

MÉTODO PARA TRATAR AGUA PRODUCIDA

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con el tratamiento de aguas servidas y más especialmente con sistemas y procesos de tratamiento de aguas servidas que emplean membranas de ósmosis inversa.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las unidades de ósmosis inversa (OI) se usan en los sistemas de tratamiento de aguas servidas para eliminar sólidos disueltos. El desafío que plantea el tratamiento de las corrientes de aguas servidas, como el agua producida, por ejemplo, con una unidad de OI es que incluso a bajas concentraciones, los compuestos orgánicos, especialmente los compuestos aromáticos, tienden a precipitarse sobre las superficies de las membranas empleadas en las unidades de OI. Con el paso del tiempo, los precipitados se acumulan sobre las membranas de OI, causando su contaminación y degradación. Por lo menos en algunos casos, cuanto más alta sea la tasa de recuperación de la OI, más alta será la concentración de los compuestos aromáticos en los canales de alimentación de membrana/salmuera, y por ende más alta será la tasa de contaminación y degradación de la membrana. En muchas aplicaciones existe el deseo de maximizar la tasa de recuperación con el fin de minimizar los residuos líquidos que se dirigen a una instalación de disposición de desechos. Esto también contribuye a la contaminación y degradación de las membranas de OI. Estas contaminación y degradación acortan la vida de las membranas de OI. Se sabe cómo solucionar la contaminación de la membrana de OI elevando el pH de la alimentación de la unidad de OI. Esto suele ser de ayuda, pero a menudo no es posible eliminar del todo la contaminación orgánica.

Así las cosas, ha existido y sigue existiendo la necesidad en los procesos de tratamiento de aguas servidas que emplean unidades de OI de prolongar la vida de la membrana de OI y/o aumentar las tasas de recuperación a la vez que se minimizan los residuos líquidos que tienen que ser desechados.

RESUMEN DE LA INVENCION

Se revelan procesos de tratamiento de aguas servidas que utilizan una o más unidades de OI que reducen la contaminación o degradación de la membrana de OI y/o logran tasas de recuperación más altas del sistema.

Una modalidad, que denominaremos Modo 1, incluye un tanque de alimentación de OI y una unidad de OI corriente abajo. La alimentación que ha sido sometida a pretratamiento es dirigida, directa o indirectamente, a la unidad de OI, la cual produce un permeado y un concentrado. Una porción del concentrado de la unidad de OI es reciclado hasta un punto corriente arriba de la unidad de OI. En un diseño, el concentrado de OI es dirigido al tanque de alimentación de OI en donde es mezclado con la alimentación. Como se explicará más adelante, este proceso reduce la contaminación y degradación de la membrana de OI y por ende prolonga la vida de la membrana, y además puede aumentar las tasas de recuperación del sistema.

Como se anotó arriba, el reciclado parcial del concentrado puede ser dirigido a diferentes puntos corriente arriba de la unidad de OI. En otra modalidad, que en ocasiones llamaremos Modo 2, el reciclado parcial del concentrado es dirigido a un proceso de pretratamiento, como un proceso de ablandamiento químico. Esto permite que el reciclado del concentrado, y especialmente los orgánicos en él contenidos, sea sometido a pretratamiento con la corriente de desechos que está siendo tratada. Por ejemplo, los orgánicos en el reciclado del concentrado pueden someterse a coprecipitación con los precipitados químicos formados en el proceso de ablandamiento químico o pueden ser adsorbidos sobre la superficie de los precipitados químicos formados. Como se explica más adelante, este proceso reduce la contaminación orgánica de la membrana y prolonga la vida de la membrana de OI a la vez que generalmente aumenta las tasas de recuperación del sistema.

Los Modos 1 y 2 pueden ser combinados para que arrojen lo que aquí se denomina Modo 3. Aquí el reciclado de concentrado de OI es dividido en por lo menos dos corrientes. En un ejemplo, una de las corrientes de reciclado de concentrado de OI es dirigida al tanque de alimentación de OI como se explicó arriba con respecto al Modo 1. La otra corriente de reciclado de concentrado de OI puede ser dirigida a un proceso de pretratamiento corriente arriba, como un proceso de ablandamiento químico. Este proceso también reduce la potencial contaminación de la membrana de OI al tiempo que aumenta las tasas de recuperación de la OI del sistema como un todo.

Además de tomar en consideración la contaminación de la membrana de OI, se revela un

proceso para tratar aguas servidas, especialmente agua producida, que emplea una unidad de OI de primer paso, una unidad de OI de segundo paso, y una unidad de OI de recuperación de corriente lateral rechazada. Este sistema y proceso tiene por objeto aumentar la recuperación del sistema de OI y al mismo tiempo disminuir los desechos de concentrado de OI. La unidad de OI de primer paso produce un permeado y un concentrado. El concentrado de la unidad de OI de primer paso es dirigido a la unidad de recuperación de rechazado de OI, la cual a su vez produce un permeado y un concentrado. El permeado de la unidad de recuperación de rechazado de OI se mezcla con el permeado de la unidad de OI de primer paso y se dirige a la unidad de OI de segundo paso. Los procesos de los Modos 1 y 2 pueden opcionalmente ser incorporados a este proceso para reducir la contaminación de la membrana de OI y al mismo tiempo aumentar todavía más las tasas de recuperación del sistema de membrana de OI. Por ejemplo, una porción del concentrado producido por la unidad de recuperación de rechazado de OI puede ser dividido en dos corrientes. Una primera corriente de concentrado puede ser mezclada con el concentrado de la unidad de OI de primer paso. una segunda corriente de concentrado puede ser dirigida corriente arriba y mezclada con la corriente de tratamiento de aguas servidas que está siendo tratada en un proceso de pretratamiento, por ejemplo. De aquí que, en este proceso, las tasas de recuperación son mejoradas por la unidad de OI de recuperación de corriente lateral rechazada y la contaminación de la membrana se reduce mediante el reciclaje de porciones del concentrado de la unidad de recuperación de rechazado de OI a varios puntos corriente arriba de la unidad de OI de primer paso.

Otros objetos y ventajas de la presente invención se tornarán evidentes y obvios de un estudio de la siguiente descripción y los dibujos que la acompañan, los cuales son meramente ilustrativos de esa invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un proceso de tratamiento de aguas servidas que emplea una unidad de OI en donde una porción del concentrado producido por la unidad de OI es reciclado a un tanque de alimentación de OI.

La Figura 2 es una ilustración esquemática de un proceso de tratamiento de aguas servidas que emplea una unidad de OI en donde una porción del concentrado producido

por la unidad de OI es reciclada a un proceso de pretratamiento corriente arriba.

La Figura 3 es una ilustración esquemática de un proceso de tratamiento de aguas servidas que combina los procesos parciales de reciclaje del concentrado ilustrados en las Figuras 1 y 2.

La Figura 4 es una ilustración esquemática de un proceso de tratamiento de aguas servidas que emplea una unidad de OI de primer paso, una unidad de OI de segundo paso, y una unidad de OI de recuperación de corriente lateral rechazada para tratar el concentrado de la unidad de OI de primer paso.

La Figura 5 es una ilustración esquemática de un proceso de tratamiento de aguas servidas que combina las características del proceso de las Figuras 1, 2 y 4.

DESCRIPCIÓN DE LA MODALIDAD EJEMPLAR

Antes de examinar los procesos específicos que se muestran en las Figuras 1-5, es preciso anotar que, aunque los procesos que aquí se describen son eficaces para tratar el agua producida resultante de la exploración de petróleo y gas, estos procesos también son eficaces para tratar corrientes de aguas servidas en general. Así las cosas, en algunos casos, los diversos procesos que aquí se revelan serán examinados en el contexto del tratamiento de agua producida. No obstante, la persona medianamente versada en la materia técnica correspondiente ha de entender que los mismos procesos se pueden utilizar para tratar corrientes de aguas servidas en general. Más aún, los procesos esquemáticos que se ilustran en las Figuras 1-5, no tienen por objeto mostrar cada configuración concebible del proceso. En últimas, un proceso final de tratamiento de aguas servidas a menudo será hecho a la medida de una aplicación específica que tenga objetivos específicos. A menudo los procesos y sistemas de tratamiento de aguas servidas son diseñados para tomar en consideración la composición de la corriente de aguas servidas que está siendo tratada y los límites del efluente final.

Volviendo al proceso que se muestra en la Figura 1, los componentes básicos del sistema empleado comprenden un tanque de alimentación de OI 12 y una unidad de OI 14. La unidad de OI 14 se designa en la Figura 1 como un matriz de recipientes de ósmosis inversa. Esta, en la Figura 1, es una unidad de OI de primer paso o unidad de OI de un solo paso, pero cabe anotar que una OI opcional de segundo paso también puede ser incluida en esta configuración. Como lo entiende la persona medianamente versada en la

materia técnica correspondiente, la unidad de OI 14 incluye membranas.

El proceso ilustrado en la Figura 1 comienza con una alimentación de agua que está siendo dirigida dentro del tanque de alimentación de OI 12. La persona medianamente versada en la materia técnica correspondiente entiende y aprecia que varios procesos de pretratamiento pueden tener lugar corriente arriba del tanque de alimentación de OI 12. Por ejemplo, esos procesos de pretratamiento pueden incluir uno o más de desgasificación, ablandamiento químico, clarificación (es decir, decantación), ajuste de pH, eliminación de bióxido de silicio y cualquiera de varios procesos de filtración, como filtración de medios o filtración de membrana, para eliminar sólidos suspendidos y precipitados.

En la modalidad que se ilustra en la Figura 1, además del tanque de alimentación de OI 12 y la unidad de OI 14, se proporciona un sitio de inyección 16 para inyectar los químicos de acondicionamiento de OI dentro de la alimentación. Corriente abajo del sitio de inyección 16 hay una unidad de filtración con cartucho 18 y corriente abajo del lado de alta presión de la unidad de OI 14 hay un dispositivo opcional de recuperación de energía 20.

El agua de alimentación en el tanque de alimentación de agua 12 es bombeada por una bomba de alimentación de baja presión (que no se muestra) más allá del sitio de inyección 16. El o los químicos de acondicionamiento de OI se mezclan con la alimentación. los químicos de acondicionamiento de OI pueden incluir antisellantes, así como otros químicos de acondicionamiento de OI que son especialmente adecuados para una aplicación dada. La alimentación de agua fluye desde el sitio de inyección 16 hacia el sistema de filtración con cartucho 18 en donde los sólidos suspendidos son eliminados de la alimentación de agua. una bomba de alta presión (que no se muestra) bombea el efluente del sistema de filtración con cartucho 18 a la unidad de OI 14. La unidad de OI 14 produce un permeado a baja presión 22 y un concentrado a alta presión 24. La presión del concentrado producido por la unidad de OI 14 puede variar, pero normalmente oscila de cerca de 2,75 a 8,27 MPa dependiendo de la aplicación. Como opción, el dispositivo de recuperación de energía 20 se usa para recuperar una parte sustancial de la energía del concentrado presurizado de OI 24. Debido a la recuperación (y transferencia) de esta energía, el efluente concentrado del dispositivo de recuperación de energía 20 suele estar el intervalo de cerca de 103,4 a 206,8 KPa.

La energía recuperada por el dispositivo de recuperación de energía 20 entonces se usa

para disminuir el consumo de energía de la bomba de alimentación de OI a alta presión que alimenta la unidad de OI 14.

El concentrado a baja presión 26 que fluye del dispositivo de recuperación de energía 20 es dividido en dos corrientes, un reciclado parcial del concentrado 28 y una corriente de concentrado de desecho 30. El reciclado parcial del concentrado 28 es dirigido de vuelta al tanque de alimentación de OI 12 y mezclado con la alimentación de agua que fluye hacia dentro.

Existen varias maneras de emplear el reciclado parcial del concentrado 28. El abordaje que se muestra en la Figura 1 y se describe aquí recibe el nombre de Modo 1. En el Modo 1, la unidad de OI 14 es una unidad de OI de un solo paso y a propósito está designada para operar a una baja “recuperación de deslizamiento”. El término “recuperación de deslizamiento” es la recuperación a través de la unidad de OI 14 (es decir, la tasa de flujo de la corriente 22 dividida por la sumatoria de las tasas de flujo de las dos corrientes 22 y 24). En un caso típico, esta baja recuperación de deslizamiento se encuentra en un intervalo de 30-50%, dependiendo de la aplicación específica. Con todo, se contempla que este abordaje alcanza una elevada recuperación general del sistema, normalmente en el intervalo de 85-95%, dependiendo de la aplicación. El término “recuperación del sistema” es la recuperación a través del sistema completo que se muestra en la Figura 1 (es decir, la tasa de flujo de la corriente 22 dividida por la sumatoria de las tasas de flujo de las dos corrientes 22 y 30). Este resultado es alcanzado por el uso del reciclado parcial del concentrado de OI. Para lograr estos resultados, se selecciona una alta tasa de reciclado del concentrado. La alta tasa de reciclado del concentrado es determinada con el fin de alcanzar los siguientes criterios:

- tasa de flujo de la unidad de OI que es menor o igual a una tasa de flujo deseada que es específica de la aplicación.
- una tasa de flujo del concentrado de la unidad de OI que es mayor o igual a una tasa de flujo deseada que es específica de la aplicación.

La tasa de reciclaje de concentrado de OI parcial del Modo T permite que el sistema de OI controle independientemente el flujo de la unidad de OI, la recuperación del permeado, así como la tasa del flujo cruzado, a través de las membranas empleadas en la unidad de OI 14. Esto le permite al sistema operar a una baja tasa de flujo, la cual se define como por debajo de un flujo crítico asociado con contaminación acelerada de la membrana, al mismo tiempo que alcanza una apropiada alta tasa del flujo cruzado en los canales de

alimentación de la membrana de OI. Expresado de otra forma, este abordaje proporciona suficiente turbulencia para minimizar la capa limítrofe de concentración sobre la superficie de las membranas de OI para reducir o minimizar la contaminación orgánica potencial. Otra ventaja del reciclado parcial del concentrado de OI es que facilita una distribución más uniforme del flujo a través de las membranas en un recipiente de OI a presión dado (es decir, una disminución menos aguda del flujo de permeado desde el elemento del extremo de la cabeza hasta el elemento del extremo de la cola en un recipiente dado, lo cual minimiza el potencial de sobrecarga del elemento del extremo de la cabeza con una tasa de flujo excesiva del permeado). El reciclado parcial del concentrado de OI reduce el volumen de residuos líquidos que tienen que ser desechados. Así pues, la combinación de una baja tasa de flujo con alta tasa de flujo cruzado a través de la superficie de las membranas de OI sirve para reducir la tasa de contaminación o degradación de la membrana y por ende aumenta la vida de la membrana. Al mismo tiempo, esto también puede lograr una alta tasa de recuperación en el sistema de OI.

Este proceso del Modo 1 usa reciclado del concentrado que es externo a la unidad de OI 14. El reciclado de concentrado de OI en Modo 1 se diluye con la alimentación de agua entrante. La alimentación de agua entrante tiene una concentración más baja de sólidos disueltos y orgánicos totales que el reciclado de concentrado. Esto reduce el potencial de precipitación de orgánicos. Esto también significa que el concentrado de OI diluido es reprocesado a través del sitio de inyección de químicos 16 y la unidad de filtración con cartucho 18 cada vez que este es reciclado. Esto permite controlar la potencial contaminación de la OI en comparación con los procesos internos de reciclaje del concentrado.

Figura 2 muestra otra modalidad de la presente invención. La Figura 2 muestra otro proceso en el cual el reciclado de concentrado de OI se usa para reducir la contaminación de la membrana de OI y aumentar las tasas de recuperación del sistema de OI. El abordaje del reciclado de concentrado de OI, en el caso de la Figura 2, se denomina Modo 2. En este caso, el sistema de tratamiento de aguas servidas, como un todo, difiere ligeramente del que se ilustra en la Figura 1. Corriente arriba de la unidad de OI 14 se encuentra un desgasificador 50. El desgasificador 50 es opcional. Corriente abajo del desgasificador 50 se encuentra una unidad de ablandamiento químico 52. Corriente abajo de la unidad de ablandamiento químico 52 se encuentra uno o más separadores de sólidos y líquidos 54 del cual la persona medianamente versada en la materia técnica

correspondiente apreciará que puede adoptar varias formas, como un clarificador, separación de membrana, unidad de filtro de medios, etc. En una modalidad preferida, el proceso de separación de sólidos-líquidos es llevado a cabo por una clarificador de alta tasa seguido de una unidad de separación de membrana como una unidad de membrana de ultrafiltración en cerámica. El efluente del o los separadores de sólidos y líquidos 54 es dirigido a un intercambio de cationes ácidos débiles 56 el cual, en este caso, forma un proceso de pulimentado de dureza.

De nuevo, los elementos del proceso que se muestran en la Figura 2 son sistemas y procesos ejemplares corriente arriba de la unidad de OI 14 y pueden variar. Por ello, no todos los componentes que se muestran en la Figura 2 pueden requerirse para realizar la invención. Más aún, los elementos del proceso expresados en la Figura 2 no son exhaustivos. Puede haber otros elementos del proceso incorporados dentro del proceso total.

De cualquier manera, como la modalidad de la figura 1 y el proceso del Modo 1, la unidad de OI 14 produce un permeado a baja presión 22 y un concentrado a alta presión 24. El concentrado a alta presión 24 es dividido en dos corrientes de baja presión, una de las cuales es el reciclado de concentrado de OI 28 y la otra el desecho concentrado 30. Más especialmente, en una modalidad, el concentrado a alta presión generalmente estrangulado primero a baja presión usando una válvula de control de flujo de concentrado y luego el concentrado a baja presión es dividido en las dos corrientes de baja presión. La principal diferencia en el proceso ilustrado en la Figura 2, comparado con el proceso de la Figura 1, es que en la modalidad de la Figura 2 el reciclado de concentrado de OI 28 es dirigido a un proceso de pretratamiento corriente arriba de la unidad de OI 14. Un propósito de dirigir el reciclado de concentrado de OI 28 a un proceso de pretratamiento es eliminar los orgánicos del reciclado de concentrado de OI. Al eliminar los orgánicos del reciclado de concentrado de OI, la contaminación de la membrana potencial se reduce. El abordaje particular, que se muestra en la Figura 2, es dirigir el reciclado de concentrado de OI 28 a la unidad de ablandamiento químico 52. Aquí los orgánicos en el concentrado de OI pueden someterse a coprecipitación con los precipitados químicos que se forman en la unidad de ablandamiento químico 52. Así mismo, los orgánicos en el reciclado de concentrado de OI pueden ser eliminados a través de un mecanismo de adsorción. Es decir, ciertos orgánicos en el reciclado de concentrado de OI pueden ser adsorbidos sobre las superficies de precipitados químicos

formados en la unidad de ablandamiento químico 52. Así las cosas, una parte de los orgánicos elevados en el reciclado de concentrado de OI son desestabilizados y eliminados con el lodo de ablandamiento para reducir el grado hasta el cual estos orgánicos de contaminación de la membrana “se sincronizan” en el proceso. Además, el Modo 2 aumenta la recuperación del sistema de OI mediante el reciclaje de una porción del concentrado de OI. Pero el proceso del Modo 2 usa predominantemente desestabilización/adsorción de orgánicos para controlar la tasa de contaminación de OI y prolongar la vida de la membrana. Esto ha de ser contrastado con el Modo 1, el cual usa alta tasa del flujo cruzado a través de la membrana de OI y bajo flujo, que se logra por alta tasa de reciclado del concentrado para reducir la contaminación de la membrana de OI.

La Figura 3 muestra el proceso de tratamiento de aguas servidas que combina los Modos 1 y 2 (es decir los procesos que se muestran en la Figuras 1 y 2). Aquí la unidad de OI 14 produce un concentrado que se divide en dos reciclados parciales de las corrientes de concentrado 28A y 28B. Así mismo, el concentrado producido por la unidad de OI 14 es dividido en una tercera corriente, una corriente de desechos concentrada 30. Como se ve en la Figura 3, el reciclado parcial de la corriente de concentrado 28A es dirigido al tanque de alimentación de OI 12. El reciclado parcial de la corriente de concentrado 28B es dirigido (directa o indirectamente) a la unidad de ablandamiento químico 52. Al combinar los Modos 1 y 2, la ventaja de cada uno es realizada en un sistema y proceso.

Volviendo ahora a la Figura 4, se muestra un sistema y proceso de tratamiento de aguas servidas que incluye un proceso de recuperación de corriente lateral rechazada de OI. Obsérvese que en el proceso de Figura 4 existe una unidad de OI de primer paso 60 y una unidad de OI de segundo paso 62. Cabe anotar que la unidad de OI de segundo paso 62 se considera opcional y puede no requerirse en todas las aplicaciones. El sistema y proceso de la Figura 4 incluye dos unidades principales de filtro de cartucho de corriente 18A y 18B. El filtro de cartucho 18B es opcional. Con respecto a la corriente lateral, obsérvese que existe un tercer filtro de cartucho, la unidad de filtro de cartucho 18C. Además, en la corriente lateral existe una la unidad de recuperación de rechazado de OI 64. La unidad de recuperación de rechazado de OI 64 produce un permeado 64A y un concentrado 64B.

Como se indica en la Figura 4, el agua de alimentación pretratada normalmente es recibida en un tanque de alimentación (que no se muestra en aras de la simplicidad) en el cual es combinada con el reciclado de concentrado de la OI de segundo paso (si se

necesita y es aplicable). La alimentación combinada (es decir, agua de alimentación pretratada entrante más concentrado de OI reciclado de segundo paso) es luego bombeada a través de una bomba de alimentación de baja presión (que no se muestra en aras de la simplicidad) y tratada mediante la adición de los químicos de acondicionamiento de OI (antisellante o cualquier otro químico especializado necesario para la aplicación). El agua de alimentación acondicionada es entonces filtrada por filtración con cartucho. El agua filtrada con cartucho entonces es impulsada a presión por una bomba de alta presión (que no se muestra en aras de la simplicidad) y con ella se alimenta la unidad de OI de primer paso 60 (OI de primer paso) lo cual genera una corriente de agua limpia de permeado (a baja presión) y una corriente de concentrado a alta presión (que varía de 2,75 a 6,2 MPa dependiendo de la aplicación). La unidad de OI de primer paso 60 normalmente opera a 75 a 80% de recuperación.

El concentrado de la OI de primer paso (unidad 60) es recogido en un Tanque de recuperación de la alimentación de OI (que no se muestra en aras de la simplicidad) y es luego bombeada por una bomba de alimentación de baja presión (que no se muestra en aras de la simplicidad) y tratada mediante la adición de los químicos de acondicionamiento de OI (antisellante o cualquier otro químico especializado que sea necesario para la aplicación). El agua de alimentación acondicionada entonces es filtrada por la unidad de filtración con cartucho 18c. El agua filtrada con cartucho entonces es impulsada a presión por una bomba de alta presión (que no se muestra en aras de la simplicidad) y con ella se alimenta la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 la cual genera una corriente de agua limpia de permeado (a baja presión) y una corriente de concentrado a alta presión (que varía de 5,5 a 8,2 MPa dependiendo de la aplicación). La unidad de recuperación de OI 64 normalmente aumenta la recuperación global del sistema de OI en 5 a 15%.

El permeado de la unidad de OI de primer paso 60 y la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 se combinan en un tanque (que no se muestra en aras de la simplicidad). Si es necesario para lograr los requisitos de calidad del agua tratada, el permeado combinado es tratado a través de la unidad de OI de segundo paso 62. El permeado combinado es bombeado a través de una bomba de alimentación de baja presión (que no se muestra en aras de la simplicidad) y tratado mediante la adición de los químicos de acondicionamiento de OI (si es necesario). El agua de alimentación acondicionada es entonces filtrada por la unidad de filtración con cartucho 18B. El agua

filtrada con cartucho entonces es impulsada a presión por una bomba de alta presión (que no se muestra en aras de la simplicidad) y con ella se alimenta la unidad de OI de segundo paso 62 la cual genera una corriente de agua limpia de permeado (a baja presión) y una corriente de concentrado a alta presión (que varía de 1,03 a 2,75 MPa dependiendo de la aplicación). La unidad de OI 62 normalmente opera a 88 a 92% de recuperación. El concentrado de la unidad de OI de segundo paso 62 es reciclado al sistema de la unidad de OI de primer paso 60 para reprocesamiento.

El uso del concepto de recuperación del rechazado de OI que se ilustra en la Figura 4 es independiente del uso del reciclado parcial del concentrado del Modo 1 y/o el Modo 2 que se ilustra en la Figuras 1, 2, y 3. La unidad de recuperación de rechazado de OI 64 puede ser utilizado sin reciclado parcial del concentrado (modo 1 o Modo 2) de OI de primer paso o Recuperación del rechazado del concentrado de OI, como se indica en la Figura 4. O bien, la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 puede ser utilizado con el Modo 1, el Modo 2, o una combinación del Modo 1 y Modo 2 del reciclado parcial del concentrado. El Modo 1, el Modo 2, o la combinación del Modo 1 y 2 del reciclado parcial del concentrado pueden ser utilizados en el concentrado de primer paso de OI, el rechazado de recuperación del concentrado de OI, o ambos.

La Figura 5 muestra un proceso en el cual los procesos de los Modos 1 y 2 (que se muestran en las Figuras 1 y 2) son integrados dentro del proceso de la Figura 4. Al igual que otros procesos examinados arriba, la Figura 5 ilustra un proceso de agua producida pero la persona medianamente versada en la materia técnica correspondiente entiende y aprecia que el proceso de la Figura 5 puede ser empleado para tratar otras corrientes de aguas servidas. En aras de la simplicidad, la Figura 5 no muestra tanques de alimentación, bombas, algunos sitios de inyección de químicos, dispositivos de recuperación de energía, u otros equipos auxiliares que podrían ser apropiados para aplicaciones específicas.

Un ejemplo de cómo el proceso de la Figura 5 es puesto en marcha en una aplicación de agua producida es que se muestra en la Figura 5. En concordancia con la anterior discusión, la configuración del proceso que se ilustra en la Figura 5 se puede usar en el tratamiento de agua producida altamente contaminada en donde la elevada recuperación general del sistema (es decir, baja generación de residuos líquidos) se requiere bien sea para (1) reducir el costo para el cliente de la disposición final de residuos líquidos (a través de inyección en pozo profundo o transportando los residuos líquidos fuera del

lugar); o (2) habilitar la operación en un campo de gas o petróleo dentro de las restricciones de las limitaciones de la capacidad de inyección en el pozo.

La recuperación general del sistema se define como el volumen diario de alimentación de agua producida entrante menos el volumen diario de residuos líquidos, dividido por el volumen diario de alimentación de agua producida entrante. El volumen de residuos líquidos no incluye lodo químico deshidratado o cualquier agua que se pierde del sistema por evaporación. Es decir, la recuperación general del sistema solo es penalizada por los residuos líquidos requeridos para ser inyectados en el fondo del pozo o transportados lejos. Por ejemplo, un sistema para tratar 50.000 barriles al día de agua producida a un 90% de recuperación general del sistema tendrá un volumen diario de residuos líquidos que es igual a 10% de la tasa de flujo de alimentación o 5.000 barriles al día.

Este ejemplo supone que el sistema y el proceso de la Figura 5 se opera con base en los siguientes parámetros:

La tasa de flujo del agua producida que está siendo tratada por el proceso es de 50.000 barriles al día.

Se considera que la limitación de residuos líquidos es de 5.000 barriles al día con el fin de alcanzar una recuperación general del sistema de 90%.

El volumen de residuos líquidos (no reciclable) de la regeneración de ablandamiento de intercambio catiónico se asume en 306 barriles al día.

La limitación de residuos líquidos sobre la tasa de flujo de recuperación del rechazado del concentrado de OI es de 5.000 menos 306, igual 4.694 barriles al día.

Con el fin de limitar la tasa de flujo de recuperación del rechazado del concentrado de OI a 4.694 barriles al día, las recuperaciones del sistema de OI de las unidades individuales de OI se tiene que seleccionar. Para este ejemplo, la recuperación de la unidad de OI de primer paso 60 se selecciona en 78% y la recuperación de la unidad de OI de segundo paso 62 se selecciona en 90%. Estos valores representan valores de recuperación típicos y se seleccionan para este ejemplo específico con base en la experiencia. La persona medianamente versada en la materia técnica correspondiente entiende y aprecia que estos valores de recuperación pueden variar en cerca de $\pm 5\%$ dependiendo de factores específicos de la aplicación que son considerados, como química del agua, temperatura del agua, características de la contaminación, tamaño de los equipos estándar disponibles y otros factores. La recuperación de la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 entonces es determinada a través de un balance de masa iterativo de manera que se

limite la cantidad de concentrado de OI “desechada” a 4.694 barriles al día con el fin de lograr una recuperación general del sistema de 90%. La unidad de recuperación de rechazado de OI 64 inherentemente es sometido a las condiciones más duras del proceso porque el agua producida ya está preconcentrada con sales disueltas y compuestos orgánicos disueltos en la alimentación de la unidad de recuperación de rechazado de OI. En este ejemplo, con la unidad de OI de primer paso 60 operando al 78%, la alimentación de la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 es cerca de 4,5 veces más concentrada que la alimentación a la unidad de OI de primer paso 60. Así pues, una combinación del Modo 1 y el Modo 2 del reciclado parcial del concentrado se usa junto con el tamaño adecuado de la unidad de recuperación de rechazado de OI 64. Es decir, al considerar el tamaño de la unidad de recuperación de rechazado de OI 64, se considera el número de etapas, los recipientes de presión por etapa, y las membranas por recipiente de presión. Todo ello en este ejemplo particular se considera para el propósito de lograr lo siguiente:

Limitar el flujo de permeado de la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 a 26,5 lfd o menos. Esto es determinado a través de pilotaje específico de la aplicación y/o a través de experiencia después de valorar la contaminación potencial del agua producida y la economía del proyecto. Cuanto más bajo sea el flujo de permeado, más baja tenderá a ser la tasa de contaminación de la membrana, sujeto a rendimiento decreciente. Seleccionar un flujo de permeado demasiado bajo puede afectar adversamente la economía del proyecto, especialmente los costos de equipos y membranas y también tener un impacto en la calidad del agua del permeado.

Mantener la tasa de flujo del concentrado de la unidad de recuperación de rechazado de OI 242 a 90,7 Lpm por recipiente o más para asegurar una tasa adecuada de flujo cruzado. De nuevo, esto se determina con base en el pilotaje específico de la aplicación y/o a través de experiencia después de valorar la contaminación potencial del agua producida y la economía del proyecto. Cuanto más alta la tasa de flujo del concentrado unidad de recuperación de rechazado de OI 64, más alta será la turbulencia a través de los canales de alimentación de membrana/salmuera y por ende más baja tenderá a ser la tasa de contaminación de la membrana, de nuevo sujeto a la ley del rendimiento decreciente. Seleccionar una tasa de flujo del concentrado demasiado alta puede tener un efecto adverso sobre la economía del proyecto, como los costos de las bombas y del consumo de energía, así como la calidad del agua del permeado.

Mantener una recuperación general del sistema de 90% limitando el concentrado desechado a 4,694 barriles al día.

La “recuperación de deslizamiento” se define como el flujo de permeado de la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 dividida por el flujo real de alimentación de la unidad de recuperación de rechazado de OI 64. El flujo real de alimentación de la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 es la sumatoria del flujo de concentrado entrante de la unidad de OI de primer paso 60 más el reciclado parcial del concentrado del Modo 1. La recuperación de deslizamiento de la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 se mantiene solo a 34% en este ejemplo a través del reciclado parcial del concentrado del Modo 1 con el fin de mantener un flujo de concentrado de por lo menos 90,7 Lpm por recipiente. En este ejemplo, 54% de la corriente de concentrado producida por la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 (6.900 barriles al día) es reciclado al tanque de alimentación que abastece la unidad de recuperación de rechazado de OI como reciclado parcial del concentrado del Modo 1 para alcanzar la recuperación de deslizamiento de 34%, de acuerdo con la configuración del proceso que se muestra en la Figura 1. Después de tomar en cuenta el reciclado parcial del concentrado del Modo 1, la recuperación del sistema de la unidad de recuperación de rechazo de OI se mantiene en 53%. Este ejemplo también usa el reciclado parcial del concentrado del Modo 2, como se muestra en la Figura 5, para aumentar todavía más la recuperación global y reducir todavía más el volumen diario de desecho de concentrado del sistema. del concentrado restante de la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 que no es reciclado en el Modo 1, una porción reciclada además a la unidad de ablandamiento químico 52 como reciclado parcial del concentrado del Modo 2. En este ejemplo, el reciclado parcial del Modo 2 es de 1.173 barriles al día. El concentrado restante producido por la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 de 4.694 barriles al día es desechado del sistema bien sea mediante inyección en el pozo profundo o transporte fuera del sitio. Así las cosas, el volumen total de residuos líquidos, después de dar cuenta de 306 barriles al día de desecho no reciclable de regeneración de ablandamiento por intercambio de cationes ácidos débiles es 5.000 al día. Cabe anotar que el reciclado parcial del concentrado del Modo 2 es una versión más extrema del reciclado del Modo 1 en la cual el concentrado es reciclado todavía más corriente arriba en el proceso de manera que los compuestos orgánicos concentrados en el concentrado tienen la oportunidad de ser parcialmente eliminados en el proceso de ablandamiento químico a través de adsorción sobre sólidos

suspendidos o de coprecipitarse con precipitados químicos que se están formando, como sólidos de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio. el reciclado del Modo 2 se usa juiciosa y prudentemente para evitar aumentar en demasía el tamaño del sistema de pretratamiento lo cual puede aumentar de forma irrazonable los costos de capital y los costos operativos. En este ejemplo, el flujo de concentrado parcial de reciclado del Modo 2 de 1.173 barriles al día se selecciona con base en la reducción de la tasa de desechos del concentrado de OI en 20%.

En este ejemplo, el reciclado del Modo 2 aumenta la recuperación general del sistema en 2% y también aumenta la tasa de flujo a través del sistema de pretratamiento en 2%. Si no se usa el Modo 2, el reciclado del Modo 1 se puede usar solo para alcanzar una recuperación general del sistema similar. Sin embargo, si el Modo 2 no se usa, los mecanismos adicionales de eliminación que están asociados con el reciclado del Modo 2 se pierden.

En este ejemplo, la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 se selecciona como un sistema de una sola etapa compuesto por 15 recipientes (20 cm de diámetro) en paralelo y 7 membranas por recipiente. Con base en el tamaño seleccionado del conjunto de elementos y las tasas de reciclado parcial del concentrado del Modo 1 y el Modo 2 que se describieron arriba, el mínimo flujo de concentrado por recipiente de 90,7 Lpm y el máximo flujo de permeado de 26,5 lfd se mantienen con la unidad de recuperación de rechazado de OI 64 seleccionada.

La presente invención también comporta una secuencia automática de purga de OI usando permeado de OI. En particular, purga automática intermitente de OI con permeado de OI es una característica de mejoramiento reducir la tasa de contaminación de OI al permitir que las membranas de OI se pongan momentáneamente en contacto permeado limpio de OI mientras que el deslizador de OI está fuera de línea. A diferencia de la purga convencional de permeado que se suele usar en sistemas de OI para proteger las membranas mientras que la unidad de OI está fuera de línea (apagada) durante un tiempo prolongado, la secuencia automatizada de purga de permeado que se describe aquí se hace a intervalos regulares, aunque por periodos cortos, como una breve interrupción planificada del proceso de producción de OI. El propósito de la secuencia automatizada de purga de permeado es permitir que las membranas de OI tengan un alivio momentáneo de las condiciones normales de alta presión en las cuales las membranas están en contacto con salmueras altamente concentradas de alta concentración de

orgánicos, con el fin de reducir la tasa de acumulación de contaminantes sobre la superficie de las membranas. Durante la purga de permeado, la unidad de OI es puesta fuera de línea y se alimenta con permeado de OI a baja presión con el que se purgan los canales de alimentación de membrana/salmuera para expurgar la salmuera altamente concentrada y permitir que las membranas se pongan momentáneamente en contacto con permeado limpio de OI como un modo breve (pero regular) de relajación. La disrupción resultante (desequilibrio) de la capa limítrofe de concentración en la superficie de las membranas hace que los contaminantes se desabsorban de la superficie de las membranas y se redisuelvan dentro de la solución de permeado limpio. Así pues, la secuencia automatizada de purga opera como un paso de limpieza no química en miniatura en el sitio. Con el fin de maximizar la recuperación del sistema, los desechos de purga iniciales en el concentrado serán desechados mientras que la purga limpia subsiguiente en el rechazado de OI es reciclada al tanque de alimentación de OI. La secuencia automatizada de purga de permeado también puede utilizar un paso opcional de remojo para conservar agua de permeado al tiempo que permite que las membranas entren en contacto con permeado limpio de OI un tiempo más.

Una adicional característica es la inyección periódica de un acondicionamiento químico conocido como un surfactante dentro de del abastecimiento de agua de purga, es decir el permeado de OI, en forma de lotes intermitentes como parte de la secuencia de purga del permeado. El surfactante forma micelas que secuestran los contaminantes orgánicos hidrofóbicos que se han acumulado sobre la superficie de las membranas en el tiempo. Esto permite que los contaminantes se desabsorban de la superficie de las membranas y redisuelvan dentro de la solución de permeado limpio durante la secuencia de purga del permeado. Usando los tubos y válvulas asociados con el reciclado del concentrado, el agua de purga químicamente acondicionada que se usa en la secuencia de purga del permeado puede ser recirculada a través del deslizador de OI a baja presión (100% de recuperación) e mientras que el deslizador de OI se encuentra fuera de línea, similar a una operación de limpieza en el lugar. Las membranas entonces se pueden remojar en el agua de purga químicamente acondicionada en su tiempo de reposo para permitir que los contaminantes que se han acumulado sobre la superficie de las membranas en el tiempo se redisuelvan dentro de solución en forma de micelas, reactivando así las membranas de OI.

Además, un acondicionamiento químico conocido como surfactante puede ser adicionado

de forma continua al agua de alimentación de OI para controlar la contaminación orgánica de las membranas de OI manteniendo los compuestos orgánicos en solución. El surfactante forma micelas que secuestran contaminantes orgánicos hidrofóbicos de manera que los contaminantes permanecen en solución en la fase acuosa en lugar de adherirse y acumularse sobre la superficie de las membranas. Como alternativa, esto puede ser logrado mediante la inyección intermitente lote por lote del acondicionador químico dentro del agua de purga OI con pasos de recirculación y/o remojo como se describió arriba mientras que el deslizador de OI está fuera de línea. El acondicionador químico no ligado inyectado dentro del agua de calidad de permeado de OI será más activo formando micelas para secuestrar los orgánicos que tienden a contaminar las membranas de OI y podría revertir parte de la contaminación que ya ha tenido lugar.

El proceso de tratamiento de aguas servidas aquí descrito incluye una modalidad en la cual una porción sustancial de la corriente de desechos de regeneración de intercambio iónico es reciclada a la cabeza o a una porción seleccionada del proceso de tratamiento de aguas servidas para tratamiento. Esto tiende a minimizar o reducir la cantidad de residuos líquidos dirigida a una instalación de disposición final de residuos líquidos. Como se examinó arriba, algunas de las modalidades que se muestran en el dibujo incluyen un ablandador de cationes de ácidos débiles (WAC) 56 (ver las Figuras 2, 3, y 5) para remover la dureza de la corriente de aguas servidas. De tiempo en tiempo, el ablandador WAC utilizado en los procesos se agota. Es decir, durante un tiempo el escape de dureza del ablandador WAC es mayor que una concentración predeterminada de punto final y el lecho de resina del ablandador WAC tiene que ser regenerado. La regeneración puede realizarse en varios tiempos o a intervalos fijos de tiempo con base en un volumen predeterminado de aguas servidas que han sido tratadas.

En una modalidad, la regeneración del ablandador WAC involucra los siguientes pasos, que se enumeran en orden secuencial:

- (1) Contracorriente. Para regenerar el lecho de resina, se lleva a cabo un proceso de contracorriente para eliminar las partículas acumuladas que pueden haberse recogido en la parte superior del lecho y también para relieve la compactación. Durante el ciclo de contracorriente, la alimentación de agua fluye hacia arriba a través del lecho de resina en dirección inversa al flujo normal de servicio. La resina en el ablandador WAC es fluidificada por el flujo de contracorriente y normalmente alcanza una expansión cerca de 20-50%. Esto permite que las partículas en la resina sean deslavadas y descargadas del

ablandador WAC.

(2) Inyección de ácido. Después de la contracorriente, se adiciona ácido clorhídrico diluido al recipiente del ablandador a través de un cabezal de regenerador de flujo descendente situado por encima del lecho de resina. La función del ácido clorhídrico diluido es eliminar la dureza y los metales del lecho de resina y regresarlo a una forma hidrogenada. El ácido clorhídrico diluido fluye a través del lecho de resina y fuera de los coladores situados en un falso fondo en el fondo del lecho de resina. En lo sucesivo, el ácido clorhídrico diluido sale del recipiente. Durante la inyección de ácido, las reacciones de regeneración de ácido son como sigue como una cantidad suficiente de ácido diluido que fluye a través del lecho de resina para desplazar el calcio o el magnesio de la resina, convirtiendo la resina a su forma hidrogenada:



(3) Enjuague con ácido. El enjuague con ácido también se conoce como desplazamiento con ácido. El ácido es desplazado del lecho de resina con un flujo relativamente lento de agua.

(4) Inyección de cáustico. Una soda cáustica diluida se adiciona al ablandador WAC a través de los coladores situados en el falso fondo en el fondo del lecho para convertir la resina en su forma sódica. La soda cáustica diluida fluye hacia arriba a través del lecho de resina y fuera del recipiente a través del cabezal de regenerador situado por encima del lecho. Durante la inyección de cáustico, la reacción de regeneración de cáustico es como se ilustrado más abajo a medida que una cantidad suficiente del cáustico diluido fluye a través del lecho de resina para convertir la resina de la forma hidrogenada a la forma sódica, a la vez que neutraliza la acidez residual del paso previo: $\text{RCOOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{RCOONa} + \text{H}_2\text{O}$

Se puede ver que al comienzo del paso de inyección de cáustico, la corriente de desechos que se está descargando del ablandador inicialmente es ácida. Sin embargo, el pH de la corriente de desechos va a subir, en ocasiones bruscamente, hasta el intervalo de 10,5-12 una vez que el exceso de soda cáustica comienza a pasar a través.

(5) Enjuague de cáustico. El enjuague de cáustico también se conoce como desplazamiento de cáustica.

A través del enjuague de cáustico, el cáustico es desplazado del lecho de resina con un flujo lento de agua.

(6) Enjuague rápido. De permite que el lecho se sedimente y entonces se enjuaga con alimentación de agua para eliminar todas trazas de regeneradores químicos que quedan en el recipiente después del desplazamiento. El modo de enjuague rápido es igual al modo de servicio, excepto que el agua se envía a desecho en vez de a servicio. Después del ciclo de enjuague rápido, el ablandador WAC 56 es devuelto al servicio normal.

En procesos típicos de tratamiento de aguas servidas del tipo que se muestra en las Figuras 2, 3 y 5, solamente la contracorriente y las corrientes de enjuague rápido que no contienen desechos químicos residuales de regeneración normalmente son recicladas al frente del proceso de tratamiento de aguas servida. Las corrientes de desechos de regeneración que contienen químicos residuales (inyección de ácido, enjuague con ácido, regeneración de cáustico y enjuague de cáustico) normalmente se envían a la instalación de disposición final de residuos líquidos en lugar de reciclarlas.

No obstante, en una modalidad de los procesos que se muestran en los dibujos y se examinan arriba, una porción de las corrientes de desechos de inyección de cáustico, así como las corrientes de desechos de enjuague de cáustico, son recicladas para alcanzar varios beneficios. Primero, mediante el reciclaje de estas corrientes de desechos, existe una mejora en la recuperación del sistema gracias a la reducción del volumen de residuos líquidos que de otra suerte se enviarían a una instalación de disposición final. Los residuos líquidos de los pasos de inyección de cáustico y enjuague de cáustico son reciclados y reprocesados hasta el máximo grado posible, en una modalidad, para maximizar la recuperación general del sistema. Otro beneficio es que mediante el reciclaje de las corrientes, es posible recuperar el álcali (exceso de cáustico) de los desechos de regeneración y reciclar el álcali recuperado en frente del proceso de tratamiento, lo cual dará lugar a que se necesite menos soda cáustica fresca en el proceso de ablandamiento químico corriente arriba. Esto reduce la demanda de químicos y los costos operativos relacionados con químicos.

Como se dijo arriba, dado que la corriente de desechos de inyección de cáustico es inicialmente ácida antes de elevarse a un pH alcalino mayor de 10, la porción inicial de la corriente de desechos de inyección de cáustico se envía a una instalación de disposición final de residuos líquidos. Una vez que el pH de la corriente de desechos de inyección de cáustico se eleva por encima del pH deseado, la corriente de desechos de inyección de cáustico entonces se recicla al frente del proceso de tratamiento. Dependiendo de la prioridad del proceso de tratamiento de desechos específico (es decir, maximizar la

recuperación o reducir la demanda de químicos para ablandamiento) el pH fijado que desencadena el reciclaje de la corriente de desechos de inyección de cáustico puede ser ajustado. Observe la Figura 3, por ejemplo. En este proceso, la corriente de desechos de regeneración que sale de la unidad de ablandamiento por intercambio de cationes de ácidos débiles 56 es dividida en una corriente reciclable y una corriente no reciclable. Observe que la corriente reciclable es dirigida, en el caso de una modalidad, a un punto corriente arriba de la unidad de ablandamiento químico por precipitación 52. La corriente no reciclable es dirigida fuera del proceso y a lo que se denomina “residuos líquidos”. La porción reciclable de los desechos de regeneración del ablandador WAC (contracorriente, enjuague rápido, porción alcalina del paso de inyección de cáustico, y desechos del enjuague de cáustico) es reciclada al frente del proceso en donde es reprocesada por el sistema de tratamiento. La porción no reciclable de los desechos de regeneración (inyección de ácido, desechos de enjuague con ácido y la porción ácida inicial de la corriente de desechos de inyección de cáustico) se envía a una instalación de disposición final de residuos líquidos. La presente invención puede, por supuesto, realizarse de otras formas específicas distintas de las aquí establecidas sin apartarse del alcance y las características esenciales de la invención.

A lo largo de la especificación, el método o proceso se refiere a la eliminación de ciertos contaminantes como material en partículas (petróleo, sólidos suspendidos, bacterias), formadores de escamas (calcio, magnesio, silicio, hierro, bario, estroncio) y gases disueltos (bióxido de carbono, sulfato de hidrógeno, y compuestos orgánicos volátiles). El término “eliminar” o “eliminado” significa “reducir” o “reducir la concentración de un contaminante en particular”.

Por tal razón, las presentes modalidades han de ser interpretadas en todos sus aspectos como ilustrativas y no restrictivas y todos los cambios que caben dentro del significado y el intervalo de equivalencias de las reivindicaciones que se anexan tienen por objeto ser abarcados allí dentro.

RESUMEN

Se revela un método para tratar agua producida en un sistema para tratar aguas servidas. El sistema incluye una unidad de ósmosis inversa para eliminar sólidos disueltos. La unidad de ósmosis inversa produce un permeado y un concentrado. Para reducir la contaminación potencial de las membranas asociada con la unidad de ósmosis inversa y/o prolongar la vida de las membranas y/o incrementar la recuperación del sistema, por lo menos una parte del concentrado es reciclada y mezclada con la corriente de aguas servidas en un punto corriente arriba de la unidad de ósmosis inversa.

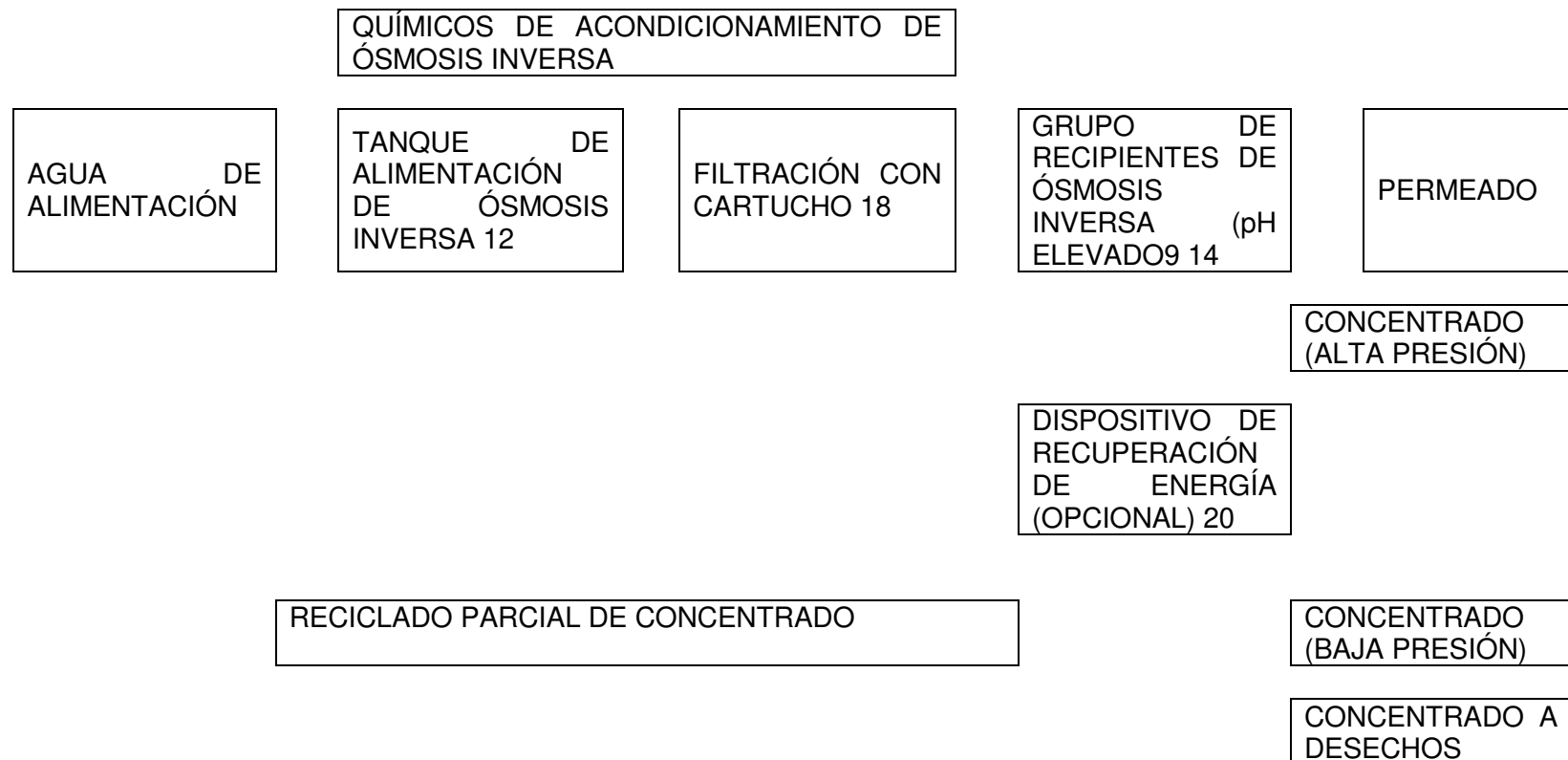
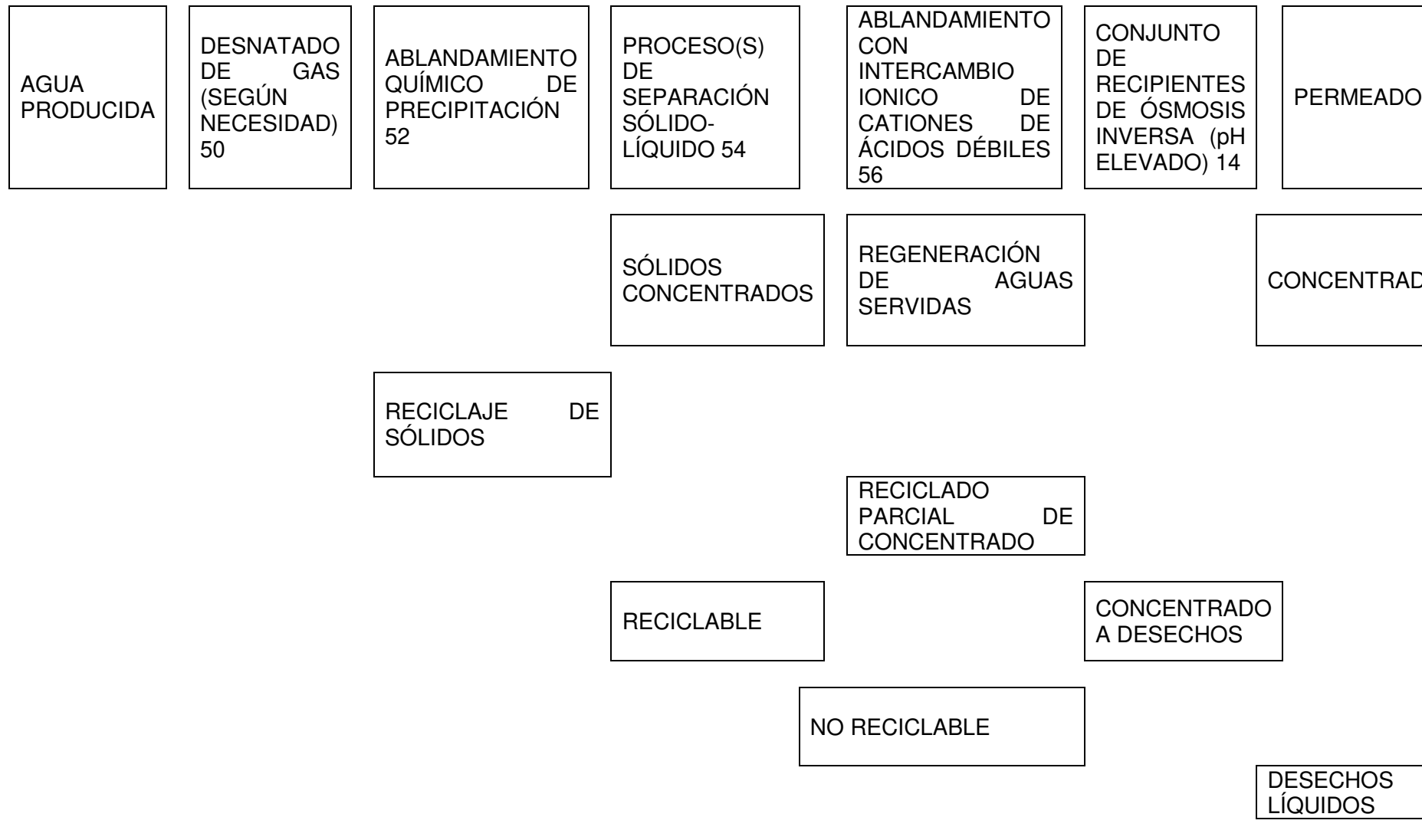


FIG. 1



DESECHOS
SÓLIDOS

FIG. 2

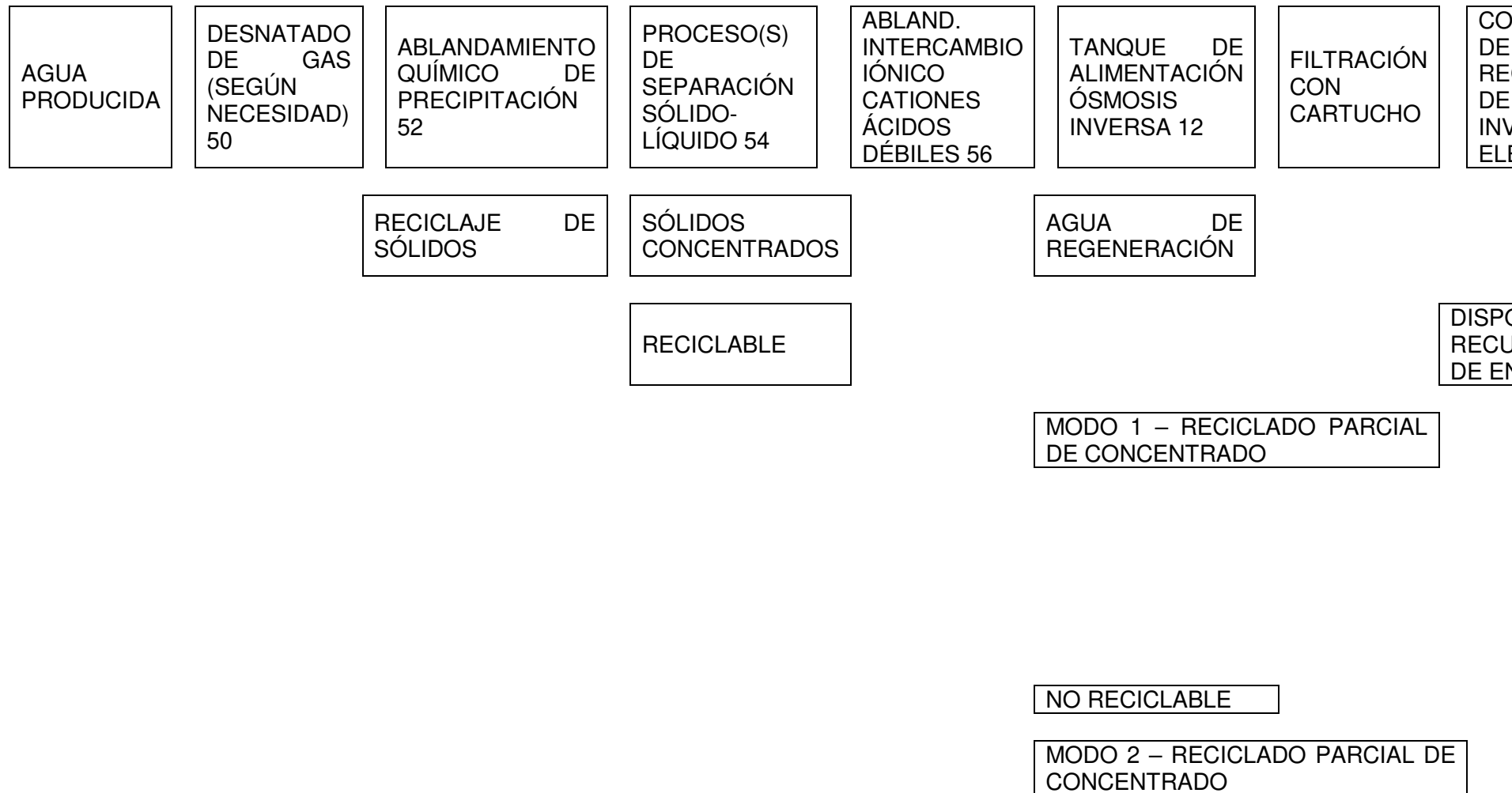


FIG. 3

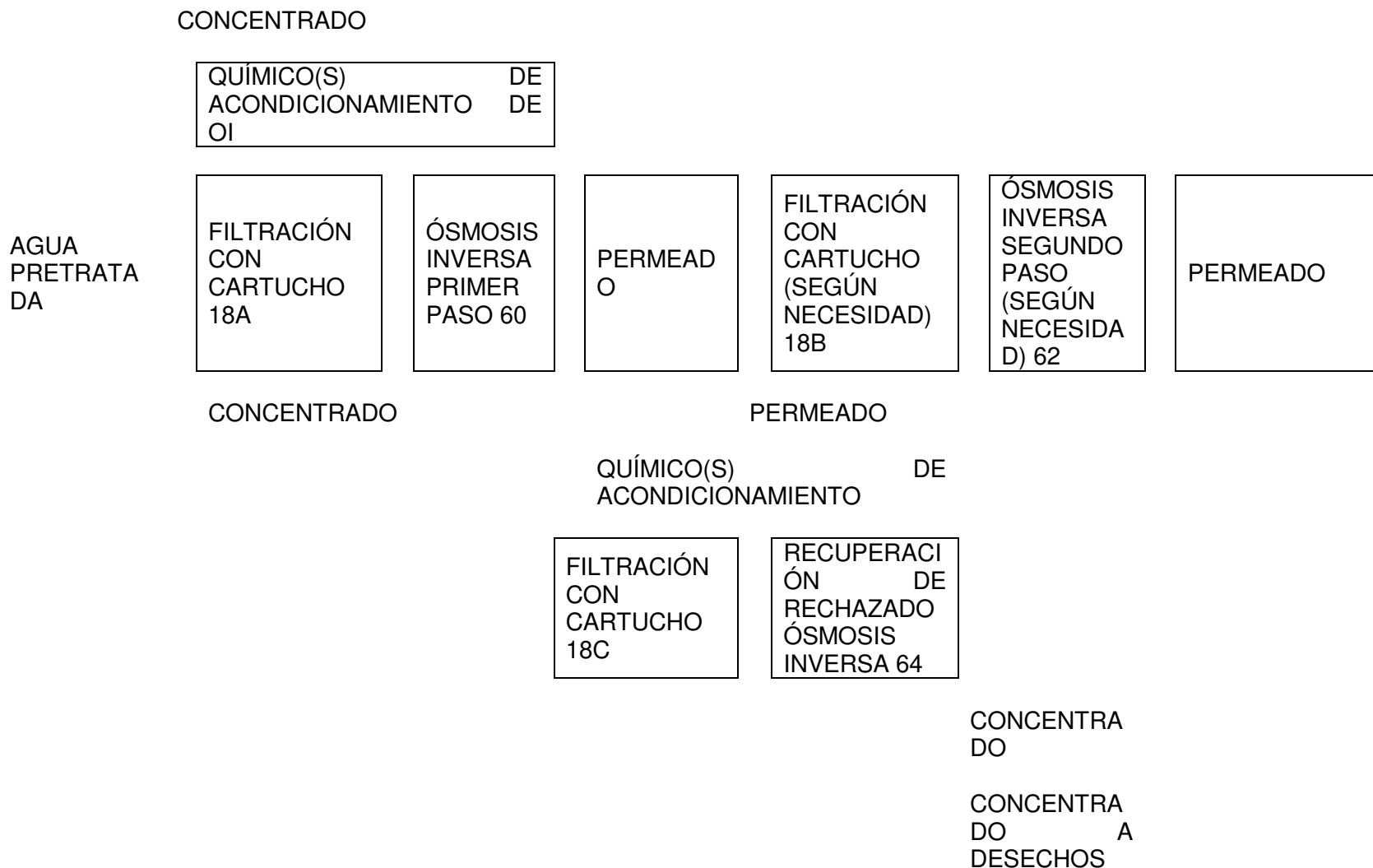
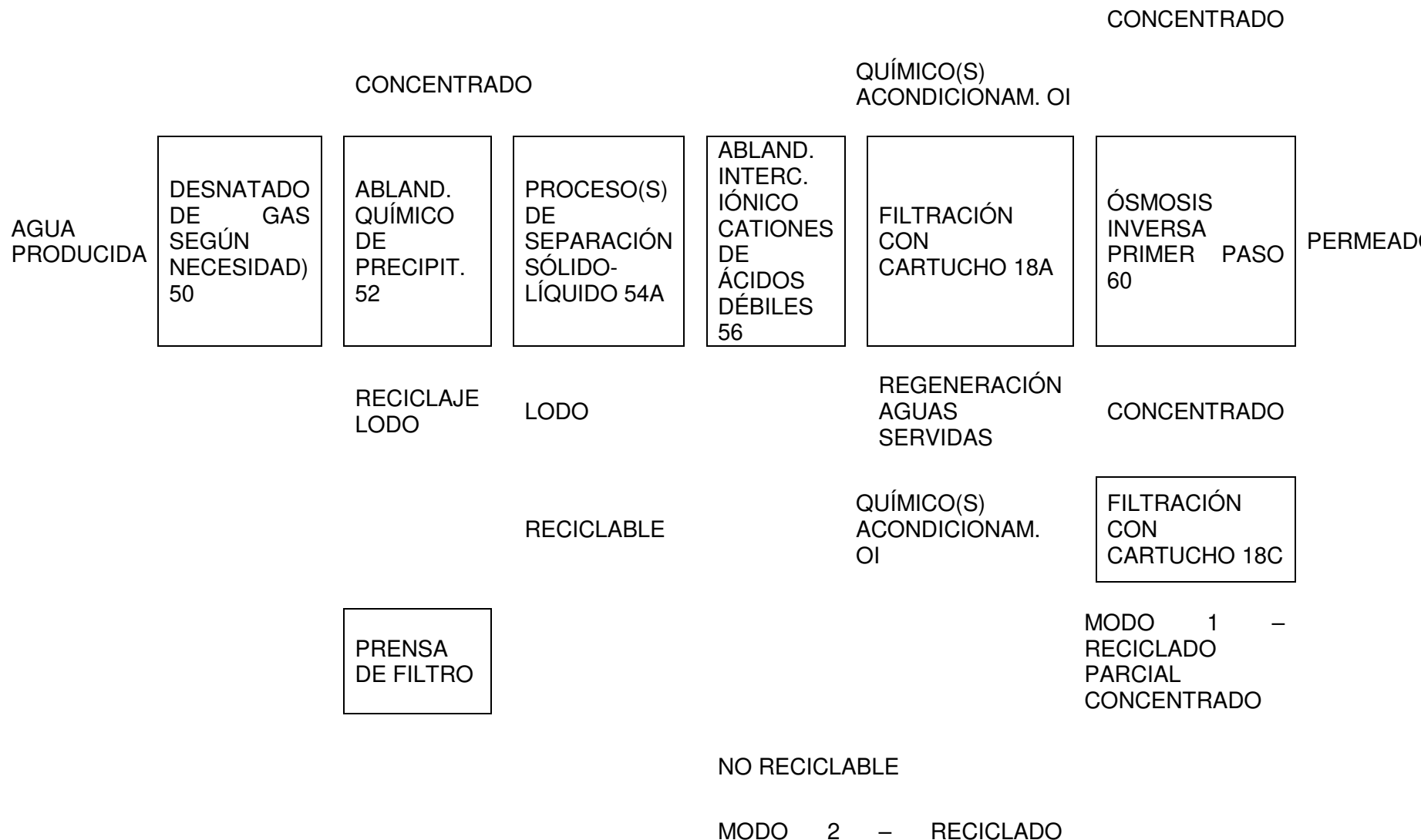


FIG. 4



PARCIAL CONCENTRADO

FIG. 5