



## REPORTE DE ACTIVIDADES PROFESIONALES EN FRESENIUIS MEDICAL CARE DE MÉXICO S.A. DE C.V.

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

“EXPERIENCIA PROFESIONAL”

NOMBRE DEL ALUMNO: Miguel Ernesto Romero Sánchez

NÚMERO DE CUENTA: 304070394

CARRERA: Ingeniería Mecatrónica.

ASESOR: M. EN I. BILLY ARTURO FLORES MEDERO NAVARRO

AÑO: 2015

## ÍNDICE:

Introducción.....	1
Descripción de la empresa.....	3
• Historia de la empresa.....	3
• Misión .....	7
• Visión.....	7
• Filosofía y Valores.....	8
• Organigrama.....	9
Descripción del puesto de trabajo.....	10
Descripción de la participación del alumno en la empresa.....	12
• Capacitación en fundamentos de la diálisis.....	12
• Capacitación y certificación en manejo de equipo Tecnología 4008.....	19
○ Descripción general.....	19
○ Configuración y función de los componentes de la máquina.....	22
○ Módulos.....	29
○ Hidráulica Básica.....	32
○ Hidráulica Avanzada.....	38
○ Descripción del circuito extracorpóreo.....	44
○ Teoría de funcionamiento de la cámara de balance.....	46
○ Alimentación eléctrica.....	50
○ Diagrama de flujo test T1, secuencia en paralelo.....	52
Conclusiones.....	57
Bibliografía.....	58



## ❖ INTRODUCCIÓN:

### ❖ **Fresenius Medical Care.**

*Fresenius Medical Care* es por excelencia la compañía de diálisis en el mundo. Su constante motivación y compromiso en el desarrollo de tecnología para el tratamiento de pacientes con insuficiencia renal crónica, una condición que afecta a más de 1,500,000 personas a nivel mundial, la llevan a establecer estándares superiores en el desarrollo de productos, terapias y servicios innovadores para mejorar continuamente la calidad de vida de los pacientes.

Sus más de 25 años de experiencia en la industria la colocan como líder mundial en productos y servicios de diálisis, más de 56,800 empleados con operaciones en más de 100 países en los 5 continentes están unidos en su compromiso de proveer productos de la más alta calidad y llevar las mejores prácticas médicas al cuidado del paciente renal.

A través de su red de 2,194 clínicas de diálisis en América del norte, Europa, América latina y Asia-pacífico (véase Fig. 1), *Fresenius Medical Care* provee tratamiento de diálisis a más de 169,200 pacientes. Por lo que también, es el proveedor de servicios completos más grande del mundo en el cuidado de diálisis.

En este reporte expongo mi experiencia profesional en el Departamento de Servicios Técnicos. Mi trabajo en la empresa es a través de Capacitaciones y Certificaciones, ser parte del personal autorizado para realizar trabajos de diseño, asesoría, instalación y mantenimiento de los equipos de *Fresenius Medical Care*.

El Servicio Técnico se especializa en:

- Máquinas para hemodiálisis Modelos 2008K, 2008H y 4008S.
- Sistemas de Tratamiento de Agua.
- Accesorios y Complementos.
- Máquinas Cicladoras PD-Night.
- Diseño e Instalación de Clínicas de Hemodiálisis.
- Mantenimiento Preventivo y Correctivo.

- Refacciones y Partes



Figura 1. Fresenius Medical Care en el mundo.

## **CAPÍTULO 1: Descripción de la empresa.**

### ❖ Historia

1989- Inicia operaciones en México a través de un distribuidor con la instalación de máquinas de hemodiálisis serie A2008D, las primeras con control volumétrico de ultrafiltración en el país.

1990- Introducción al mercado de los dializadores de alta eficiencia y alto flujo con membrana de polisulfona Fresenius® siendo las primeras membranas sintéticas y biocompatibles en México. Siguiendo el concepto de biocompatibilidad se introduce el uso de Concentrado ácido y de bicarbonato de sodio, reemplazando el uso de la solución con acetato en hemodiálisis.

1991 - Instalación del primer equipos de hemodiálisis A2008D en el Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional de Occidente del Instituto Mexicano del Seguro Social.

1992 - Introducción de los primeros modelos de las máquinas de hemodiálisis de la serie A2008E con aplicación pediátrica y panel de control digital.

1994 - Fresenius instala sus oficinas en la ciudad de México y constituye la empresa Fresenius de México S.A. de C.V.

1995 - Llegan al país las máquinas de Hemodiálisis de la serie 2008H que permiten la programación y representación gráfica del tratamiento con pantalla LCD de alta resolución. Se instala en el país el primer sistema de cómputo en línea FDS08 para el registro de datos del tratamiento hemodialítico.

1996 - Fresenius AG Alemania adquiere Laboratorios Alpha en la ciudad de Guadalajara, hoy en día Fresenius Kabi México.

1999 - Constitución de la empresa Fresenius Medical Care de México, S.A. de C.V. e inicio de operaciones en las oficinas de la Ciudad de México. Instalación de la primera máquina de la serie 4008S y se introduce al país el concepto de bioadeciación.

2001 - Inicio como proveedor de Servicio de Hemodiálisis con propias Clínicas en Cuernavaca y la Ciudad de México (Medica Sur). Implementación del concepto de bioadecuación a través del control estricto de la calidad del agua, reemplazo de formol por Ácido Peracético Puristeril 340® como desinfectante, bicarbonato de sodio en polvo en línea Bibag® y Perfiles de Sodio y Ultrafiltración combinados.

2002 - Terminación de la Construcción e inicio de Operaciones de la Planta de producción de Diálisis Peritoneal en Guadalajara, Jalisco. Lanzamiento del sistema de doble bolsa andy.disc® para Diálisis Peritoneal. Transferencia de Oficinas Corporativas de Ciudad de México a Guadalajara. Se instala la primer máquina de Hemodiálisis de la serie 4008H equipada con los módulos BVM® (Módulo de Volumen Sanguíneo) y BTM® (Módulo de Temperatura Sanguínea) y HDF® (Hemodiafiltración) en línea. Instalación de primeros sistemas de computo Finesse® para el registro de datos de tratamiento hemodialítico. Llega a México la tecnología que permite la medición del aclaramiento de Urea en línea in-vivo y no invasivo OCM® (Online Clearance Monitor).

2003 - Se inicia el programa de Diálisis Peritoneal con el sistema andy.disc® en México.

2004 - Apertura de nuevas Clínicas de Hemodiálisis en las Ciudades de Cuautla, Acapulco, Centro de la Ciudad de México (Guadalupe) y en Guadalajara. Se instalan las primeras cicladoras PD-Night® para Diálisis Peritoneal Automatizada.

2005 - Introducción del concepto de Hemodiálisis Cardioprotectora apoyada en la tecnología 4008H con sus avanzados opcionales (BVM®, BTM®, HDF Online Plus y OCM®). Inauguración de la octava Clínica de Hemodiálisis "Clínica Fresenius Medical Care Aragón" la cual ofrece servicios integrales y de alta calidad a una importante región del Estado de México. Adquisición de Clínicas de Hemodiálisis en la Ciudad de México: Dalinde, Durango, Santa Fe y San Rafael.

2006 - Adquisición de Clínicas de Hemodiálisis en la ciudad de Puebla y en la Ciudad de México apertura de la clínica de Hemodiálisis Fresenius Medical Care El Refugio.

2007 - Inauguración de la Clínica de Hemodiálisis Fresenius Medical Care Jajutla en el Estado de Morelos.

2008 - Inauguración de la Clínica de Hemodiálisis Fresenius Medical Care Papagayo en Acapulco, Guerrero.

2009 - Lanzamiento de la Máquina de soporte Hepático Prometheus®.

Fresenius Medical Care obtiene la Certificación de la *US Food and Drug Administration* "FDA".

Puesta en marcha del innovador Servicio Hemodiálisis en Movimiento.

2010 - Obtención por primera vez del Distintivo de Empresa Socialmente Responsable (ESR) que otorga el CEMEFI.

Inauguración de la Clínica de Hemodiálisis Fresenius Medical Care Puebla II en Puebla.

Inauguración de la Clínica de Hemodiálisis Fresenius Medical Care CD. Victoria en el Estado de Tamaulipas.

### ❖ **FMC en México**

Desde que la empresa llegó a México en 1989 con la introducción de equipos de hemodiálisis en el mercado, a través de un distribuidor, la evaluación de la compañía ha sido permanente gracias al invaluable prestigio que tiene como líder mundial en productos y servicios de diálisis.

La empresa ha experimentado un importante crecimiento durante todos estos años, debido a la constante presencia en la terapia de hemodiálisis, ofreciendo sus productos a un sin número de pacientes con insuficiencia renal crónica, a través de numerosas unidades hospitalarias del sector público y privado, véase al figura 2.

Otro factor importante ha sido la extensión hacia el área de servicio de hemodiálisis, instalando en el país una red de clínicas especializadas en este campo, donde se atienden pacientes de la localidad o que se encuentran en vacaciones con personal altamente calificado, productos y servicios de innovación y con calidez humana que los distingue.

Fresenius Medical Care de México en agosto del 2012 establece sus oficinas corporativas e inicia las operaciones de su planta de producción de soluciones para diálisis peritoneal en Guadalajara Jalisco, ampliando así el portafolio de productos para las terapias dialíticas en México.

El gran compromiso con el país se expresa, además de la permanente presencia al lado de los pacientes, con importantes innovaciones en instalaciones de vanguardia, así como la constante generación de empleos.

Actualmente es una empresa reconocida por su firme trayectoria. La introducción de prácticas y estándares de calidad de talla internacional y su avanzada tecnología les permite ofrecer a los pacientes una mejor calidad de vida.



Figura 2. clínicas FMC en la Republica Mexicana.

## ❖ Misión

“Responder a las expectativas de nuestros pacientes, clientes, empleados, accionistas y la comunidad con productos y servicios innovadores para mejorar la calidad de vida de los pacientes con insuficiencia renal, basados en nuestros valores y practicas éticas.”

Más de 25 años de experiencia en diálisis enfocados a la innovación y terapias para una mejor calidad de vida es Fresenius Medical Care en el mundo.

Se alcanzan los más altos estándares médicos como respuesta a la confianza de nuestros pacientes, empleados y accionistas a quienes se ofrece conocimiento y experiencia para una mejor calidad de vida.

## ❖ Visión

“Ser la mejor opción para una Vida Mejor.”

Ofrecer un futuro con la mejor calidad de vida a los pacientes con Insuficiencia Renal Crónica es posible gracias a innovadores tratamientos y tecnologías en diálisis, en donde Fresenius Medical Care ha jugado un rol decisivo.

Como los líderes en el mercado de diálisis, estamos mirando hacia el futuro y se asume la responsabilidad que nos corresponde con nuestros pacientes y colaboradores en el cuidado de la salud.

Se trabaja con resolución en el desarrollo de terapias y nuevos productos para una mejor vida en el futuro.

## ❖ **Filosofía y Valores**

Filosofía.

- Nuestros Pacientes son nuestra razón de ser.
- Innovando para una vida mejor.
- Investigación y desarrollo es la clave para un mejor futuro.
- La combinación de conocimiento y experiencia genera confianza.

## ❖ **Valores.**

Las personas que integran la compañía comparten el respeto a los principios fundamentales de:

- Calidad.
- Honestidad e Integridad.
- Innovación y Mejora Continua.
- Respeto y Dignidad.
- Trabajo en equipo.
- Nuestra gente hace la Diferencia.

# Organigrama / Organization Chart

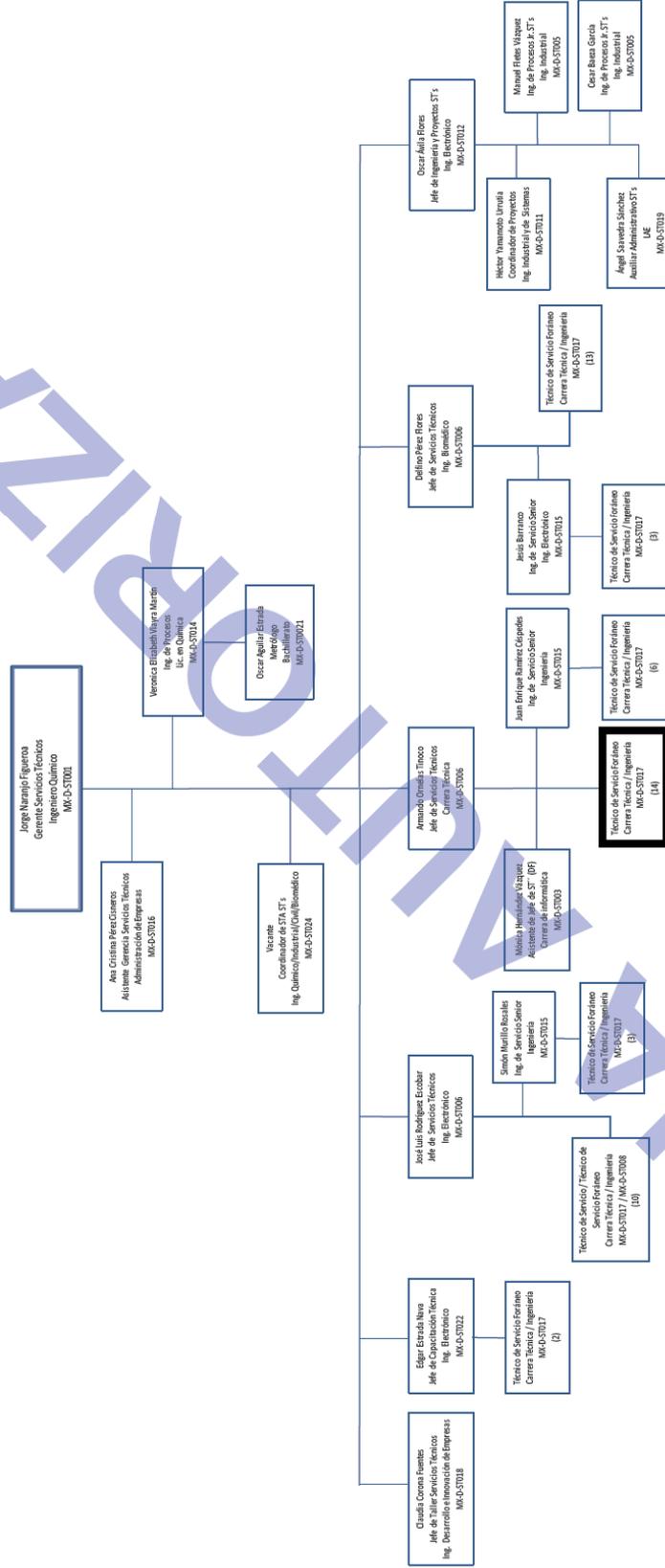
TITULO/ TITLE: Gerencia de Servicios Técnicos

Código / Code: MX-OG-014

Fecha Efectividad / Effective Date: 29 May 14

N° de revisión/ revision N°: 19

Orden de Cambio / Change Order: 224-14



Elaborado por (Firma, Fecha y Puesto) / Writen by (Signature, date & Job title):	Revisado y Aprobado por (Firma, Fecha y Puesto) / Reviewed & Approved by (Signature, date & Job Title):
Victor Meda Muciffo Coordinador de Sistema de Calidad Ventas	Saul Pacheco Director de Ventas
	Miriam Rabago Director de Recursos Humanos

## Capítulo 2: Descripción del puesto

Nombre: Técnico de Servicios Foráneo

Clave: MX-D-ST008

Jefe inmediato: Jefe de Servicio Técnico (Ing. Armando Ornelas)

### Responsabilidades:

Optimizar el uso, conservación disponibilidad y actualización de los recursos (presupuestos de gastos, equipo, fondo de gastos, refacciones, documentos, accesorios, bases de datos, herramientas, etc.) a mi cargo.

Mantener el buen funcionamiento de los equipos a mi cargo (hemodiálisis, osmosis, cicladoras o equipos DPA) de las unidades hospitalarias que me sean asignadas así como la herramienta y equipo de medición asignados.

Cumplir con los programas de mantenimiento preventivo establecido (equipos de hemodiálisis, desinfecciones, cicladoras o equipos DPA) así como elaborar los reportes de servicio correspondiente a cada servicio realizado y también los documentos o registros establecidos en los contratos.

### Actividades:

Atender oportuna y eficazmente las solicitudes de servicio reportadas (Mantenimientos Preventivos y Correctivos) por el SAC de Servicio Técnico o jefe inmediato.

Cada solicitud de servicio reportada debe ser atendida, acudir a la unidad hospitalaria en menos de 24 horas y realizar la reparación del equipo reportado en un plazo máximo de 48 horas.

Elaborar el reporte del servicio realizado para a su vez solicitar la firma del cliente.

Enviar todos los reportes de servicio realizados a planta GDL (correctivos, preventivos, desinfecciones, etc.) de tal manera que exista la evidencia de que se atendieron las solicitudes reportadas.

Semanalmente se debe cumplir con el 100% de evidencias entregadas.

Cumplir con los programas de mantenimiento preventivo para los equipos de Hemodiálisis, Diálisis Peritoneal y Osmosis.

Realizar la instalación y/o desinstalación de todo equipo que sea solicitado.

Hacer uso del sistema TAM al 100% para mantenerla siempre actualizada.

Optimizar tiempos de trabajo.

Especificaciones del puesto:

Escolaridad: Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Electrónica.

Experiencia: Mínimo 1 año en el campo de la conservación y/o mantenimiento a equipos electrónicos, hidráulicos o neumáticos.

Conocimientos: Manejo de Office, Lotus Notes, conocimientos en diagnóstico y reparación de equipos electrónicos, eléctricos e hidráulicos y sistema de tratamiento de agua.

Competencias: Apego a Normas, Disciplina, capacidad para aprender, compromiso-cumplimiento de tareas, integridad, organización, responsabilidad, iniciativa, actitud de servicio, conocimiento de inglés, trabajo en equipo-capacidad de socializar.

### CAPÍTULO 3: Descripción de la participación del alumno en la empresa.

- Capacitación en fundamentos de la diálisis

Se recibió capacitación en fundamentos de la diálisis, esencial para entender el funcionamiento hidráulico, mecánico y electrónico de una máquina de hemodiálisis, ya que es el sistema sustituto de la función renal.

La información relevante que se recibió durante la capacitación es la siguiente:

El riñón es uno de los órganos más importantes del cuerpo humano. Sus dimensiones son:

12 cm de longitud.

6 cm de ancho.

3 cm de grosor.

Cada uno pesa aprox. 150 g. y se encuentran a cada lado de la columna vertebral al nivel de la cintura (Fig. 3).

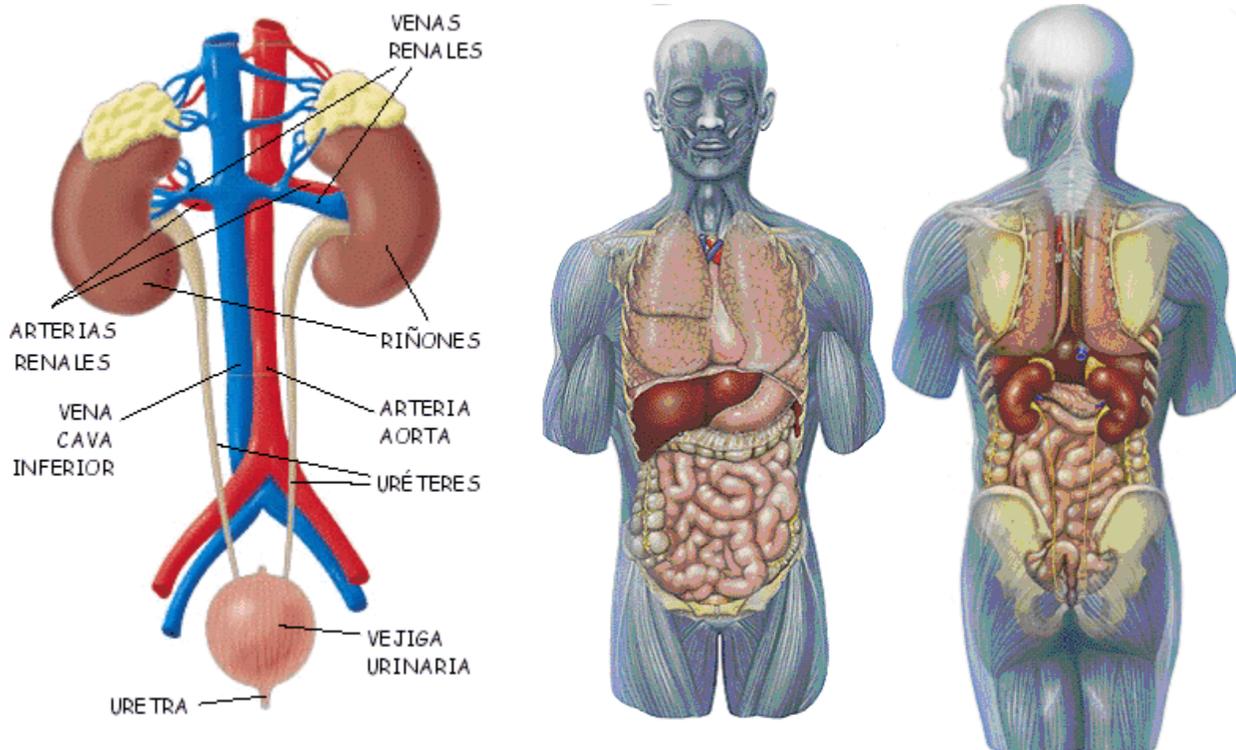


Figura 3. Esquema Renal.

El funcionamiento de los riñones se puede dividir en 4 puntos (Fig. 4).

1. La sangre entra en los riñones a través de una arteria.
2. La sangre se limpia a través de millones de pequeños filtros (capilares).
3. El material residual pasa por el uréter y se almacena en la vejiga en forma de orina.
4. La sangre se limpia nuevamente y regresa al torrente sanguíneo por las venas.

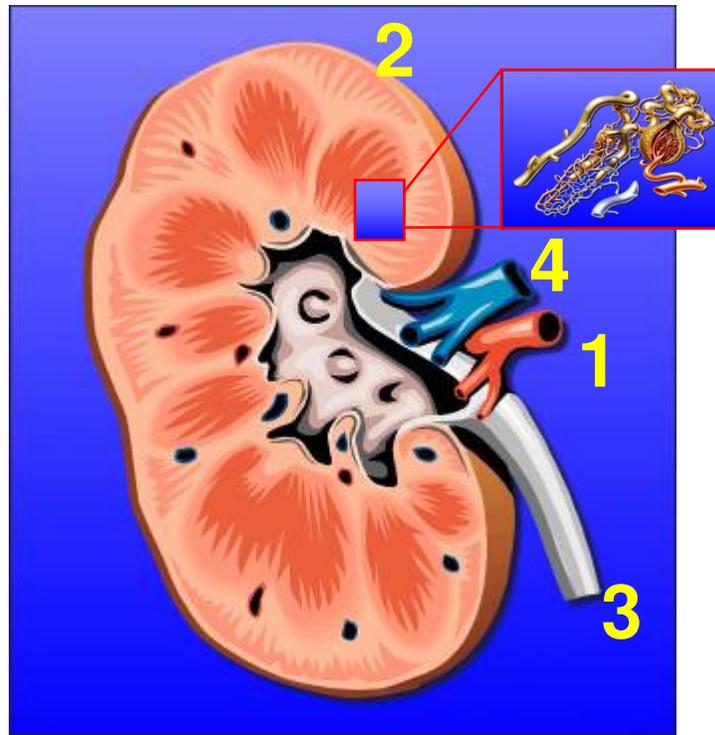


Figura 4. Corte lateral de un Riñón.

### Funciones del Riñón

1. Eliminar los productos de desecho derivados de la comida, bebida y ejercicios, siendo los dos principales la "Urea" y "Creatinina" (Toxinas).
2. Eliminar el exceso de agua y sal del organismo: Balances Hídrico y Electrolítico.
3. Controlar la presión arterial (la hormona Renina, Angiotensina, Aldosterona).
4. Facilitar la producción de los glóbulos rojos de la sangre: síntesis de la hormona Eritropoyetina.
5. Mantener las estructuras óseas sanas (la hormona Calcitriol que activa la vitamina D).
6. Regular el pH sanguíneo (recuperación de bicarbonato, remoción de sodio).

¿Qué pasa cuando los riñones dejan de funcionar?

Los signos y síntomas al inicio de una enfermedad renal son ambiguos e inespecíficos, pues también se presentan en otros tipos de enfermedades. Un examen médico y simples pruebas están disponibles para un diagnóstico temprano de una enfermedad renal. Así, el progreso de la enfermedad renal se puede parar o por lo menos retardarse.

### Síntomas

- ❖ Cansancio y palidez.
- ❖ Hinchazón de los pies, tobillos, manos y alrededor de los ojos.
- ❖ Cambios en la frecuencia de orinar y/o en el color de la orina.
- ❖ Frecuentemente hay dolor o ardor al orinar.
- ❖ Presión arterial alta.
- ❖ Pérdida del apetito, náusea y mal sabor en la boca.
- ❖ Comida podría tener sabor metálico.
- ❖ Cambios en la aspiración.

### Tratamiento contra falla renal.

- ❖ Tratamiento Conservador: Dieta y medicamentos.
- ❖ Tratamiento Dialítico: Diálisis Peritoneal y Hemodiálisis.
- ❖ Transplante Renal.

### **Diálisis Peritoneal.**

La diálisis peritoneal consiste en introducir y extraer líquido de la cavidad peritoneal por medio de un catéter, utilizando el peritoneo para filtrar y limpiar la sangre.

El Peritoneo es una membrana serosa y blanda que cubre la superficie interior de la cavidad abdominal y los órganos abdominales.

El peritoneo tiene una buena circulación y posee pequeños poros microscópicos que permiten el paso de agua y sustancias tóxicas.

A medida que la sangre circula por el peritoneo, las sustancias de desecho y el exceso de agua pasan de la sangre al líquido de diálisis.

## Modalidades de Diálisis Peritoneal

DPCA- Diálisis Peritoneal Continua Ambulatoria. Este tipo de Diálisis Peritoneal se realiza en casa, en forma manual, diariamente se hacen cuatro cambios, durante los siete días de la semana.

DPA- Diálisis Peritoneal Automatizada. Este tipo de Diálisis Peritoneal se realiza en casa, en forma automatizada, durante los siete días de la semana el paciente se conecta a la máquina antes de ir a la cama, y se desconecta por la mañana (Fig. 5).

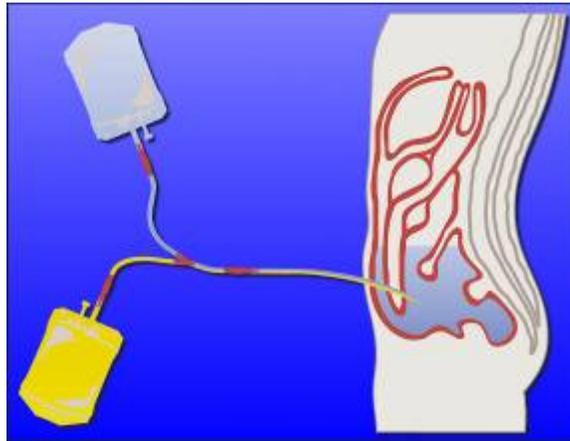


Figura 5: Diálisis Peritoneal.

## Hemodiálisis.

Para someterse a éste tratamiento se necesita:

- Una vía de acceso al flujo sanguíneo del paciente; ésta se obtiene mediante la instalación de un catéter de dos vías (Fig. 6) o la realización de una fístula arterio-venosa (Fig. 7).
- Una máquina; en ella se instalan las líneas arterial y venosa y el filtro (riñón artificial).



Figura 6: Fístula.

El acceso vascular por las venas periféricas del antebrazo tiene tiempo de vida largo, pero es necesario esperar algunas semanas para poder usarlo.

El acceso por un catéter insertado en una vena central puede ser utilizado inmediatamente, pero su tiempo de vida está limitado a unas cuantas semanas.

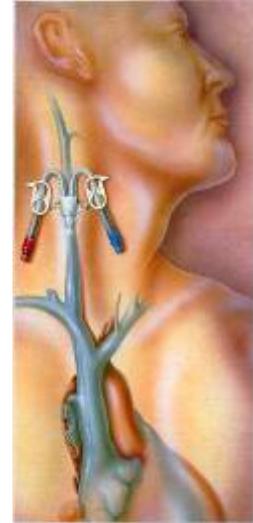


Figura 7: Catéter.

Dializadores (Fig. 8).

- Derivadas de polímeros especiales.
- Hidrofóbicas.
- Gran permeabilidad selectiva.
- Mejor transporte de moléculas de gran peso.
- MEJOR BIOCOMPATIBILIDAD.
- Resistente a grandes presiones en el circuito sanguíneo (PTM).

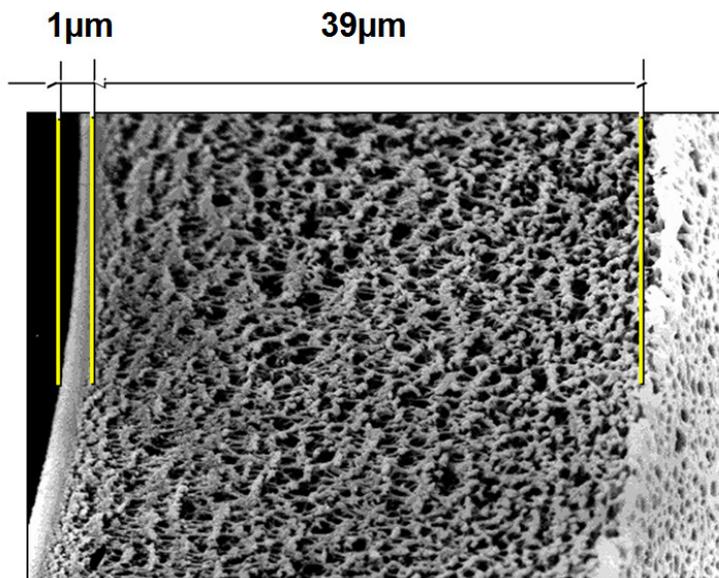


Figura 8: Sección Transversal de Membrana Polisulfona.

Los sistemas de hemodiálisis conforman un sistema cerrado por donde se hace recircular la sangre, durante 3 a 5 horas, 3 veces por semana.

Para evitar la coagulación en el sistema es necesario suministrar heparina. Dentro del filtro además de la sangre, la solución dializante circula en sentido opuesto. Hacia a ella pasan elementos de desecho y agua del organismo (Fig. 9).

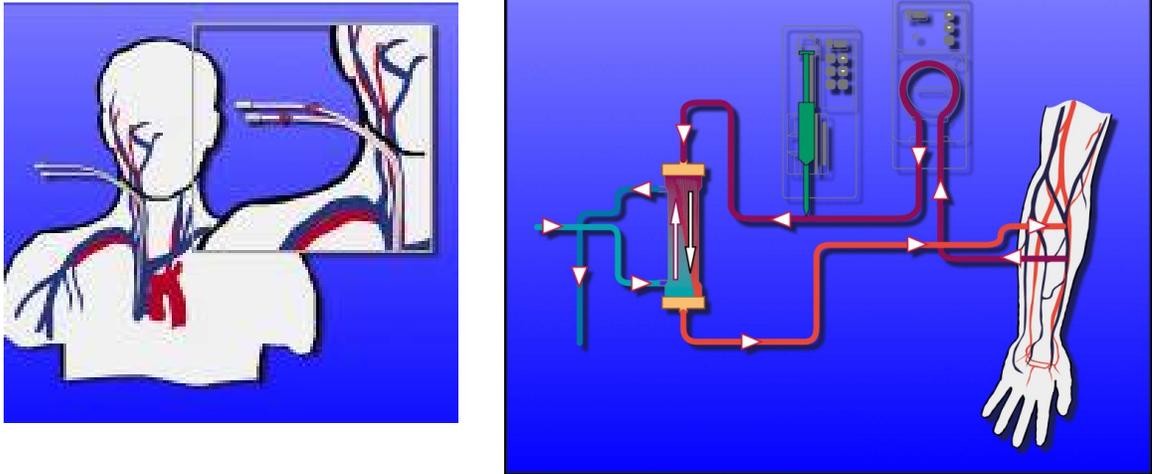


Fig. 9: Sistema Extracorpóreo en tratamiento de hemodiálisis.

Tabla 1: Comparativo entre Diálisis Peritoneal y Hemodiálisis.

	<b>Diálisis Peritoneal</b>	<b>Hemodiálisis</b>
<b>Tratamiento</b>	Intracorpóreo	Extracorpóreo
<b>Membrana</b>	Natural	Artificial
<b>Acceso</b>	Peritoneal	Vascular
<b>Duración</b>	6 horas / toda la noche	4 horas
<b>Frecuencia</b>	4 veces por día / 1 vez por día	3 veces por semana
<b>Lugar</b>	Casa	Centro de diálisis
<b>Capacitación</b>	Sí	No
<b>Almacenaje</b>	Sí	No

## Transplante Renal

Es la implantación quirúrgica del riñón obtenido de un donador vivo relacionado (padre, madre, hermanos), de un donador vivo no relacionado o de donador cadáver (persona a quien se le ha diagnosticado muerte cerebral) (Fig. 10).

Previo a la cirugía se realizan las pruebas de compatibilidad entre el receptor y el donador.

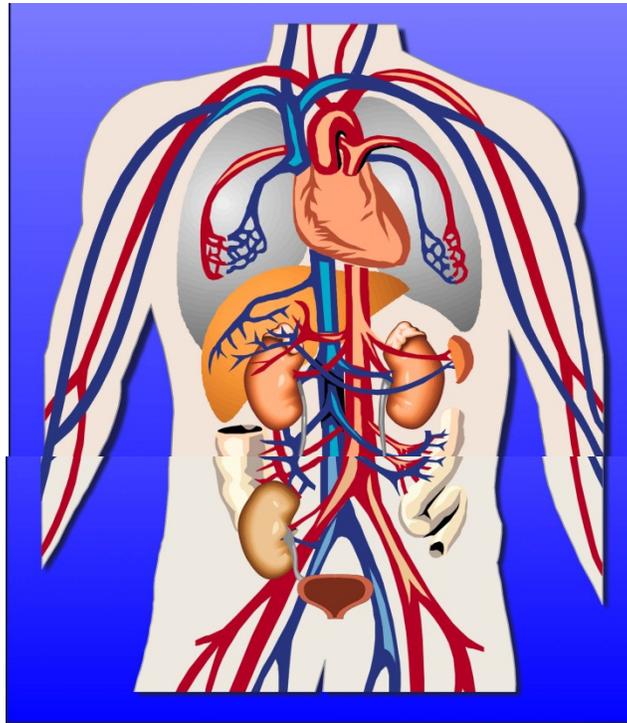


Figura 10: transplante Renal.

Esta capacitación me permite realizar mis actividades laborales pues al entender el funcionamiento de los riñones facilita entender cada función de los elementos mecánicos y electrónicos de la máquina de hemodiálisis, comprender la teoría de la máquina sustituta de la función renal.

Entendí la función de las líneas arteriales y venosas y como deben ser colocadas, las arteriales salen del acceso del paciente para ser filtrado a través del filtro y regresa la sangre limpia en las líneas venosas, algunos de los mantenimientos correctivos que he realizado son por mal uso del equipo, como fallas en presiones venosas y arteriales pero después del curso entendí el sentido que lleva la sangre a través del sistema extracorpóreo y así se que la medición de presiones se hace antes de la bomba (arterial, después de la bomba pasa al filtro) y debe ser negativa, y después del filtro (venosa, sangre limpia hacia el paciente) con esto

también se entienden el funcionamiento de otros elementos como los sensores ultrasónicos que están en el módulo venoso, a través de estos sensores se detecta aire en el sistema, después del curso me dí cuenta que es un elemento esencial pues supe que la sangre limpia entra al torrente sanguíneo por las venas por lo tanto después de estos sensores la sangre entra al paciente y si no realizo con calidad mi trabajo la máquina puede ingresar aire al paciente.

Este curso me ayuda a mis actividades laborales, se exactamente como funciona el sistema extracorpóreo, tanto para diálisis peritoneal como para hemodiálisis, entiendo la existencia de cada elemento partiendo de los riñones como y para que funcionan entender que se extienden las líneas venosas y arteriales (entrada y salida del torrente sanguíneo), un filtro (riñón artificial) y cada elemento que mide y asegura el estado del paciente, cualquier falla en estos elementos, se como identificarla dependiendo del error que marquen en el reporte.

- **Capacitación y certificación en manejo de equipo Tecnología 4008**

Se realizó la capacitación en tecnología 4008, la cual está hecha para el manejo de las máquinas para tratamiento de hemodiálisis 4008, ésta certificación me autoriza a realizar el mantenimiento correctivo y preventivo en hospitales y clínicas de hemodiálisis.

La importancia de la capacitación que se tomó es, además de ser personal certificado, el entender el funcionamiento de la máquina y cómo logra convertirse en el reemplazo de la función renal y así lograr mayor eficacia en el mantenimiento correctivo principalmente, pues por contrato, después de realizar el reporte solo tengo 24 horas para acudir a la clínica y 48 horas para corregir la falla y entregar la máquina funcionando correctamente.

Los principales puntos del curso son los siguientes:

### **Descripción general**

La máquina de hemodiálisis permite realizar tratamientos de diálisis sin otros aparatos adicionales.

Acciona y controla el circuito del líquido de diálisis y el circuito extracorpóreo.

Los parámetros de tratamiento necesarios se pueden introducir a través de diferentes menús de programación en una pantalla de color de alta resolución. Los datos de tratamiento se visualizan en la pantalla.

En el circuito del líquido de diálisis, se mezcla agua pura con el concentrado de hemodiálisis, se calienta, se desgasifica y se transporta al dializador. Se equilibran volumétricamente las cantidades de entrada y de salida. La presión en el dializador se ajusta dependiendo de la tasa de ultrafiltración y del dializador utilizado.

La opción DIASAFE®plus proporciona tratamientos de hemodiálisis con líquido ultrapuro. La opción DIASAFE®plus consiste básicamente en una etapa de filtración. Durante todo el tiempo de su uso, el filtro forma parte íntegra de la máquina de hemodiálisis y será limpiado y desinfectado conjuntamente con la misma. La integridad del filtro se comprueba mediante un *test* de mantenimiento de presión integrado en el *test* funcional T1 de la máquina de hemodiálisis. La vida útil máxima es de 12 semanas en cualquier caso, la primera condición que se cumpla. En caso de un *test* de filtro negativo, se debe cambiar inmediatamente, antes del periodo mencionado.

En caso de utilizar la opción arriba mencionada, la calidad del agua y del líquido de diálisis debe cumplir las normas correspondientes. En el circuito extracorpóreo, la sangre es heparinizada continuamente y transportada a través del dializador. Un detector de aire impide la infusión de aire. Gracias a un detector de fuga de sangre y la monitorización de la presión venosa de retorno, se evita cualquier pérdida peligrosa de sangre. El control de presión arterial permite detectar una mala posición de la aguja en la fístula, con flujos no adecuados de sangre por contacto con la pared del acceso vascular.

La máquina de hemodiálisis permite realizar diálisis tanto con acetato como con bicarbonato.

Se puede programar la dilución de mezcla de concentrado y agua pura (ajuste por defecto 1+34 – se pueden ajustar otras diluciones de mezcla).

La concentración de Na<sup>+</sup> se puede regular en un rango de 125 a 150 mmol, según el concentrado utilizado.

La concentración de bicarbonato se puede regular en un rango de ±8 mmol.

Con la opción bibag® se produce la solución de bicarbonato mediante una bolsa (con bicarbonato sódico en polvo, NaHCO<sub>3</sub>). A partir de este polvo, la máquina prepara bicarbonato listo para su uso.

Se pueden programar perfiles de Na<sup>+</sup> y UF, utilizando la función incorporada de variación.

Es posible realizar una ultrafiltración sin flujo del líquido de diálisis (diálisis secuencial / ultrafiltración aislada, UF-ISO).

El flujo del líquido de diálisis es variable (3 velocidades: 300, 500, 800 ml/min.).

La versión básica de la máquina de hemodiálisis está prevista para la diálisis en modo de bipunción.

Se dispone de programas de libre elección para la limpieza y desinfección de la máquina.

La máquina de hemodiálisis está equipada con todos los sistemas de protección necesarios para su funcionamiento y la seguridad de los pacientes, según EN 60601-1 (IEC 601-1).

Antes de cada diálisis, se debe realizar la comprobación automática de los sistemas de protección (*test* inicial de funcionamiento T1, también llamado *test* T1). Este *test* también comprueba la integridad del circuito cerrado (*test* de mantenimiento de la presión).

La máquina de hemodiálisis solicita dicho *test* T1:

- Tras una puesta en marcha (no por interrupción de la alimentación eléctrica).
- Tras cualquier programa de limpieza.

Como medida de seguridad adicional, la máquina también realiza el *test* de mantenimiento de la presión (CPHT) durante el tratamiento de diálisis, para detectar posibles fugas en el circuito cerrado.

El *test* cíclico de mantenimiento de la presión se realiza automáticamente cada 12.5 minutos.

Para su realización, la máquina se pone en *bypass* durante unos segundos y se para la ultrafiltración.

El equilibrado no queda afectado por el *test* cíclico de mantenimiento de la presión, pero el tiempo efectivo de diálisis se reducirá aproximadamente 2 minutos por cada hora de tratamiento.

# Configuración y función de los componentes de la máquina

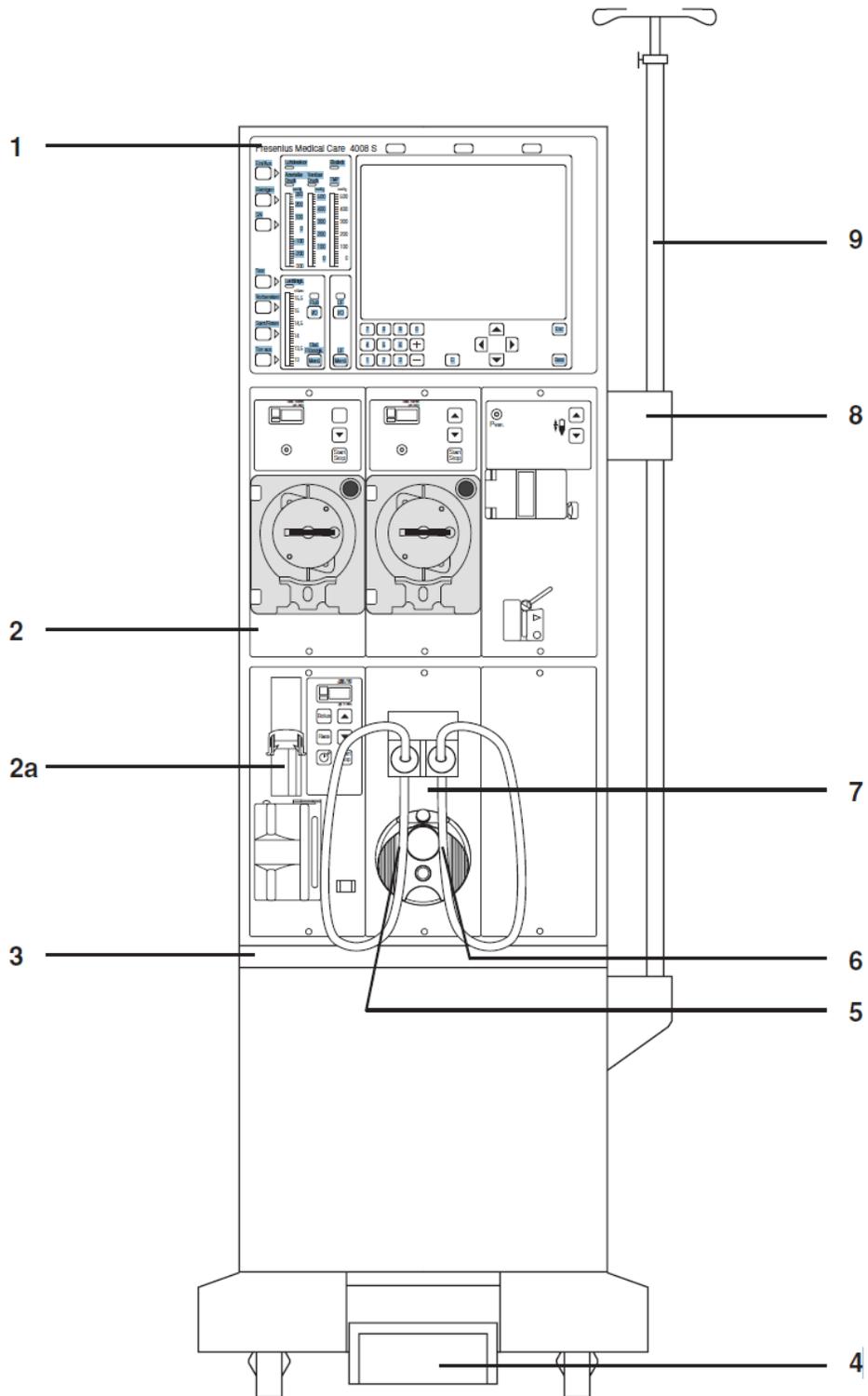


Figura 11: Máquina de hemodiálisis- vista Frontal.

## **Leyenda**

- 1** Monitor.
- 2** Módulos – Nivel 1 (de izquierda a derecha):
  - Bomba de sangre (arterial).
  - Bomba de sangre de unipunción (SN).
  - Detector de aire.
- 2a** Módulos – Nivel 2 (de izquierda a derecha):
  - Bomba de heparina.
  - Cámara de lavado, conector bibag® (opción) sin asignar.
- 3** Parte hidráulica.
- 4** Freno.
- 5** Lanceta para bicarbonato (azul).
- 6** Lanceta para concentrado (rojo).
- 7** Cámara de lavado.
- 8** Tapa *bypass* para los tubos de conexión del dializador.
- 9** Portasueros.

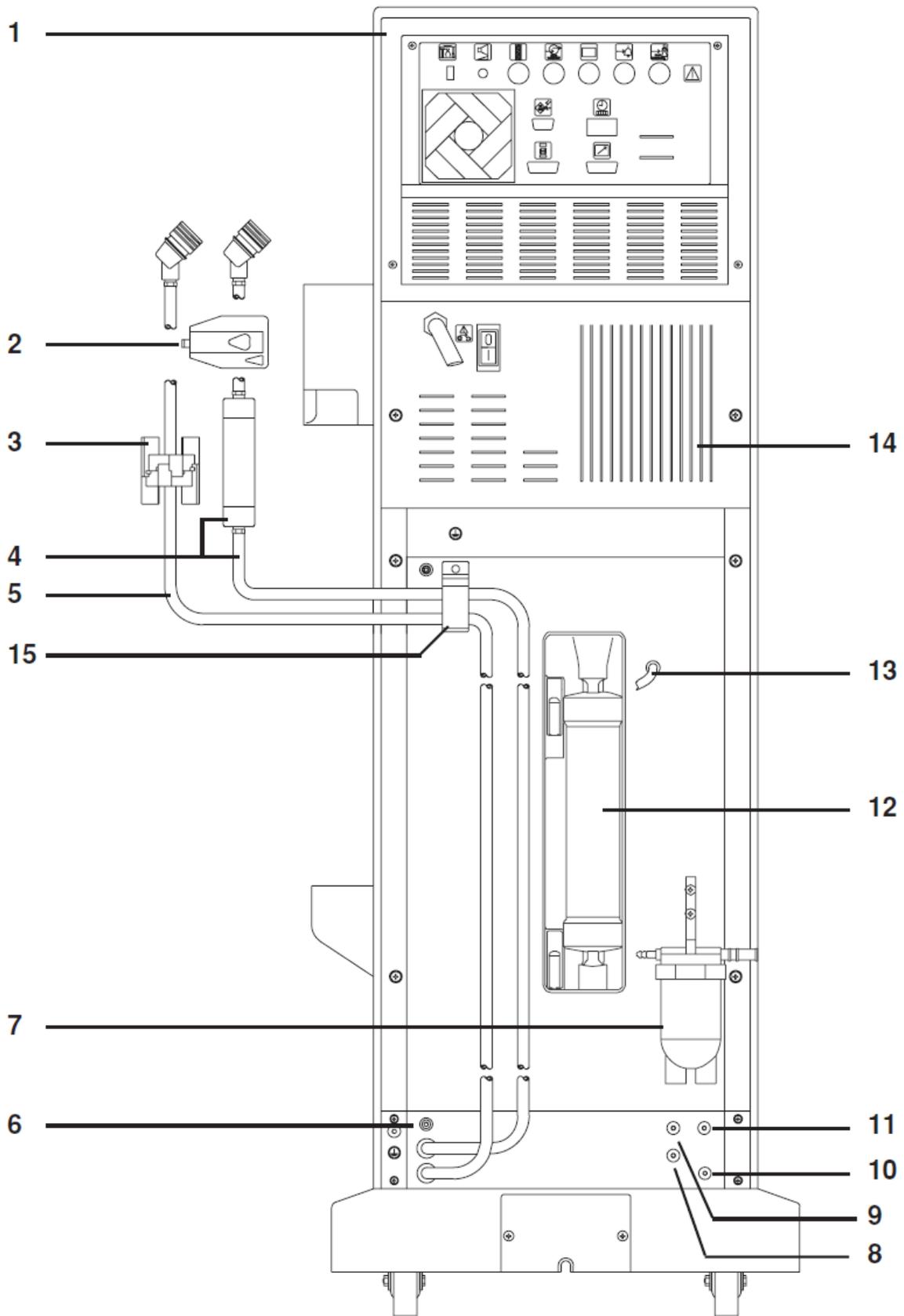


Figura 12: Máquina de hemodiálisis- vista posterior.

## Leyenda

- 1 Monitor (parte posterior).
- 2 Válvula para toma de muestras.
- 3 Filtro.
- 4 Línea de entrada del dializador con indicador de flujo.
- 5 Línea de salida del dializador.
- 6 Conexión al desinfectante.
- 7 Filtro de agua de entrada – opción.
- 8 Conector para suministro centralizado de bicarbonato (azul) – opción.
- 9 Conector para suministro centralizado de concentrado (rojo) – opción.
- 10 Drenaje.
- 11 Conexión de agua (tratada) o conexión para el filtro de entrada de agua.
- 12 DIASAFE®plus (filtro 1) – opción.
- 13 Rebosadero.
- 14 Fuente de alimentación.
- 15 Pinza para los tubos de conexión del dializador.

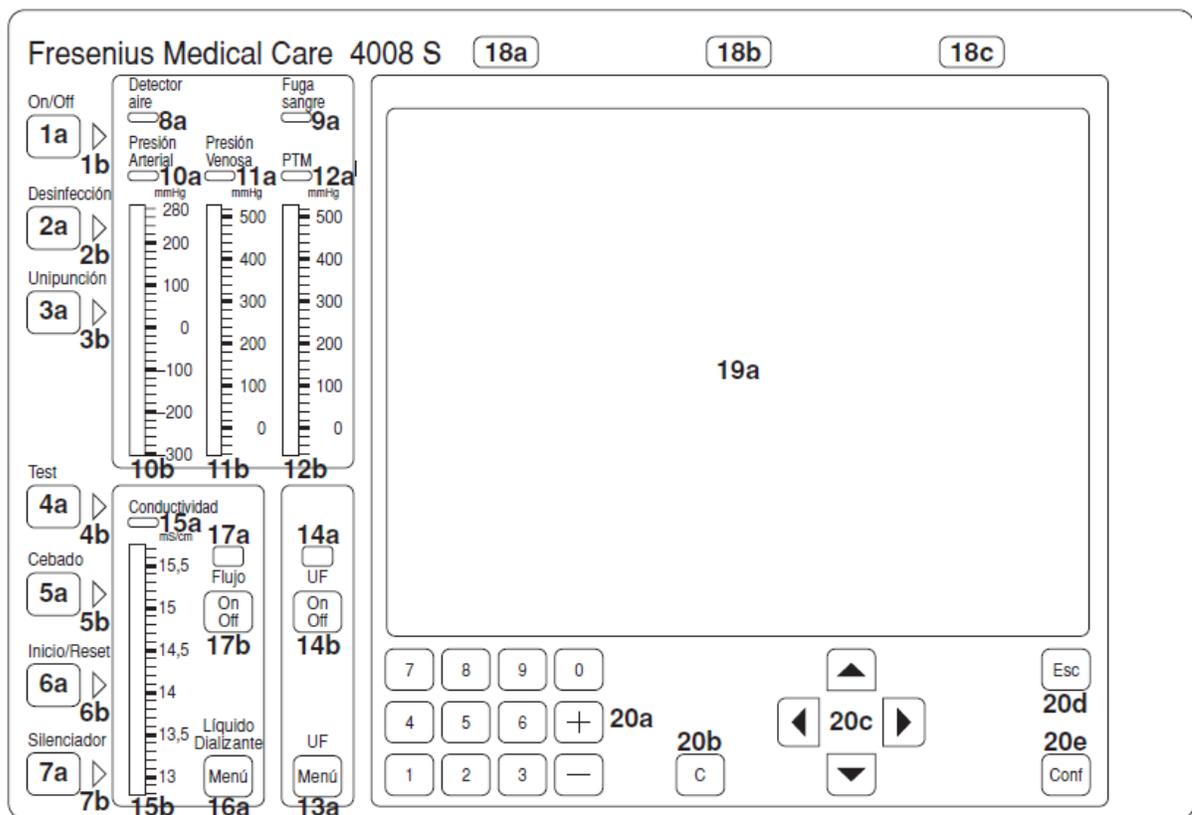


Figura 13: Máquina de hemodiálisis- vista Frontal del monitor.

**Teclas de función** (pos. 1 – 7):

- 1a** Tecla **On/Off**.
- 1b** LED **On/Off**.
- 2a** Tecla **Desinfección**.
- 2b** LED **Desinfección**.
- 3a** Tecla **Unipunción**.
- 3b** LED **Unipunción**.
- 4a** Tecla **Test**.
- 4b** LED **Test**.
- 5a** Tecla **Cebado**.
- 5b** LED **Cebado**.
- 6a** Tecla **Inicio/Reset**.
- 6b** LED **Inicio/Reset**.
- 7a** Tecla **Silenciador**.
- 7b** LED **Silenciador**.

**Monitor de sangre** (pos. 8 – 12 ) y **de ultrafiltración** (pos. 13 – 14):

- 8a** Alarma **Detector aire**.
- 9a** Alarma **Fuga sangre**.
- 10a** Alarma **Presión Arterial**.
- 10b** Valor de medición **Presión Arterial**.
- 11a** Alarma **Presión Venosa**.
- 11b** Valor de medición **Presión Venosa**.
- 12a** Alarma **PTM**.
- 12b** Valor de medición **PTM**.
- 13a** Tecla **Menú UF**.
- 14a** LED **UF**.
- 14b** Tecla **UF On/Off**.

**Monitor de líquido de diálisis** (pos. 15 – 17):

- 15a** Alarma **Conductividad**.
- 15b** Valor de medición **Conductividad**.
- 16a** Tecla **Menú del líquido de diálisis**.
- 17a** LED **Flujo**.
- 17b** Tecla **Flujo On/Off**.

**Indicadores de estado** (pos. 18):

- 18a** Indicador de estado **Verde** (Funcionamiento).
- 18b** Indicador de estado **Amarillo** (Aviso/información).
- 18c** Indicador de estado **Rojo** (Alarma).

**Pantalla / Introducción de datos** (pos. 19 – 20):

**19a** Pantalla,

**20a** Teclas numéricas para la introducción de datos en pantalla (**0 a 9, +, -**)

**20b** Tecla **C**.

**20c** Teclas ▲, ▼, ◀ y ▶.

**20d** Tecla **Esc**.

**20e** Tecla **Conf**.

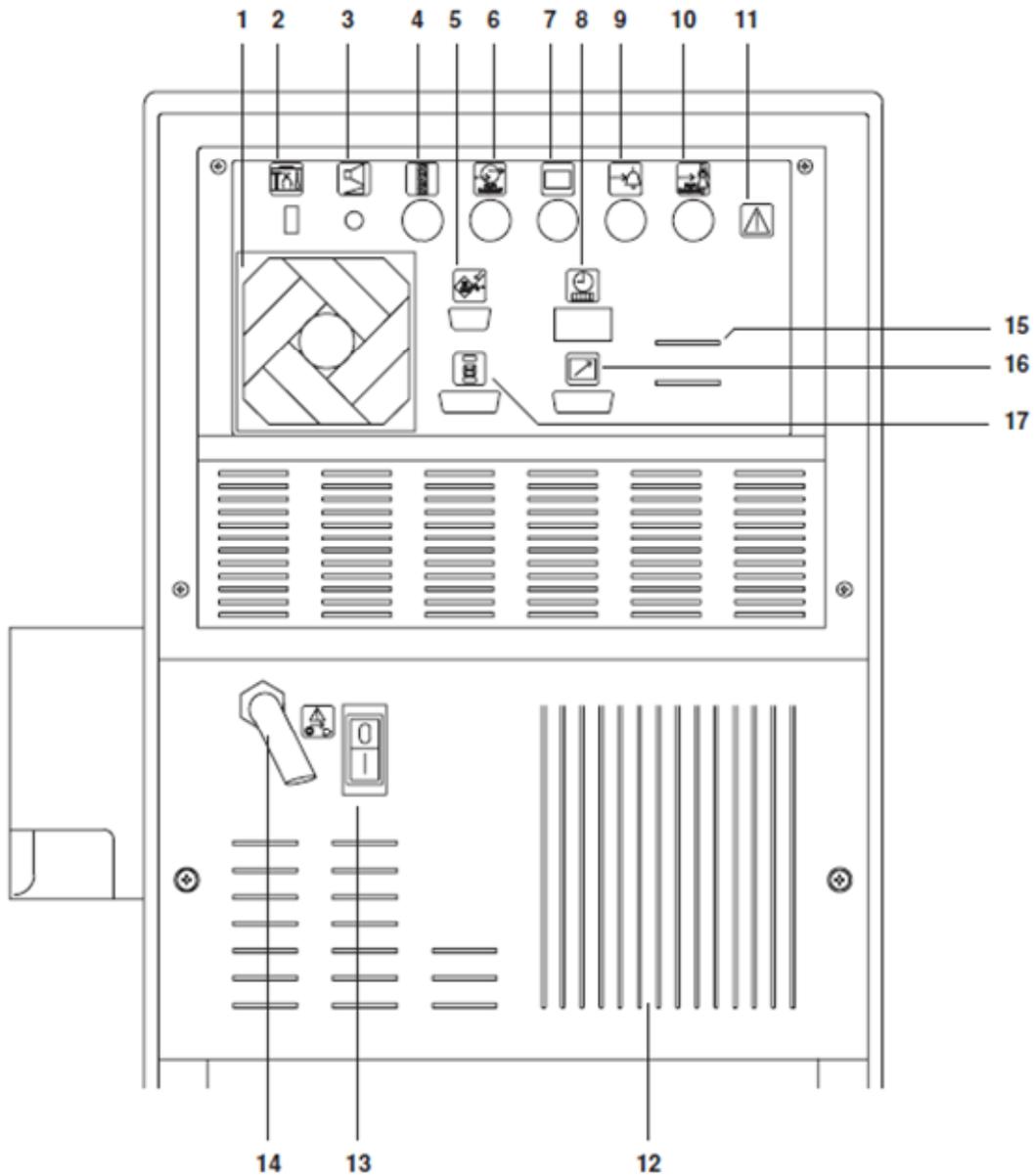


Figura 14: Máquina de hemodiálisis- vista posterior del monitor y fuente de alimentación.

## **Descripción de la parte posterior del monitor y fuente de alimentación**

- 1** Ventilador.
- 2** Interruptor del programa de servicio.
- 3** Regulador del volumen del sonido de alarma.
- 4** Conector para el indicador de estado (opción).
- 5** Interface RS232 (separado galvánicamente por acoplador optoelectrónico) (opción).
- 6** Conector de entrada/salida (para equipos externos).
- 7** Conector para pantalla.
- 8** Contador de horas de servicio.
- 9** Conector de alarma de entrada (puede servir para conectar un pulsador externo. Utilizando esta tecla se puede parar la máquina).
- 10** Conector de alarma de salida (puede servir para conectar una alarma externa, llamada de personal).
- 11** Símbolo: Atención, fíjese en la documentación acompañante.
- 12** Fuente de alimentación (alimentación eléctrica de la máquina de hemodiálisis).
- 13** Interruptor de la corriente (interruptor principal).
- 14** Cable de conexión a la red (a través de este cable se suministra la corriente a la máquina de hemodiálisis).
- 15** Amplificador para el sonido de alarma.
- 16** Conector para control remoto 4008 (opción).
- 17** Interface de llave codificada (identificación de pacientes en combinación con FINESSE) (opción).

- **Módulos**

### Módulo de Bomba de sangre

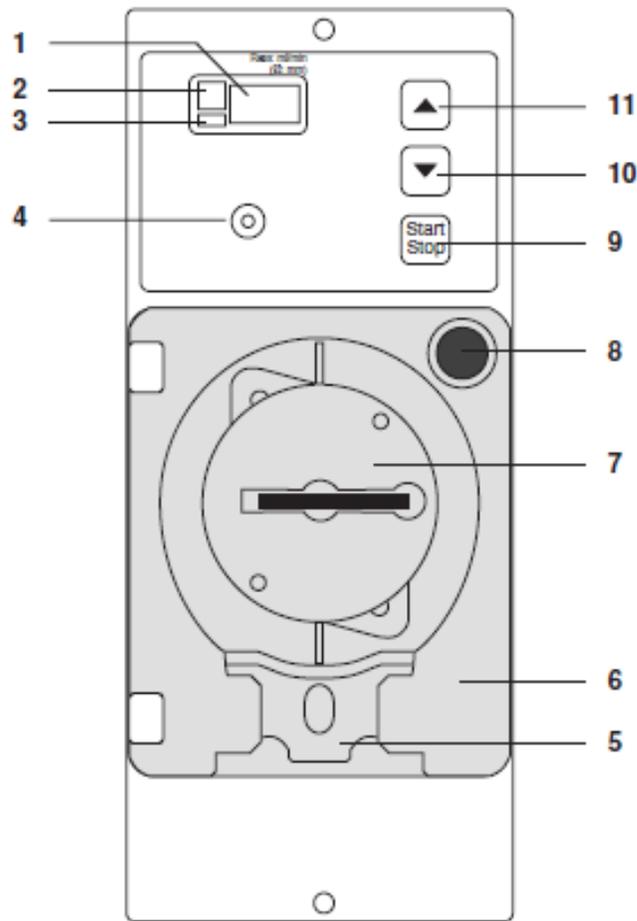


Figura 15: Bomba de sangre (arterial).

### Descripción de la bomba de sangre (arterial)

- 1 Indicador (visualiza la tasa de flujo, el diámetro de la línea o un número de error).
- 2 LED **Alarma** (rojo).
- 3 LED **Funcionamiento** (verde).
- 4 Conector de presión (Luer-Lock para conectar la línea de medición de la presión arterial).
- 5 Elemento de fijación (impide el desplazamiento del segmento de la línea colocado).
- 6 Tapa de la bomba de sangre.
- 7 Rotor (transporta la sangre del paciente con la ayuda de los rodillos y la línea existente. El rotor es desmontable para fines de limpieza).
- 8 Sensor (tapa de la bomba de sangre abierta o cerrada).
- 9 Tecla **Start/Stop** (para conectar y desconectar la bomba de sangre).
- 10 Tecla ▼ (para reducir el flujo o el valor del diámetro de la línea).
- 11 Tecla ▲ (para incrementar el flujo o el valor del diámetro de la línea).

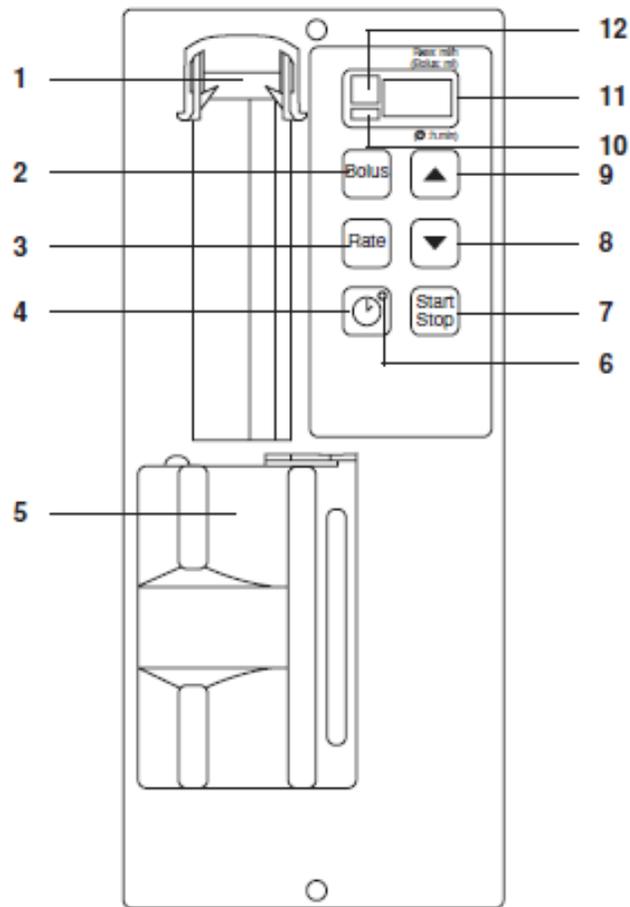


Figura 16: Bomba de heparina.

### Descripción de la bomba de heparina

- 1 Corredera de jeringa (mueve el émbolo de la jeringa).
- 2 Tecla **Bolus**.
- 3 Tecla **Rate** (para ajustar la tasa de administración).
- 4 Tecla  (para ajustar el tiempo cronometrado).
- 5 Soporte para la jeringa.
- 6 LED **Tiempo cronometrado** (verde).
- 7 Tecla **Start/Stop** (para conectar y desconectar la bomba de heparina).
- 8 Tecla  (para reducir la tasa de administración o el tiempo cronometrado y para bajar la corredera de la jeringa).
- 9 Tecla  (para incrementar la tasa de administración o el tiempo cronometrado y para subir la corredera de la jeringa).
- 10 LED **Funcionamiento** (verde).
- 11 Indicador (visualiza el caudal, el tiempo cronometrado, la cantidad de bolo o un número de error).
- 12 LED **Alarma** (rojo).

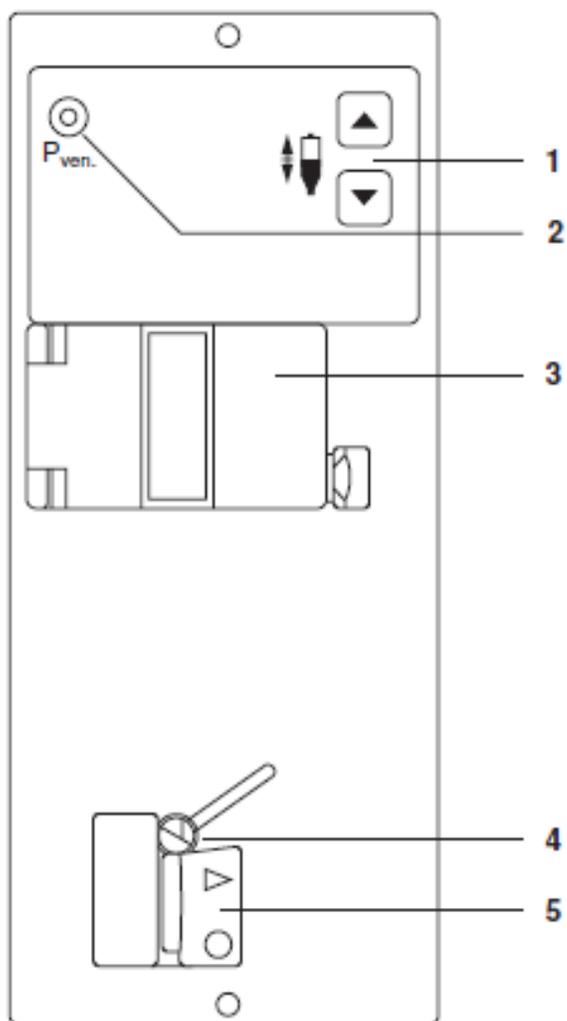


Figura 17: Detector de aire.

### Descripción del detector de aire

- 1** Teclas (para subir (▲) y bajar (▼) el nivel de líquido en el cazaburujas venoso).
- 2** Conector de presión venosa (Conector Luer-Lock para conectar la línea de medición de la presión venosa).
- 3** Soporte para el cazaburujas venoso con sensores ultrasónicos.
- 4** Pinza de la línea venosa.
- 5** Detector óptico.

- Hidráulica Básica

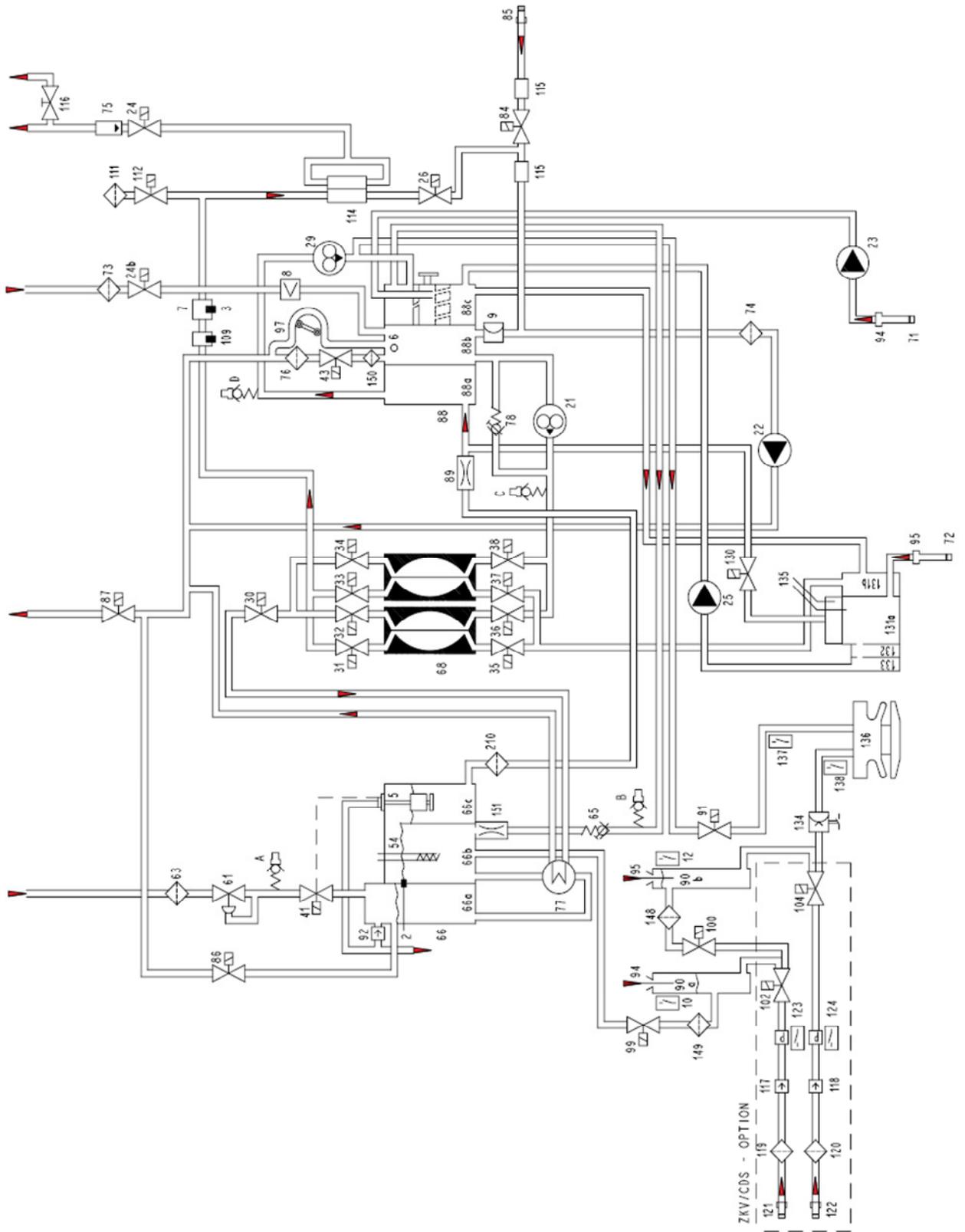


Figura 18: Esquema de flujo de la hidráulica básica incl. Diasafe (opción).

## Leyenda

2 Sensor de temperatura	66b Cámara de calentador
3 Sensor de temperatura	66c Cámara de flotador
5 Interruptor flotador (boya de nivel)	68 Cámara de balances
6 Sensor de nivel	71 Filtro / concentrado
7 Célula de medición de conductividad	72 Filtro / bicarbonato
8 Detector de fugas de sangre	73 Filtro / líquido de diálisis externo
9 Transductor de presión	74 Filtro / UF
10 Microinterruptor concentrado	75 Indicador de flujo externo
12 Microinterruptor bicarbonato	76 Filtro / válvula de llenado
21 Bomba de flujo	77 Intercambiador de calor
22 Bomba de UF	78 Válvula limitadora de presión
23 Bomba de concentrado	84 Válvula de desinfección
24 Válvula de dializador 1	85 Conector de desinfección
24b Válvula de dializador 2	86 Válvula de recirculación
25 Bomba de bicarbonato	87 Válvula de drenaje
26 Válvula bypass	88 Bloque multifuncional
29 Bomba de desgasificación	88a Cámara de desgasificación
30 Válvula de salida	88b Separador de aire secundario
31 Válvula de cámara de balances 1	88c Separador de aire primario
32 Válvula de cámara de balances 2	89 Válvula de mariposa de desgasificación
33 Válvula de cámara de balances 3	90a Cámara de lavado concentrado
34 Válvula de cámara de balances 4	90b Cámara de lavado bicarbonato
35 Válvula de cámara de balances 5	91 Válvula de lavado
36 Válvula de cámara de balances 6	92 Válvula de aireación
37 Válvula de cámara de balances 7	92 Válvula de aireación
38 Válvula de cámara de balances 8	94 Lanceta de concentrado
41 Válvula de entrada de agua	95 Lanceta de bicarbonato
43 Válvula de llenado	97 Bomba separadora de aire
54 Calentador	99 Válvula de lavado
61 Válvula manorreductora	100 Válvula de lavado
63 Filtro / entrada de agua	102 Válvula de suministro centralizado concentrado
65 Válvula de presión	104 Válvula de suministro centralizado bicarbonato
66 Bloque calentador	109 Sensor de temperatura
66a Cámara de entrada de agua	111 Filtro hidrófobo
	112 Válvula de aireación
	114 Filtro de líquido de diálisis
	115 Sensor válvula de desinfección
	116 Válvula para muestreo
	117 Válvula de retención (concentrado)

118 Válvula de retención (bicarbonato)	132 Célula de medición de conductividad bibag®
119 Filtro (concentrado)	133 Sensor de temperatura bibag®
120 Filtro (bicarbonato)	134 Transductor de presión bibag®
121 Conector sum. centralizado concentrado	135 Sensor de nivel bibag®
122 Conector sum. centralizado bicarbonato	136 Conector bibag®
123 Presostato para V 102	137 Microinterruptor bibag® 1
124 Presostato para V 104	138 Microinterruptor bibag® 2
130 Válvula de drenaje bibag®	148 Filtro / válvula de lavado 100
131 Bloque bibag®	149 Filtro / válvula de lavado 99
131a Cámara de separación de aire bibag®	150 Filtro
131b Cámara de mezcla bibag®	151 Mariposa
	210 Filtro desgasificación

### **Puntos de medición del sistema hidráulico**

- A Presión de entrada de agua después del reductor.
- B Presión de carga de la cámara de balances.
- C Presión de la bomba de flujo.
- D Presión de la bomba de desgasificación.

## **Descripción de la hidráulica básica incl. DIASAFE®plus (opción)**

Los conocimientos adquiridos en la capacitación hicieron que entendiera el funcionamiento hidráulico de la máquina 4008, más los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería, hacen que la detección de falla sea mas rápida, entender el funcionamiento mecánico y electrónico de los diferentes elementos ayuda, a través de los esquemas de flujo, a cumplir en tiempo y forma con los mantenimientos correctivos.

La descripción de la hidráulica básica que se tomó durante la capacitación facilita la detección de errores que se generan en ésta zona de la máquina ayudando a cumplir con el tiempo de reparación. De acuerdo con el esquema de la figura 18 es el siguiente.

La parte hidráulica de la máquina de hemodiálisis comprende un sistema de balance volumétrico del líquido de diálisis cerrado hacia la atmósfera. En las cámaras de balances, el líquido de diálisis saturado de toxinas es desplazado por el limpio y, en la secuencia inversa, el líquido limpio es desplazado por saturación de toxinas. Así se consigue que los volúmenes de líquido de entrada y de salida sean idénticos. Una membrana elástica separa el líquido limpio del líquido saturado.

La boya de nivel (5) instalada en el bloque calentador (66) regula la entrada de agua nueva a través de la válvula de entrada de agua (41). La válvula manorreductora (61) anterior regula una presión constante de entrada del agua.

En la cámara (88c) del bloque multifuncional (88), la bomba de concentrado (23) añade el concentrado de acetato. En diálisis de bicarbonato, añade el concentrado ácido.

Al realizar diálisis de bicarbonato, éste es bombeado por la bomba de bicarbonato (25) desde la lanceta de bicarbonato (95) a través de la cámara de separación de aire bibag® (131a) hasta la cámara (88c) del bloque multifuncional (88) añadiendo cantidades exactas de bicarbonato. La célula de medición de conductividad bibag® (132) y el sensor de temperatura bibag® (133) miden y monitorizan la conductividad del bicarbonato.

El intercambiador de calor (77) transmite parte del calor del líquido de diálisis de salida al agua fría de entrada.

El agua se calienta en la cámara del calentador (66b). Con la bomba de desgasificación (29) y la mariposa (89), se genera una presión negativa por la que se desgasifica el agua. El aire producido se recoge en la cámara separadora de aire (88c). Luego pasa por la válvula de presión (65) para

llegar al bloque calentador (66). A través de la cámara de flotador (66c) sale a la atmósfera.

El líquido de diálisis fluye desde la cámara (88c) a través de la cámara de mezcla (131b) hacia la cámara de balance (68) desde donde pasa por la célula de medición de conductividad (7) y la válvula de dializador (24) hasta el dializador.

En la célula de medición de conductividad (7), se miden la conductividad y la temperatura (sensor de temperatura 3) y sus valores se visualizan en el monitor.

Cuando la temperatura y la conductividad están dentro de los valores límite, están abiertas ambas válvulas de dializador (24 y 24b) mientras que la válvula *bypass* (26) está cerrada. Si uno de los dos valores está fuera de los límites de alarma (alarma de temperatura o CD), se abre la válvula *bypass* (26) y se cierra la válvula de dializador (24).

El líquido saturado que llega desde el dializador se controla con un detector de fugas de sangre (8). Luego entra en la cámara (88b) del bloque multifuncional. La bomba de flujo (21) impele el líquido que sale de esta cámara a la cámara de balances (68) para que el líquido de diálisis saturado evacuado sea sustituido en cada momento por el mismo volumen de líquido de diálisis limpio.

El transductor de presión (9) se encuentra debajo del separador de aire secundario (88b) del bloque multifuncional (88). La presión medida allí se introduce como parámetro en el cálculo de la PTM.

Una bomba de membrana (bomba de UF 22) con un volumen de 1 ml por impulso, retira líquido del sistema a una tasa de UF especificada. Como se trata de un sistema cerrado, el mismo volumen vuelve a entrar como ultrafiltrado desde la sangre a través del dializador.

Al salir de la cámara de balances (68), el líquido de diálisis saturado llega al drenaje, a través de la válvula (30), el intercambiador de calor (77) y la válvula (87).

Si entra en el sistema una cantidad de aire relativamente importante debido a una fuerte desgasificación o durante el cebado, será detectada por el sensor de nivel (6). Este aire será extraído a la atmósfera a través de la bomba separadora de aire (97).

En la línea de entrada del dializador se encuentra la válvula de muestreo (116) donde se pueden tomar muestras del líquido de diálisis con una jeringa Luer-Lock.

Con la opción DIASAFE®plus (114), el líquido de diálisis pasa a través de un dializador capilar con una membrana polisulfona y después fluye hacia el dializador. El filtro retiene las sustancias pirógenas y los microorganismos.

Los puntos de medición de presión A, B, C y D permiten la medición directa de diferentes presiones sin necesidad de separar conducciones y tubos. En el punto de medición A, se mide la presión de entrada de agua, en B la presión de carga de la cámara de balances, en C la presión de la bomba de flujo y en D la presión negativa de la bomba de desgasificación.

En los programas de lavado caliente y de desinfección, la máquina funciona en recirculación, cerrando la válvula de drenaje (87) y abriendo la válvula de recirculación (86). Esta recirculación permite ahorrar energía (lavado caliente) y desinfectantes. La bomba de UF (22) introduce el desinfectante en el circuito a través de la válvula (84) y el sensor (115). Este último detecta la presencia o ausencia de desinfectante.

Aclarado, lavado de la manguera de entrada de agua (opción):

El tubo de suministro de agua, que viene con la máquina, es aclarado hasta la válvula de entrada de agua (41) durante la fase de test (inicialización) cada vez que se enciende la máquina. Para este procedimiento de aclarado son necesarios un segundo drenaje y una válvula especial V-Flush (paralela a V41).

- Hidráulica Avanzada

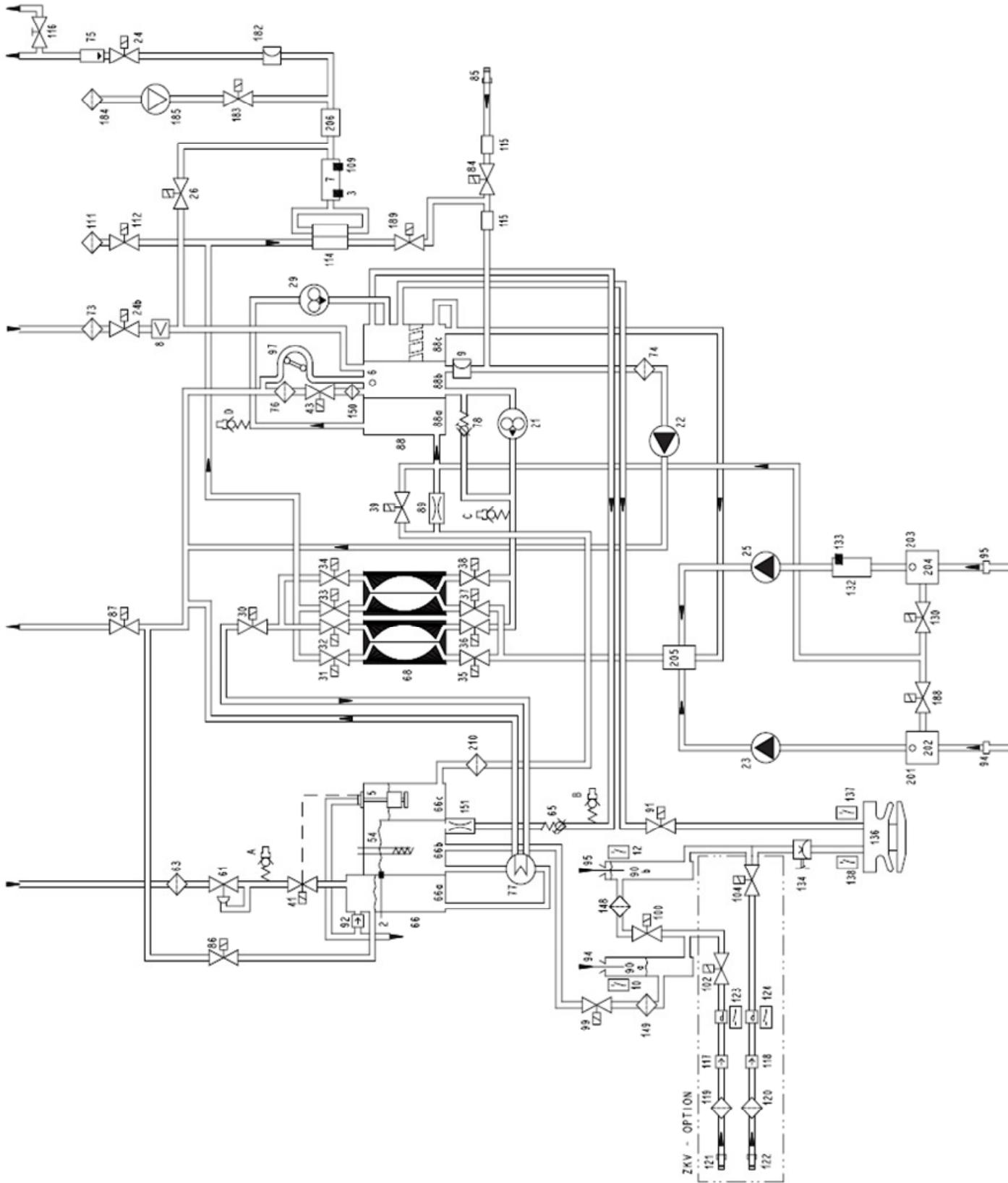


Figura 19: Esquema de flujo con hidráulica avanzada

## Leyenda

2 Sensor de temperatura	66a Cámara de entrada de agua
3 Sensor de temperatura	66b Cámara de calentador
5 Interruptor flotador (boya de nivel)	66c Cámara de flotador
6 Sensor de nivel	68 Cámara de balances
7 Célula de medición de conductividad	71 Filtro / concentrado
8 Detector de fugas de sangre	72 Filtro / bicarbonato
9 Transductor de presión	73 Filtro / líquido de diálisis externo
10 Microinterruptor concentrado	74 Filtro / UF
12 Microinterruptor bicarbonato	75 Indicador de flujo externo
21 Bomba de flujo	76 Filtro / válvula de llenado
22 Bomba de UF	77 Intercambiador de calor
23 Bomba de concentrado	78 Válvula limitadora de presión
24 Válvula de dializador 1	84 Válvula de desinfección
24b Válvula de dializador 2	85 Conector de desinfección
25 Bomba de bicarbonato	86 Válvula de recirculación
26 Válvula bypass	87 Válvula de drenaje
29 Bomba de desgasificación	88 Bloque multifuncional
30 Válvula de salida	88a Cámara de desgasificación
31 Válvula de cámara de balances 1	88b Separador de aire secundario
32 Válvula de cámara de balances 2	88c Separador de aire primario
33 Válvula de cámara de balances 3	89 Válvula de mariposa de desgasificación
34 Válvula de cámara de balances 4	90a Cámara de lavado concentrado
35 Válvula de cámara de balances 5	90b Cámara de lavado bicarbonato
36 Válvula de cámara de balances 6	91 Válvula de lavado
37 Válvula de cámara de balances 7	92 Válvula de aireación
38 Válvula de cámara de balances 8	94 Lanceta de concentrado
39 Válvula de depresión	95 Lanceta de bicarbonato
41 Válvula de entrada de agua	97 Bomba separadora de aire
43 Válvula de llenado	99 Válvula de lavado
54 Calentador	100 Válvula de lavado
61 Válvula manorreductora	102 Válvula de suministro centralizado concentrado
63 Filtro / entrada de agua	104 Válvula de suministro centralizado bicarbonato
65 Válvula de presión	109 Sensor de temperatura
66 Bloque calentador	111 Filtro hidrófobo
	112 Válvula de aireación
	114 Filtro de líquido de diálisis
	115 Sensor válvula de desinfección
	116 Válvula para muestreo
	117 Válvula de retención (concentrado)

118 Válvula de retención (bicarbonato)	137 Microinterruptor bibag® 1
119 Filtro (concentrado)	138 Microinterruptor bibag® 2
120 Filtro (bicarbonato)	148 Filtro / válvula de lavado 100
121 Conector sum. centralizado concentrado	149 Filtro / válvula de lavado 99
122 Conector sum. centralizado bicarbonato	150 Filtro
123 Presostato para V 102	151 Mariposa
124 Presostato para V 104	182 Transductor de presión 2
130 Válvula de drenaje bibag®	183 Válvula de prueba
131 Bloque bibag®	184 Filtro / válvula de prueba
131a Cámara de separación de aire bibag®	185 Compresor
131b Cámara de mezcla bibag®	188 Válvula de evacuación
132 Célula de medición de conductividad bibag®	189 Válvula de aclarado
133 Sensor de temperatura bibag®	201 Separador de aire
134 Transductor de presión bibag®	202 Sensor de nivel
135 Sensor de nivel bibag®	203 Separador de aire
136 Conector bibag®	204 Sensor de nivel
	205 Punto de dosificación concentrado/bicarbonato
	206 Cámara volumétrica intermedia
	210 Filtro desgasificación

### **Puntos de medición del sistema hidráulico**

- A Presión de entrada de agua después del reductor.
- B Presión de carga de la cámara de balances.
- C Presión de la bomba de flujo.
- D Presión de la bomba de desgasificación.

## Descripción de la hidráulica avanzada

La descripción de la hidráulica avanzada que tomé durante la capacitación cambia en algunos componentes para mejorar el tratamiento, los conocimientos adquiridos facilitan la detección de errores que se generan en la parte hidráulica de la máquina ayudando a cumplir con el tiempo de reparación. De acuerdo con el esquema de la figura 19:

La boya de nivel (5) instalada en el bloque calentador (66) regula la entrada de agua a través de la válvula de entrada de agua (41). La válvula manorreductora (61) anterior regula una presión constante de entrada del agua.

El agua se calienta en la cámara del calentador (66b). Con la bomba de desgasificación (29) y la mariposa (89), se genera una presión negativa por la que se desgasifica el agua. El aire producido se recoge en la cámara separadora de aire (88c). Luego pasa por la válvula de presión (65) para llegar a la cámara del calentador (66b). A través de la cámara de flotador (66c) sale a la atmósfera.

Desde la cámara separadora de aire (88c), el agua calentada y desgasificada fluye al punto de mezcla de concentrado / bicarbonato (205).

Desde la lanceta de concentrado (94) y a través del separador de aire (201) y la bomba de concentrado (23), llega concentrado de acetato (en caso de diálisis con bicarbonato, concentrado ácido) al punto de mezcla de concentrado / bicarbonato (205). En la diálisis con bicarbonato, se transporta el bicarbonato a través de la lanceta de bicarbonato (95), el separador de aire (203) y la bomba de bicarbonato (25) al punto de mezcla de concentrado / bicarbonato (205). La válvula de evacuación (188) y la válvula de vaciado del bibag® (130) sirven para separar el aire.

La conductividad del bicarbonato se mide y controla gracias a la célula de medición de conductividad bibag® (132) y al sensor de temperatura bibag® (133).

En el punto de mezcla de concentrado / bicarbonato (205), se mezcla el agua con los concentrados correspondientes. El líquido de diálisis pasa luego por la cámara de balances (68), la opción DIASAFE®plus (114) y la célula de medición de conductividad (7) y llega al dializador.

El filtro de líquido de diálisis (114) retiene sustancias pirógenas y microorganismos.

En la célula de medición de conductividad (7), se miden la conductividad y la temperatura (sensor de temperatura 3) y sus valores se visualizan en el monitor. El sensor de temperatura (109) sirve para el reajuste de la temperatura.

Cuando la temperatura y la conductividad están dentro de los valores límite, están abiertas ambas válvulas de dializador (24 y 24b) mientras que la válvula bypass (26) está cerrada. Si uno de los dos valores está fuera de los límites de alarma (alarma de temperatura o CD), se abre la válvula bypass (26) y se cierra la válvula de dializador (24).

Se comprueba la integridad de la membrana del DIASAFE®plus (114), llenando el espacio capilar interno de aire, a través de la válvula de aireación (112).

La válvula de aclarado (189) se utiliza para el aclarado del espacio capilar interior del DIASAFE®plus (114).

El líquido saturado que llega desde el dializador se controla con un detector de fugas de sangre (8). Luego entra en la cámara (88b) del bloque multifuncional. La bomba de flujo (21) impele el líquido que sale de esta cámara a la cámara de balances (68) para que el líquido de diálisis saturado evacuado sea sustituido en cada momento por el mismo volumen de líquido de diálisis limpio.

El transductor de presión (9) se encuentra debajo del separador de aire secundario (88b) del bloque multifuncional (88). La presión medida allí se introduce como parámetro en el cálculo de la PTM.

Una bomba de membrana (bomba de UF 22) con un volumen de 1 ml por impulso, retira líquido del sistema a una tasa de UF especificada. Como se trata de un sistema cerrado, el mismo volumen vuelve a entrar como ultrafiltrado desde la sangre a través del dializador.

Al salir de la cámara de balances (68), el líquido de diálisis saturado llega al drenaje, a través de la válvula (30), el intercambiador de calor (77) y la válvula de drenaje (87).

El intercambiador de calor (77) transmite parte del calor del líquido de diálisis de salida al agua fría de entrada.

Si entra en el sistema una cantidad de aire relativamente importante debido a una fuerte desgasificación o durante el cebado, será detectada por el sensor de nivel (6). Este aire será extraído a la atmósfera través de la bomba separadora de aire (97).

En la línea de entrada del dializador se encuentra la válvula de muestreo (116) donde se pueden tomar muestras del líquido de diálisis con una jeringa Luer-Lock.

Los puntos de medición de presión A, B, C y D permiten la medición directa de diferentes presiones sin necesidad de separar conducciones y tubos. En el punto de medición A, se mide la presión de entrada de agua, en B la presión de carga de la cámara de balances, en C la presión de la bomba de flujo y en D la presión negativa de la bomba de desgasificación.

En los programas de lavado caliente y de desinfección, la máquina funciona en recirculación, cerrando la válvula de drenaje (87) y abriendo la válvula de recirculación (86). Esta recirculación permite ahorrar energía (lavado caliente) y desinfectantes. La bomba de UF (22) introduce el desinfectante en el circuito a través de la válvula (84) y el sensor (115). Este último detecta la presencia o ausencia de desinfectante.

Cuando se utiliza la opción SCC (suministro centralizado de concentrados), entra en la cámara de lavado (90a) concentrado con acetato o – en caso de diálisis con bicarbonato – concentrado de ácido a través del conector de concentrado (121) y la válvula (102). De forma análoga, se suministra bicarbonato a la cámara de lavado (90b) a través del conector de bicarbonato (122) y la válvula (104).

Aclarado, lavado de la manguera de entrada de agua (opción):

El tubo de suministro de agua, que viene con la máquina, es aclarado hasta la válvula de entrada de agua (41) durante la fase de *test* (inicialización) cada vez que se enciende la máquina. Para este procedimiento de aclarado son necesarios un segundo drenaje y una válvula especial V-Flush (paralela a V41).

- Descripción del circuito extracorpóreo

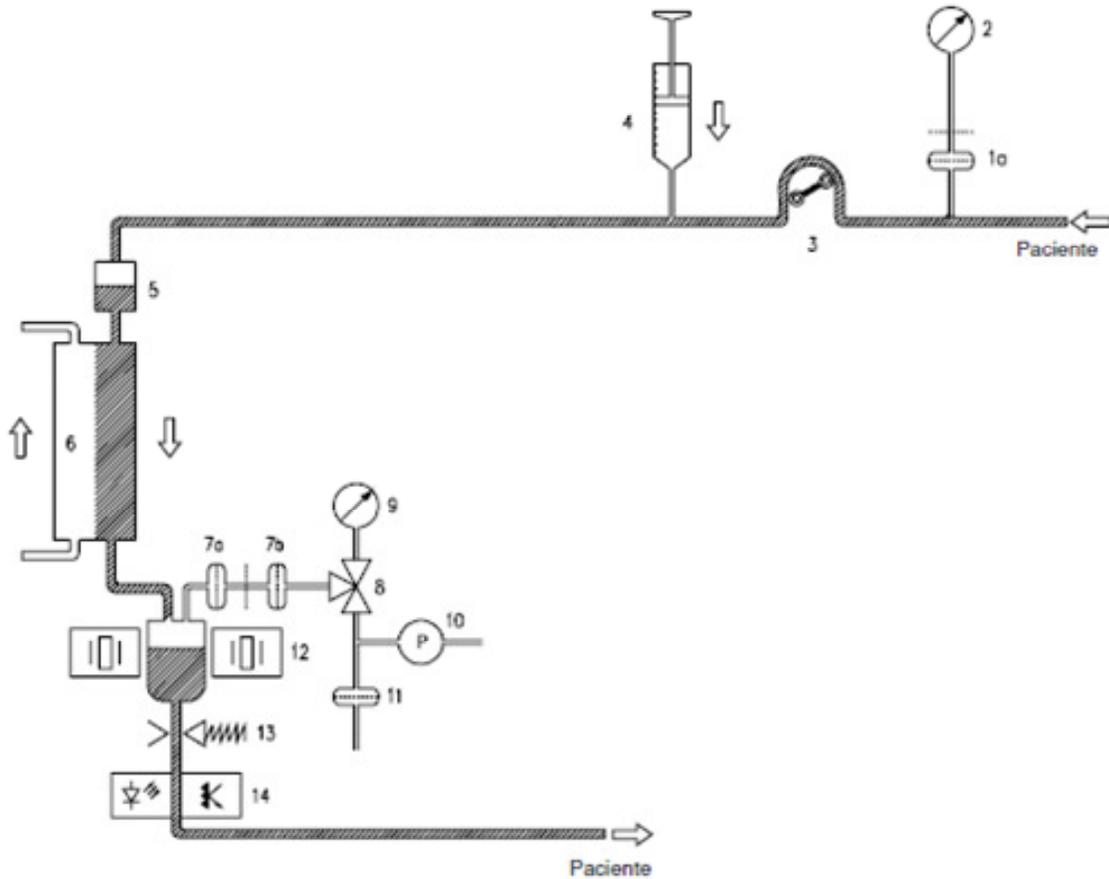


Figura 20: Circuito extracorpóreo – diálisis en modo de bipunción

### Leyenda

- 1a Filtro hidrófobo, externo.
- 2 Monitor de presión arterial.
- 3 Bomba de sangre arterial.
- 4 Bomba de heparina.
- 5 Cazaburbujas arterial.
- 6 Dializador.
- 7a Filtro hidrófobo, externo.
- 7b Filtro hidrófobo, interno.
- 8 Válvula de aireación.
- 9 Monitor, presión venosa.
- 10 Bomba de aireación.
- 11 Filtro hidrófobo.
- 12 Detector de aire.
- 13 Pinza de la línea venosa.
- 14 Detector óptico.

## Diálisis en modo de bipunción

Por contrato en México solo trabajo con máquinas en modo de bipunción, el proceso de hemodiálisis con bipunción es el siguiente, véase figura 20. La bomba de sangre arterial transporta sangre desde el acceso vascular del paciente al dializador. La presión en el lado de aspiración de la bomba se mide y controla con el monitor de presión arterial que está separado por un filtro hidrófobo. Cuando la presión sobrepasa o queda por debajo de los márgenes ajustados, se activa una alarma de sangre: la bomba de sangre arterial se para, se cierra la pinza de la línea venosa y se disparan alarmas ópticas y acústicas. Se para la ultrafiltración. La bomba de heparina permite añadir una dosis ajustable de heparina a la sangre. Después de pasar por el dializador, la sangre llega al cazaburbujas venoso donde se mide la presión venosa y se controla dentro de márgenes ajustados. El monitor de presión venosa está separado por dos filtros hidrófobos. El cazaburbujas venoso se encuentra en el detector de aire. El detector de aire protege contra la infusión de aire. Cuando baja el nivel o se encuentra sangre espumosa en el cazaburbujas venoso, se activa una alarma de sangre: la bomba de sangre arterial se para, se cierra la pinza de la línea venosa y se disparan alarmas ópticas y acústicas. Se para la ultrafiltración.

Después del cazaburbujas, la sangre pasa por el detector óptico (DO). Éste distingue entre:

- DO claro (suero fisiológico o aire en el sistema).
- DO oscuro (sangre en el sistema).

Desde el detector óptico, la sangre es devuelta al paciente (punción venosa). Entender este sistema me ayuda a identificar los posibles errores en cada elemento involucrado y así las fallas que pueden presentarse, como son:

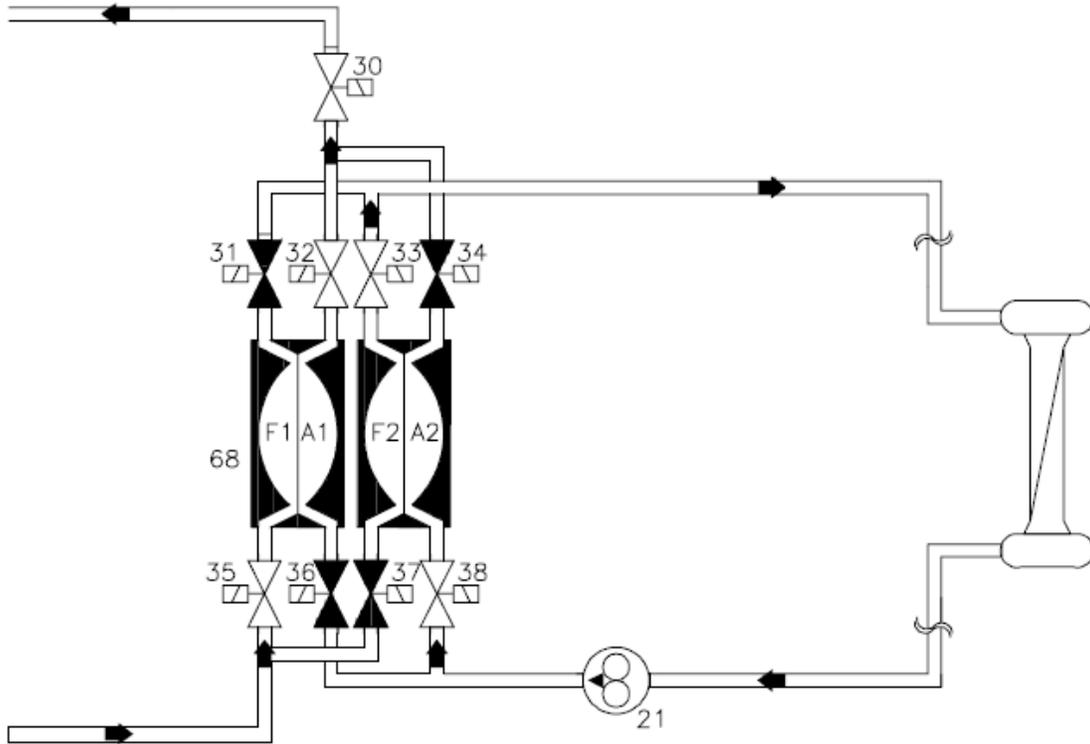
- ❖ Alarma de presencia de sangre.
- ❖ Falla detector óptico.
- ❖ Alarma de presión arterial.
- ❖ Alarma de PTM.
- ❖ Alarma de presión venosa.
- ❖ Falla bomba de sangre.

La capacitación, más los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería, en el funcionamiento de sensores ópticos, sensores ultrasónicos, encoders, manejo de motores a pasos, motores DC, entre otros conocimientos, me permiten realizar la reparación de la máquina en un tiempo estimado de 48 horas.

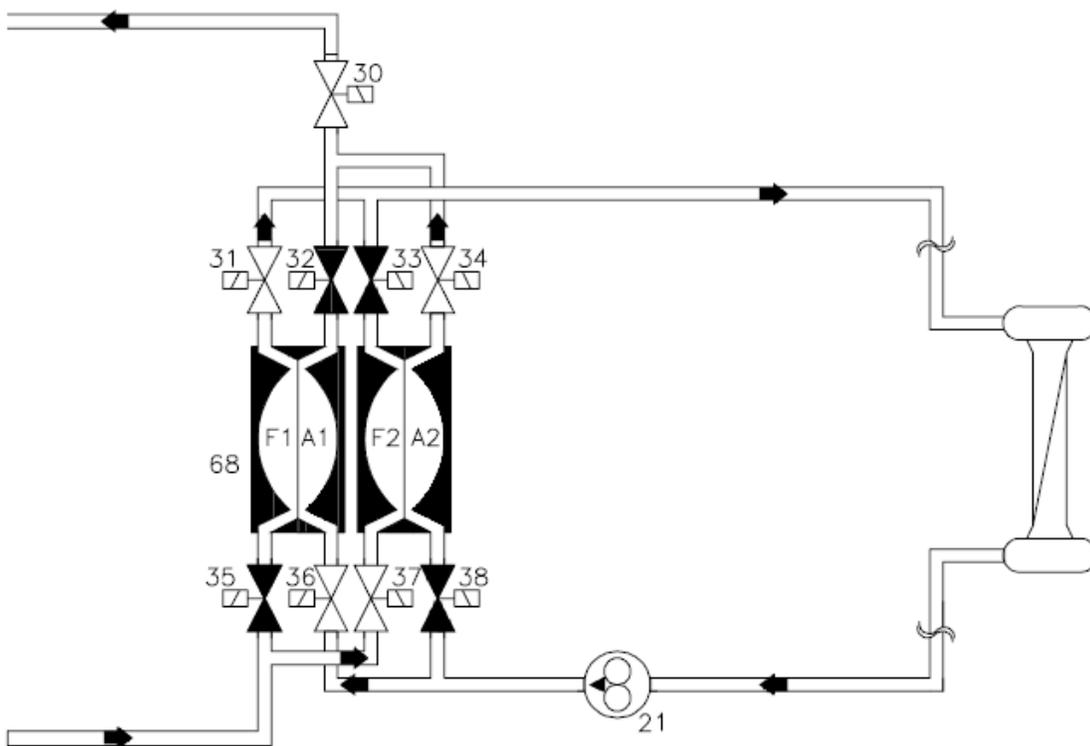
## Teoría de funcionamiento de la cámara de balance

- Programa normal

1er ciclo:



2º ciclo:



1er ciclo:

- Válvulas cerradas: 31, 34, 36 y 37.
- F1 se llena de líquido nuevo.
- A1 líquido usado es vaciado al drenaje.
- F2 se impele líquido nuevo al dializador.
- A2 se llena de líquido usado.

2º ciclo:

- Válvulas cerradas: 32, 33, 35 y 38.
- F1 se impele líquido nuevo al dializador.
- A1 se llena de líquido usado.
- F2 se llena de líquido nuevo.
- A2 líquido usado es vaciado al drenaje.

Este sistema asegura que el volumen que entra al dializador corresponda exactamente al volumen de salida. Ello permite realizar un balance exacto del líquido dializante y en conjunto con la bomba de ultrafiltración (22), controlar volumétricamente la ultrafiltración.

#### ● **Separación de aire secundaria mediante la bomba separadora de aire 97**

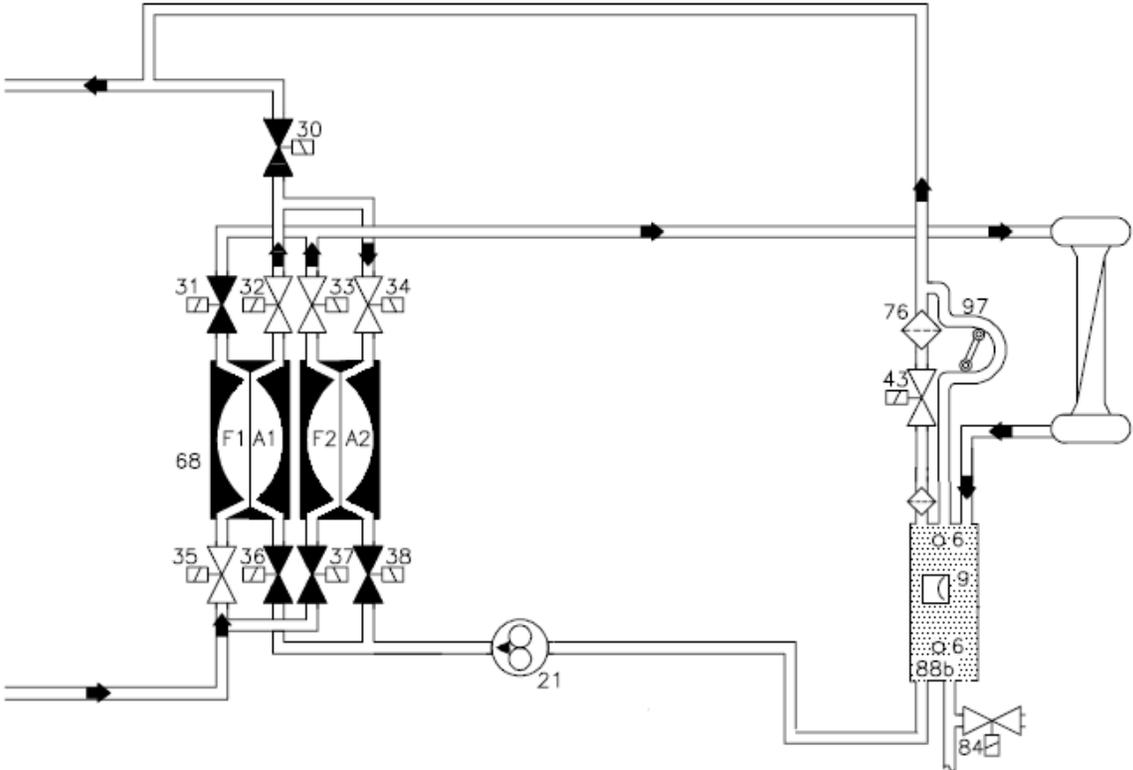
Cuando el nivel de líquido en el separador de aire secundario (88b) haya bajado por debajo del sensor de nivel (6), este sensor opera la bomba separadora de aire (97). Si, transcurrido un tiempo especificado, el nivel de líquido no alcanza otra vez el sensor de nivel (6), el PROGRAMA DE LLENADO es activado.

#### **Nota**

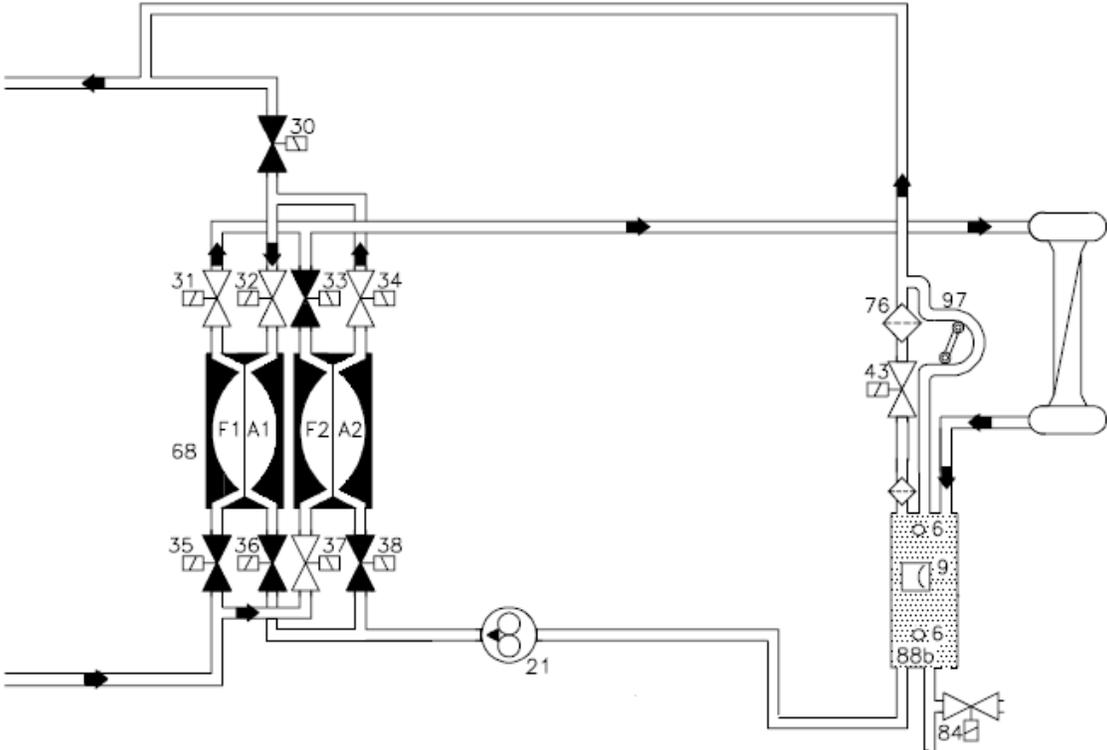
Para poder detectar el nivel, el sensor de nivel (6) necesita líquido con una conductividad mínima que siempre se alcanza con seguridad en todos los programas de diálisis. La separación de aire es necesaria sólo en los programas de diálisis. En los demás programas, la bomba separadora de aire (97) y la válvula (43) son controladas automáticamente.

**PROGRAMA DE LLENADO: separación de aire por la válvula 43 a presión atmosférica**

**1er ciclo:**



**2º ciclo:**



Si el aire no fue separado suficiente y el nivel de líquido queda todavía por debajo del sensor de nivel (6), el PROGRAMA DE LLENADO es activado.

La bomba (21) llena la cámara A1 o A2. Las válvulas (36), (38) y (30) se cierran. La válvula (43) se abre. El aire puede escapar al drenaje.

1er ciclo:

- Se llena la cámara F1. Esto fuerza el líquido de la cámara A1 a la cámara A2.
- Luego la cámara A2 impele el líquido, a través del dializador, al separador de aire secundario (88b).

2º ciclo:

- Se llena la cámara F2. Esto fuerza el líquido de la cámara A2 a la cámara A1.
- Luego la cámara A1 impele el líquido, a través del dializador, al separador de aire secundario (88b).

El llenado realizado de esta forma evita que no se produzca cambio de la conductividad. Al igual que en el programa normal, por cada ciclo de la cámara de balance (30 ml), la bomba de concentrado efectúa una carrera.

Al inicio de la diálisis (cebado del dializador), se produce siempre un programa de llenado. Si se produce durante el tratamiento, la luz verde del indicador de UF parpadea y el balance está desajustado.

### **Nota**

La aparición repetida del programa de llenado durante el tratamiento indica la existencia de un defecto (fugas).

## Alimentación eléctrica

**Tensión de la red:** 230 V CA, +6, -10 %, 50/60 Hz Símbolo:  (corriente alterna)  
240 V CA, ±10 %, 50/60 Hz Símbolo:  (corriente alterna)  
110 V CA, ±10 %, 50/60 Hz Símbolo:  (corriente alterna)  
100 V CA, ±10 %, 60 Hz Símbolo:  (corriente alterna)  
127 V CA, ±10 %, 60 Hz Símbolo:  (corriente alterna)

**Conexión a la red:** 16 A

### Consumo de corriente:

- **Diálisis:** Aprox. 6 A, para una temperatura de entrada de agua de 17 °C temperatura del líquido de diálisis: 37 °C  
Flujo de líquido de diálisis: 500 ml/min
- **Lavado caliente:** Aprox. 9 A, temperatura de lavado caliente: 84 °C  
Flujo de lavado caliente: 450 ml/min.

**Alimentación eléctrica:** +5 V, +0,3 V, (resistente al cortocircuito)  
**(interna)** +12 V, +0,4 V, (resistente al cortocircuito)  
+24 V, ±0,7 V, (resistente al cortocircuito)

**Batería:** Batería de plomo (sin mantenimiento)  
18 V (= 3 x 6 V) /3 Ah

## Condiciones de funcionamiento

**Presión del agua de entrada:** 1,5 a 6,0 bar

**Temperatura del agua de entrada:** 5 °C a 30 °C  
con lavado por calor integrado: 85 °C hasta 95 °C

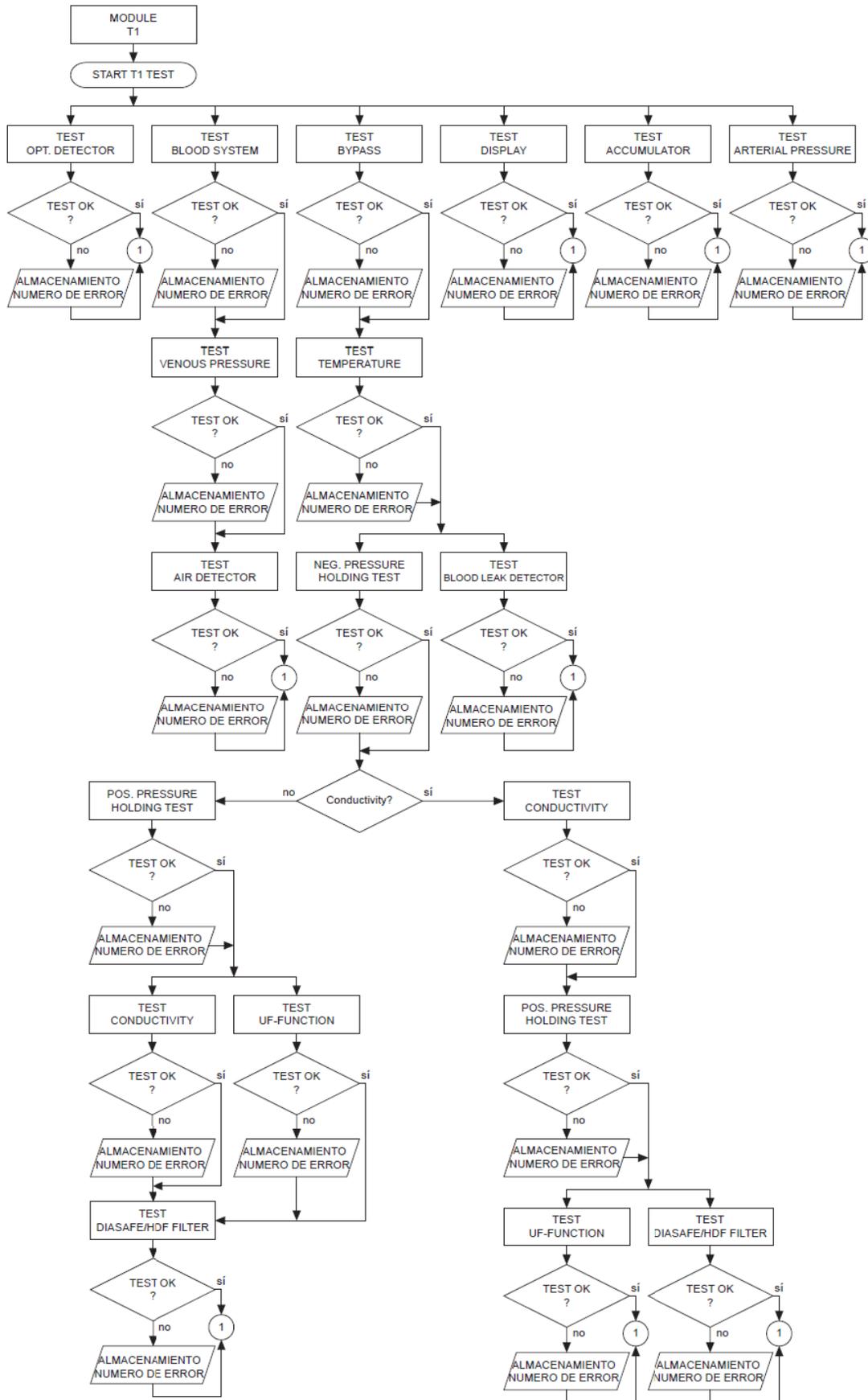
**Velocidad de entrada de agua:** 1,3 l/min. ; a una presión de entrada de 1,5 bar

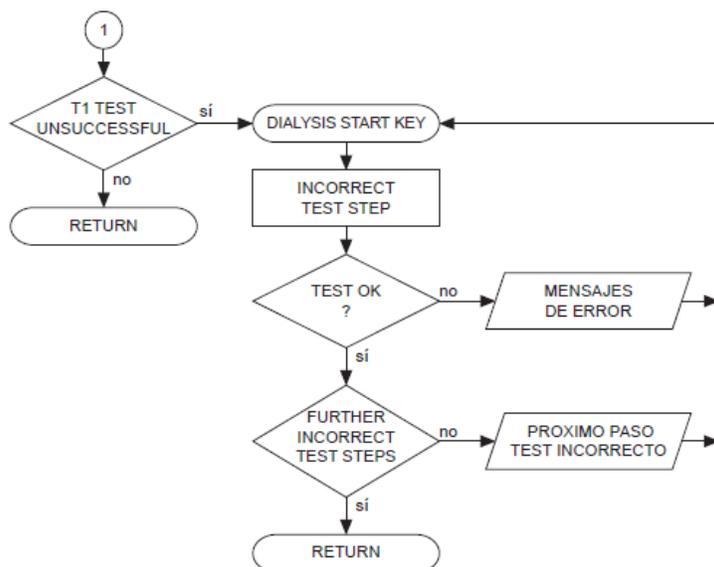
**Salida de agua:** 0 a 100 cm encima del suelo, con una distancia de caída libre mínima de 5 cm. El drenaje de agua debe estar por debajo de la posición del dializador.

**Suministro de concentrado:** 0 a -100 mbar; máx. altura de aspiración 1m, altura de caída 0 m (para la opción de suministro centralizado de concentrado, 0 a 500 mbar)

<b>Radiación térmica:</b>	Diálisis: aprox. 400 vatios (a una temperatura ambiente de 20 °C) Lavado caliente: aprox. 520 vatios (a una temperatura ambiente de 20 °C)
<b>Intervalo de temperatura de funcionamiento:</b>	15 °C a 35 °C
<b>Presión atmosférica:</b>	700 hPa hasta 1060 hPa
<b>Humedad relativa:</b>	30 % hasta 75 %, temporalmente 95 %
<b>Puesta fuera de servicio temporal:</b>	Se recomienda que se realice un programa de lavado caliente sin lavado frío (PGM 2) antes de la puesta fuera de servicio y una desinfección antes de la puesta en marcha.
<b>Almacenamiento y transporte:</b>	En ambos casos, la máquina debe llenarse con una carga de anticongelante con adición de desinfectante. Composición: 48,75 % de agua, 48,75 % de glicerina, 2,5 % de Teta-plus o 49,875 % de agua, 49,875 % de glicerina, 0,25 % de ClearSurf™
<b>Protección contra heladas:</b>	Hasta aprox. -20 °C
<b>Temperatura de conservación:</b>	-20 °C a +60 °C (con anticongelante) +5 °C a +60 °C (sin anticongelante)
<b>Estabilidad:</b>	10°
<b>Capacidad de carga de la barra portasueros:</b>	Máximo 20 kg Máxima carga por gancho: 6 kg

# Diagrama de flujo test T1, secuencia en paralelo





Esta es una de las capacitaciones más importantes pues me ayudó a mantenimientos correctivos, que son mis actividades del día a día. Mi participación en la empresa, con esta capacitación, son los reportes correctivos que se generan en las clínicas de hemodiálisis, a continuación mostraré un ejemplo relacionados a la capacitación técnica de la tecnología 4008.

Mantenimiento correctivo.

Reporte de la clínica: la máquina marca error de flujo

Hora de llegada del reporte: lunes 12:30 hrs.

Hora máxima para terminar el reporte miércoles 12:30 hrs.

Llego a la clínica a las 10 horas del día martes, inicio con un enjuague para limpiar la hidráulica de la máquina. Durante el enjuague la máquina presenta ERROR DE FLUJO al inicio del proceso de lavado, con ayuda de los conocimientos en motores a pasos y la capacitación encontré el error en la bomba de ultrafiltración, los pasos que da el motor son menores a los necesarios para transmitir el flujo de líquido de diálisis necesario durante el tratamiento, y el flujo de agua durante los lavados, mis actividades desarrolladas para llegar a esta conclusión, a través de esta capacitación, fueron las siguientes:

Inicié chocando las presiones de la hidráulica donde se ve presión de la bomba de flujo de bomba de degasificación y de carga (presión después de la cámara de balance, los valores de presión se encuentran correctos, detecto un cambio significativo en el drenaje; en la capacitación vi los ciclos de cámara de balance; por lo tanto en el drenaje se tiene una salida de líquido controlada, por cada ciclo de la cámara de balance, en teoría se tienen 30 ml en la salida del drenaje; que corresponden a un ciclo sin contar la salida de la bomba de ultrafiltración. En la máquina se tenía un flujo exacto de 30 ml por cambio de ciclo de la cámara de balance, durante la prueba en modo de diálisis, el test pasa todos los parámetros correctamente, checo las válvulas electrónicamente encontrando en todas un correcto funcionamiento en la señal de 24 volts que manda las tarjetas, mecánicamente todas abren en el momento que llega la señal.

Decido simular la diálisis (se coloca una trampa de agua en ultrasónicos para no detectar aire, una trampa en los sensores ópticos para la presencia de sangre, se genera presión positiva en el sensor de presión venosa y negativa en la presión arterial; por último los conectores del filtro dializador se colocan en un recipiente con agua para simular la limpieza de sangre y la ultrafiltración), ya que el cliente reporta que el error de flujo se presentó durante un tratamiento, después de 15 minutos en la que la máquina trabajaba en modo de diálisis, noté que la ultrafiltración no se realizaba, ya que el recipiente con agua no presentaba ninguna diferencia en el volumen de líquido con respecto al inicio de la simulación.

Con estas acciones tenía como datos para la falla en la hidráulica, presiones correctas, válvulas funcionales, la ultrafiltración no genera aumento de agua en el drenaje durante los lavados, durante un tratamiento no hay disminución de agua que se realiza por medio de la bomba de ultrafiltración, por lo tanto el error se encuentra en la función de UF, de la capacitación conocí el funcionamiento de la bomba y se que la succión de químico de limpieza se hace a través de esta bomba, cuando inicio la máquina en limpieza con químico, la máquina no registra entrada de ningún líquido externo por la válvula de limpieza.

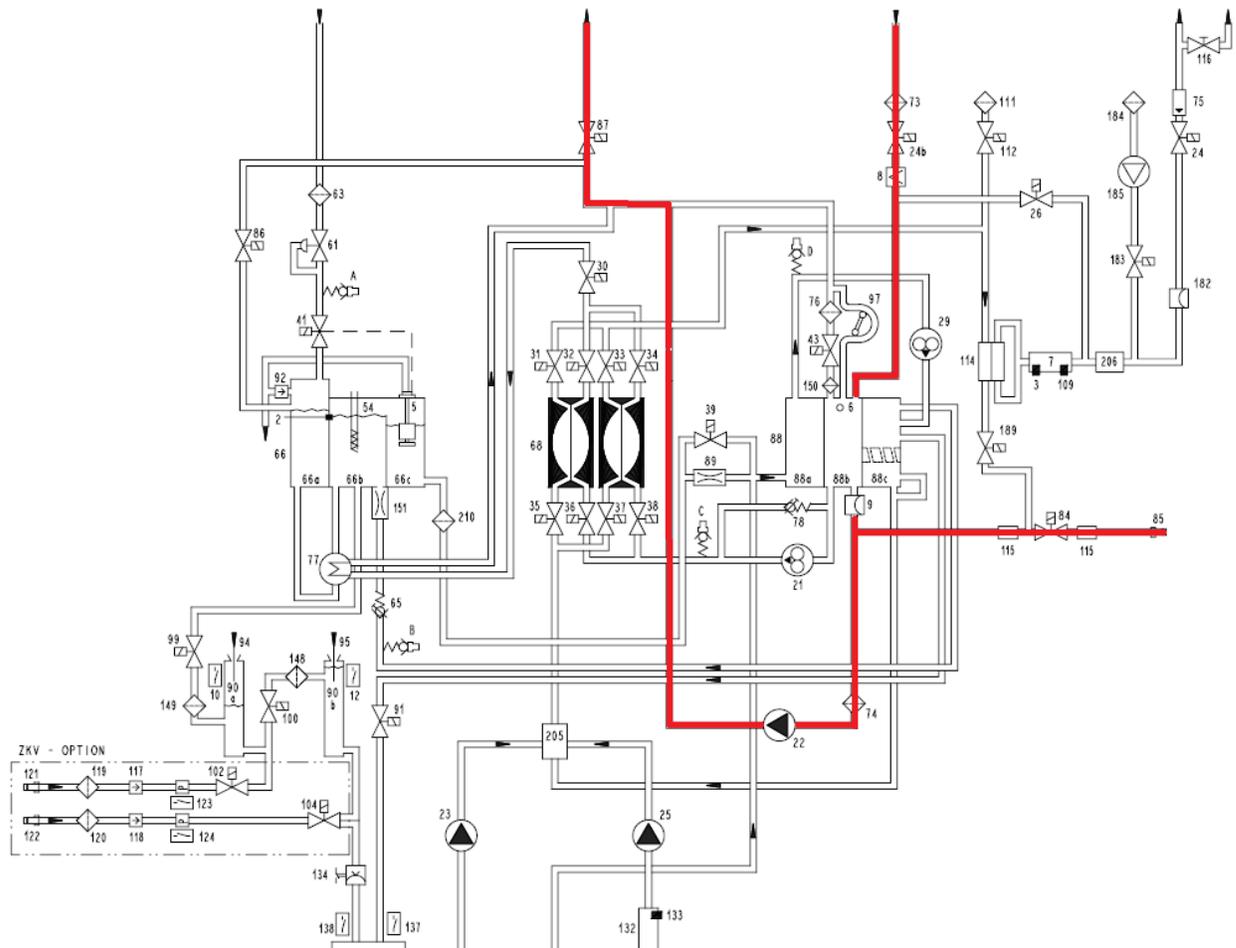


Figura 21: Hidráulica relacionada con la bomba de UF

Uno de los conocimientos que adquirí durante mis estudios en la Facultad de Ingeniería, fue el funcionamiento de motores a pasos, la bomba de UF consiste en un motor a pasos ya que se requiere una alta precisión en el control de extracción del líquido al paciente, en donde se tienen dos sensores de herradura para la detección de inicio y fin del movimiento del émbolo, los sensores enviaban la señal digital correctamente, pero el motor no realizaba el cambio de sentido, tenía un movimiento errático, lo cual me indicaba una falla en la energización de las bobinas para realizar el cambio de sentido. En estos casos se realiza el cambio completo de la pieza ya que al ser una refacción crítica en el tratamiento (una refacción dañada o mal calibrada provoca que al paciente se le drene más o menos líquido lo que puede provocar desde calambres hasta la muerte), se decide colocar una nueva.

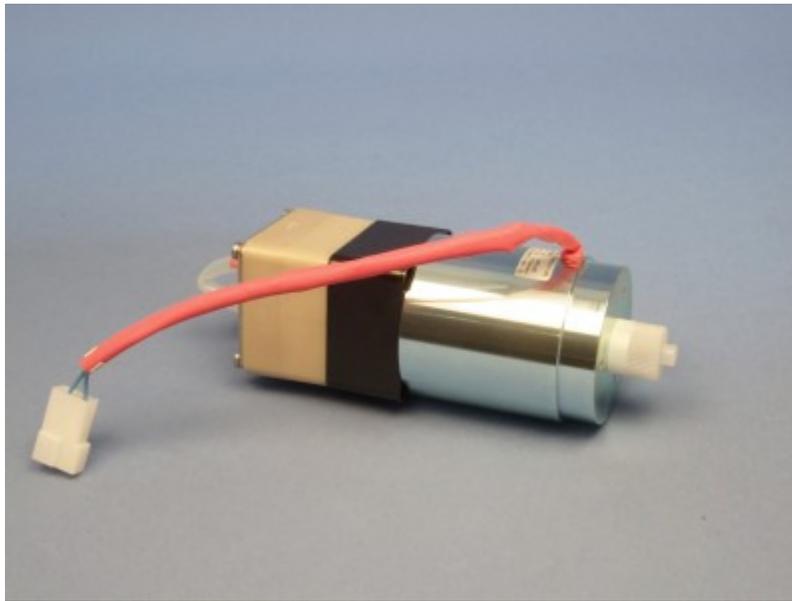


Figura 22: Bomba de UF

Se realiza pedido en almacén por una bomba de uf el martes a las 17:00.

Regrese a la clínica el día miércoles a las 10:00, para realizar el reemplazo de la refacción dañada, entrega de reporte para firmar por personal de la clínica entregando la máquina funcionando correctamente.

#### **INFORMACIÓN RESERVADA POR CONFIDENCIALIDAD**

- **DESCRIPCIÓN DE TARJETAS ELECTRÓNICAS Y SU FUNCIONAMIENTO.**
- **SECUENCIAS EN LOS PROGRAMAS DE LIMPIEZA**
- **CONTROLES TÉCNICOS DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO.**
- **FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA EN MODO DE DIÁLISIS Y MODO DE CALIBRACIÓN.**
- **DESCRIPCIÓN DEL TEST T1 Y MENSAJES DE ERROR.**

## ❖ CONCLUSIONES:

Gracias al conocimiento obtenido en la Universidad Nacional Autónoma de México durante mis estudios en la Facultad de Ingeniería en la carrera de Ingeniería Mecatrónica, he realizado satisfactoriamente las responsabilidades y obligaciones que se me han encomendado en Fresenius Medical Care de México como Técnico de Servicio.

La formación como Ingeniero que se me dio durante mis estudios universitarios, me permite dar un servicio satisfactorio, no solo a los clientes, también a los pacientes de enfermedades renales, haber estudiado en la Facultad de Ingeniería me ayuda a interpretar diagramas, comprender el funcionamiento electrónico y asimilar el diseño de la máquina de hemodiálisis, mejorar sistemas de tratamiento de agua y sobre todo entender la importancia que tiene mi trabajo ya que tener los conocimientos de ingeniería permite ver el alcance de mi trabajo, pues un error repercute directamente con los pacientes.

Con la visión que me da tener experiencia profesional y lo que conlleva trabajar con tecnología y equipo usado en la industria puedo entender la importancia de cada conocimiento adquirido, pues nuestro trabajo y aplicación de ingeniería, en especial en el sector salud, es de suma importancia ya que vidas dependen de él; además considero que durante los estudios universitarios ayuda trabajar bajo presión pues en la industria los resultados deben ser rápido y eficaces.

Sobre las necesidades de la industria que se ignoran como estudiante de ingeniería creo que es la interrelación que tienen las diferentes ramas de ingeniería, considero que los proyectos que tuve durante mis estudios serían potencialmente mejores como visión laboral, si se hacen con diferentes áreas, por ejemplo, como ingeniero mecatrónico trabajo día a día con ingenieros en computación, ingenieros mecánicos, ingenieros electrónicos, ingenieros biomédicos, ingenieros industriales entre otros; esta interrelación hace que la industria de tratamientos para la insuficiencia renal a nivel técnico funcione.

Por último, mi experiencia como alumno de la facultad de ingeniería me ayudó totalmente a acoplarme a la vida laboral, entender diagramas de flujo, el funcionamiento de válvulas, motores, bombas y tarjetas electrónicas y cada sensor en una máquina de hemodiálisis, mis conocimientos adquiridos hacen que sepa el correcto funcionamiento de cada máquina en las que trabajo.

## ❖ BIBLIOGRAFÍA:

- 1.- <http://www.fmc-ag.com.mx/>
- 2.- <http://www.fmc-ag.com.mx/historia-fresenius-medical-care.html>
- 3.- <http://www.fmc-ag.com.mx/fmc-nuestra-compania.html>
- 4.- <http://photos.medwrench.com/equipmentManuals/627-3784.pdf>
- 5.- [http://www.zjyxh.org.cn/upload/104708\\_1.pdf](http://www.zjyxh.org.cn/upload/104708_1.pdf)