

## **Digitalización de parámetros del proceso de adecuación del agua. Implicancias sanitarias y tecnológicas (monitoreo remoto vía Internet)**

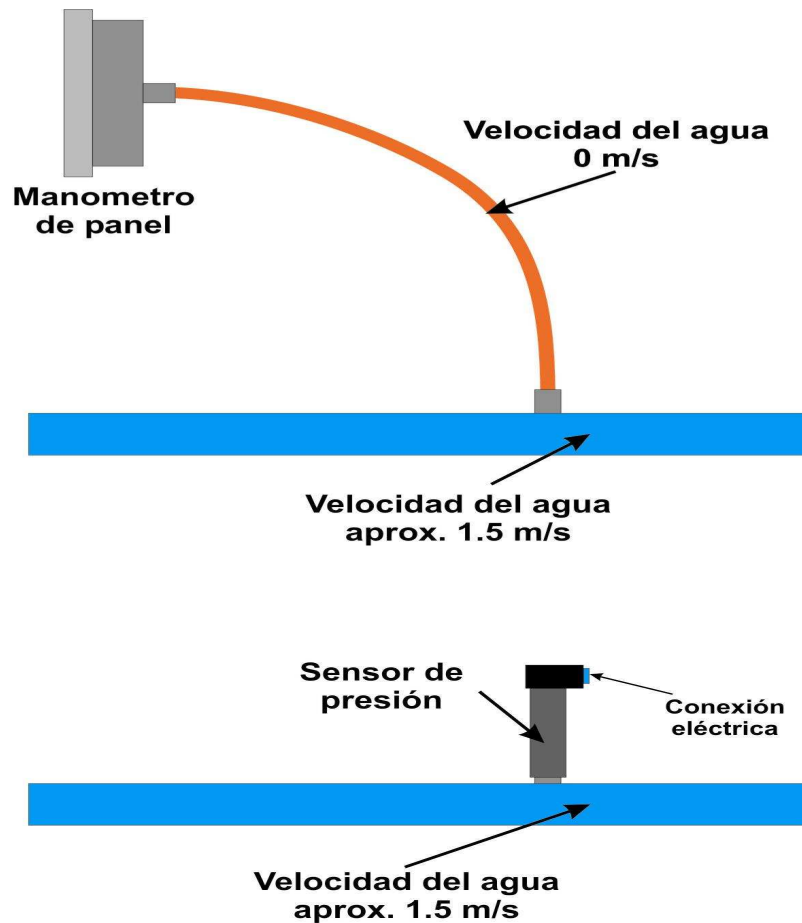
En otros artículos publicados desde nuestra compañía hemos tratado el tema de la adecuación fisicoquímica y bacteriológica del agua de dializado. En este artículo supondremos que hemos obtenido la mejor calidad posible. Ahora bien para haber logrado esto el agua debió atravesar distintas etapas y en cada una de ellas resultado necesario medir parámetros de funcionamiento tales como presiones caudales, conductividades, niveles de tanques, cloro, ozono etc.

La lectura/registro de estos parámetros resulta fundamental para poder calibrar el o los equipos que están tratando el agua. La gran mayoría de los que interactuamos con esta tecnología, y me refiero al fabricante, al adquirente (servicios y/o centros de Diálisis), y a los entes reguladores tales como, Auditores, Asociaciones, Obras Sociales, no se detienen a ver de que forma se miden estos parámetros, resulta condición suficiente y necesaria con que se haga. Por lo que es normal observar que todos estos parámetros se miden en forma analógica, esto implica que las presiones se relevan por medio de manómetros, los caudales por medio de rotámetros, los niveles de agua en los tanques por un visor de nivel hidrostático. En el caso del cloro y el ozono ya que los mencione al principio de la nota cabe aclarar que la gran mayoría de los fabricantes no los miden online.

Como este artículo aspira a ser lo mas abarcativo posible, haremos hincapié en los parámetros mas universales tales como presiones y caudales que son comunes en todo el espectro de equipos, para adecuar agua de Diálisis disponibles en el mercado.

Resulta oportuno recordar que estamos hablando de agua de dializado, en nuestro caso entendemos desde hace años que la misma debe ser considerada un medicamento, ya que interactúa a través del capilar del filtro de diálisis con la sangre del paciente en un volumen de 120 Lts promedio por sesión de diálisis. Por lo que no hay que perder esto de vista en ninguna de las etapas que intervienen en la generación de un equipo de adecuación de agua; desde la tecnología aplicada, el diseño de los elementos que conforman los equipos, los materiales, los métodos de fabricación y el montaje de los mismos. Si resultamos criteriosos y eficientes en cada una de las etapas mencionadas lograremos una tecnología aplicada a la adecuación de agua, que minimice los puntos críticos que definitivamente favorecen el desarrollo bacteriano. Y debemos tender a la obtención de agua estéril, con lo cual el uso de dispositivos analógicos en el relevamiento de los parámetros operativos del proceso de adecuación del agua de dializado, como veremos en el desarrollo del presente artículo, claramente se contrapone al objetivo.

Como primer punto vamos a comparar el registro de presiones de modo analógico y digital. Esto se refiere a un manómetro y un sensor de presión respectivamente ver fig.

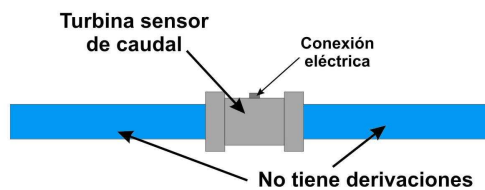
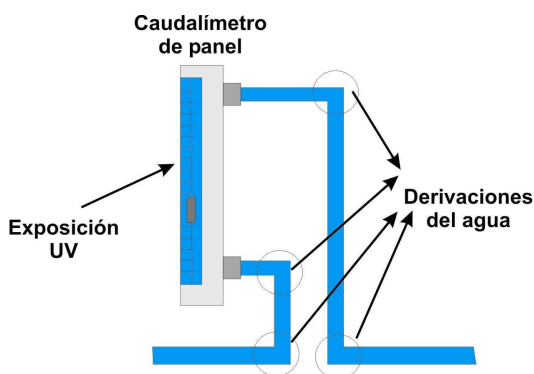
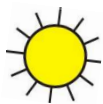


En el caso del manómetro, generalmente para una correcta visualización, y consecuente calibración del equipo, los mismos se disponen en un panel ergonómicamente ubicado en el equipo. Para poder registrar la presión requerida deberá conectarse un flexible desde el punto de toma hasta la acometida del manómetro, conexión de color rojo de la figura.

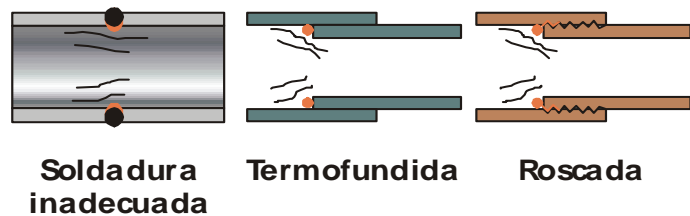
Una vez que el equipo se pone en marcha por primera vez ese conducto se llenará de agua, debiendo en ese momento purgarse el aire de su interior para que la lectura de la presión sea fidedigna, este agua a partir de este momento formara parte de un tramo muerto, por lo que la velocidad en el interior de dicho conducto será 0 m/seg, hecho que indefectiblemente favorecerá el desarrollo bacteriano. Ahora bien que haya contaminación en el interior de un equipo, en si mismo ya es todo un riesgo, pero si la misma permaneciera dentro de ese tramo, el riesgo estaría controlado, pero lo cierto es que cada vez que el equipo se apaga las presiones bajan y se igualan en todos los circuitos, y es en ese momento donde el agua que se aloja en el interior de este conducto flexible puede drenar hacia la cañería a la que fue conectado. De este modo cuando se produzca el arranque del equipo y circule agua por los circuitos, la contaminación podrá avanzar aguas abajo.

Ahora si digitalizamos el registro de las presiones, el manómetro es reemplazado por un sensor de presión, el cual se instalara en el punto donde se pretende relevar la presión, lo que implica que no hemos alterado la velocidad de circulación, y por ende no hemos generando tramo muerto alguno, ya que la única derivación que tendremos no será un conducto de agua, si no un cable eléctrico que transmitirá la señal de 4 mA a 20mA que emite el sensor, para que sea recepcionada por la electrónica asociada al mismo, pero de este punto nos ocuparemos mas adelante cuando tratemos las ventajas respecto del control de los parámetros de procesos relevados con sensores digitales.

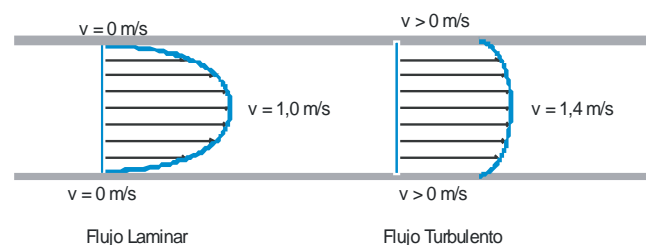
Otro claro ejemplo de parámetros de procesos relevados analógicamente son los caudales. A continuación desarrollaremos las principales implicancias de este caso; es común observar que los caudales se registran por medio de rotametros o caudalímetro de panel, que consisten en un cono por donde circula el flujo a medir, y en su interior se encuentra una pesa de acero inoxidable que se desliza a través del cono de abajo hacia arriba en forma proporcional al caudal que circula por el interior del cono, para poder visualizar y determinar los caudales por medio de una escala el material debe ser traslucido por ej, Acrílico, ver fig.



## Uniones no sanitarias



La velocidad mínima aconsejable = 1,4 m/s



En las figuras se observa un esquema de conexión de un caudalímetro analógico y uno digital. En el primer caso para llegar al caudalímetro y salir de él, ya que el mismo para una correcta lectura se debe ubicar ergonómicamente en un panel frontal, hay que realizar una serie de derivaciones en el circuito, con el único propósito de visualizar el caudal. Generalmente los circuitos están realizados en materiales plásticos roscados o por termofusión, generándose

puntos de velocidad 0 como los destacados en la figura, propensos al desarrollo bacteriano, y de difícil desinfección.

En el caso de relevar los caudales digitalmente, nosotros aplicamos una turbina que se intercala en el circuito, en el punto donde queremos relevar el caudal, sin ningún tipo de derivación en el mismo, y por ende generamos una instalación claramente más sanitaria que la mostrada para el relevamiento analógico de los caudales. En el caso de la turbina la misma se conecta a un sensor de efecto hall que por medio de un cable transmitirá pulsos que serán captados por la electrónica asociada a dicho sensor, al igual que en el caso de las presiones.

Las diferencias respecto a las características sanitarias de la medición de parámetros tales como presiones y caudales relevados en forma analógica o digital, podrá aplicarse a otros parámetros tales como niveles de tanques, pudiendo en este caso reemplazar visores reglados por sensores de presión que miden peso y por medio de un algoritmo, que deberá tener en cuenta la geometría del tanque, traduce el peso a litros, y ya más específicamente deberán tenerse en cuenta las características y el modo de aplicación de los sensores destinados a relevar conductividad, cloro y ozono, online, en lo referido a equipos de adecuación de agua, y conductividad, PH y densidad para equipos disolutotes de Bicarbonato y solución acida a partir de concentrados secos.

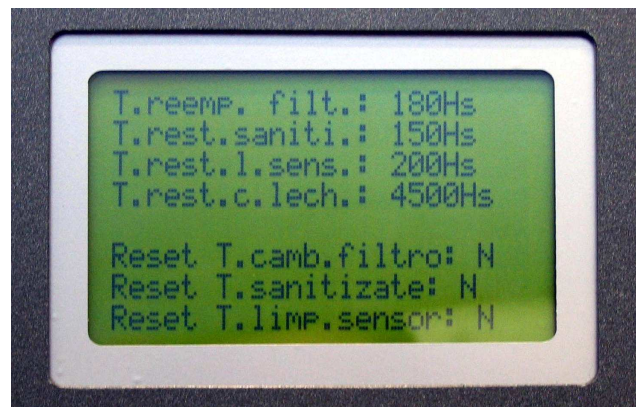
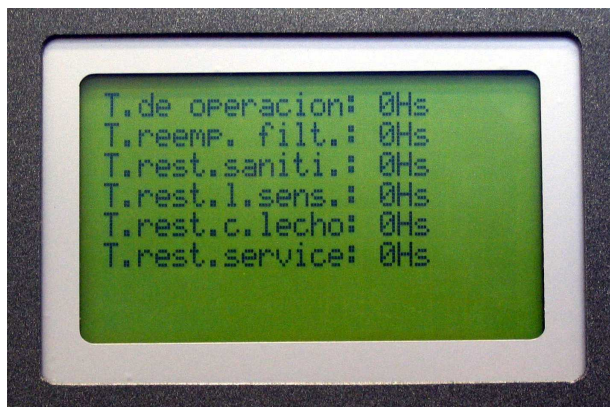
Hasta aquí nos abocamos a tratar las implicancias de la digitalización de los parámetros del proceso de adecuación del agua, respecto de los aspectos sanitarios. Siendo este el punto más importante que nos movilizó a mudar de la tecnología analógica a la digital, basados en que deberíamos considerar, como ya dijimos, el agua de Diálisis como un medicamento, por lo que debemos poner especial énfasis para que el agua tenga un tratamiento que permita superar las exigencias de las normas vigentes, particularmente por el tema que estamos tratando, en lo referido a los niveles de contaminación admisibles.

Respecto de la contaminación admisible por las normas vigentes, me planteo siempre una dificultad para poder contener, con conocimientos ciertos, los niveles de contaminación por debajo de los valores permitidos, actualmente 100 ufc/ml, sobre todo si no se cuenta con un tratamiento bacteriológico on-line eficiente. Pero concretamente me refiero a los métodos de control bacteriológico avalados y consecuentemente aplicados, los cuales consisten en tomar una muestra, aplicando los procedimientos, que no describiremos aquí, en forma correcta, y enviarla al laboratorio, manteniendo la cadena de frío, para que se analice la muestra y nos de el resultado. Este resultado lo podríamos tener en el mejor de los casos a las 48/72hs de recepcionada la muestra, por lo que la lectura que estaríamos haciendo sería retrospectiva, por lo que el único resultado que verdaderamente nos sirve es 0 ufc/ml, ya que cualquier otro valor, al momento de la lectura del resultado puede haber sufrido un crecimiento exponencial.

Retomando el tema del relevamiento de los parámetros de proceso, ahora que contamos con los mismos digitalizados, resulta necesario, o por lo menos muy útil, diseñar un software que permita controlar estos parámetros respecto de

valores máximos y mínimos, como así también crear nuevos valores controlables, tales como relaciones de caudales de permeado y concentrado, presiones de entrada y salida de membranas, conductividad del agua de entrada y salida de osmosis, rechazo porcentual de las membranas, concentraciones de cloro post tratamiento de reducción del mismo etc. Hasta aquí anunciamos algunos de los principales parámetros controlables, de la etapa de adecuación fisicoquímica, por supuesto que esto es aplicable también a la etapa de adecuación bacteriológica, que en nuestro caso es realizada con la aplicación de Ozono y UV online. En esta etapa se podrán controlar digitalmente los niveles de agua en el tanque doble propósito, stock de agua y torre de contacto de ozono, la concentración de ozono en dicho tanque y post tratamiento de UV, la corriente de circulación por la lámpara UV, la presión de agua en el retorno, el caudal de envío a sala, el caudal de retorno de sala, por lo que podremos saber el agua consumida segundo a segundo, y como conocemos el nivel del tanque tendríamos el tiempo de contacto que el agua esta en él antes de ir a sala. Y como medimos la concentración de ozono en el tanque podremos tener en forma continua el valor Cxt (concentración x tiempo de contacto) y de acuerdo a dicho valor podremos inferir y consecuentemente indicar digitalmente si el agua para dializado esta estéril, condición que por supuesto no cancela la periodicidad y modo de análisis bacteriológicos que indican las normas vigentes. Pero es una gran tranquilidad contar con esta información, que resulta ser equivalente al parámetro de la conductividad para la adecuación fisicoquímica. Ya que en este caso dicho parámetro no nos indica la concentración de cada Ion, pero conociendo la composición fisicoquímica del agua de entrada, el valor de conductividad nos dará una idea bastante cercana si estamos o no dentro de los valores permitidos por la normas para los diferentes iones. Como en el caso bacteriológico esto deberá ser validado por los análisis fisicoquímicos periódicos.

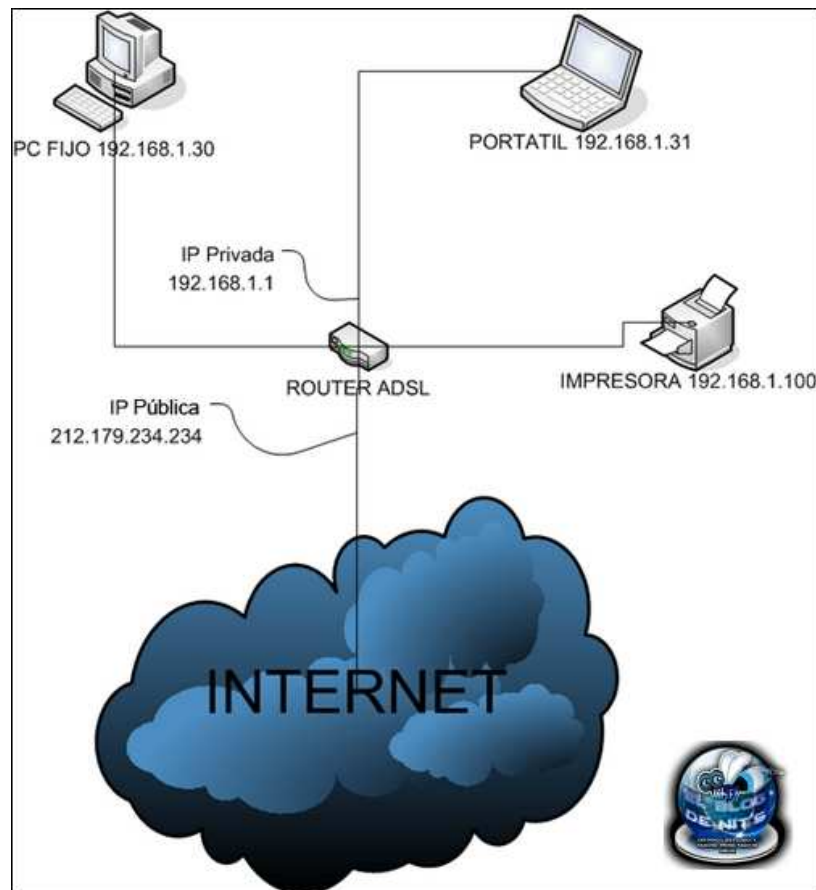
Volviendo a la digitalización de los parámetros y específicamente a la aplicación de un software asociado, podemos seguir avanzando en el usufructo que nos permite la aplicación de esta tecnología, ya que también podemos programar y anunciar digitalmente a través de un display, acciones de mantenimiento preventivo, tales como recambio de filtros, o acciones de desinfección periódicas preprogramadas.



La ventaja adicional a las ya comentadas, de todos estos controles, que no pueden ser realizados por las tecnologías analógicas e incluso por

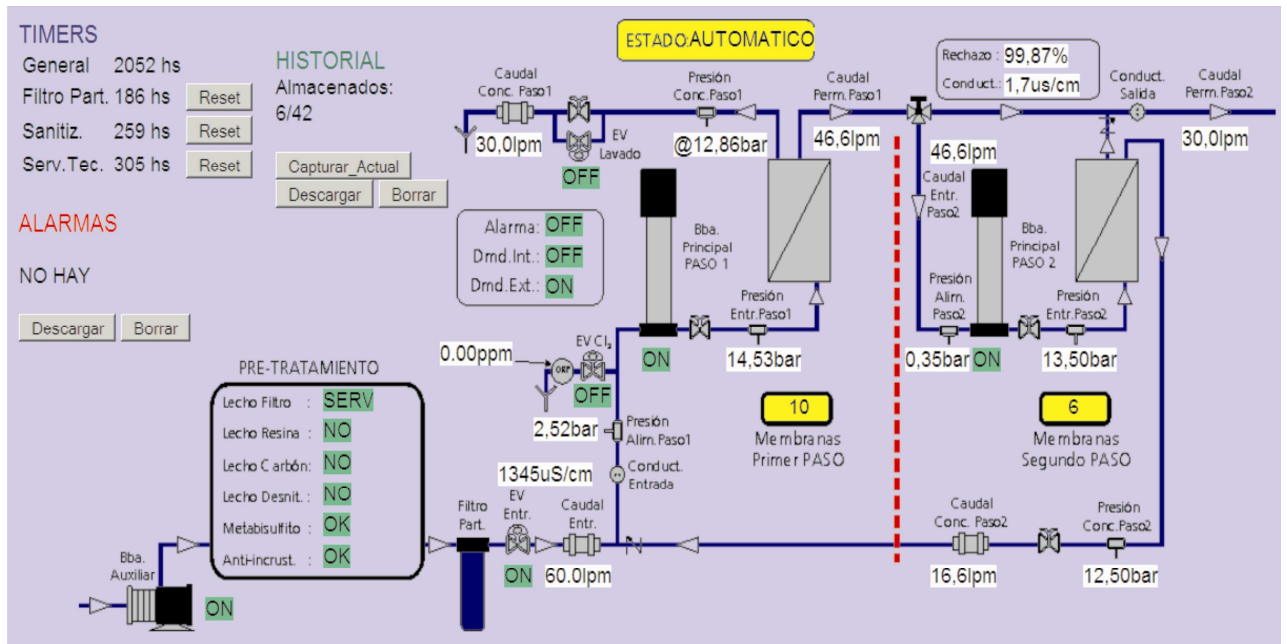
combinaciones estándares de tecnologías analógicas/digitales, será la obtención de una calidad de agua sostenible en el tiempo, ya que todos estos controles permitirán que el equipo trabaje estabilizado dentro de los parámetros de proceso preestablecidos. Y dado que dichos parámetros estarán dentro de los valores recomendados por los fabricantes de cada elemento interviniente en el o los equipos de adecuación fisicoquímica y bacteriológica, dichos elementos tendrán una mayor durabilidad en condiciones de buen rendimiento.

Ahora bien las ventajas del uso de estas tecnologías no se agotan aquí, ya que el diseño de las placas de control con la aplicación de componentes electrónicos de montaje superficial y microprocesadores de alta capacidad de almacenamiento y transferencia de datos, permiten anexar a las placas de control un módulo con conexión a Internet, que posibilitara la conexión de los equipos de adecuación físico-química y bacteriológica respectivamente a la red, como si fuesen una PC mas de dicha red.

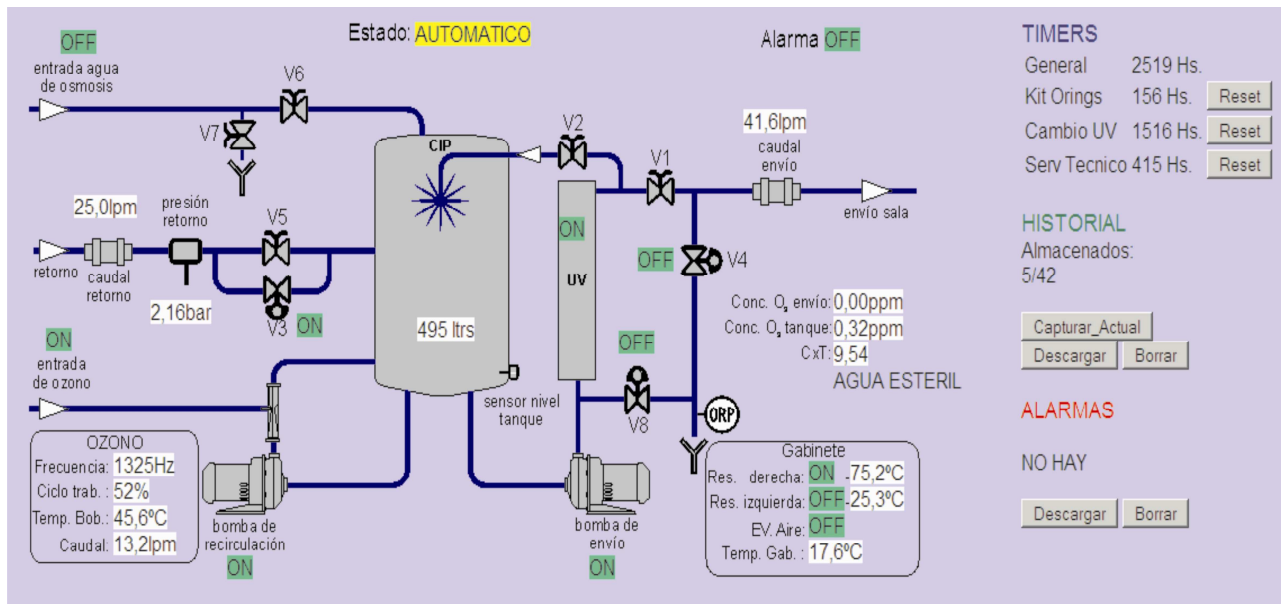


Una vez conectado por medio de una pagina Web, a través de Internet, previo password autorizado por el centro o servicio de diálisis, se podrá acceder a ver por medio de un diagrama de flujo adecuadamente diseñado todos los parámetros de proceso, e incluso realizar acciones de reseteo y de reprogramación de los valores de parámetros asociados a alarmas, como así también cambiar o agregar acciones de mantenimiento, todas estas acciones quedaran registradas en tiempo y forma.

## Diagrama de monitoreo de Planta de Osmosis Inversa



## Diagrama de monitoreo de Unidad de esterilización



Con esta transformación tecnológica se logra una mayor transparencia en el manejo y divulgación de los parámetros operativos, la lectura de los mismos ha dejado de tener un efecto fotográfico para tener un efecto filmico, ya que antes tomábamos conocimiento del estado operativo, en el momento de posicionarnos físicamente delante del equipo. Un valor agregado de este sistema, y no de menor importancia, es que permite guardar reportes de funcionamiento en horarios programados día por día. Los archivos que se

generan de estos reportes podrán ejecutarse por distintos programas por ejemplo Excel y asociar los valores de los distintos parámetros a graficas que nos indiquen la evolución de los mismos. A partir de aquí cada usuario podrá intervenir en el tiempo y modo de usar la información.

Lo importante es que contamos con dicha información en forma remota y en tiempo real, Y esto definitivamente se traduce en un mayor compromiso y mejor interrelación entre el fabricante y el usuario.

Por ultimo a todo lo descripto en forma general, le hemos anexado una cámara IP, ya que una vez desarrollada la tecnología de captación y transferencia de datos, esto resulta simplemente una entrada mas, aunque esta cámara nos permite tener una imagen en tiempo real del estado de los equipos, e incluso nos posibilita interactuar con las personas que operan el equipo o bien aquellas que realizan tareas de mantenimiento, pudiendo guiar la acción de los mismos en forma remota si esto resultase necesario.

Me permito comentarles que esta tecnología desarrollada y aplicada por FG Ingeniería nos permite controlar equipos instalados en puntos tan recónditos como Malasia, Arabia Saudita o India, por citar algunos ejemplos. Aunque para la práctica de la Diálisis y en particular para la generación de agua, cualquier distancia resulta ser importante cuando se presenta un problema que demanda tiempo para ser solucionado.

Finalmente resulta oportuno aclarar que estas tecnologías tienen un alto costo de desarrollo pero no así productivo, y dado que nuestra política no es comercializar desarrollos sino equipos, esto se traduce en equipos integrales de alta tecnología o bien módulos de control con sensores adaptables a equipos estándares, en ambos casos desarrollados específicamente para ser aplicados a la adecuación del agua para diálisis a un costo totalmente admisible para la especialidad.



Ing. Hernán Yannuzzi  
Dpto. de Ingeniería y Desarrollo  
Fg ingeniería