

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE ÓSMOSIS INVERSA  
PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUA DURA DEL EQUIPO  
ACCUAPRODUCT DE 21m<sup>3</sup>/h DE LA EMPRESA MEDIFARMA**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**JACK ALEX HIPÓLITO RICALDI**

**PROMOCIÓN 2009-II**

**LIMA - PERÚ**

**2012**

*Dedicado a mi madre Carmen, por ser la persona que me inclinó desde niño hacia el mundo de los números y la ingeniería y por todo ese amor brindado que me supo dar a lo largo de mi vida. A mi padre Rúbel, hombre trabajador que me enseñó a seguir el camino correcto con valentía y responsabilidad. A mis hermanos, por sus virtudes, consejos y experiencias los cuales hicieron de mí una persona íntegra con valores y ambiciones de lograr mis metas. Y en especial a mi abuelita Dina Zarate que con su tiempo, amor, paciencia y dedicación hizo de sus nietos hombres de bien en nuestra sociedad.*

# ÍNDICE

<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>1</b>
----------------------	----------

## **CAPÍTULO I**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos .....	6
1.3. Alcance .....	7
1.4. Limitaciones .....	7
1.5. Justificación .....	7

## **CAPÍTULO II**

### **UBICACIÓN DEL EQUIPO DENTRO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

<b>Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA OSMOTIZADA.....</b>	<b>8</b>
2.1. Sistema de tratamiento de agua subterránea .....	8
2.2. Equipos principales.....	10
2.2.1. Filtro multimedia o de carbón activado.....	10
2.2.2. Equipo de ósmosis inversa Accuaproduct.....	13
2.2.3. Equipo de ósmosis inversa IPA.....	15
2.3. Ubicación del equipo.....	17

### **CAPÍTULO III**

#### **FUNDAMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESO DE**

<b>ÓSMOSIS INVERSA .....</b>	<b>18</b>
3.1. Fundamentos de ósmosis inversa .....	18
3.1.1. Ósmosis natural .....	18
3.1.2. Ósmosis inversa.....	18
3.1.3. Membrana semipermeable .....	20
3.1.4. Factor o porcentaje de conversión o porcentaje de recuperación.....	20
3.1.5. Porcentaje de paso de sales o porcentaje de rechazo de sales .....	20
3.1.6. Factor de concentración de sales .....	21
3.1.7. Coeficiente de permeabilidad. ....	21
3.1.8. Selectividad de membranas .....	22
3.1.9. Presión transmembrana .....	22
3.1.10. Presión de operación .....	23
3.1.11. Pérdida de carga o presión diferencial.....	23
3.1.12. Caudal de operación máximo de alimentación.....	23
3.1.13. Caudal de operación mínimo de rechazo.....	24
3.1.14. Flujo de agua producto.. .....	24
3.1.15. Rechazo de salmuera concentrada.....	24
3.2. Etapas, arreglos y pasos en ósmosis inversa .....	25
3.2.1. Sistema de un paso con recirculación de concentrado .....	26
3.2.2. Sistema de un paso con dos etapas.....	26
3.2.3. Sistema de un paso con dos etapas con bomba de ayuda entre etapas ...	27

### III

3.2.4.	Sistema con doble paso parcial.....	28
3.2.5.	Sistema con doble paso total .....	29
3.3.	Cálculos básicos en la tecnología de ósmosis inversa .....	29
3.3.1.	Balance de masa .....	30
3.3.2.	Tasa de recuperación .....	30
3.3.3.	Tasa de separación.....	31
3.3.4.	Velocidad de permeación .....	31
3.3.5.	Flujo de solvente.....	31
3.3.6.	Flujo de soluto .....	32
3.3.7.	Número de membranas a emplear .....	32
3.4.	Fundamentos de automatización .....	33
3.4.1.	Controlador lógico programable.....	37
3.4.2.	Arquitectura del PLC.....	38
3.4.2.1.	Fuente de alimentación.....	38
3.4.2.2.	Unidad central de procesos.....	39
3.4.2.3.	Rack o bastidor .....	39
3.4.2.4.	Entradas y salidas digitales.....	40
3.4.2.5.	Entradas y salidas analógicas .....	40
3.4.2.6.	Otros módulos .....	41
3.4.3.	Tipos de PLC .....	41
3.4.3.1.	PLC Compacto .....	41
3.4.3.2.	PLC Modular .....	42

**CAPÍTULO IV****IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA POR ÓSMOSIS**

<b>INVERSA.....</b>	<b>43</b>
4.1. Análisis del agua a recuperar .....	43
4.2. Selección de membranas .....	43
4.3. Diseño del sistema por ósmosis inversa .....	45
4.4. Diagrama P&ID del sistema .....	45
4.5. Descripción de los componentes principales .....	51
4.5.1. Componentes del pre tratamiento .....	51
4.5.1.1. Bomba dosificadora de hipoclorito de sodio.....	51
4.5.1.2. Bomba de alimentación al equipo de ósmosis inversa .....	52
4.5.1.3. Microfiltración.....	53
4.5.1.4. Bomba dosificadora de metabisulfito de sodio .....	54
4.5.2. Componentes del equipo de ósmosis inversa .....	55
4.5.2.1. Microfiltración.....	55
4.5.2.2. Bomba de alta presión .....	55
4.5.2.3. Membranas de ósmosis inversa .....	56
4.5.2.4. Portamembranas .....	57
4.5.3. Instrumentación y control .....	57
4.5.3.1. Sensor de conductividad.....	57
4.5.3.2. Transmisor de conductividad .....	59
4.5.3.3. Sensor de caudal .....	60
4.5.3.4. Transmisor de caudal.....	60
4.5.3.5. Sensor de ORP.....	61

4.5.3.6. Pre amplificador para sensor de ORP .....	61
4.5.3.7. Transmisor de ORP .....	63
4.5.3.8. Interruptor de presión .....	63
4.5.3.9. Interruptor de nivel .....	65
4.5.3.10. Válvula mariposa con actuador neumático.....	66
4.5.3.11. Electroválvulas .....	67
4.6. Tableros de control y fuerza .....	68
4.6.1. Tablero principal.....	68
4.6.1.1. Selección del variador de velocidad .....	69
4.6.1.2. Selección de la reactancia de línea .....	70
4.6.1.3. Selección del guardamotor .....	71
4.6.1.4. Selección de los interruptores termomagnéticos .....	72
4.6.1.5. Selección del controlador lógico programable .....	74
4.6.1.6. Otros componentes .....	75
4.6.2. Tablero secundario .....	76
4.6.2.1. Selección del arrancador suave .....	76
4.6.2.2. Selección del guardamotor .....	77
4.7. Montaje del sistema de ósmosis inversa .....	79
4.7.1. Estructura metálica .....	79
4.7.2. Tuberías y accesorios .....	82
4.7.2.1. Tuberías y accesorios de PVC .....	82
4.7.2.2. Tuberías y accesorios de acero inoxidable .....	82
4.7.3. Montaje.....	83
4.8. Instalación de suministros .....	85

4.8.1. Energía eléctrica .....	86
4.8.2. Aire comprimido .....	87
4.8.3. Agua de rechazo del equipo Accuaproduct .....	87
4.9. Operación y lógica de control .....	90
4.9.1. Operación .....	90
4.9.2. Alarmas.....	94
4.10. Prueba del sistema de ósmosis inversa .....	95

## **CAPÍTULO V**

<b>ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>97</b>
5.1. Costos de instalación del equipo.....	97
5.1.1. Costos por mano de obra .....	97
5.1.2. Costos por materiales.....	97
5.1.3. Resumen de costos totales por instalación del equipo.....	98
5.1.4. Ahorro por instalación del equipo en Medifarma.....	99
5.2. Costos por instalación de suministros .....	100
5.3. Costo total del proyecto .....	100
5.4. Ahorro por recuperación del agua de rechazo del equipo Accuaproduct .....	101
5.4.1. Pérdidas antes de la recuperación .....	101
5.4.2. Ahorro con la recuperación .....	102
5.5. Periodo de retorno de inversión .....	102
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>104</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXOS</b>	



## **PRÓLOGO**

El tratamiento de agua, en la industria farmacéutica, es una materia prima fundamental en la producción de sueros e inyectables; es por ello que se requiere de diferentes procesos de tratamiento para conseguir la calidad de agua requerida para nuestra producción. Para conseguir una calidad de agua deseable es necesario recurrir al proceso de ósmosis inversa; el cual, por su naturaleza, provee un porcentaje de calidad de agua deseada y otra, que dependiendo de su calidad, puede ser desechada o reutilizada.

En nuestro proceso de ablandamiento de agua empleamos un equipo de ósmosis inversa de la marca Accuaproduct; el cual nos provee un caudal de 21 m<sup>3</sup>/h de agua aprovechada y 9 m<sup>3</sup>/h de agua desechada. En estos tiempos de contaminación medioambiental y de una mayor concientización por el uso de nuestros recursos hídricos, se requiere de procesos de recuperación y reutilización para un máximo aprovechamiento de estos recursos; es por ello que el presente informe muestra la implementación, desarrollada en la planta de Ate de la empresa Medifarma, de un equipo de ósmosis inversa para la recuperación del agua desechada de nuestro equipo Accuaproduct; el cual presenta el siguiente contenido:

En el Capítulo I se precisa los antecedentes, objetivos, alcance, limitaciones y la justificación del presente informe.

En el Capítulo II se describe la ubicación que tendrá nuestro sistema de recuperación dentro de nuestra planta de tratamiento de agua; así como también la descripción de los equipos principales de dicha planta.

En el Capítulo III se presenta el marco teórico que sustenta el funcionamiento del equipo de ósmosis inversa; además de los conceptos claves de la automatización industrial, inherentes a todo proceso en la actualidad.

En el Capítulo IV se desarrolla la selección de los diversos componentes que formarán el sistema, la implementación, la instalación de los suministros, la lógica de control que gobernará el sistema y además las pruebas realizadas y los parámetros principales al momento de entrar en funcionamiento.

En el Capítulo V se muestra el estudio económico del proyecto, el dinero invertido en el proyecto, el ahorro que genera a la compañía y el tiempo de recuperación de nuestra inversión.

Como parte final, se presentan las conclusiones obtenidas del trabajo desarrollado en el presente informe.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

La industria farmacéutica es el sector productivo responsable de la investigación, elaboración y distribución de los medicamentos, cuya finalidad primordial es mejorar la salud de las personas en el mundo y prevenir todas las posibles enfermedades. Según la Federación Internacional de la Industria Farmacéutica: “El sector farmacéutico está comprometido con la mejora de la salud humana a través de investigación y desarrollo de nuevas medicinas y la producción y marketing de productos farmacéuticos de calidad confiable, de acuerdo con los estándares internacionalmente definidos de las mejores prácticas”. (IFPMA, 2004). En palabras de Miles D. White, Presidente de Laboratorios Abbott, “Traducir el conocimiento científico y el entendimiento a medicina significativa es lo que hacemos, y es lo que hace a nuestra industria única”.

El sector se mantiene de acuerdo a su capacidad para lanzar innovadores productos al mercado global. Estos productos deben satisfacer las necesidades de la gente de todos los rincones del mundo; sin discriminación social, cultural, ambiental y económica; es por ello que se sigue trabajando en nuevas fórmulas, en mejorar las

ya existentes, en minimizar o eliminar los efectos secundarios que causan y optimizar sus resultados.

Es demás asegurar que la salud cobra uno de los tópicos más importantes en el mundo y el número de clientes se incrementa, debido a la mayor inversión en su salud; sin embargo, más allá del reto científico e innovador, se encuentra en hacer que la salud esté al alcance de todos y esto implica en satisfacer las necesidades de clientes de todos los estratos con una mayor y mejor calidad con una consecuente reducción de precios.

En el Perú, la industria farmacéutica nacional incluye la fabricación de medicamentos, sueros, inyectables, antibióticos, vitaminas y biológicos. Nuestro país posee diversos laboratorios farmacéuticos tanto nacionales como extranjeros con plantas locales de producción y/o oficinas de representación, cuyos productos son importados desde el exterior.

Esta industria se ha estado constituyendo como un sector en continuo crecimiento, importante en nuestra economía por su participación en nuestro PBI manufacturero, así como su afán exportador y su contribución a la generación de empleos multidisciplinarios. En los últimos años el sector ha venido atravesando un continuo crecimiento asociado a nuestro mercado interno, por una mayor capacidad adquisitiva privada y pública, así como un humilde dinamismo exportador.

Actualmente nuestra industria farmacéutica nacional mueve entre US\$ 1 400 y US\$ 1 700 millones anualmente, impulsado por el crecimiento económico global y la mayor inversión de las personas en su salud. Este monto reflejó un crecimiento del 10% en el año 2011 respecto del año anterior, y se estima que para los siguientes años siga en aumento. Cabe resaltar que la participación de la industria farmacéutica en nuestro PBI representa, en promedio, un 0,3%.

### **1.1. Antecedentes.**

En diciembre del 2006 MEDIFARMA S.A. compró el 100% de las acciones y derechos de Laboratorios TRIFARMA S.A., un laboratorio farmacéutico peruano especializado en soluciones rehidratantes orales y parenterales de pequeño y gran volumen que, a partir de entonces, se encuentra en continua expansión. Ya en el 2007 se compra un terreno aldaño “el cinco y medio”; y es allí donde se construye la planta nueva y comienza su producción de sueros a gran escala con tecnología alemana y argentina de última generación.

Para la producción de sueros a gran escala se requiere de un gran volumen de agua, el cual es nuestra materia prima fundamental, para ello es conveniente extraer agua del subsuelo y hacer nuestro propio tratamiento. Nuestro tratamiento de agua principal para la producción de sueros e inyectables está conformado por dos procesos de osmosis inversa. En una con un equipo de origen argentino cuya calidad de agua entregada llega a valores sorprendentes y la otra empleada como ablandador,

de origen peruano, cuya finalidad es entregar al equipo argentino un agua pretratada lo suficientemente “buena” para finalmente obtener un agua casi al 100% “pura”.

Todo proceso de osmosis inversa genera dos tipos de agua: el agua de producto o servicio, el cual es deseada y utilizada, y el agua de rechazo, el cual dependiendo de su conductividad es desechada o reutilizada. Nuestro ablandador tiene un caudal de 9 m<sup>3</sup>/h de agua de rechazo y por su calidad es, hasta ahora, desechada completamente; lo cual traduciéndolo en términos de dinero es una pérdida considerable. A partir de lo anterior, se plantea una nueva planta de tratamiento de agua por osmosis inversa, con la finalidad de tratar esta agua desechada y reutilizarlo en el sistema de producción.

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

Implementar un equipo de ósmosis inversa con la finalidad de reutilizar el agua dura del equipo Accuaproduct de la empresa Medifarma.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- Analizar la propuesta de diseño del equipo en base al análisis del agua realizado.
- Ensamblar las partes que conforman el equipo descritos en la propuesta.

- Implementar el tablero de fuerza y control del sistema de ósmosis inversa.
- Desarrollar la lógica de control mediante un controlador lógico programable.
- Ahorrar en la implementación del equipo, realizado dentro de nuestras instalaciones.
- Generar un ahorro anual por reutilización del agua en la producción de sueros e inyectables.

### **1.3. Alcance.**

Este informe precisa los alineamientos para ensamblar el sistema de recuperación de agua mediante una planta de osmosis inversa así como también la implementación del tablero eléctrico de fuerza y control.

### **1.4. Limitaciones.**

En este informe, no se presentará el diseño del equipo de ósmosis inversa, se tomará el diseño planteado por un especialista y a partir de ello se ejecutará la implementación.

### **1.5. Justificación.**

El proyecto nace por la necesidad de recuperar cierto porcentaje del agua de rechazo del equipo de ósmosis inversa Accuaproduct; con la finalidad de generar ahorro en el consumo de agua para el proceso de envasado de sueros e inyectables.

## **CAPÍTULO II**

### **UBICACIÓN DEL EQUIPO DENTRO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA OSMOTIZADA**

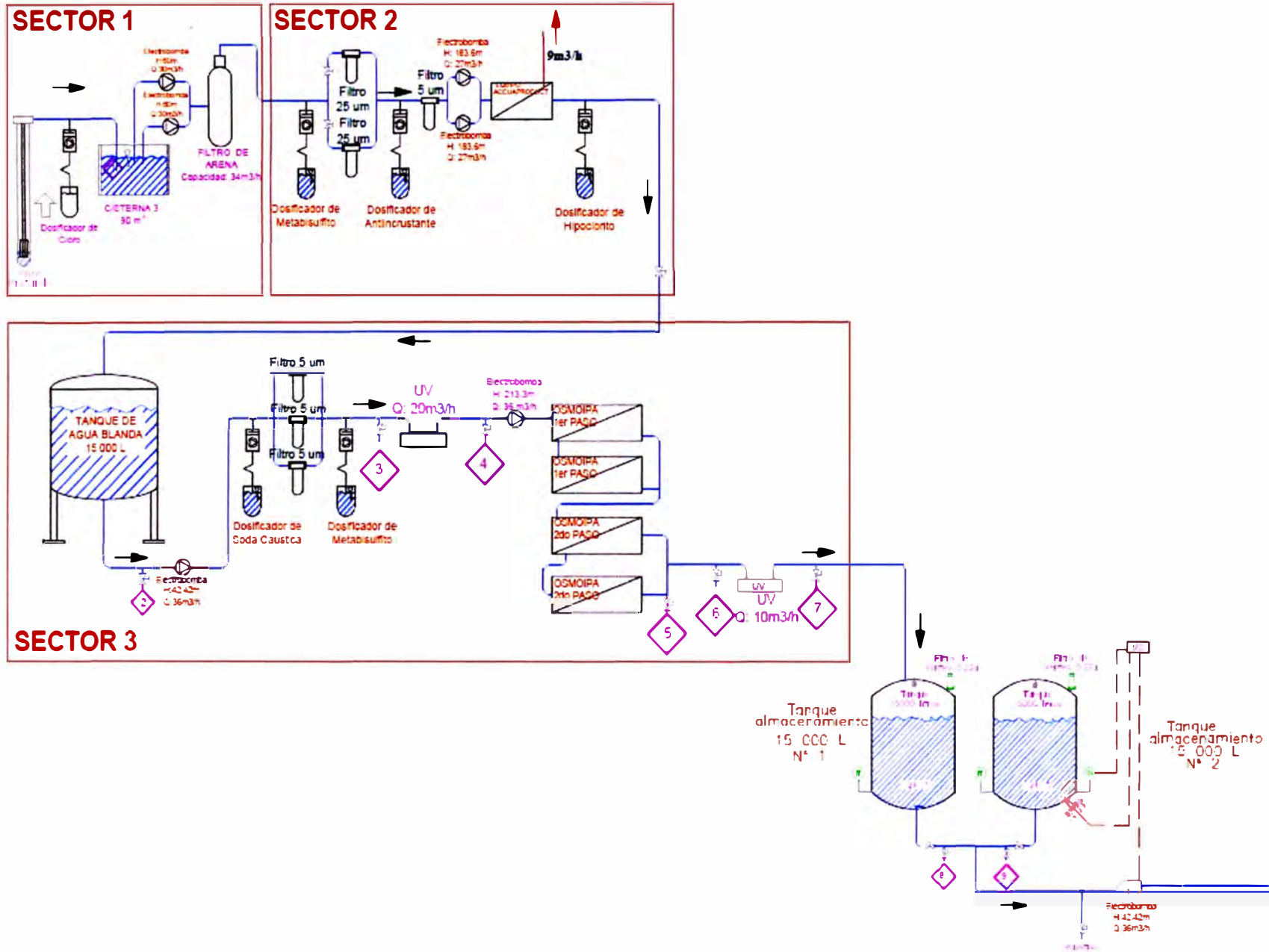
#### **2.1. Sistema de tratamiento de agua subterránea.**

Nuestro sistema de tratamiento de agua consta de una variedad de equipos tales como: Filtros, bombas, tanques, equipos de ósmosis inversa, entre otros. (Ver figura 2.1.).

Este sistema inicia desde el pozo subterráneo (Ver sector 1 – figura 2.1.), ubicado dentro de nuestras instalaciones, mediante una bomba sumergible con caudal de 43,2 m<sup>3</sup>/h; el cual extrae agua del subsuelo y se almacena en nuestra cisterna de 90 m<sup>3</sup> previamente clorinada manteniéndolo con una concentración de 0,5 ppm. De esta cisterna el agua es extraída por 2 bombas instaladas en paralelo cuyo caudal es de 21 m<sup>3</sup>/h y una presión de 75 psi. Con estas condiciones ingresa a un filtro multimedia o filtro de carbón activado, cuya finalidad es filtrar sólidos en suspensión de hasta 10 um.



Figura 2.1. Sistema de tratamiento y distribución de agua osmotizada.



Una vez filtrado se inactiva el cloro, dosificado al ingreso de la cisterna, con una solución de metabisulfito de sodio. El agua sin cloro continua su recorrido por una batería de filtros tipo cartucho de 20  $\mu\text{m}$  para finalmente ingresar a nuestro ablandador, un equipo de ósmosis inversa, cuyo caudal de ingreso es de 30  $\text{m}^3/\text{h}$ ; produciendo un caudal de 21  $\text{m}^3/\text{h}$  de agua útil y un caudal de 9  $\text{m}^3/\text{h}$  de agua desechada o rechazo. El agua blanda producida, con conductividad de 22  $\text{uS}/\text{cm}$ , se le inyecta nuevamente una solución de hipoclorito de sodio con la finalidad de evitar la contaminación en nuestro tanque de acero inoxidable de 15  $\text{m}^3$  (Ver sector 2 – figura 2.1.). El agua depositada en nuestro tanque ingresa a un equipo de osmosis más sofisticado con todas sus instalaciones de acero inoxidable, lazos de control, etc. Este equipo consume un caudal de 15  $\text{m}^3/\text{h}$ , los cuales el agua de servicio tiene una calidad de agua de inyectable, cuya conductividad y PH están controlados a 0,8  $\text{uS}/\text{cm}$  y 6, respectivamente. Finalmente el agua para inyectables se almacena en 2 tanques de 15  $\text{m}^3$ , el cual mediante un circuito cerrado se mantiene en continua recirculación para evitar contaminación de donde también se consume para la producción de sueros e inyectables (Ver sector 3 – figura 2.1.).

## **2.2. Equipos principales.**

### **2.2.1. Filtro multimedia o de carbón activado.**

Consta de un tanque metálico construido con acero al carbono y recubierto con pintura epóxica resistente a ambientes severos, de dimensiones

$\phi$  60" x 60", con una presión de diseño de 100 psi y una presión de trabajo de 60 psi. (Ver figura 2.2.).



**Figura 2.2.** Filtro multimedia.

Este tanque contiene varias capas de material filtrante. (Ver tabla 2.1.).

<b>Mineral</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Altura (cm)</b>
Antracita granulada 0.85mm-0.95mm	800	45
Arena fina blanca 1/64"	600	20
Garnet 30mm-40mm	450	10
Grava soporte Cuarzo 1/8" x 1/16"	300	8
Grava soporte Cuarzo 1/4" x 1/8"	300	8
Grava Soporte Canto Rodado 1/2" x 1/4"	300	8
Grava Soporte Canto Rodado 3/4" x 1/2"	550	De 2" a 4" por encima de las toberas de PVC

**Tabla 2.1.** Composición de filtro multimedia.

El objetivo del material es filtrar sólidos suspendidos en el agua de hasta 10 micras a través de estas capas. Cada una de ellas de diferente gravedad específica y diferente tamaño, de tal manera que se mantenga en una capacidad de sedimentación superior a un filtro de arena convencional y que las partículas queden atrapadas entre los lechos.

La grava soporte, tal como su nombre lo indica, actúa como soporte de los lechos superiores, que son los encargados de realizar el proceso de filtrado de los sólidos.

El filtro multimedia es controlado por un controlador MVP marca Culligan USA, el cual maneja 5 válvulas neumáticas marca Bray Valve actuadas por medio de aire comprimido, y se encarga de los tiempos de servicio, retrolavado y enjuague del material filtrante

El tiempo de servicio es el tiempo durante el cual el filtro opera normalmente, produciendo agua filtrada para el proceso en sí, siendo la dirección del flujo de agua desde arriba hacia abajo. Durante este tiempo, los sólidos quedan retenidos en los lechos filtrantes, con el consiguiente aumento de la variación de presión, indicado por manómetros tanto al ingreso como a la salida del filtro.

Cuando esta variación es mayor o igual a 10 psi, es necesario realizar un proceso de retrolavado del filtro. La dirección del flujo es desde abajo hacia

arriba y se realiza una limpieza de los lechos filtrantes, dirigiendo el agua que contiene la suciedad al desagüe. El tiempo de duración del retrolavado es entre 10 a 15 minutos, luego del cual se deja reposar por 5 minutos hasta que los lechos se reacomoden según su propio peso específico. Se recomienda hacer este proceso al menos una vez a la semana o cuando la caída de presión indicada anteriormente sea de 10 psi.

El tiempo de enjuague se realiza por 10 minutos con un flujo de arriba hacia abajo y drenando hacia el desagüe, con el propósito de asentar los lechos para ser puesto en servicio, con lo cual se habrá reducido la caída de presión verificable con los manómetros al momento de estar operativo. Los datos de operación son:

Flujo de servicio : 34 m<sup>3</sup>/h @ 60 psig (4 Bar)

Flujo de retrolavado : 60 - 80 m<sup>3</sup>/h @ [30-45] psig (3 Bar)

### **2.2.2. Equipo de ósmosis inversa Accuaproduct.**

Una vez filtrada el agua, se requiere reducir la conductividad, para ello empleamos un equipo de ósmosis inversa, el cual trabaja como ablandador. (Ver figura 2.3.).

Nuestro equipo consta de un arreglo con 3 etapas. La 1ra etapa recibe la alimentación de agua pretratada impulsada por las bombas de alta presión. La

corriente se ramifica en dos, en correspondencia con los 2 tubos o recipientes a presión de la 1era etapa. Cada tubo contiene 6 elementos permeadores conformados por membranas BW30-365.



**Figura 2.3.** Equipo de osmosis inversa Accuaproduct.

Las corrientes de rechazo de los tubos de la 1era etapa convergen en un colector que alimenta la 2da etapa (aquí el tubo contiene también 6 elementos permeadores BW30-365). El rechazo de la 2da etapa alimenta el último housing de 3 membranas, cuyo flujo de rechazo es efluente descartable.

Las corrientes de permeado obtenidas en cada tubo de presión del tren de ósmosis inversa se reúnen en la línea de conducción de agua producto para su utilización.

Con este arreglo nuestro ablandador consume un caudal de 30 m<sup>3</sup>/h; los cuales 21 m<sup>3</sup>/h son agua de servicio utilizable y 9 m<sup>3</sup>/h es el caudal desechado.

### 2.2.3. Equipo de ósmosis inversa IPA.

Es un equipo de condiciones muy sofisticadas, está construido netamente con acero inoxidable de calidad 316L, debido a la calidad de agua que produce. (Ver figura 2.4.).



**Figura 2.4.** Equipo de osmosis inversa IPA.

Este equipo realiza el siguiente proceso:

- Un sistema de luz ultravioleta que trabaja a una longitud de onda de 185 nm, permite la reducción del contenido de carbono orgánico total (TOC) y mantener bajo control el crecimiento bacteriano.
- El agua pretratada es represurizada por una bomba de múltiples etapas y distribuida en los módulos de ósmosis inversa.

- En los módulos se produce el proceso de separación del agua de alimentación, obteniéndose dos corrientes, una de agua producto y otra de concentrado (efluente).
- El concentrado del primer paso con alto contenido salino, luego de atravesar la válvula de regulación es desechado. El producto del primer paso alimenta las membranas del segundo paso, obteniéndose un concentrado, el cual es recirculado a la alimentación del sistema, de modo de aprovechar un agua de muy baja salinidad.
- El agua producto es derivado a un tanque de acumulación (provisto por otros), el cual dispone de un sensor de nivel, estos tanques de almacenamiento suman 30 m<sup>3</sup>.
- En la línea de producto se dispone de dos válvulas actuadas, la válvula instalada en la salida al tanque permanecerá abierta siempre y cuando el tanque no alcance nivel alto o la calidad e producto esté fuera de especificación. En esas circunstancias el producto será derivado a la entrada del equipo durante un periodo de tiempo programado.

Este equipo produce 7,5 m<sup>3</sup>/h de agua de producto con una conductividad de 0,8 uS/cm. Y su rechazo es también 7,5 m<sup>3</sup>/h con una conductividad de 60 uS/cm, el cual por ser de buena calidad es reutilizado en algunos procesos.



### 2.3. Ubicación del equipo.

Ya detallado el sistema de tratamiento de aguas, se puede ubicar el equipo de ósmosis que se implementará, el cual está ubicado dentro del recuadro azul. (Ver figura 2.5.).

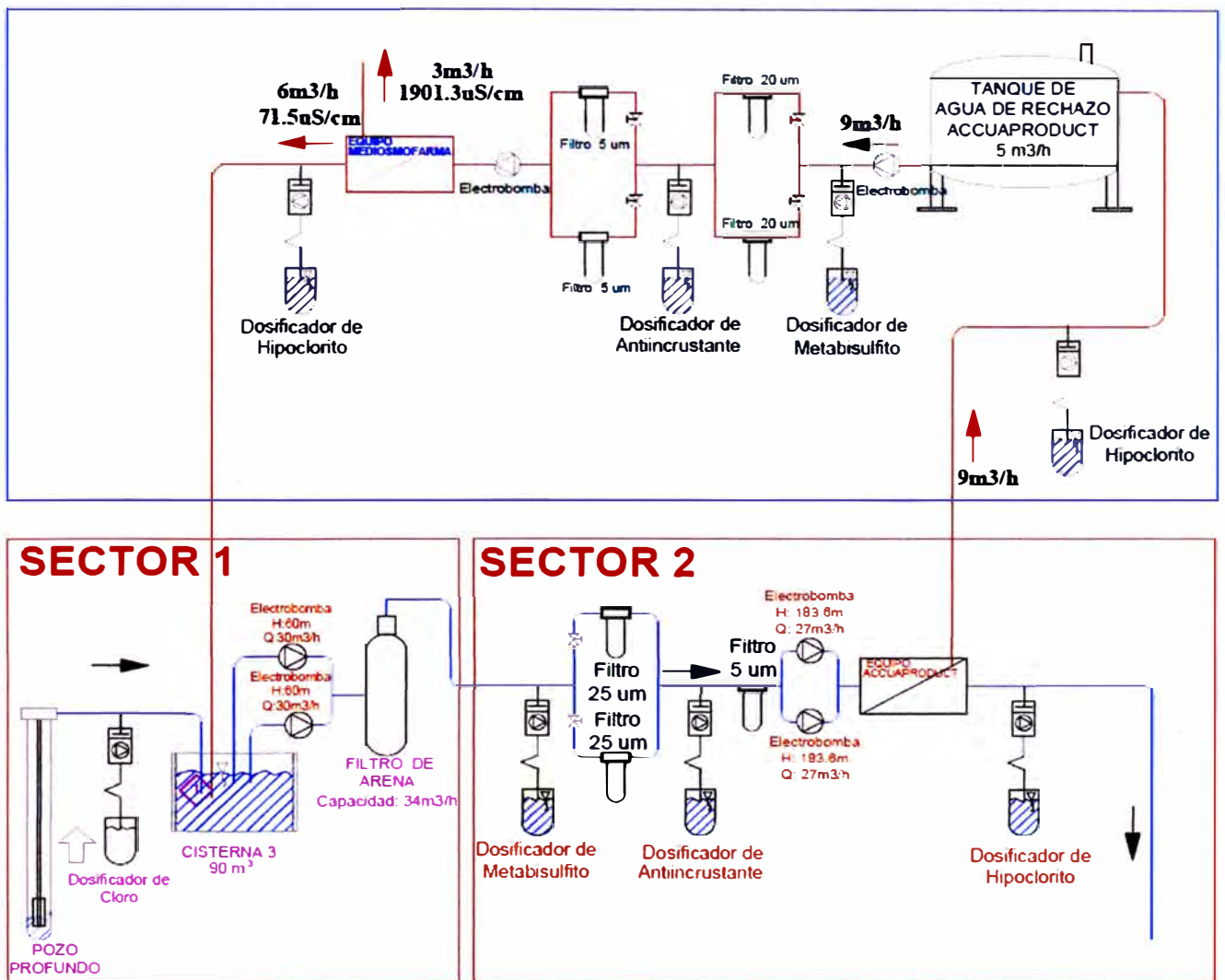


Figura 2.5. Ubicación de nuevo equipo de osmosis (Línea roja).

# **CAPÍTULO III**

## **FUNDAMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESO DE ÓSMOSIS INVERSA**

### **3.1. Fundamentos de ósmosis inversa.**

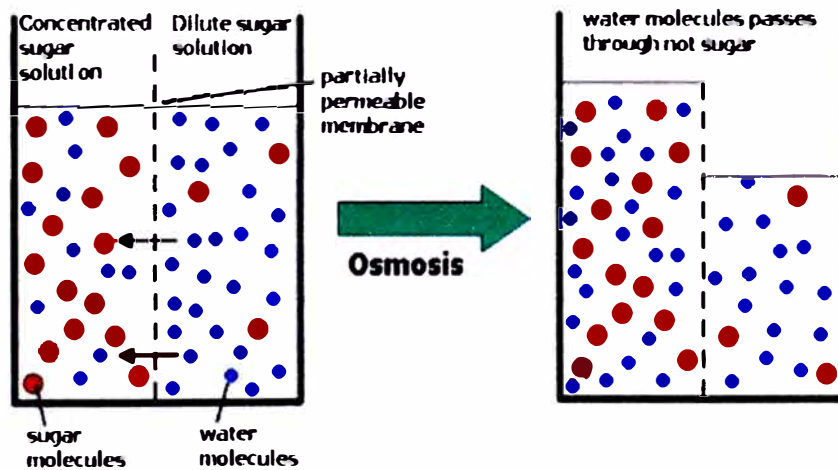
#### **3.1.1. Ósmosis natural.**

Es el proceso natural, el cual se produce entre dos soluciones de diferentes concentraciones que se hallan separadas por una membrana semipermeable, en donde el solvente agua fluye desde la solución de baja concentración hacia la de alta concentración, guiados por la gradiente y su tendencia natural a buscar el equilibrio entre ellas, propiedades que determinan el llamado potencial químico del solvente, y que físicamente se manifiesta como una presión denominada presión osmótica(Ver figura 3.1.).

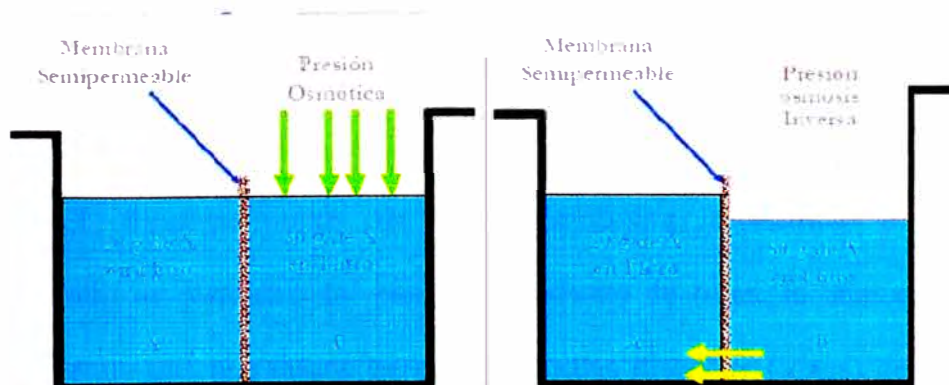
#### **3.1.2. Ósmosis inversa.**

Es el proceso forzado que se produce entre dos soluciones de diferentes concentraciones, los cuales se hallan separadas por una membrana

semipermeable, en donde el solvente agua fluye desde la solución de alta concentración hacia la de baja concentración. La 2da ley de la termodinámica, específica que la presión efectiva que hace fluir el agua a través de la membrana semipermeable no puede ser inferior a la diferencia de presión hidrostática menos la diferencia de presión osmótica entre los dos lados de la membrana (Ver figura 3.2.).



**Figura 3.1.** Flujo de osmosis natural.



**Figura 3.2.** Flujo de osmosis inversa.

### 3.1.3. Membrana semipermeable.

Son membranas que se caracterizan por dejar pasar unos componentes de una solución o mezcla, pero impiden selectivamente (por tamaño, naturaleza química, etc.) el paso de otros componentes a través de ellas. Así mismo son de espesor insignificante frente a la gran superficie que presenta.

### 3.1.4. Factor o porcentaje de conversión o porcentaje de recuperación.

Expresa la eficiencia del sistema de ósmosis inversa, por ello se expresa mediante la relación porcentual entre el caudal permeado ( $Q_p$ ) y el caudal de alimentación ( $Q_a$ ):

$$\% \text{Conversión} = (Q_p/Q_a) * 100\%, \dots \dots \dots (3.1)$$

Y de manera consecuente:

$$\% \text{De rechazo} = 100\% - \% \text{Conversión} \dots \dots \dots (3.2)$$

### 3.1.5. Porcentaje de paso de sales o porcentaje de rechazo de sales.

El funcionamiento de una membrana específica puede ser caracterizado en términos del paso o el rechazo de sales, lo cual expresa la efectividad de una membrana para separar sales disueltas (iones) del agua. A mayor tamaño de los iones mayor será el rechazo a los mismos, y viceversa.

Así el porcentaje se expresa de la relación entre la concentración de sales en el permeado ( $C_p$ ) y en la alimentación ( $C_a$ ).

$$\% \text{De paso de sales} = (C_p/C_a) * 100\%, \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\% \text{De rechazo de sales} = 100\% - \% \text{De paso de sales} \dots\dots(3.4)$$

### **3.1.6. Factor de concentración de sales.**

Expresa el número de veces que se concentran las sales, los cuales acompañan al agua de alimentación cuando pasan a través del sistema de ósmosis inversa, hasta que salen como salmuera de rechazo. Se determina por la relación entre la concentración de sales en el agua de rechazo ( $C_c$ ) y la concentración de sales disueltas presentes en el agua de alimentación ( $C_a$ ):

$$\text{Factor de concentración (Fc)} = C_c / C_a \dots\dots\dots(3.5)$$

### **3.1.7. Coeficiente de permeabilidad.**

Es una propiedad que caracteriza a una membrana específica, el cual expresa cuantitativamente la capacidad permeable que posee la membrana con respecto al agua, el cual forma parte de la solución que se pone en contacto con ella. Es importante porque nos permite evaluar en términos cuantitativo el estado y/o condiciones en la que se encuentra la membrana para cumplir su

función semipermeable, contrastándolo con su capacidad de diseño para producir un caudal determinado de permeado ( $Ka^o$ ).

$$\text{Velocidad de permeación (Vp)} = Qp / Apt,$$

$$Ka = Vp / \Delta P, \dots \dots \dots (3.6)$$

$$\% \text{Recuperación} = Ka / Ka^o * 100\% \dots \dots \dots (3.7)$$

Donde:

$Qp$  : Caudal de permeado.

$Apt$ : Área total de paso de agua en la membrana.

$\Delta P$  : Caída de presión en la membrana.

$Ka$  : Coeficiente de permeabilidad.

### **3.1.8. Selectividad de membranas.**

La selectividad de las membranas de osmosis inversa, es a favor del solvente (agua), y en contra de las sales disueltas presentes en el agua; es consecuencia de la naturaleza de los polímeros con los cuales está fabricada la capa activa.

### **3.1.9. Presión transmembrana.**

Es la diferencia de presión que existe a un lado y otro de las membranas de osmosis inversa, es decir:  $Pe = \text{Presión de operación} - \text{Presión del permeado}$ .

**3.1.10. Presión de operación.**

Es la presión, a la cual se tiene que presurizar el agua que vamos a alimentar o poner en contacto con las membranas de osmosis inversa, la misma que necesariamente tiene que ser mayor que la presión osmótica de la salmuera de rechazo del proceso de desalación ( $\pi_{\text{salmuera}}$ ).  $P_{\text{op}} > \pi_{\text{salmuera}}$

**3.1.11. Pérdida de carga o presión diferencial.**

Es la presión que pierde el agua cuando pasa a través de las membranas, esta pérdida se debe a la viscosidad, el cual es alta en el agua a desalar.

**3.1.12. Caudal de operación máximo de alimentación.**

Es el caudal máximo a la que debe ingresar el agua de alimentación a los elementos de membrana, los cuales se encuentran instalados en los tubos de presión (Pressure vessel); ese valor es indicado por el fabricante de membranas, y no se debe superar porque se pone en riesgo la integridad de los elementos de membrana (se puede romper los frontales, los cuales son de plástico).

**3.1.13. Caudal de operación mínimo de rechazo.**

Es el caudal mínimo a la que debe salir la salmuera de rechazo de los elementos de membrana, para reducir el ensuciamiento por depósitos, los cuales se pueden formar en su interior partículas coloidales y/o microorganismos que arrastra la salmuera. Este parámetro de operación también está especificado por el fabricante de membranas.

**3.1.14. Flujo de agua producto.**

Es agua producto del proceso de desalación, el cual pasa a través de la capa activa de la membrana, se mide con algún instrumento de medición de caudales y debe corresponderse con el porcentaje de conversión y consecuentemente con la producción de diseño de planta.

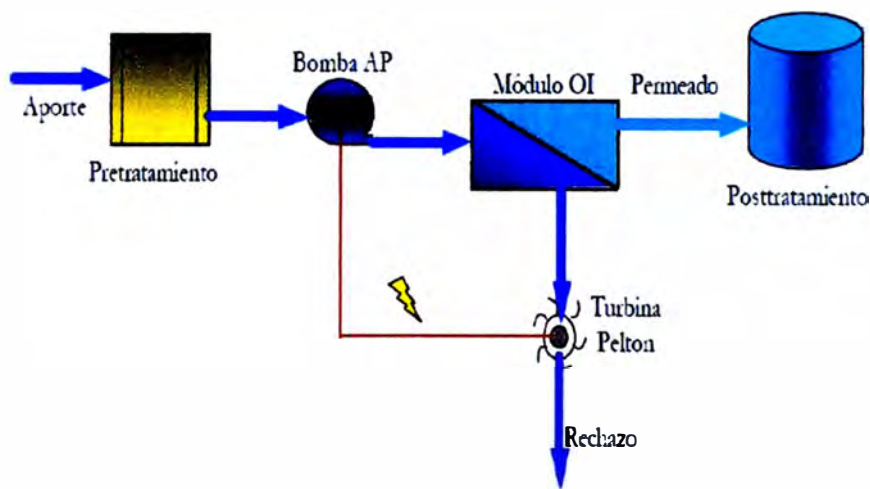
**3.1.15. Rechazo de salmuera concentrada.**

Es la cantidad de salmuera, los cuales desechan los bastidores de la planta desaladora, esta corriente de rechazo sale a alta presión, cercana a la presión de alimentación del agua a las membranas, la misma que deberá ser recuperada por algún mecanismo destinado a ello.



### 3.2. Etapas, arreglos y pasos en ósmosis inversa.

En la figura 3.3. se muestra un arreglo general de un equipo de ósmosis inversa.

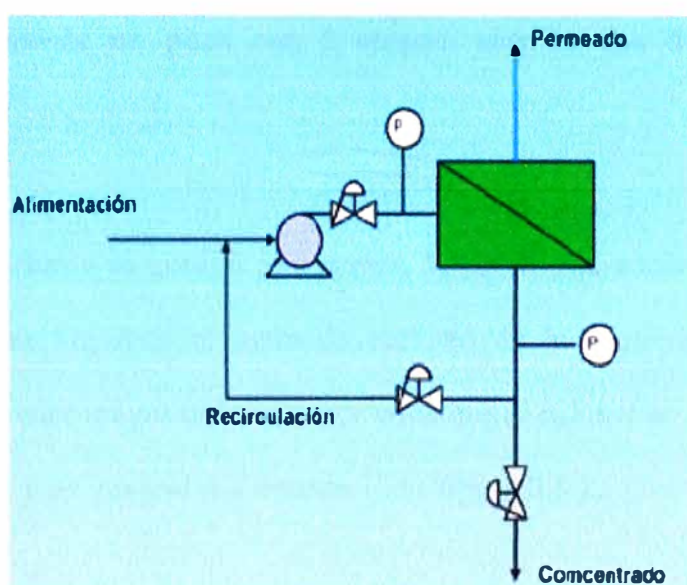


**Figura 3.3.** Arreglo genérico de un equipo de ósmosis inversa.

Un equipo de ósmosis inversa convencional, está conformado por una bomba de alta presión y un grupo de membranas semipermeables. Su funcionamiento consiste en impulsar un caudal de agua con una presión suficientemente alta para vencer la presión osmótica. Al vencer esta presión, un porcentaje del agua cruza por los poros de las membranas dejando el otro porcentaje con sales dejadas por este en su camino. Es por ello que todo equipo de ósmosis inversa produce dos calidades de agua: el caudal permeado, el cual es utilizado; y el caudal concentrado, el cual es desechado o nuevamente tratado para ser reutilizado.

### 3.2.1. Sistema de un paso con recirculación de concentrado.

El agua en este sistema pasa a través de un único grupo de membranas, donde parte del agua de rechazo recircula hacia el ingreso, para una que nuevamente ingrese al sistema de permeado (ver figura 3.4.).



**Figura 3.4.** Diagrama de flujo de un sistema básico de ósmosis inversa de un paso con recirculación de concentrado.

### 3.2.2. Sistema de un paso con 2 etapas.

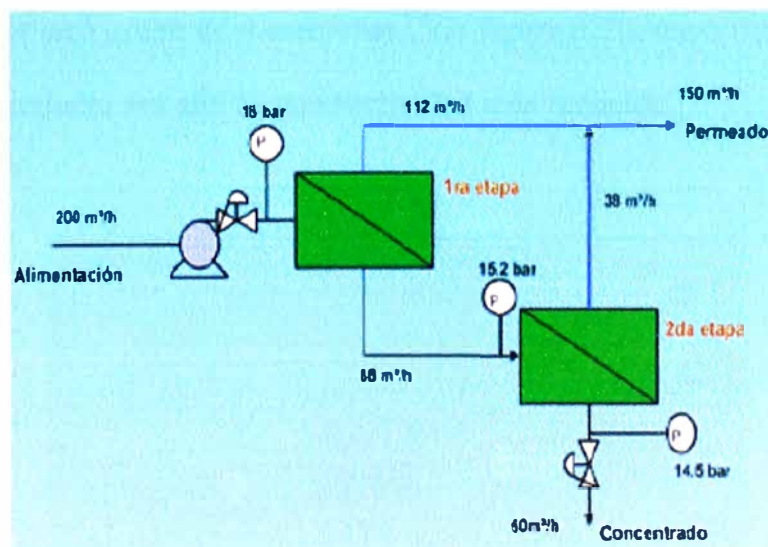
En este sistema, el agua de ingreso es permeado en 2 etapas. Primero por un grupo de membranas (1era etapa) generando agua de permeado y agua de concentrada de sales; esta agua de rechazo ingresa a otro grupo de

membranas (2da etapa) para nuevamente producir un porcentaje de agua de buena calidad y otra que finalmente sea desechada (Ver figura 3.5.).

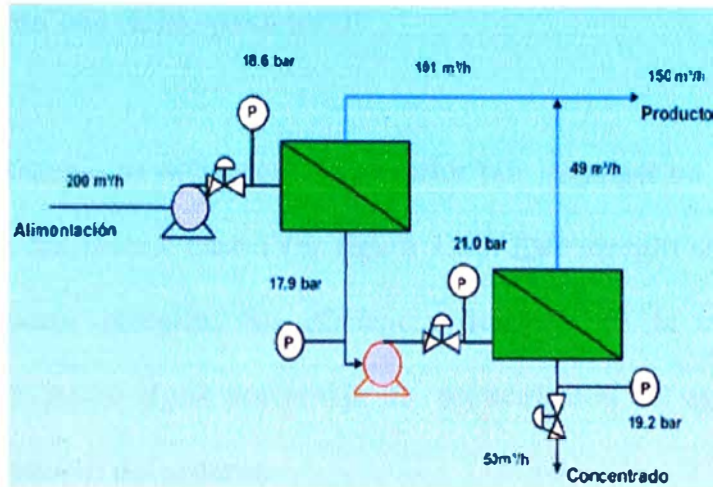
Este sistema tiene como finalidad ser más eficiente con respecto al sistema de una sola etapa.

### 3.2.3. Sistema de un paso con 2 etapas, con bomba de ayuda entre etapas.

Este sistema es similar al anterior, la única diferencia es que emplea una bomba para impulsar el agua de rechazo de la primera etapa, con la finalidad de obtener mayor presión y por ende mejor calidad de agua a la salida de la 2da etapa, y en general del sistema (Ver figura 3.6.).



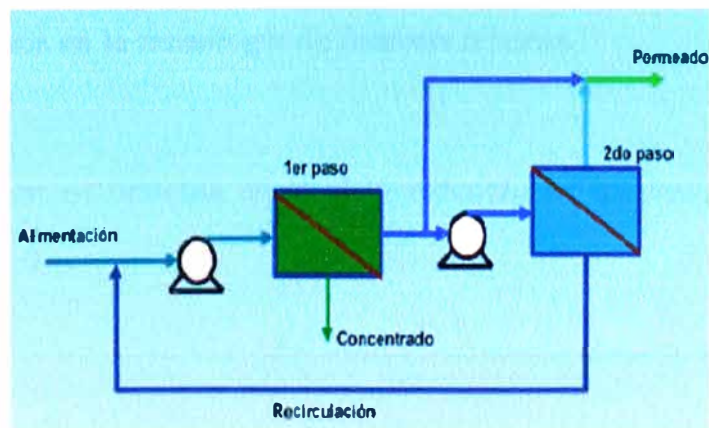
**Figura 3.5.** Diagrama de flujo de un sistema de un paso con 2 etapas.



**Figura 3.6.** Diagrama de flujo de un sistema de un paso con 2 etapas, con bomba de ayuda entre etapas.

#### 3.2.4. Sistema con doble paso parcial.

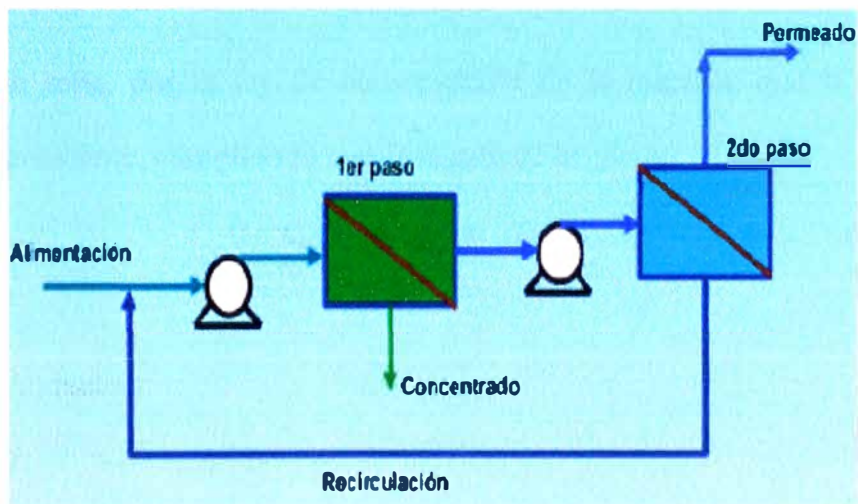
Este sistema, con doble paso parcial, permite que parte del caudal permeado sea nuevamente impulsada por otra bomba para que nuevamente sea permeada por otro grupo de membranas (Ver figura 3.7.), cuyo fin es hacer que el agua de producto sea aún de conductividad más reducida.



**Figura 3.7.** Diagrama de flujo de un sistema con doble paso parcial.

### 3.2.5. Sistema con doble paso total.

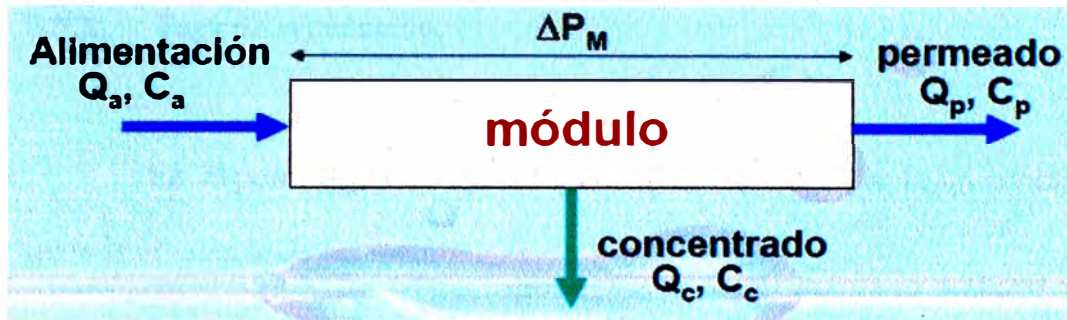
Este sistema se diferencia del anterior por impulsar en su totalidad el agua permeada del primer paso (Ver figura 3.8.). Este arreglo es el más eficaz que los anteriores arreglos. Su eficiencia depende de la calidad de las membranas y si posee algún porcentaje de recirculación del agua de rechazo hacia la alimentación del sistema.



**Figura 3.8.** Diagrama de flujo de un sistema con doble paso total.

### 3.3. Cálculos básicos en la tecnología de ósmosis inversa.

A continuación se presenta un modelo reducido de un equipo de ósmosis inversa (Ver figura 3.9.).



**Figura 3.9.** Entrada y salidas de un equipo de ósmosis inversa.

### 3.3.1. Balance de masa.

Se sabe, por la ley de conservación de la materia, que la masa se mantiene constante, cumpliendo con la siguiente ecuación:

$$Q_a \cdot C_a = Q_c \cdot C_c + Q_p \cdot C_p \dots\dots\dots(3.8)$$

Unidades:

$$Q \quad : \quad \text{m}^3/\text{h}$$

$$C \quad : \quad \text{Kg}/\text{m}^3$$

### 3.3.2. Tasa de recuperación.

Representa la eficiencia del sistema y se expresa mediante la relación entre el caudal permeado respecto al caudal de alimentación.

$$R = \frac{Q_p}{Q_a} \cdot 100\% \dots\dots\dots(3.9)$$

### 3.3.3. Tasa de separación.

Es el porcentaje de separación de sales realizada por las membranas; mide la eficiencia de las membranas.

$$f = \frac{(C_a - C_p)}{C_a} \cdot 100\% \dots\dots\dots(3.10)$$

### 3.3.4. Velocidad de permeación.

Es la velocidad a la cual el agua pasa a través de la membrana.

$$V_p = \Delta P_M \cdot K_a \dots\dots\dots(3.11)$$

Unidades:

$V_p$  : m/s.

$\Delta P_M$  : psi.

$K_a$  : Coeficiente de permeabilidad.

### 3.3.5. Flujo de solvente.

Es la cantidad de agua, que atraviesa las membranas, respecto al tiempo y está expresado mediante la siguiente ecuación:

$$J_w = k_w \cdot (\Delta P - \Delta \pi) = \frac{Q_p}{A} \dots \dots \dots (3.12)$$

Donde:

$J_w$ : Flujo del solvente (m/s).

$k_w$ : Coeficiente de transferencia de masa de agua.

$\Delta P_M$ : Diferencial de presión entre la alimentación y el permeado (psi).

$\Delta \pi$ : Presión osmótica (psi).

### 3.3.6. Flujo del soluto:

Es la cantidad de sales que atraviesa la membrana y está representada por la siguiente ecuación:

$$J_s = k_s \cdot (C_a - C_p) = k_s \cdot \left( \frac{C_a + C_c}{2} \right) - C_p \dots \dots \dots (3.13)$$

Donde:

$J_s$ : Flujo del soluto (Kg/s).

$k_s$ : Coeficiente de permeabilidad de la membrana por el soluto.

### 3.3.7. Número de membranas a emplear.

Es la cantidad de membranas necesarias a instalar en un sistema por ósmosis inversa; este número depende del caudal de permeado requerido, el



tamaño de la membrana y las características de la misma representada en el coeficiente “f”.

$$N_E = \frac{Q_p}{f \cdot S_E} \dots \dots \dots (3.14)$$

Donde:

$N_E$ : Número de membranas.

$Q_p$ : Flujo de diseño, caudal de permeado (m<sup>3</sup>/h).

f: Flux elegido para el sistema (m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>-h)).

$S_E$ : Área activa de la membrana para el elemento seleccionado (m<sup>2</sup>).

### 3.4. Fundamentos de automatización.

Automatización es el conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de recibir información del medio sobre el cual actúan y realizan acciones de análisis, organización y control apropiados con el fin de optimizar los recursos productivos: mecánicos, materiales y humanos. Con la automatización logramos, producción, racionalización de costos operativos, consumo energético, control de calidad, etc. En resumen, incrementar la productividad.

Las unidades de control son, además de los actuadores y los detectores, los componentes más importantes en la técnica de la automatización. El término de

control tiene un significado general que suele utilizarse para referirse a equipos que tienen las siguientes funciones:

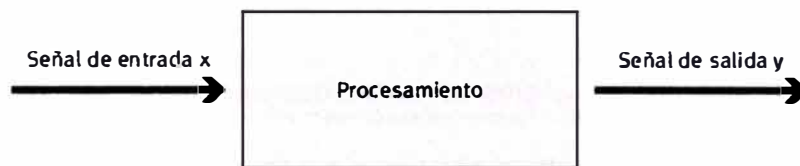
- Controlar
- Regular
- Vigilar
- Captar datos (de un proceso)
- Comunicar
- Diagnosticar

En un sentido más estricto se entiende bajo controlar la influencia que se ejerce en el flujo de energía o materiales mediante una o varias señales en una cadena de control abierta (DIN 19226). Los sistemas de control con frecuencia se usan para controlar procesos que se ejecutan paso a paso. Ejemplos:

- Abrir una puerta cuando alguien se encuentra delante de ella
- Conmutar un semáforo a luz roja después de transcurrido un tiempo determinado
- Conectar la luz en un pasillo cuando se pulsa el interruptor y desconectarla transcurrido un tiempo determinado.

Estos tipos de control se caracterizan por su ejecución abierta, lo que significa que la señal controlada de salida (y) no influye en la señal de entrada (x). El sistema de control no puede reaccionar ante posibles interferencias. En el ejemplo de la luz del pasillo, ello significa que la unidad de control abierto apaga la luz transcurrido un

determinado tiempo, sin importar si la persona que pulsó el interruptor para prender la luz ya llegó a la puerta de su apartamento. A continuación se muestra la forma de representar una cadena de mando abierta (Ver figura 3.10.).

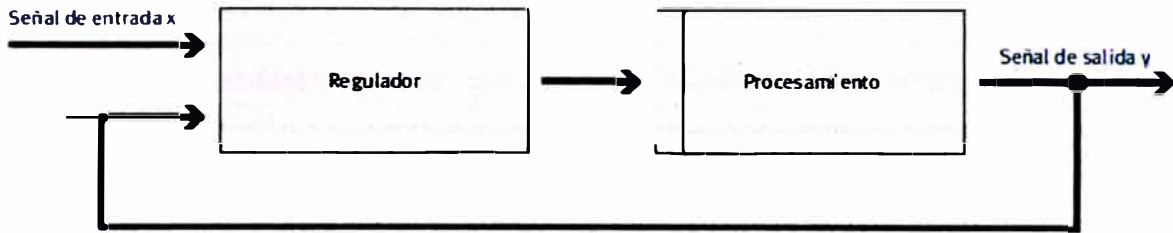


**Figura 3.10.** Cadena de mando abierto.

Un sistema de regulación, por lo contrario, detecta siempre las señales de salida ( $y$ ) del proceso, las compara con las señales de entrada ( $x$ ) y, a continuación, regula el proceso con el fin de equiparar automáticamente las señales de salida a las señales de entrada. Ello significa que un sistema de regulación es un circuito cerrado (Ver figura 3.11.) que sí puede reaccionar frente a interferencias. Los procesos de regulación suelen ser procesos continuos, en los que la finalidad consiste en que la señal de salida mantenga un determinado valor.

Ejemplos:

- Regulación del agua en una pecera.
- Regulador automático de la velocidad en automóviles.
- Regulación de las revoluciones de un motor eléctrico.



**Figura 3.11.** Cadena de mando cerrado.

En la técnica de la automatización se emplean numerosas denominaciones para calificar diversos tipos de control que asumen funciones específicas. Ejemplos:

- Controles programables con relés, se trata de controles en los que la lógica o el “programa” se ejecuta mediante las conexiones establecidas con relés. Un buen ejemplo de este tipo de sistemas de control son los controles por contactos. Estos controles suelen funcionar con relés y se utilizan para solucionar tareas de control sencillas. Una aplicación típica consiste en el accionamiento de motores eléctricos.
- PLC: controles lógicos programables, fueron desarrollados en sustitución de los controles por contactos mediante relés, ya que éstos son poco versátiles. Están compuestos de un ordenador que tiene módulos de entradas y salidas especiales. El programa no se define mediante la conexión entre varios relés, sino que se encuentra en la unidad de memoria de la unidad de control y, por lo tanto, puede modificarse dentro de determinados límites. Los PLC principalmente procesan señales binarias.

- CNC: Computerized Numerical Control, estos sistemas se utilizan para controlar máquinas herramienta, es decir, por ejemplo, fresadoras, taladradoras, tornos, etc.

Las primeras máquinas herramienta automáticas utilizaban modelos de madera como referencia para, a continuación, mecanizar las piezas reales. El modelo de madera se utilizaba para memorizar las coordenadas mediante códigos de números duales (de ahí el nombre de control numérico). La función principal de los CNC consiste en ejecutar un movimiento definido mediante un software que registra las coordenadas obtenidas mediante un modelo de referencia.

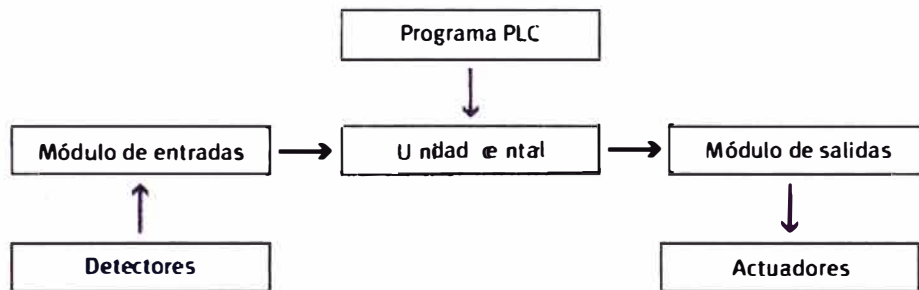
- RC: Robot Control, los RC fueron desarrollados especialmente para controlar los movimientos de robots industriales. En principio, son similares a los CNC.

#### **3.4.1. Controlador lógico programable.**

Según la norma IEC 61131, un controlador lógico programable(PLC) o autómeta programable (AP) es una máquina electrónica programable diseñada para ser utilizada en un entorno industrial (hostil), que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencias, temporizaciones, recuentos y funciones aritméticas ,con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos.

### 3.4.2. Arquitectura del PLC.

Los PLC son los sistemas de control más difundidos y, a la vez, son los más sencillos. A continuación se presenta sus componentes principales (Ver figura 3.12.).

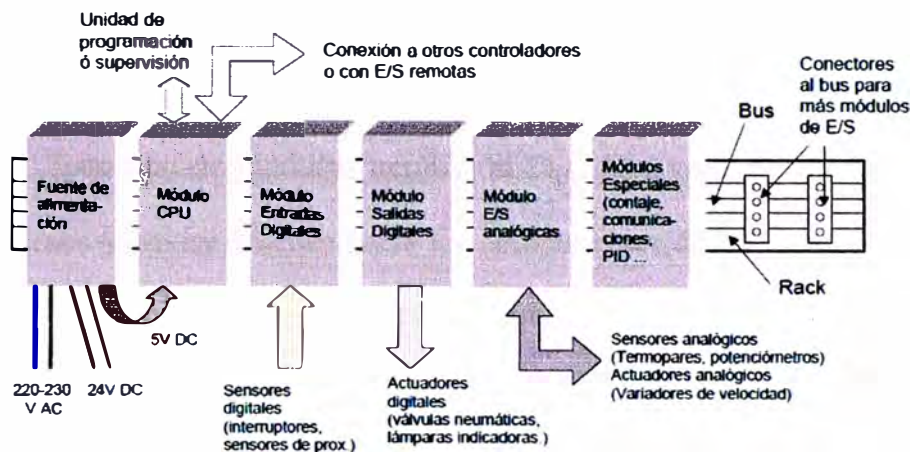


**Figura 3.12.** Componentes de un PLC.

La arquitectura típica de un PLC (Ver figura 3.13.) puede ser dividida en varios bloques claramente diferenciados.

#### 3.4.2.1. Fuente de alimentación.

Alimenta con energía eléctrica al PLC y al resto de módulos del mismo y muchas veces a los sensores del proceso. Generalmente estos controladores trabajan con una tensión de 5VDC ó 24VDC. En algunos casos el PLC es alimentado directamente con un voltaje de 220VAC.



**Figura 3.13.** Arquitectura de un PLC.

#### 3.4.2.2. Unidad central de procesos.

El CPU es el responsable de todo el procesamiento de datos del equipo; consta de un microprocesador, una unidad de memoria y una unidad aritmética lógica. Permite la conexión con los otros módulos ya que es pieza fundamental del controlador.

#### 3.4.2.3. Rack o bastidor.

Es un soporte metálico donde se ensamblan todos los módulos del PLC. Este soporte presenta un bus de datos, el cual permite la comunicación de todos los módulos con el CPU, así como también alimentarlos con energía eléctrica. Las diferentes tarjetas se conectan a través de slots o ranuras fijados sobre el bastidor.

#### **3.4.2.4. Entradas y salidas digitales.**

Este tipo de módulos permite al PLC leer valores digitales de los procesos y enviar órdenes hacia los componentes del proceso empleando como adaptadores de señal a los elementos finales de control. Estas señales son del formato on/off; permitiendo abrir o cerrar una válvula, encender o apagar un motor, etc.

#### **3.4.2.5. Entradas y salidas analógicas.**

Este módulo permite conocer todos los estados posibles de alguna variable en un proceso. Esta conformado internamente por un conversor analógico digital (A/D) quien transformará el valor de la magnitud física en un número binario, el cual será almacenado en la memoria de entradas analógicas del PLC para su posterior uso desde el programa de control.

Las salidas analógicas contienen internamente un conversor digital analógico (D/A), el cual transformará un valor numérico binario para luego ser almacenado, por el programa de control, en una posición de memoria de una salida analógica en forma de corriente eléctrica proporcional (comprendida dentro de unos límites determinados), la cual será empleada para llevar a cabo una acción de control sobre el proceso.



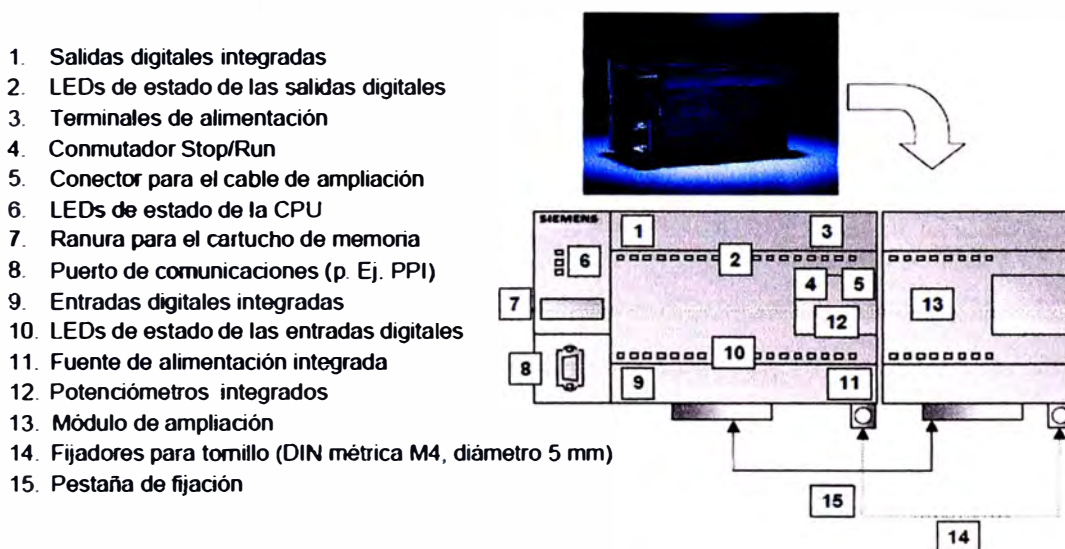
### 3.4.2.6. Otros módulos.

Pueden ser módulos de comunicaciones, entradas para termocuplas, entre otros.

### 3.4.3. Tipos de PLC.

#### 3.4.3.1. PLC Compacto.

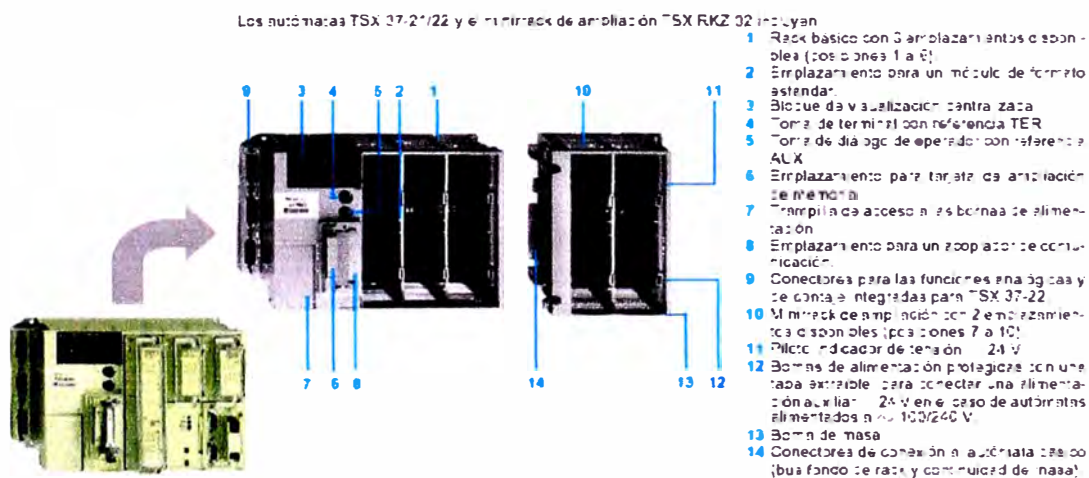
En este tipo de PLC todos los módulos están encapsulados bajo una misma carcasa plástica que hace del controlador un producto robusto y monolítico (Ver figura 3.14).



**Figura 3.14.** PLC modular.

### 3.4.3.2. PLC Modular.

En este tipo de configuración cada módulo del PLC debe ser adquirido por separado por lo que hay que tener en cuenta las posibles incompatibilidades entre los distintos modelos, para posteriormente ser ensamblados. Esta configuración permite tener un PLC mucho más adaptado a las necesidades reales, pero por lo general suele ser una solución más cara. Este tipo de configuración se suele emplear en modelos de PLC de gama alta donde el precio no es el mayor inconveniente (Ver figura 3.15).



**Figura 3.15.** PLC compacto.

# **CAPÍTULO IV**

## **IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA**

### **POR ÓSMOSIS INVERSA**

#### **4.1. Análisis del agua a recuperar.**

El agua de rechazo de nuestro equipo Accuaproduct debe ser analizada previamente para poder definir una adecuada selección de las membranas (componentes esenciales del proceso). Este análisis fue realizado por uno de nuestros proveedores. El análisis físico químico nos da la información mostrada en la tabla 4.1.

La calidad de agua recuperada que se desea tener, luego del tratamiento, debe cumplir las características mostradas en la tabla 4.2.

#### **4.2. Selección de membranas.**

Para seleccionar las membranas de ósmosis inversa, requiere de un análisis exhaustivo de parámetros químicos; es por ello que se solicitó el servicio de un Ing.

Químico, quien detalla su análisis en un informe, cuyo resumen se muestra en la figura 4.1.

Parámetros	Valor diseño
Origen	Agua de rechazo o concentrado
Turbidez	< 10 NTU
Cloruros ( mg Cl / L)	153
Nitratos (mg N/L)	9.73
Nitritos (Ausencia / Presencia)	NAnalizado-NI
Amoniaco (mg N/L)	NAnalizado-NI
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> / L)	861.00
Dureza de calcio (mg Ca / L)	321.00
Alcalinidad total (mg HCO <sub>3</sub> / L)	662.00
Fierro Total ( mg Fe / L)	NI
Sílice (mg SiO <sub>2</sub> /L)	40.00
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> / L)	543.00
Materia Organica (mg O <sub>2</sub> / L)	NI
Sólidos Disueltos Totales (mg / L)	1906.41
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	NAnalizado-NI
Coliformes Totales (NMP/100ml)	NAnalizado-NI
pH	7.1
Rango de temperatura (supuesto)	15° -18° C

**Tabla 4.1.** Análisis físico químico del agua a recuperar.

Parámetros	Valor diseño
Origen	AGUA OSMOTIZADA
Turbidez	<1 NTU
Cloruros ( mg Cl / L)	< 10
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	< 20
Solidos Disueltos Totales-SDT (ppm)	< 50
Potencial de Hidrógeno, pH	<6
Residual de cloro, ppm	< 1.5 ppm

**Tabla 4.2.** Características del agua que se desea obtener.

Reverse Osmosis System Analysis para Membranas FILMTEC™  
 Proyecto: Medifarma-AIE-reuso  
 Ibon Zabala Accusproduct

ROSA 7.2.1 ConfigDB n392554\_129  
 Caso 2  
 29-Dec-10

Información del Proyecto: Proyecto Recuperación de AGUA MEMBRANAS BAJA REYECCION

#### Detalles del Sistema

✓ Caudal de Alimentación a la 1ª Etapa	11.29 m³/h	✓ Caudal de Permeado Paso 1	6.50 m³/h	Presión Osmótica:
Caudal de Agua Bruta al Sistema	9.29 m³/h	Conversión Paso 1	70.00 %	Alimentación 0.81 bar
✓ Presión de Alimentación	11.93 bar	Temperatura de Alimentación	18.0 C	Concentrado 2.51 bar
Fouling Factor	0.85	STD Alimentación	1948.54 mg/l	Media 1.66 bar
Dosificación Química	Ninguno	Número de Elementos	6	NDP media 8.77 bar
Area Activa Total	222.96 M²	Flujo específico medio Paso 1	29.15 lmh	Potencia 4.68 kW
Clasificación del Agua de Pozo SDI = 3				Energía Específica 0.72 kWh/m³

Etapa	Elemento	Nº Cajas de presión	Nº Elementos	Caudal de Alimentación (m³/h)	Presión de Alimentación (bar)	Caudal de Recirculación (m³/h)	Caudal de concentrado (m³/h)	Presión del concentrado (bar)	Caudal de Permeado (m³/h)	Flujo de específico medio (lmh)	Presión de Permeado (bar)	Presión de Booster (bar)	STD Permeado (mg/l)
1	LE-400	1	3	11.29	11.59	2.00	8.01	10.49	3.28	29.41	2.00	0.00	21.97
2	LE-400	1	3	8.01	10.15	0.00	4.79	9.53	3.22	28.90	0.00	0.00	35.24

Figura 4.1. Selección de membranas (cuadro rojo).

### 4.3. Diseño del sistema por ósmosis inversa.

Una vez seleccionado las membranas, el proveedor nos presenta su diseño mostrado en la figura 4.2.

### 4.4. Diagrama P&ID del sistema.

Una vez obtenido el diseño, la gerencia de planta encarga la implementación al área de proyectos de la empresa Medifarma, cuya responsabilidad, de este proyecto, está a cargo del Bach. Jack Hipólito.

Con el esquema planteado, se procede a adaptar el diseño a nuestra planta e implementar mejoras, tanto de protección como darle un mayor automatismo al proceso. Para ello se inicia con el trazado del diagrama P&ID, mostrado en la figura 4.3 y 4.4.

Figura 4.2. Diseño planteado por la empresa Accuaproduct (Ver anexo 1).

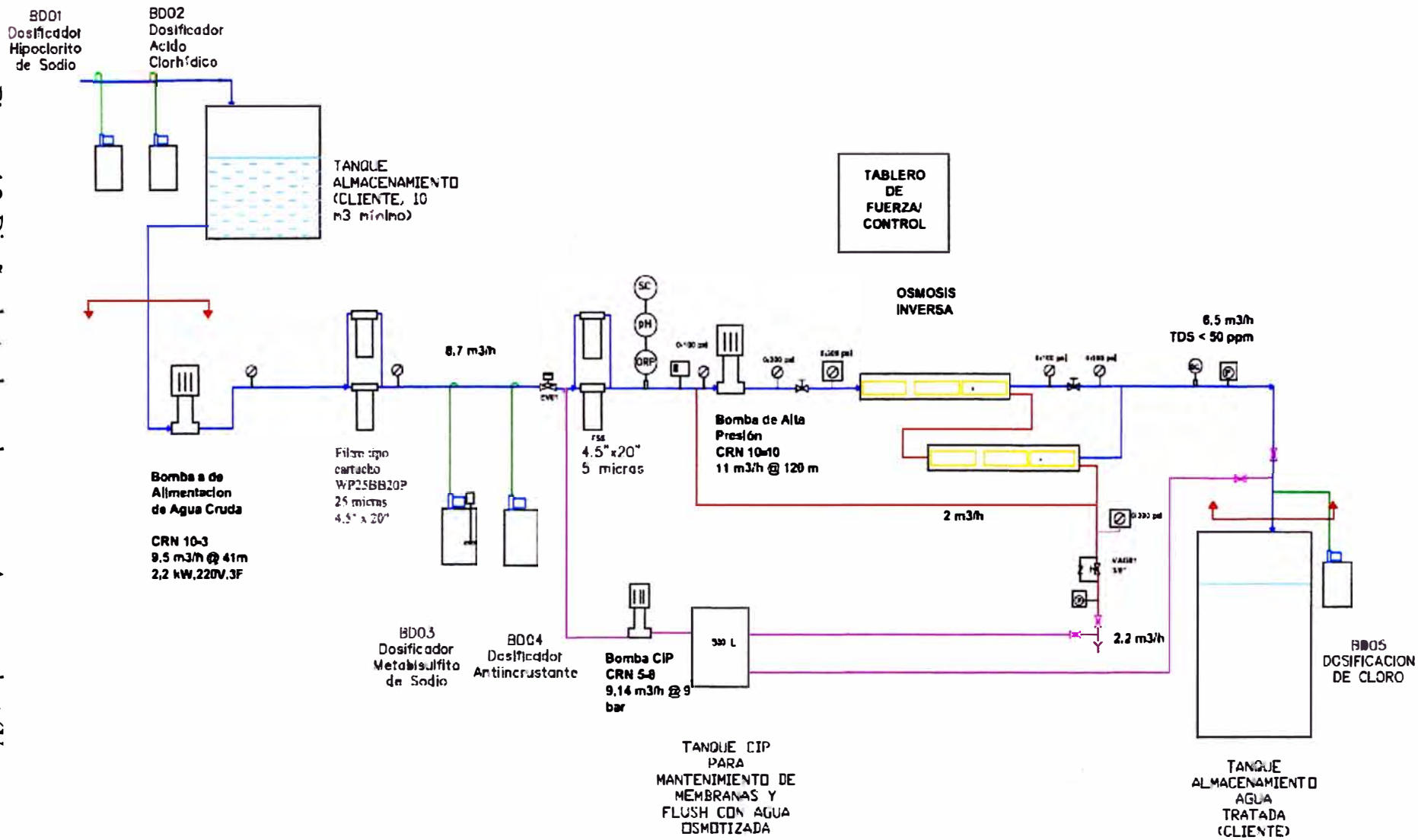


Figura 4.3. Diagrama P&ID del pre tratamiento.

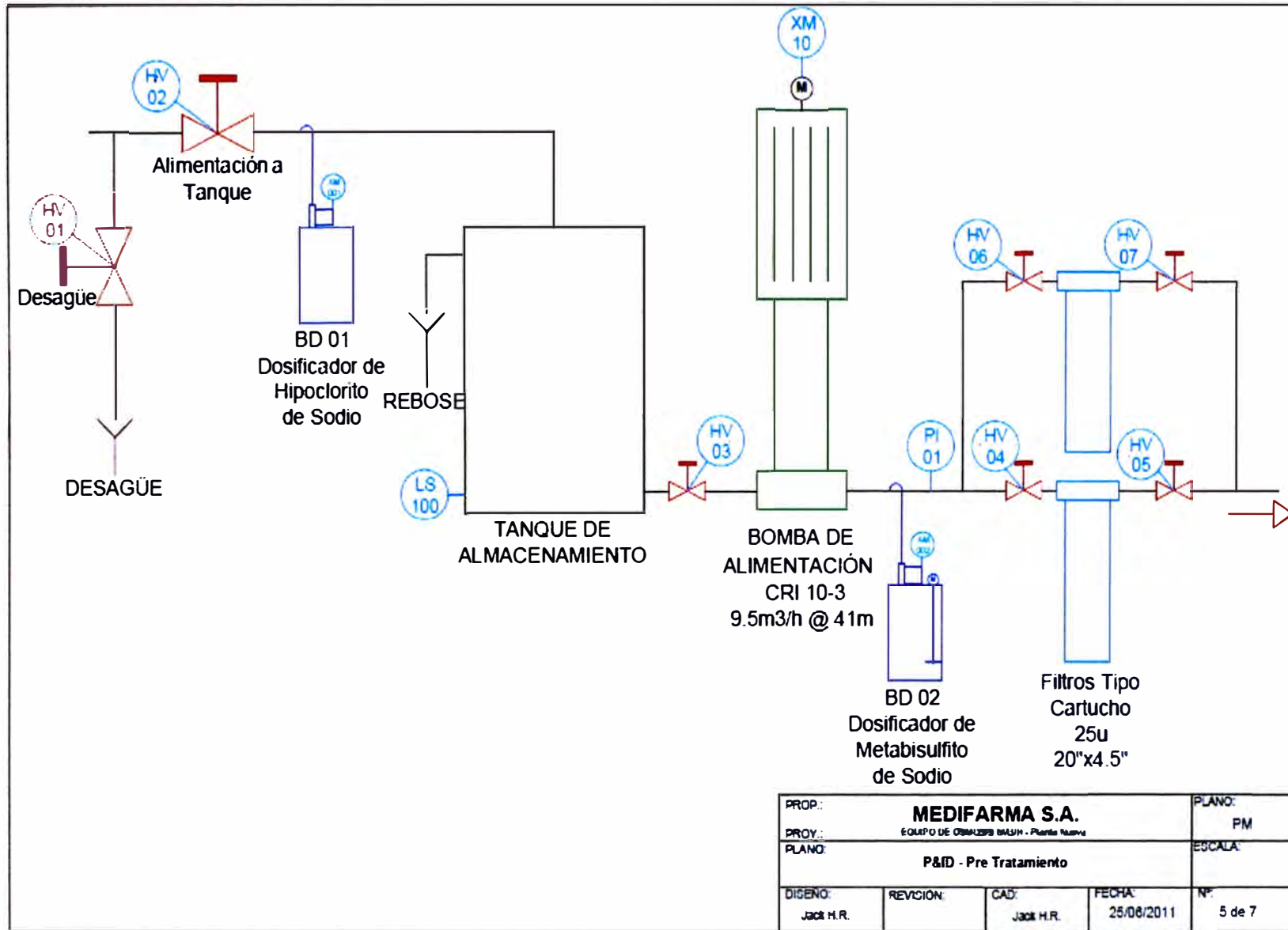


Figura 4.4. Diagrama P&ID del equipo de ósmosis inversa.

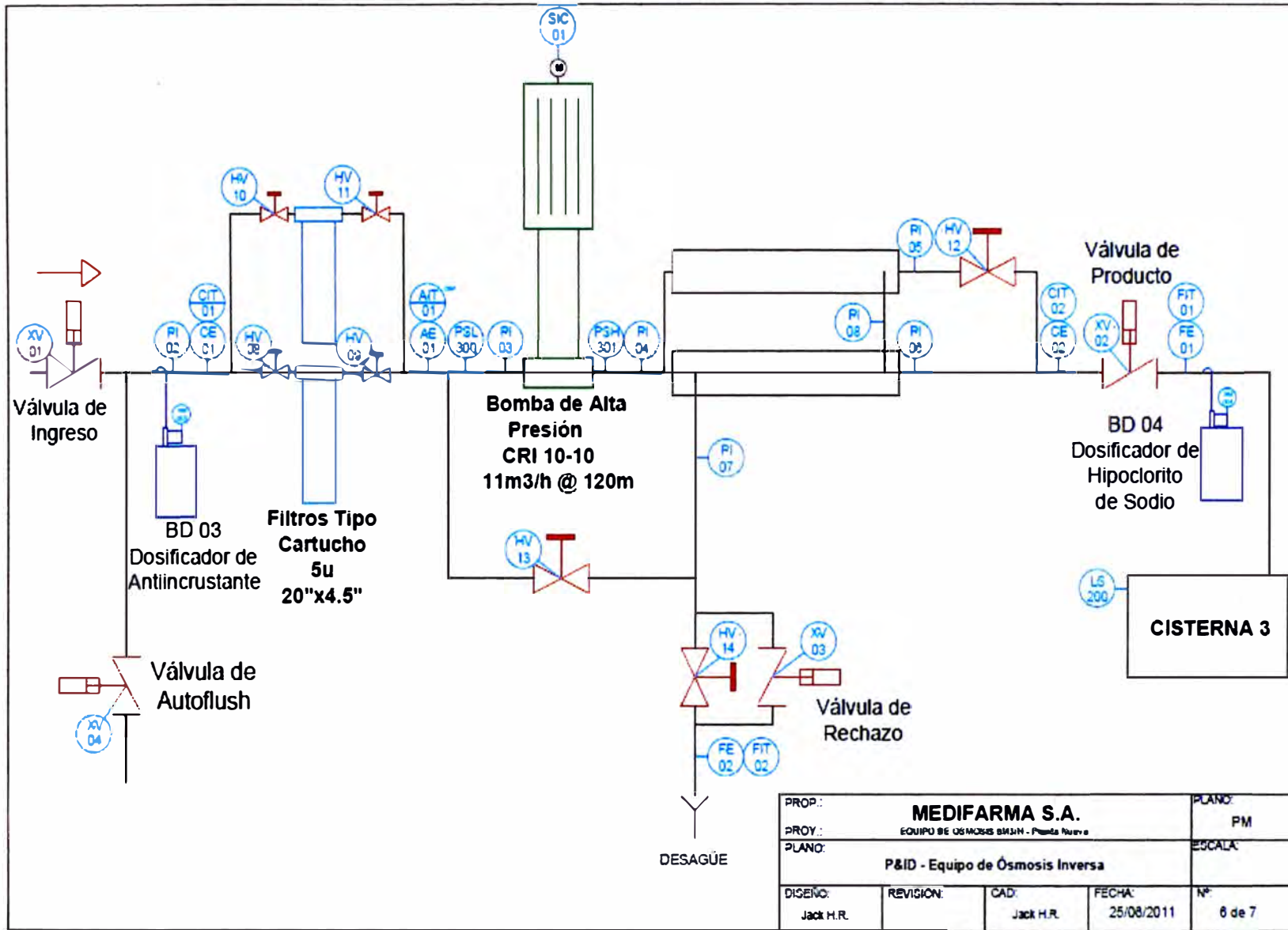




Tabla 4.3. Componentes del sistema MEDIOSMOFARMA.

ITEM	TAG	CANT.	DESIGNACION	SERVICIO	ETAPA	DESCRIPCION
1	HV01	01	Válvula Manual de 2"	Apertura o cierre de agua de rechazo de equipo Accusproduct hacia Desagua.	Alimentación	Válvula de bola 2" PVC - Embone.
2	HV02	01	Válvula Manual de 2"	Apertura o cierre de agua de rechazo de equipo Accusproduct hacia Tanque de almacenamiento.	Alimentación	Válvula de bola 2" PVC - Embone.
3	XM01	01	Bomba Dosificadora	Dosificación de Hipoclorito de Sodio para tanque de almacenamiento.	Alimentación	Bomba Pulsafæder serie C, 12 GPD, 5.6 Bar, 230 VAC, 0.2A, código LD03SBVTC1XXX
4	LS100	01	Boya de Nivel	Encendido y Apagado del equipo MEDIOSMOFARMA por nivel en tanque de alimentación.	Alimentación	Nivo float. Marca: Nivelco.
5	HV03	01	Válvula Manual de 2"	Apertura o cierre de agua hacia bomba de alimentación.	Alimentación	Válvula de bola 2" PVC - Embone.
6	XM10	01	Bomba de Alimentación.	Provee de agua al equipo MEDIOSMOFARMA.	Alimentación	Bomba Grundfos. Modelo: CR110 - 3. H: 34.9m - Q: 12m <sup>3</sup> h. Potencia: 2.2KW.
7	XM02	01	Bomba Dosificadora	Dosificación de Metabisulfito de Sodio - Ingreso a Equipo MEDIOSMOFARMA.	Alimentación	Bomba Pulsafæder serie C, 12 GPD, 5.6 Bar, 230 VAC, 0.2A, código LD03SBVTC1XXX
8	PI01	01	Manómetro	Presión de Ingreso a Filtros de 25u.	Filtración	Manómetro de acero inoxidable con dial de 2" - conexión: Macho 1/2" NPT. Rango: 0 - 100PSI.
9	HV04 HV06	02	Válvula Manual de 2"	Apertura o cierre de agua ingreso filtros de 25u.	Filtración	Válvula de bola 2" PVC - Embone.
10	HV05 HV07	02	Válvula Manual de 2"	Apertura o cierre de agua salida de filtros de 25u.	Filtración	Válvula de bola 2" PVC - Embone.
11	XV01	01	Válvula Neumática de 2"	Apertura o cierre de ingreso a EQUIPO MEDIOSMOFARMA.	Osmosis	Válvula Mariposa 2" con actuador neumático. Marca: Bray Controls.
12	XM03	01	Bomba Dosificadora	Dosificación de Antiincrustante.	Osmosis	Bomba Pulsafæder serie C, 6 GPD, 5.6 Bar, 230 VAC, 0.2A, código LD02SBVTC1XXX
13	PI02	01	Manómetro	Presión de Ingreso a filtros de 5u.	Osmosis	Manómetro de acero inoxidable con dial de 2" - conexión: Macho 1/2" NPT. Rango: 0 - 100PSI.
14	CE01	01	Sensor de Conductividad	Conductividad al ingreso del EQUIPO MEDIOSMOFARMA.	Osmosis	Sensor de conductividad George Fischer Signet, modelo 3-2821, rango: 10 - 10000 uS/cm.
15	HV08 HV10	02	Válvula Manual de 2"	Apertura o cierre de agua ingreso filtros de 5u.	Osmosis	Válvula de bola 2" PVC - Embone.
16	AE01	01	Sensor de ORP.	Medición de Cl(ORP) al ingreso en mV	Osmosis	Sensor de ORP George Fischer Signet, modelo 3-2715.
17	PSL300	01	Prasostato de baja presión	Protección de baja presión ingreso a bomba de alta.	Osmosis	Prasostato Danfoss. Modelo: KPI35.

Tabla 4.4. Componentes del sistema MEDIOSMOFARMA.

MMI	TAC	CANT	DESIGNACION	SERVICIO	ETAPA	DESCRIPCION
18	PI03	01	Manómetro	Presión de Ingreso a bomba de alta.	Osmosis	Manómetro de acero inoxidable con dial de 2" - conexión: Macho 1/2" NPT. Rango: 0 - 100PSI.
19	SIC01	01	Bomba de Alta Presión	Impulsador de agua para ingreso a housings Portamembranas.	Osmosis	Bomba Grundfos. Modelo: CRJ 10 - 10. H: 120m - Q: 12m <sup>3</sup> h. Potencia: 7.5KW.
20	PSH301	01	Presostato de alta	Protección de alta presión ingreso a membranas.	Osmosis	Presostato Danfoss. Modelo: RT117.
21	PI04	01	Manómetro	Presión de Ingreso a 1era etapa.	Osmosis	Manómetro de acero inoxidable con dial de 2" - conexión: Macho 1/2" NPT. Rango: 0 - 300PSI.
22	PI05	01	Manómetro	Presión de Salida de producto 1era etapa.	Osmosis	Manómetro de acero inoxidable con dial de 2" - conexión: Macho 1/2" NPT. Rango: 0 - 100PSI.
23	HV12	01	Válvula de bola	Reducción de presión de producto de primera etapa.	Osmosis	Válvula de PVC con conexiones universales
24	CE02	01	Sensor de Conductividad	Conductividad del agua producto EQUIPO MEDIOSMOFARMA.	Osmosis	Sensor de conductividad George Fischer Signet, modelo 3-2820, rango: 0.1 - 1000 uS/cm.
25	XV02	01	Válvula Neumática de 2"	Apertura o cierre de agua producto del EQUIPO MEDIOSMOFARMA.	Osmosis	Válvula Mariposa 2" con actuador neumático. Marca: Bray Controls.
26	FE01	01	Sensor de flujo	Lectura del flujo de agua producto	Osmosis	Turbina lectora George Fischer Signet P51530-PO.
27	XM04	01	Bomba Dosificadora	Dosificación de Hipoclorito de Sodio agua de producto.	Osmosis	Bomba Pulsafeeder serie C, 12 GPD, 5.6 Bar, 230 VAC, 0.2A, código LD03SBVTC1XXX.
28	LS200	01	Boya de Nivel	Encendido y Apagado del equipo por nivel en sistema 3 MEDIOSMOFARMA.	Osmosis	Nivo float. Marca: Nivelco.
29	PI06	01	Manómetro	Presión de Salida de producto 2da etapa.	Osmosis	Manómetro de acero inoxidable con dial de 2" - conexión: Macho 1/2" NPT. Rango: 0 - 100PSI.
30	PI08	01	Manómetro	Presión de Salida de rechazo 1ra etapa.	Osmosis	Manómetro de acero inoxidable con dial de 2" - conexión: Macho 1/2" NPT. Rango: 0 - 300PSI.
31	PI07	01	Manómetro	Presión de Salida de rechazo 2da etapa.	Osmosis	Manómetro de acero inoxidable con dial de 2" - conexión: Macho 1/2" NPT. Rango: 0 - 300PSI.
32	XV02	01	Válvula Neumática de 1"	Apertura o cierre de agua rechazo del EQUIPO MEDIOSMOFARMA.	Osmosis	Válvula Mariposa 1" con actuador neumático. Marca: Genebre.
33	HV14	01	Válvula de compuerta	Control de flujo de rechazo de equipo MEDIOSMOFARMA.	Osmosis	Válvula manual 1" en acero inoxidable.
34	FE02	01	Sensor de flujo	Lectura del flujo de agua rechazo	Osmosis	Turbina lectora George Fischer Signet P51530-PO.
35	HV13	01	Válvula Manual	Control de recirculación de agua de rechazo.	Osmosis	Válvula de bola 2" roscada, SS304.
36	FE02	01	Sensor de flujo	Lectura del flujo de agua rechazo	Osmosis	Turbina lectora George Fischer Signet P51530-PO.
37	HV13	01	Válvula Manual	Control de recirculación de agua de rechazo.	Osmosis	Válvula de bola 2" roscada, SS304.

A partir del P&ID y el esquema presentado por el proveedor se define los componentes del sistema, la función que cumple y su descripción, presentados en las tablas 4.3. y 4.4. , además se bautiza al sistema de ósmosis inversa como MEDIOSMOFARMA.

#### **4.5. Descripción de los componentes principales del sistema.**

##### **4.5.1. Componentes del pre tratamiento.**

###### **4.5.1.1. Bomba dosificadora de hipoclorito de sodio.**

El agua de rechazo del equipo de ósmosis inversa Accuaproduct, no contiene cloro en su composición, debido a que el cloro daña las membranas del equipo de ósmosis inversa, reduciendo su periodo de vida; además esta calidad de agua tiende a contaminarse al estar almacenada, es por ello que para almacenarla se le inyecta pequeñas dosis de cloro.

En nuestro planteamiento, se requiere depositar agua en un tanque de 2000 l, de donde nuestro sistema de ósmosis inversa consumirá el agua, y al estar almacenada se requiere de la inyección de cloro para su no contaminación.

Esta bomba (ver figura 4.5.) es la responsable de inyectar, cantidades prudentiales, de hipoclorito de sodio y sus especificaciones son las siguientes.

Marca	:	Iwaki-USA.
Modelo	:	Serie EZ
Capacidad	:	2,5 l/h
Control	:	Una perilla para la descarga de 0 - 100%



**Figura 4.5.** Diagrama P&ID del equipo de ósmosis inversa.

#### **4.5.1.2. Bomba de alimentación al equipo de ósmosis inversa.**

Esta bomba (Ver figura 4.6.) es la responsable de entregar agua al equipo MEDIOSMOFARMA y vencer la caída de presión en los filtros.

Sus características son:

Marca	:	Grundfos-Dinamarca.
Modelo	:	CNR10-3
Capacidad	:	9,5 m <sup>3</sup> /h @ 41m
Material	:	Cuerpo e impelentes de acero inoxidable 316
Energía	:	220V / Trifásico / 60Hz /2.2KW



**Figura 4.6.** Bomba de alimentación Grundfoss.

#### **4.5.1.3. Microfiltración.**

Constituido por dos filtros tipo cartucho instalados en paralelo; cuya finalidad es filtrar partículas mayores a 25  $\mu\text{m}$ . Estos filtros presentan las siguientes especificaciones:

Marca	:	Pentek-USA.
Modelo	:	WP25BB20P
Dimensiones	:	4,5" x 20"
Porosidad	:	25um
Capacidad	:	7,2m <sup>3</sup> /h
Material	:	Polipropileno

#### **4.5.1.4. Bomba dosificadora de metabisulfito de sodio.**

El agua que proviene del tanque de almacenamiento de 2 m<sup>3</sup> contiene cierto porcentaje de cloro, debido a que se le inyecta para ser almacenada y evitar la contaminación; sin embargo, este cloro es perjudicial para las membranas de nuestro equipo de ósmosis inversa, y es por ello que se requiere neutralizarlo. Para ello es necesaria la inyección de una solución de metabisulfito de sodio por medio de una pequeña bomba, cuyas especificaciones son las siguientes:

Marca	:	Iwaki-USA.
Modelo	:	Serie EZ
Capacidad	:	2,5 l/h
Control	:	Una perilla para la descarga de 0 - 100%

#### **4.5.2. Componentes del equipo de ósmosis inversa.**

##### **4.5.2.1. Microfiltración.**

Constituido por dos filtros tipo cartucho instalados en paralelo; cuya finalidad es filtrar partículas mayores a 5 $\mu$ m y evitar cualquier tipo de incrustaciones en las membranas, presenta las siguientes especificaciones:

Marca	:	Pentek-USA.
Modelo	:	WP5BB20P
Dimensiones	:	4,5" x 20"
Porosidad	:	5 $\mu$ m
Capacidad	:	7,2m <sup>3</sup> /h
Material	:	Polipropileno

##### **4.5.2.2. Bomba de alta presión.**

Es uno de los componentes de mayor relevancia del sistema, ya que es la responsable de vencer la presión osmótica en las membranas y hacer posible el proceso de ósmosis inversa. Sus características son:

Marca	:	Grundfos-Dinamarca.
Modelo	:	CNR10-10

Capacidad	:	9,5 m <sup>3</sup> /h @ 41m
Material	:	Cuerpo e impelentes de acero inoxidable 316
Energía	:	220V / Trifásico / 60Hz /7,5KW

#### 4.5.2.3. Membranas de ósmosis inversa.

Estas membranas (ver figura 4.7) son las que permiten desalinizar el agua y reducir su concentración, de ella depende la calidad de agua a obtenerse. Sus características son:

Marca	:	Filmtec-USA.
Modelo	:	BW30-400
Superficie activa	:	37 m <sup>2</sup>
Capacidad	:	40 m <sup>3</sup> /día
Material	:	Poliamida arrollada en espiral
Dimensión	:	8"x40"



**Figura 4.7.** Membranas Filmtec.



#### **4.5.2.3. Portamembranas.**

Dentro de estas se ubican las membranas en serie para poder ser utilizadas, sirven como carcasa. Sus especificaciones son:

Marca	:	Wabe-Cyber
Material	:	FRP (Fibra de vidrio)
Capacidad	:	3 membranas de 8"x40"
Conexiones	:	Laterales
Conexión de salida	:	Diámetro 1" NPT – Hembra

#### **4.5.3. Instrumentación y control.**

Nuestro equipo de ósmosis inversa presenta algunos sensores, transmisores e interruptores de nivel; así como también un controlador lógico programable, válvulas mariposa con actuadores neumático y sus respectivas electroválvulas; los cuales serán descritos a continuación:

##### **4.5.3.1. Sensor de conductividad.**

Son dos sensores de conductividad (ver figura 4.8.), los cuales miden la conductividad (dureza del agua) en el ingreso y la salida del producto.

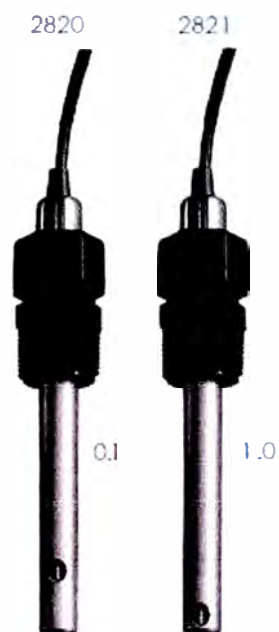
Sus características son:

Agua de ingreso.

Fabricante : GFisher  
Marca : GF Signet – USA  
Modelo : 3-2821  
Rango : 10 – 10 000 uS/cm

Agua de permeada.

Fabricante : GFisher  
Marca : GF Signet – USA  
Modelo : 3-2820  
Rango : 1 – 1000 uS/cm



**Figura 4.8.** Sensores de conductividad.

#### 4.5.3.2. Transmisor de conductividad.

Los sensores de conductividad, requieren de un transmisor y a la vez de un indicador para poder visualizar los valores medidos; es por ello que se requiere de un componente con doble canal (ver figura 4.9.) para visualizar los valores de los dos sensores de conductividad. El transmisor seleccionado presenta las siguientes características son las siguientes:

Fabricante	:	GFisher
Marca	:	GF Signet – USA
Tipo	:	2 canales
Modelo	:	3-8860



**Figura 4.9.** Transmisor de conductividad.

#### 4.5.3.3. Sensor de caudal.

Se instalaron dos sensores de flujo (ver figura 4.10.) para medir el caudal del permeado y el caudal de rechazo. Sus características son:

Fabricante	:	GFisher
Marca	:	GF Signet – USA
Modelo	:	P51530-PO



**Figura 4.10.** Transmisor de conductividad.

#### 4.5.3.4. Transmisor de caudal.

Al igual que el transmisor de conductividad, este también debe poseer dos canales para los dos sensores.

Fabricante	:	GFisher
Marca	:	GF Signet – USA
Tipo	:	2 canales
Modelo	:	3-8550-3P

#### **4.5.3.5. Sensor de ORP.**

Anteriormente se mencionó que el cloro presente en el agua es perjudicial para nuestras membranas; es por ello que se dispone de un sensor de ORP (ver figura 4.11.), el cual mide indirectamente el cloro residual, para envía señales de alerta cuando el nivel de cloro es excesivo, y a su vez empleando esta señal para detener el sistema.

Fabricante	:	GFisher
Marca	:	GF Signet – USA
Modelo	:	3-2715

#### **4.5.3.6. Pre amplificador para sensor ORP.**

La señal recogida por nuestro sensor es una señal débil, propensa a perderse o sufrir distorsión; es por ello que se requiere un pre amplificación antes de conectarlo al transmisor. Este pre amplificador (ver figura 4.12.) presenta las siguientes características:

Fabricante : GFisher  
Marca : GF Signet – USA  
Modelo : 3-2715



**Figura 4.11.** Sensor de ORP.



**Figura 4.12.** Pre amplificador para el sensor de ORP.

#### **4.5.3.7. Transmisor de ORP.**

Una vez pre amplificado la señal, requiere ser visualizado en un indicador, para ello se selecciona un transmisor con las siguientes característica.

Fabricante	:	GFisher
Marca	:	GF Signet – USA
Modelo	:	3-8750-2P

#### **4.5.3.8. Interruptor de presión.**

Nuestro equipo de ósmosis inversa presenta tres interruptores de presión, los cuales trabajan como contactos de seguridad. Estos son:

##### **a). Interruptor de baja presión.**

De este tipo tenemos dos interruptores cuyas funciones son detener el equipo cuando la presión de aire comprimido sea demasiado baja y cuando nuestra presión de alimentación de agua hacia la bomba de alta no sea la adecuada. Las características de este interruptor son:

Marca	:	Danfoss – Polonia
Modelo	:	KPI 35
Rango de regulación de presión	:	-0,2 a 8 bares

Conexión al proceso	:	¼” NPT hembra
Grado de protección	:	IP 33

**b). Interruptor de alta presión.**

El equipo presenta un interruptor de este tipo (ver figura 4.14.), a la salida de la bomba de alta presión para evitar que una excesiva presión o contrapresión dañen las membranas de ósmosis inversa. Las características de este interruptor son:

Marca	:	Danfoss – Polonia
Modelo	:	RT117
Rango de regulación de presión	:	10 a 30 bares
Conexión al proceso	:	3/8” NPT hembra
Grado de protección	:	IP 66



**Figura 4.13.** Interruptor de baja presión.



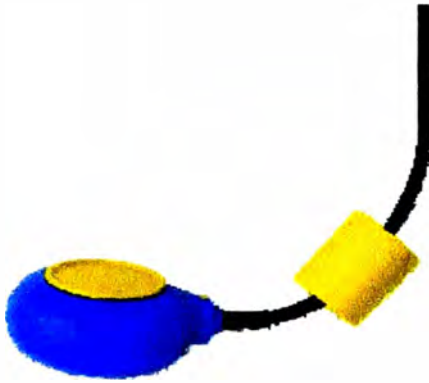


**Figura 4.14.** Interruptor de alta presión.

#### **4.5.3.9. Interruptor de nivel.**

En el sistema se emplea dos interruptores de nivel tipo boya (ver figura 4.15.). El primero para apagar el equipo en forma automática cuando la cisterna este llena, para evitar un posible derramamiento de agua. Y el segundo cuando nuestro tanque de alimentación se quede sin el nivel de agua requerido para evitar así que nuestras bombas se dañen por trabajar sin agua. La boya elegida presenta las siguientes especificaciones:

Marca	:	Nivelco - Hungría
Serie	:	Nivofloat NLP-110-1
Vida útil	:	10 millones de switcheos
Switch ángulo	:	$\pm 45^\circ$
Grado de protección	:	IP 68



**Figura 4.15.** Interruptor de Nivel.

#### **4.5.3.10. Válvula mariposa con actuador neumático.**

Las válvulas de apertura y cierre automático son válvulas del tipo mariposa con actuadores neumáticos de simple efecto (ver figura 4.16.), las cuales son activadas por válvulas electroneumáticas 3/2. Estas válvulas presentan las siguientes características:

Marca	:	Bray - USA
Serie	:	30
Tipo	:	Mariposa
Cuerpo	:	Hierro fundido
Asiento	:	EPDM
Disco	:	Acero inoxidable 316
Conexión	:	Brida
Actuador	:	Neumático simple efecto, serie 92.

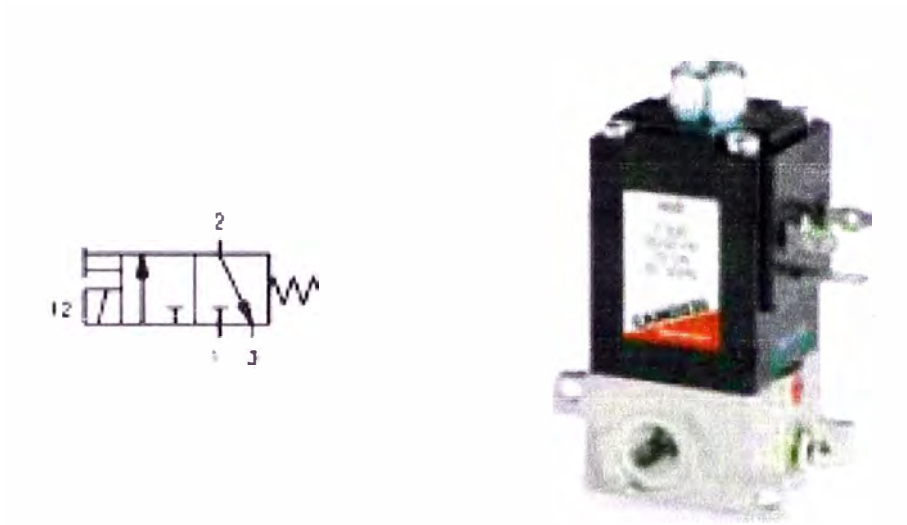


**Figura 4.16.** Válvula mariposa con actuador neumático.

#### **4.5.3.11. Electroválvulas.**

Para que las válvulas mariposa con actuador neumático sean activadas por el PLC, requieren de un interfaz eléctrico-neumático; y para cumplir dicha función se seleccionaron unas electroválvulas 3/2 (ver figura 4.17.) con las siguientes características:

Marca	:	Camozzi – Italia
Serie	:	638M-101-A6E
Vías	:	3/2
Bobina	:	220Vac
Tipo	:	Válvula electroneumática



**Figura 4.17.** Electroválvulas 3/2 vías.

#### **4.6. Tableros de control y fuerza.**

Nuestro sistema presenta dos tableros: El principal, el cual controla todo el sistema e incluye el sistema de fuerza de la bomba de alta presión y un tablero secundario, el cual presenta los componentes de fuerza de nuestra bomba de alimentación.

##### **4.6.1. Tablero principal.**

Este tablero consta de los siguientes componentes:

- \* Interruptores termomagnéticos.
- \* Guardamotor.
- \* Variador de velocidad.
- \* Reactancia de línea.

- \* Controlador lógico programable.
- \* Fuente de alimentación de 24Vdc.
- \* Relés encapsulados.

#### **4.6.1.1. Selección del variador de velocidad.**

La finalidad de un variador de velocidad para nuestra bomba de alta presión es para tener un arranque y parada suave, sin excesivo sobresalto y reduciendo los picos de corriente; además de poder regular su caudal de acuerdo a lo requerido por el sistema.

Nuestra bomba de alta presión tiene un motor eléctrico con las siguientes características principales:

Alimentación : Trifásica.  
Tensión : 220Vac.  
Potencia : 7,5KW

Con estos datos se selecciona el siguiente variador:

Marca : Delta  
Modelo : VFD075E23A  
Potencia : 7,5KW  
Conexión : Trifásica  
Alimentación : 220Vac

Grado de Protección : IP20

#### 4.6.1.2. Selección de la reactancia de línea.

Se considera una reactancia de línea debido a que nos garantiza una protección adecuada contra las sobretensiones de red; además, nos permite reducir el índice de armónicos de corriente producidos por el variador de velocidad.

Para seleccionar una reactancia de línea, se requiere tener el dato de corriente:

$P_{motor}$  : 7,5KW

$V$  : 220Vac

$\cos\phi$  : 0,85

$$P_{motor} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$7500 = 1,732 \cdot 220 \cdot 0,85 \cdot I$$

$$I = 23,16A \dots \dots \dots (4.1)$$

A este dato es necesario incrementar un factor de seguridad del 25%, obteniendo finalmente:

$$I = 29A \dots \dots \dots (4.2)$$

A partir de este dato seleccionamos nuestra reactancia de línea:

Marca	:	Sew Eurodrive
Modelo	:	ND045-013
Tensión	:	3x220 Vac
Corriente	:	45A
Inductancia	:	0,1mH

#### 4.6.1.3. Selección del guardamotor.

El guardamotor cumple la función de proteger los motores eléctricos de corrientes de corto circuito; y así como también por sobrecarga, evitando la quemadura de las bobinas del motor.

Para seleccionar nuestro guardamotor, empleamos el dato de corriente calculado en el punto 4.6.1.2 (selección de la reactancia de línea), antes del factor de seguridad, el cual es el siguiente:

$$I = 23,16A \dots \dots \dots (4.3)$$

Con este dato seleccionamos un guardamotor cuyo rango de regulación contenga este valor de corriente, por lo tanto nuestro guardamotor presenta las siguientes características:

Marca	:	Telemecanique
Modelo	:	GV2ME32

Tensión	:	3x220 Vac
Regulación de corriente	:	24A – 32A

#### 4.6.1.4. Selección de los interruptores termomagnéticos.

El tablero principal consta de tres interruptores: un interruptor trifásico principal, un interruptor trifásico para nuestro tablero secundario y un interruptor monofásico para toda nuestra circuitería de control.

##### a). Interruptor trifásico principal.

Este interruptor soporta la carga de todo el sistema, y por ende es la de más alta capacidad. Para seleccionar este interruptor se consideró las cargas principales y se le dio un factor de seguridad para cubrir el resto de componentes como se observa en la tabla 4.4.

Componente	P(KW)	In(A)	Iarranque(%)	Corriente(A)	1.25*Corr.(A)
Bomba CRI 10 - 10	7,5	25.5 - 23.2	930-1300	23,71	29,64
Bomba CRI 10 - 03	2,2	7.7 - 6.35	780 - 1100	6,96	<b>8,70</b>
			<b>Sub Total:</b>	30,67	38,34
<b>Otros</b>				3,07	3,83
			<b>Total:</b>	33,74	<b>42,17</b>

**Tabla 4.4.** Cuadro de Cargas.

De la tabla anterior se selecciona el interruptor termomagnético principal:



Marca	:	ABB
Tipo	:	S203-C50
Número de Polos	:	3
Corriente Nominal	:	3x50A

**b). Interruptor trifásico secundario.**

Este interruptor sólo soporta la carga de la bomba de alimentación, el cual consume 8,7A (ver tabla 4.4.), y a partir de este dato se selecciona el siguiente interruptor:

Marca	:	ABB
Tipo	:	S203-C10
Número de Polos	:	3
Corriente Nominal	:	3x10A

**c). Interruptor monofásico de control.**

La corriente de control esta en el orden de los mA; es por ello que se seleccionó un interruptor de las siguientes características:

Marca	:	ABB
Tipo	:	S62-C10
Número de Polos	:	2

Corriente Nominal : 2x10A

#### 4.6.1.5. Selección del controlador lógico programable.

Para seleccionar nuestro controlador lógico programable partimos de nuestro diagrama P&ID (ver anexo 1 – planos – PM5 y PM6); de este plano obtenemos la tabla 4.5.

<b>I/O LIST</b>			
<b>TAG</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DI</b>	<b>DO</b>
Start	Inicio	1	
PSL100	Switch de Baja Presión - Aire Comprimido.	1	
LS100	Switch de Protección de Bomba de Alimentación.	1	
XM10	Arrancador de Bomba de Alimentación		1
XM002	Dosificador de Metabisulfito.		1
XM003	Dosificador de Antiincrustante.		
XV01	Válvula de Ingreso.		1
CIT01	Transmisor de Conductividad - Ingreso.	1	
AIT01	Transmisor de ORP.	1	
PSL300	Switch de Baja Presión - Bomba de Alta Presión.	1	
SIC01	Variador de Bomba de Alta Presión.		1
PSH301	Switch de Alta Presión - Bomba de Alta Presión	1	
CIT02	Transmisor de Conductividad - Producto.	1	
XM004	Dosificador de Hipoclorito.		1
XV02	Válvula de Producto.		1
XV03	Válvula de Rechazo		1
LSL200	Control de Nivel Cisterna 3	1	
LSL201			
AL01	Alarma Cisterna Llena		1
AL02	Cloro en Línea		1
AL03	Baja Presión en Bomba de Alta		1
AL04	Alta Presión en Bomba de Alta		1
AL05	Falta de Aire Comprimido		1
AL06	Alarma Bajo Nivel en Tanque de Alimentación		1
<b>TOTAL:</b>		<b>8</b>	<b>13</b>
<b>TOTAL I/O:</b>		<b>10</b>	<b>16</b>

**Tabla 4.5.** Lista de entradas y salidas.

De la tabla 4.5., se puede observar las entradas y salidas necesarias que requiere el controlador lógico programable; es por ello que a partir de ello se selecciona el siguiente PLC con su módulo de expansión de entradas y salidas:

#### PLC

Marca	:	Schneider Electric
Modelo	:	Zelio – Relé
Tipo	:	SR3B261FU
Entradas Digitales	:	16
Salidas Digitales	:	10
Alimentación	:	220Vac.

#### Extensión I/O

Marca	:	Schneider Electric
Tipo	:	SR3XT141FU
Entradas Digitales	:	8
Salidas Digitales	:	6
Alimentación	:	220Vac.

#### **4.6.1.6. Otros componentes.**

Además de los componentes detallados, se instaló una fuente de alimentación de 24Vdc para alimentar los transmisores de flujo,

conductividad y ORP. También se instalaron relés encapsulados, los cuales fueron empleados como interfaz entre el PLC y los elementos finales de control tales como las electroválvulas, motores, etc.

#### **4.6.2. Tablero secundario.**

Este tablero contiene exclusivamente componentes para el arranque de nuestra bomba de alimentación.

##### **4.6.2.1. Selección del arrancador suave.**

Para este motor se decidió utilizar un arrancador suave, debido a que no era necesario controlar el caudal de la bomba y sólo se requería de mantener un arranque y una parada suave, sin excesivo sobresalto y reduciendo los picos de corriente.

Nuestra bomba de alimentación posee un motor eléctrico con las siguientes características principales:

Tipo de motor	:	132SD.
Alimentación	:	Trifásica.
Tensión	:	220Vac.
Potencia	:	2,2KW
Corriente nominal	:	25,5 – 23,2

Factor de potencia : 0,90 – 0,79

Con estos datos se selecciona el siguiente arrancador suave:

Marca : Schneider Electric  
 Modelo : ATS01N212L  
 Potencia : 2,2KW  
 Conexión : Trifásica  
 Alimentación : 220Vac  
 Corriente : 12A

#### 4.6.2.2. Selección del guardamotor.

Para seleccionar el guardamotor de la bomba de alimentación, empleamos el dato de corriente calculado en la tabla 4.4 (cuadro de cargas - selección de interruptores termomagnéticos), antes del factor de seguridad, el cual es el siguiente:

$$I = 6,96A \dots \dots \dots (4.4)$$

Con este dato seleccionamos un guardamotor cuyo rango de regulación contenga este valor de corriente, por lo tanto nuestro guardamotor presenta las siguientes características:

Marca	:	Telemecanique
Modelo	:	GV2ME14
Tensión	:	3x220 Vac
Regulación de corriente	:	6A – 10A

Con todos los componentes mencionados se ensambla los tableros principal y secundario como indican los planos eléctricos mostrados en el anexo 1- planos; los cuales deben ser distribuidos como se observa en la figura 4.18 y 4.19.

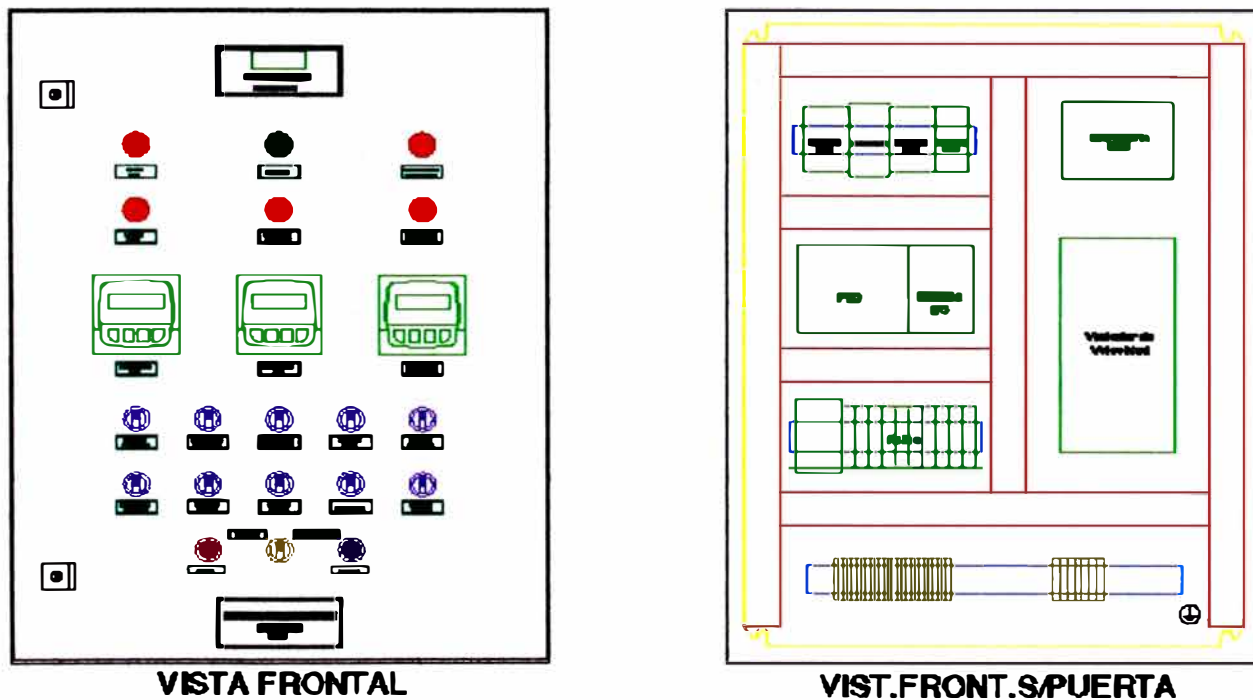
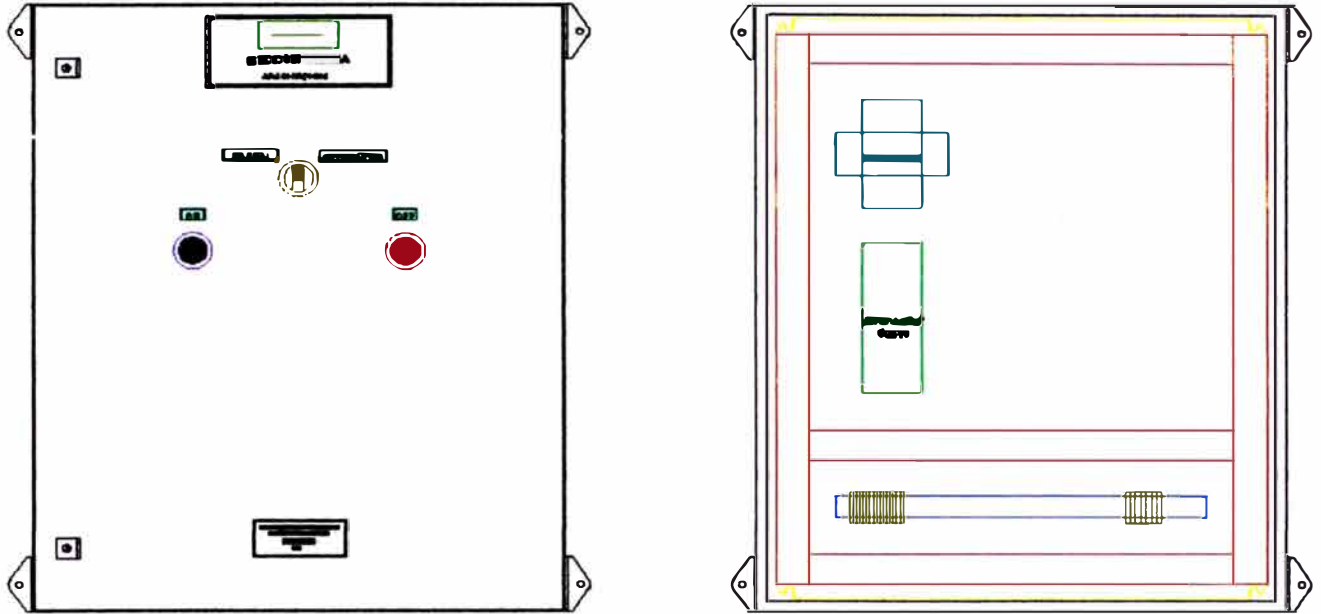


Figura 4.18. Vistas del tablero principal.



**Figura 4.19.** Vistas del tablero secundario.

#### **4.7. Montaje del sistema de ósmosis inversa.**

##### **4.7.1. Estructura metálica.**

Nuestro equipo de ósmosis inversa será montado sobre una estructura metálica fabricada con los siguientes materiales:

- Marco Inferior de 3811mm x 1200mm.

Tubo cuadrado de 4"x1/8" para estructura fabricado con acero al carbono laminado en caliente – Aceros Arequipa. Norma: ASTM A500.

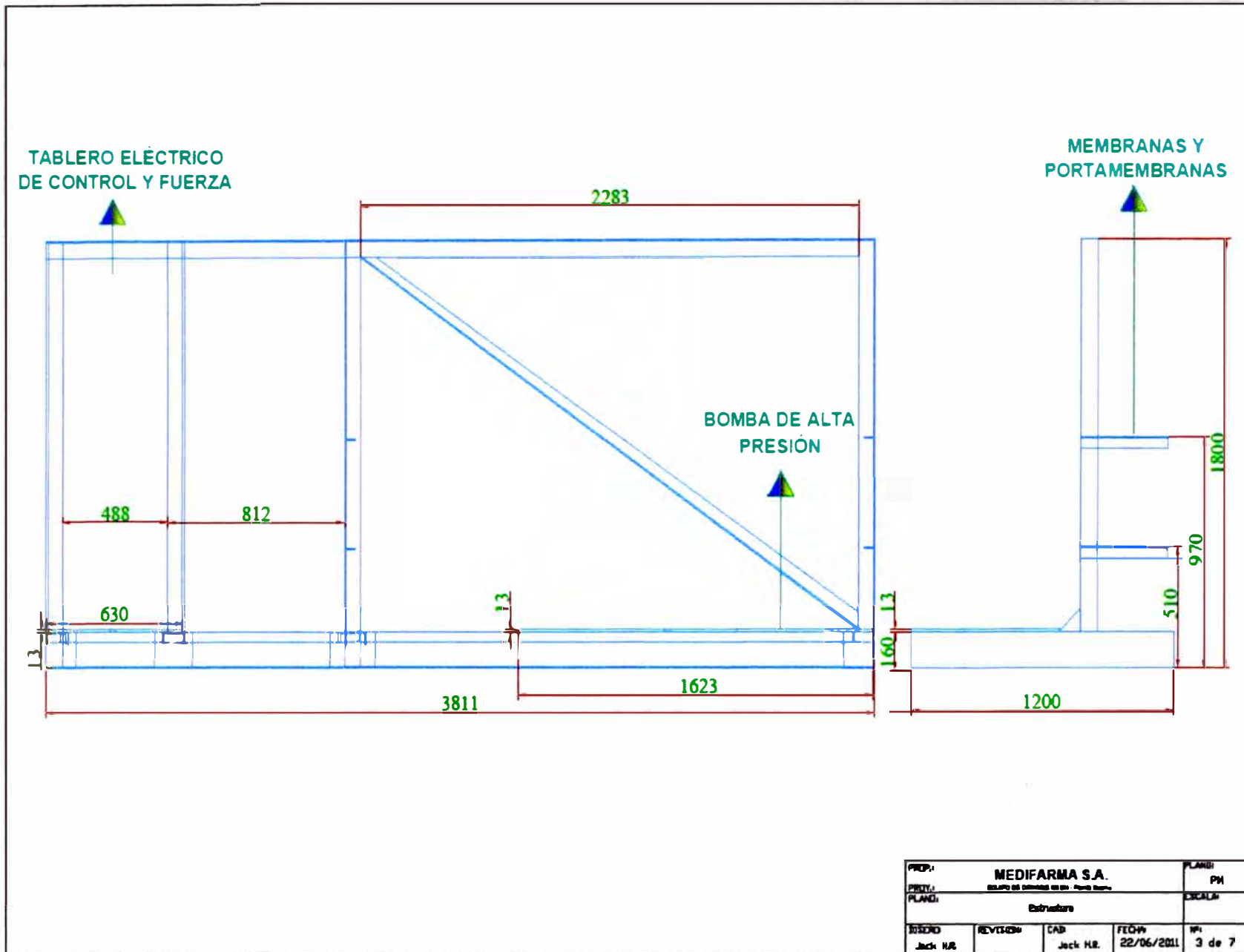
- Marco Superior de 3811mm x 1200mm.  
Producto de acero laminado en caliente en forma de “C” de 6”x2” – Aceros Arequipa. Norma: ASTM A36.
- Marco Vertical 3811mmx1800mm.  
Ángulo de acero laminado de 3”x3”x1/4” – Aceros Arequipa. Norma: ASTM A36.
- Planchas de 1000mmx1200mm.  
Plancha de acero laminado en caliente con bordes de laminación con espesor de 1/2” – Aceros Arequipa. Norma: ASTM A36.

La estructura metálica es ensamblada como indica el esquema mostrado en la figura 4.20.

Una vez ensamblada la estructura se cubre con pintura zincromato para protegerla de la corrosión y una capa de pintura esmalte como acabado.



Figura 4.20. Estructura metálica.



#### **4.7.2. Tuberías y accesorios.**

##### **4.7.2.1. Tuberías y accesorios de PVC.**

Son empleadas para el agua de ingreso y el agua de permeado; es decir para aquellas aplicaciones donde el agua este expuesta a altas presiones. Las especificaciones son:

Tuberías y Accesorios	:	PVC – SCH80
Marca	:	Georg Fischer
Diámetro	:	2”
Presión Máxima	:	27,5 bares
Conexión	:	Tipo embone

##### **4.7.2.2. Tuberías y accesorios de acero inoxidable.**

Son empleadas para el agua de rechazo; debido a que esta soporta mayores presiones. Las especificaciones son:

Tuberías y Accesorios	:	SS304 – SCH 40
Marca	:	Ta-chen
Diámetro	:	2”
Presión Máxima	:	bares
Conexión	:	Soldable

### 4.7.3. Montaje.

Una vez completado todos los materiales, equipos y accesorios se procede a montar el equipo; el cual una vez culminado debe mostrarse como la figura 4.22.

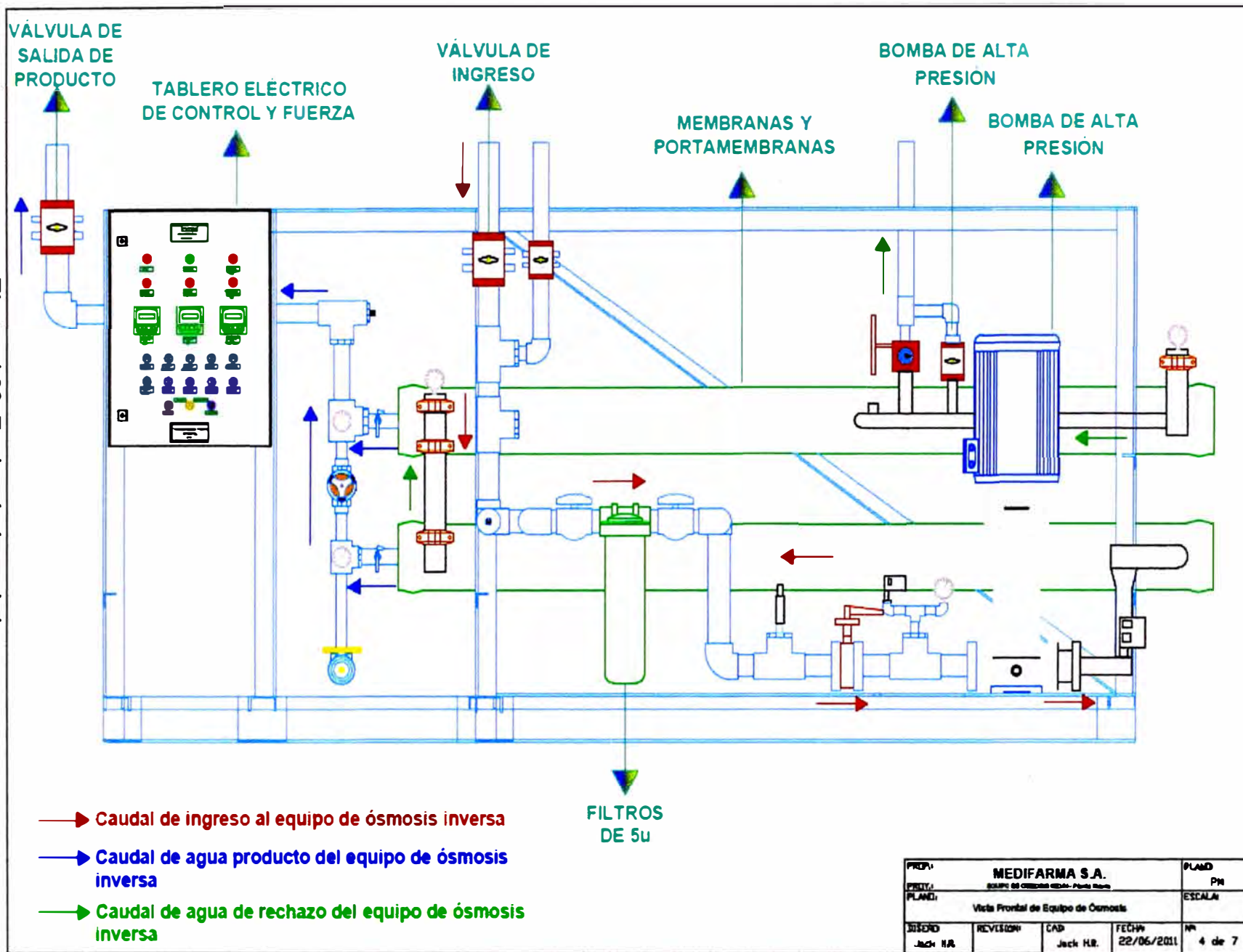
Con la estructura metálica, las tuberías, accesorios y los componentes descritos, se monta el equipo como se muestran en las figuras 4.21.



**Figura 4.21.** Estructura metálica, bomba de alta presión, housing y tuberías de acero inoxidable.

En la figura 4.21, se aprecia la estructura metálica; sobre ella están montados nuestros housing (Portamembranas) y nuestra bomba de alta presión. Además se muestra las conexiones realizadas, desde la bomba hacia a los housing, en acero inoxidable SS304 – SCH 40.

Figura 4.22. Equipo de ósmosis inversa.



También se monta sobre la estructura el tablero principal detallado en la sección 4.6. y finalmente se ensambla las tuberías de ingreso de caudal con las tuberías de PVC - SCH80 con sus accesorios, los portafiltros, los sensores, los manómetros, las bombas dosificadoras de químicos obteniendo nuestro equipo ensamblado tal como se muestra en la figura 4.23.



**Figura 4.23.** Equipo de ósmosis inversa ensamblado.

#### **4.8. Instalación de suministros.**

El sistema requiere de tres suministros principales para que pueda operar de manera correcta estos son: energía eléctrica, aire comprimido y el agua de rechazo del equipo Accuaproduct.

#### 4.8.1. Energía eléctrica.

Para energizar nuestro sistema y seleccionar el cable adecuado, partimos de la corriente nominal seleccionado para nuestro interruptor termomagnético principal (sección 4.6.1.4), el cual es 50A. Con este dato podemos seleccionar el siguiente cable.

Marca	:	Indeco
Tipo	:	THW90
Calibre	:	8AWG
Amperaje en ducto	:	56A
Sección	:	8,4 mm <sup>2</sup>

Con estos datos verificamos nuestra caída de tensión:

$$c. d. t. = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{S} \dots\dots\dots(4.5)$$

Donde:

c.d.t.	:	Caída de tensión.
$\rho$	:	Resistividad del cobre ( $1,71 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ ).
L	:	Longitud del cable (50m).
I	:	Intensidad de corriente (50A).

S : Sección del cable (8,4 mm<sup>2</sup>).

cosØ : Factor de potencia (0,85).

Reemplazando los datos en la ecuación tenemos que:

$$\text{c.d.t.} = 7,5\text{V} \dots\dots\dots(4.6)$$

Nuestra tensión en el tablero de distribución es de 230V; entonces considerando la caída de tensión, el voltaje que alimenta nuestro sistema sería de 223V, el cual no generaría ningún inconveniente.

#### **4.8.2. Aire comprimido.**

Nuestro sistema requiere de un mínimo caudal de aire comprimido; ya que son pocos los componentes neumáticos instalados dentro del mismo. Es por ello que se instaló una línea de aire comprimido de ½" en Fe galvanizado desde la línea principal más cercana, no tendiendo mayor inconveniente en su derivación y posterior alimentación al sistema.

#### **4.8.3. Agua de rechazo del equipo Accuaproduct.**

Para alimentar el agua de rechazo a nuestro sistema se empleó un tanque de almacenamiento de 5000 l (ver figura 4.24); donde se almacena previamente el agua de rechazo.



**Figura 4.24.** Tanque de almacenamiento.

Para abastecer este tanque, se tendió una tubería desde el equipo Accuapduct con tubería y accesorios de PVC-SCH80. Cabe mencionar que el agua depositada en este sistema previamente es clorinada para evitar cualquier tipo de contaminación. Para alimentar nuestro sistema de ósmosis desde este tanque se emplea la bomba de alimentación (ver figura 4.25) con su respectivo tablero de fuerza secundario (ver figura 4.26) y controlado desde el tablero de control principal; de la misma forma se tendió una tubería de PVC-SCH80 desde el tanque de alimentación hasta nuestro equipo de ósmosis inversa; el cual permite el ingreso del agua a recuperar a nuestro equipo de ósmosis inversa. Además de la presión de nuestra bomba alimentación, se tiene una altura de presión de aproximadamente 7 m.





**Figura 4.25.** Tanque de almacenamiento.



**Figura 4.26.** Tanque de almacenamiento.

#### **4.9. Operación y lógica de control.**

El sistema de control automático cuenta con un PLC marca Schneider Electric – ZELIO SR3B261FU para el encendido – apagado y el sistema de alarma.

##### **4.9.1. Operación.**

El sistema de Osmosis Inversa presenta dos tipos de encendido, en forma automática y en forma manual.

En forma manual, el equipo de Osmosis Inversa se tendrá que encender a través de los selectores; al realizar el encendido de esta manera, el PLC no entra en funcionamiento y por ende los sistemas de alarmas y otras automatizaciones no están habilitados.

En forma automática, el equipo de Osmosis Inversa se encenderá y se apagará en forma automática por nivel de cisterna llena, tanque de alimentación vacío o cuando alguna otra alarma se active. A continuación se detalla el funcionamiento.

**Encendido** - selector de 3 posiciones, este selector define si la operación es manual automático.

**1) Manual.** En la posición MANUAL, los componentes del equipo pueden funcionar con la activación de sus respectivos selectores, numerados a continuación:

- a) Bomba de Alimentación.
- b) Dosificador de Metabisulfito.
- c) Dosificador de Antiincrustante.
- d) Válvula de Ingreso.
- e) Bomba de Alta Presión.
- f) Dosificador de Hipoclorito.
- g) Válvula de Producto.
- h) Válvula de Rechazo.

En MANUAL, cualquier equipo puede activarse en cualquier momento, sólo con la activación de su respectivo selector, por ello queda a responsabilidad del operador su manejo en este tipo de operación. Se indica también que en este estado todas las activaciones y desactivaciones por alarma no está operativos.

Además de ello el tablero de la bomba de alimentación de agua, contiene un selector de 3 posiciones, lo cuales representan MANUAL – 0 AUTOMÁTICO. En la posición MANUAL, la bomba podrá encenderse y apagarse desde su propio tablero con los pulsadores ON y OFF, respectivamente. En la posición AUTOMATICO, la bomba queda a

disponibilidad del Tablero Principal de Control y Fuerza del Equipo de Osmosis Inversa, donde se podrá controlar en forma manual o automática desde este tablero.

## **2). Automático.**

Al posicionar el selector en automático, el equipo queda listo para operar en este estado solamente con la orden del pulsador START. El equipo se acciona con el pulsador START y se detiene con el pulsador STOP.

La secuencia que sigue el PLC es el siguiente:

### ARRANQUE INICIAL o ARRANQUE DESPUES DE LEVANTAMIENTO DE ALARMAS:

- a). Al encender el pulsador START, se accionan simultáneamente los dosificadores de metabisulfito y antiincrustante, a su vez se abren las válvulas neumáticas de ingreso y rechazo.
  
- b). Luego de 5 segundos arranca la bomba de alimentación, donde por un lapso de 30 segundos, cuya finalidad es limpiar el agua acumulada en la parte externa de las membranas (hace un barrido).

- c). Concluido ese tiempo se enciende la bomba de alta presión junto al dosificador de cloro que inyecta a la línea de producto para hacer un barrido final por 10 segundos.
  
- d). Finalmente culminado este lapso se cierra la válvula neumática de rechazo para iniciar con la producción de agua.

**APAGADO o INTERRUPCIÓN POR ALARMA:**

En caso de pulsar el botón STOP o haya presencia de alarma, el equipo se detendrá realizando la siguiente secuencia:

- a). Instantáneamente se apaga la bomba de alta presión junto al dosificador de cloro y se abre la válvula neumática de rechazo.
  
- b). Transcurrido 5 segundos se detiene la bomba de alimentación
  
- c). Pasado los 30 segundos se cierran las válvulas de ingreso, rechazo y se detienen las bombas dosificadoras de cloro y antiincrustante. Aquí el equipo queda en stand by esperando se levante la alarma o se presione nuevamente el pulsador START, según sea el caso.

#### **4.9.2. Alarmas.**

***CISTERNA LLENA: señalización***, esta luz de señalización indicará cuando el control de nivel alto detecten que la cisterna N° 3 se encuentra lleno y el equipo de Osmosis Inversa comienza la secuencia de apagado, cuando el control del nivel bajo detecte que el nivel esta bajo se apagará la luz de señalización y el equipo de Osmosis Inversa se encenderá.

***TANQUE VACIO: señalización***, esta luz de señalización indicará cuando el control de nivel bajo detecten que el tanque de almacenamiento se encuentre vacío y el equipo de Osmosis Inversa comienza la secuencia de apagado, cuando el control del nivel alto detecte que el nivel está lleno se apagará la luz de señalización y el equipo de Osmosis Inversa se encenderá.

***AUTOMÁTICO: señalización***, esta luz de señalización indicará que el equipo está operando en modo automático.

***BAJA PRESIÓN BOMBA DE ALTA: señalización alarma***, esta luz de señalización indicará cuando el sensor de presión que se encuentra en la succión de la Bomba de Alta detecte menos de 10 PSI, cuando se presente esta caída de presión se apagará el equipo de Osmosis Inversa.

**CLORO EN LÍNEA: señalización alarma**, esta luz de señalización indicará cuando el sensor de ORP detecte cloro en línea, cuando detecte cloro en línea el equipo de Osmosis Inversa se apagará.

**FALLA EN AIRE COMPRIMIDO: señalización alarma**, esta luz de señalización indicará cuando el sensor de presión detecte una baja presión en el aire comprimido. Cuando se presente esta caída de presión se apagará el equipo de Osmosis Inversa.

**ALARMA ALTA PRESIÓN: señalización alarma**, esta luz de señalización indicará cuando el sensor de presión que se encuentra en la descarga de la Bomba de Alta detecte mayor 300 PSI, cuando se presente este incremento de presión tendrá que apagar el equipo de Osmosis Inversa.

#### 4.10. Prueba del sistema de ósmosis inversa.

Descripción	Valor
PI01 - Presión ingreso a Filtros de 25u(psi)	70
PI02 - Presión ingreso a Filtros de 5u(psi)	66
PI03 - Presión de ingreso a bomba de alta(psi)	60
<b>CE01 - Conductividad de agua de alimentación (µS/cm)</b>	<b>1924.3</b>
AE01 - Medición de cloro en línea – ORP (mV)	+153
PSL300 - Ajuste de presostato de Baja Presión (psi / Δ psi)	30/5
PSH301 - Ajuste de presostato de Alta Presión (psi / Δ psi)	170/ 5
Frecuencia del Variador de velocidad (Hz)	58
PI04 - Presión de ingreso a 1ra etapa(psi)	145
PI08 - Presión de ingreso a 2da etapa(psi)	105
PI07 – Presión de concentrado(psi)	80
<b>FE01 - Flujo Agua producto (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>6.1</b>
<b>FE02 - Flujo de Agua de rechazo (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>2.8</b>
<b>CE02 - Conductividad de agua producto (µS/cm)</b>	<b>58.2</b>

**Tabla 4.6.** Parámetros de operación.

Una vez implementado e instalado el sistema, se procedió con el encendido del equipo, verificando el cumplimiento de la lógica de control y así como también los parámetros de importancia tales como ORP, conductividad, flujo y presiones en el sistema; cuyos datos se resumen en la tabla 4.6 (estos datos fueron extraídos directamente de los equipos de medición del equipo).

<b>Tasa de Recuperación</b>		<b>Tasa de Separación</b>	
<b><i>Qa(m<sup>3</sup>/h):</i></b>	6,1	<b><i>Ca(uS/cm):</i></b>	1924,3
<b><i>Qp(m<sup>3</sup>/h):</i></b>	8,9	<b><i>Cp(uS/cm):</i></b>	58,2
<b><i>Tasa (%):</i></b>	68,5	<b><i>Tasa (%):</i></b>	97

**Tabla 4.7.** Tasas de recuperación y separación.

De los datos observados anteriormente se obtienen las tasas de recuperación y separación (tabla 4.7.); los cuales representan la eficiencia del sistema en cuanto a cantidad y calidad del agua.



## CAPÍTULO V

### ESTUDIO ECONÓMICO

#### 5.1. Costos de instalación del equipo

##### 5.1.1. Costos por mano de obra.

Para el montaje, ensamble, cableado, instalación y conexión del equipo, se necesitó de una mano de obra calificada; cuyos costos se resumen en la tabla 5.1.

TRABAJO	PROVEEDOR	TOTAL(\$)	TOTAL(S/.)
Armado de Tablero	TESEL	\$ 251,85	S/. 680,00
Soporte de Filtros	Servicios en Acero Inoxidable	\$ 103,70	S/. 280,00
Conexión Eléctrica y Neumática	ACOIELSAC	\$ 369,48	S/. 997,59
Instalación de Tuberías	ASENFLO	\$ 504,98	S/. 1.363,45
<b>TOTAL:</b>		<b>\$ 1.230,01</b>	<b>S/. 3.321,04</b>

**Tabla 5.1.** Costos por mano de obra.

##### 5.1.2. Costos por materiales.

Todos los componentes fueron adquiridos directamente por Medifarma; es por ello que en la tabla 5.2. se muestra el resumen de sus costos.

	CANT.	P. Unitario(\$)	P. Unitario(S/.)	Total(\$)	Total(S/.)
Bomba CRI 10 - 10	1	\$ 2.534,62	S/. 7.096,94	\$ 2.534,62	S/. 7.096,94
Bomba CRI 10 - 03	1	\$ 1.204,69	S/. 3.373,13	\$ 1.204,69	S/. 3.373,13
Portamembranas	2	\$ 4.176,00	S/. 11.692,80	\$ 8.352,00	S/. 23.385,60
Membranas	6	\$ 634,10	S/. 1.781,81	\$ 3.804,58	S/. 10.690,86
Estructura	1	\$ 2.135,23	S/. 6.000,00	\$ 2.135,23	S/. 6.000,00
Instrumentación				\$ 5.858,00	S/. 16.402,40
Válvulas Neumáticas				\$ 952,94	S/. 2.668,23
Electroválvulas	4	\$ 229,35	S/. 642,18	\$ 917,40	S/. 2.568,72
Filtros	4	\$ 38,43	S/. 108,00	\$ 153,74	S/. 432,00
Portafiltros	4	\$ 112,10	S/. 315,00	\$ 448,40	S/. 1.260,00
Variador	1	\$ 520,00	S/. 1.456,00	\$ 520,00	S/. 1.456,00
Reactancia de Línea	1	\$ 117,45	S/. 328,86	\$ 117,45	S/. 328,86
Dosificadores y Tanques				\$ 2.504,57	S/. 7.012,80
Presostatos				\$ 266,72	S/. 746,82
Componentes de Tablero Eléctrico				\$ 1.076,62	S/. 3.014,55
Guardamotor, Arrancador, PLC				\$ 678,73	S/. 1.900,44
Manómetros				\$ 145,80	S/. 408,24
Material en Acero Inoxidable				\$ 571,47	S/. 1.600,12
Material en PVC				\$ 851,42	S/. 2.383,98
			<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 33.094,38</b>	<b>S/. 92.729,68</b>

**Tabla 5.2. Costos por materiales**

### 5.1.3. Resumen de costos totales por instalación del equipo.

En las tablas 5.1. y 5.2. se muestran, en forma separada, los costos realizados tanto por mano de obra como material. En la tabla 5.3., se puede observar nuestra inversión total realizada para montar el equipo en nuestras instalaciones y por nuestro propio equipo de ingeniería.

	COSTO (\$)	COSTO (S/.)
<b>MATERIALES</b>	\$ 33.094,38	S/. 92.729,68
<b>MANO DE OBRA</b>	\$ 1.230,01	S/. 3.321,04
<b>TOTAL EQUIPO</b>	<b>\$34.324,39</b>	<b>S/. 96.050,72</b>

**Tabla 5.3. Resumen del costo total.**

#### 5.1.4. Ahorro por instalación del equipo en Medifarma.

La implementación del equipo se desarrollo íntegramente en nuestras instalaciones con la supervisión del departamento de proyectos, adquiriendo en forma directa los componentes necesarios para su instalación; es por ello que se generó un ahorro, el cual se muestra en la tabla 5.4. y la gráfica 5.1.

CUADRO DE AHORRO			
	COSTO (\$)		COSTO (S/.)
<b>ACCUAPRODUCT</b>	\$	48.900,00	S/. 136.920,00
<b>MEDIFARMA</b>	\$	34.324,39	S/. 96.050,72
<b>AHORRO</b>	\$	14.575,61	S/. 40.869,28

<b>PORCENTAJE DE AHORRO</b>	<b>30%</b>
-----------------------------	------------

Tabla 5.4. Ahorro por instalación.

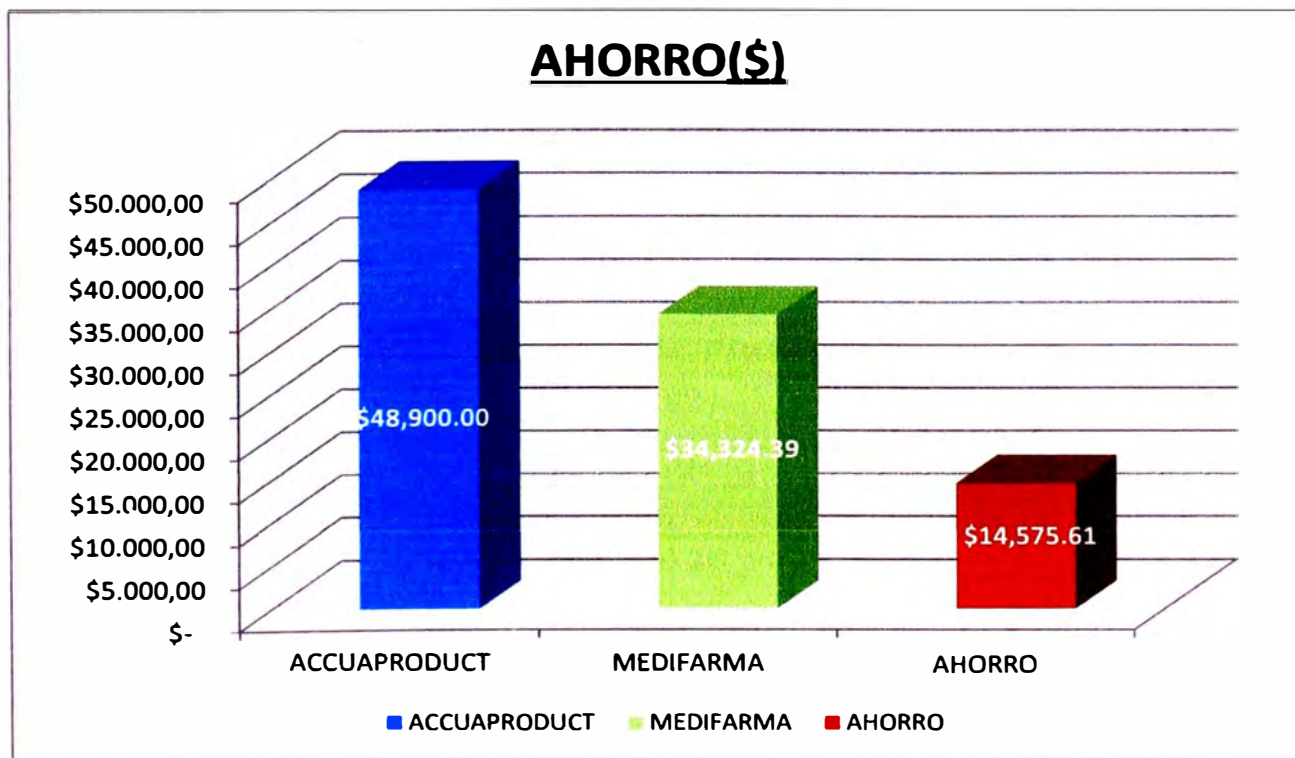


Gráfico 5.1. Ahorro por instalación.

### 5.2. Costos por instalación de suministros.

Para que el equipo entre en operación es necesario la instalación de suministros tales como: aire comprimido, alimentación eléctrica, desagüe y el ingreso del agua a recuperar. El resumen de estos costos se muestra en la tabla 5.5., considerando tanto los materiales como la mano de obra.

<b>COSTO POR SUMINISTROS</b>		
	<b>COSTO (\$)</b>	<b>COSTO (S/.)</b>
<b>MATERIALES</b>	\$ 671,22	S/. 1.879,42
<b>MANO DE OBRA</b>	\$ 961,07	S/. 2.594,88
<b>TOTAL SUMINISTROS</b>	<b>\$ 1.632,29</b>	<b>S/. 4.474,30</b>

Tabla 5.5. Costos por suministros.

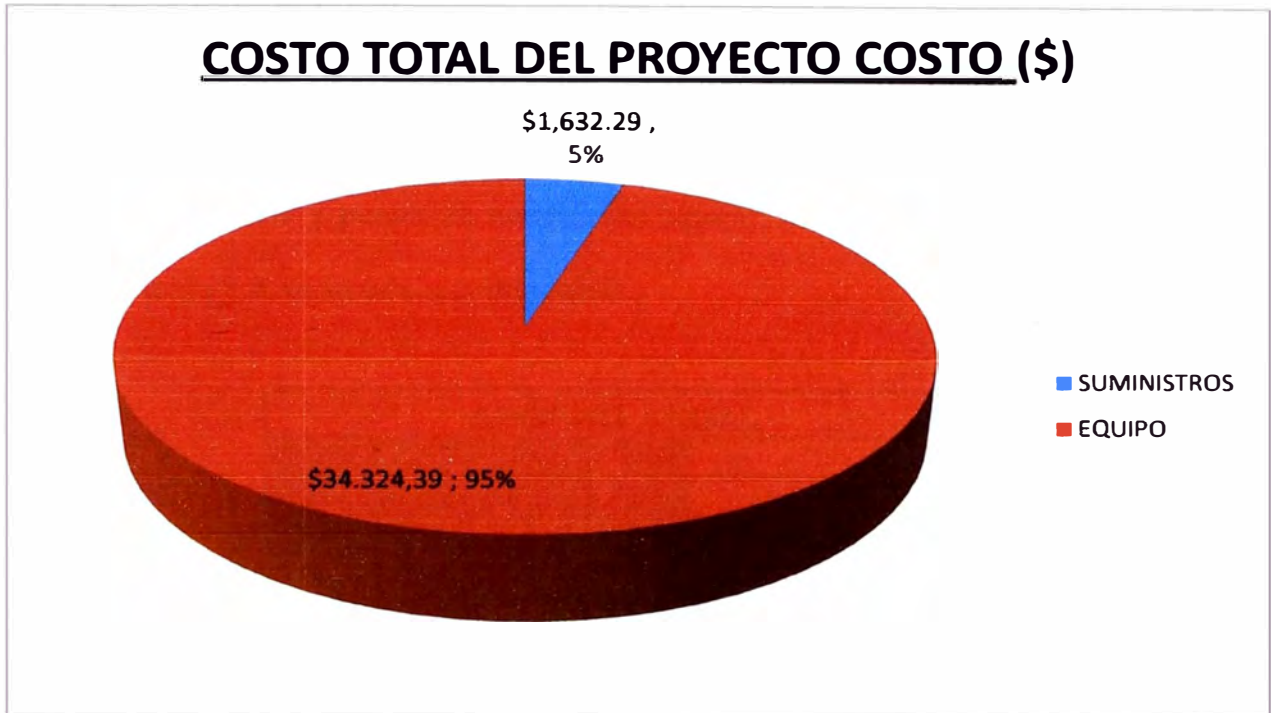
### 5.3. Costo total del proyecto.

El costo total del proyecto incluye los costos realizados por la implementación del equipo y la instalación de los suministros; es por ello que de las tablas anteriores elaboramos un cuadro resumen de la inversión total realizada para el desarrollo del proyecto, los cuales se detallan en la tabla 5.6. y el gráfico 5.2.

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		
	<b>COSTO (\$)</b>	<b>COSTO (S/.)</b>
<b>SUMINISTROS</b>	\$ 1.632,29	S/. 4.407,18
<b>EQUIPO</b>	\$ 34.324,39	S/. 92.675,85
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 35.956,68</b>	<b>S/. 97.083,04</b>

Tabla 5.6. Costo total del proyecto.

Del gráfico 5.2. se observa que la instalación de suministros sólo representan el 5 % del costo total del proyecto.



**Gráfico 5.2.** Costo total del proyecto.

#### 5.4. Ahorro por recuperación del agua de rechazo del equipo Accuaproduct.

##### 5.4.1. Pérdidas antes de la recuperación.

La concepción del proyecto se dio debido a que nuestras pérdidas por desecho de agua eran considerables, estas pérdidas expresadas en valor monetario, se pueden apreciar en la tabla 5.7.

<b>PÉRDIDA ANUAL</b>	
<i>Costo de Agua x m<sup>3</sup>*</i>	S/. 2,50
<i>Rechazo(m<sup>3</sup>/h)**</i>	9
<i>Horas de Trabajo x Día***</i>	20
<i>Agua rechazada al año(m<sup>3</sup>)</i>	65700
<b><i>Pérdida(S/.)</i></b>	<b>S/. 164.250,00</b>

**Tabla 5.7.** Pérdidas anuales.

- \* Costo por m<sup>3</sup> de agua de pozo, asignado en el recibo mensual de la planta Medifarma –Ate.
- \*\* Dato extraído del transmisor de flujo instalado en el equipo Accuaproduct.
- \*\*\* Reporte diario de los técnicos de mantenimiento.

### 5.4.2. Ahorro con la recuperación.

El ahorro anual que se espera obtener, una vez finalizado la implementación y puesta en marcha del equipo de ósmosis inversa, se presenta en la tabla 5.8. mostrado a continuación.

<b>AHORRO ANUAL</b>	
<i>Costo de Agua x m3:</i>	S/. 2,50
<i>Recupera(m3/h)****</i>	6
<i>Horas de Trabajo x Día</i>	20
<i>Agua Recuperada al año(m3)</i>	43800
<b>Ahorro(S/.)</b>	<b>S/. 109.500,00</b>

**Tabla 5.8.** Ahorro anual.

### 5.5. Periodo de retorno de inversión.

Antes de ejecutar el presente proyecto, se evaluó el tiempo que tomará la recuperación de nuestra inversión; esta evaluación se resume en la tabla 5.9., mostrada a continuación.

<b>TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN</b>					
<b>Periodo(Trimestral)</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Inversión</b>	S/. 97.083,04				
<b>Mantenimiento y operación</b>		S/. 1.296,00	S/. 1.296,00	S/. 1.296,00	S/. 1.296,00
<b>Ahorro</b>		S/. 27.000,00	S/. 27.000,00	S/. 27.000,00	S/. 27.000,00
<b>Pendiente por recuperar</b>	S/. 97.083,04	S/. 97.083,04	S/. 71.379,04	S/. 45.675,04	S/. 19.971,04
<b>Saldo a Recuperar</b>	S/. 97.083,04	S/. 71.379,04	S/. 45.675,04	S/. 19.971,04	<b>S/. (5.732,96)</b>

**Tabla 5.9.** Periodo de retorno de inversión.

\*\*\*\* Dato extraído del transmisor de flujo instalado en el equipo de ósmosis inversa implementado.

Como se observa en la tabla 5.9, nuestra recuperación del capital se da en el 4to trimestre. Por ende a partir del año ya podemos generar ahorro en beneficio de la compañía.

## **CONCLUSIONES**

1. Se implementó un sistema de ósmosis inversa para la reutilización del agua dura (agua de rechazo), del equipo Accuaproduct; el cual se desarrolló completamente en las instalaciones de la empresa Medifarma S.A. a cargo del área de proyectos e ingeniería; logrando una recuperación del 60% del caudal rechazado con una concentración de sales reducida en 90% .
2. Se analizó la propuesta de diseño, realizado por nuestro proveedor, el cual por la calidad del agua de rechazo, cumplió con las características para ser tratado por un sistema de ósmosis inversa.
3. Se ensambló los componentes principales y secundarios del sistema desarrollados en la propuesta de diseño.
4. Se implementó los tableros de control y fuerza del sistema, cuya ingeniería y selección de componentes fue íntegramente desarrollada por el área de proyectos e ingeniería de Medifarma.
5. Se desarrolló la lógica de control del sistema, en un PLC Zelio de la marca Schneider Electric, mediante un programa de control secuencial en lenguaje ladder.



6. Se ahorró, por la implementación del equipo de ósmosis inversa dentro de nuestras instalaciones, la suma de S/. 40869.28, resultando más barato que una tercerización en un 30%.
  
7. Se generó un ahorro anual de S/. 109 500 por la reutilización del agua dura del equipo Accuaproduct.

## **BIBLIOGRAFIA**

- FARIÑAS IGLESIAS, Manuel. Osmosis Inversa. Fundamentos, tecnología y aplicaciones. Madrid: Mc Graw Hill, 1999.
- THE DOW CHEMICAL COMPANY. Dow Liquid Separations, Filmtec Reverse Osmosis Membranes. Technical Manual, January 2004.
- MUÑOZ ELGUERA, Aldo. Curso Internacional: Desalación de aguas para consumo humano e industrial, 10ma. Sesión. Diseño de sistemas de ósmosis inversa, 2010.
- CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación Industrial. México: Grupo Editor AlfaOmega, 1997.
- KATSUHIKO, Ogata. Ingeniería de Control Moderna. México: Prentice Hall, 1998.
- TECSUP, Controladores Lógicos Programables I. Especialización en Instrumentación y Control Industrial. Lima, 2010.

### **Tesis:**

- GARCÍA ARRAS Humberto, JARAMILLO GALÁN Artemisa – Medición de las competencias en el sector farmacéutico Mexicano: el caso de la industria dedicada a la investigación – Universidad de las Américas Puebla - 2004.

### **Ensayo:**

- CALDERÓN UJEDA, Humberto - Análisis de la Industria Farmacéutica Peruana 2010 – Calderón Ujeda Humberto – CENTRUM PUCP – TULANE UNIVERSITY.

**Páginas web:**

- [www.ifpma.org/](http://www.ifpma.org/) - Pagina web de la Federación Internacional de la Industria Farmacéutica.
- [www.infopl.net](http://www.infopl.net) – Automatización y control industrial.
- [www.schneider-electric.com.ar](http://www.schneider-electric.com.ar) – Manual y catálogo del electricista.
- <http://www.lenntech.es/biblioteca/osmosis-inversa/que-es-osmosis-inversa.htm> - ¿Qué es ósmosis inversa?
- [www.medifarma.com.pe](http://www.medifarma.com.pe) - Página web de la empresa Medifarma S.A.

**ANEXO 1 - PROPUESTA TÉCNICA ECONÓMICA  
ACCUAPRODUCT.**



**ACCUA PRODUCT**

*Sistemas de Tratamiento de Agua, Efluentes y Afines*

ACCUAPRODUCT S.A.C.

**D** Av. La Molina 1104 Ofic.  
302  
Lima - Perú  
**T** (511) 436-1400  
**F** (511) 436-2010  
**E** [ventas@accuaproduct.com](mailto:ventas@accuaproduct.com)  
**W** [www.accuaproduct.com](http://www.accuaproduct.com)

**PROYECTO:**

# **RECUPERACION DE AGUA DE CONCENTRADO DE OSMOSIS INVERSA**

**Capacidad: 6.5 m<sup>3</sup>/h**

## **Propuesta Técnica Económica**

**ATENCIÓN :** Ing. Vicente Sucasaire  
**TELEFONO :**  
**FECHA :** 23.02.11  
**N°REF. :** COT EQ011-0290



# ACCUAPRODUCT

Sistemas de Tratamiento de Agua, Efluentes y Afines

ACCUAPRODUCT S.A.C.

D Av. La Molina 1104 Ofic.  
302  
Lima - Perú  
T (511) 436-1400  
F (511) 436-2010  
E ventas@accuaproduct.com  
W www.accuaproduct.com

## 1. INTRODUCCION

**ACCUAPRODUCT SAC** tiene el agrado de hacerles llegar la propuesta técnica-económica por una Planta de Tratamiento de Agua para una producción de 6.5 m<sup>3</sup>/h o 156 m<sup>3</sup>/d

El objetivo principal del proyecto consiste en reducir la carga de minerales disueltos-TDS de una línea de agua de concentrado proveniente de un equipo de Osmosis inversa que dispone el cliente. La tecnología propuesta para la recuperación es por membranas de OSMOSIS INVERSA.

## 2. ANÁLISIS DEL AGUA CRUDA

El presente proyecto se ha elaborado en base al siguiente análisis físico-químico, estos datos fueron recopilados de la proyección del equipo de Osmosis inversa en operación:

Parámetros	Valor diseño
Origen	Agua de rechazo o concentrado
Turbidez	< 10 NTU
Cloruros ( mg Cl / L )	153
Nitratos (mg N/L)	9.73
Nitritos (Ausencia / Presencia)	NAnalizado-NI
Amoníaco (mg N/L)	NAnalizado-NI
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> / L)	861.00
Dureza de calcio (mg Ca / L)	321.00
Alcalinidad total (mg HCO <sub>3</sub> / L)	662.00
Fierro Total ( mg Fe / L )	NI
Sílice (mg SiO <sub>2</sub> /L)	40.00
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> / L)	543.00
Materia Organica (mg O <sub>2</sub> / L)	NI
Sólidos Disueltos Totales (mg / L)	1906.41
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	NAnalizado-NI
Coliformes Totales (NMP/100ml)	NAnalizado-NI
pH	7.1
Rango de temperatura (supuesto)	15° -18° C

### NOTA:

Algunos valores registrados como NI, así como otros iones no mostrados pueden afectar las características del Agua Tratada, para fines de garantía de calidad de Agua Tratada EL CLIENTE deberá proporcionar un análisis físico – químico detallada y actualizado del Agua Cruda



# ACCUAPRODUCT

Sistemas de Tratamiento de Agua, Efluentes y Afines

ACCUAPRODUCT S.A.C.

D Av. La Molina 1104 Ofic.  
302  
Lima - Perú  
T (511) 436-1400  
F (511) 436-2010  
E ventas@accuaproduct.com  
W www.accuaproduct.com

### 3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA TRATADA

Las características "esperadas" del agua tratada serían:.

Parámetros	Valor diseño
Origen	AGUA OSMOTIZADA
Turbidez	<1 NTU
Cloruros ( mg Cl / L)	< 10
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	< 20
Solidos Disueltos Totales-SDT (ppm)	< 50
Potencial de Hidrógeno, pH	<6
Residual de cloro, ppm	< 1.5 ppm

### 4. CONSIDERACIONES PARTICULARES DEL TRATAMIENTO DE AGUA

A continuación, en forma breve se resume el sistema propuesto:

1. Desinfección con Hipoclorito de Sodio utilizando una bomba dosificadora y sus respectivos accesorios: tanque, control de nivel;
2. Dosificación de Acido Clorhídrico utilizando una bomba dosificadora y sus respectivos accesorios, para la homogenización de los productos químicos estamos considerando un mezclador estático antes de que el agua ingrese al tanque de almacenamiento o de paso.;
3. Bomba de alimentación de agua cruda, fabricadas en AISI316 comandada desde el tablero principal del equipo de Osmosis inversa. Este bomba se encargará de presurizar todo el sistema así como realizar el retrolavado del filtro multimedios;
4. Filtración tipo cartucho para remoción de partículas mayores a 25 micras.
5. Dosificación de Bisulfito de Sodio para neutralizar el cloro residual antes de que ingrese a las membranas de Osmosis inversa, la dosificación se realizará mediante una bomba tipo diafragma para la inyección de bisulfito de sodio.
6. Dosificación de anti-incrustante para proteger a las membranas de incrustaciones de sales presentes en el agua fuente usando bomba tipo diafragma para la inyección del químico.
7. Microfiltración, usando filtros tipo cartucho cuya eficiencia de filtración es hasta 5 micras de porosidad nominal;
8. Osmosis Inversa, esta etapa es fundamental ya que nos permitirá obtener agua con menos de 50ppm (100 uS/cm) de TDS, esta unidad cuenta con los siguientes componentes: Bomba de alta presión, Portamembrana de FRP, Membranas de osmosis inversa tipo espiral fabricadas de poliamida, Instrumentos de control para monitoreo de pH, ORP, Conductividad ingreso/producto y Caudales de operación, todos estos componentes montados en un bastidor de acero al carbono pintado con acabados de pintura epóxica así como el gabinete de control y fuerza con grado de protección IP55.
9. Estación CIP para limpieza y sanitización de las membranas de Osmosis Inversa además sirve para realizar flush o enjuague de las membranas con agua osmotizada cada vez que la planta deje de operar o paradas largas como los fines de semana. El objetivo es evitar que haya agua cruda estancada que origina incrustación y contaminación microbiológica.
10. Dosificación de Hipoclorito de Sodio al agua tratada, provisto de una bomba dosificadora con sus respectivos accesorios de instalación.



# ACCUA PRODUCT

Sistemas de Tratamiento de Agua, Efluentes y Afines

ACCUAPRODUCT S.A.C.

D Av. La Molina 1104 Ofic.  
302  
Lima - Perú  
T (511) 436-1400  
F (511) 436-2010  
E ventas@accuaproduct.com  
W www.accuaproduct.com

## 5. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA

### 5.1. DESIFECCION Y CORRECCION DEL PH DEL AGUA CRUDA

Incluye:

#### \*BOMBA DOSIFICADORA DE HIPOCLORITO DE SODIO

Marca : IWAKI-USA  
Modelo : Serie EZ  
Capacidad : 2.5 lph  
Materiales : Cuerpo de PP, interno de Teflón  
Control : Una perilla para descarga de 0-100%



#### \*TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Marca : Pulsafeeder-USA  
Capacidad : 15 gln

#### \*BOMBA DOSIFICADORA DE ACIDO CLORHIDRICO

Marca : IWAKI-USA  
Modelo : Serie EZ  
Capacidad : 2.5 LPH  
Materiales : Cuerpo de PP, interno de Teflón  
Control : Panel digital



#### \*TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Marca : Pulsafeeder-USA  
Capacidad : 15 gln

### 5.2. SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CRUDA

Incluye:

Fabricante : GRUNDFOS-DINAMARCA  
Modelo : CNR10-3  
Cantidad : Una (1) Unidad

#### **Especificaciones**

- Capacidad :
  - Servicio : 9.5 m<sup>3</sup>/h @ 41 m
- Material : Cuerpo & Impelentes en Acero Inoxidable 316
- Energía : [220] V / Trifásico / 60 Hz / 2.2 kW





# ACCUA PRODUCT

Sistemas de Tratamiento de Agua, Efluentes y Afines

ACCUAPRODUCT S.A.C.

D Av. La Molina 1104 Ofic.  
302  
Lima - Perú  
T (511) 436-1400  
F (511) 436-2010  
E ventas@accuaproduct.com  
W www.accuaproduct.com

## 5.3. MICROFILTRACION

### FILTRO TIPO CARTUCHO

Marca : Pentek-USA  
Modelo : WP25BB20P  
Dimensiones : 4.5" x 20"  
Porosidad : 25 micras  
Material : Polipropileno  
Cantidad : 02 und

### PORTAFILTRO

Marca : Pentek-USA  
Modelo : BigBlue#20  
Dimensiones : 7" x 25" aprox.  
Conexiones : 1.5" in/out  
Material : Polipropileno/PVC  
Cantidad : 02 und

## 5.4. NEUTRALIZACION DE CLORO RESIDUAL

Incluye:

### \*BOMBA DOSIFICADORA DE BISULFITO DE SODIO

Marca : IWAKI-USA  
Modelo : Serie EZ  
Capacidad : 2.5 lph  
Alimentación : 220V/1 fase / 60 Hz / 0.15kW  
Materiales : Cuerpo de PP, interno de Teflón  
Control : Una perilla para descarga de 0-100%

Incluye:

### \*TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Marca : Pulsafeeder-USA  
Capacidad : 15 gln

### \*CONTROL DE NIVEL

### \*AGITADOR 1/20 hp





# ACCUA PRODUCT

Sistemas de Tratamiento de Agua, Efluentes y Afines

ACCUAPRODUCT S.A.C.

D Av. La Molina 1104 Ofic.  
302  
Lima - Perú  
T (511) 436-1400  
F (511) 436-2010  
E ventas@accuaproduct.com  
W www.accuaproduct.com

## 5.5. CONTROL DE INCRUSTACION DE LAS MEMBRANAS

### \*BOMBA DOSIFICADORA DE ANTIINCRUSTANTE

Fabricante : IWAKI-USA  
Modelo : Serie EZ  
Capacidad : 2.5 LPH  
Energía : 220 V / Monofasica / 60 Hz / 0.15kW  
Incluye :



### \*TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Marca : Pulsafeeder-USA  
Capacidad : 15 gln

### \*CONTROL DE NIVEL

## 5.6. MICROFILTRACION

Incluye:

### PORTAFILTROS

Marca : PENTEK  
Modelo : BigBlue #20  
Conexiones : 1-1/2" in/out  
Material : Polietileno  
Cantidad : 02 und

### FILTROS TIPO CARTUCHO

Marca : PENTEK  
Modelo : WP5BB20P  
Material : Polypropileno  
Porosidad : 5 micras  
Capacidad : 7.2 m3/h  
Cantidad : 02 und

## 5.7. EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA

Fabricante : Accuaproduct  
Modelo : AP RO440-8-120  
Flujo de alimentación : 9.5 m3/h  
Flujo de servicio : 6.5 m3/h  
% eficiencia : 75%  
Alimentación eléctrica: 220V/3F/60hz

Incluye:

### MEMBRANAS DE OSMOSIS INVERSA,

Marca : Filmtec-USA  
Cantidad : 06 und  
Material : Poliamida arrollada en espiral  
Modelo : Baja presión, de 8"x 40"



### PORTAMEMBRANA

Marca : Code Line  
Cantidad : 02 und  
Material : FRP (Fibra de vidrio)  
Capacidad : 03 membranas de 8"x 40"





# ACCUA PRODUCT

Sistemas de Tratamiento de Agua, Efluentes y Afines

ACCUAPRODUCT S.A.C.

D Av. La Molina 1104 Ofic.  
302  
Lima - Perú  
T (511) 436-1400  
F (511) 436-2010  
E ventas@accuaproduct.com  
W www.accuaproduct.com

## BOMBA DE ALTA PRESIÓN

Marca : GRUNDFOS -DINAMARCA  
Modelo : CRN 10-10  
Cantidad : 01 und  
Energía : [220] V / Trifásico / 60 Hz / 7.5 kW



## PANEL DE CONTROL DE PARAMETROS

Incluye:

- Transmisor de Conductividad de doble canal  
Marca : GF Signet-USA  
Cantidad : 01 und
- Sensor de Conductividad  
Marca : GF Signet-USA  
Cantidad : 02 und  
Ubicación : alimentación y producto
- Transmisor de pH/ORP  
Marca : GF Signet-USA  
Cantidad : 02 und
- Sensor de ORP  
Marca : GF Signet-USA  
Cantidad : 01 und  
Ubicación : alimentación
- Sensor de pH  
Marca : GF Signet-USA  
Cantidad : 01 und  
Ubicación : alimentación
- Transmisor de caudal de doble canal  
Marca : Gf Signet-USA  
Cantidad : 01 und
- Turbinas de caudal  
Marca : GF Signet-USA  
Cantidad : 02 und  
Ubicación : Producto y rechazo



## BASTIDOR METALICO

Material : Acero al carbono, pintura al horno  
Para soportar todos los componentes con excepción de las bombas  
Dosificadoras, tanques de químicos y estación CIP

## GABINETE DE FUERZA Y CONTROL

Material : Metálico  
Dimensiones : 800 mm x 600 mm x 900 mm  
Protección : IP55

Incluye

Microcontrolador –LOGO Siemens  
Módulos de expansión-LOGO Siemens  
Panel acrílico de leds con diagrama de flujo del sistema  
Materiales eléctricos para arranque de Bombas: alimentación, cip, alta presión  
Y dosificadoras



# ACCUA PRODUCT

Sistemas de Tratamiento de Agua, Efluentes y Afines

ACCUAPRODUCT S.A.C.

**D** Av. La Molina 1104 Ofic.  
302  
Lima - Perú  
**T** (511) 436-1400  
**F** (511) 436-2010  
**E** ventas@accuaproduct.com  
**W** www.accuaproduct.com

## CAÑERÍAS DE DISTRIBUCION DE AGUA

Las cañerías de baja presión serán de PVC, SCH80 GeorgeFischer-USA o PAVCO

Las cañerías de alta presión serán de Acero inoxidable: descarga de bomba, línea de concentrado

## ESTACION DE LIMPIEZA DE MEMBRANAS

Incluye :

Electrobomba para recirculación de soluciones de limpieza

Marca : Grundfos-Dinamarca

Modelo : CRN 5-8

Tanque de polietileno de 500L

Accesorios para interconexión: mangueras, cañerías de PVC clase pesada, válvulas

## 5.8. DESIFECCION DEL AGUA TRATADA

Incluye:

### \*BOMBA DOSIFICADORA DE HIPOCLORITO DE SODIO

Marca : IWAKI-USA

Modelo : Serie ez

Capacidad : 2.5 lph

Materiales : Cuerpo de PP, interno de Teflón

Control : Una perilla para descarga de 0-100%

### \*TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Marca : Pulsafeeder-USA

Capacidad : 15 gln



## 5.9. INSTALACIÓN / PUESTA EN MARCHA / ENTRENAMIENTO

El alcance de la Ingeniería incluye:

- Elaboracion de Planos: eléctricos, hidráulicos, P&ID, Lay Out;
- Presentacion de Manuales de los equipos Originales en su idioma, Manual de Operación de la Planta, Listado de Repuestos Críticos;
- Materiales de instalación: tuberías de interconexión de equipos en PVC clase pesada, accesorios como codos, tess, válvulas, etc. Soportería para fijación de tubos, conduit para cables eléctricos en un área de 8m x 3m
- Supervision del montaje de los equipos en su posición final
- Supervision de la Puesta en Marcha por parte de nuestro Departamento de Servicio Técnico
- Charlas de capacitación a los operadores: 2 charlas;
- Solución antiincrustante para la primera semana de operación;



# ACCUAPRODUCT

Sistemas de Tratamiento de Agua, Efluentes y Afines

ACCUAPRODUCT S.A.C.

D Av. La Molina 1104 Ofic.  
302  
Lima - Perú  
T (511) 436-1400  
F (511) 436-2010  
E ventas@accuaproduct.com  
W www.accuaproduct.com

## 6. REQUERIMIENTO DEL SISTEMA

- Línea de Agua Cruda 9.5 m<sup>3</sup>/h
- El punto de agua tratada tendrá presión atmosférica;
- Energía eléctrica en **nuestro tablero de fuerza y control:**
  - Fuerza: 220V / 3 fases / 60 Hz / 13 kw
  - Control: 120 V / 1 fase / 60 Hz
- Área Techada, de acceso controlado con iluminación.
- Puntos de drenaje para equipo de osmosis inversa, preparación de insumos químicos

## 7. ALCANCE DEL SUMINISTRO

**El suministro incluye lo siguiente:**

- Los equipos mencionados en la presente oferta;
- Interconexión eléctrica e hidráulica de los equipos cotizados
- Puesta en marcha del sistema

## 8. EXCLUSIONES DEL SUMINISTRO

**El suministro no incluye lo siguiente**

- En general todo aquello que no esté especificado en la presente oferta como parte de nuestro suministro.
- El cliente deberá proveer líneas de alimentación de agua cruda, drenaje en canaleta y línea de distribución/almacenamiento de agua producto dentro del cuarto de maquinas.
- El costo de los servicios como agua cruda, energía eléctrica, canaleta de drenaje, disposición de efluentes, otros reactivos químicos o similares.
- Permisos, habilitaciones nacionales o municipales, los cuales pueden ser tramitados conjuntamente con los permisos generales de la obra.
- El Cliente deberá tramitar todos los permisos y similares para el ingreso de nuestro personal y equipos para la interconexión en campo.
- Ningún elemento o servicio no especificado en la presente propuesta.
- No se esta incluyendo en la presente propuesta un sistema de Banco de Condensadores, ni una Puesta a Tierra, ya que consideramos esta Planta puede ser integrado a otro sistema.
- Productos químicos para la puesta en marcha: Hipoclorito de sodio, Acido Clorhídrico, Bisulfito de Sodio
- Obras Civiles, tales como: lozas para montaje de equipos, construcción de canaletas, etc.
- Movilización de los equipos dentro de planta, alquiler de grúa, montacarga, etc
- Controles de nivel para los tanques de agua cruda y tratada, interconexión hidráulica con la bomba de alimentación a nuestra planta;

## 9.- OFERTA COMERCIAL

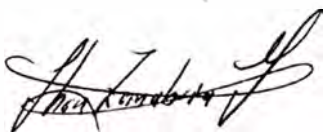
**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA**, según las especificaciones dadas en nuestra propuesta técnica.

ITEM	DESCRIPCION
01	DOSIFICACION DE HIPOCLORITO DE SODIO-PreDesinfección:Bomba y accesorios
02	DOSIFICACION DE ACIDO CLORHIDRICO:Bomba y accesorios
03	BOMBEO DE AGUA CRUDA: Bomba y accesorios para arranque eléctrico
04	MICROFILTRACION:Portafiltros (02und) y Filtros tipo cartucho (02 und) de 25 micras
05	DOSIFICACION DE BISULFITO DE SODIO:Bomba y accesorios
06	DOSIFICACION DE ANTIINCRUSTANTE:Bomba y accesorios
07	MODULO DE OSMOSIS INVERSA:Microfiltración hasta 5 micras, Equipo de Osmosis Inversa, Sistema CIP, Tablero de control y fuerza
08	DOSIFICACION DE HIPOCLORITO DE SODIO-PostDesinfección:Bomba y accesorios
09	SERVICIO DE INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA: Materiales eléctricos, hidráulicos para interconexión de equipos, mano de obra de personal técnico, charla de capacitación, elaboración de manual de operación
<b>PRECIO TOTAL DEL SISTEMA....US\$</b>	
<b>48,900.00</b>	

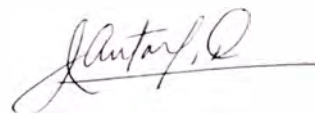
### CONDICIONES DE LA OFERTA

Valides de la oferta	: 30 días. <b>NO incluye IGV, DOLARES AMERICANOS</b>
Plazo de entrega	: De 10 a 12 semanas después de recibida su O/C;
Lugar de entrega	: En sus almacenes en ATE
Forma de Pago	: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 60 % con la orden de compra</li> <li>✓ 30 % con la Entrega de los Equipos en sus Almacenes en ATE</li> <li>✓ 10 % con la Puesta en Marcha del Sistema</li> </ul>
Plazo de Garantía	: 12 meses contra defectos de manufactura

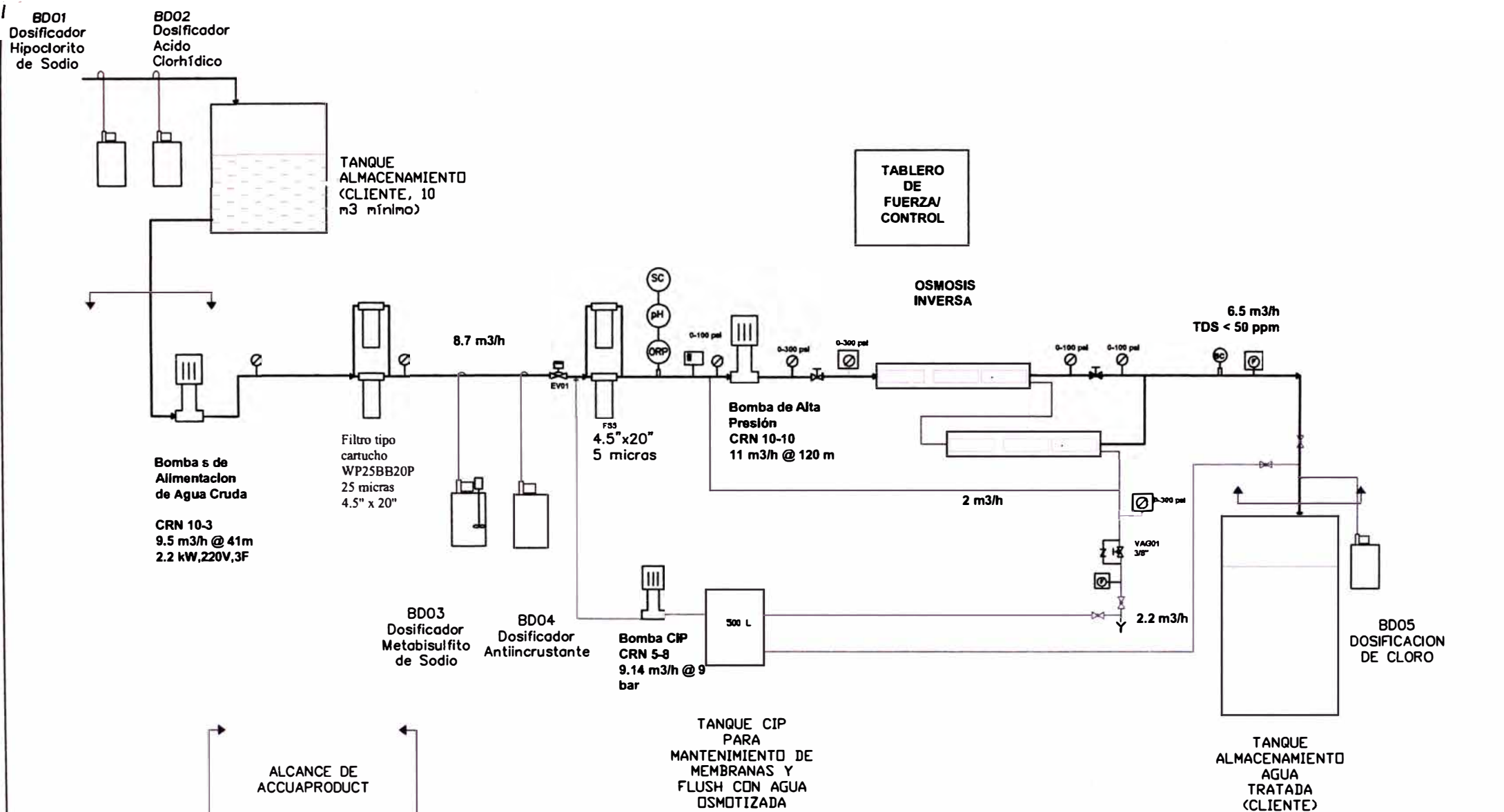
Atentamente



Jhon Zanabria Garay  
ING. DE VENTAS



Ing. Juan Antonio Flores Perez  
GERENTE DE VENTAS



ALCANCE DE ACCUAPRODUCT

						CUSTOMER / CLIENTE
						MEDIFARMA S.A.
						NAME / TITULO
						PLANTA DE RECUPERACION DE AGUA 6.5 m3/h
						Division de Proyectos
2	23.02.11	J.Z.	M.V.	J.B.	Para Aprobación	BY / POR
1	24.08.10	J.Z.	M.V.	J.B.	Para Aprobación	JZ
REV	FECHA	DIBUJ	REVIS	APRO	REVISION	DATE / FECHA
						23.02.11
						S.CALE/ESCALA
						S/E
						NUMBER / NUMERO
						D2



Reverse Osmosis System Analysis para Membranas FILMTEC™

ROSA 7.2.1 ConfigDB u392554\_129

Proyecto:Medifarma-ATE-reuso

Caso:2

Jhon Zanabria, Accuaproduct

29-Dec-10

Información del Proyecto:Proyecto Recuperacion de AGUA,MEMBRANAS BAJA REYECCION

Detalles del Sistema

✓ Caudal de Alimentación a la 1ª Etapa	11.29 m³/h	✓ Caudal de Permeado Paso 1	6.50 m³/h	Presión Osmótica:	
Caudal de Agua Bruta al Sistema	9.29 m³/h	Conversión Paso 1	70.00 %	Alimentación	0.81 bar
✓ Presión de Alimentación	11.93 bar	Temperatura de Alimentación	18.0 C	Concentrado	2.51 bar
Fouling Factor	0.85	STD Alimentación	1948.54 mg/l	Media	1.66 bar
Dosificación Química	Ninguno	Número de Elementos	6	NDP media	8.77 bar
Área Activa Total	222.96 M²	Flujo específico medio Paso 1	29.15 lmh	Potencia	4.68 kW
Clasificación del Agua:Agua de Pozo SDI < 3				Energía Específica	0.72 kWh/m³

Etapa	Elemento	Nº Cajas de Elementos presión	Nº Elementos	Caudal de Alimentación (m³/h)	Presión de Alimentación (bar)	Caudal de Recirculación (m³/h)	Caudal de concentrado (m³/h)	Presión del concentrado (bar)	Caudal de Permeado (m³/h)	Flujo de específico medio (lmh)	Presión de Permeado (bar)	Presión de Booster (bar)	STD Permeado (mg/l)
1	LE-400	1	3	11.29	11.59	2.00	8.01	10.49	3.28	29.41	2.00	0.00	21.97
2	LE-400	1	3	8.01	10.15	0.00	4.79	9.53	3.22	28.90	0.00	0.00	35.24

Corrientes Paso (mg/l como ión)									
Nombre	Alimentación	Alimentación ajustada			Concentrado		Permeado		
		Inicial	Después de reciclos	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 1	Etapa 2	Permeado Total	
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
K	12.00	12.00	16.41	22.65	36.66	1.19	1.82	1.50	
Na	127.00	169.13	237.86	334.21	556.35	2.53	4.18	3.35	
Mg	35.00	35.00	49.35	69.46	115.95	0.23	0.40	0.31	
Ca	321.00	321.00	452.68	637.15	1063.63	2.10	3.53	2.81	
Sr	3.56	3.56	5.02	7.07	11.80	0.02	0.04	0.03	
Ba	0.33	0.33	0.46	0.65	1.09	0.00	0.00	0.00	
CO3	0.23	0.23	0.50	1.11	3.74	0.00	0.00	0.00	
HCO3	661.29	661.29	930.31	1306.94	2173.33	9.31	14.63	11.91	
NO3	9.73	9.73	12.64	16.83	25.69	2.41	3.67	3.03	
Cl	153.00	153.00	215.70	303.53	506.52	1.17	1.94	1.55	
F	0.27	0.27	0.38	0.53	0.89	0.00	0.01	0.01	
SO4	543.00	543.00	766.17	1078.76	1801.81	2.66	4.51	3.58	
SiO2	40.00	40.00	56.38	79.32	132.37	0.34	0.50	0.42	
Boro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
CO2	250.40	250.40	250.41	250.72	251.93	249.85	250.53	250.17	
STD	1906.41	1948.54	2743.88	3858.22	6429.82	21.97	35.24	28.51	
pH	6.50	6.50	6.62	6.74	6.91	4.82	5.00	4.92	

El Flujo Especifico de Permeado dado por ROSA está calculado en base al área ACTIVA de la membrana. EXCLUSIÓN DE RESPONSABILIDAD: NO SE FORMULA NINGUNA GARANTÍA, TÁCITA O EXPRESA, YA SEA DE POSIBILIDADES DE COMERCIALIZACIÓN O DE IDONEIDAD PARA UN FIN DETERMINADO. Ni FilmTec Corporation ni The Dow Chemical Company asumen responsabilidad alguna por los resultados obtenidos o los daños y perjuicios sufridos en relación con la aplicación de esta información. Dado que las condiciones de uso así como la legislación a aplicar puede diferir entre ubicaciones y pueden estar sujetas a cambios con el tiempo, es responsabilidad del cliente determinar la adecuación del producto para cada uso. FilmTec Corporation y The Dow Chemical Company declinan toda responsabilidad si, como resultado del uso por el cliente del programa informático de diseño de membranas ROSA, el cliente es objeto de una demanda por presunta violación de cualquier patente que no sea propiedad o no esté bajo el control de FilmTec Corporation o The Dow Chemical Company."



## Reverse Osmosis System Analysis para Membranas FILMTEC™

ROSA 7.2.1 ConfigDB u392554\_129

Proyecto: Medifarma-ATE-reuso

Caso:2

Jhon Zanabria, Accuaproduct

29-Dec-10

**Advertencias de Diseño**

-Ninguno-

**Advertencias de Solubilidad**

Índice de Saturación Langelier &gt; 0

Índice de estabilidad Stiff &amp; Davis &gt; 0

CaSO<sub>4</sub>(% Saturación) > 100%BaSO<sub>4</sub>(% Saturación) > 100%CaF<sub>2</sub>(% Saturación) > 100%SiO<sub>2</sub>(% Saturación) > 100%

Se puede requerir anti-incrustantes. Consulte con su fabricante para la dosificación y máxima conversión permitida.

**Detalles Etapa**

Etapa 1	Elemento	Conversión	Caudal de Permeado (m <sup>3</sup> /h)	STD Permeado (mg/l)	Caudal de Alimentación (m <sup>3</sup> /h)	STD Alimentación (mg/l)	Presión de Alimentación (bar)
	1	0.10	1.17	18.63	11.29	2743.88	11.59
	2	0.11	1.09	21.87	10.12	3057.77	11.16
	3	0.11	1.02	25.92	9.03	3424.49	10.80
Etapa 2	Elemento	Conversión	Caudal de Permeado (m <sup>3</sup> /h)	STD Permeado (mg/l)	Caudal de Alimentación (m <sup>3</sup> /h)	STD Alimentación (mg/l)	Presión de Alimentación (bar)
	1	0.15	1.16	27.45	8.01	3858.22	10.15
	2	0.16	1.08	34.68	6.85	4508.45	9.89
	3	0.17	0.98	45.13	5.77	5343.67	9.69

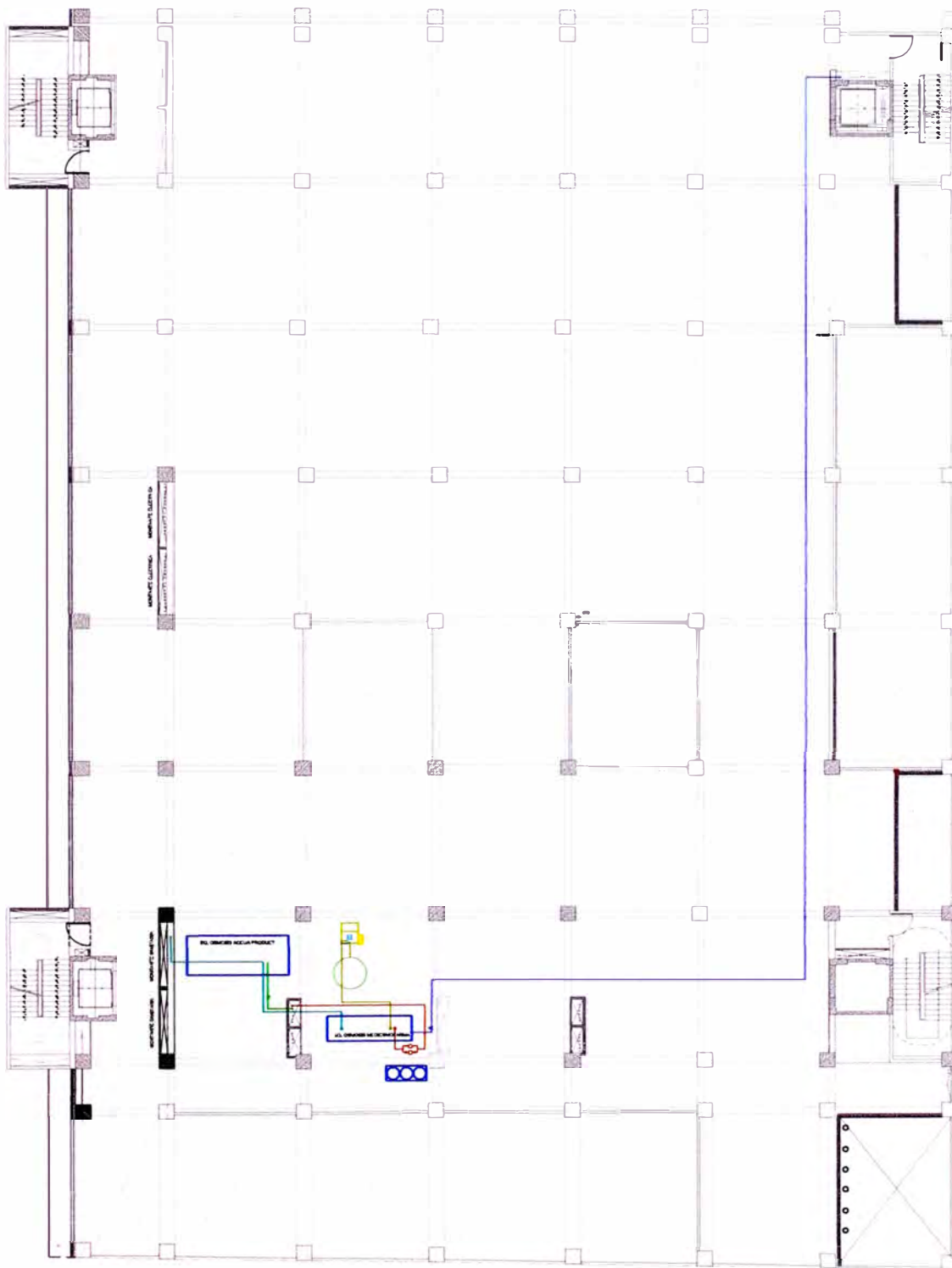
El Flujo Específico de Permeado dado por ROSA está calculado en base al área ACTIVA de la membrana. EXCLUSIÓN DE RESPONSABILIDAD: NO SE FORMULA NINGUNA GARANTÍA, TÁCITA O EXPRESA, YA SEA DE POSIBILIDADES DE COMERCIALIZACIÓN O DE IDONEIDAD PARA UN FIN DETERMINADO. Ni FilmTec Corporation ni The Dow Chemical Company asumen responsabilidad alguna por los resultados obtenidos o los daños y perjuicios sufridos en relación con la aplicación de esta información. Dado que las condiciones de uso así como la legislación a aplicar puede diferir entre ubicaciones y pueden estar sujetas a cambios con el tiempo, es responsabilidad del cliente determinar la adecuación del producto para cada uso. FilmTec Corporation y The Dow Chemical Company declinan toda responsabilidad si, como resultado del uso por el cliente del programa informático de diseño de membranas ROSA, el cliente es objeto de una demanda por presunta violación de cualquier patente que no sea propiedad o no esté bajo el control de FilmTec Corporation o The Dow Chemical Company."

**Cálculo de Precipitaciones**

	Agua Bruta	Alimentación ajustada	Concentrado
pH	6.50	6.50	6.91
Índice de Saturación Langelier	0.03	0.03	1.45
Índice de estabilidad Stiff & Davis	0.16	0.16	1.12
Fuerza Iónica (Molal)	0.04	0.04	0.14
STD (mg/l)	1906.41	1948.54	6429.82
HCO <sub>3</sub>	661.29	661.29	2173.33
CO <sub>2</sub>	250.38	250.38	251.86
CO <sub>3</sub>	0.23	0.23	3.74
CaSO <sub>4</sub> (% Saturación)	26.74	26.74	131.59
BaSO <sub>4</sub> (% Saturación)	3607.99	3607.99	11279.64
SrSO <sub>4</sub> (% Saturación)	17.49	17.49	61.60
CaF <sub>2</sub> (% Saturación)	3.11	3.11	111.11
SiO <sub>2</sub> (% Saturación)	33.91	33.91	117.82
Mg(OH) <sub>2</sub> (% Saturación)	0.00	0.00	0.00

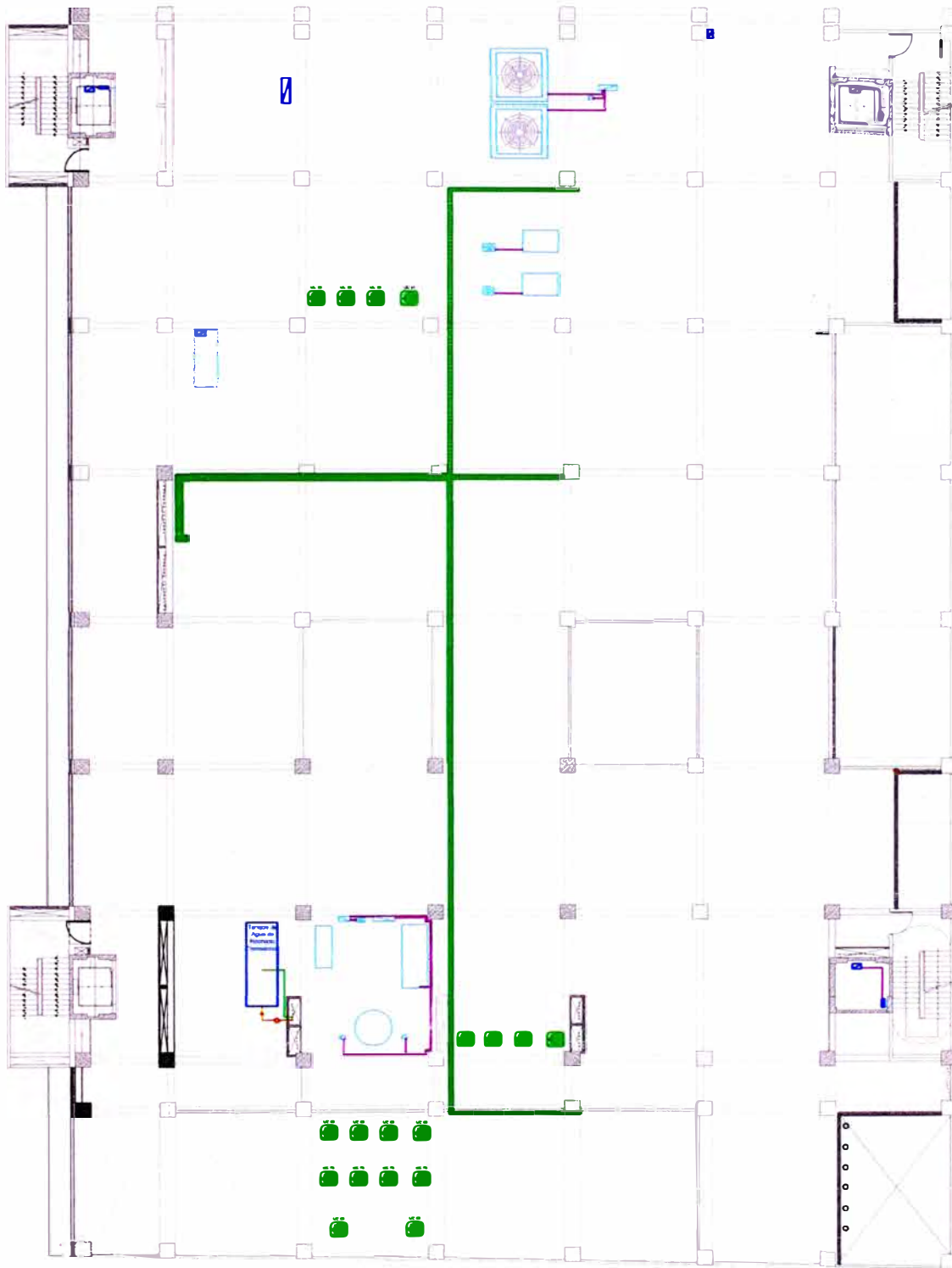
Para hacer el balance:42.13 mg/l Naañadido a la alimentación

## **ANEXO 2 - PLANOS.**



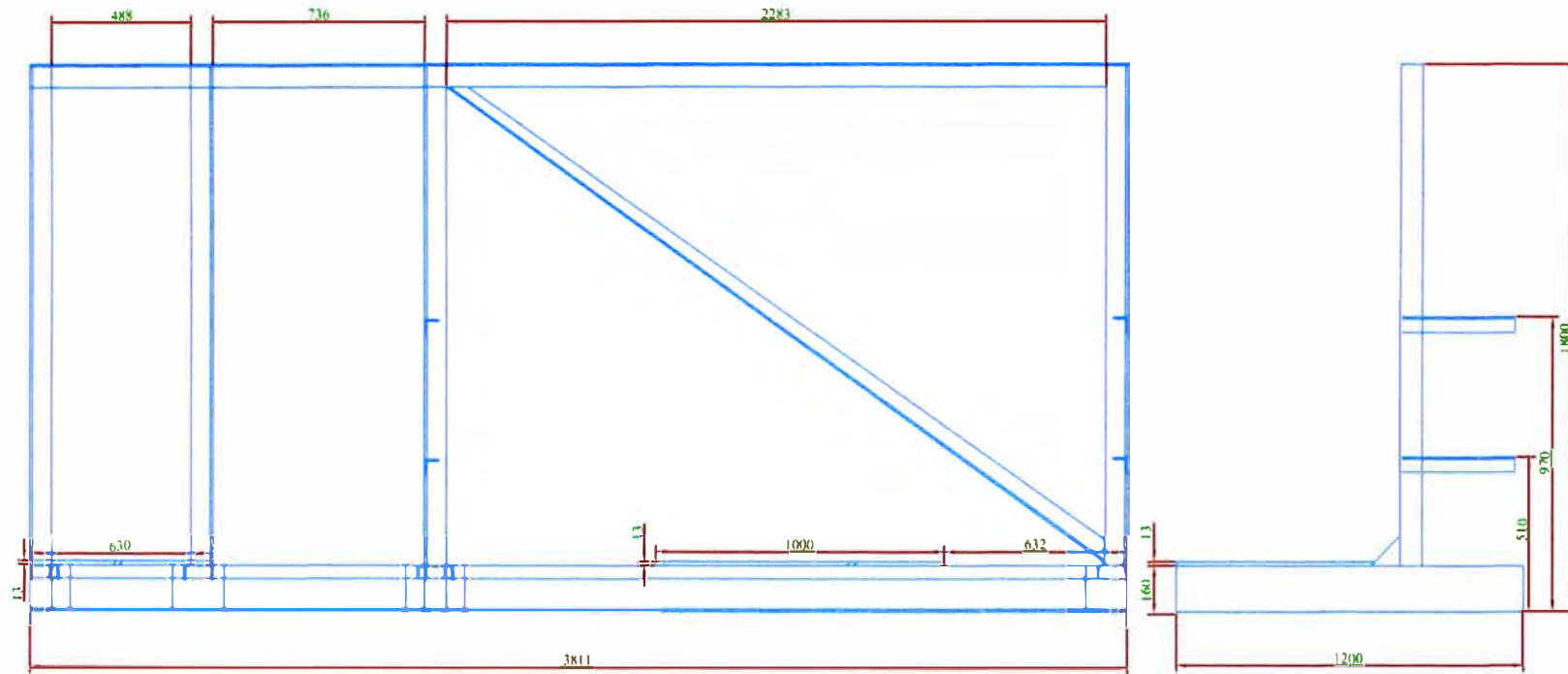
- Línea de Rechazo de Equipo Accuaproduct
- Línea de Alimentación a Equipo Mediosmofarma
- Línea de Producto de Equipo Mediosmofarma
- Línea de Rechazo de Equipo Mediosmofarma
- Línea de Autoflush de Equipo Mediosmofarma

PROP.:	<b>MEDIFARMA S.A.</b>			PLANO:	PM
PROY.:	EQUIPO DE OSMOSIS 0M3/H - Planta Nueva			ESCALA:	
PLANO:	Ubicación de Equipo - 2do piso Técnico				
DISEÑO:	REVISIÓN:	CAD:	FECHA:	Nº:	
Jack H.R.		Jack H.R.	20/06/2011	1 de 7	

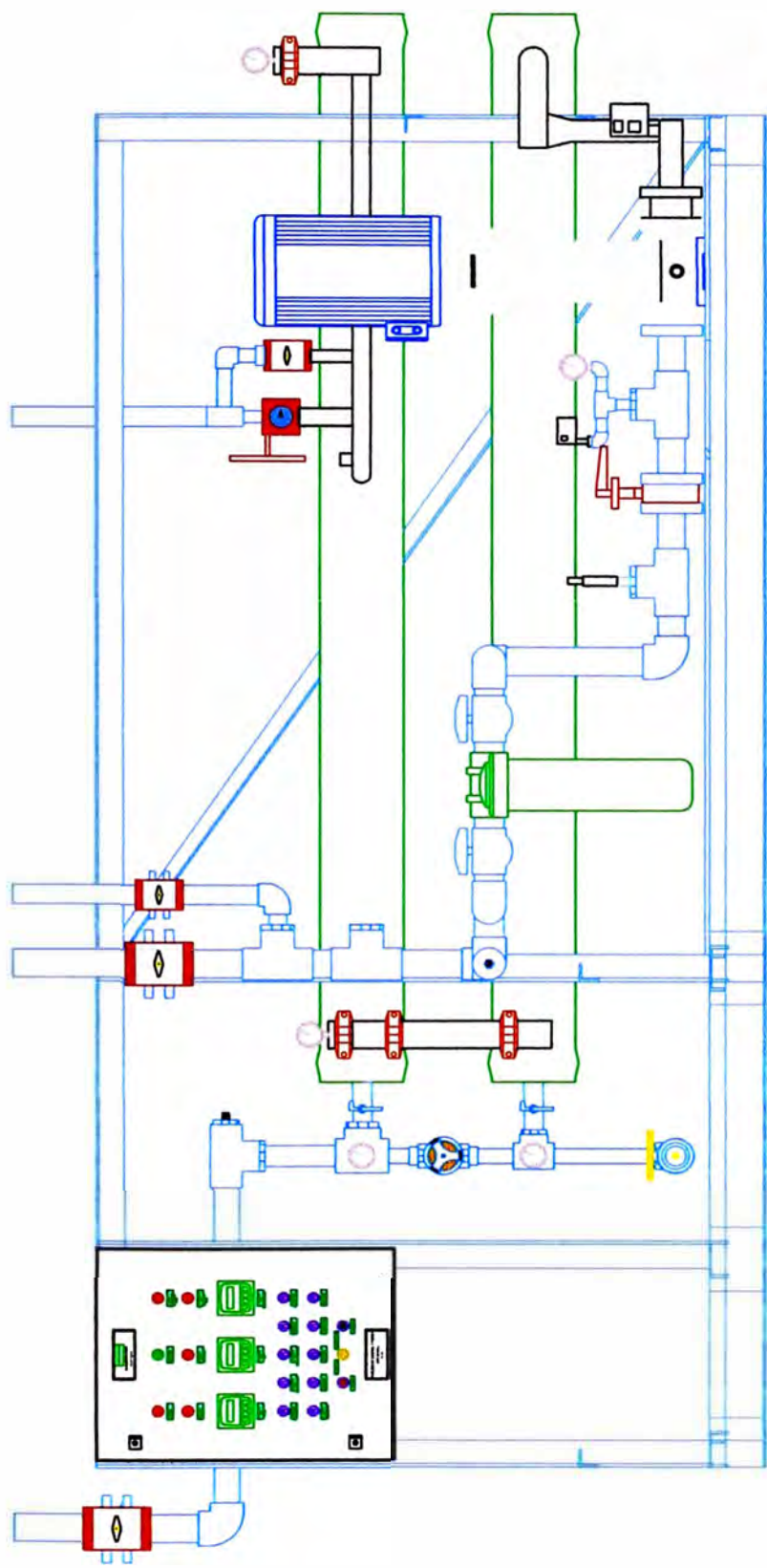


- Línea de Rechazo de Equipo Accuaproduct
- Línea de Alimentación a Equipo Mediosmofarma
- Línea de Producto de Equipo Mediosmofarma
- Línea de Rechazo de Equipo Mediosmofarma
- Línea de Autoflush de Equipo Mediosmofarma

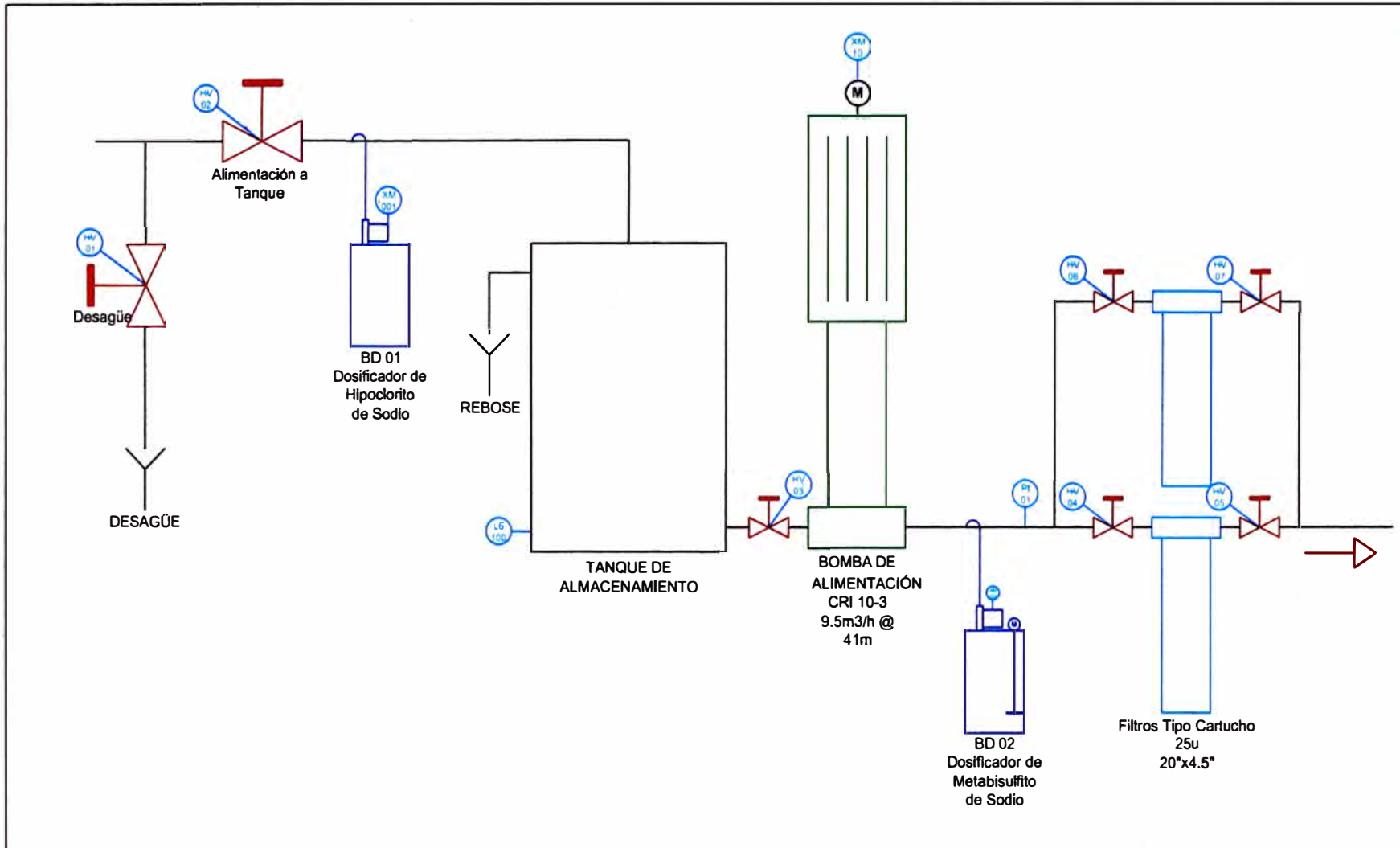
PROP.:	<b>MEDIFARMA S.A.</b>			PLANO:
PROY.:	EQUIPO DE OSMOSIS 6M3/H - Planta Nueva			PM
PLANO:	Ubicación de Tanque de Alimentación - 3er Piso Técnico			ESCALA:
DISEÑO:	REVISIÓN:	CAD:	FECHA:	Nº:
Jack H.R.		Jack H.R.	20/06/2011	2 de 7



PROP.	<b>MEDIFARMA S.A.</b>			PLANO
PROY.	EQUIPO DE OBRAS MEDM - Planta Nueva			PH
PLANO	Estructura			ESCALA
DISEÑO	REVISIÓN	CAD	FECHA	Nº
Jack HR.		Jack HR.	22/06/2011	3 de 7

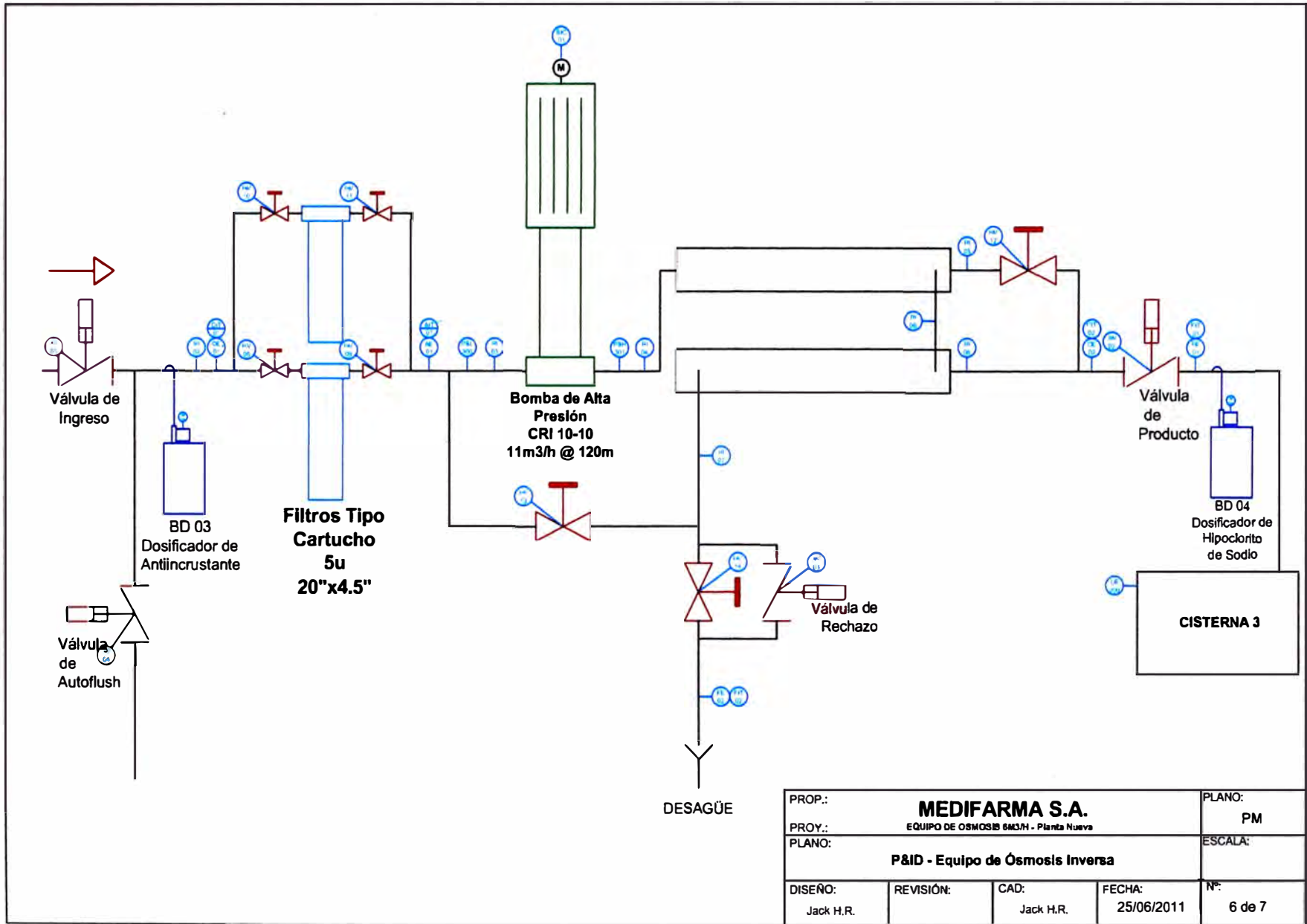


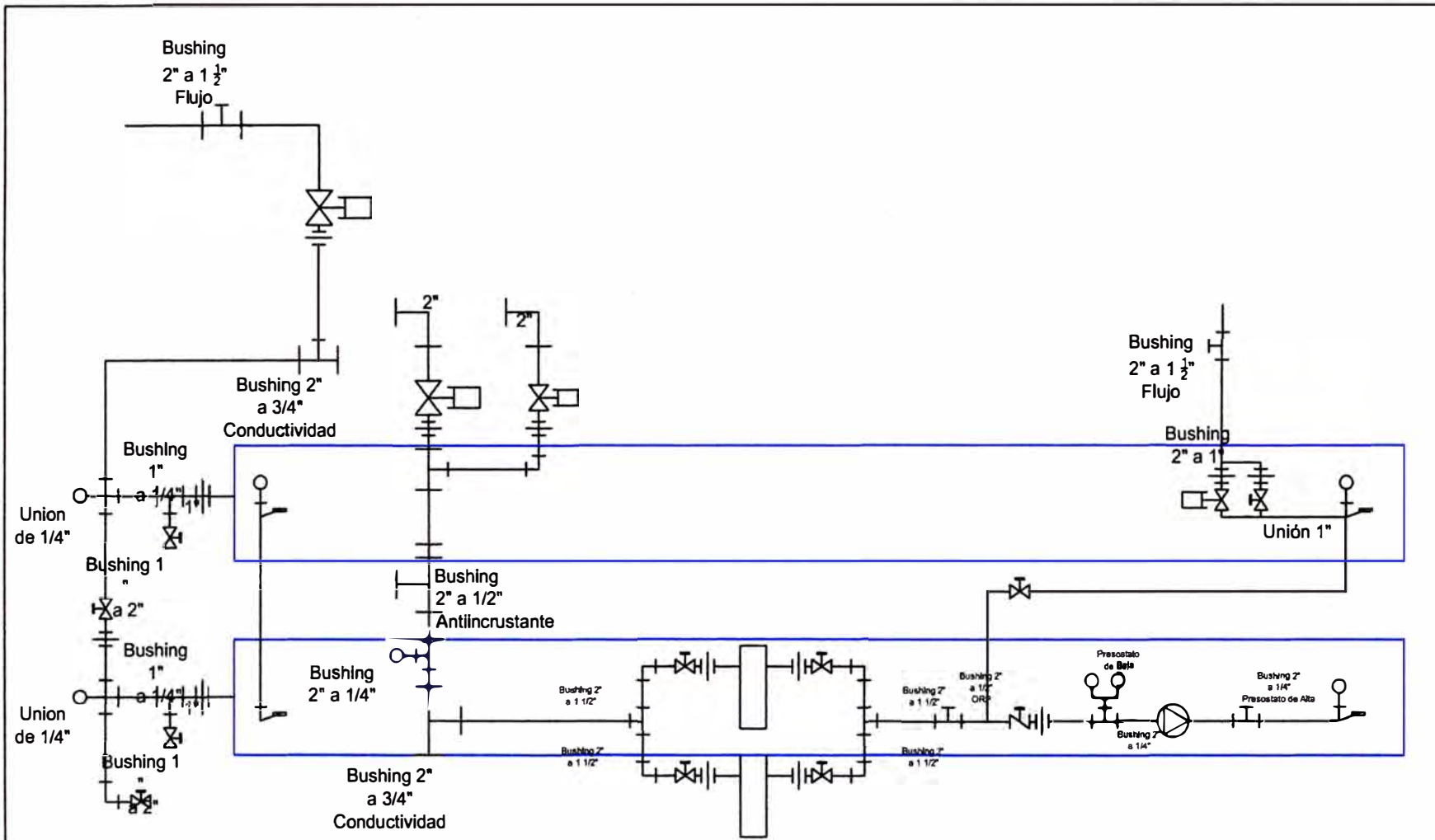
PROY:	PLANO	PLANO	PH
PROY:	PLANO	ESCALA	
MEDIFARMA S.A. EQUIPO DE OMOOD (M.M.) - PUNA (M)			
Vista Frontal de Equipo de Omoood			
TITULO:	REVISION:	CAN:	FECHA:
Jack N.º	Jack N.º	Jack N.º	22/06/2011
			Nº 4 de 7



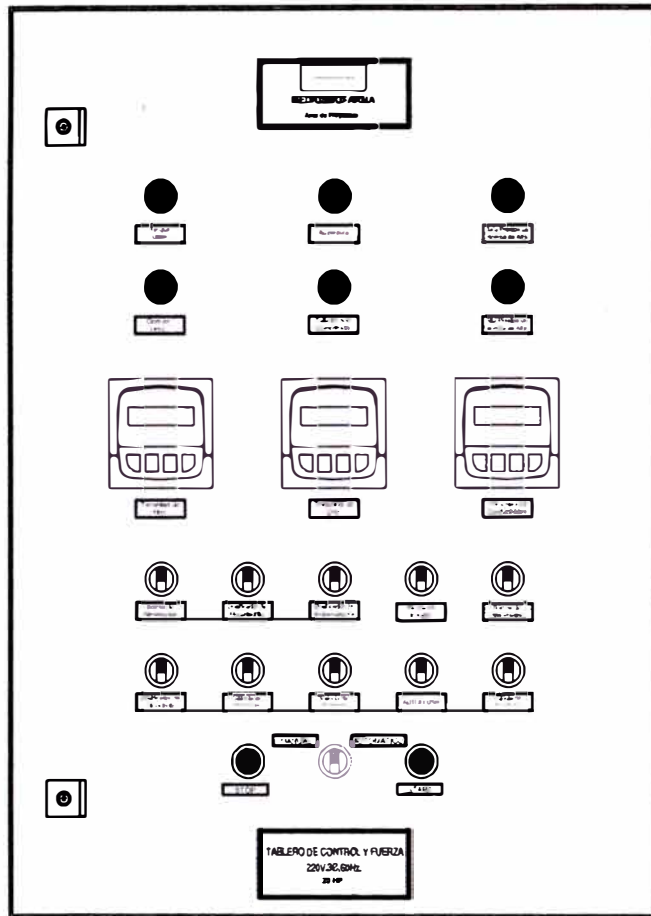
PROP.: <b>MEDIFARMA S.A.</b>				PLANO:
PROY.: EQUIPO DE OSMOSIS 6M3/H - Planta Nueva				PM
PLANO: <b>P&amp;iD - Pre Tratamiento</b>				ESCALA:
DISEÑO: Jack H.R.	REVISIÓN:	CAD: Jack H.R.	FECHA: 25/06/2011	Nº: 5 de 7



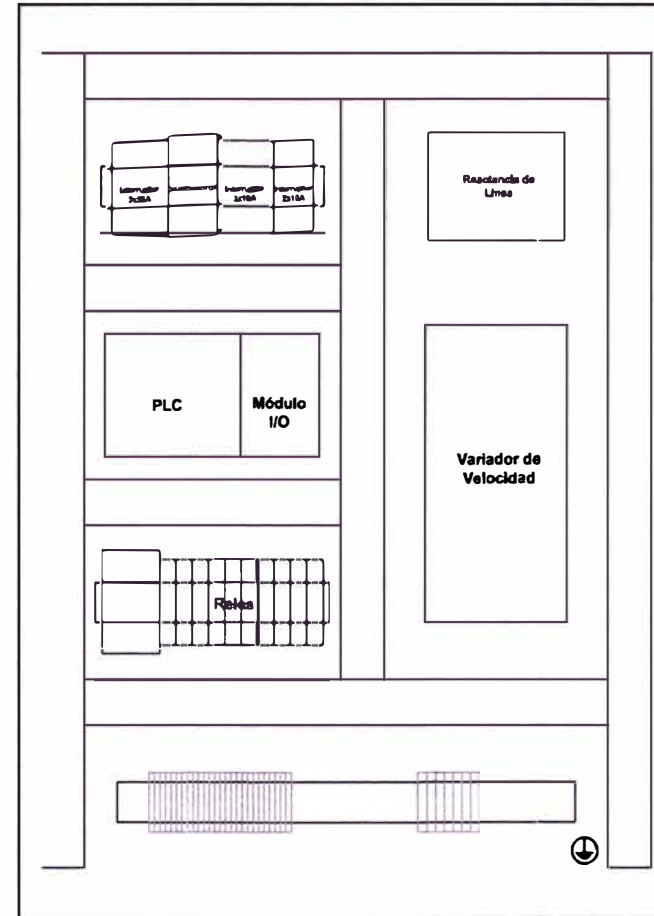




PROP.: <b>MEDIFARMA S.A.</b>				PLANO: <b>PM</b>
PROY.: <b>EQUIPO DE OSMOSIS 6M3/H - Planta Nueva</b>				ESCALA:
PLANO: <b>Diagrama de Conexión de Tuberías</b>				
DISEÑO: Jack H.R.	REVISIÓN:	CAD: Jack H.R.	FECHA: 30/06/2011	Nº: 7 de 7

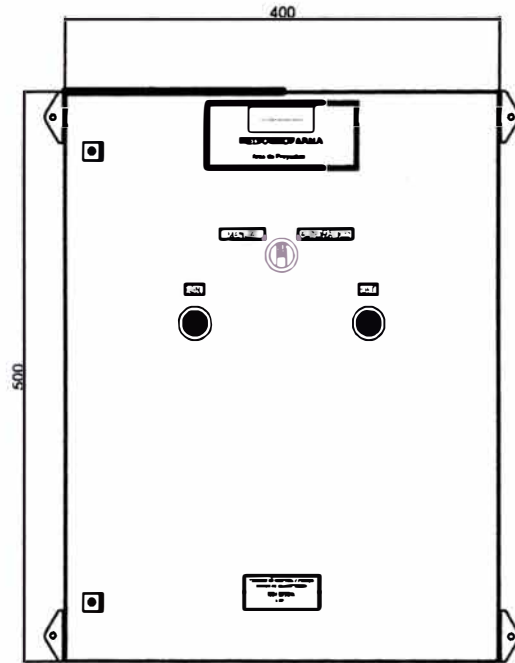


VISTA FRONTAL

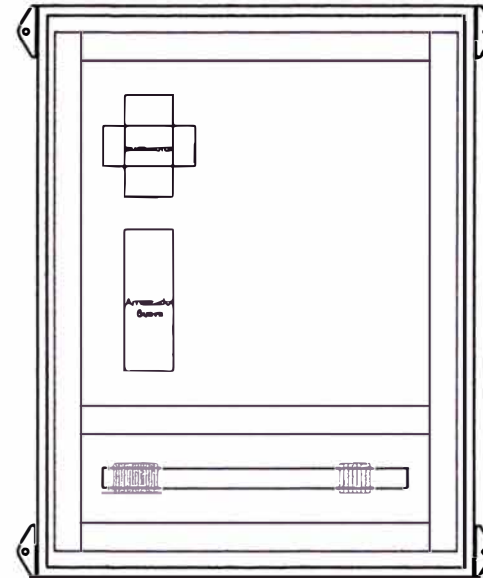


VIST.FRONT.S/PUERTA

PROP.: <b>MEDIFARMA S.A.</b>		PLANO.: PE	
PROY.: EQUIPO DE OSMOSIS 6M3/H - Planta Nueva		ESCALA:	
PLANO: <b>Vista Interna y Externa del Tablero Principal</b>			
DISEÑO: Jack H.R.	REVISIÓN:	CAD: Jack H.R.	FECHA: 16/08/2011
		Nº: 1 de 5	

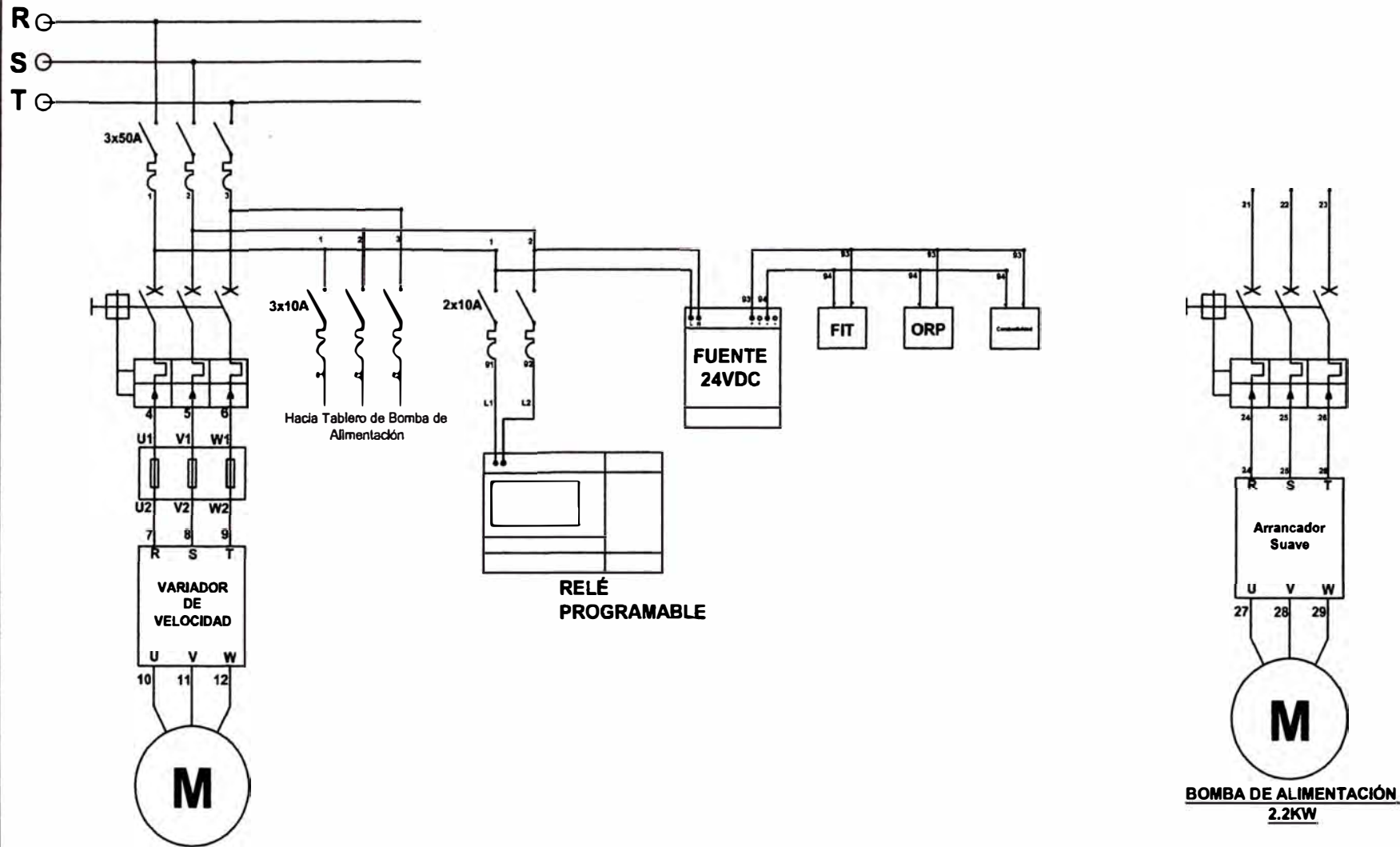


VISTA FRONTAL



VIST.FRONT.S/PUERTA

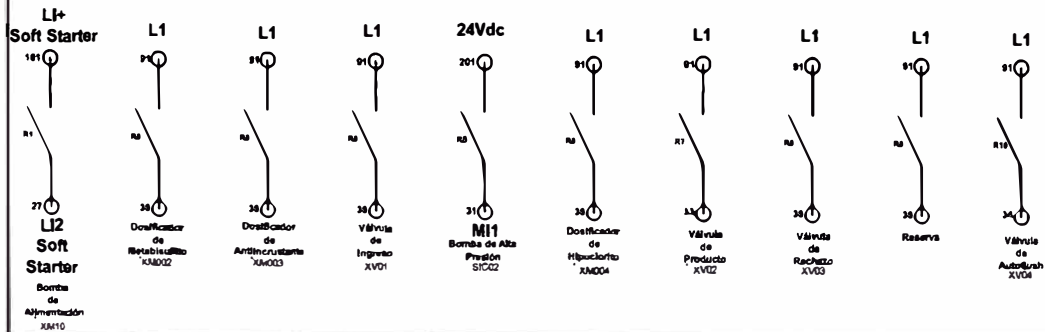
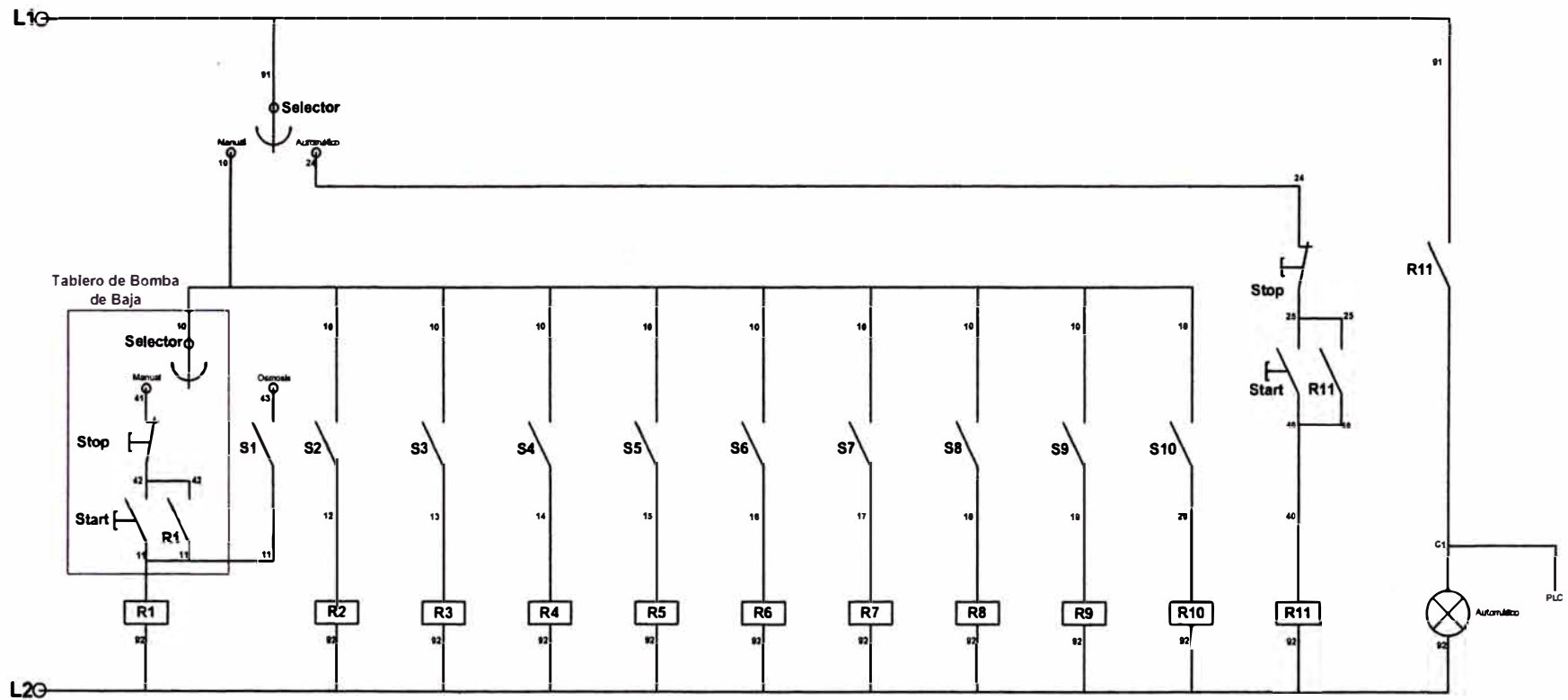
PROP.: <b>MEDIFARMA S.A.</b>			PLANO.: PE	
PROY.: EQUIPO DE OSMOSIS 6M3/H - Planta Nueva			ESCALA:	
PLANO: <b>Vista Interna y Externa del Tablero de Bomba de Alimentación</b>				
DISEÑO: Jack H.R.	REVISIÓN:	CAD: Jack H.R.	FECHA: 16/08/2011	Nº: 2 de 5



**BOMBA DE ALTA 7.5KW**

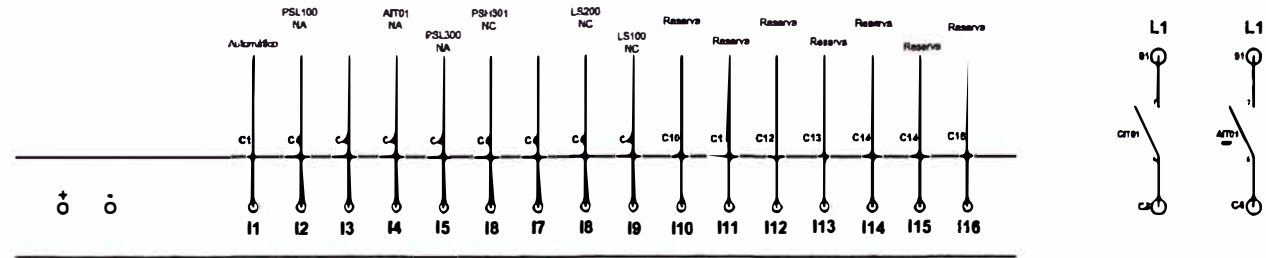
**BOMBA DE ALIMENTACIÓN 2.2KW**

PROP.: <b>MEDIFARMA S.A.</b>		PLANO: PE	
PROY.: Equipo de Osmosis Inversa 6m3/h - Planta Nueva		ESCALA:	
PLANO: <b>Circuito de Fuerza</b>			
DISEÑO: Jack H.R.	REVISIÓN:	CAD: Jack H.R.	FECHA: 15/08/2011
			Nº: 3 de 5

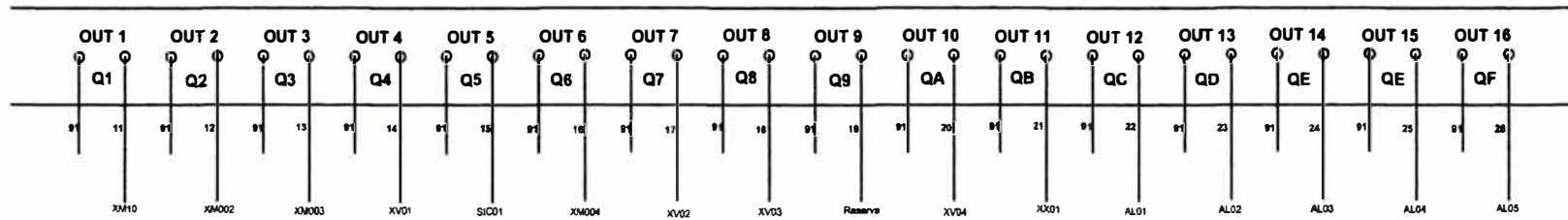


PROP.: <b>MEDIFARMA S.A.</b>				PLANO: PE
PROY.: EQUIPO DE OSMOSIS 6m3/h - Planta Nueva				
PLANO: <b>Control Manual</b>				ESCALA:
DISEÑO: Jack H.R.	REVISIÓN:	CAD: Jack H.R.	FECHA: 16/08/2011	Nº: 4 de 5

PSL100: Aire Comprimido.  
 AIT01 : ORP.  
 PSL300: Baja Presión en Bomba de Alta.  
 PSH301: Alta Presión en Bomba de Alta.  
 LS200 : Nivel Alto en Sistema 3.  
 LS100 : Nivel Bajo en Tanque de Alimentación.



### ENTRADAS DIGITALES



### SALIDAS DIGITALES

PROP.: <b>MEDIFARMA S.A.</b>		PLANO: PE	
PROY.: EQUIPO DE OSMOSIS 6M3/H - Planta Nueva		ESCALA:	
<b>Entradas y Salidas del Relé Programable</b>			
DISEÑO: Jack H.R.	REVISIÓN:	CAD: Jack H.R.	FECHA: 16/08/2011
			Nº: 5 de 5

**ANEXO 3 - PROGRAMA LADDER DEL EQUIPO DE  
OSMOSIS INVERSA.**





---

## Información de programación

---

Autor : Jack Hipólito R.

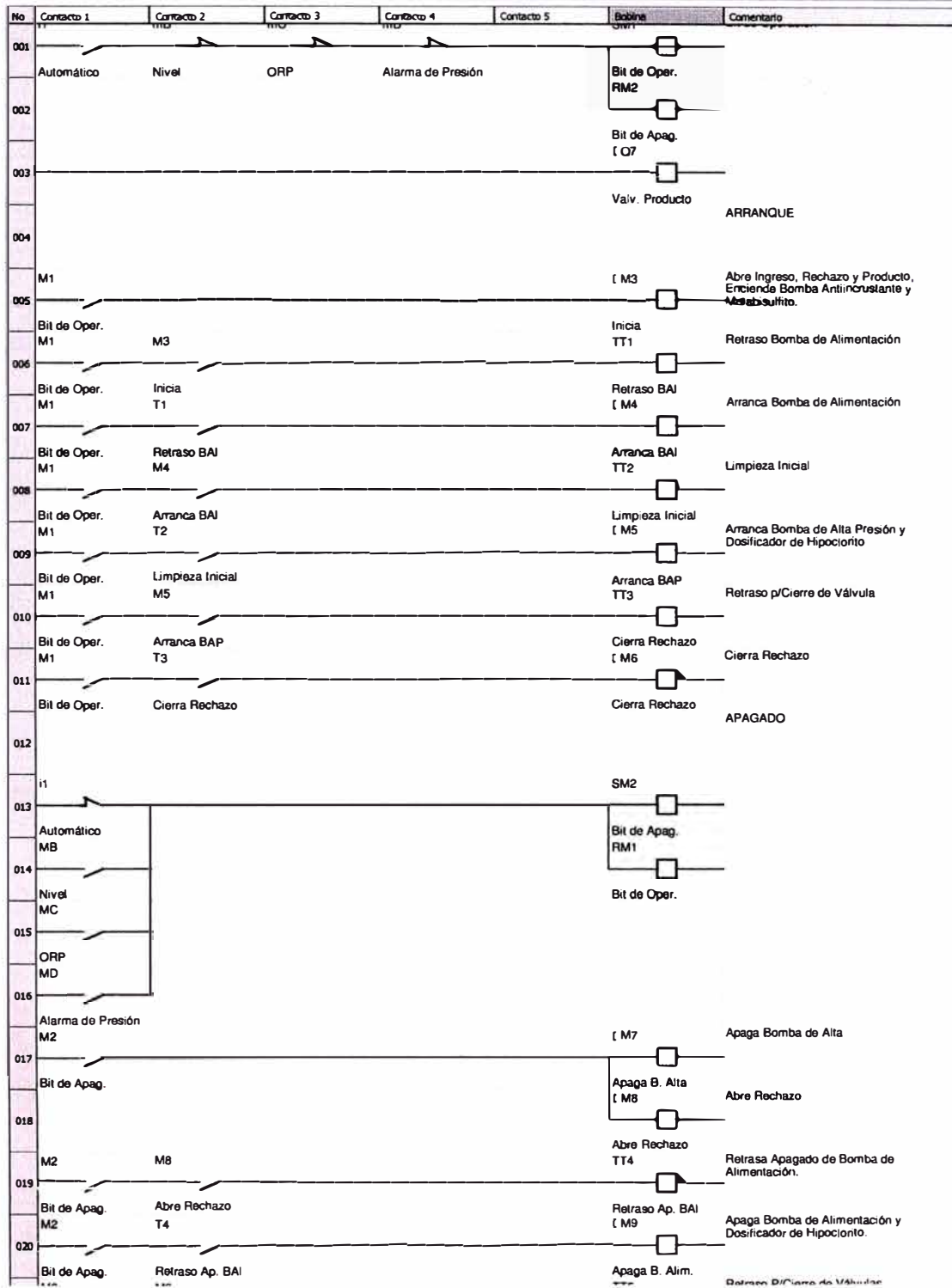
Nombre del documento : Mediosmofarma

Versión : 1.0

Módulo : SR3B261FU	XT2 : SR3XT141FU
Período de ejecución de la aplicación en el módulo : 10 x 2 ms Acción del WATCHDOG : No activo Tipo de Filtrado de Hardware de las Entradas : Lento (3 ms) <input type="checkbox"/> Teclas Zx inactivas  Formato de la fecha : dd/mm/yyyy <input type="checkbox"/> Cambio de horario de verano/invierno activo Zona : Europa Cambio a horario de verano : Marzo, último domingo Cambio a horario de invierno : Octubre, último domingo	No hay parámetros



**Esquema del programa**





No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina	Comentario
021	Bit de Apag. M2	Apaga B. Alim. T5				Retraso Fin ( MA	Cierra Válvula de Ingreso, Rechazo y Producto. Apaga Bomba de Metabisulfito y Antinoculante.
022	Bit de Apag.	Retraso Fin				Fin	SETEO SALIDAS
023							
024	M3					SQ2	
025	Inicia M3					Dosif. Metabis. SQ3	
026	Inicia M3					Dosif. Antinoc. SQ4	
027	Inicia M8					Valv. Ingreso SQ8	
028	Abre Rechazo M4					Valv. Rechazo	
029	Arranca BAI M5					SQ1	
030	Arranca BAP M5					Bomba Alimentaci... SQ8	
031	Arranca BAP					Dosif. Hipoclorito SQ5	
032						Bomba Alta Pres.	RESETEO SALIDAS
033	M7					RQ5	
034	Apaga B. Alta M7					Bomba Alta Pres. RQ6	
035	Apaga B. Alta M9					Dosif. Hipoclorito RQ1	
036	Apaga B. Alim. MA					Bomba Alimentaci... RQ2	
037	Fin MA					Dosif. Metabis. RQ3	
038	Fin MA					Dosif. Antinoc. RQ4	
039	Fin MA					Valv. Ingreso RQ8	
040	Fin M6					Valv. Rechazo	
	Cierra Rechazo						CONTROL DE NIVEL



No	Contacto 1	Contacto 2	Contacto 3	Contacto 4	Contacto 5	Bobina	Comentario
041	Automático I1	Nivel de Tanque i8				Nivel	
042	Automático I1	Nivel en Sistema I4				[ MC	CONTROL DE ORP
043	Automático	Alto ORP				ORP	CONTROL DE PRESIÓN
044	I1	I5				TTE	Baja presión en bomba de alta.
045	Automático I1	Baja Presión BA i6				Baja Pres. BA TTF	Alta presión en bomba de alta.
046	Automático I1	Alta Presión BA I2				Alta Pres. Ba [ ME	Baja presión en aire comprimido.
047	Automático	Aire Comprimido TE				B. Presión AC	
048	I1	Baja Pres. BA TF				[ MD	Alarma de Presión.
049	Automático	Alta Pres. Ba ME				Alarma de Presión	
050		B. Presión AC					ALARMAS
051	I1	i8				[ QC	Cistema Llena.
052	Automático I1	Nivel en Sistema MC				Tanque Lleno [ QE	Cloro en Línea.
053	Automático I1	ORP TE				Cloro en Línea [ QD	Baja Presión en Bomba de Alta.
054	Automático I1	Baja Pres. BA TF				PSL Bomba Alta [ QG	Alta Presión en Bomba de Alta.
055	Automático I1	Alta Pres. Ba TG				PSH Bomba Alta [ QF	Baja Presión en Aire Comprimido.
056	Automático	Baja Pres. AC				Aire Comprimido	



### Entradas físicas

N.º	Símbolo	Función	Candado	Parámetros	Localización (L/C)	Comentario
I1		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(1/1) (13/1) (41/1) (42/1) (43/1) (45/1) (46/1) (47/1) (49/1) (52/1) (53/1) (54/1) (55/1) (56/1)	Automático
I2		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(47/2)	Aire Comprimido
I4		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(43/2)	Alto ORP
I5		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(45/2)	Baja Presión BA
I6		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(46/2)	Alta Presión BA
I8		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(42/2) (52/2)	Nivel en Cisterna
I9		Entradas DIG	---	No hay parámetros	(41/2)	Nivel de Tanque

### Salidas físicas

N.º	Símbolo	Función	Remanencia	Localización (L/C)	Comentario
Q1		Salidas DIG	No	(29/6) (35/6)	Bomba Alimentación
Q2		Salidas DIG	No	(24/6) (36/6)	Dosif. Metabis.
Q3		Salidas DIG	No	(25/6) (37/6)	Dosif. Antiincr.
Q4		Salidas DIG	No	(26/6) (38/6)	Valv. Ingreso
Q5		Salidas DIG	No	(31/6) (33/6)	Bomba Alta Pres.
Q6		Salidas DIG	No	(30/6) (34/6)	Dosif. Hipoclorito
Q7		Salidas DIG	No	(3/6)	Valv. Producto
Q8		Salidas DIG	No	(27/6) (39/6)	Valv. Rechazo
QC		Salidas DIG	No	(52/6)	Tanque Lleno
QD		Salidas DIG	No	(54/6)	PSL Bomba Alta
QE		Salidas DIG	No	(53/6)	Cloro en Línea
QF		Salidas DIG	No	(56/6)	Aire Comprimido
QG		Salidas DIG	No	(55/6)	PSH Bomba Alta

### Funciones configurables


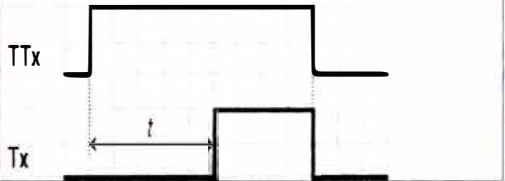

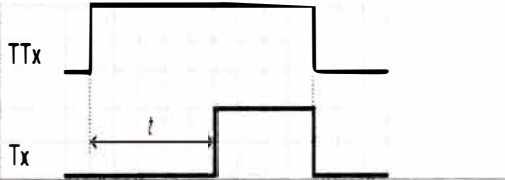

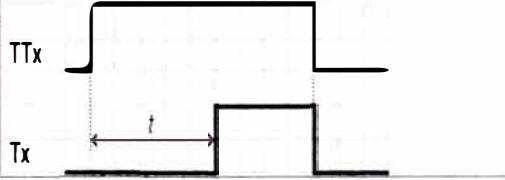

N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Localización (L/C)
M1		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(1/6) (5/1) (6/1) (7/1) (8/1) (9/1) (10/1) (11/1) (14/6)



N.º	Símbolo	Función	Candado	Remanencia	Parámetros	Localización (L/C)
M2		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(2/6) (13/6) (17/1) (19/1) (20/1) (21/1) (22/1)
M3		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(5/6) (6/2) (24/1) (25/1) (26/1) (27/1)
M4		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(7/6) (8/2) (29/1)
M5		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(9/6) (10/2) (30/1) (31/1)
M6		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(11/6) (40/1)
M7		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(17/6) (33/1) (34/1)
M8		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(18/6) (19/2) (28/1)
M9		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(20/6) (21/2) (35/1)
MA		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(22/6) (36/1) (37/1) (38/1) (39/1)
MB		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(1/2) (14/1) (41/6)
MC		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(1/3) (15/1) (43/6) (53/2)
MD		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(1/4) (16/1) (49/6)
ME		Relés auxiliares	---	No	No hay parámetros	(47/6) (50/2)
T1		Temporizador	No	No	Ver detalles a más distancia	(6/6) (7/2)
T2		Temporizador	No	No	Ver detalles a más distancia	(8/6) (9/2)
T3		Temporizador	No	No	Ver detalles a más distancia	(10/6) (11/2)
T4		Temporizador	No	No	Ver detalles a más distancia	(19/6) (20/2)
T5		Temporizador	No	No	Ver detalles a más distancia	(21/6) (22/2)
TE		Temporizador	No	No	Ver detalles a más distancia	(45/6) (48/2) (54/2)
TF		Temporizador	No	No	Ver detalles a más distancia	(46/6) (49/2) (55/2)
TG		Temporizador	No	No	Ver detalles a más distancia	(56/2)



## Temporizador

T1		Temporizadores Retraso BAI
Función A: Trabajo, comando mantenido Duración: 005.0 s		
		
T2		Temporizadores Limpieza Inicial
Función A: Trabajo, comando mantenido Duración: 030.0 s		
		
T3		Temporizadores Cierra Rechazo
Función A: Trabajo, comando mantenido Duración: 010.0 s		
		
T4		Temporizadores Retraso Ap. BAI
Función A: Trabajo, comando mantenido Duración: 005.0 s		
