

**INGENIERIA CONCEPTUAL PARA LA IMPLEMENTACION DEL MODELO DE
MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADOR EN LAS PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA MODELO CLEARWATER**

**FABIAN ALONSO LARA VARGAS
JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACION
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
ESPECIALIZACION EN CONTROL E INSTRUMENTACION INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2009**

**INGENIERIA CONCEPTUAL PARA LA IMPLEMENTACION DEL MODELO DE
MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADOR EN LAS PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA MODELO CLEARWATER**

**FABIAN ALONSO LARA VARGAS
JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA**

MONOGRAFIA DE GRADO

**RAUL RESTREPO AGUDELO
DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACION
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
ESPECIALIZACION EN CONTROL E INSTRUMENTACION INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2009**

Nota de Aceptación

Firma de Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, 30 de Abril de 2009

A **Dios**, por darme la vida.
A mi **novia**, el amor de mi vida.
A mis **Abuelos, Padres y Hermanos**, ejemplos de vida.
A **Rosita y su familia**, a quienes quiero con todo mi corazón.

Fabián Alonso

A **Dios**, por regalarme la vida.
A mis amores **Edy, Pipe y Carlitos**, la razón de mi vida.
A mis **Abuelos, Padres y Hermanos**, ejemplos de vida.

Juan Carlos

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Raúl Restrepo Agudelo, coordinador de la especialización, por su valiosa orientación, apoyo incondicional, cordialidad, confianza, colaboración y respaldo total durante toda la especialización, además de su valiosa ayuda en el desarrollo del presente proyecto.

Al Ingeniero Alex Alberto Monclou Salcedo, jefe de la facultad de Ingeniería Electrónica, por su apoyo incondicional, confianza y respaldo total durante el desarrollo de la especialización.

A Iván Alfonso Atuesta Alvarez, responsable del mantenimiento de las plantas de tratamiento de agua de laboratorios Baxter en Bucaramanga y la región, por su colaboración para con el desarrollo del presente proyecto.

A todos los docentes de la especialización, por sus enseñanzas, orientaciones y sabios consejos durante el desarrollo de la misma.

A todos los compañeros de la primera cohorte de la especialización, y a las monitoras Marthica y Leidy, por su amistad, colaboración y compañía durante el transcurso de este posgrado.

A todas las demás personas que de una u otra forma ayudaron al buen desarrollo y feliz término de la especialización y presente proyecto de grado.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. INGENIERIA CONCEPTUAL	3
1.1. FUNDAMENTACION TEORICA DEL PROYECTO	3
1.1.1. Estudio del Proceso de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa	3
a. Proceso de Osmosis Inversa	3
b. Planta de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa Modelo Clearwater ..	7
1.1.2. Evaluación de las Necesidades del Proceso en Plantas Clearwater.....	18
1.1.3. Objetivos del Macroproyecto	20
1.1.4. Estado del Arte del Modelo CIM en la Industria Farmacéutica, aplicado en el Tratamiento de Agua para Hemodiálisis	21
1.1.5. Niveles del Modelo CIM	23
a. Nivel de Proceso e Instrumentación	25
b. Nivel Sistema de Control	26
c. Nivel Sistema SCADA	27
1. Arquitectura de un Sistema SCADA	29
2. Módulos de un Sistema SCADA	35
d. Nivel Sistema MES	37
e. Nivel Sistema ERP	40
1.1.6. Sondeo de Mercado en Soluciones Integrales de Automatización	42
1.2. MODELO TECNOLOGICO PROPUESTO	47

1.2.1. Caracterización de las Variables de Proceso	47
1.2.2. Evaluación y Diseño Conceptual de la Instrumentación de Proceso	49
a. Instrumentación de Proceso Actual	49
b. Instrumentación a Implementar	53
1.2.3. Evaluación y Diseño Conceptual del Sistema de Control	55
a. Sistema de Control Actual	55
b. Sistema de Control a Implementar	57
1.2.4. Diseño Conceptual del Sistema SCADA	60
1.2.5. Adaptación Conceptual del Modelo CIM al Proceso	62
a. Nivel Operativo	62
b. Nivel de Gestión	63
1. Estructura Organizacional de una Empresa Típica Administradora de Plantas Modelo Clearwater en Colombia	63
2. Evaluación y Consideraciones del Nivel MES	64
3. Evaluación y Consideraciones del Nivel ERP	70
1.3. PROYECCION CRONOLOGICA DEL PROYECTO Y PRESUPUESTO	71
1.4. ANALISIS DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO	74
1.4.1. Viabilidad Técnica	74
1.4.2. Viabilidad Económica	75
RECOMENDACIONES	79
CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFIA	81
ANEXOS	84

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación entre los Diferentes Tipos de Filtrado.....	5
Tabla 2. Estándar de Agua para Diálisis Norma ANSI / AAMI.....	7
Tabla 3. Objetivos del Macroproyecto alineados en un Plan Estratégico Organizacional.....	21
Tabla 4. Caracterización de las Variables del Proceso de Osmosis Inversa en Plantas Modelo Clearwater.....	48
Tabla 5. Instrumentos y Marcas Usadas en Plantas Clearwater.....	52
Tabla 6. Relación de Lazos de Control de la Planta Modelo Clearwater.....	53
Tabla 7. Costos Directos Proyectados	73
Tabla 8. Costo Total Terapias por Unidad.....	75
Tabla 9. Tiempos de Servicio de Mantenimiento a Diferentes Daños.....	76
Tabla 10. Costos de una Parada de Planta No.1 por 4 Horas	76
Tabla 11. Costos de una Parada de Planta No.2, por 4 Horas.....	77
Tabla 12. Costos de Paradas de las Plantas 1 y 2, por 4 Horas, 1 vez al mes...	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Procesos de Osmosis y Osmosis Inversa.....	3
Figura 2. Membrana de un Proceso de Osmosis.....	4
Figura 3. Esquema Básico de un Sistema de Osmosis Inversa.....	5
Figura 4. Tipos de Sistemas de Filtración.....	6
Figura 5. Logos de AAMI y Clearwater Systems.....	7
Figura 6. Plantas de Osmosis de 1, 4 y 15 Membranas.....	8
Figura 7. Planta de Osmosis de 24 Membranas y Planta de Osmosis Modelo Clearwater en la Empresa JGB Colombia.....	8
Figura 8. Tanques de Almacenamiento y Sensor de Nivel Tipo Flotador.....	8
Figura 9. Diagrama de Bloques de un Sistema de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa.....	9
Figura 10. Bombas Impulsoras con Válvula Check.....	10
Figura 11. Sistema Vortisand y Filtro Multimedia.....	10
Figura 12. Filtro Multimedia Vs. Sistema Vortisand.....	11
Figura 13. Tanque de Cloro y Sistema de Suministro.....	11
Figura 14. Tanques de Almacenamiento de Agua Clorada y Ultrafiltrada.....	11
Figura 15. Sistema Hidroneumático, Bomba de Desplazamiento Positivo y Sensor de Presión.....	12
Figura 16. Filtros Suavizadores.....	12
Figura 17. Sistema de Reloj Electromecánico.....	12
Figura 18. Filtros de Carbón Activo.....	13
Figura 19. Filtros de 5 Micrones.....	13

Figura 20. Electroválvula Solenoide NC.....	14
Figura 21. Sensor de Presión.....	14
Figura 22. Sondas de Conductividad y Temperatura de Entrada.....	14
Figura 23. Bomba Multietapa de Alta Presión y Sistema de Osmosis.....	15
Figura 24. Membrana de Osmosis y Sistema de Membranas.....	15
Figura 25. Sistema de Osmosis y Producido de Membranas.....	15
Figura 26. Sondas de Conductividad y Temperatura de Salida.....	16
Figura 27. Sistema de Flujómetros.....	16
Figura 28. Válvula de Lavado y Válvulas de Recirculación.....	16
Figura 29. Tanques de Almacenamiento con Filtro de Aire y Bombas de Distribución en Paralelo.....	17
Figura 30. Sensor de Nivel, Filtro de Aire y Bomba de Distribución.....	17
Figura 31. Modelo Teórico CIM según NIST.....	24
Figura 32. Modelo CIM en una Empresa.....	25
Figura 33. Nivel de Proceso e Instrumentación.....	26
Figura 34. Nivel Sistema de Control.....	27
Figura 35. Nivel Sistema SCADA.....	28
Figura 36. Centro de Operaciones de un Sistema SCADA.....	29
Figura 37. Estructura Básica de un Sistema de Supervisión y Mando.....	30
Figura 38. Arquitectura Básica del Hardware de un SCADA.....	31
Figura 39. Estándares de Comunicación de Software.....	32
Figura 40. Interfase Humano Máquina - HMI.....	35
Figura 41. Nivel Sistema MES.....	37
Figura 42. Modelo del Nivel MES planteado por MESA Internacional.....	38

Figura 43. Nivel Sistema ERP.....	41
Figura 44. Solución Integral <i>TIA</i> de SIEMENS.....	43
Figura 45. SIMATIC WinCC de SIEMENS.....	44
Figura 46. Logos del Sistema de Control y Fabricante.....	44
Figura 47. Solución Integral PlantWeb de Emerson.....	45
Figura 48. Arquitecturas para Niveles Operativo y de Gestión de PlantWeb.....	45
Figura 49. Arquitectura de Hardware y Software del Sistema SNAP PAC.....	46
Figura 50. PAC Project Software Suite de OPTO22.....	46
Figura 51. Controladores, Cerebros y Módulos I/O de OPTO22.....	47
Figura 52. Diagrama P&ID del Proceso de Osmosis en una Planta Modelo Clearwater.....	50
Figura 53. Tarjeta Interna y Panel Externo del Controlador Rotrol II.....	55
Figura 54. Modelo de los Sistemas de Control y SCADA propuestos.....	58
Figura 55. Software ICONICS Tipo SCADA.....	61
Figura 56. Estructura Organizacional de una Empresa Administradora de Plantas de Tratamiento de Agua para Hemodiálisis.....	63
Figura 57. Datos de una Planta Clearwater y Datos Detallados de una Bodega.....	66
Figura 58. Check List de Mantenimiento de una Planta Modelo Clearwater.....	68
Figura 59. Proyección Cronológica del Proyecto de Diseño e Implementación del modelo CIM.....	72

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. <i>Norma ANSI / AAMI RD62:2006. Equipos de Tratamiento de Agua para Aplicaciones de Hemodiálisis</i>	85
ANEXO 2. <i>Datasheet Instrumentación de Planta Según Norma ISA/ANSI S5.20.....</i>	97
ANEXO 3. <i>Cotización Sistemas de Control y SCADA.....</i>	108

GLOSARIO

- **AAMI.** (*Association for the Advancement of Medical Instrumentation*). Asociación para el Avance de la Instrumentación Médica.
- **CIM.** (*Computer Integrated Manufacturing*). Sistema de Manufactura Integrada por Computador.
- **COM.** (*Component Object Model*). Modelo de Componentes de Objeto. Herramienta de Software Desarrollada por Microsoft Windows.
- **CRM.** (*Customer Relationship Management*). Administración de las Relaciones con el Cliente
- **DCS.** (*Distributed Control System*). Sistema de Control Distribuido.
- **DDE.** (*Dynamic Data Exchange*). Tecnología de Intercambio Dinámico de Datos.
- **ERP.** (*Enterprise Resource Planning*). Sistema de Planeación de Recursos de la Empresa.
- **GMAC.** Gestión de Mantenimiento asistida por Computador.
- **HMI.** (*Human Machine Interface*). Interfase Humano Máquina.
- **INGENIERIA CONCEPTUAL.** Es aquella etapa en la cual se emprende la definición inicial del alcance y objetivos del anteproyecto, basándose en un estudio preliminar del proyecto y en la definición de los requerimientos del mismo. La ingeniería conceptual sirve para identificar la viabilidad técnica y económica del proyecto, marcando la pauta para el desarrollo de las ingenierías básica y de detalle.
- **ISA.** (*International Society of Automation*). Sociedad Internacional de Automatización.
- **ISO.** (*International Organization for Standardization*). Organización Internacional de Estandarización.
- **LAN.** (*Local Area Network*). Red de Area Local.

- **MCS.** (*Manufacturing Control System*). Sistema de Control de Manufactura.
- **MES.** (*Manufacturing Execution System*). Sistema de Ejecución de Manufactura.
- **MESA.** (*Manufacturing Enterprise Solutions Association*). Asociación de Empresas para la Solución de Manufactura.
- **MMI.** (*Man Machine Interface*). Interfase Hombre Máquina.
- **MODULO I/O.** Módulo con Canales de Entrada y Canales de Salida para monitoreo y manipulación de instrumentación de proceso.
- **MRP.** (*Material Requirements Planning*). Sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales.
- **MRPII.** (*Manufacturing Resources Planning*). Sistema de Planeación de Recursos de Manufactura.
- **NIST.** (*National Institute of Standards and Technology*). Instituto Nacional de Estándares y Tecnología.
- **OLE.** (*Object Linking and Embeeding*). Vinculación e Inserción de Objetos. Herramienta de Microsoft que permite a las aplicaciones leer y escribir valores de proceso y que los datos sean compartidos fácilmente en una red de PC's.
- **OPC.** (*OLE for Process Control*). Es un estándar abierto para compartir datos entre dispositivos de campo y aplicaciones de PC, basado en OLE de Microsoft.
- **PC.** (*Personal Computer*). Computador Personal.
- **PAC.** (*Programmable Automation Controller*). Controlador Programable de Automatización, versión SNAP desarrollado por OPTO22.
- **PLC.** (*Programmable Logic Controller*). Controlador Lógico Programable.
- **PLM.** (*Product Lifecycle Management*). Administración del Ciclo de Vida del Producto
- **P&ID.** Diagrama de Proceso e Instrumentación. Estandarizado bajo la Norma ISA / ANSI S5.1 / 84.

- **RTU.** (*Remote Terminal Unit*). Unidad Terminal Remota.
- **SCADA.** (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Sistema de Supervisión de Control y Adquisición de Datos.
- **SCM.** (*Supply Chain Management*). Administración de la Cadena de Suministros.
- **TIA.** (*Totally Integrated Automation*). Automatización Totalmente Integrada. Es una solución integral de automatización provista por SIEMENS.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la ingeniería conceptual para la implementación del modelo CIM en las plantas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa modelo Clearwater.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar las características del proceso de tratamiento de agua por osmosis inversa para la obtención de variables a incluir en el modelo CIM, tomando como base de estudio la planta modelo Clearwater, de la empresa Clearwater Systems.
- Revisar el estado del arte del Modelo CIM en la industria farmacéutica, aplicado en el tratamiento de agua para hemodiálisis.
- Desarrollar el diseño conceptual de la instrumentación, sistema de control y sistema SCADA de la planta modelo Clearwater.
- Plantear la adaptación conceptual del Modelo CIM a la planta modelo Clearwater, basada en la estructura organizacional de una empresa que administra su proceso.
- Elaborar un informe final con los entregables de la ingeniería conceptual desarrollada.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: INGENIERIA CONCEPTUAL PARA LA IMPLEMENTACION DEL MODELO DE MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADOR EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA MODELO CLEARWATER

AUTORES: FABIAN ALONSO LARA VARGAS
JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

FACULTAD: ESP. EN CONTROL E INSTRUMENTACION INDUSTRIAL

DIRECTOR: RAUL RESTREPO AGUDELO

RESUMEN

Desarrollo de los entregables de la Ingeniería Conceptual para la implementación del modelo de Manufactura Integrada por Computador (CIM) en las plantas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa modelo Clearwater; dentro de los cuales se encuentran: La *Fundamentación Teórica del Proyecto*, que involucra el estudio del proceso y la evaluación de sus necesidades, el análisis del modelo CIM y el estado del arte del mismo, la definición de los objetivos del macroproyecto y la evaluación de soluciones integrales de automatización de tipo comercial. El *Modelo Tecnológico Propuesto*, que presenta la caracterización de variables del proceso que se adoptan en la automatización propuesta, la evaluación y diseño conceptual de la instrumentación, sistema de control y sistema SCADA del proceso y la adaptación conceptual del modelo CIM al proceso, tanto a nivel operativo, como a nivel de gestión con el Sistema de Ejecución de Manufactura (MES) y el Sistema de Planeación de Recursos Empresariales (ERP). Por último se plantea un *Cronograma de Actividades* para las ingenierías básica y de detalle, y el *Análisis de la Viabilidad del Proyecto*, desde los puntos de vista técnico y económico.

PALABRAS CLAVE: Ingeniería Conceptual, Modelo CIM, MES, ERP, SCADA, Osmosis Inversa.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

ABSTRACT OF THESIS PROJECT

TITLE: CONCEPT ENGINEERING FOR THE IMPLANTATION OF COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING MODEL IN THE PLANTS OF WATER TREATMENT BY REVERSE OSMOSIS CLEARWATER MODEL.

AUTHORS: FABIAN ALONSO LARA VARGAS
JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

DEPARTMENT: SP. CONTROL AND INDUSTRIAL INSTRUMENTATION

DIRECTOR: RAUL RESTREPO AGUDELO

ABSTRACT

Development of deliverables of the Concept Engineering for the implantation of Computer Integrated Manufacturing (CIM) model in the plants of water treatment by Reverse Osmosis Clearwater model; inside it find: The *Theoretical Groundwork of Project*, that contain the study of process and the evaluation of its necessities, the analysis of CIM model and its state of art, the definition of the objectives of the macro project and the evaluation of integral solutions in automation of commercial type. The *Technological Model Proposal*, that present the characteristics of process variables that are takes in the automation proposal, the evaluation and concept design of the instrumentation, control system and SCADA system of process and the concept adaptation of CIM model to the process, both an operation level, and a management level with the Manufacturing Execution System (MES) and the Enterprise Resource Planning (ERP) System. Last establish a *Gantt Diagram of Activities* for the basic and detail engineering, and the *Analysis of the Viable Project*, since the points of view technical and economical.

KEYWORDS: Concept Engineering, CIM Model, MES, ERP, SCADA, Reverse Osmosis.

V° B° THESIS DIRECTOR

INTRODUCCION

Una de las herramientas más valiosas que tienen las empresas en la actualidad es *la información*. Esta debe ser *oportuna, clara, objetiva y confiable*, pues del correcto manejo de la misma depende hoy en día el rendimiento, la productividad, la competitividad y la permanencia de las empresas e industrias en el mundo moderno.

En los últimos años, la ciencia de la automatización ha centrado sus esfuerzos en optimizar los procesos de producción de las organizaciones, por medio de la adaptación y utilización de nuevas tecnologías de cómputo. Este enfoque abre un sinnúmero de posibilidades, entre las que se destaca la integración de las diferentes áreas de una empresa mediante un proceso basado en el modelo de Manufactura Integrada por Computador (CIM - *Computer Integrated Manufacturing*), el cual enlaza los procesos de producción (diseño, ingeniería y fabricación), con los de gestión de la empresa (planeación y administración), mediante un nivel conocido como Sistema de Ejecución de Manufactura (MES - *Manufacturing Execution System*), que tiene como objetivo contribuir a ejecutar eficientemente el plan operativo de la empresa. [1][2][11].

Los MES son principalmente sistemas informáticos en línea que proporcionan herramientas para llevar a cabo las distintas actividades de la administración de la producción, estableciendo una comunicación en tiempo real entre el nivel de gestión de la empresa (ERP - *Enterprise Resource Planning*) y el nivel de control de planta, brindando al nivel de gestión, información actualizada de todos los procesos de producción para la correcta planeación y toma de decisiones; esta información comúnmente se obtiene a partir de los sistemas de Supervisión de Control y Adquisición de Datos (SCADA - *Supervisory Control And Data Acquisition*), cuya función principal es establecer una *interface hombre máquina* para obtener información proveniente de los controladores de los instrumentos de campo. [1][3].

El presente proyecto desarrolla la Ingeniería Conceptual para la implementación del modelo CIM en las plantas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa modelo Clearwater, buscando una mejora sustancial en la operación, supervisión, mantenimiento y administración de dichas plantas. Aquí se plantea una alternativa para la solución de problemas en la gestión y control de inventarios, mejoramiento

de la calidad y los tiempos de respuesta en mantenimiento correctivo y preventivo, seguimiento de horas maquina, estadísticas de la planta en tiempo real, control automático y supervisión remota de las variables de proceso.

En este documento se plasma un estudio que propone soluciones a las necesidades planteadas por los ingenieros que se dedican al mantenimiento correctivo y preventivo, y en general, al manejo de este tipo de plantas, las cuales se encuentran en un considerable porcentaje de clínicas y hospitales de Colombia, entre otros campos, a cargo de empresas como: Laboratorios *Baxter*, *TecnoAguas Internacional*, *Aguas de Colombia*, *Fresenius Inc*, entre otras. Esta Ingeniería Conceptual deja todos los entregables para el posterior desarrollo de las ingenierías básica y de detalle que permitan la implementación exitosa del proyecto.

1. INGENIERIA CONCEPTUAL

1.1. FUNDAMENTACION TEORICA DEL PROYECTO.

1.1.1. Estudio del Proceso de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa.

a. Proceso de Osmosis Inversa.

Para analizar debidamente el proceso de ósmosis inversa, debe hablarse en primer lugar de la ósmosis natural; la cual es el mecanismo de transferencia de nutrientes en las células a través de las membranas que las recubren.

Basados en este principio; si se ponen en contacto dos soluciones de diferentes concentraciones, se genera un flujo de solvente entre ellas hasta igualar las concentraciones de ambas. Un ejemplo claro se da al poner en contacto a través de una membrana agua salada y agua destilada; El agua que atraviesa la membrana es "empujada" por la presión osmótica de la solución de agua salada y el equilibrio del proceso se alcanza cuando la columna hidrostática iguala dicha presión osmótica. (Ver Figura 1)

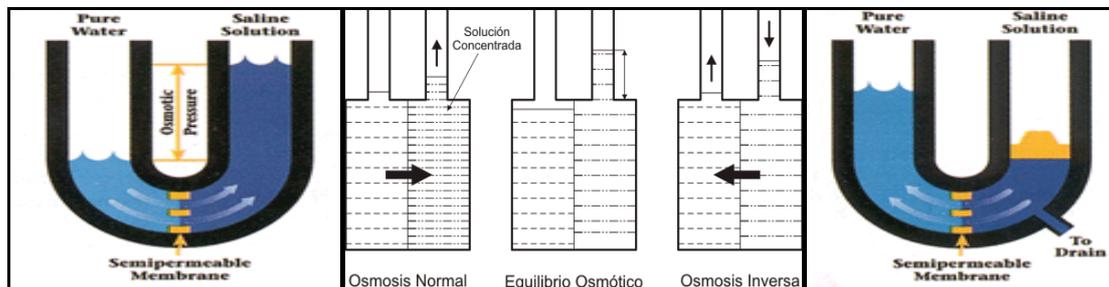


Figura 1. Procesos de Osmosis y Osmosis Inversa. [13]

Dado que en el proceso de ósmosis lo que se obtiene es un paso de la zona de mayor concentración a la de menor concentración; para purificar el agua, es necesario realizar el fenómeno inverso. Para lo cual, es necesario vencer la presión osmótica natural mediante la aplicación de una mayor presión en sentido contrario; a este fenómeno se le conoce como osmosis inversa. (Ver Figura 1).

En el proceso de la ósmosis inversa, al forzar el agua a cruzar la membrana, esta deja las impurezas atrás. La calidad de agua obtenida, dependerá de la permeabilidad de la membrana; esta puede ser tan pequeña, que prácticamente todas las impurezas, moléculas de la sal, bacterias y virus son separadas del agua. Por esta razón, la membrana es la parte más importante en el proceso de

ósmosis Inversa; la cual, por lo general, esta está compuesta de acetato de celulosa (CA) y poliamida (PA). (Ver Figura 2).

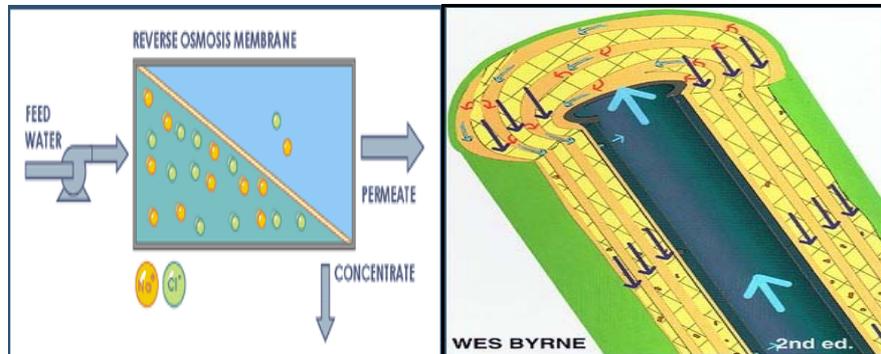


Figura 2. Membrana de un Proceso de Ósmosis. [13]

Los componentes más comunes de una osmosis inversas son: *Una bomba de alta presión* que obliga al agua a pasar a través de una membrana y *la membrana de alta eficiencia* donde se realiza la osmosis inversa.

La Ósmosis Inversa, u Ósmosis Reversa, es usada ampliamente en los procesos de desalinización de agua de mar, separación y purificación de fluidos y en los procesos de ultrafiltración para producir agua con los estándares de pureza más altos. La osmosis inversa reúne características como: [22]

- Permite remover la mayoría de los sólidos (inorgánicos u orgánicos) disueltos en el agua (hasta el 99%).
- Remueve los materiales suspendidos y microorganismos.
- Realiza el proceso de purificación en una sola etapa y en forma continua.
- Es una tecnología extremadamente simple que puede operarse con personal no especializado.
- El proceso se realiza sin cambio de fase, con el consiguiente ahorro de energía.
- Es modular y necesita poco espacio, lo que le confiere una versatilidad excepcional en cuanto al tamaño de las plantas.

La osmosis inversa posee múltiples aplicaciones. Entre sus diversos usos podemos mencionar: [22]

- Abastecimiento de aguas para usos industriales y consumo de poblaciones.
- Tratamiento de efluentes municipales e industriales para el control de la contaminación y/o recuperación de compuestos valiosos reutilizables.

- En la industria alimenticia, para la concentración de alimentos (jugo de frutas, tomate, leche, etc.).
- En la industria farmacéutica, para la separación de proteínas, eliminación de virus, hiperfiltración de agua para hemodiálisis, etc.

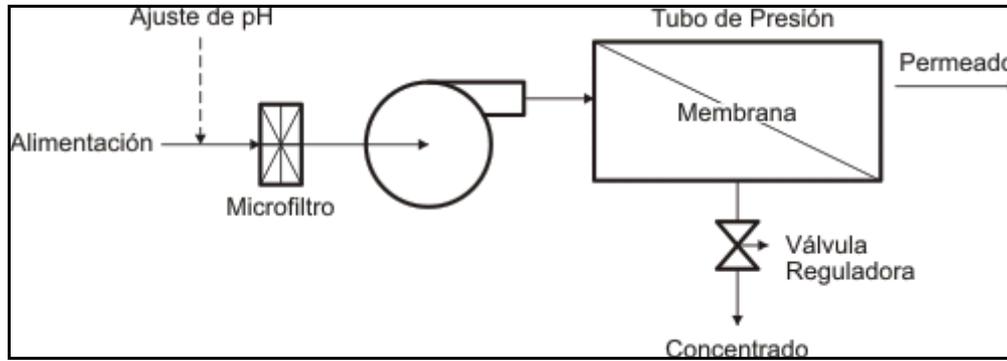


Figura 3. Esquema Básico de un Sistema de Osmosis Inversa. [22]

Tanto en la Osmosis Inversa, como en otros tipos de sistemas de filtración, una característica importante es el porcentaje de rechazo, el cual indica que tan fina es la membrana y su poder de filtrado.

Cationes			Aniones		
Nombre	Símbolo	%Rechazo	Nombre	Símbolo	%Rechazo
Sodio	Na ⁺	94-96	Cloruro	Cl ⁻	94-95
Calcio	Ca ⁺⁺	96-98	Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	95-96
Magnesio	Mg ⁺⁺	96-98	Sulfato	SO ₄ ⁻	99 ⁺
Potasio	K ⁺	94-96	Nitrato	NO ₃ ⁻	93-96
Hierro	Fe ⁺⁺	98-99	Fluoruro	F ⁻	94-96
Manganeso	Mn ⁺⁺	98-99	Silicato	SiO ₂ ⁻	95-97
Aluminio	Al ⁺⁺⁺	99 ⁺	Fosfato	PO ₄ ⁻	99 ⁺
Amonio	NH ₄ ⁺	88-95	Bromuro	Br ⁻	94-96
Cobre	Cu ⁺⁺	96-99	Borato	B ₄ O ₇ ⁻	35-70 ^{**}
Níquel	Ni ⁺⁺	97-99	Cromato	CrO ₄ ⁻	90-98
Estroncio	Sr ⁺⁺	96-99	Cianuro	CN ⁻	90-95 ^{**}
Cadmio	Cd ⁺⁺	95-98	Sulfito	SO ₃ ⁻	98-99
Plata	Ag ⁺	94-96	Tiosulfato	S ₂ O ₃ ⁻	99 ⁺
Arsénico	As ⁺⁺⁺	90-95	Ferrocianuro	Fe(CN) ₆ ⁻	99 ⁺

Tabla 1. Comparación entre los Diferentes Tipos de Filtrado. [22]

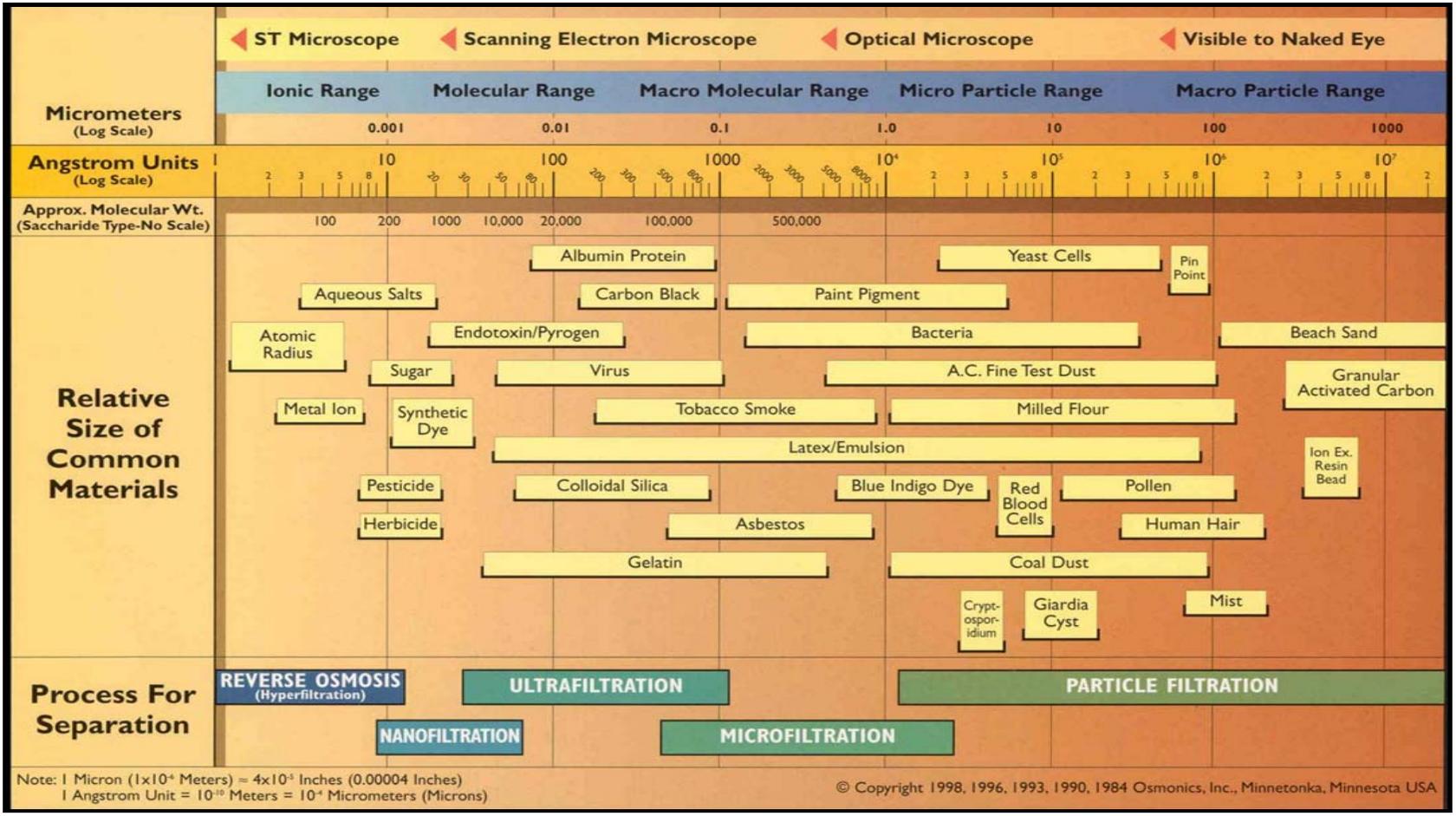


Figura 4. Tipos de Sistemas de Filtración. [22]

b. Planta de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa Modelo Clearwater.

Una de las aplicaciones antes mencionadas para las plantas de osmosis inversa es la producción de agua para los procesos de hemodiálisis. La entidad a nivel mundial que regula los estándares de calidad del agua para estos procesos es la *AAMI (Association for the Advancement of Medical Instrumentation)*, ella establece los siguientes niveles de calidad (**Ver Anexo 1 - Norma ANSI / AAMI RD62:2006 - Equipos de Tratamiento de Agua para Aplicaciones de Hemodiálisis**):

CONTAMINANTE	MAXIMA CONCENTRACION
Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Aluminio.	T.D.S.< 84.01 mg/L
Cloro	0.50 ppm
Sulfato	100 ppm
Nitrato	2.0 ppm
Zinc	0.10 ppm
Fluor	0.20 ppm
Conteo Microbial	100 CFU/ml

Tabla 2. Estándar de Agua para Diálisis Norma ANSI / AAMI. [23]

A nivel mundial, la multinacional *Clearwater Systems* ha desarrollado una gran variedad de plantas de Osmosis Inversa, cuyos modelos varían de acuerdo a la capacidad de suministro de agua requerida por el usuario.



Figura 5. Logos de AAMI y Clearwater Systems. [13][23]

A continuación se muestran los modelos de planta más comunes en la industria colombiana, de la multinacional Clearwater Systems.

Para la presente ingeniería conceptual, el modelo base de estudio corresponde a una planta de Osmosis Inversa de cuatro membranas.



Figura 6. Plantas de Osmosis de 1, 4 y 15 Membranas. [13]



Figura 7. Planta de Osmosis de 24 Membranas y Planta de Osmosis Modelo Clearwater en la Empresa JGB Colombia. [13]

Una planta típica de osmosis inversa modelo Clearwater aplicada en los procesos de hemodiálisis tiene las siguientes etapas (*Ver figura 9*):

Entrada de Agua de Acueducto: En esta etapa entra el agua proveniente del acueducto local, la cual es potable, pero no cumple con los estándares AAMI necesarios para su uso en los procesos de hemodiálisis. La presión de este sistema depende de la presión de las tuberías de abastecimiento. Dicha agua es almacenada en tanques, entre los 1,5m³ y los 7m³ típicamente (depende de los requerimientos de la planta). Estos tanques poseen sensores de nivel que indican su estado.



Figura 8. Tanques de Almacenamiento y Sensor de Nivel Tipo Flotador. [1]

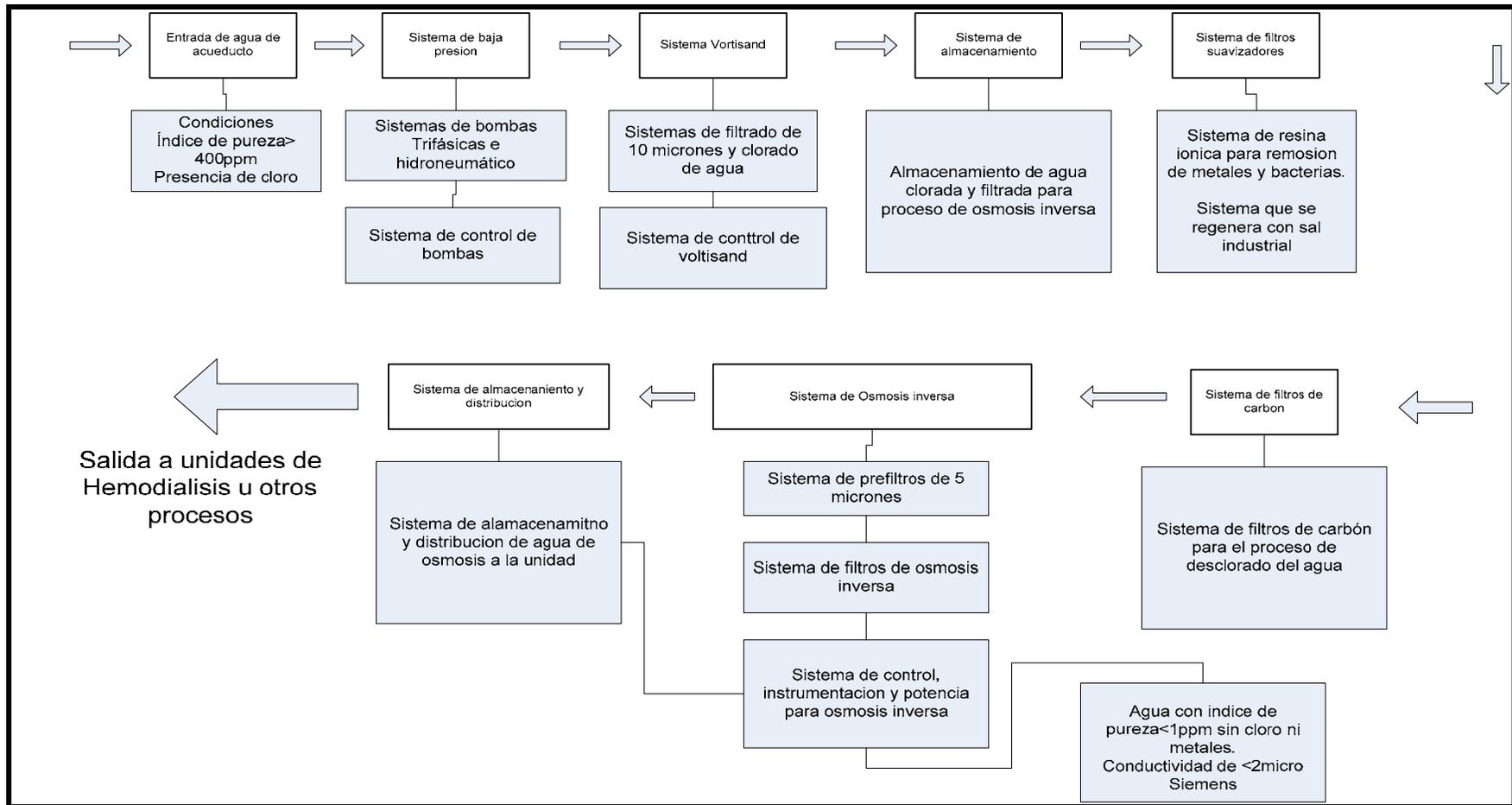


Figura 9. Diagrama de Bloques de un Sistema de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa. [1]

Sistema de Baja presión: En esta etapa se toma el agua almacenada que proviene del acueducto, y se eleva la presión de la misma para pasar al siguiente nivel; la presión típica está entre los 30psi y los 70psi. El componente típico de esta etapa son las bombas impulsoras.



Figura 10. Bombas Impulsoras con Válvula Check. [1]

Sistema de Vortisand: Su nombre se debe al sistema de filtración que ésta etapa usa, el cual es el sistema Vortisand de Sonitec, presentando un proceso de ultrafiltración de hasta 0.5 micrones. Existen plantas que no poseen sistema Vortisand, sino filtros Multi-Media, los cuales solo toman el agua que proviene del sistema de baja presión y la filtran gracias a sus diferentes tipos de arena (diferente espesor de los gránulos de arena), logrando filtrar hasta los 10 micrones.

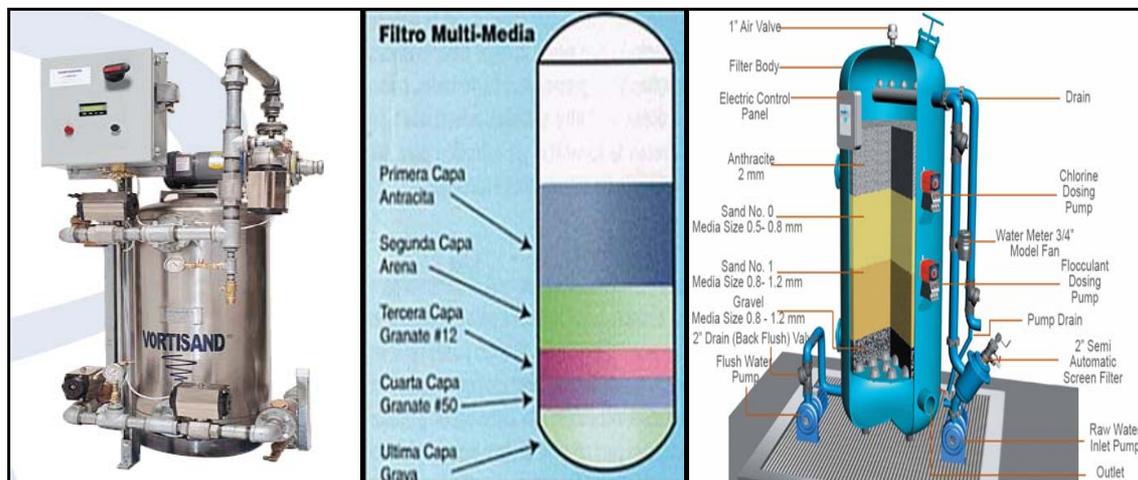


Figura 11. Sistema Vortisand y Filtro Multimedia. [18]

Esta etapa también posee un sistema de suministro de cloro, ya que el agua que sale de este proceso, irá al siguiente bloque de almacenamiento en donde permanecerá hasta ser usada (*con la adición de cloro se evita el crecimiento bacteriano. Ver Figura 13*).



Figura 12. Filtro Multimedia Vs. Sistema Vortisand. [18]



Figura 13. Tanque de Cloro y Sistema de Suministro. [1]

Etapa de Almacenamiento: En esta etapa del sistema almacena el agua clorada y ultrafiltrada en diferentes tanques de almacenamiento, dependiendo de los requerimientos diarios del sistema. Dicha agua es usada por el sistema de filtros de carbón. En esta parte del sistema también está presente una bomba de desplazamiento positivo, encargada de llevar el agua de los tanques a los filtros, la cual posee un sistema hidroneumático que mantiene una presión constante en las tuberías, y un sensor de presión que monitorea la variable en el proceso de Osmosis Inversa para determinar cuando los filtros suavizadores necesitan agua.



Figura 14. Tanques de Almacenamiento de Agua Clorada y Ultrafiltrada. [1]



Figura 15. Sistema Hidroneumático, Bomba de Desplazamiento Positivo y Sensor de Presión. [1]

Etapa de Filtros Suavizadores: Esta etapa se caracteriza por tener una resina especial para permitir el intercambio iónico. Aquí se consideran los siguientes aspectos [13]:

- Remoción de Sólidos: Ca, Mg, Mn, Fe, Al.
- La resina tiene una vida útil (*depende de la dureza*) y debe ser regenerada.
- En la regeneración de la resina se usa una solución de NaCl.
- El operador debe suministrar periódicamente sal al sistema.



Figura 16. Filtros Suavizadores. [1][13]

Estos sistemas filtros cuentan con unos relojes electromecánicos que sirven para activar la regeneración automática de la resina a partir del ingreso de sal al tanque.



Figura 17. Sistema de Reloj Electromecánico. [1][13]

Etapa de Filtros de Carbón: En esta etapa, los filtros de carbón se encargan de remover el cloro libre y el cloro combinado presente en el agua. Este es el más grande de todos los filtros, y el tiempo de contacto del agua en este oscila entre 5 y 8 minutos.



Figura 18. Filtros de Carbón Activo. [1]

Para la limpieza de estos filtros se usan válvulas manuales de 3 vías, las cuales realizan un retrolavado encargado de limpiar residuos en los filtros de carbón. En este bloque se entrega a la Osmosis Inversa un agua sin cloro, sin durezas y microfiltrada, la cual posee una conductividad que puede variar entre los 100uS y los 200uS.

Etapa de Osmosis Inversa: En este bloque se realiza la filtración de agua en su máxima expresión (hyperfiltración), en donde el agua entra con una presión entre 60psi y 80psi. En la Osmosis se pueden diferenciar las siguientes subetapas:

- **Filtros de 5 Micrones.** Encargados de filtrar aun más el agua que viene de los filtros de carbón; estos son cartuchos recargables que se colocan sobre una base de plástico, entre ellos se colocan manómetros, cuya función es indicar los diferenciales de presión para poder saber si los filtros de 5 micrones están saturados o no.



Figura 19. Filtros de 5 Micrones. [1]

- **Válvula de Entrada.** Es la encargada de permitir el paso de agua proveniente de los filtros de carbón activo, se abre cuando la Osmosis Inversa esta en proceso.

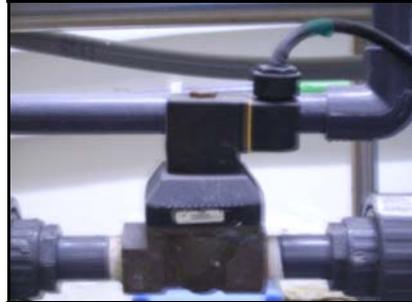


Figura 20. Electroválvula Solenoide NC. [1]

- **Sensor de Presión.** Es el encargado de sensar la presión presente en la tubería de entrada; si no existe suficiente presión (*proporcionada por la bomba del sistema de filtros de carbón*), el sistema de Osmosis Inversa no enciende.



Figura 21. Sensor de Presión. [1]

- **Sondas de Temperatura y Conductividad de Entrada.** Son las encargadas de medir la conductividad del agua de entrada (corregida por temperatura), al proceso de Osmosis.



Figura 22. Sondas de Conductividad y Temperatura de Entrada. [1]

- **Bomba de Alta Presión.** Es la encargada de impulsar el agua que entra al sistema de osmosis a una presión superior de 150 psi, a través de las membranas.



Figura 23. Bomba Multietapa de Alta Presión y Sistema de Osmosis. [1]

- **Sistema de Membranas.** Es el encargado del proceso de Osmosis Inversa.



Figura 24. Membrana de Osmosis y Sistema de Membranas. [1][13]



Figura 25. Sistema de Osmosis y Producido de Membranas. [1]

- **Sondas de Temperatura y Conductividad de Salida.** Mide la conductividad del agua (corregida por temperatura), que sale de las membranas hacia el sistema de almacenamiento y distribución, para

determinar su pureza. Dicha agua presenta un índice menor a 1uS de conductividad.



Figura 26. Sondas de Conductividad y Temperatura de Salida. [1]

- **Sistema de Flujiómetros.** Un grupo de flujómetros se encargan de medir la cantidad de agua que produce el sistema, la cantidad de agua que se desecha y la cantidad de agua que entra de nuevo al proceso de Osmosis Inversa.



Figura 27. Sistema de Flujiómetros. [1][13]

- **Sistema de Válvulas de Recirculación y Lavado.** Son las encargadas del control de flujo producido por el sistema de Osmosis Inversa, tanto para la unidad de almacenamiento y distribución, como para el enjuague automático de las membranas.



Figura 28. Válvula de Lavado y Válvulas de Recirculación. [1]

Etapa de Almacenamiento y Distribución: Este bloque de proceso cuenta con uno o varios tanques herméticos, en los cuales se almacena el *Agua de Osmosis*, o también llamada *Agua Permeada*; el tamaño de los tanques depende del tamaño del sistema de distribución y del caudal requerido para el proceso de diálisis. Esta etapa se encuentra constituida por:

- Tanque de Almacenamiento
- Bomba de Distribución
- Sensor de Nivel
- Filtro de Aire.



Figura 29. Tanques de Almacenamiento con Filtro de Aire y Bombas de Distribución en Paralelo. [1]

La Bomba de Distribución es la encargada de tomar el agua del tanque, o los tanques, y llevarla al proceso de diálisis; el sensor de nivel indica los niveles mínimos y máximos del tanque para encender o apagar la bomba de distribución; el filtro de aire filtra partículas hasta de 5 Micrones y se usa para evitar que el tanque colapse por la presión de la bomba de distribución.



Figura 30. Sensor de Nivel, Filtro de Aire y Bomba de Distribución. [1]

1.1.2. Evaluación de las Necesidades del Proceso en Plantas Clearwater.

Las plantas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa son instalaciones que permiten purificar agua con los más altos estándares de pureza exigidos por la Asociación para el Avance de la Instrumentación Médica (AAMI), ente responsable a nivel internacional del establecimiento de los estándares y normas que rigen la instrumentación médica, aplicados a los sistemas de potabilización de agua utilizados en los procesos de hemodiálisis; por ello, el correcto funcionamiento de estas plantas es crucial en la prestación de este servicio. Teniendo en cuenta que la operación de este tipo de plantas es crítica, pues diariamente la vida de cientos de personas con deficiencias renales depende de este proceso, y conociendo los requerimientos exigidos a la hora de un mantenimiento correctivo o preventivo en este tipo de plantas, se encuentran las siguientes debilidades expresadas por los ingenieros responsables de su operación, y basadas en sus experiencias de campo:

- *No se le da seguimiento a la solución de mantenimientos correctivos en planta.* El hacer un registro continuo de los mantenimientos correctivos permite solucionar de una forma más eficiente las fallas, a la vez que se puede prever futuros daños (*mantenimiento predictivo*) que podrían parar de manera permanente la planta.
- *No se tiene un código que identifique cada planta, ni códigos que especifiquen los diferentes repuestos.* El codificar equipos y repuestos permite manejar de una manera más ágil y precisa la gestión de repuestos e inventarios, por parte de los responsables del mantenimiento de plantas.
- *No existen bodegas de repuestos en stock.* Las empresas encargadas de las plantas no poseen una bodega de almacenamiento de repuestos en stock (válvulas especiales, bombas, sensores especializados, accesorios especiales de operación, etc.), en la región en la cual se encuentra dicha planta, ni un estudio estadístico que determine cuales repuestos se dañan con mayor frecuencia; dificultando los mantenimientos correctivos. Disponer de repuestos de una manera rápida y oportuna, redundante en un ágil servicio de mantenimiento correctivo y preventivo, y por ende en un menor número de paradas de planta.
- *No se tiene un estimado de los tiempos de servicio de cada componente de planta.* Para poder realizar planes de mantenimiento preventivo, es claro que debe tenerse en cuenta el tiempo de funcionamiento promedio de cada pieza

que conforma la planta, para poder realizar el cambio en éstas antes de que cumpla su ciclo de vida útil y pueda fallar, generando paradas de planta.

- *Sistema de Control Obsoleto y de Arquitectura Cerrada.* El control de la planta es distribuido, con algunos controladores locales mecánicos obsoletos, lo que tiene como consecuencia, la no aplicación de las técnicas de control adecuadas para la regulación de algunas variables de proceso (por ejemplo, control PID).
- *No se poseen históricos de las variables de proceso.* La tarjeta controladora actual no recibe algunas señales de instrumentación en un formato estándar (instrumentos de arquitectura cerrada), ni tiene comunicación con un PC, lo que dificulta el registro de variables para la generación de los históricos de las mismas, con fines de análisis estadístico que permita predecir fallos, aplicar mantenimientos preventivos y predictivos, hacer seguimiento del tiempo de servicio de la planta, ó realizar evaluaciones de la calidad del servicio que presta.
- *No es posible la supervisión remota de plantas.* No hay un monitoreo permanente de las plantas por parte de los ingenieros de campo, el cual permita desarrollar un mayor número de mantenimientos preventivos, y menos mantenimientos correctivos, disminuyendo la posibilidad de generar paradas de planta, las cuales son eventos críticos en un centro de asistencia médica, dado que la vida de las personas depende de este servicio.
- *No existe una gestión de inventarios en las empresas administradoras de las plantas.* Las empresas administradoras de estas plantas no poseen un sistema de información y administración de inventarios en red a nivel nacional, el cual permita satisfacer con la suficiente rapidez y eficacia, las necesidades de repuestos en los mantenimientos correctivos que se dan en las plantas del país; además, en muchos casos, los mantenimientos correctivos presentan costos elevados, pues los repuestos que se transfieren entre zonas muchas veces no corresponden a los dañados en las plantas, generándose pérdidas en los gastos de fletes y en las paradas de planta.

Un sistema de control electrónico centralizado basado en PC puede mejorar de manera sustancial la operación y administración de este tipo de plantas, permitiendo la regulación automática de las variables de proceso, y el monitoreo de las mismas de manera local o remota a través de internet, lo que permite al

ingeniero de campo ser más eficiente en la ejecución de los programas de mantenimiento de la empresa.

Este sistema también pueden llevar el histórico de dichas variables, lo que permite un manejo estadístico de los parámetros de la planta, pudiendo determinarse las horas de servicio de cada componente, predecir posibles daños de instrumentos para la aplicación de mantenimientos preventivos, o incluso, generar programas de mantenimiento predictivo en las plantas, lo que conlleva a un porcentaje mínimo de paradas de planta por daño de componentes; mejorándose la forma de manejar los procesos de mantenimiento y gestión de inventarios de las empresas responsables de planta.

La presente ingeniería conceptual plantea la propuesta de enlazar este sistema de control, y todos los demás sistemas del área de producción de diferentes plantas a cargo de una organización, con los sistemas informáticos y de gestión del área administrativa de dicha empresa, en donde estos sistemas estarían en red a nivel nacional, lo que arrojaría información en tiempo real de estos procesos a la dirección para la toma de decisiones, en las áreas de producción, control de calidad y compras. Este proyecto piloto es planteado solo para dos plantas modelo Clearwater en diferentes lugares del país, a cargo de una misma organización.

1.1.3. Objetivos del Macroproyecto.

El principal objetivo, u objetivo general del macroproyecto, es el de *adaptar e implementar el modelo CIM en las plantas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa modelo Clearwater.*

Estas plantas son administradas por organizaciones nacionales o internacionales presentes en Colombia, como Laboratorios Baxter, Fresenius Inc, etc., las cuales no están en contacto permanente con dichas plantas, pues las dejan operando en Clínicas, entre otros campos, sin monitoreo permanente y registro de sus variables o estado de operación, lo que trae como consecuencia los costos elevados de mantenimiento correctivo, paradas de planta por la no consecución de repuestos, o lo mas importante, se pone en peligro la vida de las personas que dependen de este proceso para la realización de una hemodiálisis.

En base a esta problemática, se propone una solución a manera de plan estratégico para estas organizaciones, el cual esta alineado con el objetivo general, fraccionado de manera específica en la siguiente tabla:

PLAN ESTRATEGICO ORGANIZACIONAL	OBJETIVOS DEL MACROPROYECTO
Modernización de la instrumentación y sistema de control y monitoreo de las plantas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa modelo Clearwater.	Automatizar las plantas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa modelo Clearwater con instrumentación que maneje señalización estándar y una arquitectura de control comercial que permita control regulatorio local tipo PID y supervisión del control del proceso de manera local y remota a través de internet, con registro de variables de proceso.
Renovación de los sistemas de manejo de información empresarial a nivel de gestión de procesos.	Implementar un sistema de información digital corporativo en línea con todas las dependencias de la organización, basado en la estructura de Microsoft Office de Windows, para la planeación, gestión y ejecución de los recursos empresariales.
Optimización del esquema operativo de la empresa mediante la integración de los niveles de operación y gestión de procesos.	Enlazar en línea los sistemas de control del proceso, con los sistemas informáticos de gestión, a través del estándar abierto OPC basado en la herramienta OLE de Microsoft, para el desarrollo de los sistemas de ejecución de manufactura e implementación del modelo CIM en la organización, con el objeto de brindar al nivel de gestión, información actualizada de todos los procesos de producción para la correcta planeación y toma de decisiones.
Sistematización de los procesos de gestión de inventarios.	Desarrollar una herramienta informática que permita el manejo automático y en línea de los sistemas de inventario de las plantas de osmosis inversa modelo Clearwater, a nivel corporativo, para sistematizar los procesos de gestión de los mismos.
Sistematización de los procesos de Mantenimiento	Desarrollar una herramienta informática para automatizar la planeación, gestión y ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos de las plantas modelo Clearwater, para mejorar los tiempos de servicio, disminuir las paradas de planta y tiempos muertos de producción, reduciendo costos y pérdidas en estos eventos.
Centralización de la información de los diferentes procesos productivos de la organización.	Centralizar todos los sistemas informáticos de los diferentes procesos productivos de la organización, para optimizar la planeación y toma de decisiones por parte del nivel directivo.

Tabla 3. Objetivos del Macroproyecto alineados en un Plan Estratégico Organizacional. [1]

1.1.4. Estado del Arte del Modelo CIM en la Industria Farmacéutica, aplicado en el Tratamiento de Agua para Hemodiálisis.

La evolución de las empresas y su creciente necesidad de integrar sus procesos de producción y gestión gerencial, ha llevado a la ciencia de la automatización a

proponer nuevos enfoques de administración, control y supervisión de los procesos propios de la empresa en todos sus niveles de producción, siendo uno de estos enfoques la *Manufactura Integrada por Computador (CIM)*. [1][2]

En la conceptualización del modelo CIM, tratada por muchas organizaciones y autores, han intervenido muchos criterios inherentes a los niveles de operación y gestión de una organización, lo que en algunos casos ha tenido como consecuencia la mala interpretación del modelo, o la degradación del mismo.

Básicamente, el modelo CIM se define como el uso de la tecnología por medio de los computadores para integrar las actividades de una empresa. Dicho modelo puede llegar a ser tan complejo como se quiera, dependiendo de los requerimientos de la organización donde se desee implementar, o del enfoque que se le dé al mismo. El modelo CIM plantea la integración de las áreas de la empresa, mediante el enlace de sus procesos de producción (diseño, ingeniería y fabricación), con los de gestión (planeación y administración), mediante un nivel conocido como Sistemas de Ejecución de Manufactura (MES), que tiene como objetivo contribuir a ejecutar eficientemente el plan operativo de la organización. [1][2][11]

Un artículo publicado recientemente por la *Sociedad Internacional de Automatización, ISA*, en su revista *INTECH*, titula “*El modelo CIM juega un papel vital*”, y comenta lo siguiente: “*La automatización y la ingeniería de control son las directamente responsables de controlar cada paso en un proceso de manufactura. La manufactura integrada por computador (CIM) es una pieza vital en un proceso, porque le provee a este el control de sus diferentes niveles con una visión general del proceso de manufactura. Las arquitecturas para el modelo CIM han de ser flexibles para dirigir los rápidos cambios en el nivel de fábrica. La idea del modelo CIM es complementar el sistema de ejecución de manufactura (MES), el cual opera en el nivel superior del modelo CIM. El modelo CIM es a menudo una estructura que permite a los sistemas comunicarse e interoperar en todos los niveles productivos de una empresa*”. [19]

En Colombia no hay antecedentes del uso del modelo CIM en las Plantas de Tratamiento de Agua para Hemodiálisis; sin embargo, existen varias empresas de la industria farmacéutica que trabajan con sistemas como el ERP, tales como: *Laboratorios del Sur, Johnson&Johnson, Pharmatech, Petco, Bayer y Unilever Andina*. Otras empresas del sector productivo que han empezado, o ya han implementado el modelo CIM en su estructura son: *Coca Cola, BMW, Nike, Grupo Ardila Lule (Postobon, Incauca, Peldar), Ecopetrol, Nacional de Chocolates,*

Familia Sancela, Avon, Fábrica de Licores de Antioquia y Laboratorios Vogue, entre otras.

Un artículo publicado por José Luis Barragán Duarte (*UNIMEDIOS*), muestra un estudio que indagó sobre el punto de partida del proceso de desarrollo de la organización sistémica, que es la digitalización y el procesamiento de la información. El estudio encontró, entre otros resultados, que en el **86,94%** de las empresas colombianas la información estaba digitalizada y procesada en más de cuatro de los seis procesos por los que se indagó: **Producción, Pedidos, Ventas, Servicio al Cliente, Administración de Recursos Humanos y Departamento Financiero**. En contraste, solo el **1,37%** de las empresas no emprendía ningún proceso en este sentido. En una media obtenida se encontró que, entre más grande es la empresa, más procesos están digitalizados y procesados. Diferenciando por grupos, las empresas que más tienen información digitalizada y procesada son las filiales de empresas extranjeras, seguidas de las pertenecientes a grupos colombianos y, en grado menor, las que no son de grupos. El promedio entre las empresas es del **4,9%** procesos digitalizados, siendo la industria, con una media de **5,2%**, la que más lo hace.

El estudio midió además los niveles de organización sistémica, basados en el grado de integración de los procesos que están digitalizados y el uso de herramientas como el ERP (Planeación de Recursos Empresariales). La encuesta reveló que el **57,31%** de las empresas disponen del ERP, siendo *la banca*, con el **56%**, la que más lo utiliza, seguido del sector de las telecomunicaciones, con el **37%**. En contraste, en las empresas de informática y comercio, los niveles de organización sistémica son menores.

En el estudio se indagó sobre los tres niveles de uso de la información sistematizada, con base en el modelo del autor francés Dominique Genelot: El primero equivale al *Nivel Operativo*; el segundo al *Nivel de Gestión*, y el tercero, al *Nivel Estratégico*; encontrándose que el **6,6%** de las empresas se encuentran en el tercer nivel, el **5,1%** en el segundo nivel y el **87%** en el primer nivel de organización sistémica.

1.1.5. Niveles del Modelo CIM.

El modelo CIM es la estructura base de la automatización integrada, cuyos objetivos son:

- Reducir los niveles de stock y aumentar su rotación.
- Disminuir los costos directos de producción.

- Controlar los niveles de stock en tiempo real.
- Aumentar la disponibilidad de las plantas mediante la reducción de los tiempos de mantenimiento y puesta a punto.
- Incrementar la productividad.
- Mejorar el control de calidad.
- Permitir la rápida introducción de nuevos productos y servicios.
- Mejorar el nivel de servicio.

Este concepto responde a una estructura piramidal jerarquizada, produciéndose en la cúspide las decisiones de política empresarial. En el otro extremo, en la base, lo que se pretende es que las denominadas islas de automatización, mediante los autómatas programables, controladores locales, instrumentación inteligente, etc., se integren en un sistema de control jerarquizado y distribuido que permita la conversión de decisiones de política empresarial en operaciones de control de bajo nivel. [4]

Conceptualmente el modelo CIM es único, y su estructura piramidal jerarquizada es fácilmente identificable, aunque sus niveles varíen en nombre y número de pisos dependiendo de la organización que los propone, del grado de especificación que se le quiere dar, de la arquitectura tecnológica ofrecida comercialmente como solución integral de automatización, o simplemente por el proceso de adaptación a una estructura organizacional específica.

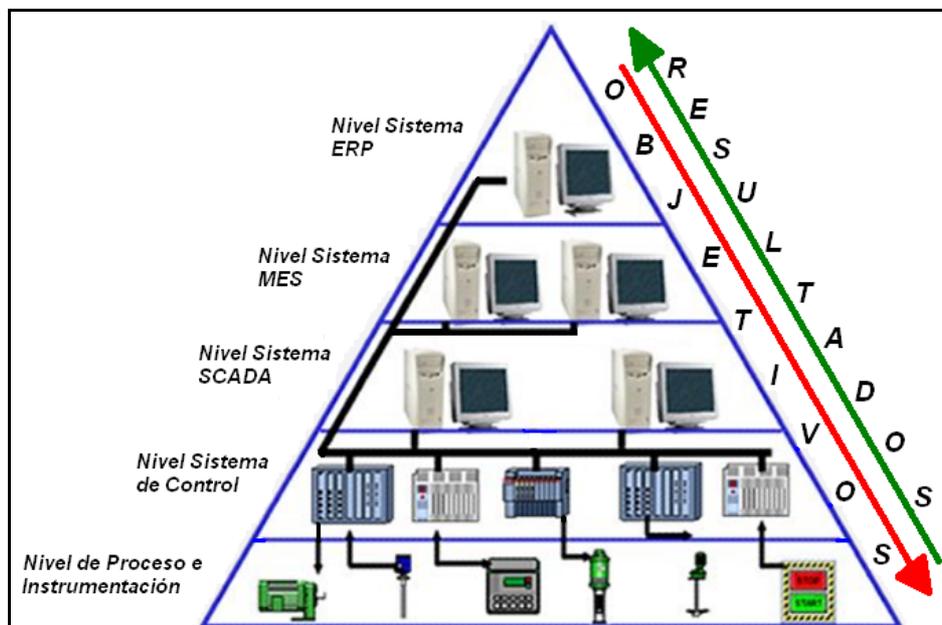


Figura 31. Modelo Teórico CIM según NIST. [1][4]

Para efectos de la presente ingeniería conceptual, se adoptará el modelo CIM del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (*NIST – National Institute of Standards and Technology*), con sede en los Estados Unidos, y cuya misión es promover la innovación y la competitividad industrial, mediante el avance en la ciencia de las mediciones, estándares y tecnología encaminada a mejorar la economía, seguridad y la calidad de vida [20]. Este modelo presenta los siguientes niveles de control / gestión de la información:

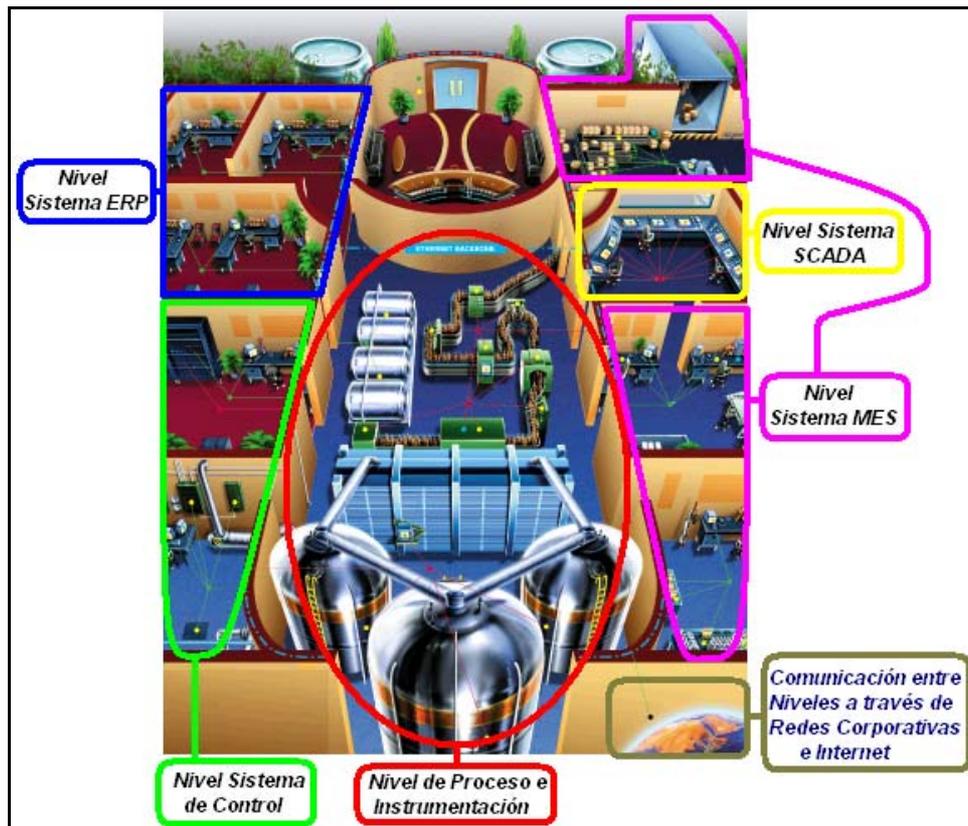


Figura 32. Modelo CIM en una Empresa. [1][8]

a. Nivel de Proceso e Instrumentación.

Comprende el conjunto de subprocesos, instrumentos y maquinaria en general, con que se realizan las operaciones de producción en la empresa. En este nivel se adquieren las variables del proceso mediante sensores situados en él, y se actúa sobre él mediante elementos finales de control. Los sensores envían la información de las variables al nivel sistema de control, para que ejecute los algoritmos de control y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, envíe las órdenes oportunas a los actuadores. Por lo tanto, este nivel es el encargado de la comunicación de los diferentes controladores del nivel sistema de control con los dispositivos de campo. [1][4]

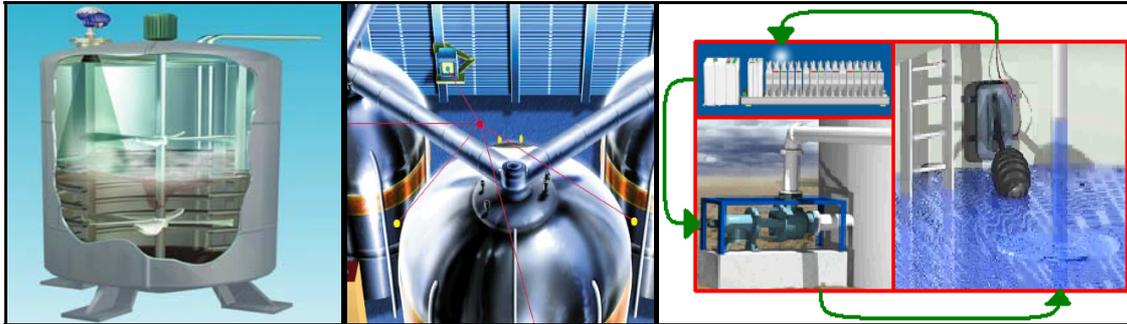


Figura 33. Nivel de Proceso e Instrumentación. [1][8]

Dentro de los aspectos más importantes a tener en cuenta en este nivel se tienen:

- Definición y características del proceso.
- Caracterización de variables de proceso (Tipo de variable, Sistema de unidades, rangos).
- Definición de lazos de control del proceso.
- Señalización estandarizada de instrumentos según la *ISA*, ya sea convencional (4 a 20mA), protocolo (RS-232), ó bus de campo (Fieldbus Foundation).
- Definición de instrumentación digital y analógica, de acuerdo a la variable y tipo de control.
- Selección del principio de medición de instrumentos acorde a las características de la variable y necesidades del proceso.
- Implementación de instrumentación mecánica de respaldo a los instrumentos electrónicos de variables críticas, en caso de fallo de energía.
- Identificación funcional de instrumentos y lazos de control, según norma *ISA S5.1*, en planta y en los diagramas P&ID.

b. Nivel Sistema de Control.

En este nivel se encuentran los Controladores Lógicos Programables (PLC`s), Unidades Terminales Remotas (RTU`s), Controladores Industriales, Sistemas de Control Distribuido (DCS) y demás dispositivos electrónicos de control. En suma, constituyen los elementos de mando y control de la maquinaria del *nivel de proceso e instrumentación*.

El presente nivel recibe y proporciona la *información de actuación directa* al *nivel de proceso e instrumentación*, y recibe y proporciona la *información de estado* al *nivel sistema SCADA*. [1][4]



Figura 34. Nivel Sistema de Control. [1][8]

Entre las funciones específicas de mayor relevancia de este nivel se tienen:

- Capturar y digitalizar las señales estándares provenientes del nivel de proceso e instrumentación.
- Ejecutar las cartas de programación, basadas en las estrategias de control del proceso.
- Convertir en señales estándares de instrumentación, la información digital producto de la ejecución de las cartas de programación.
- Mantener comunicación permanente con el nivel sistema SCADA, desde donde puede ser monitoreado y programada cada una de sus acciones.
- Garantizar la seguridad y el control del Proceso.

Dentro de las características de este nivel se pueden describir las siguientes:

- Dentro de su estructura básica cuenta con una *CPU*, *módulos I/O* con señalización estándar ISA para la comunicación con el nivel de proceso e instrumentación, y *módulos de comunicaciones* para la transferencia de información entre este nivel y el nivel sistema SCADA.
- Su arquitectura modular y abierta permite soportar la expansión de las variables de proceso de la planta y establecer comunicación con otros controladores de este mismo nivel.
- El sistema de acondicionamiento de señales debe garantizar el aislamiento eléctrico total entre las señales de control y potencia.

c. Nivel Sistema SCADA.

Es el nivel de supervisión y control. En este nivel, bien por medios humanos o informáticos, se realizan las siguientes tareas: *Adquisición y tratamiento de datos*,

supervisión del control del proceso, control de obra en curso y gestión de alarmas y asistencias, entre otras. Dependiendo de la filosofía de control de la empresa, este nivel emite órdenes de ejecución al *nivel sistema de control* y recibe situaciones de estado de dicho nivel. Igualmente recibe los programas de producción, calidad, mantenimiento, etc., del *nivel sistema MES* y realimenta dicho nivel con las incidencias (estado de órdenes de trabajo, situación de máquinas, estado de la obra en curso, etc.) ocurridas en planta. [1][4]

Se da el nombre de SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition ó Control con Supervisión y Adquisición de Datos) a cualquier software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo. [3]

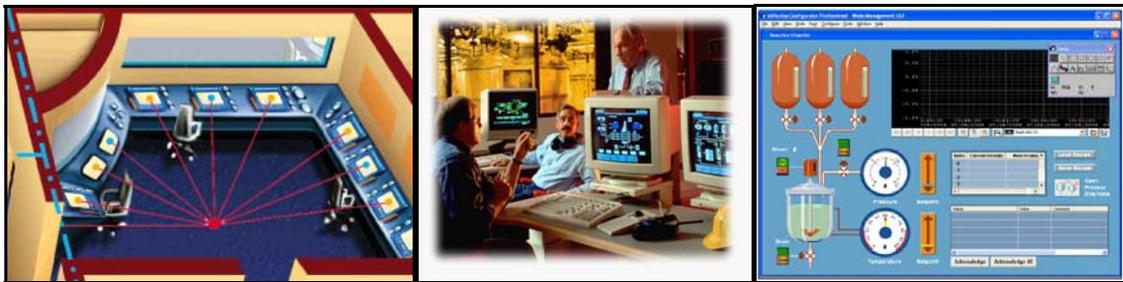


Figura 35. Nivel Sistema SCADA. [1][8]

No se trata de un sistema de control, sino de una utilidad software de monitorización ó supervisión, que realiza la tarea de interfase entre el nivel sistema de control y el nivel sistema MES.

Los objetivos para que su implementación sea perfectamente aprovechada son los siguientes:

- Funcionalidad completa de manejo y visualización en sistema operativo Windows sobre cualquier PC estándar.
- Arquitectura abierta que permita combinaciones con aplicaciones estándar y de usuario, que permitan a los integradores crear soluciones de mando y supervisión optimizadas (*Active X* para ampliación de prestaciones, *OPC* para comunicaciones con terceros, *OLE-DB* para comunicación con bases de datos, lenguaje estándar integrado como Visual Basic o C).
- Sencillez de instalación, sin exigencias de hardware elevadas, fáciles de utilizar y con interfaces amigables con el usuario.
- Permitir la integración con las herramientas ofimáticas y de producción.

- Fácilmente configurable y escalable, debe ser capaz de crecer o adaptarse según las cambiantes necesidades de la empresa.
- Ser independiente del sector y la tecnología.
- Funciones de mando y supervisión integradas.
- Comunicaciones flexibles para poder comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).

La topología de un SCADA (su distribución física) variará adecuándose a las características de cada aplicación. Unos sistemas funcionarán bien en configuraciones de bus, otros en configuraciones de anillo. Unos necesitarán equipos redundantes debido a las características del proceso, etc. [3]

Todos los sistemas, de mayor o menor complejidad, orientados a los objetivos mencionados anteriormente, aparecen bajo uno de los nombres más habituales para definir esta relación:

MMI – Man Machine Interface – Interfase Hombre Máquina.

HMI – Human Machine Interface – Interfase Humano Máquina.

Un sistema SCADA, como herramienta de interfase humano máquina, comprende toda una serie de funciones y utilidades encaminadas a establecer una comunicación lo más clara posible entre el proceso y el operador.



Figura 36. Centro de Operaciones de un Sistema SCADA. [6]

1. Arquitectura de un Sistema SCADA.

Las primeras aplicaciones en el campo de la automatización localizaban todo el control en el PC y tendían progresivamente a la distribución del control en planta. De esta manera, el sistema queda dividido en tres bloques principales: *Software*

de Adquisición de Datos y Control (SCADA), Sistema de Adquisición y Mando (Sensores y Actuadores) y Sistema de Interconexión (Comunicaciones).



Figura 37. Estructura Básica de un Sistema de Supervisión y Mando. [1][3]

El usuario, mediante herramientas de visualización y control, tiene acceso al Sistema de Control de Proceso, generalmente un computador donde reside la aplicación de control y supervisión (se trata de un sistema servidor). La comunicación entre estos 2 sistemas se suele realizar a través de redes de comunicaciones corporativas (Ethernet).

El sistema de control capta el estado del proceso a través de los elementos sensores e informa al usuario por medio de la HMI. Basándose en las cartas de programación ejecutadas por el usuario, el sistema de control inicia las acciones pertinentes para mantener el control del proceso a través de los actuadores. Toda la información generada durante la ejecución de las tareas de supervisión y control se almacena para disponer de los datos a posteriori. [3]

Mediante el software de adquisición de datos y control, el mundo de las máquinas se integra directamente a la red empresarial, pasando a formar parte de los elementos que permiten crear estrategias de empresa de tipo global, aquí es donde se fortalece el concepto del modelo CIM.

❖ **Arquitectura Hardware de un Sistema SCADA.**

Un sistema SCADA, a escala conceptual, está dividido en 2 grandes bloques: *Los Captadores de Datos* y *los Utilizadores de Datos*. [3]

Los Captadores de Datos recopilan los datos de los elementos de control del sistema (PLC's, RTU's, etc.) y los procesan para su utilización. Son los servidores del sistema.

Los Utilizadores de Datos utilizan la información recogida por los anteriores, como las herramientas de análisis de datos o los operarios del sistema; son los clientes.

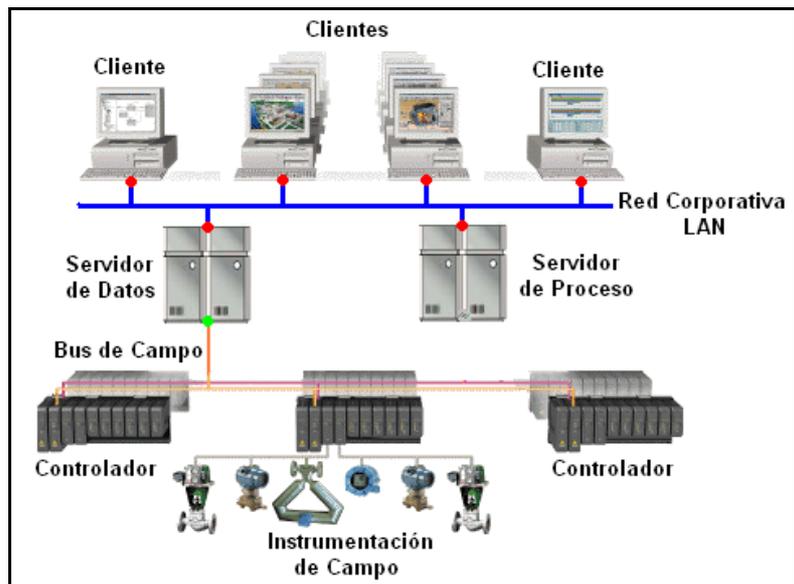


Figura 38. Arquitectura Básica del Hardware de un SCADA. [1][3]

Mediante los Clientes, los datos residentes en los servidores pueden evaluarse, permitiendo realizar las acciones oportunas para mantener las condiciones nominales del proceso. Mediante los denominados *Buses de Campo*, los *Controladores de Proceso* envían la información a los *Servidores de Datos* (*Data Servers*), los cuales a su vez, intercambian información con niveles superiores del sistema automatizado a través de redes de comunicaciones de área local (LAN). Estos utilizadores de datos están constituidos por los siguientes elementos básicos: *Interfase Humano Máquina (HMI)*, *Unidad Central* y *Sistema de Comunicaciones*.

❖ **Arquitectura Software de un Sistema SCADA.**

Un programa de tipo HMI se ejecuta en un PC ó terminal gráfico, y unos programas específicos le permiten comunicarse con los dispositivos de control de planta (hacia abajo) y los niveles de gestión (hacia arriba). Estos programas son lo que denominamos *Controladores* ó *Drivers* de comunicaciones. El *Driver* realiza la función de traducción entre el lenguaje del programa SCADA y el del autómatas (hacia abajo, por ejemplo, Fieldbus), o entre el SCADA y la red de gestión de la empresa (hacia arriba, con Ethernet, por ejemplo). [1][3]

En un programa SCADA se tienen 2 bloques bien diferenciados: El programa de desarrollo y el programa de ejecución ó Run-time. *El Programa de Desarrollo* engloba las utilidades relacionadas con la creación y edición de las diferentes ventanas de la aplicación, así como sus características (textos, dibujos, colores, propiedades de los objetos, programas, etc.). *El Programa Run-time* permite

ejecutar la aplicación creada con el programa de desarrollo (en el proceso de desarrollo a nivel industrial se entrega, como producto terminado, el Run-time y la aplicación).

Dentro de las características más importantes de la Arquitectura Software de un sistema SCADA se pueden mencionar las siguientes:

Las Tecnologías de Comunicación entre Aplicaciones: Permiten aplicar métodos de intercambio de información entre aplicaciones informáticas, de los cuales podemos resaltar:

- I. **OPC:** El estándar de intercambio de datos por excelencia se denomina OPC (OLE for Process Control). Es un estándar abierto de comunicaciones que permite un método fiable para acceder a los datos desde los dispositivos de campo. El método de acceso siempre es el mismo, sin depender del tipo y origen de los datos.

Se basa en la tecnología COM (*Component Object Model*), de Microsoft, que permite definir cualquier elemento de campo mediante sus propiedades, convirtiéndolo en una interfase. De esta manera es posible conectar fácilmente cualquier elemento de campo con un servidor de datos local (COM), o remoto (DCOM).



Figura 39. Estándares de Comunicación de Software. [1]

Los componentes OPC se pueden clasificar en clientes o servidores. *El Cliente OPC (OPC Client)*, es una aplicación que solo utiliza datos, tal como hace un paquete SCADA. Cualquier cliente OPC se puede comunicar con cualquier servidor OPC sin importar el tipo de dispositivo que recoge esos datos (el aspecto que se ve, desde el punto de vista de los datos, es siempre similar, sin importar el fabricante del equipo). *El Servidor OPC (OPC Server)*, es una aplicación que realiza la recopilación de los datos de los distintos dispositivos de campo de un sistema automatizado y permite el libre acceso a estos dispositivos desde otras

aplicaciones que los soliciten (Clientes OPC). Los servidores OPC tienen una fácil integración en aplicaciones Visual Basic, Excel, Access, etc.; no necesitan herramientas especiales para su desarrollo (pueden escribirse con cualquier software estándar). [3]

Con OPC, los integradores pueden escoger entre una amplia gama de servidores OPC para comunicarse con sus dispositivos de campo. Pueden entonces desarrollar una aplicación cliente para comunicarse con el servidor ó escoger aplicaciones ya desarrolladas para tal efecto.

La ISA hizo el primer anuncio de OPC en 1995. Las especificaciones OPC se mantienen a través de la OPC Foundation. Actualmente, OPC Foundation agrupa a compañías de software, hardware, y usuarios finales de todo el mundo. OPC Foundation realiza una serie de pruebas de producto que permiten determinar si una aplicación cumple el estándar. Si es así, el producto puede exhibir el logotipo que lo identifica como producto OPC. [3]

- II. **ODBC:** Mediante ODBC (Open Data Base Connectivity), también de Microsoft Windows, se tiene un estándar que permite a las aplicaciones el acceso a datos en Sistemas de Gestión de Bases de Datos (*Data Base Management Systems*) utilizando SQL como método estándar de acceso. ODBC permite que una aplicación pueda acceder a varias bases de datos mediante la inclusión del controlador correspondiente en la aplicación que debe acceder a los datos. [3]
- III. **SQL:** La aparición del estándar por excelencia para la comunicación con bases de datos, SQL (*Structured Query Language*), permite una interfase común para el acceso a los datos por parte de cualquier programa que se ciña al estándar SQL. [3]
- IV. **ASCII:** Mediante el formato ASCII, común a prácticamente todas las aplicaciones informáticas, tenemos un estándar básico de intercambio de datos. Es sencillo importar y exportar datos de configuración, valores de variables, etc. [3]
- V. **API:** Las herramientas API (*Application Programming Interfaces*) permiten que el usuario pueda adaptar el sistema a sus necesidades mediante rutinas de programa propias escritas en lenguajes estandarizados, tales como *Visual Basic*, *C++*, o *Java*, lo cual les confiere una potencia muy elevada y una gran versatilidad. Permiten

el acceso a las bases de datos de los servidores (valores almacenados temporalmente o archivos históricos). [3]

- VI. ACTIVE X:** Active X permite a los objetos utilizar un conjunto común de servicios (*COM, Component Object Model*) para intercambiar información con otros. Por tanto, puede decirse que un objeto Active X es un programa que puede ser reutilizado por otros programas, dentro de un PC, o entre los PC's de una red. Se ejecuta dentro de lo que se denomina contenedor, que no es más que un programa que utiliza las interfases COM (podría denominarse un Bloque de Función).

La tecnología Active X comienza con Microsoft Windows y con otro nombre: DDE (Dynamic Data Exchange), tecnología de Intercambio Dinámico de Datos que permite que cualquier aplicación, basada en Windows, pueda intercambiar información con otra aplicación diferente (por ejemplo, un aplicación de un PLC y una Hoja de Cálculo en Excel).

Con DDE, el intercambio de información se realiza a través de una memoria común, utilizando un protocolo que gestiona las funciones de diálogo (los datos se intercambian cuando cambian, lo que evita cargas innecesarias en las comunicaciones). El DDE también permite que una aplicación ejecute comandos de otra. De esta manera es posible, por ejemplo, que un programa SCADA abra una hoja de cálculo en Excel con solo pulsar un botón. En este intercambio están implicados también las librerías de vínculos dinámicos (*DLL - Dynamic Link Library*), los objetos insertados (*OLE - Object Link Embeded*) y el portapapeles (entendido como el conjunto de funciones que permiten el intercambio de información entre aplicaciones). [3]

En lo referente a la herramienta de vinculación e inserción de objetos (*OLE – Object Linking and Embedding*), se diseñó para poder gestionar documentos compuestos por elementos heterogéneos. Es decir, un documento de texto, por ejemplo, podría contener además otro tipo de datos: Imágenes, sonido o video. Por objeto se entiende cualquier elemento manipulable, por parte del usuario, dentro de una aplicación de Windows. Un objeto OLE puede insertarse o vincularse; la diferencia estriba en la manera en que el objeto es almacenado.

La tecnología Active X es la tercera versión de OLE y facilita la tarea de implementar servicios en redes de comunicación y controles en servidores Web como, por ejemplo, una animación o el no permitir la ejecución de dichos controles sin el beneplácito del usuario. No se trata de un lenguaje de programación, sino

más bien un juego de reglas establecidas para determinar cómo se debe compartir información.

Los controles Active X consisten en programas que realizan tareas comunes en entornos Windows o Macintosh (por ejemplo, animaciones en páginas Web o enlaces entre sistemas de visualización y bases de datos). [3]

El Almacenamiento de Datos: Permite tener disponible los datos almacenados de las variables de un proceso, de manera que se pueda realizar cualquier tipo de análisis a posteriori como, por ejemplo, diagnósticos. También permite establecer una serie de pasos evolutivos en la técnica de almacenamiento de información: Ficheros, Bases de Datos, Bases de Datos Relacionales ó Bases de Datos Industriales.

2. Módulos de un Sistema SCADA.

Cualquier sistema de visualización tiene más o menos utilidades para realizar la configuración del sistema de comunicaciones, pantallas, contraseñas, impresiones o alarmas. Los módulos más habituales en un paquete SCADA, visto como sistema de desarrollo gráfico, es decir, la HMI, son:

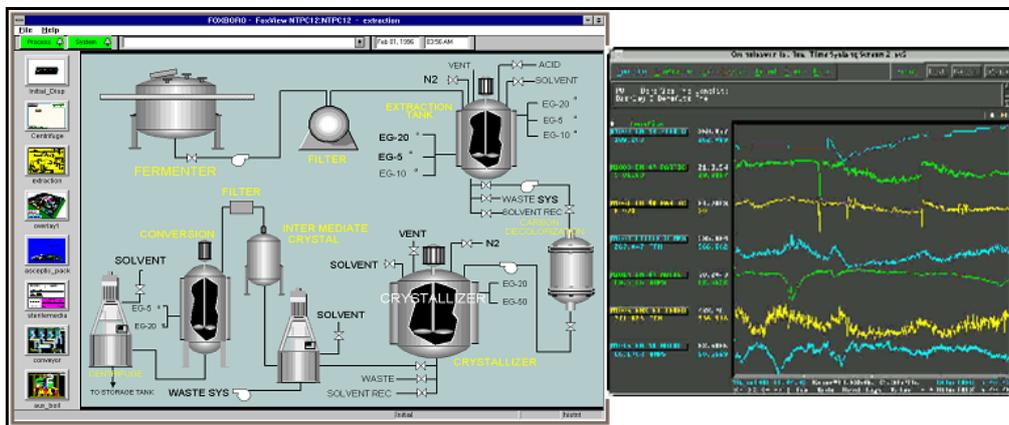


Figura 40. Interfase Humano Máquina - HMI. [1]

- **Configuración:** Permite definir el entorno de trabajo para adaptarlo a las necesidades de la aplicación.
- **Interfase Gráfica:** Permiten la elaboración de pantallas de usuario con múltiples combinaciones de imágenes y/o textos, definiendo así las funciones de control y supervisión de planta.
- **Tendencias:** Son las utilidades que permiten representar de forma cómoda la evolución de variables del proceso.

- **Alarmas y Eventos:** Las alarmas se basan en la vigilancia de los parámetros de las variables del proceso. Son los sucesos no deseables, porque su aparición puede dar lugar a problemas de funcionamiento. El resto de situaciones, de carácter normal, tales como puesta en marcha, paradas, cambios de set point, consulta de datos, etc., se denominan eventos del sistema o sucesos.
- **Registro y Archivado:** Por registro (logging) se entiende el almacenamiento temporal de valores, generalmente basándose en un patrón cíclico y limitado en tamaño. También es posible definir que, una vez el registro llegue a su límite de almacenamiento, se guarde una copia en un archivo (archivado) que no se borra, como sucede con el registro, quedando a disposición del usuario que necesite recuperar esos datos.
- **Generación de Reportes:** En el modelo CIM se complementan las funcionalidades de adquisición, registro de datos y generación de alarmas con la capacidad de generar información capaz de ayudar en la toma de decisiones. Por ejemplo, es importante disponer de información referente a: *Estado de la planta, producción en tiempo real, generación y registro de alarmas, adquisición de datos (para análisis de históricos, control de calidad, cálculo de costos, mantenimiento preventivo), gestión de almacén, gestión de producción y gestión de mantenimiento.* Mediante las herramientas SQL es posible realizar extractos de los archivos, los registros o las bases de datos del sistema, realizar operaciones de clasificación o valoración sin afectar los datos originales. También permite presentar los archivos en forma de informes o transferirlos a otras aplicaciones mediante las herramientas de intercambio disponibles. La interacción entre las áreas de gestión y producción necesita de herramientas que permitan la generación automática de informes adaptados al entorno de gestión de la empresa (*no solo reportes de interminables datos, sino informes que ya presenten análisis y valoraciones sobre la información recibida*).
- **Control de Proceso:** Lenguajes de alto nivel, como Visual Basic o C, incorporados en los paquetes SCADA, permiten programar tareas que respondan a eventos del sistema, tales como enviar un e-mail para activar una alarma, un mensaje de texto a un teléfono móvil del servicio de mantenimiento, o incluso poner en marcha o detener partes del sistema en función de los valores de las variables adquiridas.
- **Recetas:** Gracias a este concepto es posible almacenar y recuperar paquetes de datos que permiten configurar un sistema de forma automática. Son archivos que guardan los datos de configuración de los diferentes elementos del sistema (velocidad de proceso, presiones, temperaturas, niveles de alarma, cantidad de piezas, etc).

- **Comunicaciones:** Soporta el intercambio de información entre los elementos de planta, la arquitectura de hardware implementada y los elementos de gestión. [3]

Otros aspectos a tener en cuenta en el desarrollo de una HMI, es la normatividad. **La Norma UNE-EN-ISO 9241**, en su parte 10, principios de diálogo, trata el diseño ergonómico de programas para equipos con pantallas de visualización de datos. Enumera una serie de ideas que sirven de guía a la hora de realizar el planteamiento y desarrollo de las interfases gráficas, que desarrolla en los capítulos 14, 15, 16 y 17 de dicha norma:

- La aplicación debe estar adaptada a la tarea para la cual se ha diseñado; el diálogo con el usuario debe ser limpio, presentando y exigiendo solamente la información estrictamente necesaria.
- La aplicación debe informar el progreso al interlocutor de forma comprensible para este (autodescriptividad).
- La aplicación debe poder adaptarse al nivel de capacitación del usuario.
- La aplicación debe ser controlable por el usuario, no al revés.
- La aplicación debería ser tolerante a fallos, con herramientas de corrección automática.
- Debe ser clara y sencilla de manejar

Lo que persigue la normalización es obtener unas aplicaciones con una interfase gráfica fácil de utilizar. [3]

d. Nivel Sistema MES.

Los sistemas MES (*Manufacturing Execution Systems*), ó Sistemas de Ejecución de Manufactura, son principalmente sistemas informáticos en línea que proporcionan herramientas para llevar a cabo las distintas actividades de la administración de la producción. [2]



Figura 41. Nivel Sistema MES. [1][8]

No es fácil dar una definición clara de lo que abarca el nivel MES. Organizaciones como *MESA Internacional* o la *ISA* hacen esfuerzos por aclarar conceptos. *MESA Internacional* define MES de la siguiente manera: “Un Sistema de Ejecución de Manufactura es un sistema dinámico de información que conduce de forma efectiva la ejecución de las operaciones de fabricación. A través de una información actual y precisa, el MES guía, pone en marcha e informa las actividades en planta a medida que ocurren los acontecimientos. El conjunto de funcionalidades MES gestiona operaciones de producción desde el momento del lanzamiento de la orden de fabricación hasta el punto de la entrega del producto acabado. El MES permite una atenta gestión y comunicación bidireccional de la información crítica sobre todas las actividades productivas, a través de la organización y de la cadena de suministro.” [1][2]

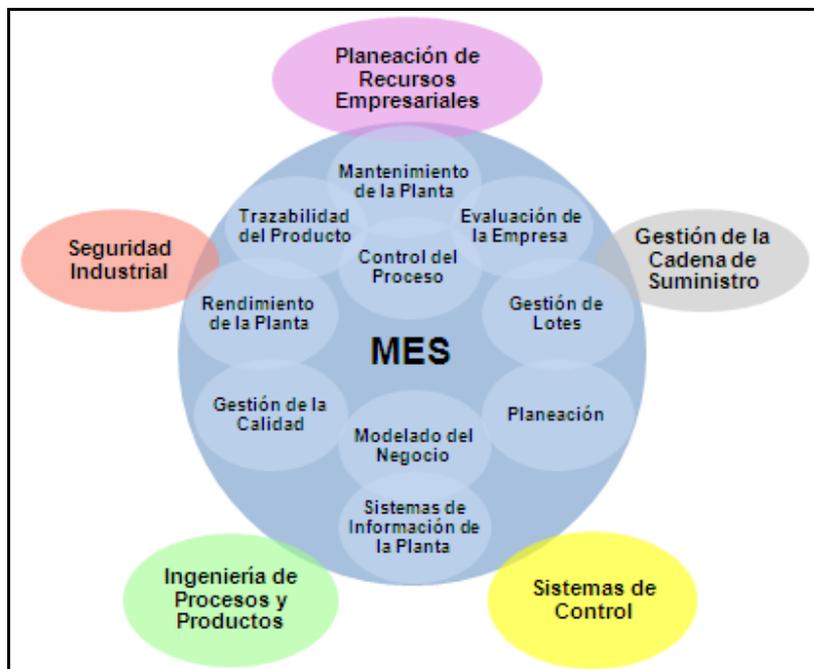


Figura 42. Modelo del Nivel MES planteado por MESA Internacional. [1][2]

En este nivel se realiza la secuencia de tareas y la administración de los recursos, por tal razón suele ser el responsable de la gestión de una planta o fábrica específica. Las principales actividades de este nivel se centran en la planificación y el control de la producción, además en él se diseñan y se definen los procesos de fabricación y su secuencia concreta, se gestiona el material y los recursos (máquinas, programas, etc.) necesarios para la obtención del producto final y se planifican las labores de mantenimiento entre otras [4]. En este nivel se desarrollan las siguientes tareas:

- Programación de la Producción.
- Gestión de Materiales.
- Gestión de Compras.
- Análisis de Costos de Fabricación.
- Control de Inventarios.
- Control de Calidad.
- Coordinación de Transporte.
- Aprovisionamiento de Líneas.
- Seguimiento de Lotes.
- Seguimiento de Ordenes de Trabajo.
- Gestión de Recursos de Fabricación.
- Gestión de Calidad.
- Gestión de Mantenimiento Correctivo y Preventivo.

Las últimas tendencias apuntan a situar la gestión de distribución en este nivel. Este nivel emite los programas hacia el nivel sistema SCADA, y recibe de este las incidencias de la planta.

Del nivel sistema ERP recibe información consolidada sobre:

- Pedidos en Firme.
- Previsiones de Venta.
- Información de Ingeniería de Producto y de Proceso.

Y envía información relativa a:

- Cumplimiento de Programas.
- Costos de Fabricación.
- Costos de Operación.
- Cambios de Ingeniería.

El Nivel MES generalmente está formado por los siguientes subconjuntos de programas (componentes) [2]:

- Conjunto de **Componentes de Producción**:
 - ❖ **Gestor de Ordenes de Fabricación**: Edita, transfiere y monitorea las órdenes de fabricación.
 - ❖ **Gestor de Materiales**: Recopila en tiempo real toda la información relativa a los materiales y lleva a cabo la trazabilidad del producto en el proceso.

- ❖ **Gestor de Personal:** Proporciona las funciones necesarias para la gestión del personal involucrado en el proceso de fabricación. Permite la división de los operarios en grupos y la asignación de turnos de trabajo a los mismos.
- Un **Componente Histórico:** Captura los datos de la planta de producción proporcionados por el laboratorio y los almacena para realizar informes, certificaciones, estadísticas y monitoreo de rendimientos.
- Un **Componente Laboratorio:** Recoge las muestras de los productos para determinar su calidad y en función del resultado toma decisiones en relación con su aceptación, rechazo o reprocesamiento.
- Un **Componente Gestión de Especificaciones:** Gestiona las especificaciones del producto establecidas por la empresa en un entorno que puede tener varias plantas de fabricación y varios idiomas.
- Unos **Componentes opcionales:**
 - ❖ **Planificador de la producción.**
 - ❖ **Servidor.**
 - ❖ **Gestor de informes.**

Además, un sistema MES puede llegar a contener un conjunto de programas que enlazan los componentes mencionados [2]:

- **Modelizador de los Procesos de Negocio:** Realiza el modelo que describe la capacidad de las máquinas del sistema y del personal de la planta de producción.
- **Registrador de las Operaciones de fabricación:** Combina, coordina y sincroniza las funciones de los diferentes componentes.
- **Gestor de Equipos.**
- **Servicios.**

e. Nivel Sistema ERP.

En este nivel se lleva a cabo la gestión e integración de los niveles inferiores; considerando principalmente los aspectos de la empresa desde el punto de vista de su gestión global, tales como compras, ventas, comercialización, objetivos estratégicos, planificación a mediano y largo plazo, investigación, etc.



Figura 43. Nivel Sistema ERP. [1][8]

El nivel Sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*), ó sistema de Planeación de Recursos Empresariales, hace parte de los niveles de gestión empresarial, donde además también se encuentran aplicaciones de negocio conocidas como: CRM (*Customer Relationship Management*) ó Administración de las Relaciones con el Cliente, PLM (*Product Lifecycle Management*) ó Administración del Ciclo de Vida del Producto y SCM (*Supply Chain Management*) ó Administración de la Cadena de Suministros.

Este nivel es de tipo corporativo, y aquí se realizan todas las tareas inherentes a la planeación de los recursos de la empresa, entre las que podemos encontrar:

- Gestión Comercial y de Marketing.
- Planeación Estratégica.
- Planeación Financiera y Administrativa.
- Gestión de Recursos Humanos.
- Ingeniería de Producto.
- Ingeniería de Proceso.
- Gestión Tecnológica.
- Gestión de Sistemas de Información.
- Investigación y Desarrollo.

Este nivel emite al nivel ERP información sobre la situación comercial (pedidos y previsiones), información de ingeniería de producto y de proceso, etc. Para poder ajustar la planificación global, este nivel recibe del nivel ERP la información anteriormente indicada sobre cumplimiento de programas, costos, etc. [4]

De acuerdo a los diferentes niveles del modelo CIM analizados anteriormente, su enfoque integrador de la producción precisa para su desarrollo la integración de todos los procesos (técnicos y administrativos) manejados en la organización; y por tanto, el desarrollo de las comunicaciones, al crearse una enorme demanda de la información que afecta a todas las unidades funcionales de la empresa. Por otra parte, debido a la optimización del control y la diversificación de riesgos, se recomienda al diseñador o integrador de sistemas de control, distribuir la inteligencia en las distintas fases ó áreas de producción. Debido a la citada independencia entre las distintas áreas, el equipo que ejerce el control de cada una de ellas precisa, en un momento dado, información de los otros; de ahí la necesidad de comunicación entre los distintos equipos. Es recomendable que dichas comunicaciones se manejen con protocolos estandarizados mediante la red corporativa de la organización ó a través de internet, con toda la seguridad informática del caso.

1.1.6. Sondeo de Mercado en Soluciones Integrales de Automatización.

El *modelo CIM* es la base de la automatización integrada. Hasta hace algunos años, los proveedores de sistemas de control se limitaban a ofrecer controladores de proceso con sistemas de supervisión propietarios (*propios de cada fabricante*).

Con la tendencia moderna de la ciencia de la automatización, la cual busca integrar los niveles de operación y gestión de una organización, y con el surgimiento de las herramientas OPC, los fabricantes de sistemas de control se han visto en la obligación de evolucionar hacia los sistemas integrales de automatización, ya sea con sus propias tecnologías, o con alianzas estratégicas entre fabricantes, lo cual les permite ofrecer hoy en día, *Soluciones Integrales en Automatización*, las cuales abarcan toda la pirámide CIM, desde la instrumentación del proceso, hasta los sistemas informáticos expertos implementados en el nivel de gestión empresarial (ERP). Como el objetivo fundamental de dichos fabricantes es ser competitivos en el amplio y complejo mercado de la automatización, sus soluciones deben estar enmarcadas dentro de los estándares y normas internacionales sugeridas por la *Sociedad Internacional de Automatización (ISA)*, lo cual les permite y garantiza que sus productos sean compatibles con productos de otros fabricantes. A nivel regional y nacional, hay tres soluciones integrales en automatización, entre otras, fuertemente

posicionadas: **TIA de Siemens** (Dana-Transejes y Postobón, entre otras), **PlantWeb DeltaV de Emerson Process Management** (ECOPETROL), y **SNAP PAC de OPTO22** (Ingenio del Cauca, entre otras).

- **Automatización Totalmente Integrada (TIA) – SIEMENS.**

El concepto *TIA* de Siemens es una síntesis de las innovaciones tecnológicas desarrolladas en ese campo en los últimos tiempos por este fabricante. La integración horizontal de la plataforma TIA implica una comunicación homogénea en el nivel de control y proceso: un solo cable tendido en forma segura y confiable permite la conexión de todo dispositivo de la planta, permitiendo integrar, transparentemente, las distintas tecnologías y soluciones, tanto en información de control, de sistema y de gestión, en forma determinística, garantizado por su forma de acceso al medio (Master/Slave) y su gran velocidad de transmisión (hasta 12MB/s). [1][25]

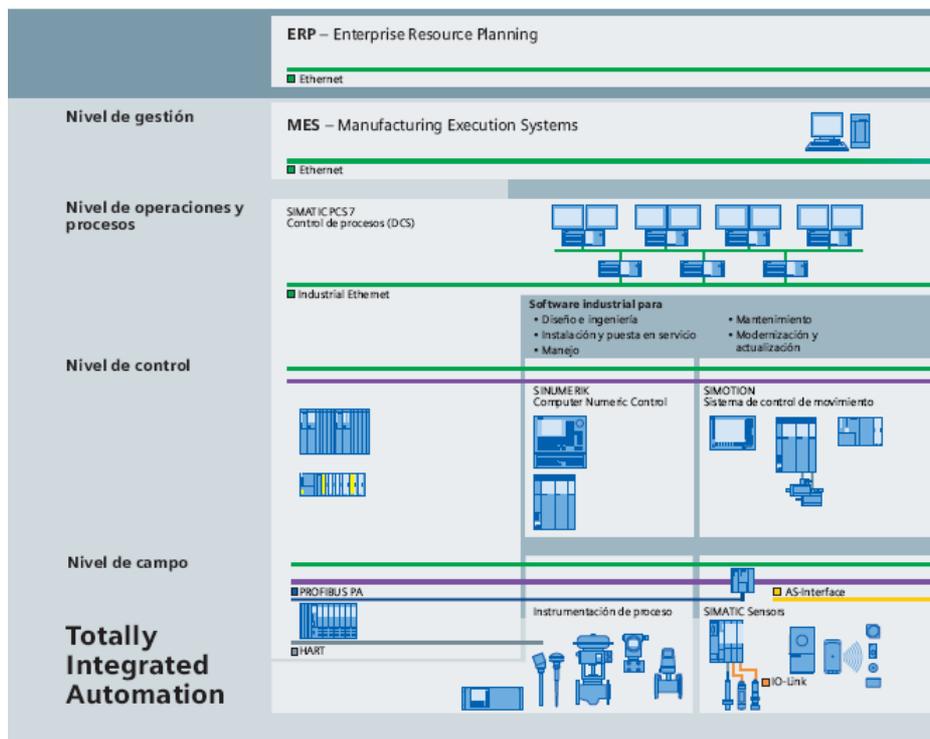


Figura 44. Solución Integral TIA de SIEMENS. [25]

Totally Integrated Automation, permite integrar totalmente los diferentes componentes de automatización, desde el PLC, hasta el nivel de gestión de producción, pasando por la periferia descentralizada, los accionamientos y las funciones de interfaz hombre-máquina. Y quien más se beneficia del carácter homogéneo e integral del sistema es, sin duda, el cliente, ya que se reducen los

gastos de ingeniería para soluciones de automatización y, por lo tanto, también los gastos totales y del ciclo de vida.

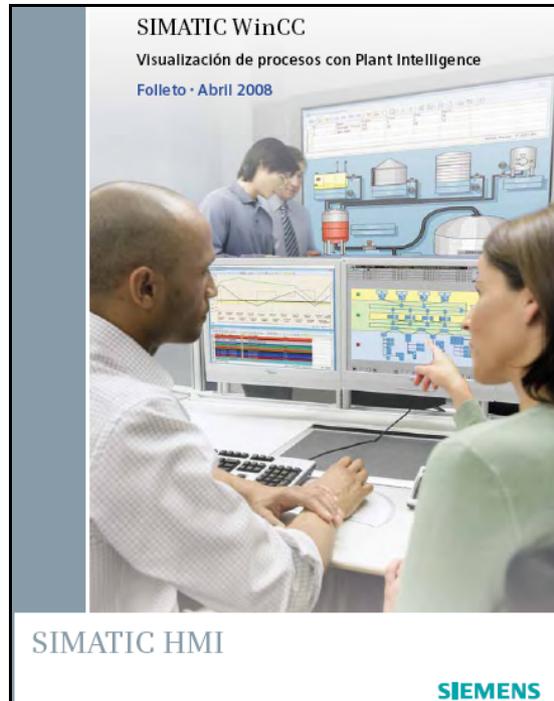


Figura 45. SIMATIC WinCC de SIEMENS. [9]

Como parte fundamental de TIA, SIMATIC WinCC (*Sistema SCADA de Siemens*), utiliza herramientas de configuración idénticas, que se ejecutan en Windows, accede a datos compartidos del Administrador SIMATIC y ofrece comunicación integral. Así, por ejemplo, WinCC utiliza listas de variables y avisos de los controladores SIMATIC y sus parámetros de comunicación. Esto evita de raíz tanto la repetición de entradas, que suele ser tan costosa, y fuentes de error. [9]

- **PlantWeb DeltaV - EMERSON PROCESS MANAGEMENT.**

DeltaV es el sistema de control y componente clave de la arquitectura PlantWeb, definida como un sistema de automatización digital que integra los niveles operativo y de gestión de una organización.



Figura 46. Logos del Sistema de Control y Fabricante. [10]

Dicha arquitectura involucra software y hardware para el control del proceso, supervisión de la planta y la administración del proceso (Planeación y programación de la producción, administración de la información de planta, etc.).

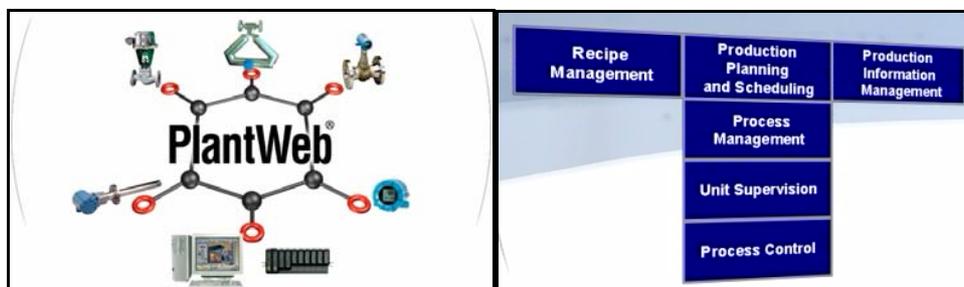


Figura 47. Solución Integral PlantWeb de Emerson. [10]

La arquitectura PlantWeb basa su operación en estaciones de trabajo basadas en PC, Ethernet, Buses Digitales (Foundation Fieldbus), OPC y XML, lo que hace del sistema de control DeltaV una herramienta confiable, de arquitectura abierta, y con total disponibilidad de la información del proceso donde y cuando se requiera, a nivel operativo y de gestión empresarial.



Figura 48. Arquitecturas para Niveles Operativo y de Gestión de PlantWeb. [10]

Cada componente de esta arquitectura es modular, expandible, compatible con otros sistemas bajo los estándares de la ISA, y con un manejo robusto de instrumentación inteligente que permite, a través de sus herramientas de software, desarrollar mantenimiento predictivo, control avanzado regulatorio, optimización, e inclusive, simulación del proceso.

- **Controlador Programable de Automatización (SNAP PAC) – OPTO22.**

El Sistema Integral de Automatización *SNAP PAC* es una arquitectura completa de Hardware y software diseñada para todo tipo de control en aplicaciones industriales, monitoreo local y remoto de variables de proceso, adquisición de datos y procesamiento digital de información para la integración de todos los niveles de una empresa. Dicho sistema está constituido

esencialmente por cuatro partes: *Software, Controladores, Cerebros y Módulos de Entradas y Salidas*.

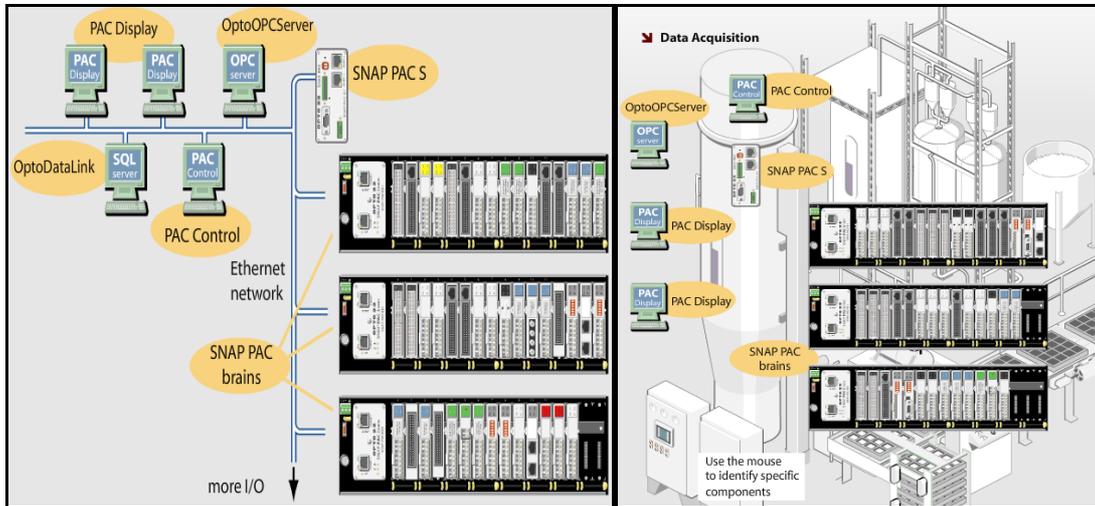


Figura 49. Arquitectura de Hardware y Software del Sistema SNAP PAC. [26]

El paquete de software se denomina *PAC Project Software Suite*, cuyo eje central es *PAC Control*, software de programación del sistema de control basado en diagramas de flujo. El sistema SCADA de OPTO22 está basado en su software HMI denominado *PAC Display*, el cual soporta los históricos de las variables en tiempo real, gestión de alarmas, sinóptico del proceso y demás características de un software HMI. Adicionalmente, PAC Project posee un servidor OPC (*OptoOPCServer*) y software para comunicación con bases de datos (*OptoDataLink*), los cuales permiten el intercambio de datos de SNAP PAC con otras aplicaciones como Wonderware, Microsoft Office, etc.

<p>PAC Project Software Suite</p> <ul style="list-style-type: none"> · integrated software components · single vendor to contact 	<p>PAC Control</p> <ul style="list-style-type: none"> · flowchart-based programming · single tagname database · plain English commands 	
<p>PAC Display</p> <ul style="list-style-type: none"> · Realtime and historic trending · Data logging · Security · Alarming · Recipes 	<p>OptoOPCServer</p> <ul style="list-style-type: none"> · Wonderware · Intellution 	<p>OptoDataLink</p> <ul style="list-style-type: none"> · SQL Server · Microsoft Access

Figura 50. PAC Project Software Suite de OPTO22. [26]

Los Controladores albergan las estrategias de control, realizan control PID, almacenan datos y gobiernan en configuración Maestro/Esclavo a una determinada cantidad de Cerebros. Los Cerebros son los dispositivos que poseen la inteligencia distribuida del sistema, controlan los módulos I/O del sistema, linealizan instrumentos de campo, desarrollan control PID y funciones de escalado de datos, liberando al controlador principal de muchas de estas tareas.

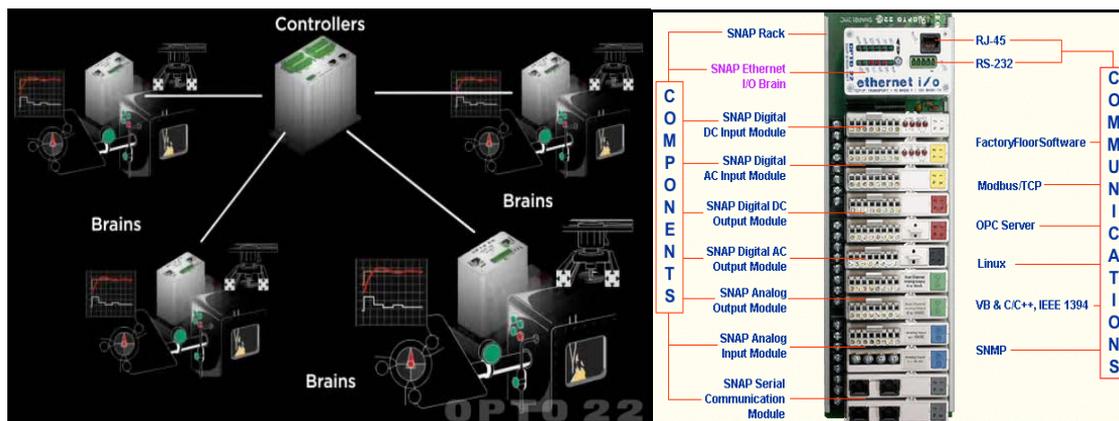


Figura 51. Controladores, Cerebros y Módulos I/O de OPTO22. [8][26]

Por último, SNAP PAC cuenta con *módulos I/O* ópticamente aislados (para disminuir ruido y brindar aislamiento total entre control y potencia), los cuales se conectan directamente a la instrumentación de campo, manejando toda la señalización, protocolos y buses de campo estandarizados por la ISA.

En términos generales, hay muchas otras soluciones integrales que compiten hoy día en el campo de la automatización a nivel mundial; no hay opciones buenas, no hay opciones malas, simplemente son opciones, de las cuales siempre habrá alguna que se adapta de mejor manera a las necesidades específicas de una organización.

1.2. MODELO TECNOLÓGICO PROPUESTO.

1.2.1. Caracterización de las Variables de Proceso.

El punto de partida para el diseño de la arquitectura de todo sistema de automatización, es la caracterización de las variables de proceso, en la cual se definen los rangos de operación de las variables, se especifican las señales de control y los instrumentos que las manipulan o sensan, y se establece su nomenclatura de lazo según norma ISA/ANSI S5,1/84. Para el proceso propuesto, se presenta la caracterización de variables a continuación (Ver Tabla 4).

INVENTARIO DE SEÑALES DE CONTROL					
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA MODELO CLEARWATER					
ITEM	INSTRUMENTO	SEÑAL DE CONTROL	TAG - ISA	RANGO	DESCRIPCIÓN
ENTRADAS ANÁLOGAS					
1	Sensor de Temperatura	RTD pt100 - 3Hilos	TT-0301	0 - 200C	Temperatura entrada agua osmosis
2	Transmisor de Conductividad	4 - 20 mA	CT-0301	0 - 500 uS	Conductividad entrada agua osmosis
3	Sensor de Temperatura	RTD pt100 - 3Hilos	TT-0302	0 - 200C	Temperatura salida agua osmosis
4	Transmisor de Conductividad	4 - 20 mA	CT-0302	0 - 500 uS	Conductividad salida agua osmosis
5	Transmisor de Presión	4 - 20 mA	PT-0301	0 - 150 psi	Presión de agua entrada osmosis
6	Transmisor de Presión	4 - 20 mA	PT-0302	0 - 150 psi	Presión de agua salida osmosis
SALIDAS ANÁLOGAS					
7	Electroválvula Proporcional	4-20 mA	PV-0301	0 a 150 psi	Regula presión de entrada TK Osmosis
SALIDAS DIGITALES					
8	Motor Trifásico - Contactor	0 - 24Vdc	MP-0101	3600 rpm	Bomba de baja presión
9	Motor Trifásico - Contactor	0 - 24Vdc	MP-0201	3600 rpm	Bomba de cloro
10	Motor Trifásico - Contactor	0 - 24Vdc	MP-0301	3600 rpm	Bomba Transferencia
11	Electroválvula Solenoide 2/3 - SSR	0 - 24Vdc X 2	FV-0201	T=70°C; P=150psi	Entrada de agua osmosis
12	Electroválvula Solenoide - SSR	0 - 24Vdc	FV-0202	T=70°C; P=150psi	Enjuague de membranas salida
13	Electroválvula Solenoide - SSR	0 - 24Vdc	FV-0401	T=70°C; P=150psi	Recirculacion agua anillo
14	Electroválvula Solenoide - SSR	0 - 24Vdc	FV-0501	T=70°C; P=150psi	Enjuague de membranas entrada
15	Motor Trifásico - Contactor	0 - 24Vdc	MP-0501	3600rpm	Bomba Alta presión
16	Motor Trifásico - Contactor	0 - 24Vdc	MP-0601	3600rpm	Bomba de Anillo de distribución
ENTRADAS DIGITALES					
17	Interruptor de Nivel - Tipo Flotador	0 - 24Vdc	LS-0101	0 - 100%	Nivel del tanque de entrada de agua
18	Interruptor de Nivel - Tipo Flotador	0 - 24Vdc	LS-0201	0 - 100%	Nivel del tanque de almacenamiento
19	Interruptor de Nivel - Tipo Efecto Hall	0.5 Vdc TTL	LS-0301	0 - 100%	Nivel TK Osmosis
20	Presostato Bomba de Transferencia	0 - 24Vdc	PSS-0101	0 - 150 psi	Mantiene la presión de transferencia
21	Microswitch de presión	0 - 24Vdc	PSS-0201	0 - 150 psi	Presión de seguridad agua entrada osmosis

Tabla 4. Caracterización de las Variables del Proceso de Osmosis Inversa en Plantas Modelo Clearwater. [1]

Es importante resaltar que el presente modelo propuesto es para dos plantas Clearwater ubicadas en diferentes zonas del país, las cuales presentan la misma caracterización de variables.

1.2.2. Evaluación y Diseño Conceptual de la Instrumentación de Proceso.

a. Instrumentación de Proceso Actual.

El proceso y la instrumentación actual que lo constituye pueden observarse en el diagrama P&ID basado en la norma ISA/ANSI S5.1/84 que se muestra en la *figura 52*.

Interacción de la Instrumentación Actual con el Proceso. La entrada al sistema es agua, proveniente de un proceso de pre-tratamiento en que las características del agua son diferentes a las del agua potable; normalmente el agua posee una conductividad de $300\mu\text{Siemens}$ ($1\text{Siemens} = (1\Omega\text{-cm})^{-1}$) y contiene carbonato de calcio. Para el proceso se requieren condiciones iniciales de $100\mu\text{Siemens}$ y que no hayan moléculas de carbonato de calcio (CaCO_3).

El fluido ingresa por la válvula de entrada (*tipo mariposa, HV-1*), y pasa a través del filtro *1-5U* con poros de 5 micrones, el cual elimina algunas de las impurezas que contiene el agua, además, se mide la presión diferencial entre la entrada y salida del filtro (*Manómetros PI-01 y PI-02*) con el fin de determinar si se encuentra funcionando en condiciones normales, o si se ha bloqueado por impurezas; si está bloqueado, se debe detener la bomba de entrada (bomba de pre-tratamiento no incluida en el diagrama del sistema), y realizar el reemplazo o lavado del filtro.

La *electroválvula FV-0201* (tipo ON/OFF por golpe de ariete, normalmente cerrada) se encarga de aislar el proceso de ósmosis (el cual inicia después de la *electroválvula FV-0201*) en caso de daños, poniendo el sistema en bypass; esto quiere decir que el fluido toma la ruta hacia las unidades de hemodiálisis pasando por dos válvulas de cierre (*tipo mariposa, HV-2 y HV-3*) y un *filtro 2-1U* de 1 micrón. Es necesario aclarar que en este caso la bomba de entrada conmuta continuamente, y dependiendo de la presión en la tubería, puede ocasionarse daños a la misma por funcionamiento impropio.

En el circuito de ósmosis, la presión del fluido de entrada es vigilada por un *interruptor de presión (PSS 0201)*, el cual permite accionar la *bomba multietapa (MP-0201)* si la presión en la tubería está por debajo de 40psi. Adicionalmente, la conductividad y temperatura del agua son sensadas (*sensor de conductividad CT-0301 y transmisor de temperatura TT-0301*) para medir su pureza.

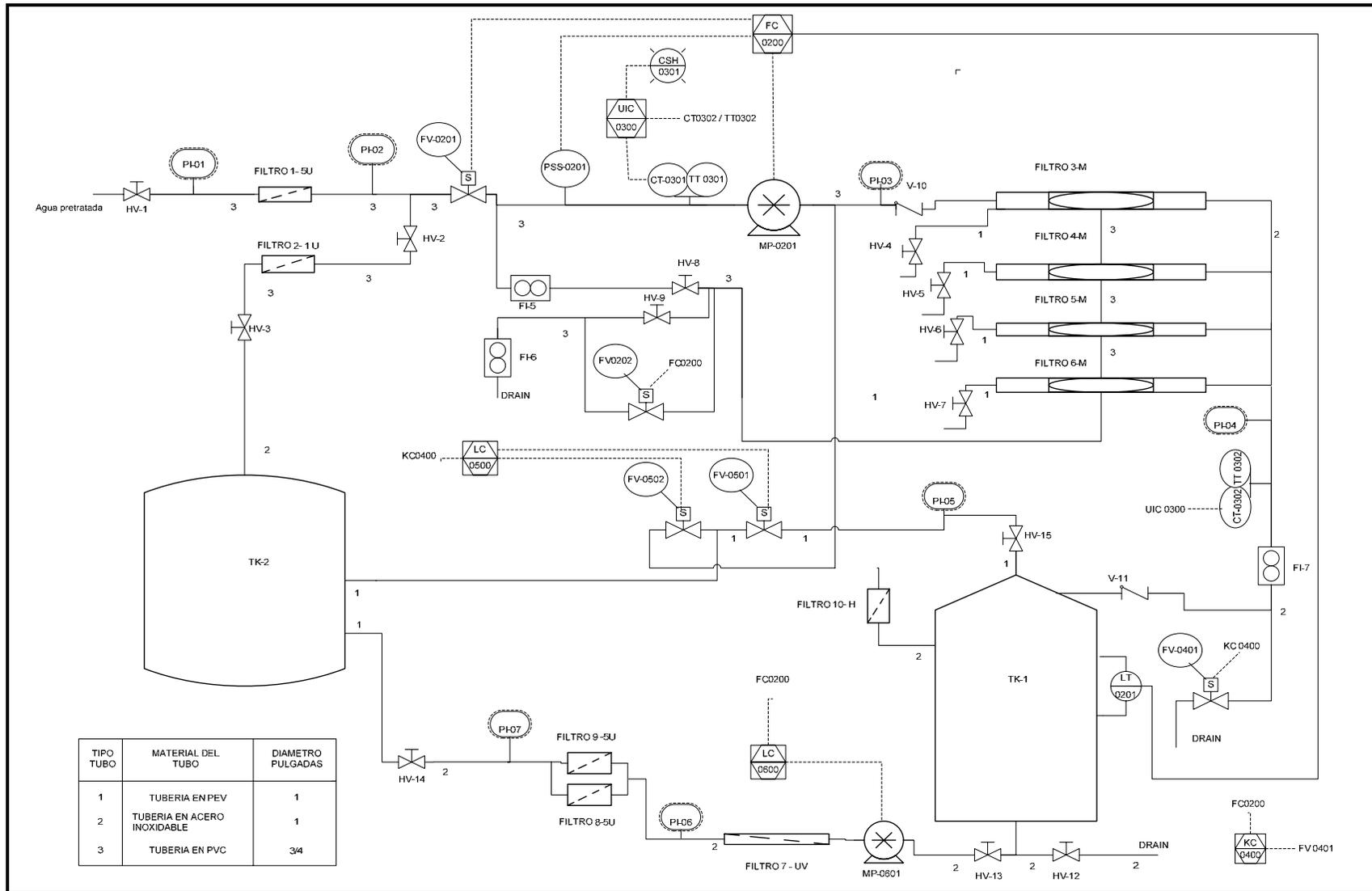


Figura 52. Diagrama P&ID del Proceso de Osmosis en una Planta Modelo Clearwater. [1][6]

La conductividad determina el grado de partículas presentes en el líquido, y en este punto no debe ser superior a 150 μ Siemens, con una temperatura entre los 35°C y 37°C; si no cumple dichas condiciones, se genera una alarma y el operario debe detener el proceso.

La *bomba MP-0201* impulsa el agua a una presión aproximada de 200psi, cuya indicación local esta a cargo de un manómetro (*PI-03*), y una válvula check (*V-10*) que evita contraflujo hacia la bomba.

El sistema de ósmosis consiste en un arreglo de cuatro membranas conectadas en serie (*filtro 3-M al filtro 6-M*), el agua ingresa a la primera membrana donde una parte logra ser filtrada y otra pasa a la siguiente membrana, repitiendo el proceso para las cuatro membranas; finalmente el agua que no se logra filtrar continua por una tubería diferente. Cada membrana tiene la capacidad de purificar 1 galón por minuto. Cada membrana tiene una válvula tipo globo (*HV-4 a HV-7*), las cuales se utilizan para tomar muestras del agua que se filtra. A partir de este punto la tubería del sistema cambia de PVC a Aluminio inoxidable para evitar la acumulación de endotoxinas, pues el PVC posee irregularidades o poros en su superficie interna, ocasionando que el agua se acumule, facilitando su contaminación.

El fluido rechazado en la etapa de filtrado pasa a una etapa de reciclaje, donde por medio de dos válvulas de estrangulamiento (*HV-8 reciclaje y HV-9 rechazo*) se controla la cantidad a reciclar; en algunos casos se activa la electroválvula *FV-0202 NC*, para rechazo total, esto por que el fluido esta cargado con cuantiosas partículas y es mejor no hacer reciclaje para evitar daños al sistema. Los *flujómetros FI-5 y FI-6* indican la cantidad de agua reciclada y rechazada respectivamente.

Después de las membranas, el *manómetro PI-04* registra la presión de salida de las cuatro membranas. Cada membrana tiene una caída de presión de 10psi, con lo que se espera que la presión del sistema no caiga por debajo de los 150psi, caso contrario se debe hacer desincrustación de la membrana, es decir, limpiarla o reemplazarla. Luego se sensa nuevamente conductividad y temperatura (*CT-0302, TT-0302*), en este punto del proceso la conductividad del agua debe ser menor a 3 μ Siemens. Finalmente, se mide el flujo de salida (*FI-7*), el cual debe estar entre 4GPM y 4.5GPM; si la medida es inferior, una membrana esta tapada, si es superior, una membrana esta rota.

El agua es almacenada en el *tanque TK-1*, el cual a su entrada posee dos válvulas, una de ellas (*electroválvula FV-0401*) para drenar el agua hacia el

exterior durante 10 segundos como condición inicial para estabilizar la pureza del agua del sistema, y la segunda (*V-11, tipo check*) habilita el paso del líquido al tanque sin contraflujo.

Una vez hecho esto, el *tanque TK-1* se comienza a llenar; este tiene una entrada de aire del exterior que pasa a través de un filtro hidrofóbico (*filtro 10-H*) para asegurar que en el momento en el que el tanque se vacía no se deforme. Dentro del tanque hay un *Interruptor de Nivel de efecto Hall*, que indica el nivel alto del tanque (LS-0201).

A la salida del tanque se encuentran dos válvulas, una que permite el drenaje o vaciado del tanque (*HV-12, tipo mariposa*) y otra que lleva el agua pura hacia el consumidor (*HV-13, tipo mariposa*) mediante la bomba secundaria (*MP-0601*), seguida por un filtro ultravioleta (*filtro 7-UV*) que elimina partículas restantes en el agua, y unos filtros de 5 micrones (*filtros 8-5U y 9-5U*) donde se realiza una medición de presión diferencial (*manómetros PI-06 y PI-07*), para llegar al consumidor (*tanque TK-2*) por la *válvula HV-14*, donde la elevada pureza del agua posee una conductividad inferior a los 3µSiemens.

Si el producto final que se encuentra en el *tanque TK-2* no se va a utilizar, se retorna el líquido al *tanque TK-1* para su almacenamiento, habilitando el paso a través de la *electroválvula FV-0501* y la *válvula HV-15*.

Las imágenes de cada uno de los instrumentos y sus funciones, fueron evaluadas anteriormente (*1.1.1. Estudio del Proceso de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa - b. Planta de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa Modelo Clearwater*); además, sus rangos de operación fueron definidos en la *tabla 4*. Las marcas de instrumentos utilizadas actualmente en estas plantas son (*Ver Tabla 5*):

INSTRUMENTO	MARCA
<i>Sensores de Conductividad y Temperatura</i>	<i>R&D Speciality</i>
<i>Interruptor de Presión.</i>	<i>ASCO</i>
<i>Electroválvulas</i>	<i>Hayward y Burkert</i>
<i>Bomba Auxiliar</i>	<i>N&G</i>
<i>Bomba Multietapa</i>	<i>Grundfos</i>
<i>Manómetros</i>	<i>Kobold</i>
<i>Válvulas de Mariposa</i>	<i>Howard</i>
<i>Controlador</i>	<i>R&D Speciality</i>

Tabla 5. Instrumentos y Marcas Usadas en Plantas Clearwater. [1]

A cada uno de los instrumentos que constituyen la Planta Modelo Clearwater en la actualidad, se les ha elaborado la Hoja de Especificaciones Técnicas ó Datasheet, de acuerdo a la directriz emanada por la Norma ISA S5.20, en lo referente al formato estandarizado para la especificación de instrumentos (**Ver Anexo 2 – Datasheet Instrumentación de Planta Según Norma ISA/ANSI S5.20**). [1][6]

En la *tabla 6* se especifica la relación de lazos de control a los cuales pertenecen cada uno de los instrumentos de la planta, bajo nomenclatura ISA/ANSI S5.1/84.

CONTROLADOR		
ENTRADA (IN)	SALIDA (OUT)	SET POINT (SP)
FC 0200		
PSS0201	FV 0201	----
LT 0201	MP 0201	----
	FV 0202	----
UIC 0300		
CT 0301	CSH 0301	----
TT 0301	----	----
CT 0302	----	----
TT 0302	----	----
KC 0400		
----	FV 0401	FC0200
LC 0500		
----	FV 0501	KC0400
----	FV 0502	----
LC 0600		
----	MP 0601	FC 0200

Tabla 6. Relación de Lazos de Control de la Planta Modelo Clearwater. [1][6]

b. Instrumentación a Implementar.

Aunque la instrumentación actual cumple su papel para llevar a cabo el proceso de Osmosis Inversa en la Planta Clearwater, parte de esta instrumentación no maneja señales estandarizadas que permitan su incorporación en una arquitectura de control comercial, pues viene con una señal no comercial específica para un controlador específico de arquitectura cerrada.

También se tiene el inconveniente que parte de las acciones u operaciones de la planta son de tipo manual, pues algunos instrumentos como los manómetros solo indican una presión, más no transmiten una señal que le permita a un controlador

electrónico tomar decisiones automáticamente, sin la intervención de un operador. Ahora, no quiere decir esto que los indicadores ó actuadores mecánicos (*PI's ó HV's, por ejemplo*) deben eliminarse, *TODO LO CONTRARIO*, estos instrumentos brindan seguridad y confianza a los operadores de planta, pues en ausencia de energía, en una situación de emergencia, o simplemente como instrumentos de referencia ó de operación manual, estos elementos siempre indican o manipulan su variable, pues son robustos, precisos, y muchas veces, más confiables que un instrumento de naturaleza electrónica.

Como el objeto de esta propuesta es la automatización del proceso, se sugieren instrumentos que permitan el monitoreo o manipulación de variables desde un controlador electrónico, ubicados de manera redundante a los instrumentos mecánicos ya existentes, conservando la opción de manipular manualmente la planta.

Para unificar la señalización electrónica manejada en la planta, y buscando facilidades técnicas y económicas en el diseño y selección del sistema de control, se establecerá, en la medida de las posibilidades, la señal analógica 4 a 20mA y la señal digital 0-24Vdc, como los formatos sugeridos en la implementación de nuevos instrumentos en planta.

Con respecto al aislamiento de señales de control y potencia, se sugieren acoples ópticos (Relé de Estado Sólido - SSR), ó magnéticos (Relé Electromecánico o Contactor), con el objeto de salvaguardar la integridad del sistema de control.

Se sugiere además, tener en cuenta todas las recomendaciones dadas anteriormente (*1.1.5. Niveles del Modelo CIM – a. Nivel de Proceso e Instrumentación*).

Modificaciones. Las modificaciones sugeridas en el nivel de instrumentación, como parte del proceso de implementación del modelo CIM en las 2 plantas Clearwater son:

- Se propone ubicar una medición redundante de presión aguas arriba y aguas abajo de las membranas del proceso de Osmosis, conectando transmisores de presión (*PT-0301 y PT-0302*) junto a los manómetros PI-03 Y PI-04, para hacer posible el control de calidad del agua procesada de manera automática.
- La señalización de los 2 sensores de conductividad no es estandarizada, a pesar de que contienen en su estructura, sensores de temperatura

estandarizados tipo RTDpt100 de 2 Hilos. Se sugiere Reemplazar estos dispositivos por 2 transmisores de conductividad 4 a 20mA y 2 RTDpt100 de 3 Hilos, para mejorar la precisión en el monitoreo de temperatura, y poder incorporar la variable conductividad en una plataforma de control comercial.

- Utilizando las señales de los transmisores de presión sugeridos (*PT-0301* y *PT-0302*), y reemplazando la electroválvula FV-0201 por una electroválvula de tres vías dos posiciones (conservando el mismo TAG), se puede automatizar el bypass que direcciona el flujo al tanque TK2.

Estas sugerencias ya se aplicaron en la caracterización de variables mostrada en la *Tabla 4*.

1.2.3. Evaluación y Diseño Conceptual del Sistema de Control.

a. Sistema de Control Actual.

El sistema de control actual esta a cargo de *relojes electromecánicos* y un controlador *electrónico denominado "Rotrol II"*.

Relojes Electromecánicos. (Ver Figuras 16 y 17). Controlan el retrolavado de los filtros suavizadores, activando la regeneración automática de la resina de los filtros a partir del ingreso de sal al tanque. Generalmente, este retrolavado lo realizan los relojes automáticamente en horas de la madrugada, cuando la planta no esta en operación. En muchas ocasiones, estos relojes fallan por sobresaltos en el sistema de fluido eléctrico, o por el bloqueo de su sistema mecánico, lo que impide su tarea de control, ocasionando paradas de planta, mientras en la mañana los operadores realizan este retrolavado de manera manual.

Controlador Rotrol II. El resto de las funciones de control de planta es realizado por la tarjeta electrónica "Rotrol II", fabricada por R & D speciality.



Figura 53. Tarjeta Interna y Panel Externo del Controlador Rotrol II. [1][6]

Como puede observarse en la figura 53, este controlador es muy limitado a funciones de tipo local, no posee comunicación con PC, su display no es el adecuado para todas las funciones que desempeña, la programación sobre la operación de la planta es muy limitada, no lleva el registro de las variables de proceso, no tiene la posibilidad de expandirse en hardware, y es de arquitectura cerrada. Entre los aspectos más importantes que resalta el fabricante de este controlador se tienen:

Características. Teclado multifunción, Display LCD, Alarmas visuales y audibles, Set Point y Temporizadores programables, Reset Automático y Silenciado de alarmas.

Funciones. Relé de control de bomba, Válvula de entrada de agua, Interruptor de baja presión, Interruptor de alta presión, Sensor de TDS / Conductividad, Temperatura de Permeado, Válvula de lavado de membrana, Interruptor de tanque lleno, Interruptor de tanque vacío, Contador de horas de operación y Sensor de sobrellenado de tanque.

Accesorios Opcionales. Sensor de presión que permite observar en el display el diferencial de presiones entre alta y baja, Sensor de TDS / Conductividad con alarmas, Sensor de flujo que permite observar en el display el flujo en GPM, LPM, y las alarmas para flujo alto y flujo bajo, y un Sensor de pH que permite observar el pH y alarmas.

Especificaciones. Entre las más importantes se tienen:

- **Alimentación:** 120 VAC, Opcional 240 VAC, 50 / 60 Hz, 6 Watts.
- **Tamaño de la caja:** 12"x10"x6" (305 mm x 254 mm x 152 mm). NEMA 4X.
- **Display:** 4 líneas x 20 caracteres. Backlight, LCD.
- **Entradas:**
 - ❖ Baja presión.
 - ❖ Alta presión.
 - ❖ Tanque lleno.
 - ❖ Tanque vacío.
- **Sensor TDS / Conductividad:**
 - ❖ Permeado de 0-250 ppm or 0-250 uS.
 - ❖ Temperatura de Permeado 0-150 F / 0-65 °C.
- **Relés de control.**
 - ❖ Bomba de 1HP Max, 120/240 VAC.
 - ❖ Bomba de distribución 1HP Max, 120/240 VAC.

- ❖ Entrada de válvula, 5A Max, 120/240 VAC.
- ❖ Válvula de lavado, 5A Max, 120/240 VAC.
- **Entradas opcionales.**
 - ❖ Sensor de TDS / Conductividad. Rango: 0-2500 (ppm).
 - ❖ Sensor de presión: 0-125psi, ABS / 316 SS, 1/4" NPT.
 - ❖ Presión de bomba, 0-400psi ó 0-1500psi, ABS / 316 SS, 1/4" NPT.
 - ❖ Pre-filtro Presión Diferencial: 0-125psi.
 - ❖ Sensor de Presión Diferencial de membrana, 0-400psi ó 0-1500psi.

De lo anterior puede inferirse que este controlador es muy especializado en las funciones y dispositivos propios del proceso de Osmosis en Plantas Clearwater, lo que limita cualquier mejora o adaptación a unas necesidades tecnológicas específicas, como es la implementación de un modelo de automatización integral en una organización que administra este tipo de plantas.

b. Sistema de Control a Implementar.

Teniendo en cuenta la conceptualización planteada anteriormente (1.1.5. *Niveles del Modelo CIM – b. Nivel Sistema de Control*), y la exploración de controladores comerciales (1.1.6. *Sondeo de Mercado en Soluciones Integrales de Automatización*), se toma como punto de referencia la solución integral en automatización **SNAP PAC** del fabricante **OPTO22**, cuyo representante técnico y comercial para Colombia es la firma **SINCRON S.A.**, con sedes en las ciudades de Bogotá y Cali; para el planteamiento del sistema de control a implementar.

Esta decisión se toma bajo los siguientes argumentos: El sistema posee representación técnica y comercial en el país, dicho sistema es altamente comercial, sus estructuras de Hardware y Software son de arquitectura abierta y cumplen con la normatividad *ISA* aplicada a la automatización de procesos industriales y posee servicio técnico especializado en todo el país; además, los autores de la presente propuesta ya han tenido experiencias con este sistema, obteniendo muy buenos resultados.

Dentro de los requerimientos, el sistema debe realizar las funciones de adquisición de datos, control y operación de 2 plantas de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa modelo Clearwater, con la posibilidad de expandir a futuro el número de plantas. Se debe disponer de un hardware de control modular que permita integrar las variables de proceso, y proporcionar las variables de control del proceso. Además, debe tener un software licenciado para: Permitir configurar el hardware de control, realizar la estrategia de control, e implementar el sistema SCADA para

la supervisión, operación y registro de los datos del proceso, además del manejo de sistemas de información con los niveles de gestión empresarial.

Con base en la caracterización de variables mostrada en la *Tabla 4*, se contactó a la empresa *SINCRON S.A.*, para solicitar acompañamiento en el diseño y cotización de los sistemas de control y SCADA (**Ver Anexo 3 – Cotización Sistemas de Control y SCADA**). [27]

El modelo base para el diseño de los sistemas de control y SCADA toma como referencia dos plantas Clearwater, y se apoya en la estructura organizacional de una empresa típica administradora de plantas modelo Clearwater en Colombia que se verá más adelante (*1.2.5. Adaptación Conceptual del Modelo CIM al Proceso – b. Nivel de Gestión*). En la *figura 54* puede observarse el modelo propuesto.

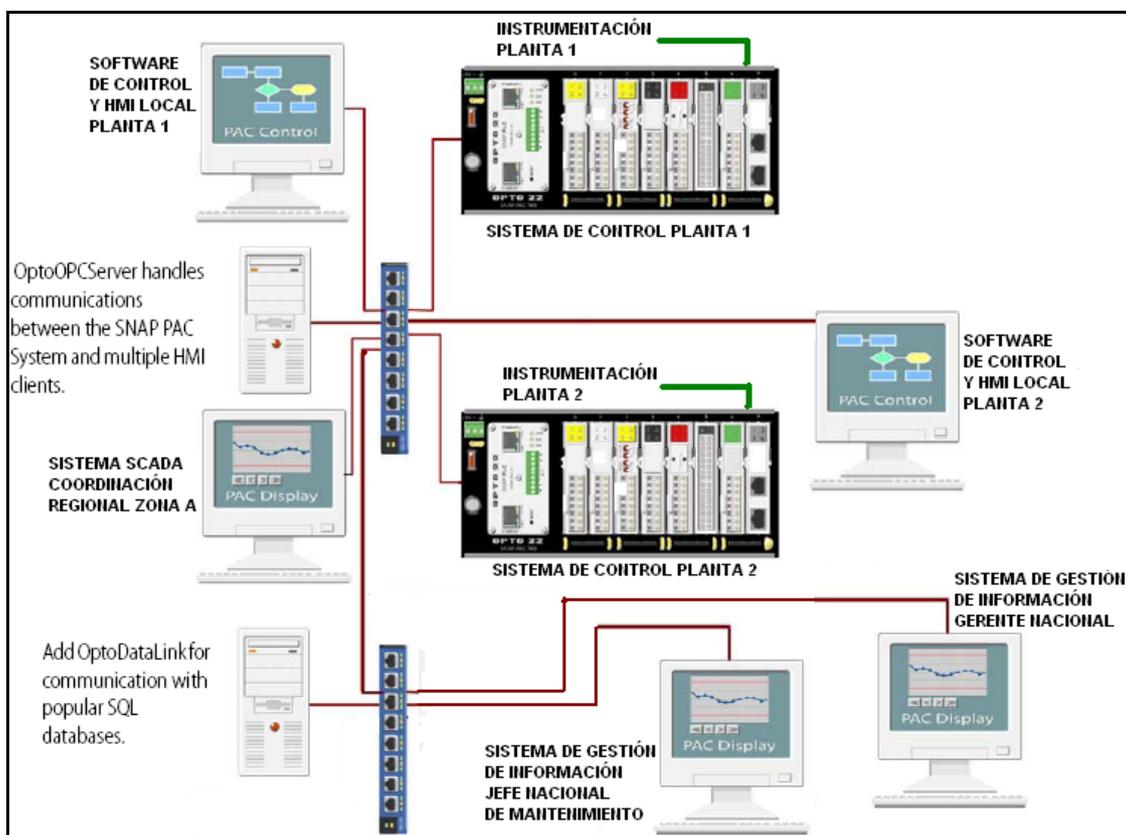


Figura 54. Modelo de los Sistemas de Control y SCADA propuestos. [1][27]

A continuación se presenta una breve descripción de las características que debe tener cada subsistema del anterior modelo propuesto: Para realizar el control de las plantas de Osmosis Clearwater, se requiere de un controlador de procesos y

de unidad de manejo de entradas/salidas “Cerebro”, con módulos de entrada salida – Análogos / Digitales. [27]

Controlador del Proceso. Se debe considerar un controlador tipo PAC, el cual permite la programación tipo secuencial, programación Booleana, control análogo y manejo de diversos protocolos de comunicación. A continuación se detallan las características mínimas de la CPU PAC requerida:

- *Doble puerto Ethernet TCP/IP, 10-100MB, RJ45.* Deben ser independientes, cada uno con su asignación de dirección IP diferente.
- Debe tener dentro de la misma CPU como mínimo cuatro puertos seriales configurables RS-232/RS-485, para integrar otros procesos.
- El controlador debe traer las tarjetas electrónicas o los drivers para la comunicación MODBUS RTU Ethernet y Serial.
- Velocidad mínima de procesador: 266MHz, 32Bit.
- Memoria dura de 32MB, donde sea por lo menos 16MB para programa.
- Memoria Aleatoria (RAM), mínima de 8MB.
- Memoria de Respaldo Flash y Bateria de 16MB.
- Capacidad para manejar Unidades de IO por Ethernet TCP/IP y por Serial RS-485.
- Disponibilidad de OPC Server.
- Soporte de Multiples protocolos, tales como: TCP/IP, OPC, FTP, SNMP, MODBUS /TCP, Ethernet/IP.
- Reloj de tiempo real.
- Enlace redundante Ethernet o Segmentación de red.

Cerebros Electrónicos. Corresponde a la unidad que va a manejar todas las variables de proceso, entradas, salidas del tipo analógico y/o digital. A continuación las características mínimas que debe tener:

- Puerto Ethernet, RJ45 10/100MB o puerto RS-232/RS485, para comunicarse con el controlador PAC.
- Capacidad para manejar módulos de I/O analógicos y/o digitales en un mismo rack.
- Capacidad para manejar módulos de comunicación RS-232/RS485, permitiendo el protocolo Hart y MODBUS.
- Inteligencia propia para manejar los lazos de control PID, eventos y reacciones, medición de frecuencia, secuencias básicas de control, valores máximos y mínimos. Todo esto sin requerir la ayuda del controlador PAC.

Módulos de Entrada / Salida Analógicos y/o Digitales. Se requiere que los módulos permitan toda la variedad de entradas/salidas analógicas y/o digitales y la posibilidad de alta integración. A continuación los requisitos de módulos para el proyecto:

- Módulos de entrada 4-20mA con posibilidad de seleccionar entre 2 canales, 4 canales y 8 canales.
- Módulos de salida analógica 4-20mA, de dos canales mínimo por módulo.
- Módulos de entradas analógicas RTDpt100 de 3 Hilos.
- Entradas/Salidas Digitales: Vdc en los rangos de 0-5Vdc y 0-24Vdc.

1.2.4. Diseño Conceptual del Sistema SCADA.

Teniendo en cuenta la conceptualización planteada anteriormente (1.1.5. *Niveles del Modelo CIM – c. Nivel Sistema SCADA*), ya se trató parte de este diseño en el ítem anterior (1.2.3. *Evaluación y Diseño Conceptual del Sistema de Control – b. Sistema de Control a Implementar*), incluyendo su especificación, en la cotización del **Anexo 3 – Cotización Sistemas de Control y SCADA.** [27].

El sistema SCADA de OPTO22 está basado en su software HMI denominado *PAC Display*, descrito anteriormente (1.1.6. *Sondeo de Mercado en Soluciones Integrales de Automatización – Sistema SNAP PAC*); el cual soporta los históricos de las variables en tiempo real, gestión de alarmas, sinóptico del proceso y demás características de un software HMI. Adicionalmente, PAC Project posee un servidor OPC (*OptoOPCServer*) y software para comunicación con bases de datos (*OptoDatalink*), los cuales permiten el intercambio de datos de SNAP PAC con otras aplicaciones como Wonderware, Microsoft Office, etc., facilitando el enlace entre los niveles Sistema SCADA y Sistema MES del modelo CIM.

Dentro de los requerimientos de este sistema, deben tenerse en cuenta tres paquetes básicos:

- Licencia de software para la configuración y desarrollo de estrategias de control con ilimitado número de variables. Este paquete debe incluir el OPC-SERVER del hardware de control ofertado.
- Licencia de Configurador de Despliegue de operador, tendencias en tiempo real, históricos, gestor de alarmas en tiempo real y reportes impresos.
- Licencias de arranque de operador, "RUN TIME".

El software HMI ofertado debe tener la utilidad Cliente OPC, y específicamente debe comunicarse con el OPC-Server del hardware propuesto.

En el diseño propuesto del sistema SCADA se plantea, adicionalmente, el uso de una HMI robusta (*ICONICS*), la cual permite que el sistema sea expandible a futuro, y sobre todo, ofrece grandes facilidades en el proceso de integración entre los niveles de operación y gestión de la empresa.

ICONICS. Es un software tipo SCADA, con inteligencia para procesos productivos, el cual permite hacer análisis de los procesos, para dar solución a problemas de producción, proporcionando los indicadores claves para aumentar el desempeño de los procesos. Se alimenta de datos que arrojan los procesos a través de los HMI existentes, bases de datos de sistemas de control y monitoreo de procesos, y de aplicaciones administrativas (Bases de Datos Administrativas). Según la empresa SINCRÓN S.A., este software es un excelente complemento del sistema SNAP PAC, de OPTO22. [27]



Figura 55. Software *ICONICS* Tipo SCADA. [27]

El ***ICONICS*** es miembro de la fundación ***OPC***; y está basado en el protocolo OPC, lo cual permite integrar todas las tecnologías que manejan este estándar (Delta V,

Allend Bradley, Honeywell, OPTO22, GE, Invensys de Foxboro, RTU SAM, RT EPIC, SIEMENS, etc.). ICONICS es miembro certificado de Microsoft, permitiéndole ser compatible al cien por ciento con todas las bases de datos que corre con Microsoft Windows (SQL Server, Microsoft Access, SAP, SN, BACNET, Oracle, ODBC, OLE DB, EAM, MES, ERP, Plan Historian, WEB Services).

1.2.5. Adaptación Conceptual del Modelo CIM al Proceso.

El concepto de Manufactura Integrada por Computador, CIM, contempla la inclusión de forma integrada a la producción, de conceptos tales como la Gestión Empresarial, Planificación, Programación, etc. A este respecto la implantación de una estrategia productiva totalmente integrada no es una tarea sencilla, ni puede ser abordada a corto plazo.

El estudio de una serie de pasos básicos ampliamente aceptados (Modelo CIM del NIST) puede responder a la pregunta de cómo empezar cuando se aborda una tarea de tal magnitud.

Un axioma básico de amplia aceptación es el siguiente: ***“El CIM ha de planificarse *Top Down* (de arriba hacia abajo), pero debe implementarse *Bottom-up* (de abajo hacia arriba)”***.

Esta estrategia se concreta en una metodología elaborada al respecto que recibe el nombre de *Metodología CIM de Booz Allen & Hamilton*. Esta metodología aplica una estrategia progresiva de automatización, avanzando desde la instrumentación, control y automatización del proceso, hasta la integración de la planeación de los recursos empresariales y los sistemas de control. [1][4]

a. Nivel Operativo.

Este nivel involucra el proceso y su instrumentación, el sistema de control y el sistema SCADA. En este nivel se desarrolla toda la operación de producción objeto del negocio de una empresa (Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa para abastecer Unidades de Hemodiálisis en Clínicas y Hospitales que cuentan con plantas Modelo Clearwater).

En este nivel se reciben del Nivel de Gestión, los objetivos ó metas de producción, acorde a la demanda de los clientes, se ejecutan las tareas (Tratamiento de Agua), y se envían los resultados nuevamente al Nivel de Gestión, para el desarrollo de los balances y evaluación de la productividad y rentabilidad del negocio.

b. Nivel de Gestión.

Este nivel es el encargado de administrar cada uno de los recursos materiales, tecnológicos y humanos que respaldan la operación de producción de una empresa; es decir, en este nivel se administra el plan de negocio de una organización.

El Nivel de Gestión involucra, de acuerdo al modelo CIM (según NIST), los Sistemas de Ejecución de manufactura *MES*, y los Sistemas de Planeación de Recursos Empresariales *ERP*. La tarea de implementar el modelo CIM en una organización es compleja, especialmente por la adaptación del modelo a los *procesos administrativos específicos de la organización* (Administración de Plantas de Tratamiento de Agua para Hemodiálisis); es decir, deben conocerse muy bien la empresa y dichos procesos administrativos, para poder automatizarlos (*Automatización de la Información*) y ponerlos en sintonía con los procesos de producción.

1. Estructura Organizacional de una Empresa Típica Administradora de Plantas Modelo Clearwater en Colombia.

La estructura organizacional típica de una empresa que administra plantas modelo Clearwater en Colombia es jerarquizada. Este esquema también es usado por empresas administradoras que usan otros modelos de plantas de tratamiento de agua. En cuanto a la integración entre departamentos, si bien existe fluidez en sus comunicaciones, no comparten sus sistemas de información, puesto que además de básicos, no poseen la tecnología de soporte para el manejo de información en línea a nivel regional y nacional.

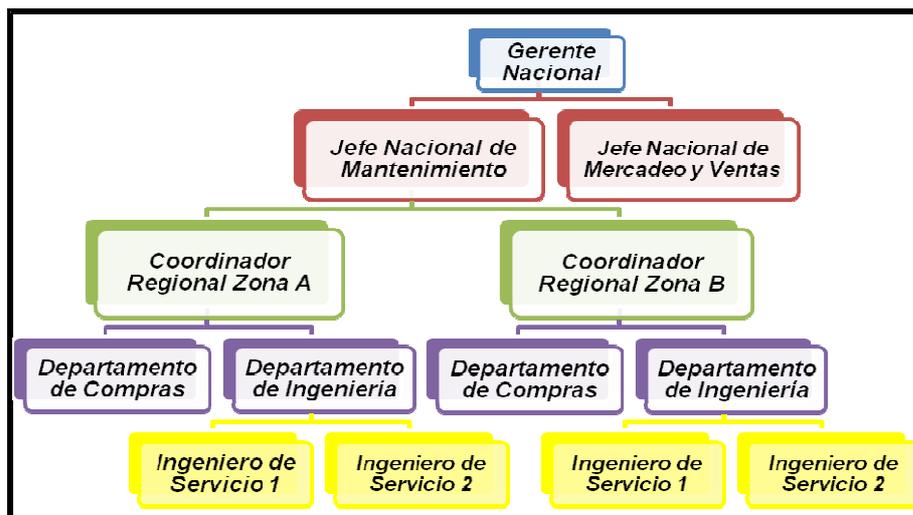


Figura 56. Estructura Organizacional de una Empresa Administradora de Plantas de Tratamiento de Agua para Hemodiálisis. [1]

Algo para resaltar de esta estructura organizacional, es que los ingenieros de servicio tienen a su cargo más de una planta de tratamiento de agua, en diferentes poblaciones dentro de una misma zona (Por ejemplo, la Región Oriente, que involucra Bucaramanga, Barrancabermeja, Cúcuta, etc.), lo que hace que su trabajo no sea el más eficiente, pues además de estar viajando todo el tiempo, los tiempos de servicio de mantenimiento no son los mejores, causando paradas de planta y pérdidas económicas para la organización, además de los trastornos sociales que esto genera.

2. Evaluación y Consideraciones del Nivel MES.

Teniendo en cuenta la conceptualización analizada anteriormente (1.1.5. *Niveles del Modelo CIM – d. Nivel Sistema MES*), la necesidad de tener el sistema MES en una organización administradora de plantas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa, se da por las siguientes causas:

- Las diferentes situaciones de daños en la planta impactan de manera crítica en el negocio. Disponer de sistemas de inventario en línea, permite optimizar las existencias de repuestos y su rotación, lo cual es de suma importancia en los procesos de gestión de compras.
- En la actualidad los datos de check list en planta, existencias de inventarios, etc., son tomados de manera manual, lo que fomenta la improductividad.
- El proceso de toma de decisiones no debe estar a expensas de si los datos están en el lugar adecuado o no, en el momento adecuado o en el formato adecuado.
- Los sistemas MES generan un mayor valor a partir de su integración con los procesos de planta.
- Se hace crucial que la información que se use para este nivel sea fiable, pues actualmente se envían repuestos a diferentes plantas del país, y muchas veces, dicho repuesto no era el requerido.

La implementación de un sistema MES en una empresa administradora de plantas de tratamiento de agua por osmosis inversa implica:

- Tomar las señales más relevantes en el funcionamiento de la planta para ser transmitidas a una central, donde, tanto los ingenieros de campo ubicados lejos de la planta, como los jefes regionales, puedan observar los datos que a estos les interesen.
- Realizar un modelo para gestionar los datos provenientes de este sistema para realizar las estrategias de mantenimiento, mediante hojas de cálculo o bases de datos.

- Realizar cambios en algunos equipos existentes en la planta.
- Realizar las conexiones a la central general de datos donde llegaran los datos de la planta.

La *figura 57* es un claro ejemplo de cómo se podrían manejar los datos provenientes del sistema MES, para la toma de decisiones. Allí se muestran variables de una planta Clearwater, las cuales se pueden manejar en estados de *rango óptimo (OK)*, en un *rango de alerta (MED)*, ó en un *rango peligroso (BAD)*. También se pueden observar en la misma figura, los ítems más importantes de una bodega de repuestos:

Código: Cada repuesto lleva un código que lo identifica en el sistema.

Descripción: Describe las características del repuesto.

Etapas: Identifica la ubicación del repuesto dentro del proceso.

Cantidad: Indica la cantidad de este repuesto en bodega.

Costo: Indica el costo del repuesto.

Bodega: Identifica a la bodega en el sistema.

Ubicación: Indica la ubicación de la bodega por ingeniero, por ejemplo "ING PA1" indica al *Ingeniero de Servicio 1* de Pasto.

Ingeniero: Indica el nombre del ingeniero a cargo de la bodega.

Fecha de Instalación: Fecha en la cual se colocó el repuesto.

Fecha de cambio: Fecha en la cual se debe cambiar el repuesto.

❖ Sistema de Inventario.

Los inventarios permiten conocer las existencias de objetos a mantener, ahora bien, si se analiza sistémicamente el mantenimiento de un proceso productivo, surgen dos clases de inventario: Uno donde se listen las instalaciones, edificaciones, maquinaria y equipos de la organización a los cuales se les debe hacer mantenimiento, y otro consistente en una lista de los materiales, repuestos, equipos, instrumentos y herramientas con los cuales se ejecuta el mantenimiento.

Desagregación de los Objetos. Los objetos o sistemas se encuentran constituidos por partes que permiten su funcionamiento, es así como además de conocer la cantidad de objetos existentes, se debe profundizar más en los componentes de los objetos para que se pueda realizar el mantenimiento de forma detallada y completa al todo, ya que si falla una de sus partes, se puede paralizar el sistema o trabajar de forma deficiente, siendo ésta la razón principal para realizar la *desagregación de los equipos*. Esta información permite una adecuada logística de materiales, ya que si se conocen las partes a utilizar con sus características, más fácil será su localización.

PLANTA	BARRANQUILLA	SERIE	HORAS	PRESIÓN RO	PRESIÓN AU	PRESIÓN DE BAJA	COND/PERMEADA	LITROS/DIA	BYPASS
	CARTAGENA	H74J10F12	17120	OK	OK	OK	OK	OK	NO

COORGO	DESCRIPCION	ETAPA	CANTIDAD	COSTO	COSTOT	BODEGA	UBICACIÓN	INGENIER	FECHA DE INST	FECHA DE CAMBIO
A02830000	SISTEMA DE BAJA	SISTEMA DE BAJA	26	\$ 2,044.05	\$ 53,147.30	33000099	INGBO6			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	2	\$ 389,074.41	\$ 376,348.82	33000099	INGBO 3			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	8	\$ 389,074.41	\$ 1,505,395.28	33000099	INGBO 9			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 389,074.41	\$ 389,074.41	33000099	INGBO4			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	4	\$ 389,074.41	\$ 752,637.64	33000099	INGBO23			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	2	\$ 389,074.41	\$ 376,348.82	33000099	INGBO24			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	2	\$ 389,074.41	\$ 376,348.82	33000099	INGBU 3			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	4	\$ 389,074.41	\$ 752,637.64	33000099	INGBU 1			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	3	\$ 389,074.41	\$ 564,523.23	33000099	INGCA 3			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	2	\$ 389,074.41	\$ 376,348.82	33000099	INGCA 4			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 389,074.41	\$ 389,074.41	33000099	INGCA 7			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	3	\$ 389,074.41	\$ 564,523.23	33000099	INGMA 1			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 389,074.41	\$ 389,074.41	33000099	INGME 3			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	10	\$ 389,074.41	\$ 1,881,744.10	33000099	INGME 5			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	4	\$ 389,074.41	\$ 752,637.64	33000099	INGMO 1			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 389,074.41	\$ 389,074.41	33000099	INGPA 1			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 389,074.41	\$ 389,074.41	33000099	INGSA 1			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 389,074.41	\$ 389,074.41	33000099	INGTU 1			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	3	\$ 389,074.41	\$ 564,523.23	33000099	INGVA 1			
A084005	CONECTOR ELECTRICOS 12 AVG	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 389,074.41	\$ 389,074.41	33000099	INGV1			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	9	\$ 144,200.00	\$ 1,297,600.00	33000099	INGBA 3			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 144,200.00	\$ 144,200.00	33000099	INGBO 4			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 144,200.00	\$ 144,200.00	33000099	INGBO4			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 144,200.00	\$ 144,200.00	33000099	INGBO6			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	3	\$ 144,200.00	\$ 432,600.00	33000099	INGBO23			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 144,200.00	\$ 144,200.00	33000099	INGBO24			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	2	\$ 144,200.00	\$ 288,400.00	33000099	INGBU 1			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 144,200.00	\$ 144,200.00	33000099	INGBU 3			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	6	\$ 144,200.00	\$ 865,200.00	33000099	INGCA 7			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	5	\$ 144,200.00	\$ 721,000.00	33000099	INGME 5			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	5	\$ 144,200.00	\$ 721,000.00	33000099	INGMO 1			
A084205	VALVULAS ON/OFF 120 V F	SISTEMA DE BAJA	4	\$ 144,200.00	\$ 576,800.00	33000099	INGPA 1			
A084305	VALVULAS ON/OFF 120 V M2	SISTEMA DE BAJA	2	\$ 142,620.81	\$ 285,241.62	33000099	INGBO 3			
A084305	VALVULAS ON/OFF 120 V M2	SISTEMA DE BAJA	2	\$ 142,620.81	\$ 285,241.62	33000099	INGBO 4			
A084305	VALVULAS ON/OFF 120 V M2	SISTEMA DE BAJA	5	\$ 142,620.81	\$ 713,104.05	33000099	INGBO 9			
A084305	VALVULAS ON/OFF 120 V M2	SISTEMA DE BAJA	2	\$ 142,620.81	\$ 285,241.62	33000099	INGBO4			
A084305	VALVULAS ON/OFF 120 V M2	SISTEMA DE BAJA	2	\$ 142,620.81	\$ 285,241.62	33000099	INGBO23			
A084305	VALVULAS ON/OFF 120 V M2	SISTEMA DE BAJA	2	\$ 142,620.81	\$ 285,241.62	33000099	INGBO24			
A084305	VALVULAS ON/OFF 120 V M2	SISTEMA DE BAJA	3	\$ 142,620.81	\$ 427,862.43	33000099	INGBU 3			
A084305	VALVULAS ON/OFF 120 V M2	SISTEMA DE BAJA	3	\$ 142,620.81	\$ 427,862.43	33000099	INGBU 1			
A084305	VALVULAS ON/OFF 120 V M2	SISTEMA DE BAJA	1	\$ 142,620.81	\$ 142,620.81	33000099	INGCA 4			

Figura 57. Datos de una Planta Clearwater y Datos Detallados de una Bodega. [1]

Sistema de Codificación. Una vez levantada la información del inventario, e identificada cada una de las partes que componen el todo de un sistema, se debe codificar los equipos y sus componentes, y no solo de estos, sino también las herramientas, equipos, instrumentos, materiales y repuestos, a fin de facilitar su ubicación dentro del sistema productivo. Una forma sencilla es desglosar el código de acuerdo a: Planta, proceso, línea de producción, equipo, subsistema y componente. Se debe diseñar un sistema con un lenguaje sencillo, que permita identificar a los objetos de forma clara y rápida. Este código puede ser una combinación alfanumérica.

Registro de Información Técnica. Una vez obtenido el inventario y la codificación, se debe registrar la información técnica de los objetos. En el registro detallado se deben resaltar las características más importantes de dicho objeto, a fin de tener un mayor conocimiento para facilitar su ubicación ante la presencia de fallas o acciones de mantenimiento.

❖ **Tiempo de Servicio de Instrumentos.**

Para poder realizar el seguimiento a los diferentes dispositivos que componen la planta, se acostumbra realizar el llamado Check List ó lista de verificación de instrumentos. Actualmente, este Check List se hace de manera manual por los ingenieros de servicio, y no se lleva un registro digital que contenga un histórico del mismo (*Ver Figura 58*). Para hacer una buena verificación de instrumentos, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: El manual de fabricante y sus recomendaciones, Conocimiento y experiencia en el proceso y Hojas de vida de los diferentes componentes.

❖ **Programas de Mantenimiento.**

Por “*programa de mantenimiento*” se deben entender dos aspectos fundamentales [24]:

Programa o Plan de Mantenimiento Preventivo: Es la descripción detallada de las tareas de *Mantenimiento Preventivo* asociadas a un equipo o máquina, explicando las acciones, plazos y recambios a utilizar; en general, hablamos de tareas de limpieza, comprobación, ajuste, lubricación y sustitución de piezas.

Software de Mantenimiento: Aplicación Informática comercial o no, que facilita la ejecución de un plan de mantenimiento de un equipo, máquina o conjuntos de activos de una empresa, mediante la creación, control y seguimiento de las distintas tareas técnicas previstas, con el uso de un PC. Este tipo de programas suele conocerse también como *GMAC (Gestión de Mantenimiento asistida por Computador)*.

HOJA DE MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA							
ENTRADA DE AGUA	Inspeccione la presión de entrada del acueducto y la presión despues del sistema de filtrado inicial.		Presión de entrada	Presión (psi)	Referencia (psi)	Periodicidad	Check
					30-60	Mensual	
			Presión de salida		60-80		
FILTRADO INICIAL	Instrumentos y actuadores		Bombas de baja Presión			Semestral	
			Bombas de distribución			Semestral	
			Sistema de filtrado (Vortisand)			Semestral	
FILTRO SUAVIZADOR	Revise las presiones de entrada y salida del filtro y su nivel de dureza a la salida. Registre estos datos						
	Valor	Referencia		Presión (psi)	Referencia (psi)		
	Dureza =	<< 4ppm		Presión de entrada	M2=	M3-M2< 10	Trimestral
			Presión de salida	M3=			
TANQUE DE SAL	Haga desinfección y limpieza a tanque de sal					Trimestral	
FILTROS DE CARBON	Revise las presiones de entrada y salida del filtro y su nivel de cloro a la salida						
	Valor	Referencia		Presión de entrada	M4=	M4-3 < 10	Trimestral
	Cloro =	<< 0,5ppm		Presión de salida	M5=		
	Cambio de carbon activo					Anual	
PRE-FILTROS OSMOSIS INVERSA	Reemplace los filtros de 5 micras		VALOR	REFERENCIA			Trimestral
	Presión de bomba de alta presión(psi)			>150 psi			
	TDS de permeado (ppm)			0 - 10 ppm			
	Conductividad de permeado (uS)			< 20uS			
	Flujo de permeado (gpm)			# de membranas			
	Flujo de rechazo(gpm)			50% del permeado			
	Desincrustacion de membranas					Anual	
INSTRUMENTOS	Revise las valvulas y electrovalvulas de la osmosis						Trimestral
	Realice mantenimiento a la bomba de alta presión y a la bomba de distribución						Anual
	Realice revision electrica	Contactores					Anual
		Voltajes de entrada					Trimestral
	Sensores de conductividad					Trimestral	
Ingeniero de Mantenimiento:		Reporte de servicio:		Fecha:			
Conductivimetro:		Fecha Vencimiento:					
Multimetro		Fecha de vencimiento					
TDS		Fecha de vencimiento					
Test de cloro		Fecha de vencimiento					

Figura 58. Check List de Mantenimiento de una Planta Modelo Clearwater. [1]

Crear un *Programa de Mantenimiento* para un equipo ó máquina determinada es fácil, pero hacerlo eficiente es muy difícil. Algunos aspectos básicos a tener en cuenta son:

- Quien mejor conoce una máquina es su fabricante, por lo que es altamente aconsejable comenzar por localizar el *manual de uso y mantenimiento original*, y si no fuera posible, contactar al fabricante por si dispone de alguno similar, aunque no sea del modelo exacto.
- Establecer un *manual mínimo de buen uso* para los operarios de la máquina, que incluya la limpieza del equipo y el espacio cercano.
- Comenzar de inmediato la creación de un *Historial de averías e incidencias*.
- Establecer una *lista de puntos de comprobación*, como niveles de lubricante, presión, temperatura, voltaje, peso, etc., así como sus valores, tolerancias y la periodicidad de comprobación, en horas, semanas, etc.
- Establecer un *Plan-Programa de Lubricación* de la misma forma, comenzando con plazos cortos, analizando resultados hasta alcanzar los plazos óptimos.
- Actuar de la misma forma con todos los *sistemas de filtración y filtros del equipo*, sean de aire, agua, lubricantes, combustibles, etc. Para establecer los plazos exactos de limpieza y/o sustitución de los filtros, ayuda revisarlos y comprobar su estado de forma periódica. Los filtros de cartucho pueden abrirse para analizar su estado, y comprobar si se sustituyeron en el momento justo, pronto o tarde.
- En cuanto a transmisiones, cadenas, rodamientos, correas de transmisión, etc., los fabricantes suelen facilitar un *número de horas aproximado o máximo de funcionamiento*, pero que dependerá mucho de las condiciones de trabajo: *temperatura, carga, velocidad, vibraciones, etc.* Por lo tanto, no tomar esos plazos máximos como los normales para su sustitución, sino calcular esa sustitución en función del comentario de los operarios, la experiencia de los técnicos de mantenimiento, incidencias anteriores, etc.
- Crear un *listado de accesorios, repuestos y sustituciones* para el equipo, valorando el *disponer siempre de un STOCK mínimo* para un plazo temporal 2 veces el plazo de entrega del fabricante, sin olvidar épocas especiales como vacaciones, etc.
- Siempre que sea posible, agrupar en el Programa de Mantenimiento las distintas *acciones de mantenimiento preventivo que requieran la parada del equipo*, aunque los plazos no sean exactos, adelantando un poco los más alejados (por ejemplo, si establece el fabricante la calibración de un elemento cada 30 días, puede establecerse en la empresa cada 28, para coincidir con otras tareas preventivas del plazo semanal (7 x 4 semanas = 28 días).

Si no se dispone de un *Software de Mantenimiento abierto*, que permita la importación y exportación de datos con aplicaciones de Microsoft Office; con un mínimo conocimiento de computadores pueden crearse aplicaciones simples, pero efectivas, con programas como *Access (bases de datos)* ó *Excel (Hoja de Cálculo)*, que permita a la organización tener una ficha del equipo, con sus incidencias, paradas, averías, soluciones, repuestos usados, actualización en línea de su información, etc.

3. Evaluación y Consideraciones del Nivel ERP.

Teniendo en cuenta los conceptos estudiados anteriormente (1.1.5. *Niveles del Modelo CIM – e. Nivel Sistema ERP*), se da la necesidad de tener el sistema ERP en una empresa administradora de plantas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa, por la búsqueda del mejoramiento de la calidad en procesos tales como:

- Control, gestión y planeación de los recursos financieros destinados al mantenimiento de las plantas.
- Manejo de Inventarios.
- Interacción con Proveedores.
- Servicio al Cliente.
- Seguimiento de Ordenes de Servicio.
- Manejo de Recursos Humanos.

Con este nivel, las plantas tendrían beneficios como:

- Mayor eficiencia en sus procesos de mantenimiento.
- Reducción de las Paradas de Planta.
- Optimización del Inventario en Stock..
- Reducción del inventario “work-in-process”.
- La empresa obtiene mayor competitividad en forma sostenible.

❖ Procesos de Compra.

Para realizar los procesos de compra, debe tenerse en cuenta la disponibilidad de repuestos que se tengan en la zona geográfica de la planta Clearwater a nivel regional. Teniendo en cuenta ello, una planta localizada en un entorno poco industrializado, sufrirá mayores tiempos de parada, mientras su problema llega a ser solucionado con la llegada del nuevo repuesto.

Los procesos actuales de compra manejados por empresas administradoras de plantas de tratamiento de agua, obedecen no a cronogramas de mantenimiento preventivo, sino a requerimientos urgentes por parte del equipo de ingeniería, debido a daños en planta, provocando demoras en los procedimientos de reparación de esta, lo cual provoca inevitablemente paradas imprevistas.

Una vez realizada la petición de repuesto por teléfono o por correo electrónico, se compra y se envía como mínimo un día después de realizada la petición, a esto hay que incluir el tiempo de transporte dentro de la ciudad y el tiempo para realizar los procedimientos de reparación.

Existen daños en los cuales se puede aplicar una técnica llamada Bypass, que consiste en hacer que el agua no entre al sistema de osmosis inversa, sino que pase directamente al tanque de distribución, esto se hace con el fin de que el agua siga fluyendo, pero NUNCA se debe realizar cuando las unidades de hemodiálisis se están abasteciendo de agua hyperfiltrada de la planta.

Una solución podría ser colocar una osmosis en paralelo con la existente, pero aumenta los costos de mantenimiento de la planta. Si se contará con un sistema que suministrará información sobre el estado de la planta, sus inventarios actuales, las bodegas de repuestos, y sus programas de mantenimiento, no sería necesaria otra osmosis inversa en paralelo; se podrían realizar mantenimientos fuera de las horas de operación de la misma, y se tendrían planes de contingencia que permitirían solucionar en el menor tiempo posible, cualquier alteración en el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua por osmosis inversa.

1.3. PROYECCION CRONOLOGICA DEL PROYECTO Y PRESUPUESTO.

Posterior a esta etapa de Ingeniería Conceptual, y teniendo hasta ahora viabilidades técnicas y económicas positivas para el desarrollo del proyecto, tal como se analizará a continuación (*1.4. Análisis de la Viabilidad del Proyecto*), se plantea una proyección cronológica y un presupuesto del mismo, manejando tres etapas que contemplan la totalidad del diseño e implementación del Modelo CIM en una organización administradora de plantas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa modelo Clearwater, con infraestructura para la cobertura inicial de 2 plantas (*Ver Figura 59 y Tabla 7*). Dichas etapas son:

- Ingeniería Básica y de Detalle.
- Implementación del Proyecto.
- Capacitación, Seguimiento y Servicio Técnico Post-Entrega.

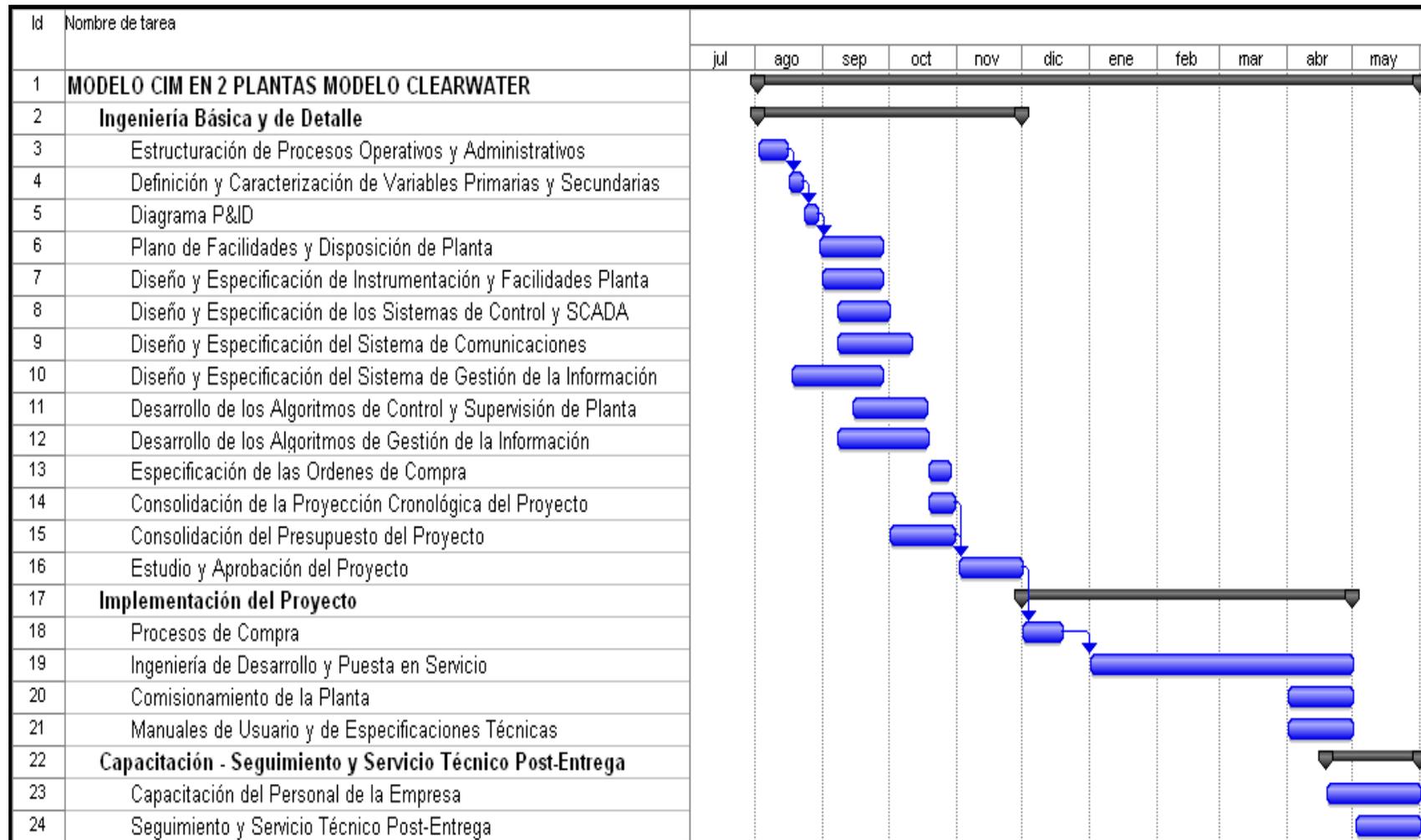


Figura 59. Proyección Cronológica del Proyecto de Diseño e Implementación del modelo CIM. [1]

ITEM	CONCEPTO	RECURSOS		CANTIDAD	TIEMPO	COSTO
1	Ingeniería Básica y de Detalle	Ingeniero de Proceso		1	3 Meses	\$9.000.000
		Ingeniero Electrónico		1	3 Meses	\$9.000.000
		Ingeniero de Sistemas		1	3 Meses	\$9.000.000
2	Implementación del Proyecto	Facilidades de Hardware y Software del Proyecto	Accesorios de Montaje, Cableado y Acondicionamiento de Señales	2	No Aplica	\$12.000.000
			Instrumentación	2	No Aplica	\$8.400.000
			Sistema de Control Sistema SCADA (Ver Anexo 3)	2	No Aplica	\$110.135.040
			Sistema de Comunicaciones	1	No Aplica	\$4.000.000
			Licencias de Software: Windows, Microsoft Office, SQL Server, OPC Server, Active X.	3	1 Año	\$15.000.000
		Ingeniería de Desarrollo y Puesta en Servicio	Ingeniero de Proceso	1	4 Meses	\$12.000.000
			Ingeniero Electrónico	1	4 Meses	\$12.000.000
			Ingeniero de Sistemas	1	4 Meses	\$12.000.000
			Paradas de Planta	4	4 Horas	\$46.500.000
		3	Capacitación, Seguimiento y Servicio Técnico Post-Entrega	Ingeniero de Proceso		1
Ingeniero Electrónico				1	1 Mes	\$3.000.000
Ingeniero de Sistemas				1	1 Mes	\$3.000.000
TOTAL						\$268.035.040

Tabla 7. Costos Directos Proyectados. [1]

1.4. ANALISIS DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO.

1.4.1. Viabilidad Técnica.

Desde el punto de vista técnico, la implementación del modelo de Manufactura Integrada por Computador en Plantas de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa Modelo Clearwater es **COMPLETAMENTE VIABLE**, básicamente por las siguientes razones:

- Actualmente se cuenta con una avanzada tecnología en el campo de la automatización, el control, la instrumentación, las comunicaciones y los sistemas de información, lo que hace que la integración de todos los niveles de una organización sea completamente realizable.
- Aunque el presente proyecto corresponde a una ingeniería conceptual, se exploraron aspectos de la ingeniería básica y de detalle, en cuanto al diseño del sistema de control y sistema SCADA, puntos críticos del proyecto, y en donde puede evaluarse cada una de las facilidades de hardware y software que dan soporte práctico a la implementación del mismo.
- El estado del arte mostró que empresas nacionales y extranjeras han empezado, o están en proceso de implementación del modelo CIM en sus organizaciones, teniendo hasta el momento excelentes resultados, pues el incremento de su productividad y competitividad es algo claramente evidenciable.
- Las necesidades evaluadas en las plantas Clearwater, las cuales dan soporte a las unidades de Hemodiálisis, son contundentes y piden que sus procesos operativos y administrativos sean automatizados e integrados en un corto plazo, pues por encima de cualquier beneficio económico, de estas plantas depende la vida de muchas personas con problemas de insuficiencia renal.
- Los proveedores y fabricantes están enfocados en la actualidad, en ofrecer soluciones integrales en automatización, abarcando todos los niveles de una organización, lo que hace que un proyecto de estas características sea técnicamente viable.
- Todos los aspectos tocados en la presente Ingeniería Conceptual, evaluados por diferentes autores referenciados bibliográficamente, definitivamente hacen referencia a que la integración tecnológica de los niveles de operación y gestión de una organización son el camino hacia el mejoramiento de la productividad y competitividad de las empresas en el

mundo moderno; básicamente es la tendencia de la automatización por efectos de la globalización de los mercados.

1.4.2. Viabilidad Económica.

Desde el punto de vista económico, a nivel de Ingeniería Conceptual, la implementación del modelo de Manufactura Integrada por Computador en Plantas de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa Modelo Clearwater es **COMPLETAMENTE VIABLE**; argumento que se sustenta con el siguiente análisis económico

Para determinar la viabilidad económica del proyecto, fue necesario realizar una recolección de información, suministrada por ingenieros y demás personal administrativo que labora o tiene relación con las plantas de tratamiento de agua para Hemodiálisis. Dicha investigación de campo arrojó los siguientes resultados:

La terapia de hemodiálisis se rige por diferentes indicadores, siendo la tarifa ISS la más barata, con un costo de \$250.000 *por terapia*, la tarifa SOAT es la más costosa, con \$350.000 *por terapia*. En promedio, una terapia dura alrededor de 4 horas por paciente.

El número de máquinas de Hemodiálisis para dichas terapias es proporcional al número de membranas instaladas en la planta. Una planta de 4 membranas (*planta objeto de la presente Ingeniería Conceptual*), produce 5 galones de agua permeada por membrana; una unidad típica de 24 máquinas de hemodiálisis necesitaría 4 membranas. Una terapia de hemodiálisis en 24 máquinas necesita en promedio 2 jefes de enfermería y 4 auxiliares de enfermería, un médico general y un nefrólogo. Teniendo en cuenta estos datos se obtiene el costo total de terapias por unidad (*Tabla 8*).

Costo Promedio Hemodiálisis	Numero Promedio de Máquinas por Unidad	Costo Total Terapias por Unidad
\$300.000	24	\$7.200.000

Tabla 8. Costo Total Terapias por Unidad. [1]

Ahora, si la planta sufre un daño, esto significa tener que parar para poder reparar. En valores promedio (*datos suministrados por diversos ingenieros de servicio*), puede evaluarse la calidad del servicio de reparación en tiempo, dependiendo del tipo de daño, siempre y cuando se cuente con el repuesto adecuado a la mano o

en la ciudad, y sin contar con el tiempo que el ingeniero de servicio tarda en llegar a la planta (Ver Tabla 9).

Daño en Planta	Electroválvulas	Bombas	Circuitos electrónicos	Tuberías	Otros
Tiempo de Servicio	1 hora	2hora	0.5hora	2horas	1Hora

Tabla 9. Tiempos de Servicio de Mantenimiento a Diferentes Daños. [1]

Con base en lo anterior, se estima un tiempo promedio de 4 horas de parada de planta, generando costos cuyo valor se muestra en la Tabla 10. Ciertamente, si el daño es más delicado y el repuesto no se tiene en la ciudad, los costos se vuelven extremadamente altos, sin contar con la insatisfacción de los pacientes, la mala imagen ante las EPS a las cuales se les presta el servicio, demoras en la terapias de los pacientes que están en turnos posteriores, etc. Cabe recordar que la planta de tratamiento debe suministrar agua permeada con los mas altos estándares de calidad, ya que ésta se usará en seres humano. Los procedimientos de reparación tienen un costo que puede oscilar entre \$150.000 y \$300.000 según sea el daño, pero si se necesitan repuestos y personal más especializado en plantas, es necesario pagar los gastos de repuestos, tiquetes aéreos y hospedaje del ingeniero especialista, además de su transporte y alimentación dentro de la ciudad; todos estos costos pueden estar alrededor de los \$950.000, según los ingenieros encargados del mantenimiento.

GASTOS DE PARADA DE PLANTA No.1	VALOR
Costo Diálisis en Unidad de 24 Máquinas	\$7.200.000
Costo Asistencia Médica en Horas Extras	\$400.000
Costos Indirectos	\$150.000
Costo Estimado de Reparación	\$950.000
Total Estimado	\$8.700.000

Tabla 10. Costos de una Parada de Planta No.1 por 4 Horas. [1]

Como el presente análisis debe hacerse para dos plantas, (*No. de plantas objeto de la ingeniería conceptual*), y haciendo más rígida la evaluación de la viabilidad económica, la Planta No.2 se toma como abastecedora de sólo 12 máquinas de Hemodiálisis (Mitad de la Carga Operativa de la Planta No.1). De esta manera, los costos de parada de la Planta No.2 por 4 horas se muestran en la Tabla 11.

Los cálculos consolidados de los gastos de parada de las dos plantas, con un tiempo de parada de 4 horas por planta, una vez al mes, se muestran a continuación en la *Tabla 12*.

GASTOS DE PARADA DE PLANTA No.2	VALOR
Costo Diálisis en Unidad de 24 Máquinas	\$3.600.000
Costo Asistencia Médica en Horas Extras	\$200.000
Costos Indirectos	\$75.000
Costo Estimado de Reparación	\$500.000
Total Estimado	\$4.375.000

Tabla 11. Costos de una Parada de Planta No.2, por 4 Horas. [1]

GASTOS DE PARADA DE PLANTAS 1 Y 2	VALOR
Costo de Parada de Planta No.1	\$8.700.000
Costo de Parada de Planta No.2	\$4.375.000
Total Estimado	\$13.075.000

Tabla 12. Costos de Paradas de las Plantas 1 y 2, por 4 Horas, 1 vez al mes. [1]

Realizando un *análisis del retorno de la inversión*, con una proyección en disminución de paradas de planta de un 75%, con la implementación tecnológica propuesta, se hace el siguiente ejercicio:

- **Costo de *Inversión para Implementación del Proyecto* - \$268.035.040**
- **Costos de *Paradas de Plantas 1 y 2 por Mes (Sin Modelo CIM)* - \$13.075.000**
- **Costos de *Paradas de Plantas 1 y 2 por Mes (Con Modelo CIM, disminuyendo las paradas en un 75%)* - \$3.268.750**, lo que implica un **Ahorro de:** $\$13.075.000 - \$3.268.750 = \$9.806.250$
- Si se *invierte el ahorro en el pago de la inversión*, y sabiendo que a un **plazo de 5 años se termina pagando el doble de lo invertido** ($2 \times \$268.035.040 = \$536.070.080$), la ***inversión se pagaría en un tiempo estimado de:*** $\$536.070.080 / \$9.806.250 = 54.67$ **Meses**, es decir, **4.55 Años aproximadamente.**

Esto sustenta la viabilidad del proyecto desde el punto de vista económico, sin contar con que a futuro la incorporación de una nueva planta al sistema CIM tendrá costos de inversión mucho menores (Instrumentación y Sistema de Control por valor de \$30.000.000 aproximadamente), con las mismas ventajas económicas

analizadas anteriormente, pues ya se contará con la infraestructura y experiencia suficientes en el proceso de implementación tecnológica.

RECOMENDACIONES

En la selección de la arquitectura de control a utilizar, para el control y monitoreo de las variables del proceso, es preciso evaluar y establecer un rango de expansión en la capacidad de manejo de señales de nuevos instrumentos de medición y elementos finales de control que se podrían incorporar a futuro en el proceso, y que el sistema de control debe estar en capacidad de soportar. Esto se hace necesario ante los crecientes requerimientos de calidad que implican la optimización de los procesos para garantizar su eficiencia y competitividad.

En el proceso de selección de los equipos y elementos para la automatización del proceso, la evaluación del sistema de protección eléctrica a implementar requiere de un adecuado análisis de los requerimientos de alimentación y protección que demandan los equipos. Esto con el fin de garantizar la integridad de los equipos e instrumentos, la planta física donde se ubica el proceso y la seguridad del personal.

En el proceso objeto del presente estudio, es fundamental el uso de la instrumentación mecánica (*flujómetros, manómetros, válvulas manuales*), para respaldar la operación de la planta; pues en múltiples ocasiones se presentan fallas en los controladores electrónicos, hay interrupciones del fluido eléctrico, se presentan situaciones de emergencia, o cualquier otro evento que genera fallas en los instrumentos electrónicos, lo cual pone en riesgo el proceso si no se cuenta con instrumentos mecánicos que indican o manipulan las variables críticas. Estos instrumentos son robustos, precisos, y muchas veces, más confiables que un instrumento de naturaleza electrónica.

Indistintamente del fabricante, marcas o referencias de los productos tecnológicos usados en la implementación del presente proyecto, es importante que dichos productos cumplan con los estándares internacionales de automatización (ISA, OPC, etc.), lo cual evita matrimonios a largo plazo con marcas de arquitectura cerrada que pueden llevar a las organizaciones a incurrir en costos elevados de implementación tecnológica, al igual que las limitaciones de expansión o integración empresarial que esto puede traer.

CONCLUSIONES

La integración de los niveles de producción y gestión de una empresa no es una tarea fácil; menos, la adaptación de un modelo como el CIM en un entorno organizacional. A este respecto, la implantación de una estrategia productiva totalmente integrada no puede ser abordada a corto plazo. La planificación de una estrategia CIM, está siendo el objetivo de multitud de artículos, conferencias, proyectos y tema de numerosas investigaciones, en razón de su gran complejidad.

El estudio de una serie de pasos básicos ampliamente aceptados (Modelo CIM del NIST) puede responder a la pregunta de cómo empezar cuando se aborda una tarea de tal magnitud. Un axioma básico de amplia aceptación es el siguiente “El CIM ha de planificarse *Top Down* (de arriba hacia abajo), pero debe implementarse *Bottom-up* (de abajo hacia arriba)”.

Existen en el mercado una gran variedad de soluciones integrales en automatización que abarcan los niveles operativos y de gestión de las empresas; no hay opciones buenas, no hay opciones malas, todo depende de las necesidades del proceso y del cliente.

Un buen desarrollo de las ingenierías Conceptual, Básica y de Detalle, disminuye considerablemente los tiempos de ejecución, reduce significativamente los costos y aumenta la calidad de los proyectos tecnológicos a implementarse en las empresas, garantizando en gran medida el cumplimiento y éxito de los objetivos propuestos.

Las diferentes herramientas disponibles para el desarrollo de los procesos de ingeniería en el campo de la automatización, tales como diagramas P&ID, tablas de relación de lazos de control, inventarios de señales, datasheets ó checklist de instrumentos, permiten manejar un lenguaje estandarizado basado en normas internacionales, lo que facilita la comprensión, manejo de información y demás actividades propias de la instrumentación, control y automatización de un proceso.

El costo de un proyecto de implementación tecnológica que puede llegar a mejorar la competitividad y productividad de una organización, no debe ser visto como un gasto, sino como una inversión a mediano y largo plazo.

No hay nada tan práctico en el mundo de la automatización como una buena conceptualización teórica.

BIBLIOGRAFIA

[1] Mantilla J.C., Lara F.A. Especialización en Control e Instrumentación Industrial. Primera Cohorte. Facultad de Ingeniería Electrónica. UPB - Bucaramanga. Abril / 2009.

[2] Navarro Guarín C.A. Sistemas de Ejecución de Manufactura en la Fabricación Integrada por Computador y Prácticas de Laboratorio de Sistemas SCADA. Proyecto de Grado. Facultad de Ingeniería Electrónica. UPB - Bucaramanga. Año 2009.

[3] Rodríguez Penin A. Sistemas SCADA. Segunda Edición. Editorial Alfaomega Marcombo. ISBN 978-970-15-1305-7. Año 2007.

[4] García Moreno E. Automatización de Procesos Industriales. Primera Edición. Editorial Alfaomega – Universidad Politécnica de Valencia. ISBN 970-15-0658-8. Año 2001.

[5] Nuñez Cossio E. Gerencia de Proyectos de Automatización Industrial. Aspectos Técnicos. Memorias del Curso. Especialización en Control e Instrumentación Industrial. UPB Bucaramanga. Marzo / 2009.

[6] Nuñez Cossio E. Instrumentación. Memorias del Curso. Especialización en Control e Instrumentación Industrial. UPB Bucaramanga. Octubre / 2008.

[7] Cuello Deavila S. Gerencia de Proyectos de Automatización Industrial. Aspectos Administrativos. Memorias del Curso. Especialización en Control e Instrumentación Industrial. UPB Bucaramanga. Marzo / 2009.

[8] Opto 22. Networking the Real World. OptoInfoCD. Información Técnica de la Arquitectura de Automatización OPTO22 en CD. Temecula , USA. Marzo / 2009.

[9] SIEMENS. SIMATIC WinCC. Visualización de Procesos con Plant Intelligence. SIMATIC HMI. Folleto Digital. Abril / 2008.

[10] Delta V. Interactive Demo CD. Emerson Process Management. Fisher-Rosemount Systems. 2007.

WEBGRAFIA

[11] Armesto Quiroga J.I. Memorias del Curso - Orientación Autómatas Programables. Equipos para la Automatización Industrial. Universidade de Vigo, E.T.S. Año 2008. (<http://www.disa.uvigo.es/>). 23-01-2009.

- [12] International Society of Automation - ISA. Normatividad y Estandarización. (<http://www.isa.org/>). 31-03-2009.
- [13] Clearwater Systems. Sistemas de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa. USA. (<http://www.clearwatersystems.com/content/view/>). 1-04-2009.
- [14] Laboratorios Baxter. Baxter Healthcare Colombia. (<http://www.latinoamerica.baxter.com/colombia/>). 3-02-2009.
- [15] TecnoAguas Internacional. Plantas de Tratamiento de Agua Potable. Colombia. (<http://www.tecnoaguas.com.co/industriales.html>). 1-04-2009.
- [16] Industrias Protón Ltda. Diseño, fabricación y puesta en operación de plantas de tratamiento de agua para uso industrial y potable. Colombia. (<http://www.proton-colombia.com/es/images/ptap.pdf>). 30-03-2009.
- [17] Aguas de Colombia Ltda. (http://www.aguacol.com/productos_1.html). 29-03-2009.
- [18] Sonitec Inc. Sistemas de Tratamiento de Agua. Canadá – USA – Francia. (<http://www.sonitec.com/en/>). 27-03-2009.
- [19] Intech. Revista de la Sociedad Internacional de Automatización. ISA. (<http://www.isa.org/InTechTemplate.cfm>). 14-04-2009.
- [20] National Institute of Standards and Technology - NIST. Modelo CIM. Estados Unidos. (<http://www.nist.gov/index.html>). 16-04-2009.
- [21] Manufacturing Enterprise Solutions Association. MESA International. (<http://www.mesa.org>). 30-01-2009.
- [22] Textos Científicos. Área de Procesos Físico – Químicos. (<http://www.textoscientificos.com/quimica/osmosis/inversa>). 7-03-2009.
- [23] Association for the Advancement of Medical Instrumentation - AAMI. Estandarización. (<http://www.aami.org/>). 31-03-2009.
- [24] Portal del Mantenimiento Industrial. Empresas y Servicios. (<http://www.solomantenimiento.com/articulos/programa-mantenimiento.htm>). 15-04-2009.
- [25] SIEMENS Argentina. Novedades de Productos y Sistemas. (http://mailway.siemens-itron.com.ar/industria/News15/productos_a5.asp). 17-04-2009.
- [26] OPTO22. SNAP PAC System Overview. (<http://www.opto22.com/>). 20-04-2009.

[27] SINCRON DISEÑO ELECTRONICO S.A. Ing. Frank Harold López.
Departamento de Ingeniería y Ventas. (<http://www.sincron.com.co/>). 25-04-2009.

ANEXOS

***ANEXO 1. Norma ANSI / AAMI RD62:2006. Equipos de
Tratamiento de Agua para Aplicaciones de Hemodiálisis.***

American National Standard

ANSI/AAMI RD62:2006



This is a preview edition of an AAMI guidance document and is intended to allow potential purchasers to evaluate the content of the document before making a purchasing decision.

For a complete copy of this AAMI document,
contact AAMI at (877) 249-8226
or visit www.aami.org.

Water treatment equipment for hemodialysis applications



Association for the Advancement
of Medical Instrumentation

The Objectives and Uses of AAMI Standards and Recommended Practices

It is most important that the objectives and potential uses of an AAMI product standard or recommended practice are clearly understood. The objectives of AAMI's technical development program derive from AAMI's overall mission: the advancement of medical instrumentation. Essential to such advancement are (1) a continued increase in the safe and effective application of current technologies to patient care, and (2) the encouragement of new technologies. It is AAMI's view that standards and recommended practices can contribute significantly to the advancement of medical instrumentation, provided that they are drafted with attention to these objectives and provided that arbitrary and restrictive uses are avoided.

A voluntary *standard* for a *medical device* recommends to the manufacturer the information that should be provided with or on the product, basic safety and performance criteria that should be considered in qualifying the device for clinical use, and the measurement techniques that can be used to determine whether the device conforms with the safety and performance criteria and/or to compare the performance characteristics of different products. Some standards emphasize the information that should be provided with the device, including performance characteristics, instructions for use, warnings and precautions, and other data considered important in ensuring the safe and effective use of the device in the clinical environment. Recommending the disclosure of performance characteristics often necessitates the development of specialized test methods to facilitate uniformity in reporting; reaching consensus on these tests can represent a considerable part of committee work. When a drafting committee determines that clinical concerns warrant the establishment of *minimum* safety and performance criteria, referee tests must be provided and the reasons for establishing the criteria must be documented in the rationale.

A *recommended practice* provides guidelines for the use, care, and/or processing of a medical device or system. A recommended practice does not address device performance *per se*, but rather procedures and practices that will help ensure that a device is used safely and effectively and that its performance will be maintained.

Although a device standard is primarily directed to the manufacturer, it may also be of value to the potential purchaser or user of the device as a frame of reference for device evaluation. Similarly, even though a recommended practice is usually oriented towards health care professionals, it may be useful to the manufacturer in better understanding the environment in which a medical device will be used. Also, some recommended practices, while not addressing device performance criteria, provide guidelines to industrial personnel on such subjects as sterilization processing, methods of collecting data to establish safety and efficacy, human engineering, and other processing or evaluation techniques; such guidelines may be useful to health care professionals in understanding industrial practices.

In determining whether an AAMI standard or recommended practice is relevant to the specific needs of a potential user of the document, several important concepts must be recognized:

All AAMI standards and recommended practices are *voluntary* (unless, of course, they are adopted by government regulatory or procurement authorities). The application of a standard or recommended practice is solely within the discretion and professional judgment of the user of the document.

Each AAMI standard or recommended practice reflects the collective expertise of a committee of health care professionals and industrial representatives, whose work has been reviewed nationally (and sometimes internationally). As such, the consensus recommendations embodied in a standard or recommended practice are intended to respond to clinical needs and, ultimately, to help ensure patient safety. A standard or recommended practice is limited, however, in the sense that it responds generally to perceived risks and conditions that may not always be relevant to specific situations. A standard or recommended practice is an important *reference* in responsible decision-making, but it should never *replace* responsible decision-making.

Despite periodic review and revision (at least once every five years), a standard or recommended practice is necessarily a static document applied to a dynamic technology. Therefore, a standards user must carefully review the reasons why the document was initially developed and the specific rationale for each of its provisions. This review will reveal whether the document remains relevant to the specific needs of the user.

Particular care should be taken in applying a product standard to existing devices and equipment, and in applying a recommended practice to current procedures and practices. While observed or potential risks with existing equipment typically form the basis for the safety and performance criteria defined in a standard, professional judgment must be used in applying these criteria to existing equipment. No single source of information will serve to identify a particular product as "unsafe". A voluntary standard can be used as one resource, but the ultimate decision as to product safety and efficacy must take into account the specifics of its utilization and, of course, cost-benefit considerations. Similarly, a recommended practice should be analyzed in the context of the specific needs and resources of the individual institution or firm. Again, the rationale accompanying each AAMI standard and recommended practice is an excellent guide to the reasoning and data underlying its provision.

In summary, a standard or recommended practice is truly useful only when it is used in conjunction with other sources of information and policy guidance and in the context of professional experience and judgment.

INTERPRETATIONS OF AAMI STANDARDS AND RECOMMENDED PRACTICES

Requests for interpretations of AAMI standards and recommended practices must be made in writing, to the Manager for Technical Development. An official interpretation must be approved by letter ballot of the originating committee and subsequently reviewed and approved by the AAMI Standards Board. The interpretation will become official and representation of the Association only upon exhaustion of any appeals and upon publication of notice of interpretation in the "Standards Monitor" section of the *AAMI News*. The Association for the Advancement of Medical Instrumentation disclaims responsibility for any characterization or explanation of a standard or recommended practice which has not been developed and communicated in accordance with this procedure and which is not published, by appropriate notice, as an *official interpretation* in the *AAMI News*.



This is a preview edition of an AAMI guidance document and is intended to allow potential purchasers to evaluate the content of the document before making a purchasing decision.

For a complete copy of this AAMI document,
contact AAMI at (877) 249-8226
or visit www.aami.org.

Water treatment equipment for hemodialysis applications

Developed by
Association for the Advancement of Medical Instrumentation

Approved 5 December 2006 by
American National Standards Institute, Inc.

Abstract: This American National Standard addresses devices used to treat water intended for use in the delivery of hemodialysis. Included in the scope of the standard is water used for (1) the preparation of concentrates from powder at a dialysis facility, (2) the preparation of dialysate, and (3) the reprocessing of dialyzers for multiple use.

Keywords: dialysis, water quality, concentrates, dialyzing fluids, medical equipment, reuse

AAMI Standard

This Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) standard implies a consensus of those substantially concerned with its scope and provisions. The existence of an AAMI standard does not in any respect preclude anyone, whether they have approved the standard or not, from manufacturing, marketing, purchasing, or using products, processes, or procedures not conforming to the standard. AAMI standards are subject to periodic review, and users are cautioned to obtain the latest editions.

CAUTION NOTICE: This AAMI standard may be revised or withdrawn at any time. AAMI procedures require that action be taken to reaffirm, revise, or withdraw this standard no later than 5 years from the date of publication. Interested parties may obtain current information on all AAMI standards by calling or writing AAMI.

All AAMI standards, recommended practices, technical information reports, and other types of technical documents developed by AAMI are *voluntary*, and their application is solely within the discretion and professional judgment of the user of the document. Occasionally, voluntary technical documents are adopted by government regulatory agencies or procurement authorities, in which case the adopting agency is responsible for enforcement of its rules and regulations.

PREVIEW COPY

This is a preview edition of an AAMI guidance document and is intended to allow potential purchasers to evaluate the content of the document before making a purchasing decision.

For a complete copy of this AAMI document,
contact AAMI at (877) 249-8226
or visit www.aami.org.

Published by

Association for the Advancement of Medical Instrumentation
1110 N. Glebe Road, Suite 220
Arlington, VA 22201-4795

© 2007 by the Association for the Advancement of Medical Instrumentation

All Rights Reserved

Publication, reproduction, photocopying, storage, or transmission, electronically or otherwise, of all or any part of this document without the prior written permission of the Association for the Advancement of Medical Instrumentation is strictly prohibited by law. It is illegal under federal law (17 U.S.C. § 101, *et seq.*) to make copies of all or any part of this document (whether internally or externally) without the prior written permission of the Association for the Advancement of Medical Instrumentation. Violators risk legal action, including civil and criminal penalties, and damages of \$100,000 per offense. For permission regarding the use of all or any part of this document, contact AAMI at 1110 N. Glebe Road, Suite 220, Arlington, VA 22201-4795. Phone: (703) 525-4890; Fax: (703) 525-1067.

Printed in the United States of America

ISBN 1-57020-277-X

Contents

	Page
Glossary of equivalent standards	v
Committee representation	vii
Foreword	viii
1 Scope	1
1.1 General	1
1.2 Inclusions	1
1.3 Exclusions	1
2 Normative references	2
3 Terms and definitions	2
4 Requirements	4
4.1 Product water quality requirements	4
4.1.1 Water bacteriology	4
4.1.2 Maximum level of chemical contaminants	4
4.2 Water treatment equipment requirements	5
4.2.1 General	5
4.2.2 Materials compatibility	6
4.2.3 Disinfection protection	6
4.2.4 Safety requirements	6
4.2.5 Regenerated or reconstituted devices	6
4.2.6 Deionization	7
4.2.7 Reverse osmosis	7
4.2.8 Filters	7
4.2.9 Carbon adsorption media	7
4.2.10 Automatically regenerated water softeners	8
4.2.11 Storage tanks	8
4.2.12 Endotoxin-retentive filters	8
4.2.13 Ultraviolet irradiators	8
4.2.14 Hot water disinfection systems	9
4.2.15 Ozone disinfection systems	9
4.2.16 Tempering valves	9
4.2.17 Piping systems	9
4.2.18 Backflow prevention device	9
5 Tests	9
5.1 Compliance with product water quality requirements	9
5.1.1 Water bacteriology	10
5.1.2 Maximum level of chemical contaminants	10
5.2 Compliance with water treatment equipment requirements	11
5.2.1 General	11
5.2.2 Materials compatibility	12
5.2.3 Disinfection protection	12
5.2.4 Safety requirements	12
5.2.5 Regenerated or reconstituted devices	12
5.2.6 Deionization	12
5.2.7 Reverse osmosis	12
5.2.8 Filters	12
5.2.9 Carbon adsorption media	12
5.2.10 Automatically regenerated water softeners	13
5.2.11 Storage tanks	13
5.2.12 Endotoxin-retentive filters	13



This is a preview edition of an AAMI guidance document and is intended for potential purchasers to evaluate the content of the document. For a complete copy of this AAMI document, contact AAMI at (877) 249-8226 or visit www.aami.org.

5.2.13	Ultraviolet irradiators	13
5.2.14	Hot water disinfection systems.....	13
5.2.15	Ozone disinfection systems	13
5.2.16	Tempering valves.....	13
5.2.17	Piping systems.....	13
5.2.18	Backflow prevention devices.....	13
6	Labeling	13
6.1	Device markings.....	13
6.2	Product literature.....	14
Annex		
A	Rationale for the development and provisions of this standard.....	16
Tables		
1	Maximum allowable chemical contaminant levels in water used to prepare dialysate and concentrates from powder at a dialysis facility and to reprocess dialyzers for multiple use.....	5
2	Analytical tests for chemical contaminants.....	11
Bibliography	28

For a complete copy of this AAMI document,
 contact AAMI at (877) 249-8226
 or visit www.aami.org.

Glossary of equivalent standards

International Standards adopted in the United States may include normative references to other International Standards. For each International Standard that has been adopted by AAMI (and ANSI), the table below gives the corresponding U.S. designation and level of equivalency to the International Standard. NOTE: Documents are sorted by international designation.

Other normatively referenced International Standards may be under consideration for U.S. adoption by AAMI; therefore, this list should not be considered exhaustive.

International designation	U.S. designation	Equivalency
IEC 60601-1:2005	ANSI/AAMI ES60601-1:2005	Major technical variations
IEC 60601-1-2:2001 and Amendment 1:2004	ANSI/AAMI/IEC 60601-1-2:2001 and Amendment 1:2004	Identical
IEC 60601-2-2:2006	ANSI/AAMI/IEC 60601-2-2:2006	Identical
IEC 60601-2-4:2002	ANSI/AAMI DF80:2003	Major technical variations
IEC 60601-2-19:1990 and Amendment 1:1996	ANSI/AAMI I136:2004	Major technical variations
IEC 60601-2-20:1990 and Amendment 1:1996	ANSI/AAMI I151:2004	Major technical variations
IEC 60601-2-21:1994 and Amendment 1:1996	ANSI/AAMI/IEC 60601-2-21 and Amendment 1:2000 (consolidated texts)	Identical
IEC 60601-2-24:1998	ANSI/AAMI ID26:2004	Major technical variations
IEC 60601-2-50:2001	ANSI/AAMI/IEC 60601-2-50:2006	Identical
IEC/TR 60878:2003	ANSI/AAMI/IEC TIR60878:2003	Identical
IEC/TR 62296:2003	ANSI/AAMI/IEC TIR62296:2003	Identical
IEC 62304:2006	ANSI/AAMI/IEC 62304:2006	Identical
IEC/TR 62348:2006	ANSI/AAMI/IEC TIR62348:2006	Identical
ISO 5840:2005	ANSI/AAMI/ISO 5840:2005	Identical
ISO 7198:1998	ANSI/AAMI/ISO 7198:1998/2001/(R)2004	Identical
ISO 7199:1996	ANSI/AAMI/ISO 7199:1996/(R)2002	Identical
ISO 10993-1:2003	ANSI/AAMI/ISO 10993-1:2003	Identical
ISO 10993-2:2006	ANSI/AAMI/ISO 10993-2:2006	Identical
ISO 10993-3:2003	ANSI/AAMI/ISO 10993-3:2003	Identical
ISO 10993-4:2002 and Amendment 1:2006	ANSI/AAMI/ISO 10993-4:2002 and Amendment 1:2006	Identical
ISO 10993-5:1999	ANSI/AAMI/ISO 10993-5:1999	Identical
ISO 10993-6:1994	ANSI/AAMI/ISO 10993-6:1995/(R)2001	Identical
ISO 10993-7:1995	ANSI/AAMI/ISO 10993-7:1995/(R)2001	Identical
ISO 10993-9:1999	ANSI/AAMI/ISO 10993-9:1999/(R)2005	Identical
ISO 10993-10:2002 and Amendment 1:2006	ANSI/AAMI BE78:2002 ANSI/AAMI BE78:2002/A1:2006	Minor technical variations Identical
ISO 10993-11:2006	ANSI/AAMI/ISO 10993-11:2006	Identical
ISO 10993-12:2002	ANSI/AAMI/ISO 10993-12:2002	Identical
ISO 10993-13:1998	ANSI/AAMI/ISO 10993-13:1999/(R)2004	Identical
ISO 10993-14:2001	ANSI/AAMI/ISO 10993-14:2001	Identical
ISO 10993-15:2000	ANSI/AAMI/ISO 10993-15:2000	Identical
ISO 10993-16:1997	ANSI/AAMI/ISO 10993-16:1997/(R)2003	Identical
ISO 10993-17:2002	ANSI/AAMI/ISO 10993-17:2002	Identical

International designation	U.S. designation	Equivalency
ISO 10993-18:2005	ANSI/AAMI BE83:2006	Major technical variations
ISO/TS 10993-19:2006	ANSI/AAMI/ISO TIR10993-19:2006	Identical
ISO/TS 10993-20:2006	ANSI/AAMI/ISO TIR10993-20:2006	Identical
ISO 11135:1994	ANSI/AAMI/ISO 11135:1994	Identical
ISO 11137-1:2006	ANSI/AAMI/ISO 11137-1:2006	Identical
ISO 11137-2:2006 (2006-08-01 corrected version)	ANSI/AAMI/ISO 11137-2:2006	Identical
ISO 11137-3:2006	ANSI/AAMI/ISO 11137-3:2006	Identical
ISO 11138-1: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11138-1:2006	Identical
ISO 11138-2: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11138-2:2006	Identical
ISO 11138-3: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11138-3:2006	Identical
ISO 11138-4: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11138-4:2006	Identical
ISO 11138-5: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11138-5:2006	Identical
ISO/TS 11139:2006	ANSI/AAMI/ISO 11139:2006	Identical
ISO 11140-1:2005	ANSI/AAMI/ISO 11140-1:2005	Identical
ISO 11140-5:2005	ANSI/AAMI ST66:1999	Major technical variations
ISO 11607-1:2006	ANSI/AAMI/ISO 11607-1:2006	Identical
ISO 11607-2:2006	ANSI/AAMI/ISO 11607-2:2006	Identical
ISO 11737-1: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11737-1:2006	Identical
ISO 11737-2:1998	ANSI/AAMI/ISO 11737-2:1998	Identical
ISO 11737-3:2004	ANSI/AAMI/ISO 11737-3:2004	Identical
ISO 13485:2003	ANSI/AAMI/ISO 13485:2003	Identical
ISO 14155-1:2003	ANSI/AAMI/ISO 14155-1:2003	Identical
ISO 14155-2:2003	ANSI/AAMI/ISO 14155-2:2003	Identical
ISO 14160:1998	ANSI/AAMI/ISO 14160:1998	Identical
ISO 14161:2000	ANSI/AAMI/ISO 14161:2000	Identical
ISO 14937:2000	ANSI/AAMI/ISO 14937:2000	Identical
ISO/TR 14969:2004	ANSI/AAMI/ISO TIR14969:2004	Identical
ISO 14971:2000 and A1:2003	ANSI/AAMI/ISO 14971:2000 and A1:2003	Identical
ISO 15223:2000, A1:2002, and A2:2004	ANSI/AAMI/ISO 15223:2000, A1:2001, and A2:2004	Identical
ISO 15225:2000 and A1:2004	ANSI/AAMI/ISO 15225:2000/(R)2006 and A1:2004/(R)2006	Identical
ISO 15674:2001	ANSI/AAMI/ISO 15674:2001	Identical
ISO 15675:2001	ANSI/AAMI/ISO 15675:2001	Identical
ISO/TS 15843:2000	ANSI/AAMI/ISO TIR15843:2000	Identical
ISO 15882:2003	ANSI/AAMI/ISO 15882:2003	Identical
ISO/TR 16142:2006	ANSI/AAMI/ISO TIR16142:2006	Identical
ISO 17664:2004	ANSI/AAMI ST81:2004	Major technical variations
ISO 17665-1:2006	ANSI/AAMI/ISO 17665-1:2006	Identical
ISO 18472:2006	ANSI/AAMI/ISO 18472:2006	Identical
ISO/TS 19218:2005	ANSI/AAMI/ISO 19218:2005	Identical
ISO 25539-1:2003 and A1:2005	ANSI/AAMI/ISO 25539-1:2003 and A1:2005	Identical

¹In production
²Final approval pending

Last updated 1/10/2007

Committee representation

Association for the Advancement of Medical Instrumentation

AAMI Renal Disease and Detoxification Committee

This standard was developed by the AAMI Renal Disease and Detoxification Committee. Committee approval of the standard does not necessarily imply that all committee members voted for its approval.

At the time this document was published, the **AAMI Renal Disease and Detoxification Committee** had the following members:

<i>Cochairs:</i>	Conor Curtin Richard A. Ward, PhD
<i>Members:</i>	G. Steven Acres, Carolina Regional Nephrology Associates Larry Alexander, Florian Services Matthew J. Arduino, DrPH, U.S. Centers for Disease Control and Prevention Robert Berube, Church & Dwight Company, Inc. Danilo B. Concepcion, CHT, CCHT, St. Joseph Hospital Renal Center Conor Curtin, Fresenius Medical Care, NA Dialysis Products Division R. Barry Deeter, RN, MSN, University of Utah Dialysis Program Robert Dudek, Siemens Water Technologies Corporation Martin S. Favero, PhD, Johnson & Johnson Gema Gonzalez, U.S. Food and Drug Administration/Center for Devices and Radiological Health/Office of Device Evaluation Susan Hansen, Renal Solutions West Bertrand Jaber, MD, Caritas St. Elizabeth's Medical Center Byron Jacobs, CBET, Sioux Valley Hospital Fei M. Law, Gambro Renal Products, Inc. Nathan W. Levin, MD, Renal Research Institute, LLC Douglas Luehmann, DaVita, Inc. Shincy Maliekkal, Baxter Healthcare Corporation, Renal Division Bruce H. Merriman, Central Florida Kidney Centers Glenda Payne, RN MS, CNN, Centers for Medicare & Medicaid Services Clayton Poppe, Aksys Limited John Rickert, Minntech Corporation James D. Stewardson, Brighton, CO David S. Utterberg, Medisystems Services Corporation Richard A. Ward, PhD, University of Louisville School of Medicine, Kidney Disease Program Michael Webb, BSIE, MBA, NxStage Medical, Inc.
<i>Alternates:</i>	Marilyn Brierton, Baxter Healthcare Corporation Gregory Montgomery, Siemens Water Technologies Corporation Brooks E. Rogers, Fresenius Medical Care, NA Dialysis Products Division Steve Rowles, Church & Dwight Company, Inc. Denny Treu, BSME, NxStage Medical, Inc. Gary Warns, Gambro Renal Products Derek Wiebenson, Aksys Limited

NOTE—Participation by federal agency representatives in the development of this standard does not constitute endorsement by the federal government or any of its agencies.

Foreword

This voluntary standard was developed by the AAMI Renal Disease and Detoxification Committee.

The American National Standard, *Hemodialysis systems* was first published under the designation ANSI/AAMI RD5:1981. In 1996, during the 5 year review of RD5:1992, the AAMI Renal Disease and Detoxification Committee determined that the hemodialysis community would be better served by this standard if it were divided into three parts: (1) hemodialysis concentrates, (2) water, and (3) equipment. ANSI/AAMI RD62:2006 is a revision of ANSI/AAMI RD62:2001, *Water treatment equipment for hemodialysis applications*.

This standard reflects the conscientious efforts of concerned physicians, clinical engineers, nurses, dialysis technicians, and dialysis patients, in consultation with device manufacturers and government representatives, to develop a standard for performance levels that could be reasonably achieved at the time of publication. The term “consensus,” as applied to the development of voluntary medical device standards, does not imply unanimity of opinion, but rather reflects the compromise necessary in some instances when a variety of interests must be merged.

When this standard was undergoing its mandatory 5 year review in 2005, the committee recognized that differences in feed water quality and municipal water treatment practices could have a major impact on the removal of some chemical contaminants. This dependence on local conditions was particularly evident for chloramines. To address this issue, sections dealing with alternative and supplementary methods to carbon adsorption were added to the standard.

The term “should” as used in this document reflects the committee’s intent to define goals, not requirements. The term “shall” as used here denotes quality recommendations and procedures that are required by this or other applicable standards. The term “must” is used only to describe unavoidable situations, including those mandated by government regulation.

The concepts incorporated in this standard should not be considered inflexible or static. This standard, like any other, must be reviewed and updated periodically to assimilate progressive technological developments. To remain relevant, it must be modified as advances are made in technology and as new data come to light.

This is a voluntary standard, developed for use by manufacturers and health care professionals. The format and structure of this standard make it unsuitable for use as an enforced regulation.

Suggestions for improving this standard are invited. Comments and suggested revisions should be sent to Standards Department, AAMI, 1110 N. Glebe Rd., Suite 220, Arlington, VA 22201-4795.

NOTE—This foreword does not contain provisions of the AAMI recommended practice *Water treatment equipment for hemodialysis applications* (ANSI/AAMI RD62:2006), but it does provide important information about the development and intended use of the document.

Water treatment equipment for hemodialysis applications

1 Scope

1.1 General

This standard covers devices used to treat water intended for use in the delivery of hemodialysis. Included in the scope of the standard is water used for: (1) the preparation of concentrates from powder at a dialysis facility, (2) the preparation of dialysate, and (3) the reprocessing of dialyzers for multiple uses. The provisions of this standard apply to individual water treatment devices and to water treatment systems assembled from one or more of these devices. In the first instance, this standard is directed at the individual or company that specifies the complete water treatment system and, second, at the vendor who assembles and installs the system. Since systems may be assembled from a number of individual water treatment devices, the provisions of this standard are also directed at the manufacturers of these devices, provided that the manufacturer indicates that the device is intended for use in hemodialysis applications. This standard is written principally to address water treatment systems for dialysis facilities treating multiple patients. However, all of its provisions equally apply to water treatment systems used in applications where a single patient may be treated, such as in a home dialysis or acute hospital dialysis setting, except where stated otherwise.

The physician in charge of dialysis has the ultimate responsibility for selecting a water treatment system. The physician in charge of dialysis also is responsible for maintaining the performance of that system after control of the system has been transferred formally from the installer to the physician. Generally, this transfer takes place after the installer of the system has demonstrated that the performance of the system meets the requirements of this standard. Recommendations for ongoing monitoring and maintenance of the system are provided in ANSI/AAMI RD52:2004, *Dialysate for hemodialysis*.

The requirements established by this standard will help protect hemodialysis patients from adverse effects arising from known chemical and microbial contaminants found in water supplies. However, proper dialysis and patient safety is ultimately dependent on the quality of the dialysate. Since the manufacturer of water treatment equipment does not have control over the dialysate, any reference to dialysate in this standard is for clarification only and not a requirement of the manufacturer. The responsibility for assuring that the dialysate is not contaminated, mismatched, or otherwise damaging to the patient rests with the clinical professionals caring for the patient under the supervision of the medical director. Recommendations on the preparation and handling of dialysate in a dialysis facility are provided in ANSI/AAMI RD52:2004, *Dialysate for hemodialysis*.

1.2 Inclusions

The scope of this standard includes all devices, piping, and fittings between the point at which potable water is delivered to the water treatment system and the point of use of the treated water. Examples of components included within the scope of this standard are water treatment devices, on-line water quality monitors (such as conductivity monitors), and piping systems for the distribution of treated water. Also included in the scope of this standard is the quality of water used to prepare dialysate, to prepare concentrates from powder at a dialysis facility, and to reprocess dialyzers for multiple use.

1.3 Exclusions

Excluded from the scope of this standard are dialysate supply systems that proportion water and concentrates to produce dialysate, sorbent dialysate regeneration systems that regenerate and recirculate small volumes of the dialysate, dialysate concentrates, hemodiafiltration systems, hemofiltration systems, systems that process dialyzers for multiple uses, and peritoneal dialysis systems. Some of these devices, such as dialysate supply systems and concentrates, are addressed in other American National Standards. Also excluded from the scope of this standard are requirements for the ongoing monitoring of the purity of water used for dialysate, concentrate preparation, or dialyzer reprocessing.

NOTE—For an explanation of the need for this standard and the rationale for its specific provisions, see Annex A.

ANEXO 2. *Datasheet Instrumentación de Planta Según Norma*
ISA/ANSI S5.20

Tipo de instrumento: Medidor de Pureza del Agua

Marca: RD Conductivity

Serial: RD80TDS202-10

Variable med: Conductividad, Temperatura

GENERAL	1	Tag NO	CT0301 TT0301__ CT302 TT0302 __
	2	Función	Grabar ____ Indicar <u>X</u> Controlar ____ Otra: _____
	3	Carcasa	Tipo: <u>Carcasa en acero inoxidable</u> Tamaño: _____
	4	Montaje	Tubería <u>x</u> Rack ____ Superficie ____ Otra: _____
	5	Encerramiento	De propósito General ____ A prueba de agua ____ A prueba de explosivo ____ Otro: <u>IP64</u>
	6	Fuente	AC _____ DC _____ Otra: _____
	7	Características	Precisión: <u>0.01µSiemens</u> Rango de medida: <u>0 -250µS</u> Condiciones de Temperatura: <u>22°C a 56°C</u> Condiciones de Presión: <u>Máx. 150PSI</u>
CONTROLADOR	8	Tipo de Control	Proporcional: ____ Integral: ____ Derivativo: ____ Otro: _____
	9	Acción en la salida	Incrementar: ____ Decrementar: ____
	10	Set POINT	Manual: ____ Externo: ____ Remoto: ____ Otro: <u>Indicación - Alarma</u> Set point del proceso: Variable: _____ Set POINT: _____
ENTRADAS	11	Salida	Corriente S/N ____ Valor: _____ Voltaje S/N <u>X</u> Valor: _____ Presión S/N <u>X</u> Valor: _____ Otra: <u>Resistencia</u>
	12	Señales de entrada	Corriente S/N ____ Valor: _____ Voltaje S/N ____ Valor: _____ Presión S/N ____ Valor: _____ Otra: _____
	13	Numero de entradas	1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____ Mas: _____
	14	Tipo de alarma	Software ____ Switch ____ Sonora <u>X</u> Visual <u>X</u> Silenciosa ____

NOTAS/OBSERVACIONES

La salida del medidor es un valor en resistencia.

Tipo de instrumento: Interruptor de Presión

Marca: ASCA

Serial: Series 7000

Variable medida: Presión

GENERAL

- 1 Tag NO PSS0201
- 2 Función Grabar Indicar Controlar
Otra: Permitir el encendido de la bomba auxiliar
- 3 Carcasa Tipo: Plástica Tamaño: _____
- 4 Montaje Tubería X Rack Superficie
Otra: _____
- 5 Encerramiento De propósito General A prueba de agua
A prueba de explosivo Otro: IP65
- 6 Fuente AC _____ DC 24V Otra: Ninguno
- 7 Características Precisión: ±0.5 PSI
Rango de medida: Max 150PSI
Condiciones de Temperatura: -40°F a 200°F
Condiciones de Presión: Switch a 30 PSI

CONTROLADOR

- 8 Tipo de Control Proporcional: Integral: Derivativo:
Otro: _____
- 9 Acción en la salida Incrementar: Decrementar:
- 10 Set POINT Manual: Externo: Remoto:
Otro: _____
Set point del proceso:
Variable: _____
Set POINT: _____
- 11 Salida Corriente S/N Valor: _____
Voltaje S/N Valor: _____
Presión S/N Valor: _____
Otra: Interruptor Mecánico

ENTRADAS

- 12 Señales de entrada Corriente S/N Valor: _____
Voltaje S/N Valor: _____
Presión S/N Valor: _____
Otra: _____
- 13 Numero de entradas 1 2 3 4 Mas: _____

ALARMAS

- 14 Tipo de alarma Software Switch
Sonora Visual Silenciosa
Otra: _____

NOTAS/OBSERVACIONES

Tipo de instrumento: Electroválvula

Marca: Hayward

Serial: SV10060STV

Variable medida:

GENERAL

- 1 Tag NO FV0201 FV0202
- 2 Función Grabar Indicar Controlar
Otra: Permitir el flujo de agua
- 3 Carcasa Tipo: Resistente a la corrosión Tamaño: 1/2"
- 4 Montaje Tubería Rack Superficie
Otra: _____
- 5 Encerramiento De propósito General A prueba de agua
A prueba de explosivo Otro: IP64
- 6 Fuente AC 120V DC Otra: _____
- 7 Características Precisión: Cv = 3.8
Rango de medida: Cierre por rotación 0° a 90°
Condiciones de Temperatura: 70°F
Condiciones de Presión: 150PSI

CONTROLADOR

- 8 Tipo de Control Proporcional: Integral: Derivativo:
Otro: _____
- 9 Acción en la salida Incrementar: Decrementar:
- 10 Set POINT Manual: Externo: Remoto:
Otro: _____
Set point del proceso:
Variable: _____
Set POINT: _____
- 11 Salida Corriente S/N Valor: _____
Voltaje S/N Valor: 120Vac
Presión S/N Valor: _____
Otra: _____

ENTRADAS

- 12 Señales de entrada Corriente S/N Valor: _____
Voltaje S/N Valor: 120Vac
Presión S/N Valor: _____
Otra: _____
- 13 Numero de entradas 1 2 3 4 Mas: _____

ALARMAS

- 14 Tipo de alarma Software Switch
Sonora Visual Silenciosa

NOTAS/OBSERVACIONES

Tipo de instrumento: Electroválvula

Marca: Burkey

Serial:

Variable medida:

GENERAL

- 1 Tag NO FV0501 FV0502
- 2 Función Grabar Indicar Controlar
Otra: Permitir el flujo de agua
- 3 Carcasa Tipo: Carcasa metálica Tamaño: 3/4"
- 4 Montaje Tubería X Rack Superficie
Otra: _____
- 5 Encerramiento De propósito General A prueba de agua
A prueba de explosivo Otro: IP64
- 6 Fuente AC 120V DC Otra: _____
- 7 Características Precisión: _____
Rango de medida: Golpe de ariete
Condiciones de Temperatura: 70°F
Condiciones de Presión: Max 150PSI

CONTROLADOR

- 8 Tipo de Control Proporcional: Integral: Derivativo:
Otro: _____
- 9 Acción en la salida Incrementar: Decrementar:
- 10 Set POINT Manual: Externo: Remoto:
Otro: _____
Set point del proceso:
Variable: _____
Set POINT: _____
- 11 Salida Corriente S/N Valor: _____
Voltaje S/N Valor: _____
Presión S/N Valor: _____
Otra: _____

ENTRADAS

- 12 Señales de entrada Corriente S/N Valor: _____
Voltaje S/N SI Valor: AC120V
Presión S/N Valor: _____
Otra: _____
- 13 Numero de entradas 1 X 2 3 4 Mas: _____

ALARMAS

- 14 Tipo de alarma Software Switch
Sonora Visual Silenciosa

NOTAS/OBSERVACIONES

Tipo de instrumento: **Bomba de Agua Auxiliar**

Marca: **G&L**

Serial: **NPE/NPE-F**

Variable medida:

GENERAL

- 1 Tag NO MP0601
- 2 Función Grabar Indicar Controlar
Otra: Impulsar el flujo de agua
- 3 Carcasa Tipo: Carcasa Metálica Tamaño: 3/4"
- 4 Montaje Tubería X Rack Superficie X
Otra: Soporte metálico
- 5 Encerramiento De propósito General A prueba de agua
A prueba de explosivo Otro: IP63
- 6 Fuente AC Trifásica DC Otra:
- 7 Características Potencia: 3/4HP (3500RPM)
Rango de operacion: 0 – 14 GPM
Condiciones de Temperatura: 25 - 150°C
Condiciones de Presión: Nominal 45PSI

CONTROLADOR

- 8 Tipo de Control Proporcional: Integral: Derivativo:
Otro:
- 9 Acción en la salida Incrementar: Decrementar:
- 10 Set POINT Manual: Externo: Remoto:
Otro:
Set point del proceso:
Variable:
Set POINT:
- 11 Salida Corriente S/N Valor:
Voltaje S/N Valor:
Presión S/N Valor:
Otra:

ENTRADAS

- 12 Señales de entrada Corriente S/N Valor:
Voltaje S/N Valor:
Presión S/N Valor:
Otra:
- 13 Numero de entradas 1 2 3 4 Mas:

ALARMAS

- 14 Tipo de alarma Software Switch
Sonora Visual Silenciosa

NOTAS/OBSERVACIONES

Tipo de instrumento: **BOMBA MULTIETAPA**

Marca: **Grundfos**

Serial:

Variable medida:

GENERAL

- 1 Tag NO MP0201
- 2 Función Grabar Indicar Controlar
Otra: Permitir el flujo de agua
- 3 Carcasa Tipo: Metálica Tamaño: _____
- 4 Montaje Tubería X Rack Superficie X
Otra: Soporte metálico
- 5 Encerramiento De propósito General A prueba de agua
A prueba de explosivo Otro: IP55
- 6 Fuente AC 380V DC _____ Otra: _____
- 7 Características Potencia: 3500RPM
Rango de operación: 15GPM a 200PSI
Condiciones de Temperatura: -10 a 60°C
Condiciones de Presión: Max 200PSI

CONTROLADOR

- 8 Tipo de Control Proporcional: Integral: Derivativo:
Otro: _____
- 9 Acción en la salida Incrementar: Decrementar:
- 10 Set POINT Manual: Externo: Remoto:
Otro: _____
Set point del proceso:
Variable: _____
Set POINT: _____
- 11 Salida Corriente S/N Valor: _____
Voltaje S/N Valor: _____
Presión S/N Valor: _____
Otra: _____

ENTRADAS

- 12 Señales de entrada Corriente S/N Valor: _____
Voltaje S/N Valor: _____
Presión S/N Valor: _____
Otra: _____
- 13 Numero de entradas 1 2 3 4 Mas: _____

ALARMAS

- 14 Tipo de alarma Software Switch
Sonora Visual Silenciosa

NOTAS/OBSERVACIONES

Tipo de instrumento: Esterilizador Ultra Violeta (Filtro UV)

Marca: Power Clear MATALA SS-75 Watt

Serial: SS-L75WU

Variable medida:

GENERAL

- 1 Tag NO FILTRO 7 - UV
- 2 Función Grabar Indicar Controlar
Otra: Clarificador Ultravioleta
- 3 Carcasa Tipo: Cámara de acero Inoxidable Tamaño: 64mm(ø)x900mm (L)
- 4 Montaje Tubería X Rack Superficie X
Otra: _____
- 5 Encerramiento De propósito General A prueba de agua
A prueba de explosivo Otro: IP65
- 6 Fuente AC 120V DC _____ Otra: _____
- 7 Características Precisión: _____
Rango de medida: Rata de flujo 30mJ/cm²
Condiciones de Temperatura: _____
Condiciones de Presión: Max 125PSI

CONTROLADOR

- 8 Tipo de Control Proporcional: Integral: Derivativo:
Otro: _____
- 9 Acción en la salida Incrementar: Decrementar:
- 10 Set POINT Manual: Externo: Remoto:
Otro: _____
Set point del proceso:
Variable: _____
Set POINT: _____
- 11 Salida Corriente S/N _____ Valor: _____
Voltaje S/N _____ Valor: _____
Presión S/N _____ Valor: _____
Otra: _____

ENTRADAS

- 12 Señales de entrada Corriente S/N _____ Valor: _____
Voltaje S/N 120V Valor: _____
Presión S/N _____ Valor: _____
Otra: _____
- 13 Numero de entradas 1 X 2 _____ 3 _____ 4 _____ Mas: _____

ALARMAS

- 14 Tipo de alarma Software Switch
Sonora Visual Silenciosa

NOTAS/OBSERVACIONES

Hoja <u>1</u> de <u>1</u>	DATASHEET INSTRUMENTACION PLANTA		Fecha <u>14/10/08</u>	
Tipo de instrumento: Tarjeta Controladora				
Marca: R&D Specialties				
Serial: ROTROL II Version D				
GENERAL	Tag NO _____			
	Función	Grabar <input type="checkbox"/>	Indicar <input type="checkbox"/>	Controlar <input checked="" type="checkbox"/>
	Carcasa	Tipo: <u>NEMA 4X</u>		
	Montaje	Tubería <input type="checkbox"/>	Rack <input type="checkbox"/>	Superficie <input checked="" type="checkbox"/>
	Encerramiento	De propósito General <input type="checkbox"/>		A prueba de agua <input type="checkbox"/>
	Fuente	AC <u>120V</u>	DC _____	Otra: _____
	Características	Precisión: _____ Rango de medida: _____ Condiciones de Temperatura: <u>-30°C a 60V</u> Condiciones de Presión: _____		
CONTROLADOR	Tipo de Control	Proporcional: <input type="checkbox"/> Integral: <input type="checkbox"/> Derivativo: <input type="checkbox"/> Otro: <u>Control secuencial multivariable</u>		
	Acción en la salida	Incrementar: <input type="checkbox"/>	Decrementar: <input type="checkbox"/>	
	Set POINT	Manual: <input checked="" type="checkbox"/>	Externo: <input type="checkbox"/>	Remoto: <input type="checkbox"/>
	Entradas	Corriente	S/N _____	Valor: _____
		Voltaje	S/N _____	Valor: _____
	Salidas	Corriente	S/N _____	Valor: _____
	Voltaje	S/N _____	Valor: _____	
	Otra: _____			
SET POINTS	RANGO DE MEDIDA	VARIABLE	SET POINT	
	01 – 99 PSI/BAR	Presión limite inferior de aliment	20	
	1 – 9999PSI/BAR	Alta presión de la bomba	220	
	000-999PSI/BAR	Baja presión de la bomba	150	
	01-99 PSI/BAR	Presión diferencial Max prefiltrado	20	
	01-99 PSI/BAR	Presión diferencial Max membrana	20	
	000-150F/C	Temperatura Limite	120	
	00-99%	Limite de rechazo membrana	80	

ANEXO 3. *Cotización Sistemas de Control y SCADA*

Santiago de Cali. 28-04-2009

Para: Ing. Juan Carlos Mantilla Saavedra - UPB

Objetivo: Propuesta Presupuestal Sistemas de Control y SCADA



IT	REF	DESCRIPCION	Cnd	VL/U \$USD	VL/T \$USD
		DOS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA MODELO CLEARWATER ZONA 1 Y ZONA 2			
1	SNAP-PAC-R1	Controlador + Manejo de IO's, Integrado, con doble Puerto Ethernet TCP/IP y Manejador de IO's.	2	\$1.426	\$ 2.852
2	SNAP-PAC-RCK16:	Base para alojar controlador y modulos de IO's. Capacidad de 16 canales.	2	\$235	\$ 470
3	SNAP-PS5	Fuente de voltaje 5VDC para hardware de Control; 80-220 VAC/5 VDC-4A.	2	\$308	\$ 616
4	SNAP-PS-DR-120-24	Fuente de voltaje 24VDC, para instrumentación de campo. 80-220VAC/24VDC-4A.	2	\$308	\$ 616
6	SNAP AIMA-4	Modulo análogo de 4 cales de entrad 4-20 mA.	2	\$360	\$ 720
	SNAP-AIRTD	Modulo análogo de 2 canales de netrada RTD-Pt-	2	\$287	\$ 574
	SNAP-AOA-23	Modulo de slaida análogo de 2 canales, 4-20mA.	2	\$266	\$ 532
5	SNAP-ODC5-I	Modulos aislado digital de 4 canales salidas, VDC.	6	\$68	\$ 408
5	SNAP-ICD5	Modulos aislado digital de 4 canales para entradas VDC/	2	\$68	\$ 136
5	SNAP-ICD5-FAST	Modulos aislado digital de 4 canales para entradas Sensibles y de velocidad. (SNAP 4-Ch High-Speed 2.5 - 16VDC Digital Input Module)	2	\$68	\$ 136
1	PC-SERVER	Computador servidor para el HMI: Con video plano de 19". DVD R/W, HD de 360GB, 1 GB de RAM, 1.5 GHz. Teclado Calsico, Mouse, Puerto Ethernet,	2	\$4.500	\$ 9.000
2	PAC Project	Programa para configuración de hardware de control, desarrollador de estrategias y sistema supervisorio, HMI. Conformado por: paquete de configurador de hardware (PAC-CONTROL) una licencia y el HMI (Iconics) una licencia, solo de ejecución. Contiene el OPC-Server de Opto22	2	\$2.900	\$ 5.800
	WEB-HMI-Server	Licencia para poder ver via web las aplicaciones que se ven en el HMI. Para dos usuarios al tiempo. Este aplicativo requiere conexión a Internet con una IP fija, la cual debe ser diligenciada por el	2	\$4.300	\$ 8.600
9	OPTOTERMINAL-G75	Termianl local de operación, Puerto ethernet/TCP/IP. Color: Permite operación y monitoreo del proceso. Mimicos, tendencias,	2	\$4.550	\$ 9.100
		TOTAL : (APLICAR EL IVA)			\$39.560

Precios: Dolares Americanos. Adicionar el IVA.

Tiempo de Entrega 4-5 semanas

Validez 30 días.

FRANK HAROLD LÓPEZ R. - Dpto de Ingeniería y Ventas

SINCRON S.A.

CALI

Av. 1 Oeste No. 6 - 28

PBX: (572) 899 0800 FAX: (572) 892 6319

e-mail: sincron@sincron.com.co

BOGOTA

Calle 38 No. 8 - 56 OF. 305 Edif. Brigadier

PBX: (571) 245 9322 FAX: (571) 232 6621

MIAMI

4767 NW 72 Ave, Miami FL 33166

(786) 206 5488