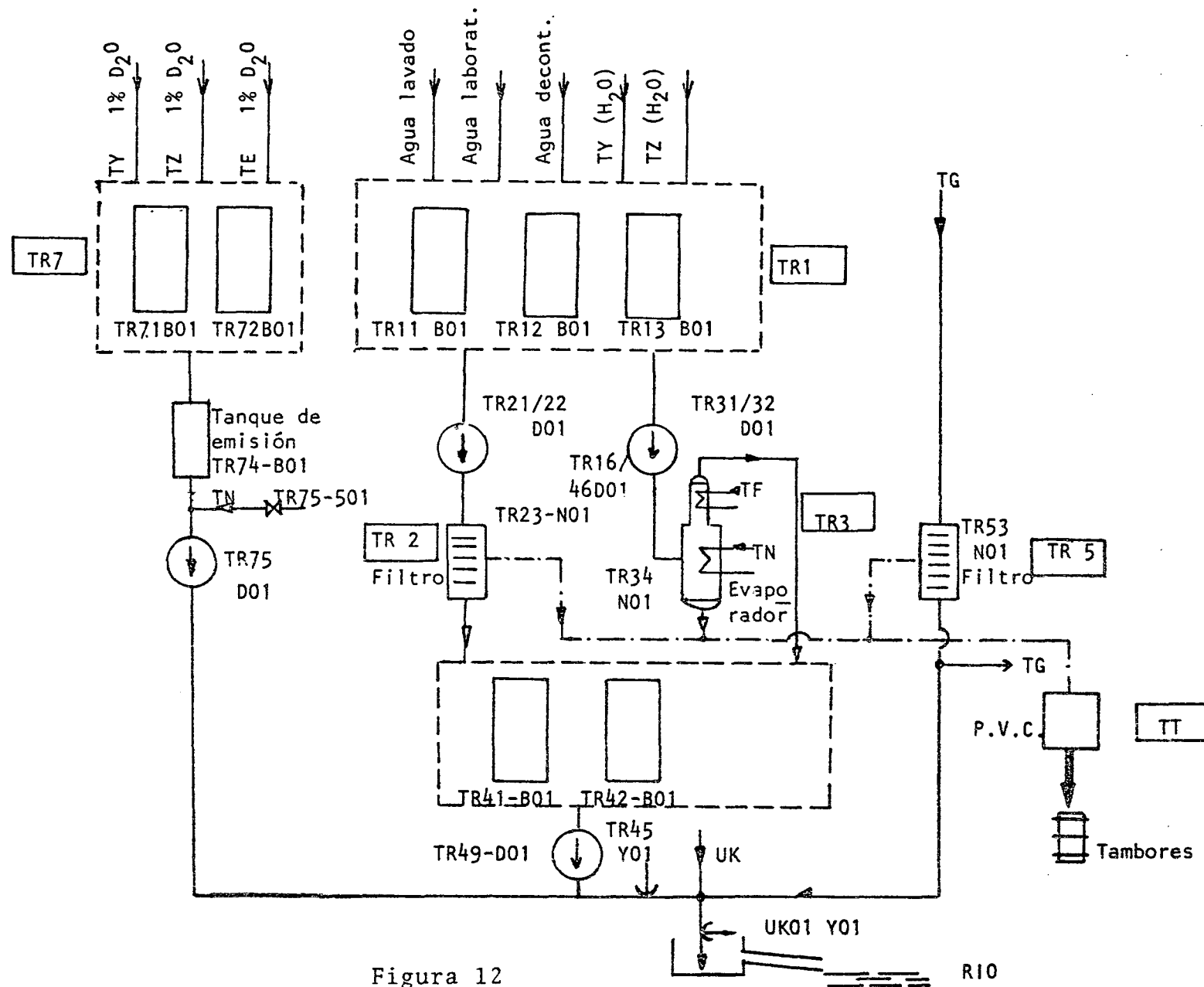


Figura 11



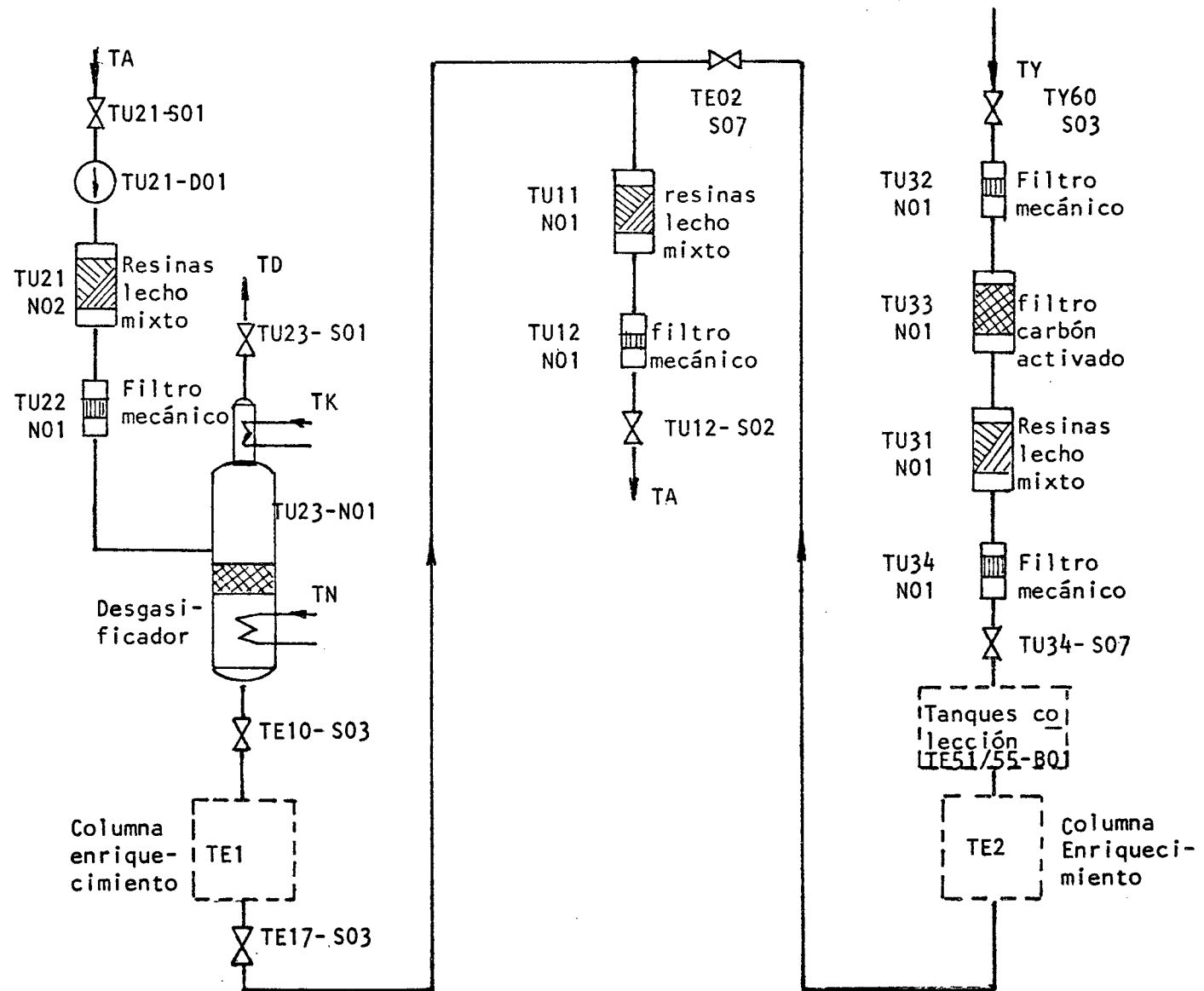


Figura 13

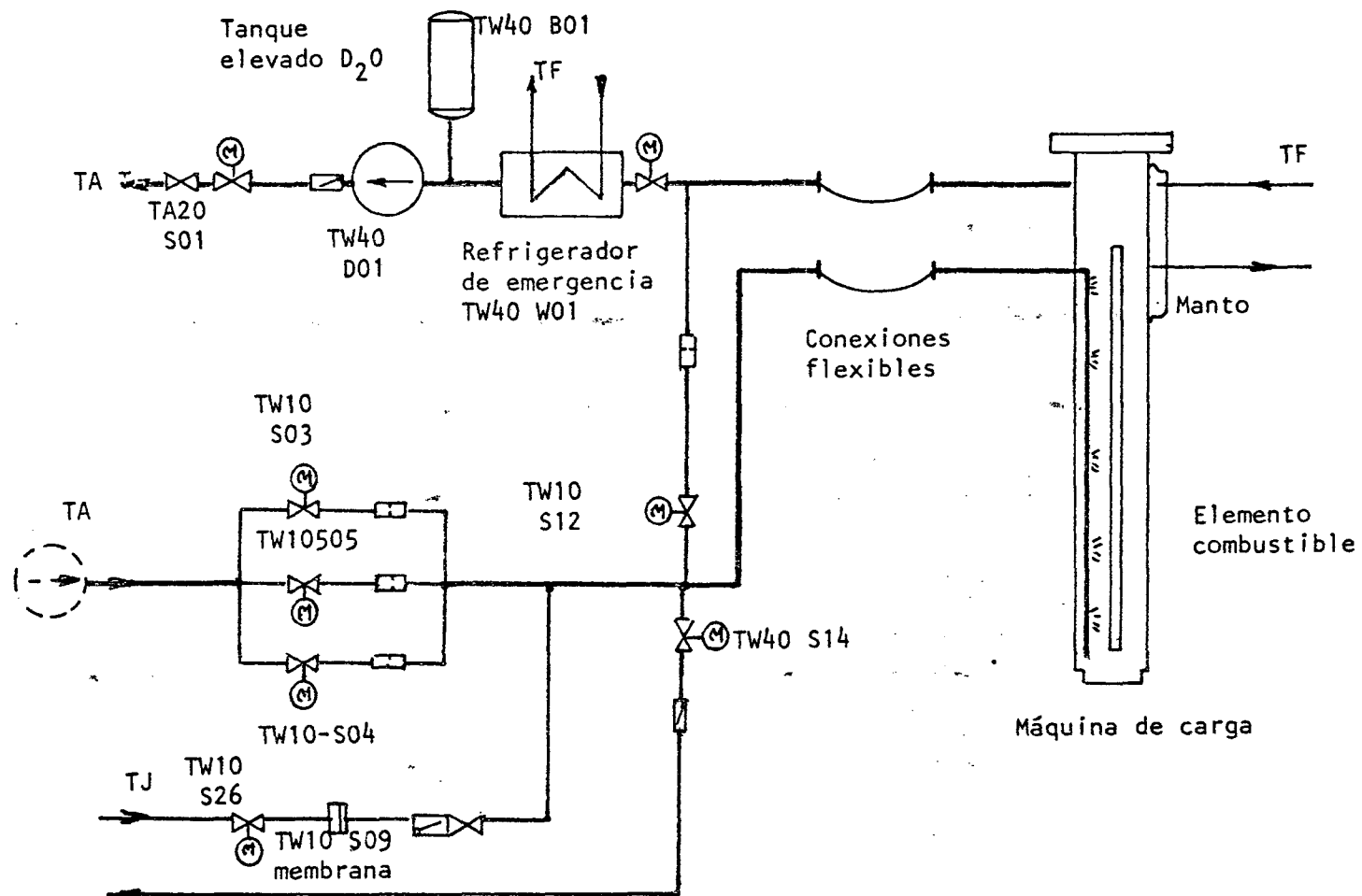


Figura 14

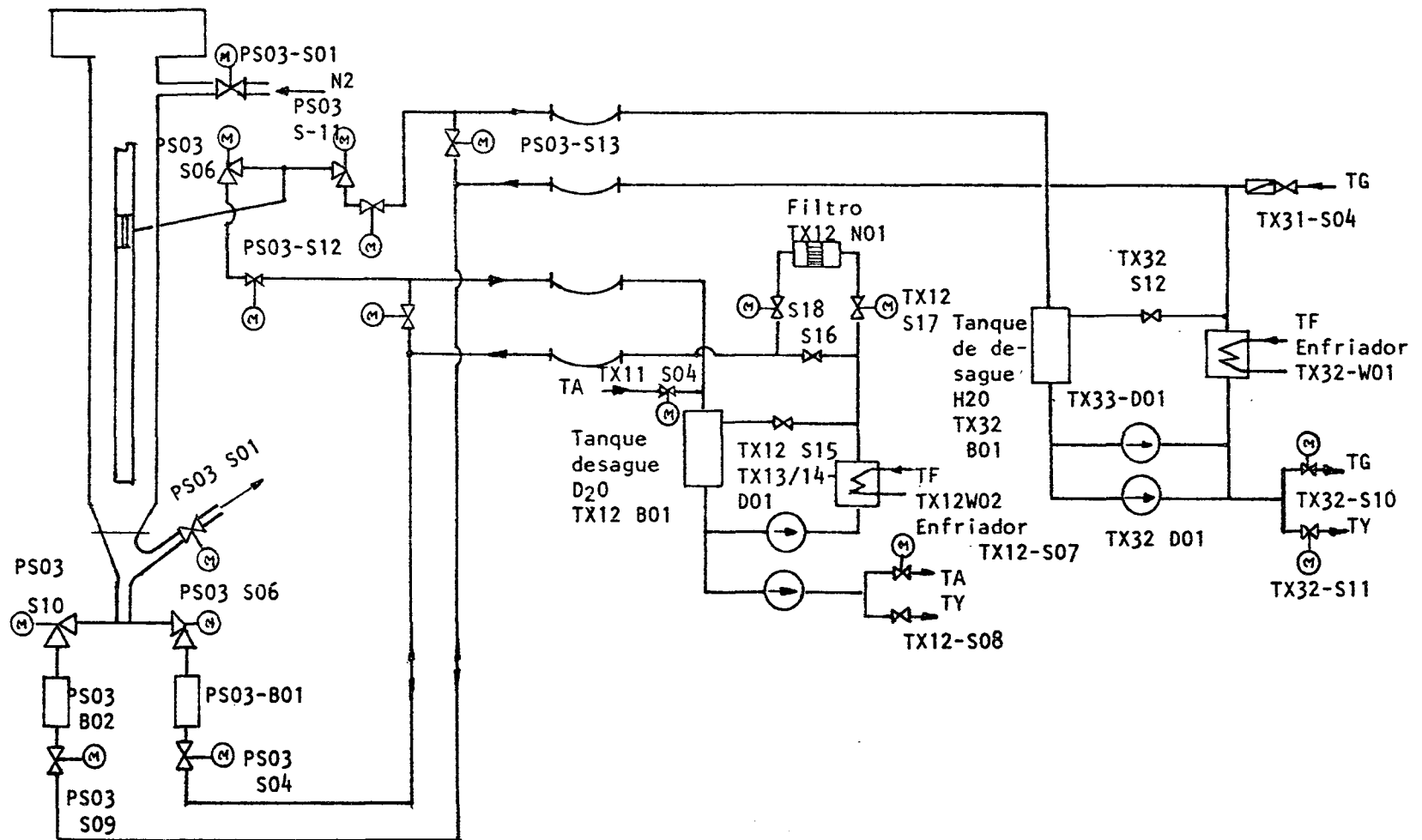


Figura 15