REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

AUTOMATIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN AL SISTEMA DE SANITIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA UNIDAD DE HEMODIÁLISIS HOSPITAL C.A.S.E. ESSALUD

Tesis presentada por el Bachiller:

Toro Tiznado, Nilo Giovanny

Para optar el Título Profesional de

Ingeniero Electrónico con Especialidad en Automatización y Control

Asesor:

Ing. Rodríguez Gonzales, Pedro Alex

Arequipa-Perú

2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA ELECTRONICA

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 25 de Junio del 2020

Dictamen: 000784-C-EPIE-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 000784, presentado por:

2010223921 - TORO TIZNADO NILO GIOVANNY

Titulado:

AUTOMATIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN AL SISTEMA DE SANITIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA UNIDAD DE HEMODIÁLISIS HOSPITAL C.A.S.E. ESSALUD

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1546 - DELGADO BARRA LUCY ANGELA
DICTAMINADOR

1547 - RODRIGUEZ GONZALES PEDRO ALEX
DICTAMINADOR

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme permito vivir hasta este día y por darme apoyo en los momentos más complicados.

A mi familia por ser mi inspiración.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESUMEN

La calidad y pureza del líquido de diálisis son los principales requisitos de la técnica de hemodiálisis, ya que es un elemento fundamental para este tratamiento, tan importante como el dializador y la máquina de hemodiálisis. Por lo tanto, la presencia de algún contaminante en el líquido expone al paciente a un riesgo de acumular sustancias toxicas, dando lugar a complicaciones tanto agudas como crónicas; mantener la calidad de purificación del agua es un proceso muy necesario, porque la sangre del paciente sometido a este tratamiento se pone en "contacto" con aproximadamente 1440 – 2400 litros de agua purificada al mes.

Por tanto, es necesario en primera instancia minimizar el riesgo de contaminantes químicas y microbiológicas del agua purificada en la Planta de Tratamiento.

En este contexto el hospital de Essalud CASE y a su vez, la unidad de hemodiálisis cuenta con máquinas de soporte vital para sus pacientes las mismas que requieres de un constante y continuo suministro de agua (sistema por osmosis inversa). Esto conlleva a un proceso complejo y cuidadoso para procesar agua y distribuirlo por medio una red de tuberías dicho vital elemento.

Es así que el crecimiento microbiológico en un sistema de agua presenta dos problemas: No sólo reduce la calidad del agua, sino que, al dejarse desatendido, el problema puede "crecer" reduciendo la performance y la vida del sistema. El crecimiento bacteriano puede provocar el decrecimiento en el flujo del agua producto, una disminución de la presión dinámica y puede contribuir a la corrosión de tuberías y alojamientos.

El sistema de tuberías de distribución de agua requiere de un mantenimiento y desinfección (**sanitización**) contante y periódico, el cual, por ser de forma manual y

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

mecánica, conlleva a posibles y potenciales accidentes de trabajo; ya que para este procedimiento los operarios (técnicos biomédicos) hacen uso de desinfectantes, desincrustantes y diferentes ácidos.

Se propone una solución mediante el diseño de un sistema automático y controlado para el proceso de sanitización en base a un Controlador Lógico Programable (PLC) de la marca SIEMENS, una Interfaz Máquina Humano (HMI) y diferentes sensores y actuadores electrónicos de uso industrial todo esto para el control de las diferentes etapas que conlleva dicho proceso.

El sistema será controlado y supervisado mediante el HMI en el cual el operario podrá introducir y/o cambiar diferentes datos del sistema; (tiempos de recirculación, de reposo, de enjuague y pH optimo que desee).

Para un estudio del análisis dinámico de la planta se tomará como base un modelo (en función de transferencia) desarrollado en otro trabajo de investigación. Este modelo sirvió para analizar los componentes de la plata de tratamiento de agua al producirse cambios en las variables de estrada del sistema, como son presión, PH y observar el comportamiento en las variables de salida flujo y conductividad.

Palabras claves: Sanitización, liquido de diálisis, osmosis inversa, controlador lógico programable, interfaz máquina humano, conductividad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The quality and purity of the dialysis fluid are the main requirements of the hemodialysis technique, this is a fundamental element for this treatment, as important as the dialysis filter and the hemodialysis machine. Therefore, the presence of some contaminant in the liquid exposes the patient to a risk of accumulating toxic substances, leading to both acute and chronic complications; Maintaining the quality of water purification is a very necessary process, because the blood of the patient undergoing this treatment comes into "contact" with approximately 1440 - 2400 liters of purified water per month.

Therefore, it is necessary, in the first instance, to minimize the risk of chemical and microbiological contaminants from the purified water in the Treatment Plant.

In this context, the Essalud CASE hospital and the hemodialysis unit have life support machines for their patients, which require a constant and continuous supply of water (reverse osmosis system). This leads to a complex and careful process to process water and distribute it through a network of pipes, this vital element.

Microbiological growth in a water system presents two problems: Not only does it reduce the quality of the water, but, when left unattended, the problem can "grow" reducing the performance and life of the system. Bacterial growth can cause a decrease in the flow of product water, a decrease in dynamic pressure and can contribute to corrosion of pipes and housings.

The water distribution pip system requires constant and periodic maintenance and disinfection (sanitization), which, being manual and mechanical, leads to possible and potential work accidents; since for this procedure the operators (biomedical technicians) use disinfectants, descalers and different acids.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

A solution is proposed through the design of an automatic and controlled system for the sanitation process based on a Programmable Logic Controller (PLC) of the SIEMENS brand, a Human Machine Interface (HMI) and different sensors and electronic actuators for industrial use all this to control the different stages involved in said process.

The system will be controlled and supervised through the HMI in which the operator can enter and / or change different system data; (recirculation, resting, rinsing times and optimum pH you want).

For a study of the dynamic analysis of the plant, a model (based on transfer function) developed in another research work will be taken as the basis. This model was used to analyze the components of the water treatment silver when changes occur in the system variables of the system, such as pressure, PH and observe the behavior in the flow and conductivity output variables.

Keywords: Sanitation, dialysis liquid, reverse osmosis, programmable logic controller, human machine interface, conductivity.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO ..... **ii**

RESUMEN ..... **iii**

ABSTRACT ..... **v**

FIGURAS ..... **xii**

TABLAS ..... **xvii**

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN **18**

I. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA **22**

II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA **24**

III. OBJETIVOS **26**

a. **Objetivo general** 26

b. **Objetivos específicos** 26

IV. JUSTIFICACIÓN **26**

a. **Tecnológica:** 26

b. **Social:** 27

V. VIABILIDAD DEL PROYECTO **28**

VI. LIMITACIONES DEL PROYECTO **28**

VII. ALCANCES DEL PROYECTO **29**

VIII. ANTECEDENTES DEL PROYECTO **29**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO **31**

2.1 TRATADO DE AGUA PARA HEMODIÁLISIS **32**

2.2 CONTAMINANTES HABITUALES DEL AGUA **32**

2.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA PARA HEMODIÁLISIS **34**

2.3.1 ELEMENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA 34

2.3.1.1 PRETRATAMIENTO **34**

2.3.1.2 TRATAMIENTO PRINCIPAL **43**

2.3.1.3 POSTRATAMIENTO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA OSMONIZADA **48**

2.4 CONTROL MICROBIOLÓGICO Y SANITIZACIÓN **50**

2.4.1 FORMACIÓN DE BIOPELÍCULAS 52

2.4.2 REMOCIÓN DE BIOPELÍCULAS 53

2.4.3 DESINFECTANTES Y SANITIZACIÓN 53

2.5 ELEMENTOS ELECTROMECÁNICOS **55**

2.5.1 ELECTROVÁLVULAS 55

2.5.2 SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDOS 61

2.6 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS **64**

2.6.1 MOTORES PAP 64

2.6.2 SENSOR DE pH 67

2.6.3 MICROCONTROLADORES 70

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.7 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES E INTERFAZ MAQUINA HUMANO HMI 73

2.7.1 PLC S7-1200 73

2.7.2 HMI 75

CAPITULO III

MODELAMIENTO MATEMÁTICO 77

3.1 MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA UNIDAD DE OSMOSIS INVERSA 78

3.2 CÁLCULOS DE RECHAZO Y RECUPERACIÓN DE SALES EN LA MEMBRANA 89

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO PREVIO A LA AUTOMATIZACIÓN 93

4.1 DISEÑO DEL PLANO Y UBICACIÓN GENERAL 94

4.2 DISEÑO DE AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS 95

4.2.1 Circuito eléctrico general 95

4.2.2 Circuito eléctrico de electrobomba de agua dura (reserva) 96

4.2.3 Circuito eléctrico de electrobomba de agua dura 97

4.2.4 Circuito eléctrico de electrobombas alternantes 98

4.3 PROCEDIMIENTO MANUAL DE SANITIZACIÓN 99

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANÁLISIS Y DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN 104

4.4 DIAGRAMA DE FLUJO Y BLOQUES DE SECUENCIA AUTOMÁTICA DE SANITACIÓN 105

4.4.1 Diagrama de flujo del sistema de control general 105

4.4.2 Diagrama de bloques del sistema de control general. 109

4.5 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE CONTROL DE SUCCIÓN DE DESINFECTANTE Y DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE pH 110

4.5.1 Diseño del sistema de succión de desinfectante. 110

4.5.1.1. Diagrama de bloques del sistema de control de succión de desinfectante..... 110

4.5.1.2. Diagrama electrónico del sistema de control de motores PAP. 111

4.5.1.3. Programación del microcontrolador del control de motores PAP112

4.5.2. Diseño del sistema de medición de pH 113

4.5.2.1. Diagrama de bloques del sistema de medición de pH..... 113

4.5.2.2. Calibración del electrodo de pH 113

4.5.2.3. Diagramas electrónicos del sistema de medición de pH 115

4.5.2.4. Programación de calibración del sensor de pH por software 118

4.5.2.5. Programación de calibración del sensor de pH por hardware 118

4.5.2.6. Calibración de sensor pH usando soluciones de referencia 118

4.5.2.7. Resultados de comparación entre instrumento HANNA y pH metro diseñado…..... 119

4.5.2.8. Programación final del microcontrolador sistema de medición y control de pH 120

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROGRAMACIÓN GENERAL DEL PLC Y HMI 121

4.6. PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) 122

4.6.1. Configuración de dispositivo 122

4.6.2. Configuración de redes 123

4.6.3. Creación de variables principales del PLC 124

4.6.4. Creación de variables especiales del PLC 125

4.6.5. Creación de bloques MAIN del programa 126

4.7. PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (HMI) . 131

4.7.1. Configuración de dispositivo HMI 131

4.7.2. Configuración de red HMI-PLC 131

4.7.3. Creación de variables principales HMI 132

4.7.4. Vista final del panel HMI 133

4.7.5. Vista final del sistema de control por PLC y HMI 134

CAPITULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS 135

CAPITULO VI

CONCLUSIONES 138

RECOMENDACIONES 139

REFERENCIAS 141

ANEXOS 143

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FIGURAS

Figura 1. Circuito de sangre para la hemodiálisis de un paciente [2] 20

Figura 2. Área para el tratamiento de hemodiálisis) 21

Figura 3. Diagrama de la planta de tratamiento de agua para hemodiálisis 23

Figura 4. Planta de tratamiento de agua para hemodiálisis – Hospital CASE ESSALUD 24

Figura 5. Elementos incluidos en la AAMI, Eu Pharm y norma UNE111 [3] 25

Figura 6. Almacenamiento y distribución primaria 34

Figura 7. Tanques de almacenamiento primario 35

Figura 8. Filtro primario de sedimentos 37

Figura 9. Filtro real primario de sedimentos 37

Figura 10. Filtros ablandadores 39

Figura 11. Filtros reales ablandadores 39

Figura 12. Filtro de carbón activado 40

Figura 13. Filtro real de carbón activado 41

Figura 14. Secuencia para la regeneración de filtros automáticos 42

Figura 15. Filtros que componen la etapa de pretratamiento de agua. 43

Figura 16. Diagrama del tratamiento principal por osmosis inversa 44

Figura 17. Equipo de ósmosis inversa marca Mar Cor 23G 45

Figura 18. Elementos de una membrana [1] 46

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 19. Diagrama instrumental de un sistema de ósmosis inversa [1]..... 47

Figura 20. Diagrama de distribución y almacenamiento de agua..... 49

Figura 21. Almacenamiento y distribución de la planta de tratamiento de agua..... 50

Figura 22. Formación de biofilm [2] 52

Figura 23. Electroválvula solenoide todo o nada (on-off) 55

Figura 24. Campo magnético producido por una bobina..... 57

Figura 25: Corte de una válvula de acción directa [8]..... 57

Figura 26. Diagrama eléctrico equivalente de la válvula solenoide [8]..... 59

Figura 27. Principio de medición de nivel ON-OFF [11]..... 62

Figura 28. Detectores de nivel 62

Figura 29. Switch para su conmutación ON-OFF 64

Figura 30. Motor PAP y mecanismo de succión de líquidos..... 65

Figura 31. Motores paso a paso unipolar y bipolar [12]..... 66

Figura 32. Motor de pasos de dos fases con dos polos. [12] 67

Figura 32.1 Electrodo de Ag/AgCl..... 68

Figura 32.2 Tarjeta de adaptación de señal..... 69

Figura 32.3 Diagrama de bloques de la arquitectura ATmega328p 71

Figura 32.4 Diagrama de bloques de la arquitectura PIC 16f88..... 72

Figura 33. Partes de un PLC Siemens [14]..... 74

Figura 34 Pantalla HMI Siemens [14] 75

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 35. Modelo general de una planta [7] 79

Figura 36. Diagrama de bloques del sistema [5] 81

Figura 37. Comparación entre la respuesta experimental y la respuesta del modelo matemático del flujo debido a cambios de escalón en la presión de alimentación. [6] .. 82

Figura 38. Comparación entre la respuesta experimental y la respuesta del modelo matemático de la conductividad debido a cambios de escalón en la presión de la alimentación [6] 83

Figura 39. Comparación entre la respuesta experimental y la respuesta del modelo matemático de la conductividad debido a cambios de escalón en el pH de la alimentación [6] 84

Figura 40. Diagrama de bloques del sistema de osmosis inversa en SIMULINK (Fuente: Elaboración propia). 85

Figura 41. Respuesta del flujo de permeado a la presión de alimentación del agua de. 1 psi [5] 86

Figura 42. Respuesta de la conductividad del permeado a la presión del agua de alimentación de 1 psi y un valor de pH de cero. [5] 87

Figura 43. Respuesta de la conductividad del permeado a la presión del agua de alimentación de 1 psi y un valor de pH de 1 [5] 88

Figura 44. Recuperación y rechazo en un sistema de osmosis inversa [2] 89

Figura 45. Plano general de la planta de agua (Fuente: Elaboración propia). 94

Figura 46. Diagrama eléctrico general de la planta de agua (Fuente: Elaboración propia). 95

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 47. Diagrama eléctrico de control de reserva de agua dura de la planta de agua (Fuente: Elaboración propia). 96

Figura 48. Diagrama eléctrico de control de agua dura de la planta de agua (Fuente: Elaboración propia)..... 97

Figura 49. Diagrama eléctrico de control de distribución de agua. (Fuente: Elaboración propia). 98

Figura 50. Sistema de almacenamiento, distribución de agua tratada y succión de desinfectante (Fuente: Elaboración propia). 100

Figura 51. Diagrama del sistema de control general (Fuente: Elaboración propia) 109

Figura 52. Diagrama del sistema de control de succión de desinfectante 110

Figura 53. Construcción física del sistema succión de desinfectante 110

Figura 54. Diagrama electrónico para el control de motores PAP por microcontrolador (Fuente: Elaboración propia “CadEagle”) 111

Figura 55. Construcción de sistema electrónico (Fuente: Elaboración propia)..... 112

Figura 56. Diagrama del sistema de medición de pH 113

Figura 57. Curva de calibración del electrodo de pH 114

Figura 58. Diagrama electrónico de la tarjeta de adaptación de pH (Fuente: Elaboración propia “CadEagle 115

Figura 59. Diagrama electrónico para la medición y control de pH (Fuente: Elaboración propia “CadEagle 116

Figura 60. Construcción de sistema electrónico pH meter (Fuente: Elaboración propia) 117

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 61. Vista final del pH meter (Fuente: Elaboración propia) 117

Figura 62. Soluciones estándar para calibración de pH (Marca Hanna) 118

Figura 63. Figura de comparación entre los dos sensores de pH..... 119

Figura 64. Figura de dispositivo S7-1200 CPU_1212C 122

Figura 65. Figura de conexión de red entre dispositivos PLC y HMI 123

Figura 66. Principales variables de programación..... 124

Figura 67. Variables especiales de programación 125

Figura 68. Configuración de dispositivo HMI KPT400 131

Figura 69. Configuración de red 131

Figura 70. Principales variables HMI 132

Figura 71. Vista final del panel HMI 133

Figura 72. Vista final de Sistema de Control..... 134

Figura 73. Vista final de Sistema de Control (2) 134

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TABLAS

Tabla 1. Contaminantes del agua [3] 33

Tabla 2. Microorganismos contaminantes del agua..... 51

Tabla 3. Tipos de sanitizantes..... 54

Tabla 3.1 Características del electrodo 68

Tabla 4. Características de la CPU 1212C [14] 75

Tabla 5. Características de la HMI KTP 400 [14] 76

Tabla 6. Elementos necesarios para el procedimiento de sanitización (anexo 4)..... 99

Tabla 7. Cantidades necesarias para desinfección con Puristeril..... 101

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La hemodiálisis es un tratamiento que cumple la sustitución o función renal, este procedimiento conlleva a funciones de limpieza mediante una máquina y un filtro (riñón artificial).

El tratamiento, consiste en llevar la sangre del paciente por un circuito hasta un **filtro** que la purifica de las sustancias propias que el riñón no puede eliminar (urea, creatinina, potasio, etc.) y se retornara al paciente ya "limpia". A su vez la maquina retire el exceso de líquido que el cuerpo va acumulando debido a que este no es eliminado por medio de la orina.

En el filtro es donde la sangre se pone en "contacto" con un líquido que la máquina prepara el "líquido de diálisis" con una mezcla determinada de distintos elementos, esta eliminará las sustancias nocivas que lleva y retendrá las buenas.

Finalmente, una vez que la sangre paso por todo el filtro, se retorna al paciente. Todo esto se lleva de forma continua, saliendo e ingresando del paciente. El tratamiento suele durar de tres a cuatro veces por semana y una sesión de hemodiálisis suele durar entre tres y cuatro horas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

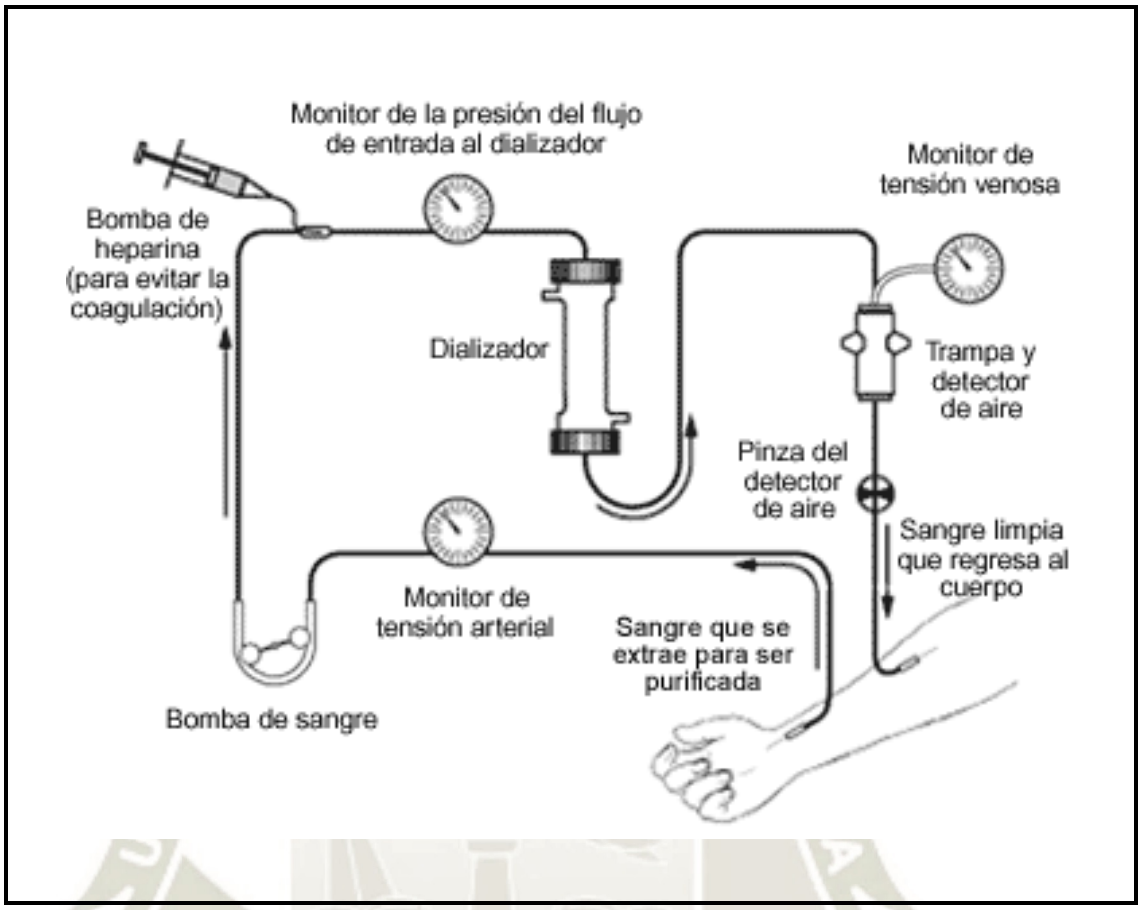


Figura 1: Circuito de sangre para la hemodiálisis de un paciente.

Fuente: Manual de procedimientos técnicos de mantenimiento preventivo de plantas de tratamiento por osmosis inversa para hemodiálisis. Essalud. 2014

El líquido de diálisis es una solución de mezcla de agua ultra pura con diferentes soluciones acidad y básicas, puesta en "contacto" con la sangre del paciente a través de la membrana semipermeable o dializador. Este líquido permitirá el intercambio de sustancias, fundamentalmente solutos, con la sangre de paciente de forma bidireccional.

Este líquido como solución electrolítica será preparada por la máquina de hemodiálisis a partir de agua purificada y solutos en forma de concentrados electrolíticos o sales no disueltas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Actualmente, la planta de tratamiento de agua para hemodiálisis de esta institución cumple con la norma técnica de salud, contando con una osmosis inversa como parte principal del sistema de tratamiento. Estas plantas de tratamiento tienen como objetivo, partiendo de agua tipo potable con una conductividad de 200 a 2000 uSiemens/cm, producir agua que cumpla con los requisitos de la **AAMI** (*Association for the Advancement of Medical Instrumentation.*) y Norma UNE 111

Al no cumplir con los estándares de calidad de agua, podríamos generar daños potenciales en la salud del paciente sometido a este tratamiento. Esto por esto la importancia de sanitizar (desinfectar) el recorrido y almacenamiento del agua.



Figura 2: Área para el tratamiento de hemodiálisis.

Fuente: Sala de hemodiálisis Essalud HNCASE. 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

I. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación del agua para hemodiálisis es una de las principales causas de posibles infecciones en los pacientes sometidos a este tratamiento las cuales podrían ser dañinas e irreversibles como una posible infección sanguínea.

El proceso para el tratamiento y distribución del agua para hemodiálisis debe cumplir las normas y estándares correspondientes a la calidad ultra pura que se quiere. Para cumplir estos estándares y sobre todo para salvaguardar la salud de los pacientes, se debe de evitar un mal funcionamiento y/o alguna posible contaminación del proceso, distribución y almacenamiento del agua.

El personal de mantenimiento debe de calcular el volumen de desinfectante, tiempo y repeticiones de la desinfección (recirculación, reposo y enjuague) del agua en las tuberías. El mismo personal exponiéndose así a accidentes, quemaduras por ácidos e inhalaciones de gases tóxicos, por el hecho que están en contacto y manipulación directa con estos elementos.

Actualmente la distribución de redes de tuberías de la planta de tratamiento de agua no cuenta con el mantenimiento y sanitización adecuado, generando ello un mal uso de los recursos (cantidad de agua y desinfectantes), un desgaste innecesario de los elementos electro-mecánicos que conforman el sistema y en consecuencia una baja calidad de agua para la hemodiálisis

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

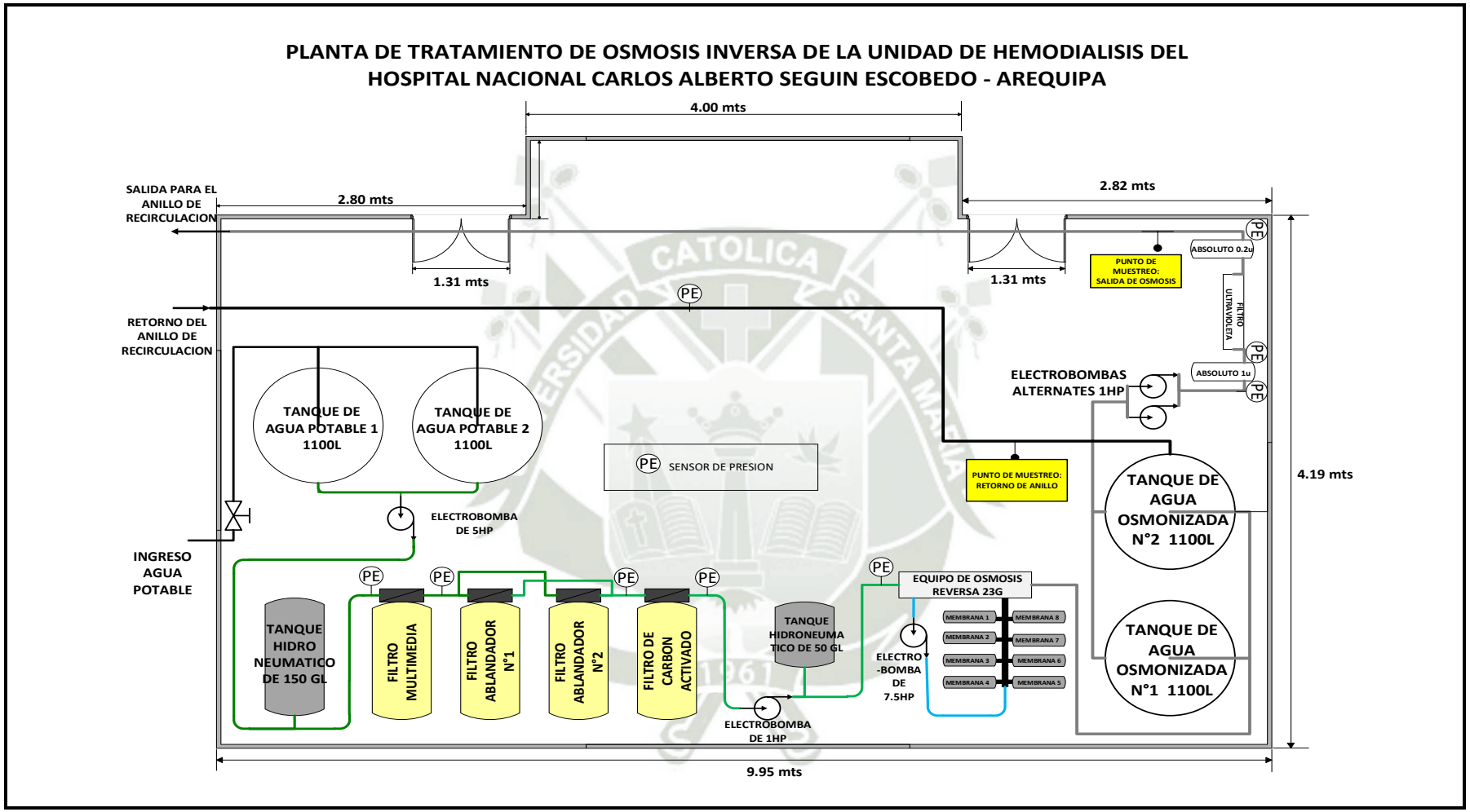


Figura 3: Diagrama de la planta de tratamiento de agua para hemodiálisis

Fuente: Elaboración propia.

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Figura 4: Planta de tratamiento de agua para hemodiálisis – Hospital CASE ESSALUD

Fuente: Planta agua para hemodiálisis. 2020

II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En todos los sistemas de agua diseñado para la remoción de muchos tipos de impurezas, se producirá una contaminación bacteriológica. Este crecimiento reducirá la calidad del agua como también podría crecer de no realizar el proceso de desinfección adecuado, ocasionado así decrecimiento del flujo del agua, disminución de la presión dinámica y posible corrosión de tuberías y alojamientos.

Es indispensable realizar exámenes de calidad de agua tratada como: análisis bacteriológico, análisis parasitológico y exámenes químicos. Para así garantizar la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

calidad del agua, establecer un control del mismo y cumplir con los estándares internacionales como se muestra en la siguiente figura.

Contaminantes mg/l o ppm	*AAMI (1981)*	*UNE 111 (1990)*	*Farmacopea Europea (1997)*
Sustancias incluidas en los LD:			
Calcio	2	2	2
Magnesio	4	4	2
Sodio	70	70	50
Potasio	8	8	2
Sustancias tóxicas reguladas para el agua potable:			
Arsénico	0,005	0,005	
Bario	0,01	0,1	
Cadmio	0,001	0,001	
Cromo	0,014	0,014	
Plomo	0,005	0,005	
Mercurio	0,0002	0,0002	0,0001
Selenio	0,09	0,09	
Plata	0,005	0,005	
Otras sustancias identificadas como tóxicas en diálisis:			
Aluminio	0,01	0,01	0,01
Amonio			0,2
Cloraminas	0,1	0,1	
Cloro libre	0,5	0,5	0,1
Cloro			50
Cobre	0,1	0,1	
Flúor	0,2	0,2	0,2
Nitrato	2	2	2
Sulfatos	100	100	50
Zinc	0,1	0,1	0,1
Metales pesados			0,1
Microbiología y endotoxinas			
Contaje de colonias (UFC)	≤ 200	≤ 200	≤ 100
Endotoxinas (LAL IU/ml)			≤ 0,25

Figura 5: Elementos incluidos en la AAMI, Eu Pharm y norma UNE111

Fuente: Tratado de hemodiálisis R. Jofre J. M. 2006

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

III. OBJETIVOS

a. Objetivo general

Diseño, modernización, implementación y puesta en marcha de un sistema automático industrial aplicado al proceso de sanitización de la plata de tratamiento de agua del servicio de hemodiálisis del hospital CASE ESSALUD

b. Objetivos específicos

- Mejorar la calidad de agua tratada, por medio de una desinfección continua y periódica del sistema hidráulico de la red de tuberías de distribución de la planta de agua, a efectos de lograr una buena calidad química y bacteriológica del agua.
- Reducir a cero el riesgo de accidentes que podrían tener los operarios del mantenimiento (técnicos biomédicos) al realizar este proceso de forma manual o mecánica.
- Aumentar productividad de la empresa y los operarios, mejorar la eficiencia del uso de recursos y alargando la vida útil de las diferentes máquinas que conforman el proceso.

IV. JUSTIFICACIÓN

a. Tecnológica:

Para mejorar y mantener la calidad de agua para hemodiálisis es necesario e indispensable contar con un mantenimiento constante y periódico por medio de elementos modernos de uso industrial. En este caso tecnología PLC, sensores y actuadores electrónicos y una interfaz maquina humano de alta tecnología HMI.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Este sistema deberá controlar las siguientes etapas con sus respectivos sensores y actuadores:

- Controlar el nivel de agua en los diferentes tanques.
- Controlar el drenado y/o vaciado de los diferentes tanques.
- Suministrar de los diferentes ácidos y/o desinfectantes a los tanques.
- Recircular y reposar el agua por medio del control de electrobombas.
- Enjuagar la red tuberías por medio del control de electrobombas.
- Puesta en servicio o parada automática del sistema en general.

b. **Social:**

Al implementar el sistema de sanitización controlada y automática de la red de distribución y almacenamiento de agua de la planta de tratamiento se mejorará la calidad del agua osmonizada y a su vez la calidad de vida de los pacientes sometidos a este tratamiento aquellos que requieren algunos de esta terapia de forma permanente y de por vida.

El sistema controlado y automático reduce a cero el riesgo que podrían tener los operarios del mantenimiento (técnicos biomédicos) al realizar este proceso. Mejorando la productividad del trabajo, eficiencia del uso de recursos y alargando la vida útil de las diferentes máquinas que conforman el proceso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

V. VIABILIDAD DEL PROYECTO

El diseño y la elaboración de proyecto en su totalidad fue financiada por mi persona y la validación correspondiente de este proyecto de tesis, que será implementada en las instalaciones de la planta de tratamiento de agua para hemodiálisis del hospital Carlos Alberto Seguin Escobedo de ESSALUD Arequipa. La misma que será supervisada por los diferentes ingenieros y supervisores que custodian este servicio.

VI. LIMITACIONES DEL PROYECTO

Considerando que, a nivel nacional los hospitales de ESSALUD, MINSA y clínicas particulares; no cuenta con este en particular sistema automático de sanitización por lo tanto no se cuenta con referencia algunas para el estudio e implementación del mismo. Llegando así a considerar que este será un proyecto elaborado desde las bases teóricas y prácticas que requieres un proyecto nuevo.

Para la implementación de un proyecto de este tipo se requiere de un estudio individualizado de acuerdo al lugar donde se requiera implementar, en este caso el hospital CASE de ESSALUD el cual presenta sus propias características y limitaciones a los cuales tenemos que adaptarnos y acondicionarnos para las pruebas y objetivos que queramos alcanzar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

VII. ALCANCES DEL PROYECTO

Partiendo del estado en el que se encuentran las instalaciones actualmente de la planta de tratamiento de agua, describimos algunos alcances:

- Instalación y programación de un PLC: Llevaremos a cabo la automatización por medio de un sistema gobernado y centralizado por un PLC, que estará en conexión en cascada al PLC ya existente de la planta de tratamiento de agua.
- Diseño y construcción de un sistema electrónico para la etapa de succión de desinfectante por medio de mini-bombas: Este proceso succionara automáticamente el desinfectante e inyectara a la red de tuberías de la planta para su posterior desinfección.
- Conexión de diversas señales de entrada y salida: Se conectarán los diferentes sensores y actuadores electrónicos para controlar las diferentes etapas del proceso.

VIII. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

- Un primer trabajo corresponde a la "Automatización de desinfección de la red de distribución en hemodiálisis" la investigación desarrollada por Jacqueline Torrez López para la Universidad Mayor de San Andrés Facultad Electrónica y Telecomunicaciones. La Paz Bolivia en noviembre del 2016.

  En este proyecto se tiene como objetivo principal mejorar la calidad de agua tratada para hemodiálisis. Las cuales al desarrollarse de manera manual exponen a potenciales accidentes de trabajo.

  La base del funcionamiento de la automatización es un autómata lógico programable y diferentes actuadores electrónicos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Como concusiones más importantes se tienen:

Se logro diseñar un "prototipo" en maqueta de automatización funcional que representa la parte hidráulica de la red de distribución.

Se desarrolló una interfaz maquina humano que permitía introducir diferentes tiempos de desinfección.

En conclusión, el prototipo fue satisfactorio.

- El siguiente antecedente corresponde a "Protocolos de desinfección del anillo y recirculación de la planta de tratamiento de agua con puristeril" de las Clínicas Nefhrocare de FME Perú efectivos desde mayo del 2016.

  Como objetivo principal es establecer los pasos para la ejecución de desinfección del sistema de almacenamiento y distribución de agua tratada con puristeril de forma MANUAL. Citados en los documentos. **Nro: PE-CI-29-090**

- Como ultimo antecedente consideramos el correspondiente a "Protocolos de desinfección del anillo y recirculación de la planta de tratamiento de agua con puristeril" de la plata de tratamiento para hemodiálisis en Essalud Arequipa-Perú. Efectivos desde enero del 2016 Desarrollado por la empresa Techmed S.A.C. el cual brinda trabajas de mantenimiento y reparación de equipamiento médico y plantas de tratamiento por osmosis inversa

  Su objetivo principal es establecer los pasos para la ejecución de desinfección del sistema de almacenamiento y distribución de agua tratada con puristeril forma MANUAL.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.1 TRATADO DE AGUA PARA HEMODIÁLISIS

La de calidad de agua y el líquido para hemodiálisis es constantemente revisado en torno a su mejora. Como el objetivo siempre será de contar con un sistema de osmosis inversa, se debe de cumplir con e control. A un inicio, se quiere prevenir el síndrome de agua dura como también las contaminaciones bacterianas. Lugo, hubo que enfrentarse a contaminantes difíciles de eliminar, entre ellos distintos metales, ejemplo el aluminio, cuya intoxicación produce encefalopatía y osteomalacia, o las cloraminas que provocan epidemias de anemización por hemolisis [3].

2.2 CONTAMINANTES HABITUALES DEL AGUA

El agua potable no será estéril, siempre contienen varios contaminantes, estos se encuentran dentro de límites admisibles que pueden ser aptas para el consumo humano. Algunos contaminantes son de origen de la fuente del agua o del sistema de distribución. Otros, son añadidos por las autoridades que potabilizan el agua [3].

Los contaminantes pueden clasificarse como microorganismos, solutos o partículas. Y estos pueden subdividirse, según propiedades como distintos subtipos. Esto se muestras en la siguiente tabla [3].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. Partículas: producen la turbidez del agua	- Minerales - Coloides	
2. Solutos: sustancias disuelta/hidrosolubles	- Inorgánicas: iones	- Cationes (Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Pb, etc.) - Aniones (Cl, F, nitrato, sulfato, bicarbonato, etc.)
	- Orgánicos:	- Sustancias orgánicas naturales (lignina, tanino, etc.) - No naturales provenientes por la agricultura (insecticidas, pesticidas, abonos, etc.) y provenientes de la industria (aguas residuales, derivados del petróleo, minería, etc.) - Endotoxinas (provenientes de los microorganismos)
3. Microorganismos:	- Bacterias - Levaduras - Hongos - Protozoos - Virus	
4. Sustancias añadidas por las autoridades sanitarias: cloro cloraminas, sulfatos de aluminio y flúor		

Tabla 1: Contaminantes del agua

Fuente: Tratado de hemodiálisis R. Jofre J. M. 2006

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POR OSMOSIS INVERSA PARA HEMODIÁLISIS

2.3.1 ELEMENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA

2.3.1.1 PRETRATAMIENTO

Se requiere una red principal como alimentador de para luego almacenar en reservorios o depósitos los cuales deben de ser de materiales inertes y resistentes a productos de limpieza como desinfectantes (tanques de PVC o polietileno). Estos deben de cumplir un mínimo de capacidad de volumen para poder suministras de agua por horas o días al establecimiento hospitalario.

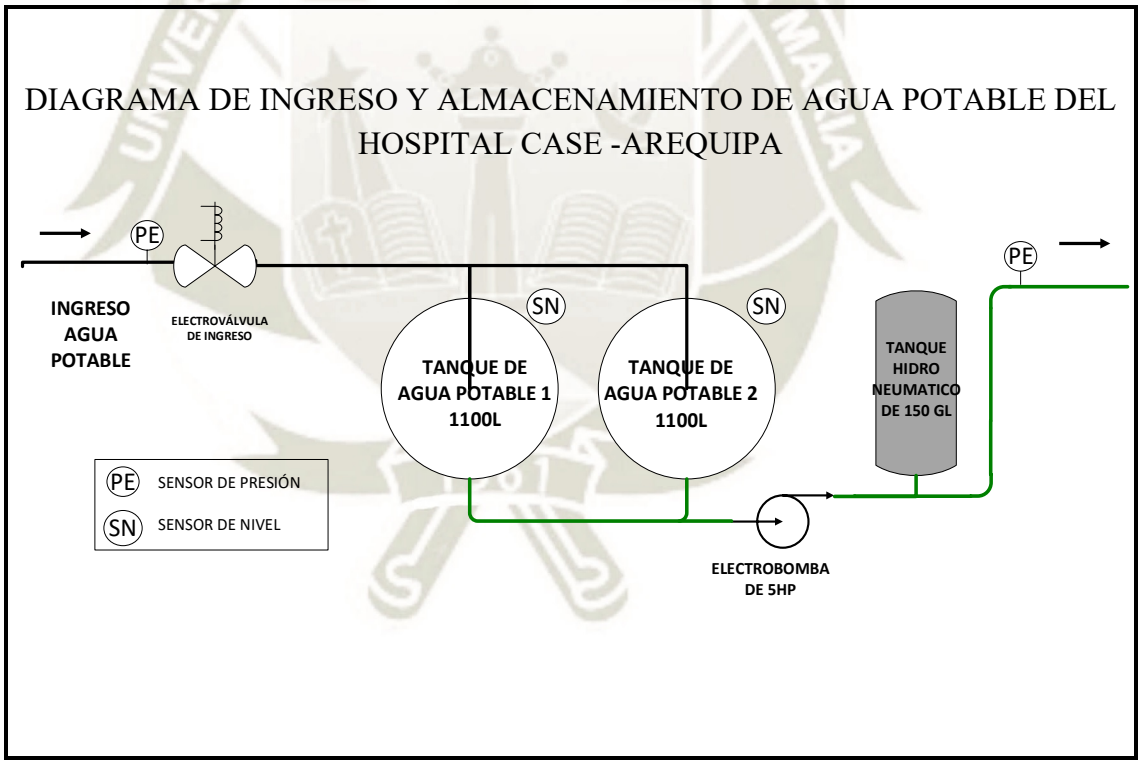


Figura 6: Almacenamiento y distribución primaria.

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Estos reservorios deberán almacenar el agua y disponer de un sensor de nivel máximo y mínimo y poder controlarse por medio de una electroválvula de ingreso de agua de manera automática; adicional a ello contar con alarmar sonaras y/o visuales las cuales indiquen un desabastecimiento por falta de presión y/o flujo del líquido elemento.



Figura 7: Tanques de almacenamiento primario.

Fuente: Planta agua para hemodiálisis. 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como segunda etapa de pretratamiento se requiere de un pre filtrado de agua, estos filtros son elementos cuya función es retener las partículas de agua de acuerdo a su tamaño y composición física. Como se muestra en las siguientes figuras.

Sus porosidades varían de 0.1 a 500 µm

- Filtro primario de sedimento o arena-cuarzo: Este será el primer elemento que atraviese el agua potable, el cual tiene como función de evitar el paso de partículas grandes y medianas, las mismas que generan turbidez del agua como la tierra o polvo de tipo sedimento. Estos elementos de no ser retenidos en esta etapa podrían obstruir los siguientes filtros de carbón o ablandamiento o por último deteriorar y obstruir las membranas de la osmosis.

  Cabe mencionar que en este filtro se genera un ambiente favorable para el crecimiento de bacterias, si el agua de los reservorios previos no contiene cloro residual lo suficiente necesario.

  Los medios filtrantes deben de poder filtrar el agua por años el mismo que perderá sus propiedades gradualmente de acuerdo a la capacidad de agua que pasan por ellos. Estos deberán ser remplazados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

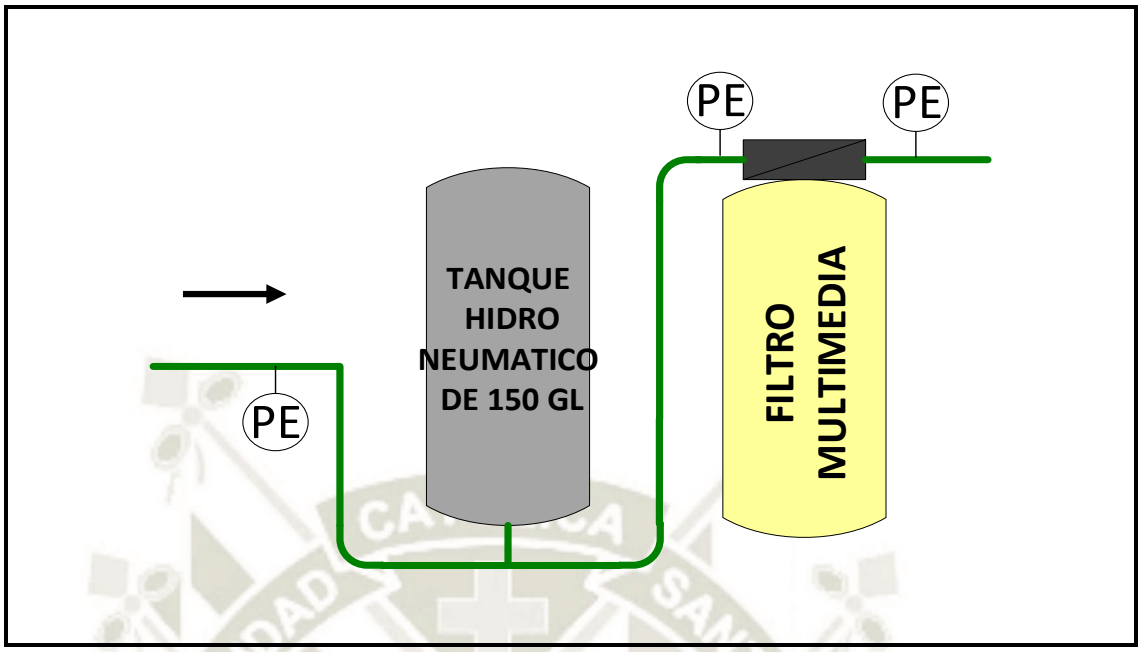


Figura 8: Filtro primario de sedimentos.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 9: Filtro real primario de sedimentos.

Fuente: Planta agua para hemodiálisis. 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Filtro de ablandamiento de agua o desionizadores: La desionización es un proceso físico-químico en el cual se intercambia los cationes de agua por los hidrogeniones, y aniones por iones hidroxilos, estos que contiene la resina catiónica y aniónica, respectivamente. Los hidrogeniones e hidroxilos quedarán "atrapados" en las resinas. Esto es eficiente hasta que la resina sature, ahora será momento de regenerarlas mediante un ácido fuerte, HCI, para la resina catiónica, o base fuerte, como el hidroxilo de sodio, para la aniónica [3].

  Estos filtros ablandadores conseguirán agua con baja conductividad o con alta resistividad, pero no eliminarán coloides y aluminio coloidal, ni materia orgánica [3].

  Cabe mencionar que la planta de agua del HNCASE está conformado por dos ablandadores de agua configurados de manera alternante que remueven los cationes de (Ca++ y Mg++), la misma que realiza una regeneración periódica diaria con solución saturada de NaCl

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

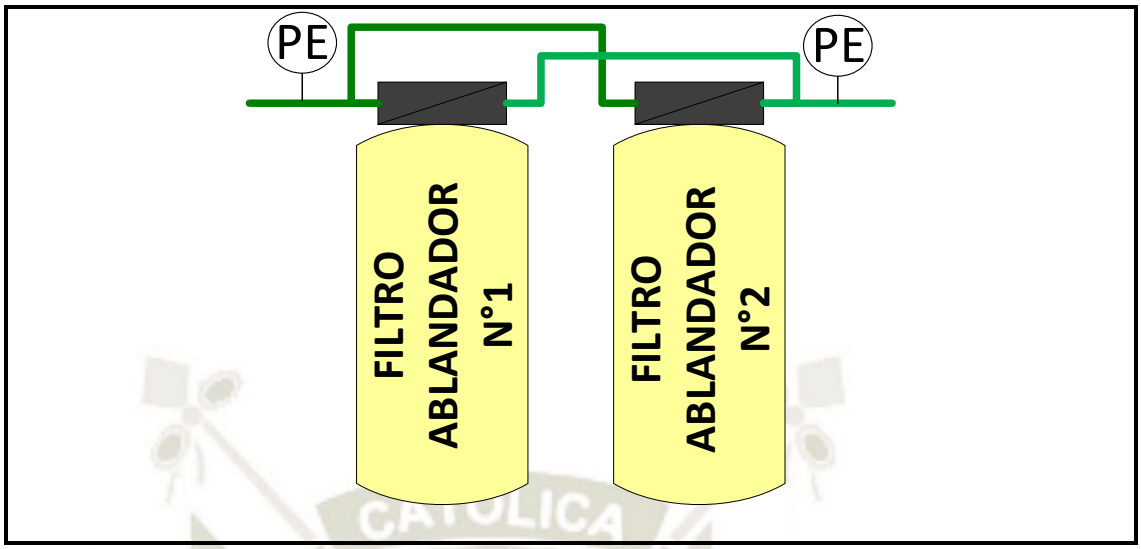


Figura 10: Filtros ablandadores.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 11: Filtros reales ablandadores.

Fuente: Planta agua para hemodiálisis. 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Filtro de carbón activado: Este tercer elemento elimina por absorción el cloro y cloraminas que fueron añadidos al agua potable para prevenir la contaminación bacteriológica, también podrá ser posible eliminar algunas sustancias orgánicas disueltas en el agua si las hubiese.

  Cabe mencionar que en carbón es un ambiente favorable para la proliferación de bacterias, con el paso de tiempo y de acuerdo al volumen de agua que filtra deberá de ser remplazado

Las normas AAMI (1998,2001) establecieron que el nivel máximo permisible de Cloro Total debe de ser 0.5 mg/l y el de las cloraminas 0.1 mg/l. Sin embargo, especialistas en nefrología recomiendan que los niveles de Cloro Total deberían ser inferiores a 0.06 mg/l y los de cloraminas inferiores a 0.05 mg/l [2].

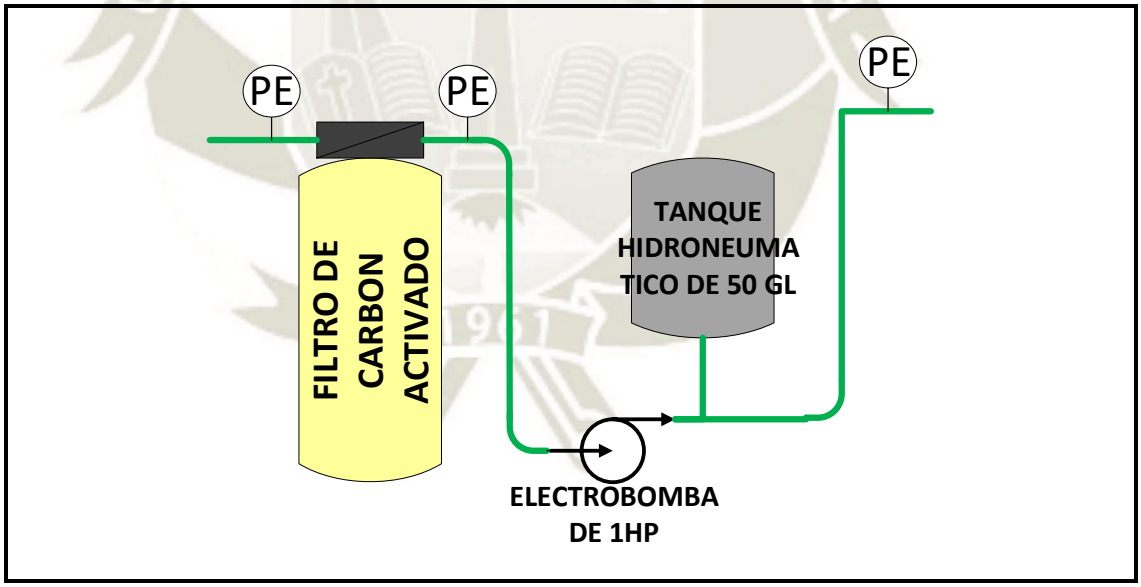


Figura 12: Filtro de carbón activado

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 13: Filtro real de carbón activado.

Fuente: Planta agua para hemodiálisis. 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Todos estos filtros tienen la posibilidad de que se puedan limpiar mediante un flujo de contracorriente (retro lavado o regeneración).

El procedimiento en secuencia se muestra en la siguiente figura.

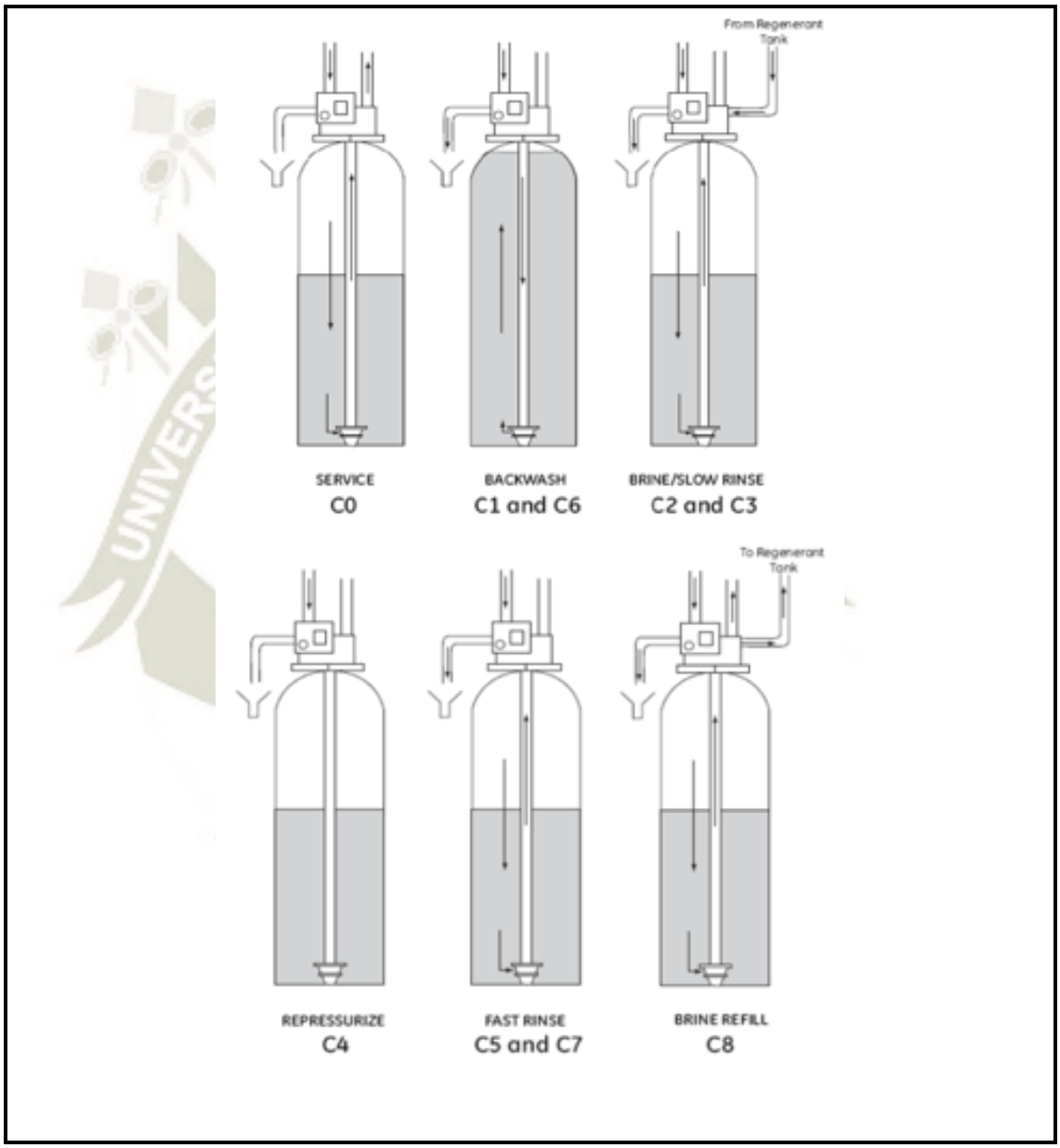


Figura 14: Secuencia para la regeneración de filtros automáticos.

Fuente: Manual de procedimientos técnicos de mantenimiento preventivo de plantas de tratamiento por osmosis inversa para hemodiálisis. Essalud 2014

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

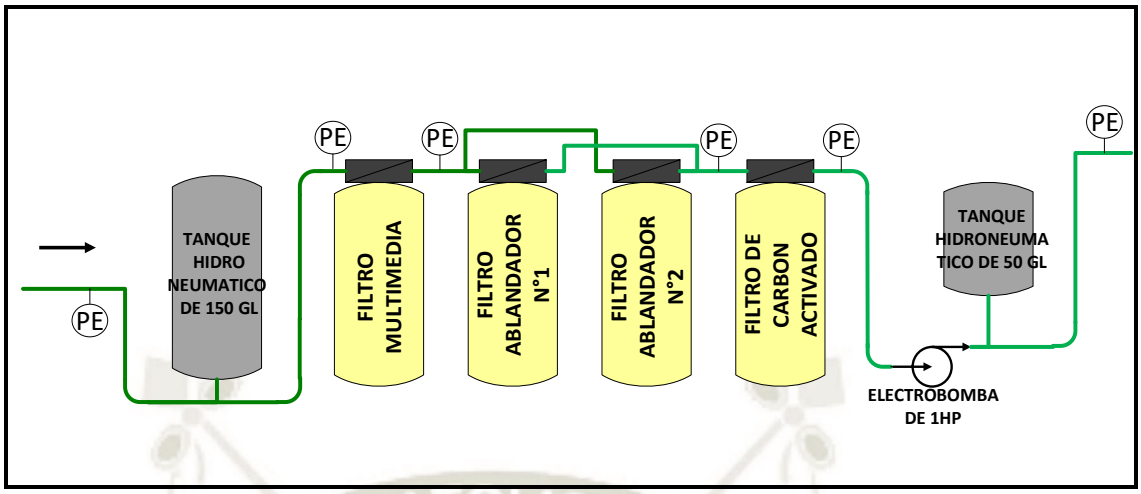


Figura 15: Filtros que componen la etapa de pretratamiento de agua.

Fuente: Elaboración Propia

2.3.1.2 TRATAMIENTO PRINCIPAL

- Osmosis inversa: Este contiene membranas semipermeables las cuales eliminarán o retendrán los contaminantes del agua impelidas por una electrobomba de alta presión. En las membranas se lleva una filtración selectiva, mediante el coeficiente de cribad molecular que se encuentra a los 300 Daltons (Da) aproximadamente y por exclusión iónica.
- La osmosis inversa eliminará partículas, solutos orgánicos e inorgánicos y varios microorganismos y endotoxinas. Puede eliminar del 90 y 99% de los contaminantes del agua pre tratada [3].

  Del agua que pasa por ósmosis, una parte que logro atravesar se denomina "permeada", el resto quedará retenida con la mayoría de contaminantes, esta será agua "de rechazo o concentrada" [3].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En condiciones normales, la ósmosis inversa proporcionara entre producida y rechazada de 0.85 a 0.95. Valores por debajo de 0.8 y con altas presiones será indicio de cambiar las membranas [3].

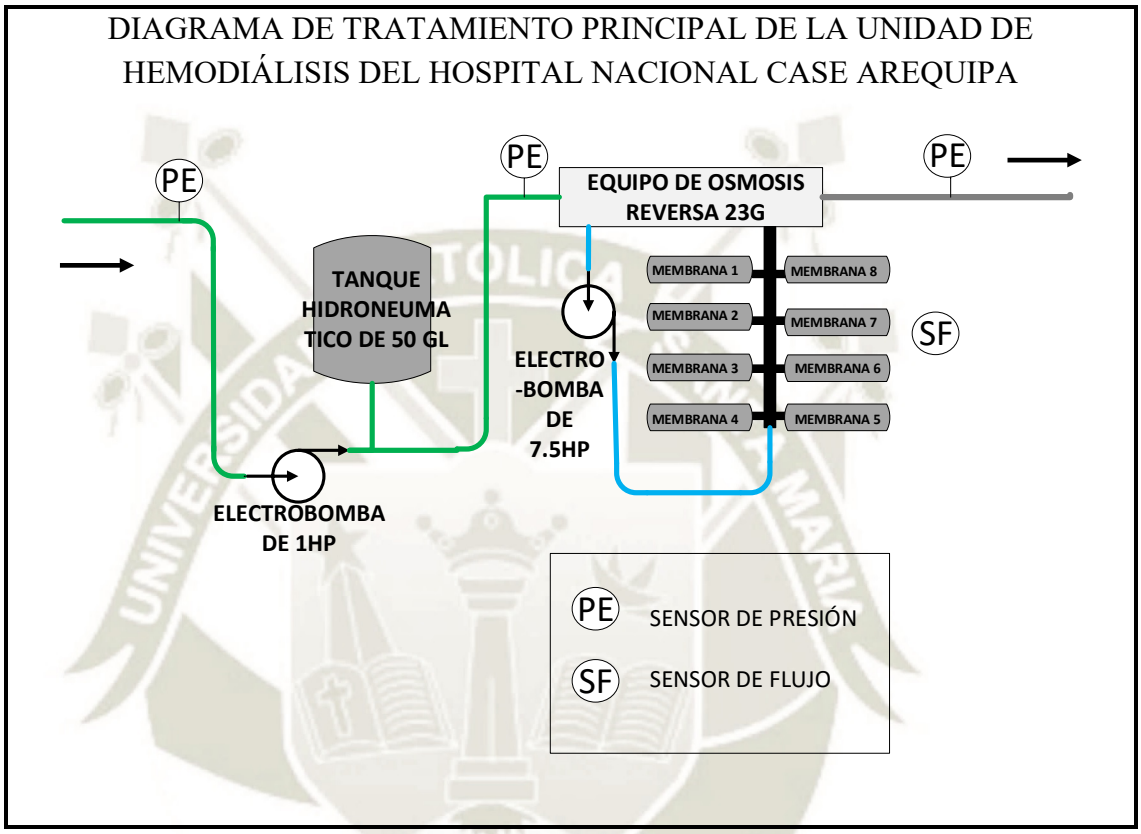


Figura 16: Diagrama del tratamiento principal por osmosis inversa.

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 17: Equipo de ósmosis inversa marca Mar Cor 23G

Fuente: Planta agua para hemodiálisis. 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

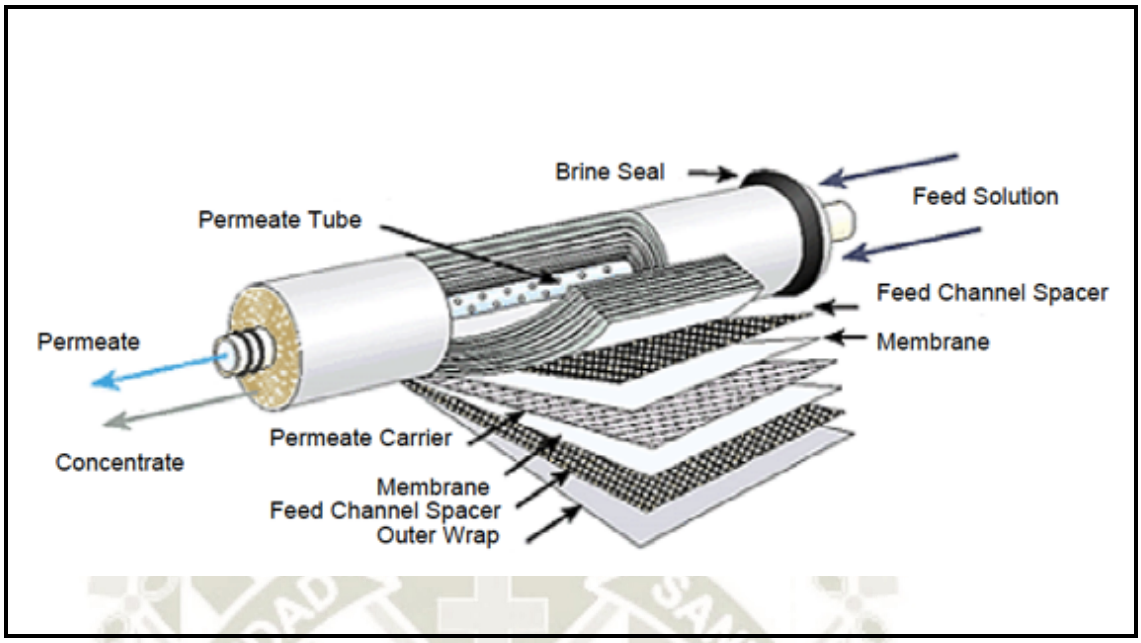


Figura 18: Elementos de una membrana

Fuente: Osmosis Operation and Maintenance Manual – OSMO 23G Series RO Machines. 2001

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

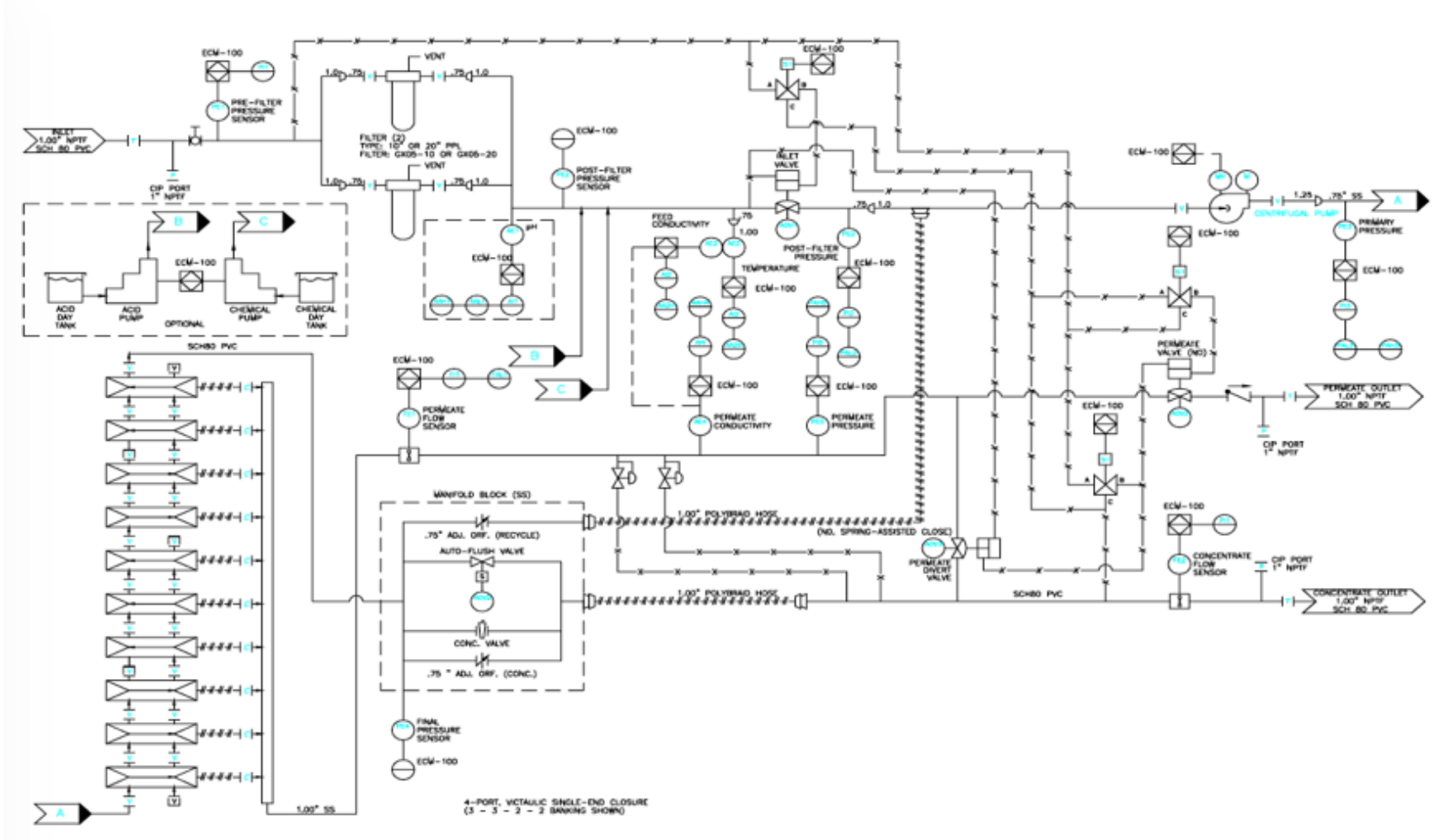


Figura 19: Diagrama instrumental de un sistema de ósmosis inversa. Fuente: Osmosis Operation and Maintenance Manual 2001

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Almacenamiento del Agua osmonizada: El agua ya tratada almacenada es susceptible de contaminación y esto se debe de evitar. El almacenamiento genera dificultades de desinfección. Todos los depósitos de cualquier volumen, deben estar herméticamente cerrados, opacos, de acero inoxidable, con base cónica, con una salida de agua por la parte inferior y con filtros de venteo antibacteriano de 0.2 μm. La entrada de agua en forma de ducha [2].

2.3.1.3 POSTRATAMIENTO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA OSMONIZADA

- Esta es la etapa final y se requiere de lámparas de luz ultravioleta de 254 nm de longitud de onda y mayores a 30 miliWatt.seg/cm^2, las cuales serán germicidas, debido a que esta radiación será capaz de penetrar las paredes de la célula bacteriana y modificar su ADN, matándola o haciéndola incapaz de duplicarse [2].

  Adicional a ellos se requiere colocar a la salida de estas lámparas UV, Filtros Absolutos estos ofrecen la más alta eficiencia de filtración al atrapar la mayor parte de las partículas de menos tamaño se estas llegaron a atravesar las etapas de pre, tratamiento y distribución principal de agua para hemodiálisis. Estos filtros absolutos poseen medidas de filtrado de 5 hasta 0.01 μm y atraparan hasta un 99.8% de todas las partículas.

- El agua tratada podría adquirir sustancias de los elementos que estén en contacto con ella. Para esto se requiere matariles y tuberías de cobre, hierro o aluminio de alto grado de calidad, se tienen que evitar los empalmes e intersecciones con la menos longitud posible. El agua no consumida por estas estas máquinas deberá

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de retornar a los tanques de almacenamiento o la etapa de tratamiento principal (ósmosis inversa) [2].

*Es aquí donde se enfoca el tema principal de la presente tesis. Ya que se requiere de un procedimiento de desinfección (sanitización) de los tanques de almacenamiento y toda la red de distribución de agua osmonizada, esta desinfección se realizará cada dos semanas o según lo indique cada oficina de ingeniería hospitalaria del centro médico. Así se previene la contaminación bacteriana y la formación de biofilm y por consecuencia alcanzar la mejor calidad de agua posible la misma que repercute directamente sobre la calidad de hemodiálisis de los pacientes asegurados de Essalud

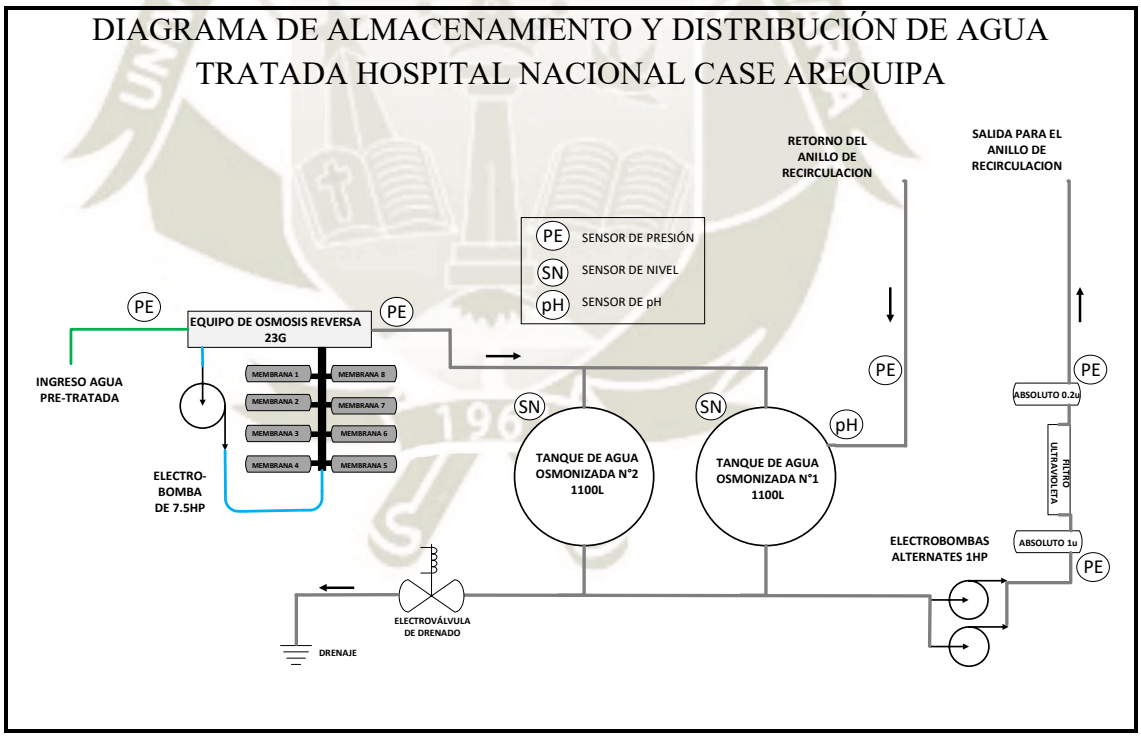


Figura 20: Diagrama de distribución y almacenamiento de agua.

Fuente: Elaboración Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 21: Almacenamiento y distribución de la planta de tratamiento de agua.

Fuente: Planta agua para hemodiálisis. 2020

2.4 CONTROL MICROBIOLÓGICO Y SANITIZACIÓN

Los sistemas de agua de alta tecnología actuales son diseñados para remover muchos tipos de impurezas. Los más difíciles de enfrentar son de contaminación bacteriológica. El crecimiento microbiológico de agua presenta dos problemas: No solo baja la calidad el agua y también al dejarse desatendido, el problema puede "crecer" reduciendo la performance y la vida del sistema. El crecimiento bacteriano podría provocar la caída en el flujo del agua tratada u osmonizada, una disminución de la presión dinámica y puede corroer las tuberías y almacenamientos [2].

Algunas aplicaciones para sistemas de osmosis incluyen, como objetivo primario, la reducción de microorganismos, esto incluye algas, mohos y levaduras (hongos), protozoos (Giardia y Crystosporidium son los más conocidos), y el objetivo más popular, la reducción de bacterias [2].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Muchas partículas transmitidas por el agua son virus (partículas ADN) y las endotoxinas, las cuales no se adecuan exactamente a la definición, pero siempre es de gran interés y ambas serán necesarias eliminarlas. Existen algunos medios y niveles de filtración que podrían remover estos organismos (tabla 2), La filtración más fina, ósmosis inversa, los removerá completamente [2].

MICROORGANISMOS		TAMAÑO TÍPICO Y TÉCNICA DE REMOCIÓN	
TIPO	EJEMPLO	TAMAÑO TÍPICO	MEDIO DE FILTRADO
Algas	Chloraphyta	5-9 µm	Tejidos
Protozoos	Crytosporidium	3-5 µm	Membranas
Espora de moho	Aspergillus	2-3 µm	Membranas
Bacteria	E. coli	1-2 µm	Micro filtración
Virus	Retrovirus	0.1 µm	Ultrafiltración/Osmosis inversa
Pirógenos	Endotoxina	10000 dalton	Ultrafiltración/Osmosis inversa

Tabla 2: Microorganismos contaminantes del agua.

Fuente: Manual de procedimientos técnicos de mantenimiento preventivo de plantas de tratamiento por osmosis inversa para hemodiálisis. Essalud (2014)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.4.1 FORMACIÓN DE BIOPELÍCULAS

Si los microbios no son controlados, estos formaran biopelículas. La mayoría de bacterias que se encuentran en el agua estas secretan un lodo conteniendo polisacáridos (glycacolyx), esto mejorará la habilidad de las bacterias para adherirse a una superficie (figura 22). Estas crecerán y se multiplican rápidamente cuando están asociadas que cuando están flotando. Se formarán colinas grandes. La capa de lodo ayuda a adherirse a otras bacterias y nutrientes. Esta capa es conocida con el nombre de biopelícula (Biofilm).

El tamaño, complejidad y resistencia a la sanitización de las colonias crece dentro de esta biopelícula, esto es muy difícil de penetrar usando sanitizantes típicos. Estas colonias también se convierten en una fuente de re contaminación. Cuando se sanitiza de rutina solo afecta la capa exterior de la biopelícula como a las bacterias jóvenes y las demás ubicadas en lo profundo de la biopelícula rápidamente re contaminarán el sistema y a los pocos días se elevarán de nuevo elevados niveles de bacterias [2].

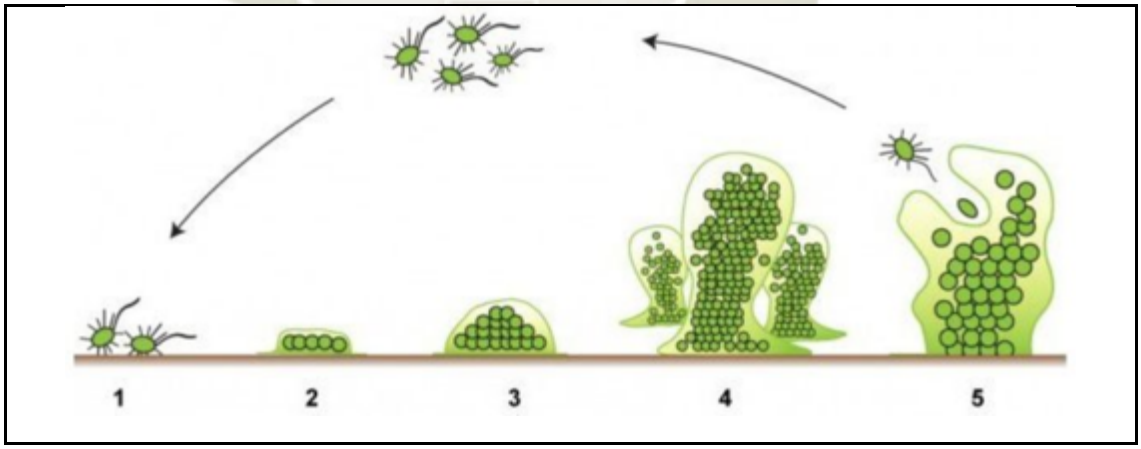


Figura 22. Formación de biofilm

Fuente: Manual de procedimientos técnicos de mantenimiento preventivo de plantas de tratamiento por osmosis inversa para hemodiálisis. Essalud. 2014

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.4.2 REMOCIÓN DE BIOPELÍCULAS

Para eliminar la biopelícula, se requiere frecuentemente de ciclos repetitivos de sanitización. Primero se utiliza un agente biocida normal. Luego se utiliza una solución de alto pH como el hidróxido de sodio, para remover la capa externa de bacterias muertas a causa del biocida. Luego un nuevo biocida al sistema para eliminar la siguiente capa de bacterias, nuevamente seguido de la solución cáustica [2].

- Se considera para la elaboración de esta tesis 2 modelo de protocolos de sanitización que corresponden el primero a la Empresa TECHMED SAC encargada de la sanitización en el hospital de Essalud y el segundo a la Empresa Fresenuis Medical Care, el cual realiza la sanitización en su clínica de hemodiálisis del mismo nombre. Estos documentos son anexados.

2.4.3 DESINFECTANTES Y SANITIZACIÓN

Existen varios tipos de sanitizantes disponibles (tabla 3). Estos pueden ser divididos en dos grandes categorías. Oxidantes, los cuales incluyen al Ozono, Cloro, Peróxido de Hidrogeno y Acido Peracético, son muy efectivos con la mayoría de organismos, pero degradan las membranas poliméricas y son incompatibles con algunas. El ozono degrada las membranas de osmosis inversa, Nano filtración y Ultrafiltración [2].

Los no oxidantes, incluyen formaldehido, glutaraldehido y compuestos de amonio cuaternario. Estos pueden ser efectivos contra la mayoría de microorganismos, como las endosporas bacterianas, estos compuestos pueden ser o no compatibles con algunas membranas [2].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Agentes comunes de sanitización		
Agentes	Concentración efectiva	Tiempo
Sistema no membrana: NaOCL	 100-200 ppm 2-3 ppm	 30-60 min 10 min
Sistema y membrana H2O2 Formaldehidos Acido peracético Isothiazolones/Gluteraldehidos	 3-5 ppm 0.5% 1.0% 50 ppm	 30 min 30 min 30 min 120 min

Tabla 3: Tipos de sanitizantes.

Fuente: Manual de procedimientos técnicos de mantenimiento preventivo de plantas de tratamiento por osmosis inversa para hemodiálisis. Essalud. 2014

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5 ELEMENTOS ELECTROMECÁNICOS

2.5.1 ELECTROVÁLVULAS

Las válvulas son elementos físicos de control en apertura y cierre, estas puedes variar el flujo que las atraviesa. Las válvulas presentan un orificio de área variable y pueden ser reguladas de forma manual, neumática o eléctrica [8].

Principalmente la válvula consta de las siguientes partes: el actuador es quien convierte la señal de entrada en una salida de desplazamiento lineal o rotacional, este movimiento se traslada al cuerpo, el cual permite menor o mayor flujo en la salida. De no haber señal de accionamiento en la válvula, esta tomará una posición pre determinada (cerrada o abierta en esta natural) [8].

En caso nuestro caso se usará un tipo de válvula todo o nada (on-off), como se muestra en la siguiente figura.

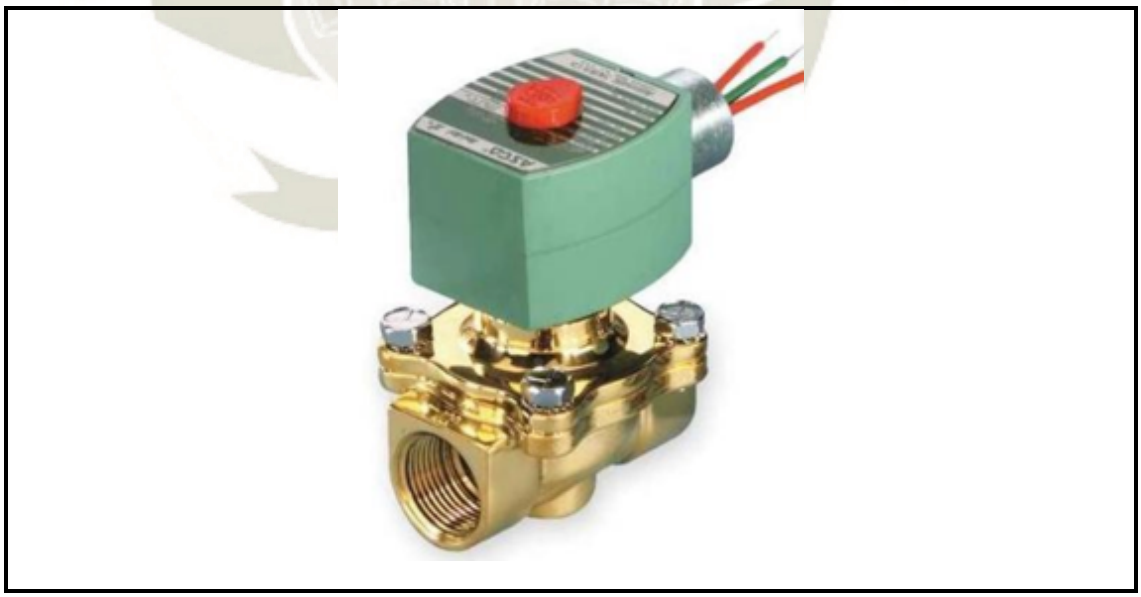


Figura 23: Electroválvula solenoide todo o nada (on-off).

Fuente: Modelamiento de la válvula de control Teknocraf. 2011

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Válvula solenoide: Se usan diferentes actuadores para las válvulas dependiendo de la aplicación: electromagnéticos, aplicaciones en medicina, motores de combustión, etc. Estas son usadas en procesos industriales y permiten controlar el flujo de gases y líquidos. Las válvulas accionadas por solenoides (conductor bobinado ubicada alrededor de un émbolo) son instaladas en lugares de difícil acceso, también facilita la automatización de los procesos ya que son accionadas eléctricamente [8].

Algunos tipos de válvulas solenoide son: ON/OFF y el proporcional donde la apertura de la válvula esta en relación directa con el voltaje o corriente que hay en sus terminales. Estas válvulas son controladas con la variación de la corriente que circula por medio del solenoide. Esta corriente produce un campo magnético y esta se atrae con fuerza al émbolo móvil. Si se quita la energía de la bobina, el efecto del campo magnético desaparece y el émbolo retorna a su posición inicial o normal [8].

El principio del solenoide es similar al modelo a un electroimán, debido al efecto de corriente circulante, el campo electromagnético que se genera índice sobre el émbolo móvil, por lo tanto, se produce una fuerza que genera el movimiento del émbolo accionando el cierre o apertura de la válvula. Esta bobina genera un campo magnético con una corriente calculada mediante la ley de Ampere: [8].

$$\oint \vec{H}.d.\vec{l} = i \qquad (1)$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

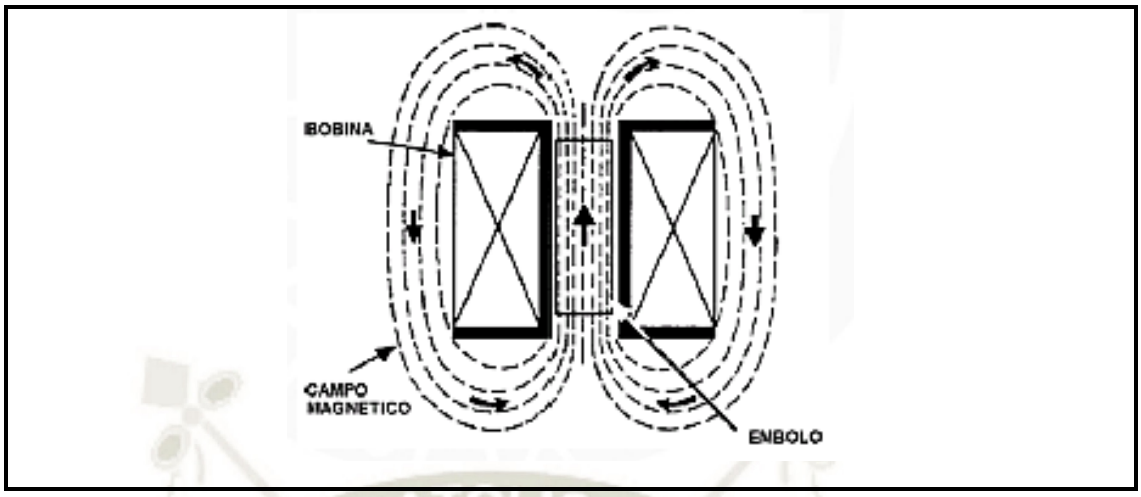


Figura 24: Campo magnético producido por una bobina.

Fuente: Modelamiento de la válvula de control Teknocraf. 2011

Válvula solenoide de acción directa: En este tipo de válvulas, el flujo es controlado mediante el émbolo móvil y de la fuerza magnética generada como resultado. En la figura 25 se muestra una válvula de dos vas normalmente cerrada [8].

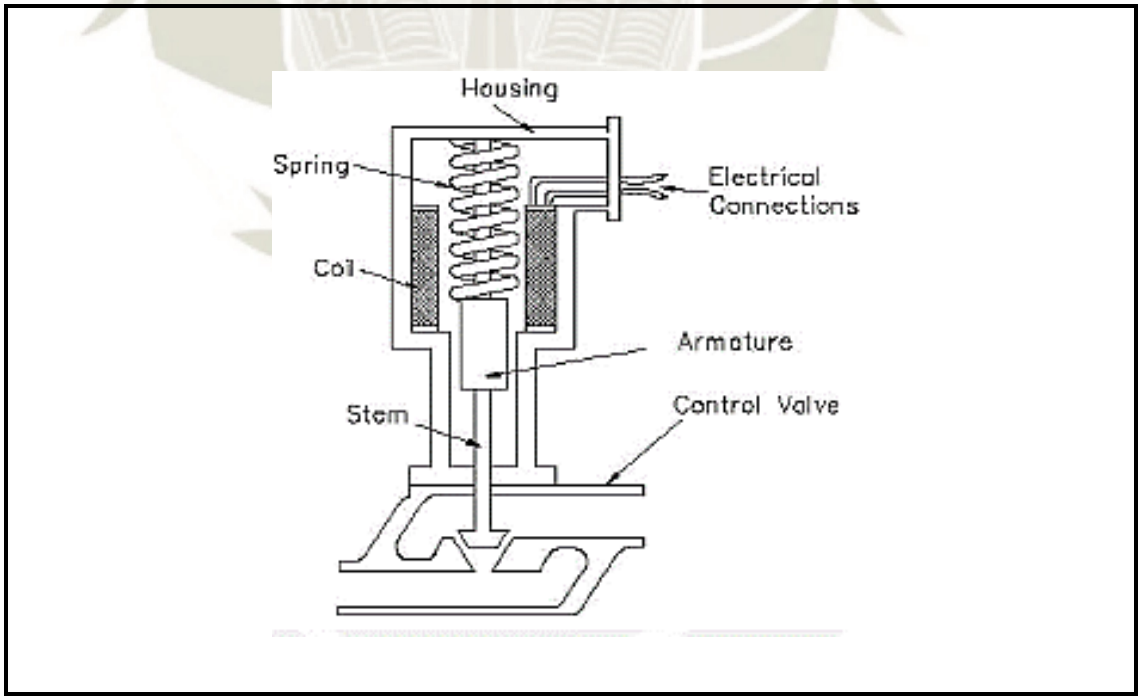


Figura 25: Corte de una válvula de acción directa

Fuente: Modelamiento de la válvula de control Teknocraf. 2011

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Al energizar la bobina, la aguja que se encuentra a la parte inferior obstruye el orificio impidiendo este el paso del flujo. Cuando circula corriente por el solenoide, se genera un campo magnético que atrae el émbolo hacia la parte superior, permitiendo el paso del fluido. Con ausencia de campo magnético el embolo cae por gravedad, o por efecto de un resorte si lo tuviese impidiendo el paso del flujo [8].

Para nuestra aplicación usaremos la válvula de la figura 23 la cual será instalada para el drenado de los tanques de agua tratada en la posición que indica la figura 20. Considerar que esta válvula deberá ser colocada de manera horizontal para así evitar un mal funcionamiento.

Modelamiento matemático de la válvula solenoide: En la publicación de Rahman, Cheung y Lim [9], se destaca el uso de la válvula solenoide por su pequeño tamaño, su simple construcción y lo barato de su mantenimiento en comparación con otros actuadores. También se describe el desarrollo de un proyecto que consiste en modelar un actuador no lineal ON/OFF para transformación en un actuador proporcional mediante la aplicación de un tipo de control. Es importante resaltar que la mayoría de los actuadores de tipo solenoide trabajan en la región de saturación no lineal magnética. Citado en [8]

Para obtener el modelo matemático del solenoide, Rahman [9] realizo un modelo eléctrico de la bobina que permita representar el comportamiento cuando este es energizado, el modelo se muestra en la figura 26

Se mostrará a continuación el desarrollo de la investigación de M.F Rahman, N.C. Cheung, K.M Lim

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

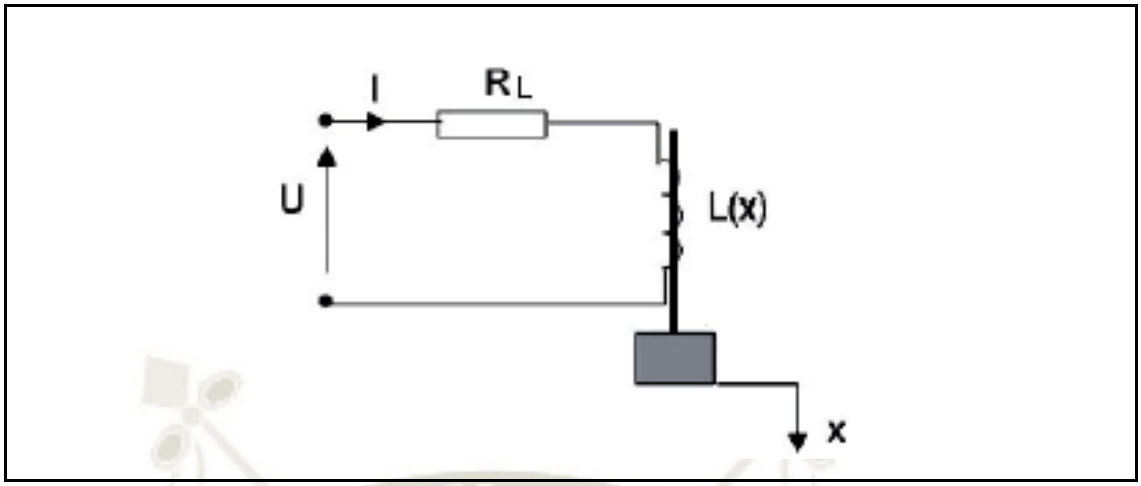


Figura 26: Diagrama eléctrico equivalente de la válvula solenoide

Fuente: Modelamiento de la válvula de control Teknocraf. 2011

El diagrama se conforma de una resistencia (RL) conectada en serie a una bobina L(x), donde la relación entre la corriente y el voltaje se obtiene mediante:

$$V = Ri + \frac{d\lambda}{dx} \qquad (2)$$

El flujo (λ) es una variable dependiente de la corriente (i) y del espacio de aire (x), se detalla las relaciones en la siguiente ecuación:

$$V = Ri + \left(Le + \frac{d\lambda(x,i)}{d}\right).\frac{di}{dt} + \frac{d\lambda(x,i)}{dx}.\frac{dx}{dt} \qquad (3)$$

Donde:

x: desplazamiento lineal del pistón.

L: inductancia de la bobina electromagnética.

R: resistencia de la bobina electromagnética.

i: corriente electromagnética.

V: voltaje de entrada.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

λ: flujo de la bobina.

La ecuación 3 representa las características magnéticas del solenoide, y la ecuación 4 representa la mecánica de su funcionamiento:

$$mpX = Fmag - KsX - mpg \qquad (4)$$

Donde (mp) representa la masa del émbolo, (Ks) es la constante del resorte, (g) es la constante de la gravedad y (Fmag) es la fuera producida por el campo magnético.

Para un instante de tiempo (t) y cuando "x" permanezca por un periodo de tiempo corto, se obtiene la siguiente ecuación.

$$Fmag = \frac{\partial \lambda(x,i)}{\partial x}.i \qquad (5)$$

De las ecuaciones 3, 4 y 5 se formuló un modelo de estado no lineal.

$$\frac{\partial x}{\partial t} = v \qquad (6)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \left(\frac{\partial \lambda(x,i)}{\partial x}.i - KsX - mpg\right).\frac{1}{mp} \qquad (7)$$

$$\frac{\partial i}{\partial t} = \left(v - Ri - \frac{\partial \lambda(x,i)}{\partial x}.\frac{\partial x}{\partial t}\right).\frac{1}{L + \frac{\partial \lambda(x,i)}{\partial}} \qquad (8)\ [8]$$

Este elemento desarrollado (electroválvula) anteriormente será utilizado para el control de drenado de los tanques de almacenamiento de agua permeada. Una vez que alcancemos el nivel máximo esta válvula se activara y así se podrá drenar el agua por gravedad, una vez alcanzado el nivel mínimo la misma se desactivara. Todo ello en los momentos correctos de la sanitización.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.2 SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDOS

El control o la medición de nivel de líquidos puede definirse como la determinación de posición de una interface que se encuentra entre dos medios separados por la gravedad, con respecto a una línea o punto de referencia. Esta interfase puede existir entre un líquido y un gas, entre dos líquidos, entre un sólido granulado o sólidos fluidizado y un gas, o entre un líquido y su vapor [10].

En el caso de la industria donde estas interfases deben ser antes establecidas dentro de los límites específico, por razones de control del proceso o de calidad del producto [10].

Existe muchas técnicas para poder medir el nivel de líquidos o sólidos en sistemas de procesos. La selección de instrumentación correcta depende de la naturaleza del proceso, de la exactitud y del aspecto económico. Es muy importante que el usuario conozca los diferentes sensores disponibles, y así hacer una selección apropiada [10].

A continuación, se describe algunos métodos o técnicas utilizadas en la medición de nivel [10].

- Técnicas visuales.
- Instrumentos actuados por flotadores.
- Desplazadores.
- Instrumentos de nivel de tipo hidrostático.
- Métodos electrónicos.
- Métodos térmicos.
- Métodos sónicos.
- Instrumentos de infrarrojo.
- Instrumentos nucleares.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Métodos de radar.

En la presente tesis se usó la medición de nivel por medio de flotadores figura 28, debido a la necesidad de nuestra planta.

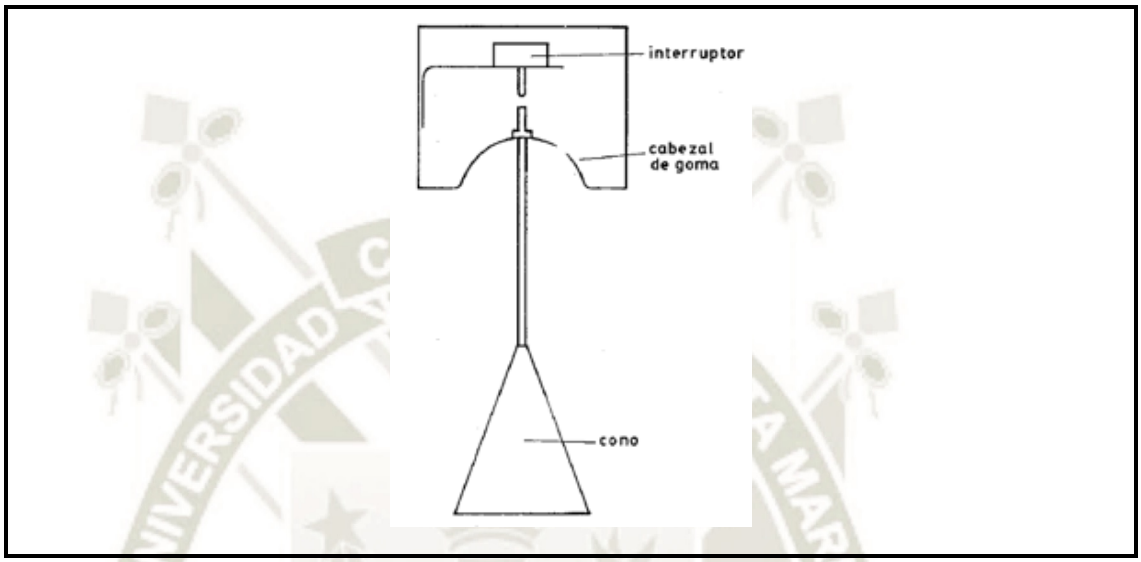


Figura 27: Principio de medición de nivel ON-OFF

Fuente: Instrumentación Industrial Antonio Creus Solé. 2011



Figura 28: Detectores de nivel

Fuente: Instrumentación Industrial Antonio Creus Solé. 2011

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Flotadores: Los sensores de nivel constituidos por flotadores, operan por el movimiento de flotación en este caso para líquidos. El principio básico de flotación indica que un "cuerpo (flotador) sumergido en un líquido es llevado hacia arriba por una fuerza que es igual al peso del líquido desplazado", la ecuación para determinar la fuerza de flotación se muestra a continuación [10].

$$Fb = Vf * SG. \qquad (9)$$

Donde:

Fb = Fuerza de flotación.

Vf = Volumen del flotador.

SG = Gravedad especifica del líquido.

El flotador se desplaza hacia arriba y hacia abajo con los cambios en el nivel del líquido. Estos movimientos del flotador se pueden trasformar por diversos medios en una acción que indique, registre o controle. Los flotadores más comunes son horizontales y verticales [10].

En la siguiente figura se muestra el flotador usado el que permitirá el accionamiento del interruptor o switch para su conmutación ON-OFF.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 29: Switch para su conmutación ON-OFF.

Este elemento desarrollado (sensor de nivel) anteriormente será utilizado para el control de drenado, protección de electrobombas y control de encendido y pagado de los diferentes procesos en los tanques de almacenamiento de agua permeada. Todo ello en los momentos correctos de la sanitización.

2.6 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

Para el correcto funcionamiento de una industria es y será indispensable el uso de elementos electrónicos. Para ello se usará unos elementos importantes para así asegurar la modernización y automatización que es uno de los objetivos de esta tesis.

2.6.1 MOTORES PAP

Este elemento eléctrico y/o electrónico es muy usado en la industria. Para nuestra tesis se usará para la succión del desinfectante, el mismo que estará conectado a un sistema de embolo y pistón como se muestra en la siguiente figura.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

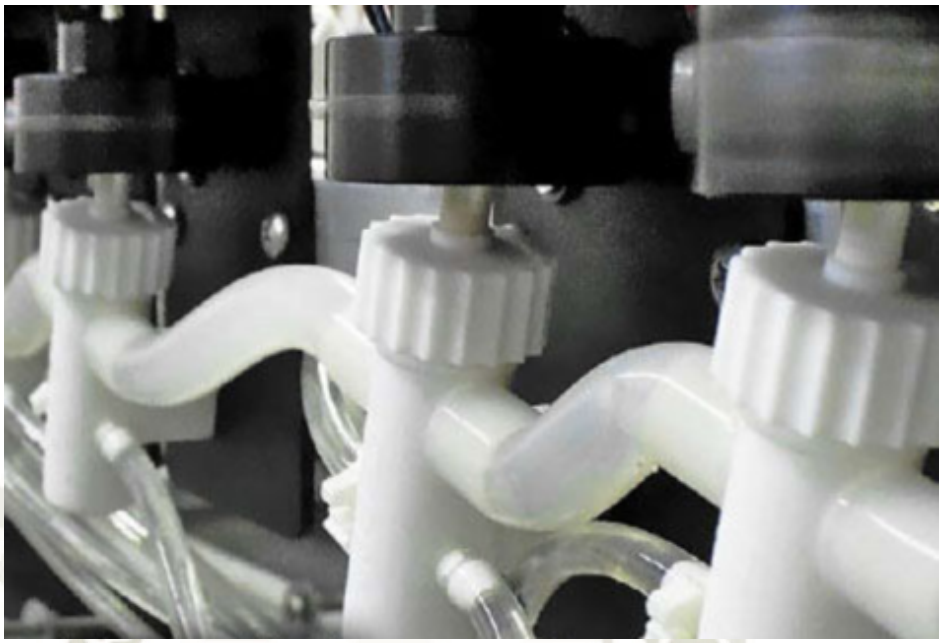


Figura 30: Motor PAP y mecanismo de succión de líquidos.

Este tipo de motores se mueven en incrementos angulares precisos, conocidos como pasos, en respuesta a la aplicación de pulsos digitales a un circuito electrónico de control. El número de tasa de los pulsos controla la velocidad y posición del eje del motor. Por lo general, los motores de paso se fabrican con pasos por revolución de 12, 24, 72, 144, 180 y 200, lo que resulta en incrementos de eje de 30º, 15º, 5º, 2. 5º, 2º y 1.8 por paso.

Los motores pueden ser bipolares, que requieren dos fuentes de alimentación o una fuente de polaridad conmutable, o unipolares. Estos requieren solo una fuente de poder como se muestra en la figura 31.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

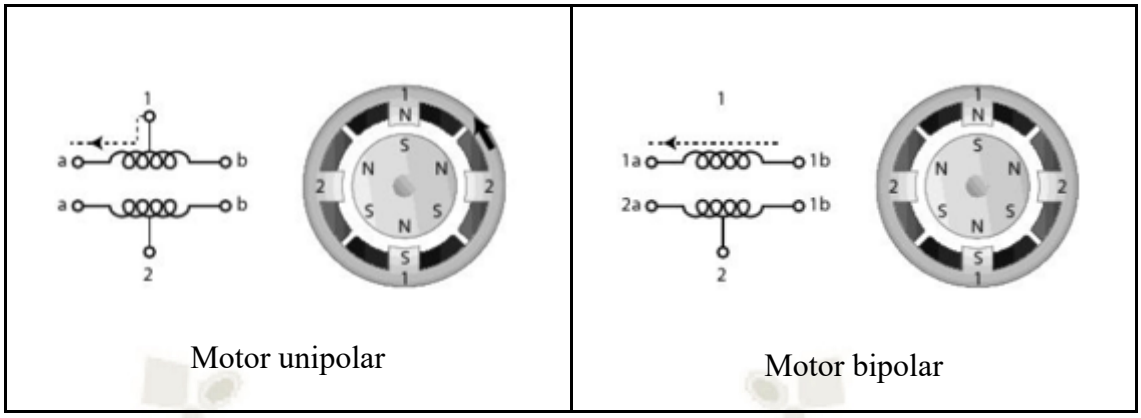


Figura 31: Motores paso a paso unipolar y bipolar

Fuente: Sensores y actuadores, Leonel G. Corona R. 2014

En el estado inicial, sin corriente por las bobinas, los polos se encuentran alineados con la posición del estator, esto debido a que el rotor esta magnetizado de forma radial como se observa en la siguiente figura 32a, las dos fases se encuentran excitadas, esto forma un campo magnético que gira al rotor a la posición uno de equilibrio. Ahora en la figura 32b se muestra la inversión de la corriente en la fase B, esto produce una variación del campo magnético en sentido horario; esto a la vez que el rotor se desplaza en el mismo sentido, buscando siempre la posición de equilibrio. Por último, en la figura 32c se genera una nueva inversión de la corriente en la fase A, lo que genera un movimiento de paso de 90º en sentido horario [12].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

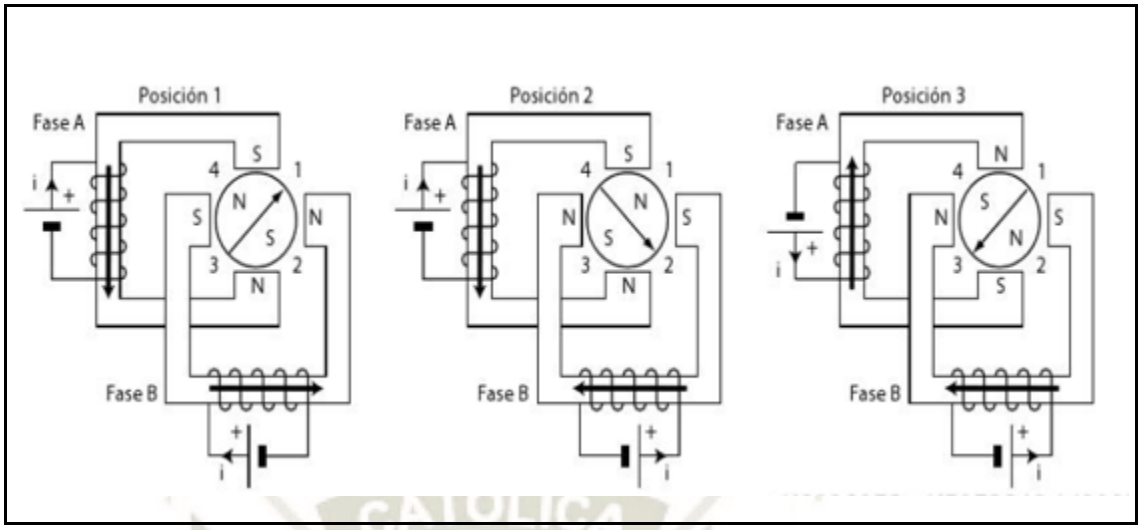


Figura 32: Motor de pasos de dos fases con dos polos.

Fuente: Sensores y actuadores, Leonel G. Corona R. 2014

Este elemento desarrollado (motores paso a paso) anteriormente será utilizado para el control de succión de desinfectante. Todo ello en los momentos correctos de la sanitización.

2.6.2 SENSOR DE pH

El pH será me forma de medir en una solución la acidez o alcalinidad, la cual varía dentro de una escala 0 a 14 pH. Indicando la concentración de iones hidrógeno [H]+. Así cuantificaremos de forma precisa mediante un electrodo midiendo la diferencia de potencial entre los mismos, uno de referencia (Ag/AgCl) y otro de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno. (Figura 32.1)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Figura 32.1 Electrodo de Ag/AgCl.

- Características del electrodo: Este electrodo presenta una salida en milivoltios, en relación al pH de la entrada (25º) como se muestra en la siguiente tabla 3.1

Voltaje (mV)	Valor de pH	Voltaje (mV)	Valor de pH
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
239.64	3.00	-239.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Tabla 3.1: Características del electrodo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Características de la tarjeta adaptación de señal. La siguiente tarjeta electrónica es capaz de brindar una salida de voltaje de manera lineal.

  Rango de medición: 0-14pH

  Temperatura de medición 0-60 ºC

  Precisión: +- 0.1pH (25ºC)

  Tiempo de respuesta < 1min

  Potenciómetro de ajuste de ganancia

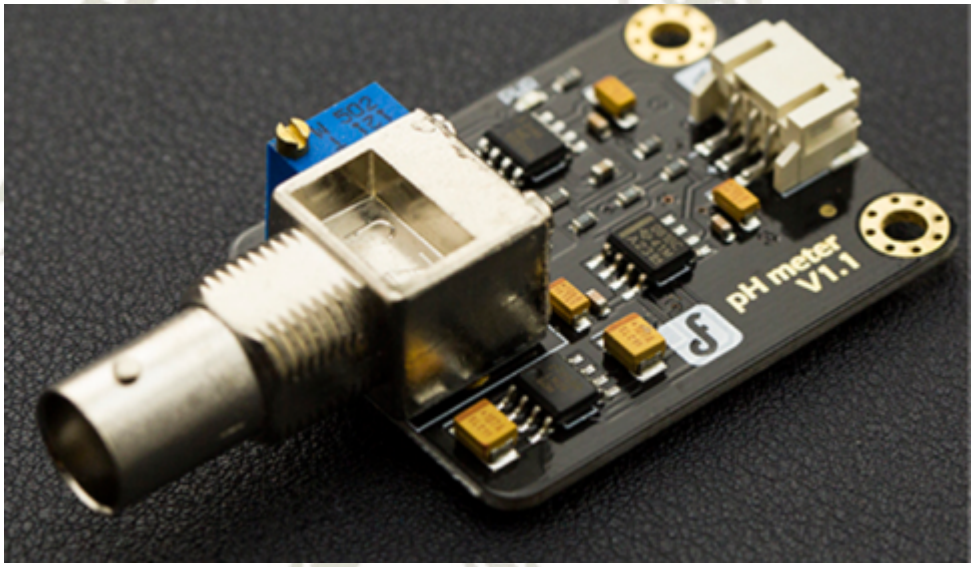


Figura 32.2: Tarjeta de adaptación de señal.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.6.3 MICROCONTROLADORES

Los microcontroladores son circuitos integrados que contienen componentes específicos y funciones especializadas aplicables al diseño de sistemas mecatrónicos, automáticos, estos como mínimo podrían ser: un microprocesador, memorias, puertos de I/O y otros. Básicamente es una microcomputadora en un solo CI [4].

Ejemplos de microcontroladores usados en esta tesis son los PIC 16F88 y Atmel ATmega328p ambos de Microchip

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

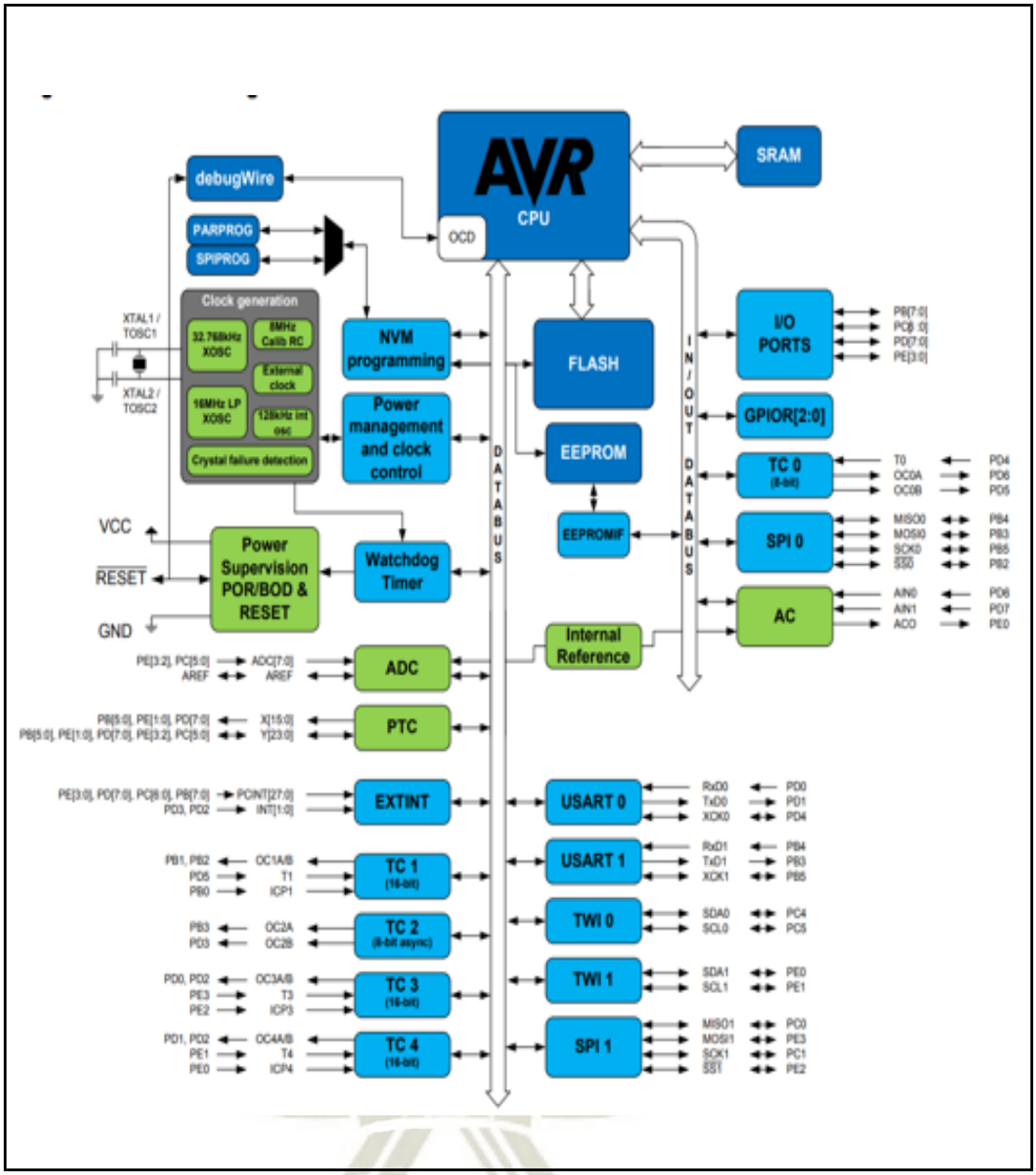


Figura 32.3: Diagrama de bloques de la arquitectura ATmega328p

Fuente: Cortesía de Microchip. 2020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

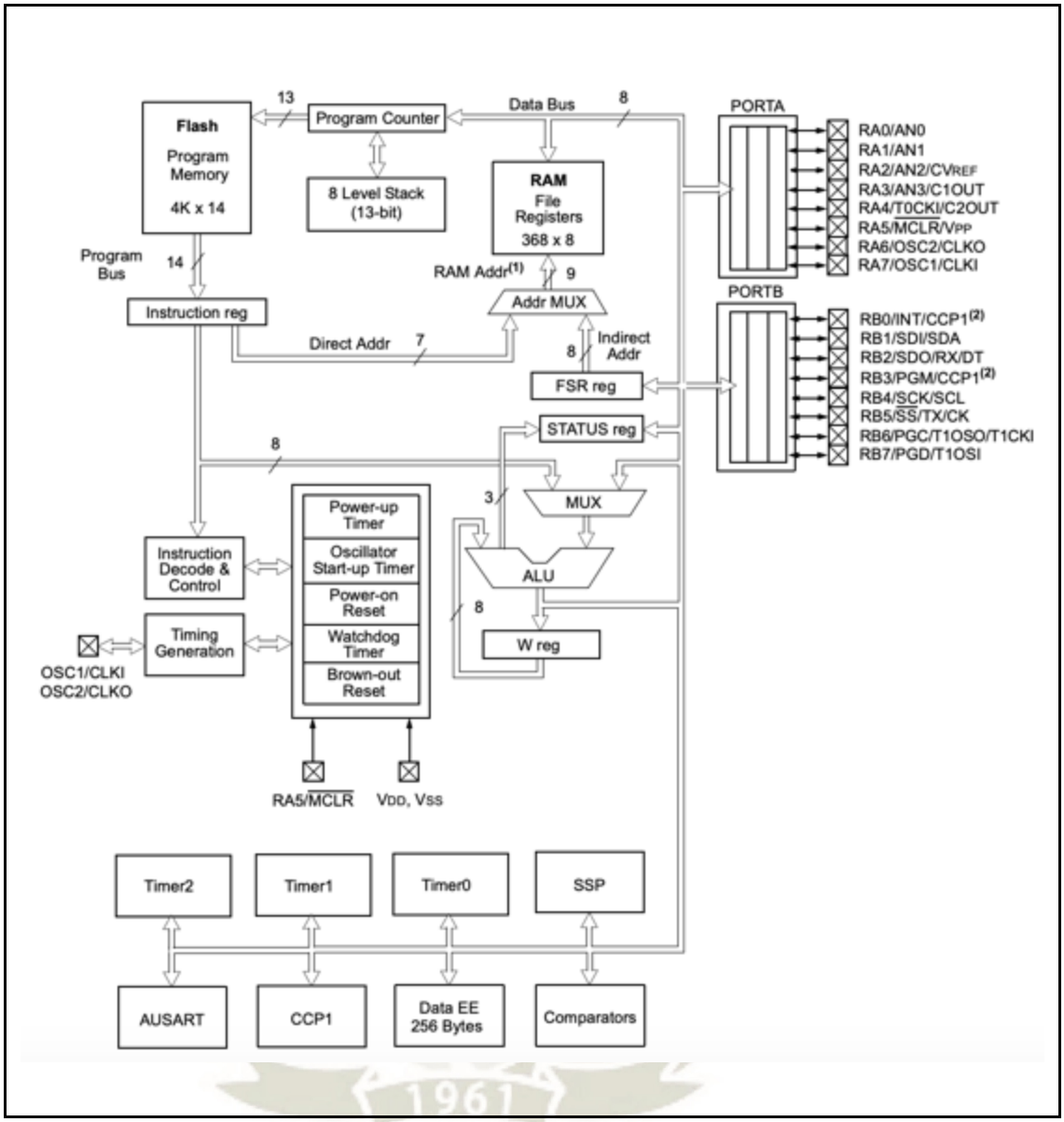


Figura 32.4: Diagrama de bloques de la arquitectura PIC 16f88

Fuente: Cortesía de Microchip. 2020

Los factores que han impulsado el desarrollo de esta tesis a base de estos microcontroladores son el bajo costo, versatilidad, facilidad de programación y tamaño pequeño. Los microcontroladores son atractivos en el diseño de sistemas automatizados y mecatrónicos pues su versatilidad les permite acoplarse físicamente en un sistema pata realizar todas las funciones de control necesaria**.**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.7 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES E INTERFAZ MAQUINA HUMANO HMI

2.7.1 PLC S7-1200

El controlador lógico programable S7-1200 nos da una flexibilidad y potencia necesaria para controlar una importante variedad de dispositivos para las distintas etapas en automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones [14].

La CPU cuenta con un microprocesador potente, una fuente de alimentación integrada y específica, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimientos de alta velocidad, entradas analógicas incorporadas. Una vez cargado el programa diseñado en la CPU, esta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos en la aplicación. La CPU verifica cada entrada y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo, temporización, funciones matemáticas complejas y comunicación con otros dispositivos inteligentes [14].

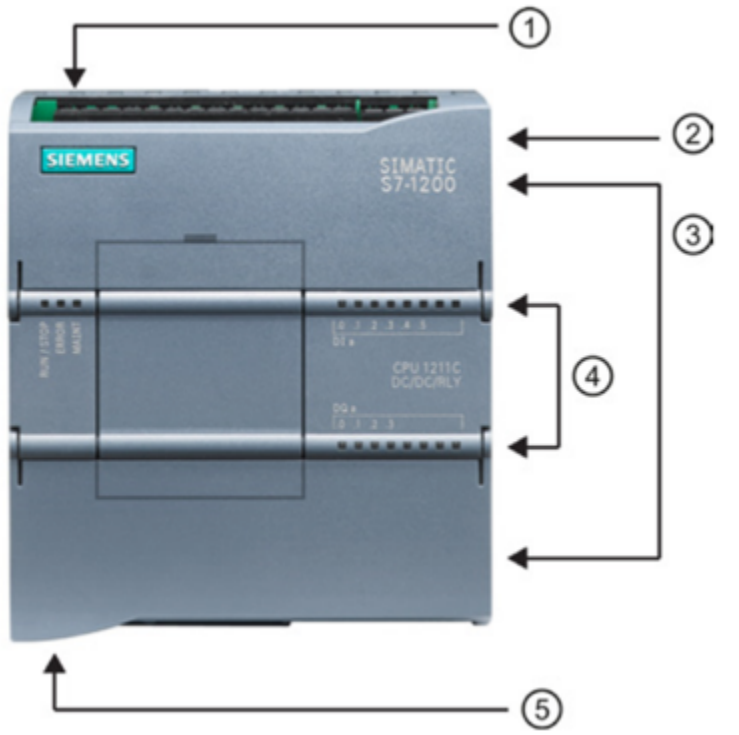
La CPU que incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una. Hay disponibles módulos adicionales para redes PROFIBUS, GPRS, RS485 o RS323 [14].

A continuación, se describe las características más importantes del PLC y la HMI que se usó.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



1. Conector de corriente.
2. Ranura para Memory Card.
3. Conectores extraíbles para el cableado de usuario.
4. LEDs de estado para las E/S integradas.
5. Conectores PROFINET.

Figura 33: Partes de un PLC Siemens

Fuente: S7 1200 systems manual Siemens. 2010

FUNCIÓN	CPU 1212C
Dimensiones físicas (mm)	90 * 100 * 75
Memoria de usuario: - Trabajo - Carga - Remanente	 50KB 1MB 10kB
E/S integradas Digital Analógico	8 entradas / 6 salidas 2 entradas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tamaño de la memoria imagen de proceso Entradas (I) Salidas (Q)	1024 bytes 1024 bytes
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales.	2,3 us/instrucción
Velocidad de ejecución booleana	0.08us/instrucción.

Tabla 4: Características de la CPU 1212C

Fuente: S7 1200 systems manual Siemens. 2010

2.7.2 HMI

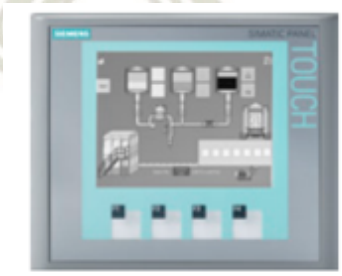


Figura 34 Pantalla HMI Siemens [14].

Fuente: S7 1200 systems manual Siemens. 2010

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Descripción: Pantalla táctil de 4 pulgadas con 4 teclas táctiles - Mono (STN, escala de grices) - 75,79 mm * 57,59 mm (3,8'') - Resolución: 320 * 240	Datos técnicos: - 250 variables - 50 sinópticos de proceso - 200 avisos - 25 curvas - 40 KB memoria de recetas - 5 recetas, 20 registros, 20 entradas

Tabla 5: Características de la HMI KTP 400

Fuente: S7 1200 systems manual Siemens. 2010

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO III

MODELAMIENTO MATEMÁTICO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1 MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA UNIDAD DE OSMOSIS INVERSA

El modelamiento de un proceso para este caso una planta será muy importante para el entendimiento de sus diferentes fenómenos físicos que genera su funcionamiento. Estas expresiones y representaciones mediante las matemáticas permiten a los ingenieros obtener y comprender el modelo ideal de su funcionamiento y poder así aplicar las diferentes técnicas de control ya conocidas.

Se han desarrollado varios modelos para describir un modelo ideal en las plantas desalinizadoras por osmosis inversa, la primera aproximación es el modelo matemático, por medio de las leyes de físicas y mediante ecuaciones de balance de masa y energía se desarrolla una función matemática que describe la planta [5].

La segunda aproximación investigada para el modelado de plantas desalinizadoras usa un método de identificación no paramétrica y paramétrica, considerándolo como una caja negra, donde se aplican diferentes métodos como los de Ziegler-Nichols, este al aplicar una señal de impulso o escalón como estradas y midiendo los cambios en la salida, desde luego mediante métodos estadísticos se obtienen modelos matemáticos que reflejan el comportamiento de la planta, estos indicaran significados físicos relevantes acerca del proceso desarrollado [5].

El proceso de tratamiento de agua por ósmosis inversa es un proceso complejo, no lineal y multivariable.

Los ingenieros Alatiqi, A. Ghabris y S. Ebrahim en 1989 modelaron un proceso de desalinización por ósmosis inversa usando datos reales de una planta en los laboratorios R y D en Kuwait. El modelo de Alitaqi es multivariable y utiliza como variables

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

manipuladas de entrada la presión del agua de alimentación y su pH, y las variables a controlar son el flujo del permeado y su conductividad [5].

El modelo de estudio de presenta en la figura 35.

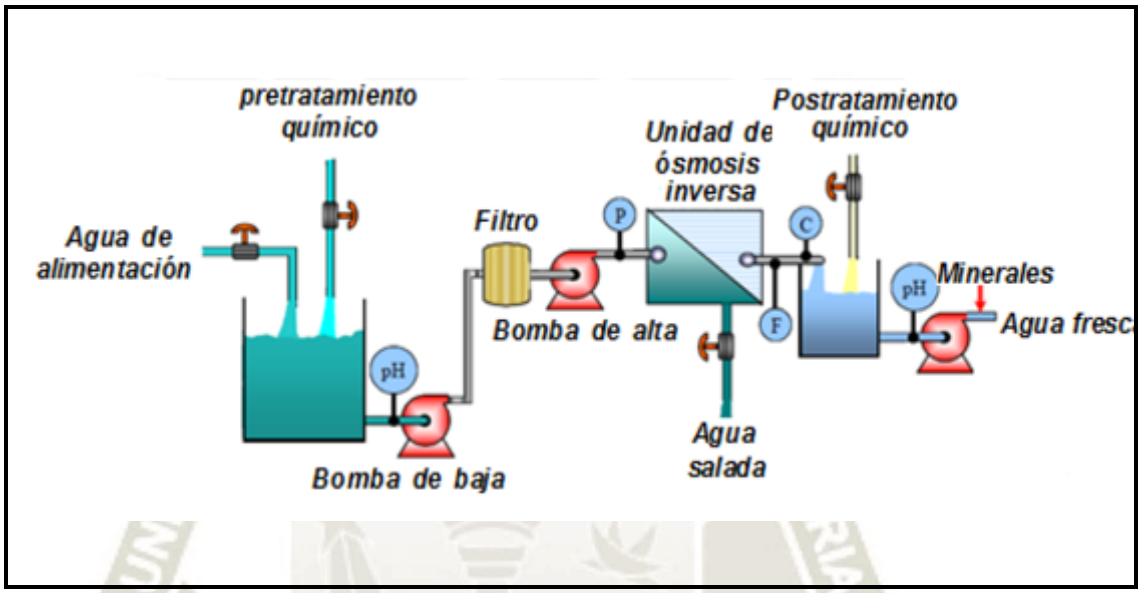


Figura 35: Modelo general de una planta.

Fuente: Dynamic Modeling of a Simple Reverse Osmosis Desalination Plant for Advanced Control Purposes. 2007

El diagrama de la figura 35 representa, una planta de desalinización de agua por osmosis inversa. Se desarrollará el modelamiento de esta representación existente entre sus entradas y salidas y cómo influyen los cambios de variables que controlan el proceso (Alitiqi 1989). Para la elaboración de este modelo matemático los autores hicieron pruebas con datos reales con experimentos llevados a cabo en una planta desalinizadora, Alitaqi utilizaron como variables alterables a la presión y el pH del agua de alimentación y como variables controladas al flujo y conductividad de salida. Todos estos datos y tablas son demostradas en el artículo publicado por ellos, anexado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El modelo es un sistema multivariable de dos entras y dos salidas como se representa en la siguiente ecuación.

$$Y = Gp(s)U \qquad (9)$$

$$\rightarrow \begin{bmatrix} F \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Gp11 & Gp12 \\ Gp21 & Gp22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P \\ pH \end{bmatrix} \quad (10)$$

El proceso final de la función de la función de transferencia en el dominio Laplace son las siguientes:

$$\frac{F}{P} = Gp11 = \frac{0.002(0.056s + 1)}{(0.003s^2 + 0.1s + 1)} \quad (11)$$

$$\frac{F}{pH} = Gp12 = 0 \quad (12)$$

$$\frac{C}{P} = Gp21 = \frac{-0.51(0.35s + 1)}{(0.213s^2 + 0.7s + 1)} \quad (13)$$

$$\frac{C}{pH} = Gp22 = \frac{-0.57(0.32s + 1)}{(0.6s^2 + 1.8s + 1)} \quad (14)$$

Donde:

F: Flujo de permeado (gpm).

P: Presión de alimentación (psi).

pH: pH de alimentación.

C: Conductividad de permeado (µS/cm).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Estas funciones de transferencia indican información importante acerca del comportamiento del sistema. Las ganancias indican la dirección y magnitud de cambio de las variables de salida F y C.

El modelamiento matemático de la planta descrita en la función de transferencia (10), es representado mediante un diagrama de bloques, el cual se muestra en la figura 36. Este sistema es de tipo MIMO (Múltiples Entradas – Múltiples Salidas), los bloques funcionales G11, G21 y G22 son de segundo orden con un cero en el numerador y el bloque G12 es cero. En el diagrama de bloques del sistema se muestra que existe relación sobre la variable de salida de conductividad de permeado con las salidas de presión y pH del agua de alimentación mediante funciones de transferencia de los bloques G21 y G22, y la variable de salida de flujo de permeado solo tiene relación con la variable de entrada de presión mediante la función de transferencia G11, debido a que el elemento G12 es nulo. La función de transferencia G12 tiene un valor nulo para valores de pH cercanos a 6, esto debido a las pruebas experimentales realizadas por el autor [5].

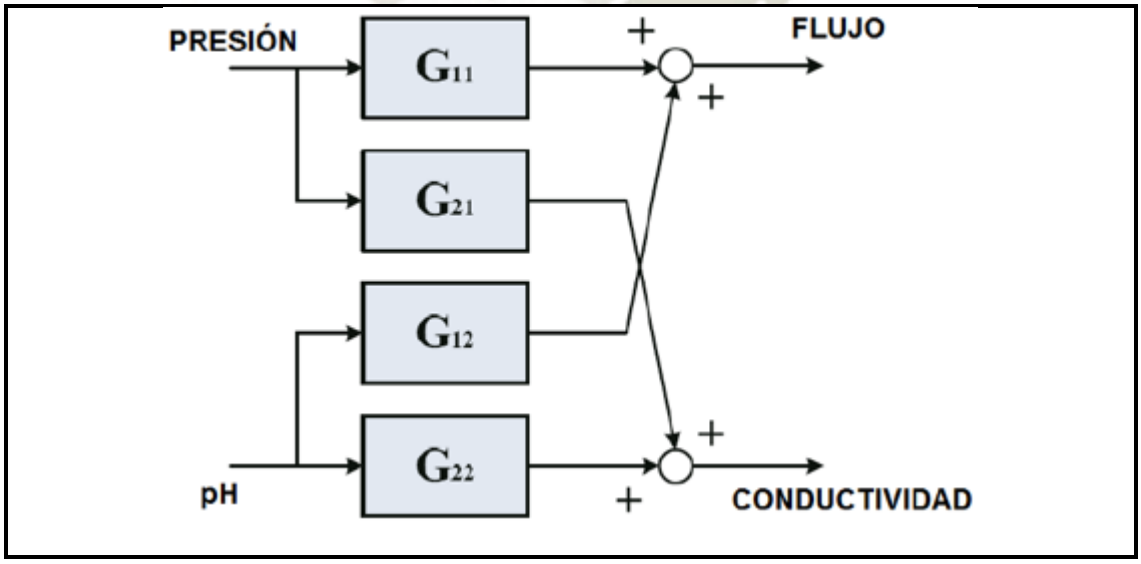


Figura 36: Diagrama de bloques del sistema

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Fuente: Diseño y construcción de un controlador difuso sintonizado con computación evolutiva para una planta de desalinización de agua de mar por osmosis inversa" Eder Alonso Ampuero 2019

Los investigadores Alitaqi et al. Validaron el desempeño del modelo matemático simulándolo y comparando los resultados con datos experimentales, las pruebas consistían en realizar cambios en la estrada escalón de la presión y el pH. En las figuras 37, 38 y 39 se observan los resultados con valores normalizados de las pruebas realizadas [5].

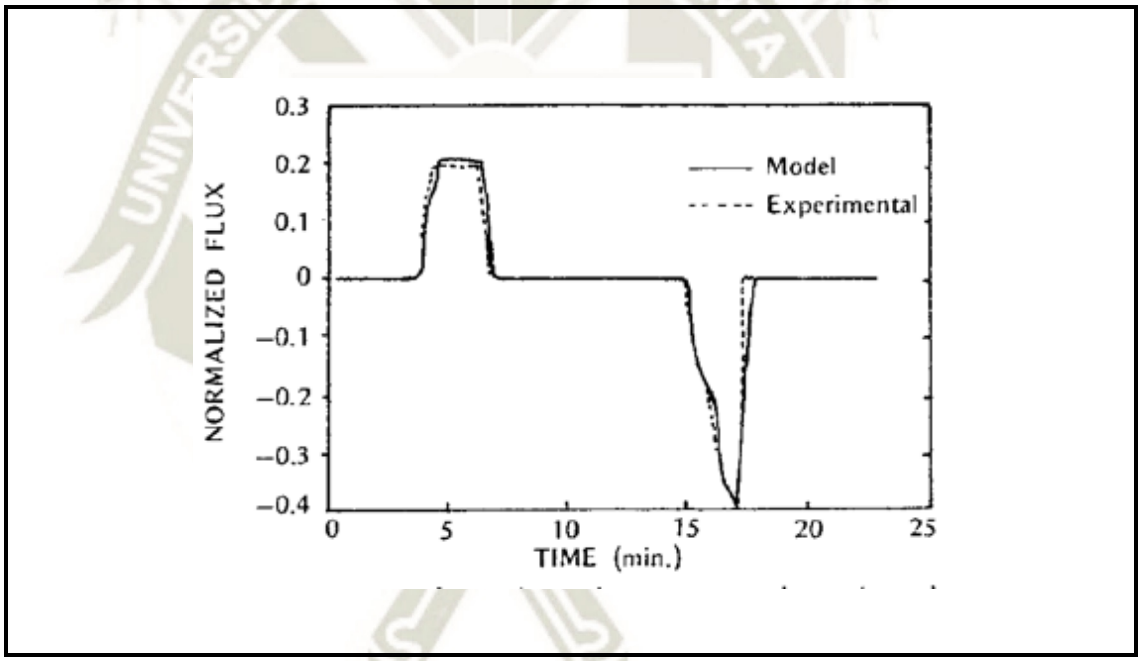


Figura 37: Comparación entre la respuesta experimental y la respuesta del modelo matemático del flujo debido a cambios de escalón en la presión de alimentación.

Fuente: System Identification and Control of Reverse Osmosis desalination" I. Alatiqi, A. H. 1989

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

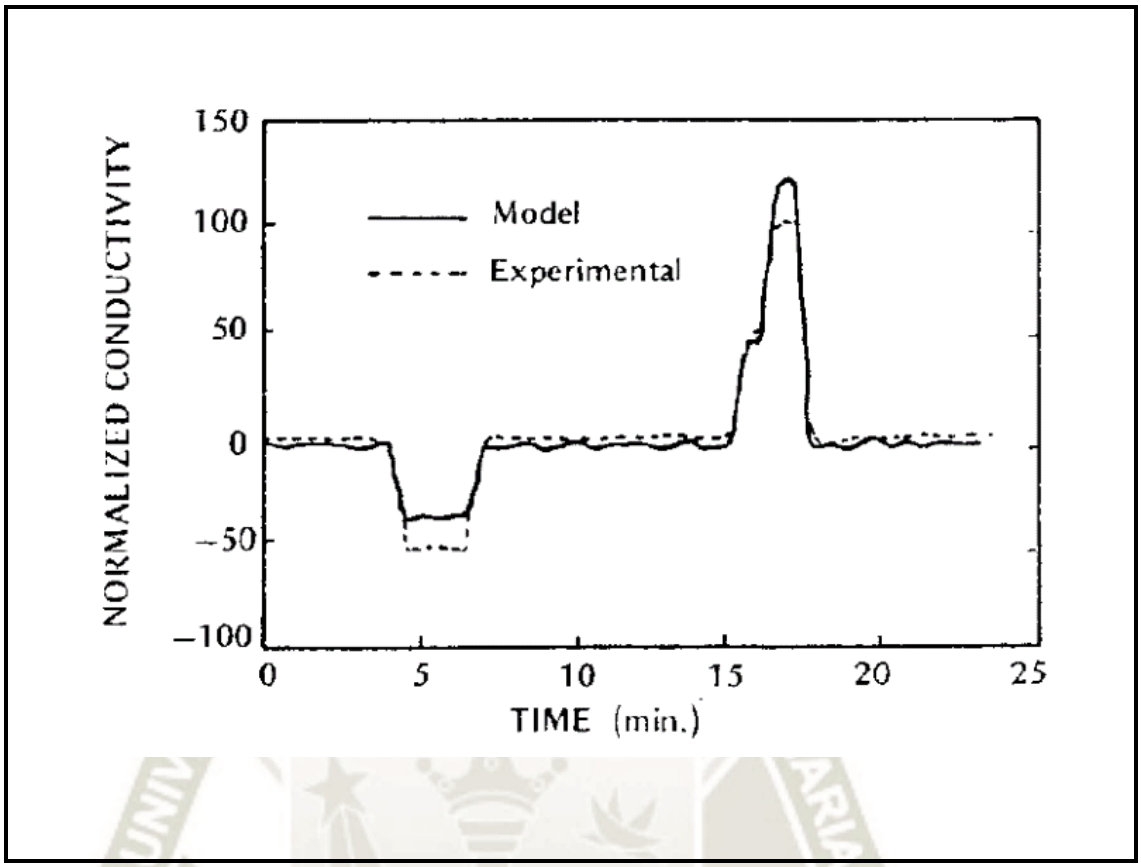


Figura 38: Comparación entre la respuesta experimental y la respuesta del modelo matemático de la conductividad debido a cambios de escalón en la presión de la alimentación

Fuente: System Identification and Control of Reverse Osmosis desalination" I. Alatiqi, A. H. 1989

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

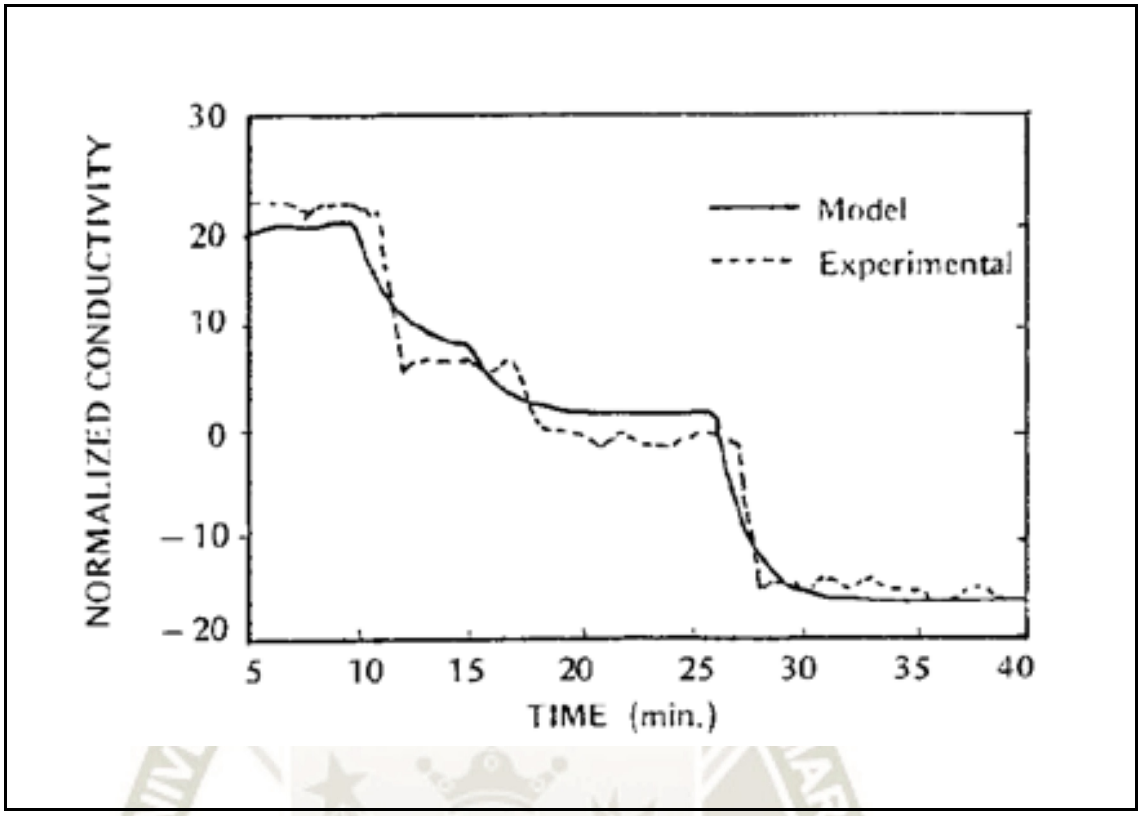


Figura 39: Comparación entre la respuesta experimental y la respuesta del modelo matemático de la conductividad debido a cambios de escalón en el pH de la alimentación

Fuente: System Identification and Control of Reverse Osmosis desalination" I. Alatiqi, A. H. 1989

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En base a estos modelos simularemos las funciones de transferencia en MATLAB Y SIMULINK.

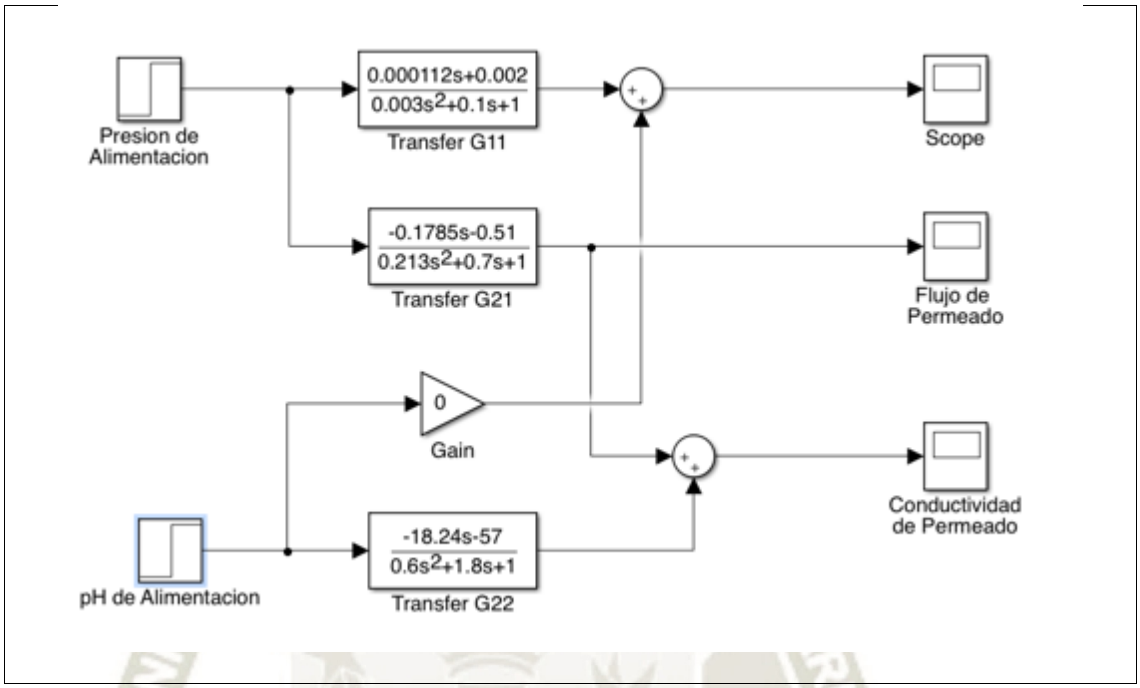


Figura 40: Diagrama de bloques del sistema de osmosis inversa en SIMULINK

En la simulación se usó entrada de tipo escalón, la primera prueba se realizó colocando la variable de entrada de la presión de alimentación a 1 psi en el minuto 1 y colocando el valor de la entrada de pH en cero. Como se puede apreciar en la figura 41, el flujo de permeado varia su valor de 0.002 gpm cuando ocurre el escalón de 1 psi y se estabiliza en aproximadamente en 0.17 minutos [5].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

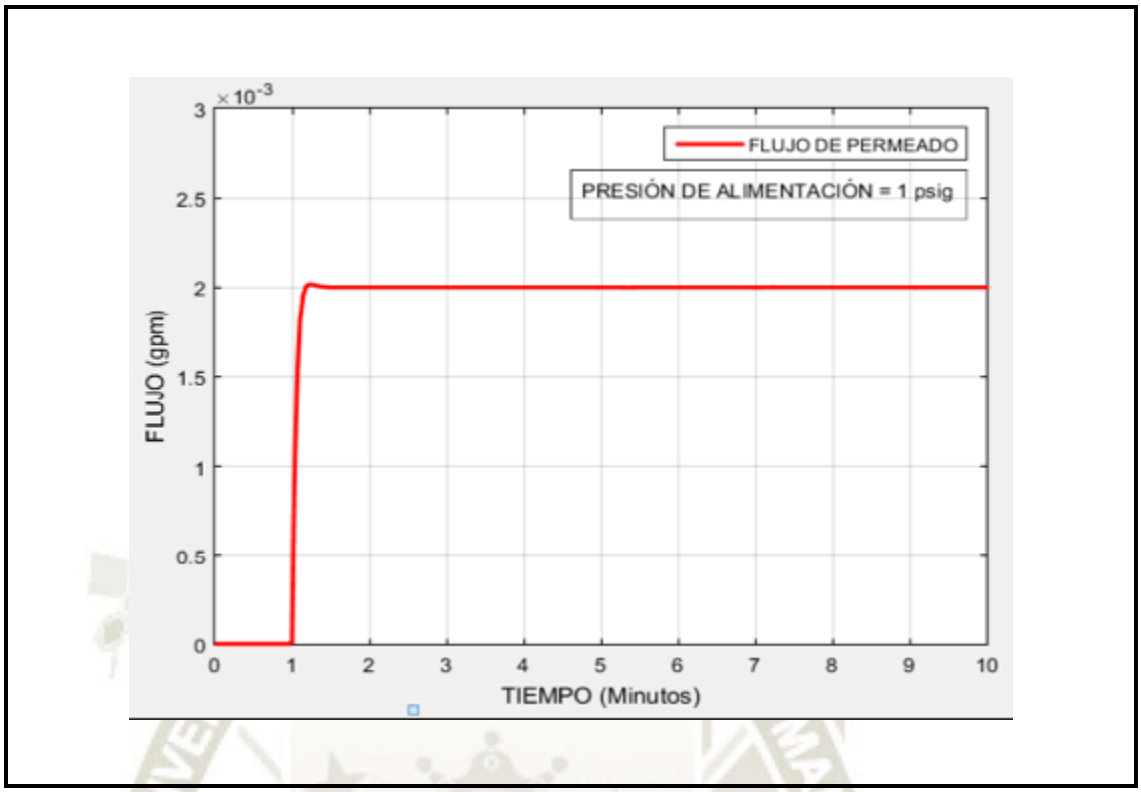


Figura 41: Respuesta del flujo de permeado a la presión de alimentación del agua de. 1 psi

Fuente: Diseño y construcción de un controlador difuso sintonizado con computación evolutiva para una planta de desalinización de agua de mar por osmosis inversa" Eder Alonso Ampuero. 2019

Al variar la alimentación de entrada de presión del agua en 1 psi y mantener la entrada de pH en cero, se puede observar que el valor de la conductividad del permeado se reduce hasta estabilizarse a -0.51 µS/cm en 2.2 minutos aproximadamente. La respuesta del lazo de conductividad, a una entrada de presión de 1 psi y entrada de pH de cero, se muestra en la figura 42 [5].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

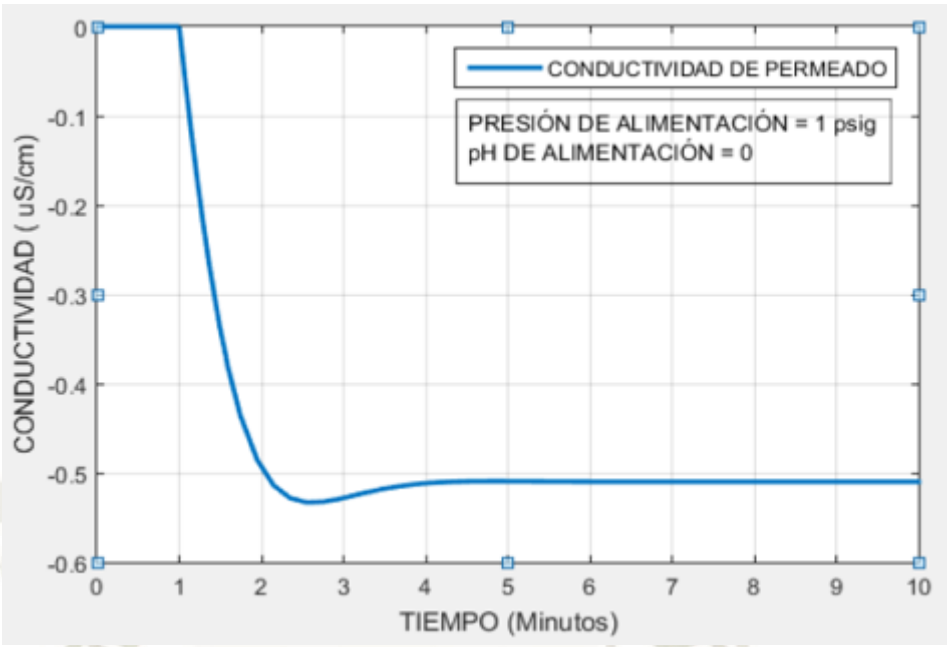


Figura 42: Respuesta de la conductividad del permeado a la presión del agua de alimentación de 1 psi y un valor de pH de cero.

Fuente: Diseño y construcción de un controlador difuso sintonizado con computación evolutiva para una planta de desalinización de agua de mar por osmosis inversa" Eder Alonso Ampuero. 2019

La segunda prueba se realizó modificando la alimentación de la entrada de pH de en 1 y el valor de la presión de alimentación en 1 psi, ambas variaciones realizadas en el primer minuto.

La respuesta del lazo de flujo tuvo la misma respuesta que la mostrada en la figura 43, ya que la entrada de pH de alimentación no tiene influencia con el flujo de permeado, no

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

obstante, la variable de la salida de la conductividad tuvo una variación negativa, estabilizándose en -57.5 uS/cm en 5.7 minutos aproximadamente [5].

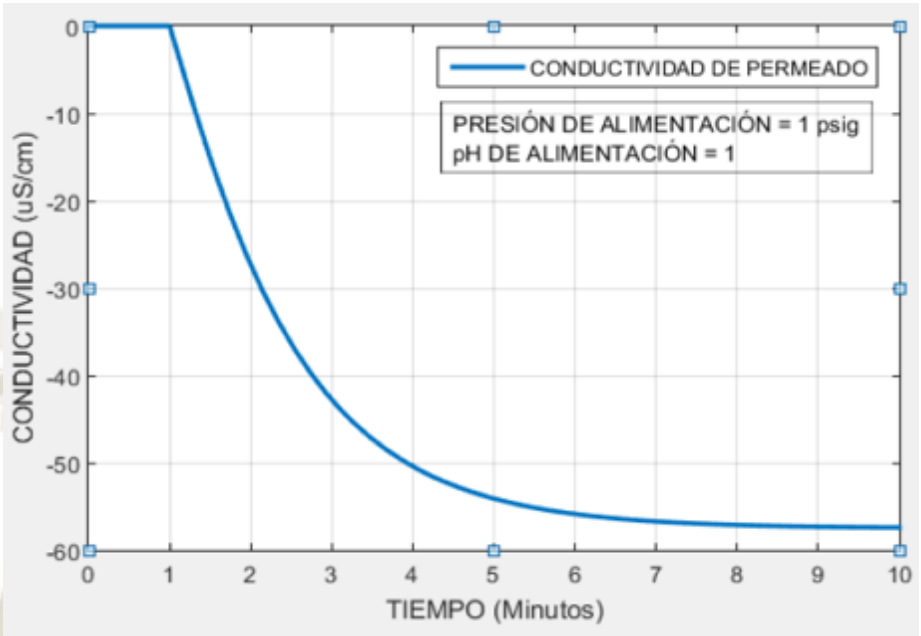


Figura 43: Respuesta de la conductividad del permeado a la presión del agua de alimentación de 1 psi y un valor de pH de 1

Fuente: Diseño y construcción de un controlador difuso sintonizado con computación evolutiva para una planta de desalinización de agua de mar por osmosis inversa" Eder Alonso Ampuero. 2019

Las pruebas realizadas nos ayudan a tener un panorama más amplio del comportamiento del sistema y nos brinda la información indispensable para el diseño de algún controlador en el caso se usará. Para esta tesis tener en cuenta que esta planta de hemodiálisis particularmente el agua de permeado que fueron almacenados va por las tuberías de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

recirculación hacia las máquinas y retornan nuevamente a estos tanques, en un sistema cerrado. Debido a esto no podemos aplicar un control directo al sistema, pero se considera estos modelamientos ya que en un futuro se tendrá que eliminar los tanques de almacenamiento* y el agua permeada retornará nuevamente al sistema de ósmosis inversa; y así poder controlar la presión de ingreso o alimentación y (pH).

*Esto por recomendación del Manual de procedimientos técnicos de mantenimiento preventivo de plantas de tratamiento pos osmosis inversa para hemodiálisis [2].

3.2 CÁLCULOS DE RECHAZO Y RECUPERACIÓN DE SALES EN LA MEMBRANA

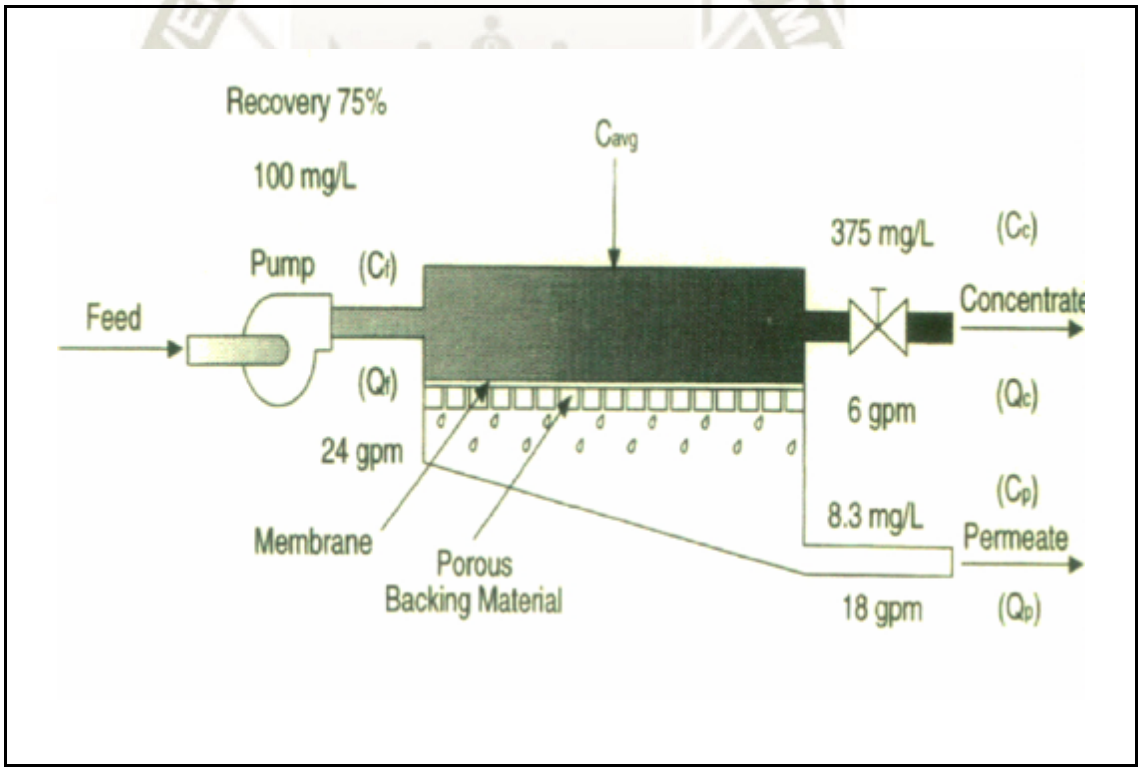


Figura 44: Recuperación y rechazo en un sistema de osmosis inversa

Fuente: Manual de procedimientos técnicos de mantenimiento preventivo de plantas de tratamiento por osmosis inversa para hemodiálisis. 2014

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

TASA DE PERMEADO [TASA DE AGUA PRODUCTO(Qp)]

La tasa de permeado es la tasa de flujo de agua purificada que ha pasado a través de la membrana y fuera del elemento de membrana; expresado en gal/min (gpm) o gal/hr (gph) [en metros, litros/min (Lpm) o metros cúbicos/horas (m^3/h)]. Las tasas de permeado son especificadas normalmente a 77ºF (25ºC)

TASA DE CONCENTRADO [TASA DE AGUAS RESIDUALES(Qc)]

El índice de concentración es el índice de flujo de agua que contiene solidos rechazados para drenar en gpm o gph (Lpm o m^3/h)

FLUJO DE ALIMENTACIÓN (Qr)

El flujo de alimentación es la velocidad de flujo de agua entrante en gpm o gph (Lpm o m^3/h). La tasa de agua de alimentación es igual a la tasa de permeado más la tasa de concentrado.

RECUPERACIÓN

La recuperación es el porcentaje (%) de agua de alimentación convertida a permeado. Por ejemplo, el 75% de recuperación significa que, de una determinada tasa de alimentación, el 75% se produce como agua pura (75%).

CONCENTRACIÓN

La concentración es igual al total de solidos disueltos (TDS) de cualquier corriente (agua de alimentación, concentrado o permeado) de una solución expresado en miligramos por litro (mg/L) o conductividad (microSiemens/cm)

Cf = concentración de alimentación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cp = concentración de permeado

Cc = concentración de concentrado

Cavg = concentración promedio de la maquina

RECHAZO DE SAL (IÓNICO)

El rechazo de sal (iónico) es el porcentaje de sal disuelta rechazada por la membrana, calculada a partir de una concentración promedio sobre la membrana.

PASO DE SAL (IÓNICO)

El paso de sal (iónico) es el porcentaje de sales disueltas que pasa a través de la membrana.

PRESIÓN PRIMARIA (Pp)

La presión primaria (Pp) es la presión entre la descarga de la bomba y el puerto de alimentación de la primera capa del elemento de la membrana.

PRESIÓN FINAL (Pf)

La presión final (Pf) es la presión entre la salida del concentrado de la última capa de la membrana y la válvula de concentrado.

PRESIÓN DE PREFILTROS (Ppre)

La presión de prefiltros (Ppre) es la presión del agua que ingresa al prefiltros de la osmosis.

PRESIÓN POSFILTRO (Ppost)

La presión posfiltro (Ppost) es la presión del agua que sale del prefiltros de la osmosis.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Desarrollo:

Considerando que el proceso de sanitización tiene como unos objetivos mejorar la calidad de agua, por consiguiente, este líquido tendrá que retornar a su procesamiento por el sistema de osmosis, es importante calcular los rechazos de sales y recuperación como en TDS o conductividad y presiones.

Los siguientes cálculos corresponden a todo el juego de membranas que puede contener un sistema de osmosis inversa, en este caso el sistema de osmosis de la planta de agua de esta tesis cuenta con 8 membranas. Las fórmulas corresponden a (Osmosis: Operation and Maintenance Manual – OSMO 23G Series RO Machines – 2001.) Ejemplo real

- Concentración de permeado (Cavg):

$$Cavg = \frac{(Cf) + (Cc)}{2} = \frac{100 + 400}{2} = \quad 250 mg/l\ TDS \qquad (15)$$

- Rechazo de sales:

$$rechazo\ de\ sales = \frac{(Cavg) - (Cp)}{(Cavg)} * 100 = \frac{250 - 6.2}{250} * 100 = 97.5\% \quad (16)$$

- Paso de sales:

$$paso\ de\ sales = \frac{(Cp)}{(Cavg)} * 100 = \frac{6.2}{250} * 100 = \ 2.5\% \qquad (17)$$

- Recuperación:

$$recuperación = \frac{Qp}{Qf} = \frac{6\ gpm}{8\ gpm} * 100 = \ 75\% \qquad (18)$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO PREVIO A LA AUTOMATIZACIÓN

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

4.1 DISEÑO DEL PLANO Y UBICACIÓN GENERAL

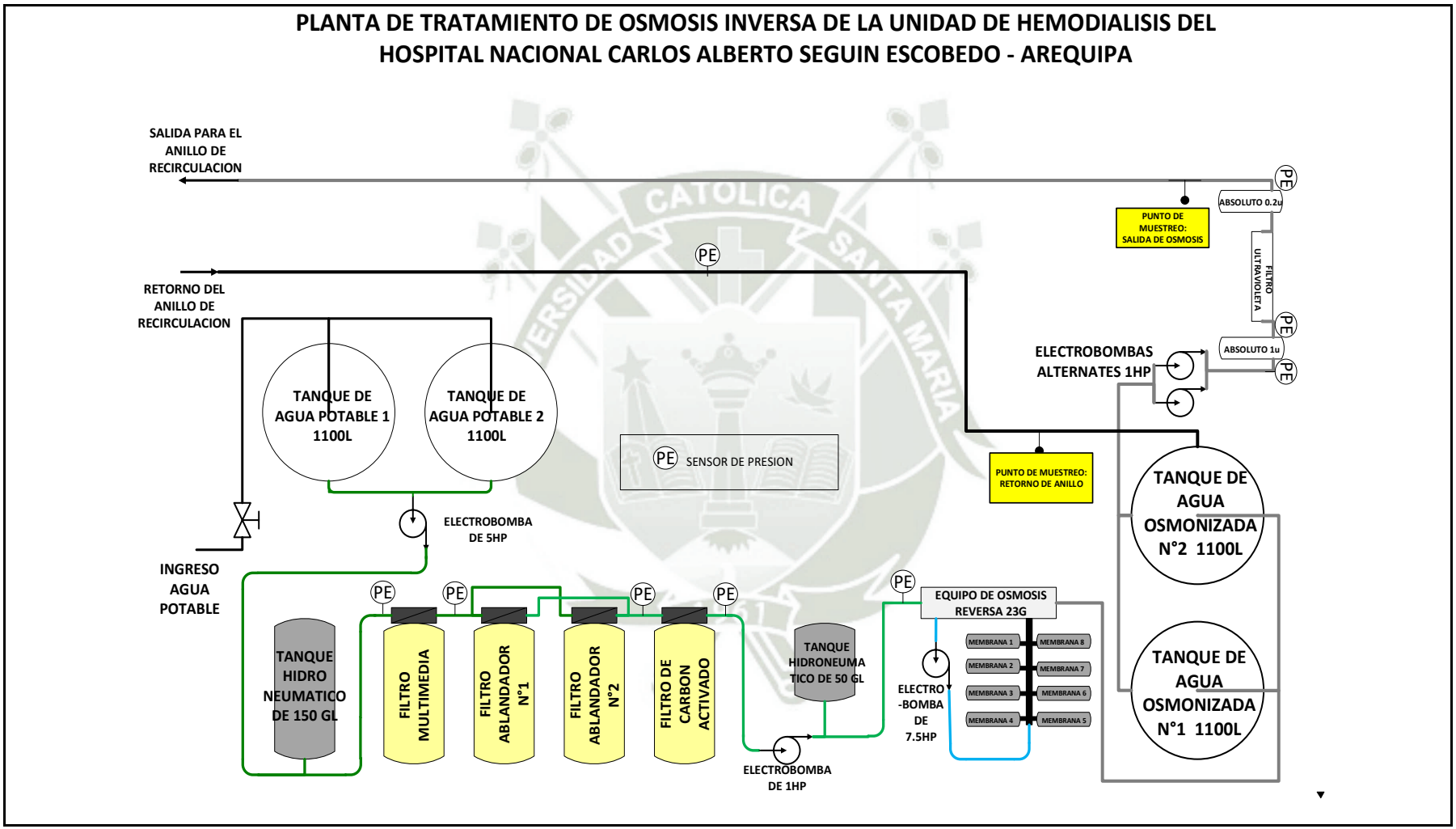


Figura 45: Plano general de la planta de agua. Fuente: Elaboración propia.

4.2 DISEÑO DE AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS

4.2.1 Circuito eléctrico general

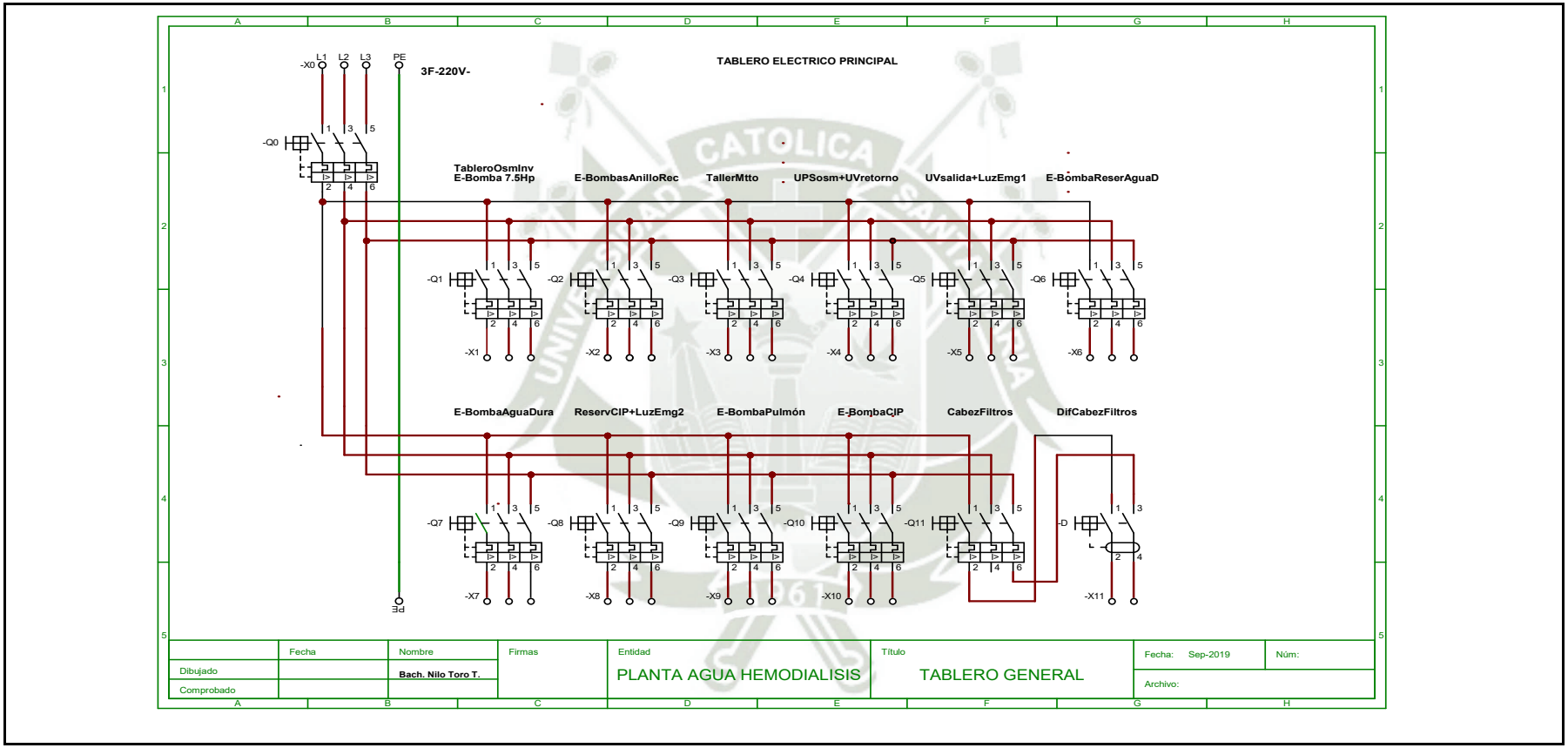


Figura 46: Diagrama eléctrico general de la planta de agua

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Circuito eléctrico de electrobomba de agua dura (reserva)

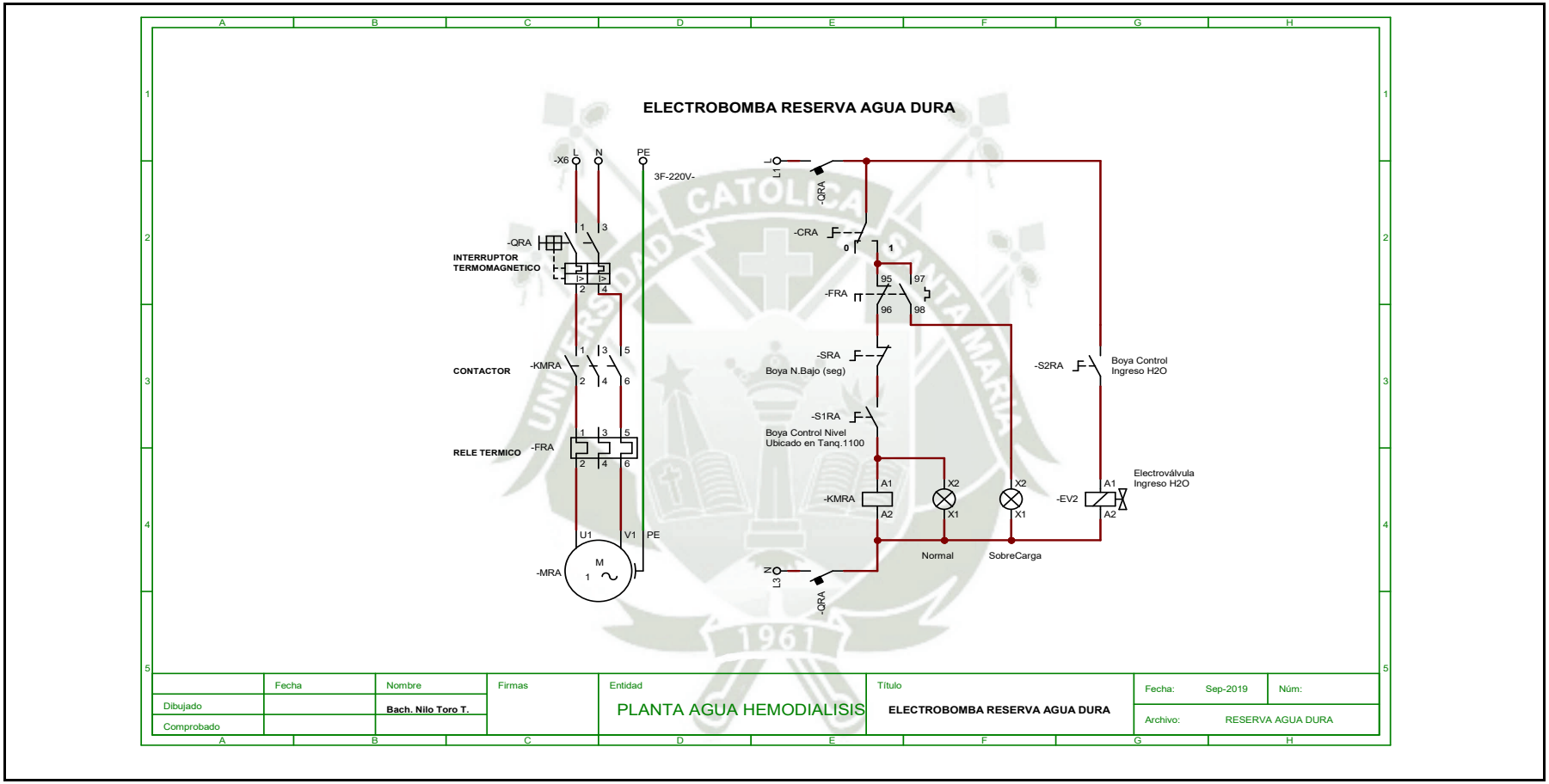


Figura 47: Diagrama eléctrico de control de reserva de agua dura de la planta de agua.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Circuito eléctrico de electrobomba de agua dura

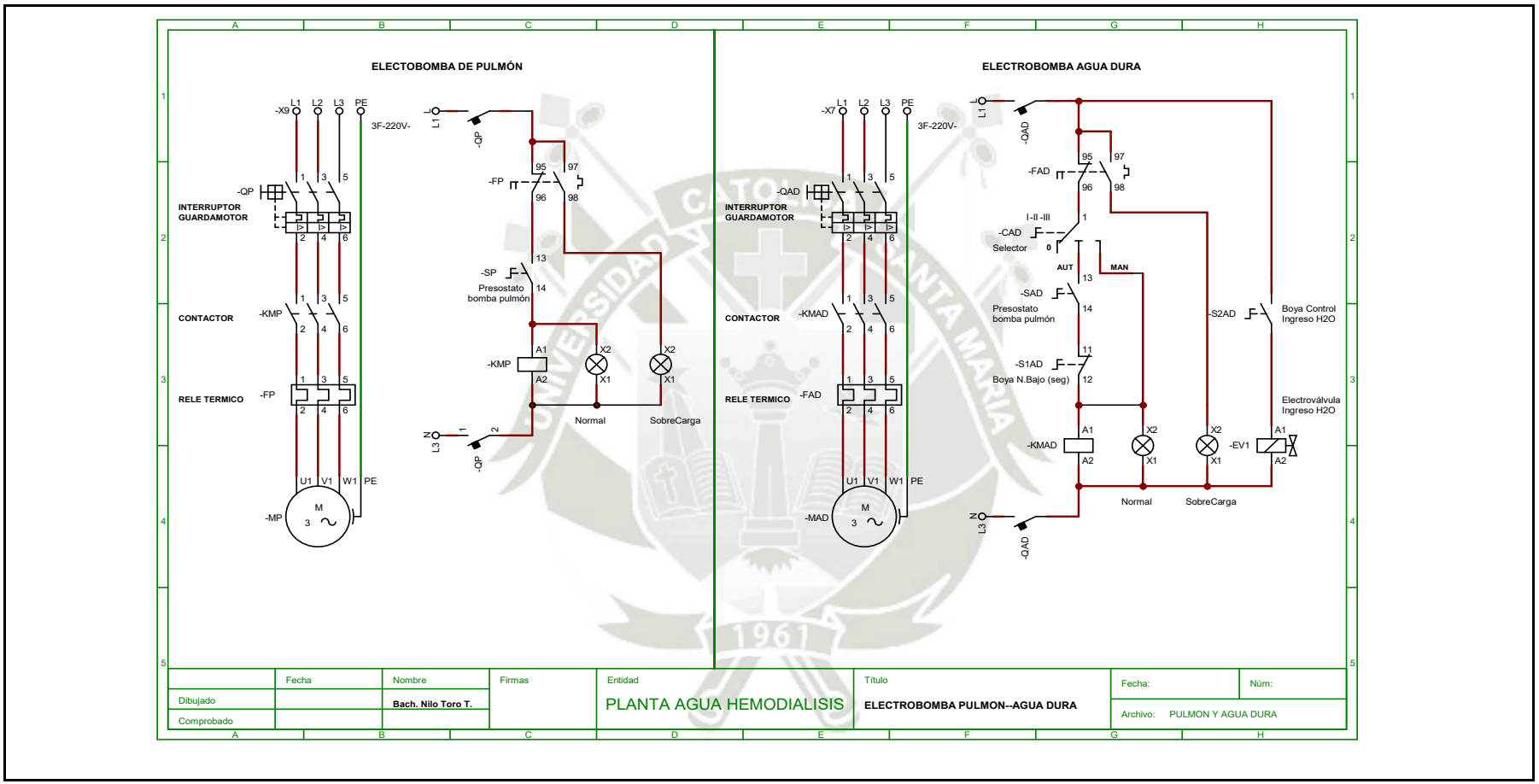


Figura 48: Diagrama eléctrico de control de agua dura de la planta de agua.

Fuente: Elaboración propia.

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2.4 Circuito eléctrico de electrobombas alternantes

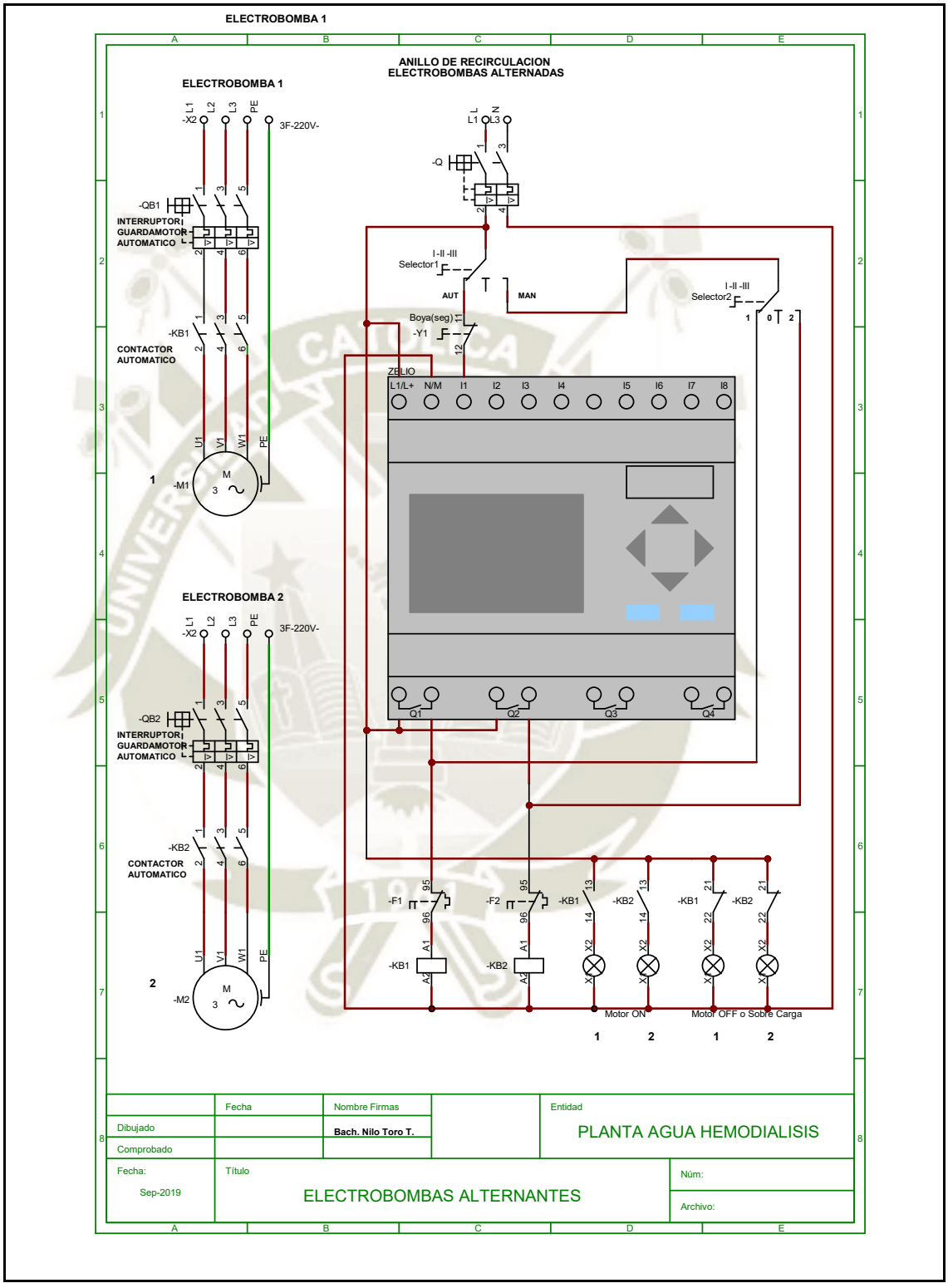


Figura 49: Diagrama eléctrico de control de distribución de agua.

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3 PROCEDIMIENTO MANUAL DE SANITIZACIÓN

A continuación, se describe el protocolo de desinfección del anillo de recirculación de la planta de agua con puristeril. El documento que se adjunta en el ANEXO 1 muestra el protocolo completo desarrollado por la empresa TECHMED SAC el mismo que da los servicios de manteniendo y reparación de equipos médicos de hemodiálisis y planta de agua en el hospital de Essalud HNCASE.

A. REQUISITO PREVIO: Antes de realizar una desinfección del sistema de distribución de agua tratada, debe verificarse que nadie este utilizando agua tratada (tomas auxiliares, pacientes en diálisis, etc.) y asegurarse que nadie usará agua del sistema hasta que este adecuadamente enjuagado.

Antes de realizar una desinfección del sistema de distribución de agua tratada, debe asegurarse de contar con la cantidad de agua necesaria en las cisternas para realizar todo el proceso, incluido los enjuagues, hasta verificar ausencia de desinfectantes.

B. ELEMENTOS NECESARIOS

Puristeril:	Mínimo 7.0 litros en holdings con lavadores Mínimo 16.0 litros en holdings 700 litros Mínimo 22.0 litros en holdings 1000 litros
Probeta graduada:	Para la medición de volumen (litros de puristeril)
Medición de Puristeril residual:	Equipo medidor de pH+ (pHmetro)
Elementos de protección:	Guantes, protectores faciales, delantales descartables.

Tabla 6: Elementos necesarios para el procedimiento de sanitización

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

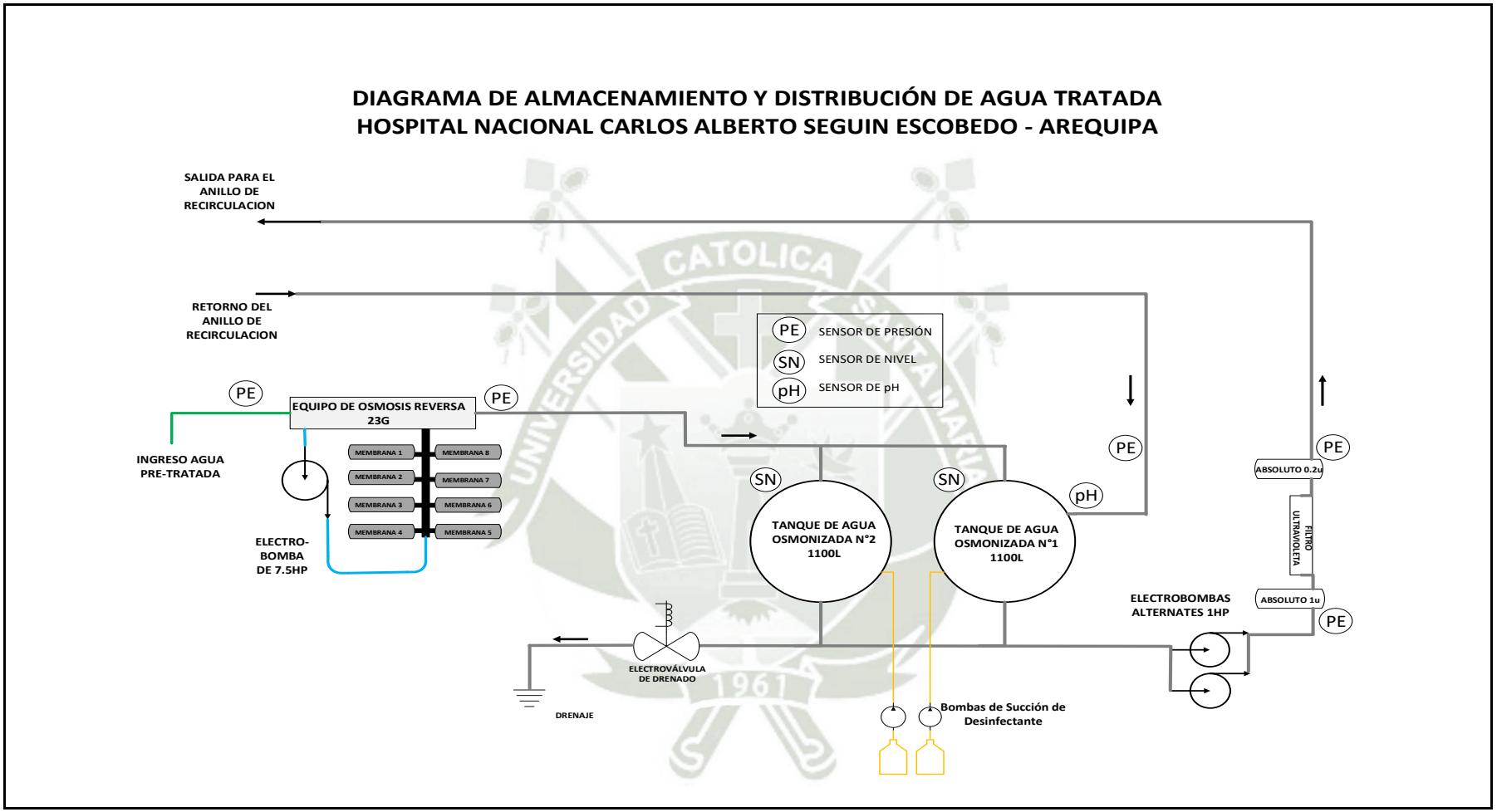


Figura 50: Sistema de almacenamiento, distribución de agua tratada y succión de desinfectante.

Fuente: Elaboración propia.

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

C. DESINFECCIÓN

En tanques de almacenamiento con lavadores, llevar el nivel de agua tratada hasta 250 litros como mínimo, este volumen depende de la cantidad de puestos y válvulas del anillo de recirculación. En tanques sin lavadores, llenar completamente con agua tratada.

Verter la cantidad necesaria de puristeril para llegar a una solución al 2% (ver tabla 7)

Cantidad de puestos	Volumen del tanque de almacenamiento	Volumen del anillo de recirculación	Cantidad de puristeril total en el tanque con lavadores	Cantidad de puristeril total en el tanque de 700 sin lavador	Cantidad de puristeril total en el tanque de 1000 sin lavador
20	250 litros	100 litros	7 litros	16 litros	22 litros
30	400 litros	150 litros	11 litros	17 litros	23 litros
20	600 litros	200 litros	16 litros	18 litros	24 litros

Tabla 7: Cantidades necesarias para desinfección con Puristeril.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

D. PROCEDIMIENTO MANUAL EN SECUENCIA CORRECTA DE LA SANITIZACIÓN.

1. Proceso de drenado de tanques del agua tratada
    1.1. Apagado manual de electrobomba de osmosis
    1.2. Apagado manual de electrobombas de alternantes
    1.3. Apertura manual de válvula de drenado
    1.4. Control visual de nivel inicial de tanques de agua tratada
    1.5. Cierre manual de válvula de drenado
2. Proceso de llenado de desinfectante a tanque de agua tratada
    2.1. Llenado manual de desinfectante(s) a tanques de agua tratada
    2.2. Medición manual de PH de desinfectante diluido
3. Proceso de recirculación y reposo de desinfectante diluido en anillo de recirculación
    3.1. Encendido manual de electrobombas de alternantes
    3.2. Control manual de tiempo de recirculación de desinfectante diluido
    3.3. Apagado manual de electrobombas de alternantes
    3.4. Control manual de tiempo de reposos de desinfectante diluido
4. Proceso de drenado de desinfectante diluido
    4.1. Apertura manual de válvula de drenado
    4.2. Control visual de nivel de tanques de agua tratada (drenado completo)
    4.3. Cierre manual de válvula de drenado
5. Proceso de enjuague(s) del anillo de recirculación
    5.1. Encendido manual (en automático) de electrobomba de osmosis (*)
    5.2. Encendido manual (en automático) de electrobombas de alternantes (**)
    5.3. Control visual de nivel de tanques de agua tratada (nivel máximo)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.4. Apagado manual (no automático) de electrobomba de osmosis

5.5. Apertura manual de válvula de drenado

5.6. Control visual de nivel de tanques de agua tratada (drenado completo)

5.7. Cierre manual de válvula de drenado

6. Proceso de repetición de enjuague(s) del anillo de recirculación

6.1. Se repite el proceso anterior (5), considerando medición manual de PH de desinfectante diluido después de cada enjuague manual

6.2. Al alcanzar el pH óptimo de agua para hemodiálisis se enciende la electrobomba de osmosis (*) en automático, considerar que las electrobombas alternantes quedaron en automático.

(*) Esta electrobomba se apagará automáticamente cuando lleguen a su nivel máximo y se encenderá cuando llegue a su nivel mínimo por medio del control de una boya de nivel

(**) Esta electrobomba se apagará automáticamente cuando lleguen a su nivel mínimo de lo contrario siempre se mantiene encendido (en automático) por medio del control de una boya de nivel. En el proceso (5) solo se encenderá una vez (en automático).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANÁLISIS Y DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.4 DIAGRAMA DE FLUJO Y BLOQUES DE SECUENCIA AUTOMÁTICA DE SANITACIÓN

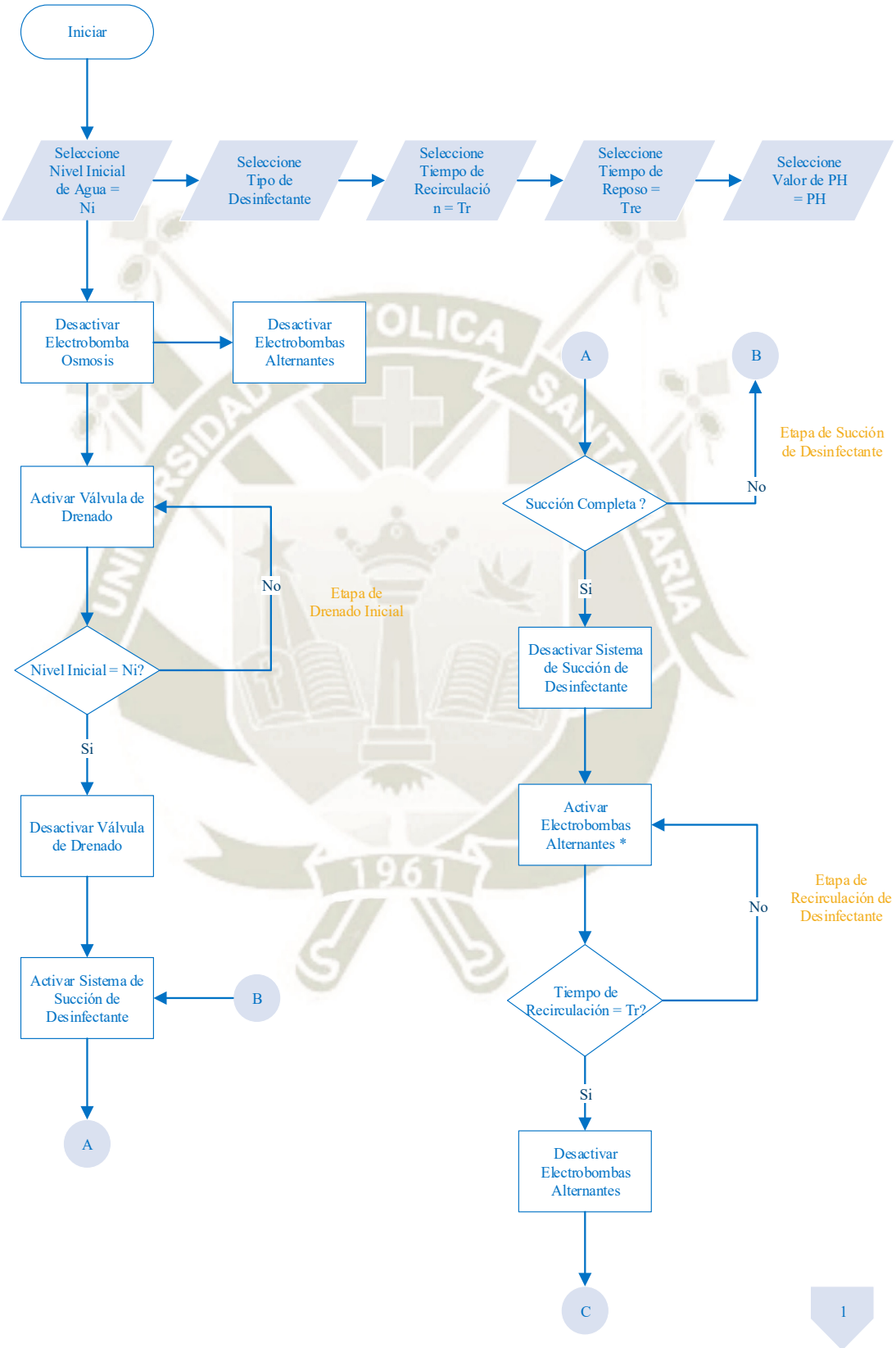
4.4.1 Diagrama de flujo del sistema de control general

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Diagrama de Flujo del Proceso de Sanitización



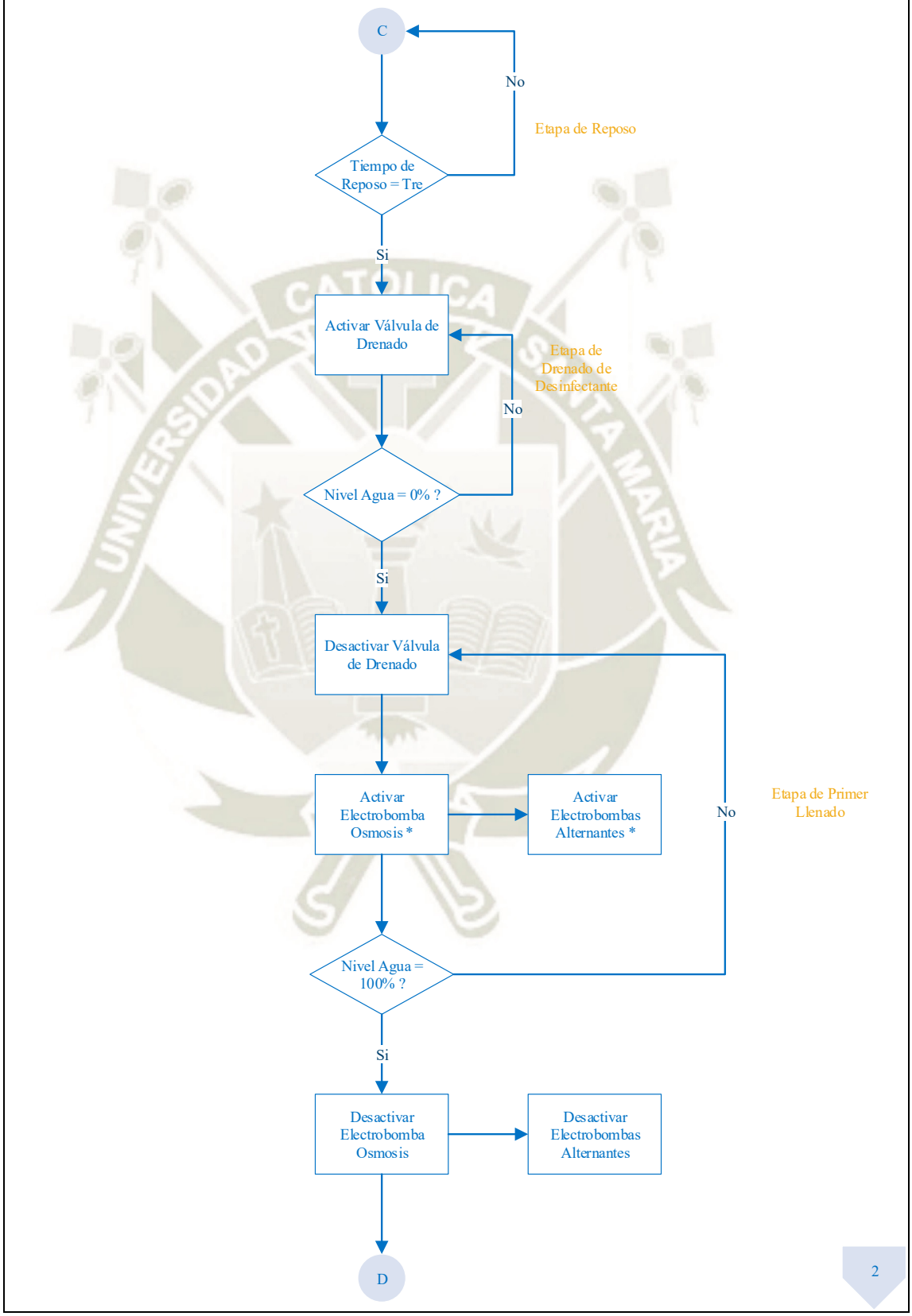
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1

Diagrama de Flujo del Proceso de Sanitización



2

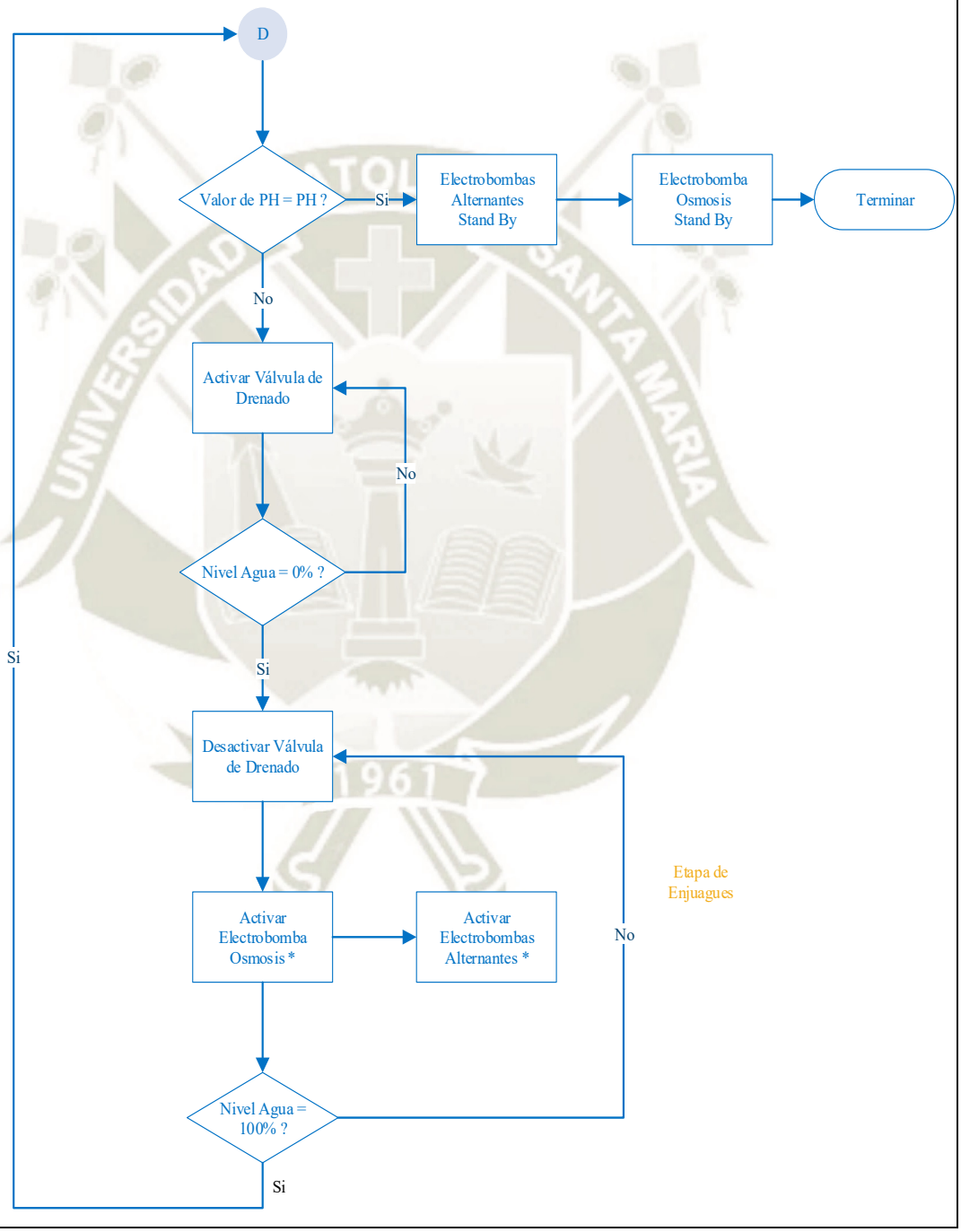
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2

Diagrama de Flujo del Proceso de Sanitización



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

4.4.2 Diagrama de bloques del sistema de control general.

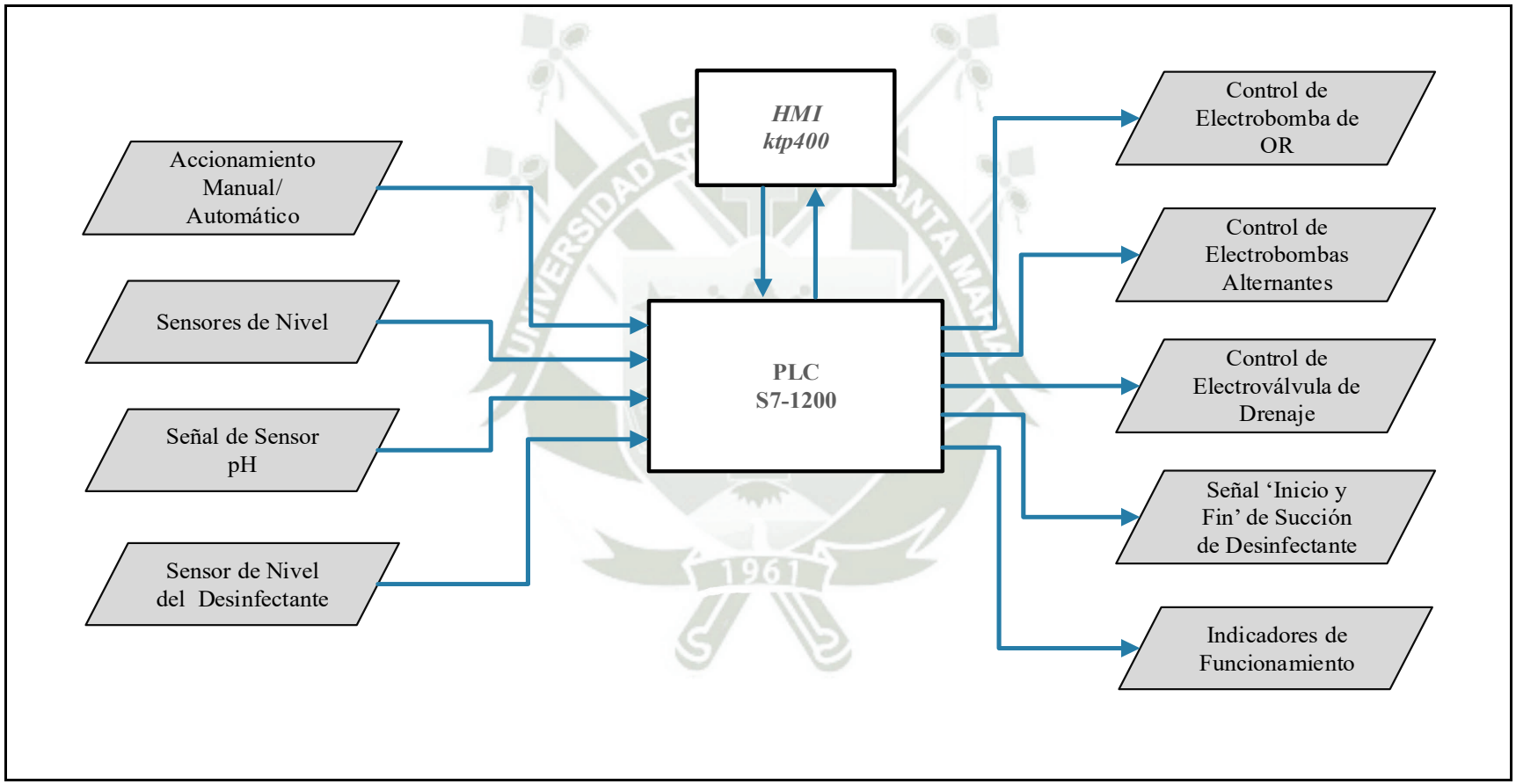


Figura 51: Diagrama del sistema de control general.

Fuente: Elaboración propia.

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.5 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE CONTROL DE SUCCIÓN DE DESINFECTANTE Y DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE pH

4.5.1 Diseño del sistema de succión de desinfectante.

4.5.1.1. Diagrama de bloques del sistema de control de succión de desinfectante.

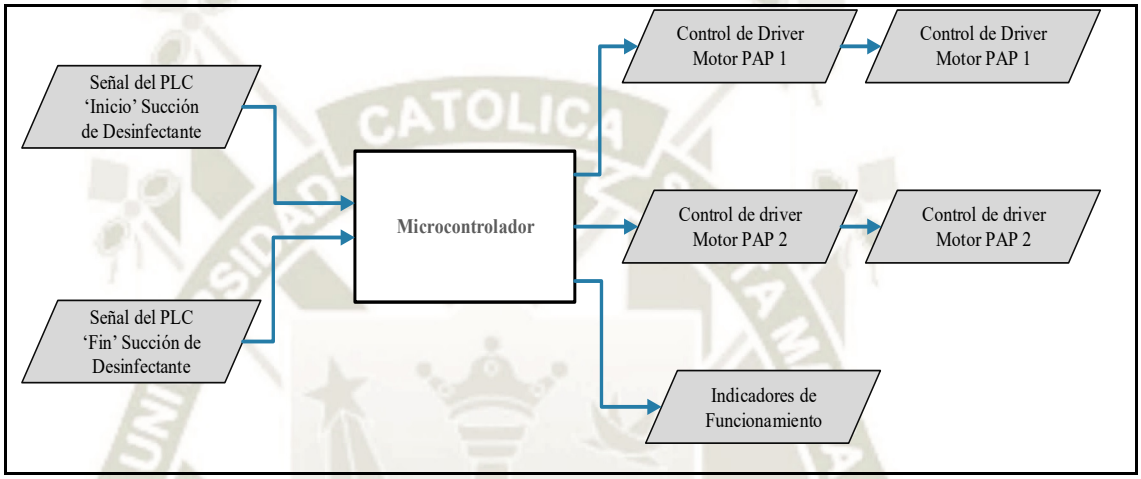


Figura 52: Diagrama del sistema de control de succión de desinfectante

Fuente: Elaboración propia.



Figura 53: Construcción física del sistema succión de desinfectante

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

4.5.1.2.Diagrama electrónico del sistema de control de motores PAP.

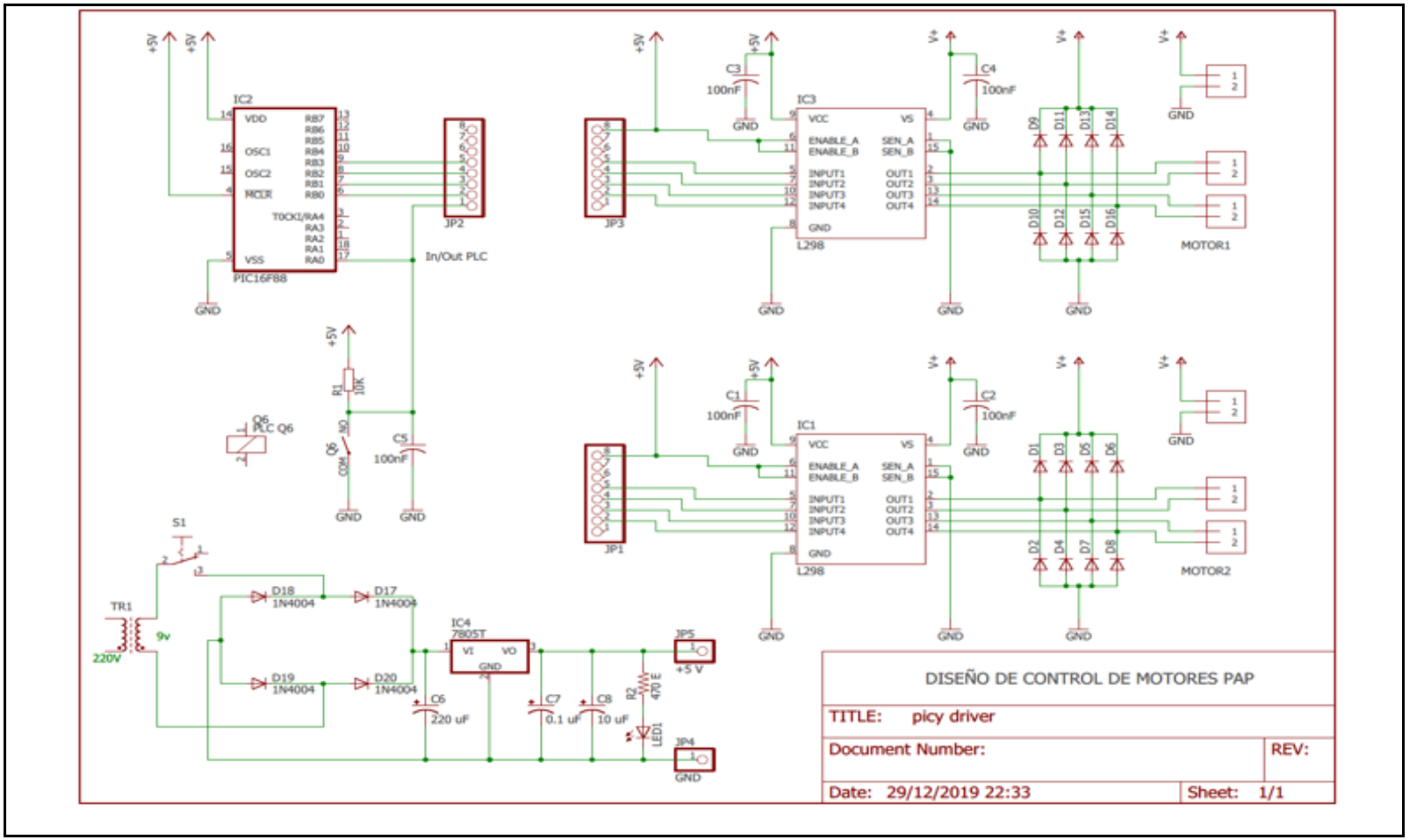


Figura 54: Diagrama electrónico para el control de motores PAP por microcontrolador Fuente: Elaboración propia.

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

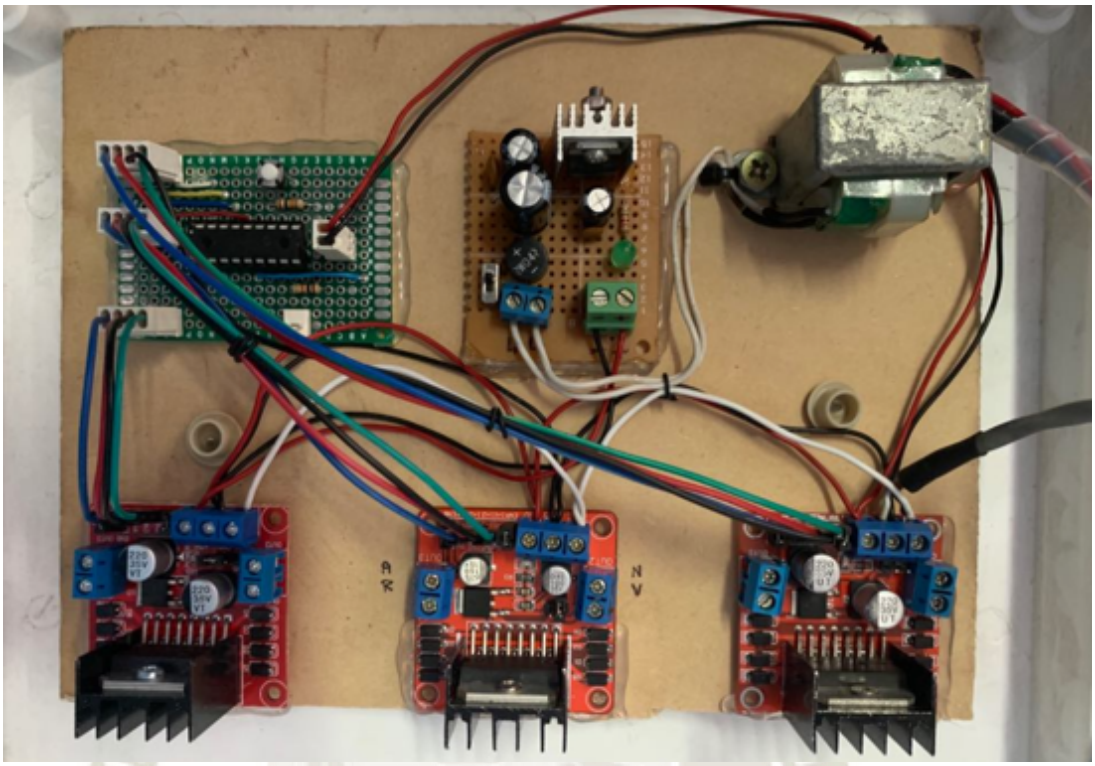


Figura 55: Construcción de sistema electrónico.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.1.3.Programación del microcontrolador del control de motores PAP

El correspondiente programa se encuentra en el ANEXO 01

Programa en C del microcontrolador PIC (Fuente: Elaboración propia "CcsCompiler")

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.5.2. Diseño del sistema de medición de pH

4.5.2.1. Diagrama de bloques del sistema de medición de pH

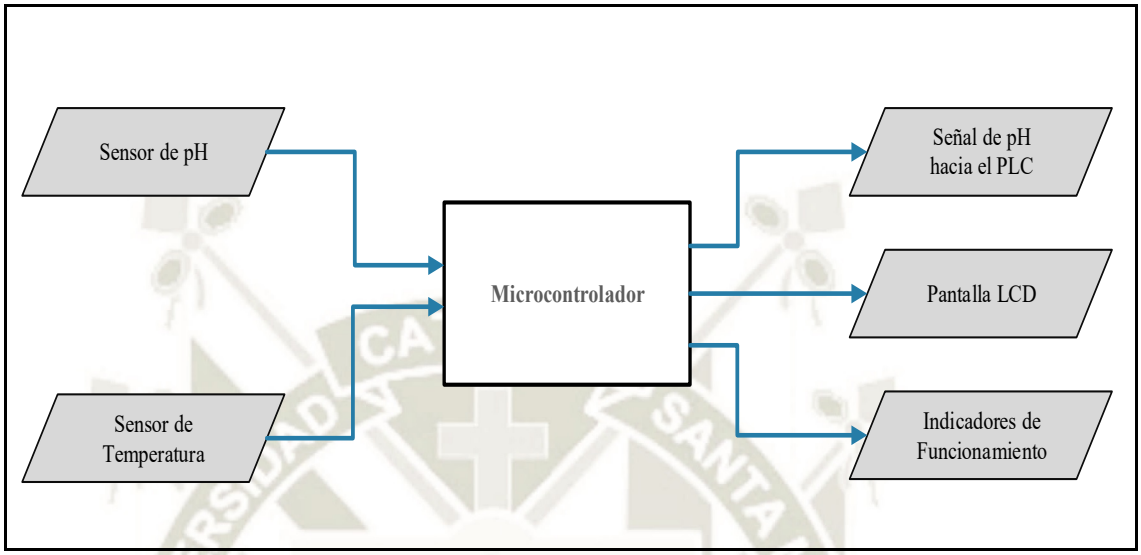


Figura 56: Diagrama del sistema de medición de pH.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.2. Calibración del electrodo de pH

Considerar lo siguiente antes de realizar la calibración:

- Offset: la medición de la sonda oscila entre valores de voltajes negativos y positivos. El 0v representa un pH de 7.0, se considera ello al momento de configurar el ADC del microcontrolador.
- Calcular la conversión de voltaje que nos entregara el sensor para diferentes valores de pH los cuales serán los puntos de referencia o de calibración; por ejemplo, para un valor de pH de 4.01 y pH 6.86 obtenemos voltajes de salida igual a 3.04 y 2.54 respectivamente. Considerar todo lo anterior con soluciones de referencia establecidas o soluciones de calibración estándar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- El sensor es lineal por lo tanto con estos puntos podemos obtener una ecuación y=mx+b, y así calcular m y b donde, x es el voltaje de salida y el pH de medición. Para este ejemplo y = -5.70x+21.34.

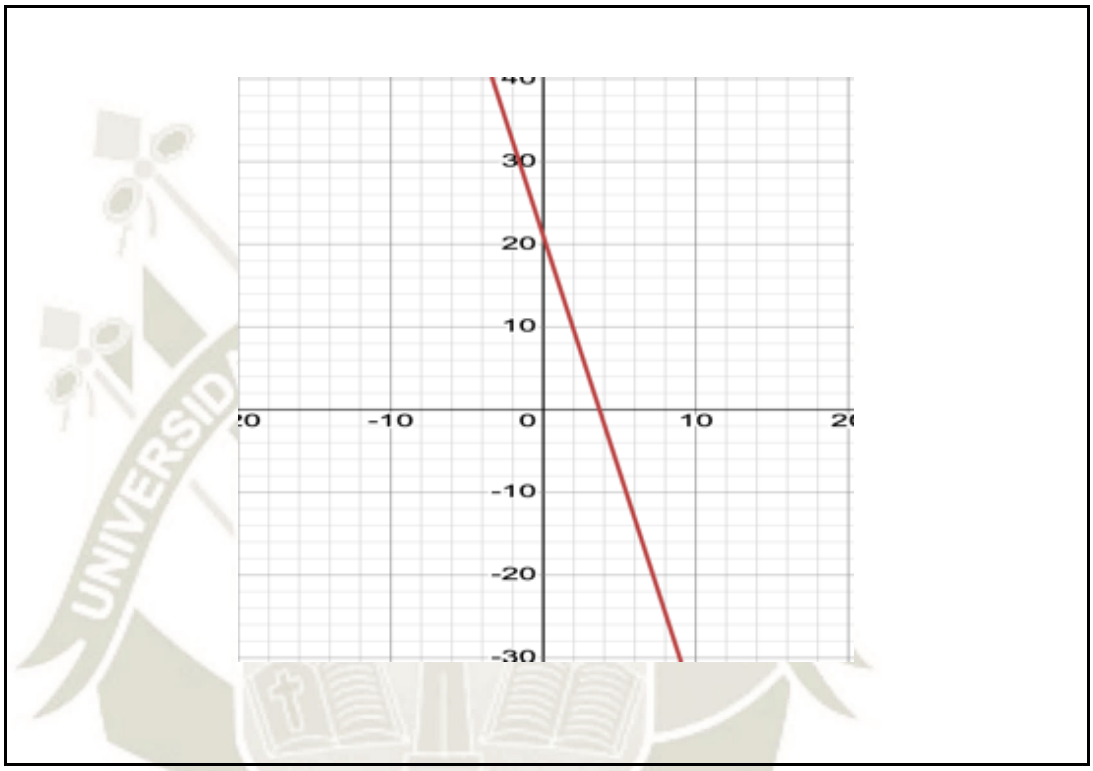


Figura 57: Curva de calibración del electrodo de pH.

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

4.5.2.3.Diagramas electrónicos del sistema de medición de pH

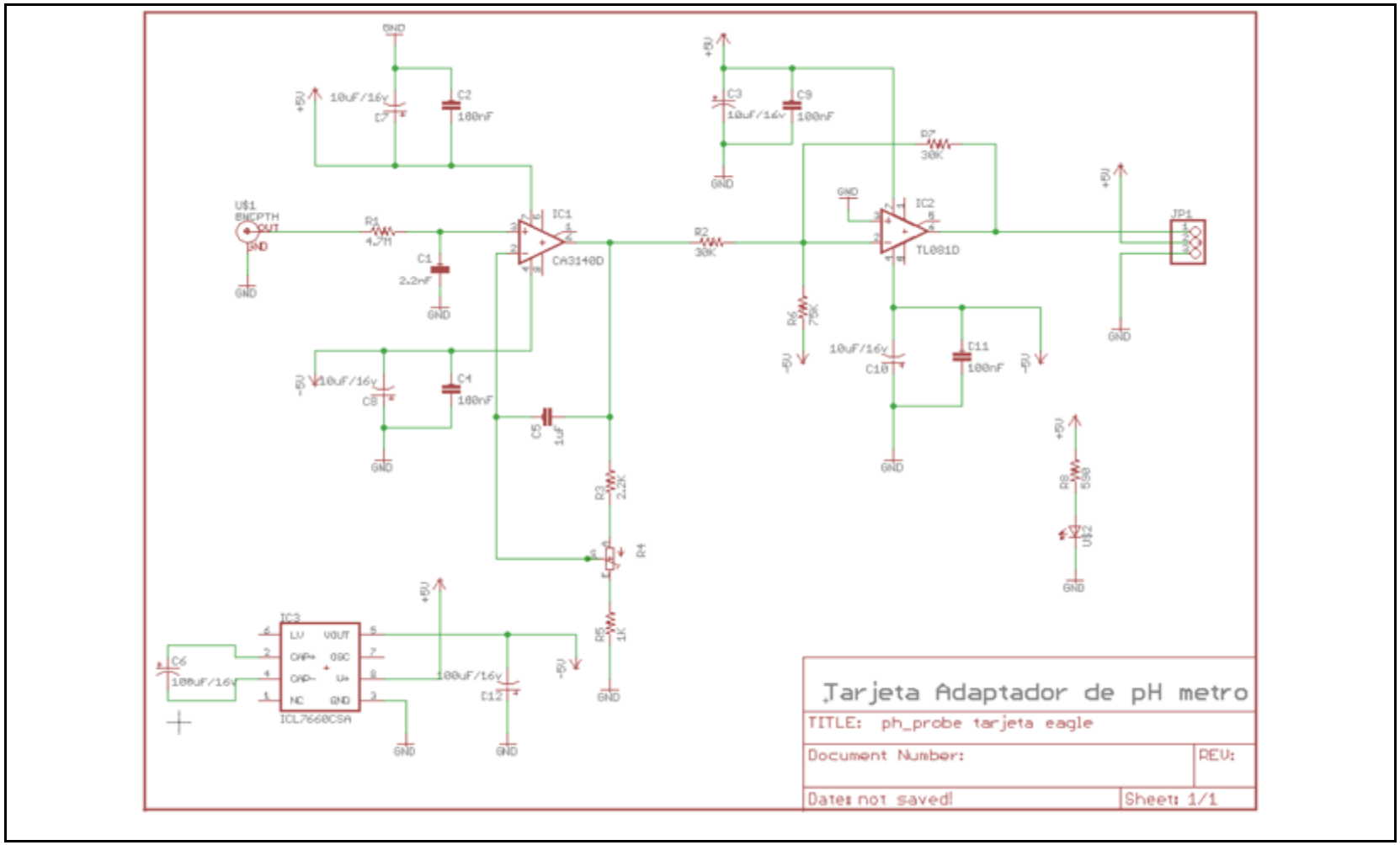


Figura 58: Diagrama electrónico de la tarjeta de adaptación de pH. Fuente: Elaboración propia.

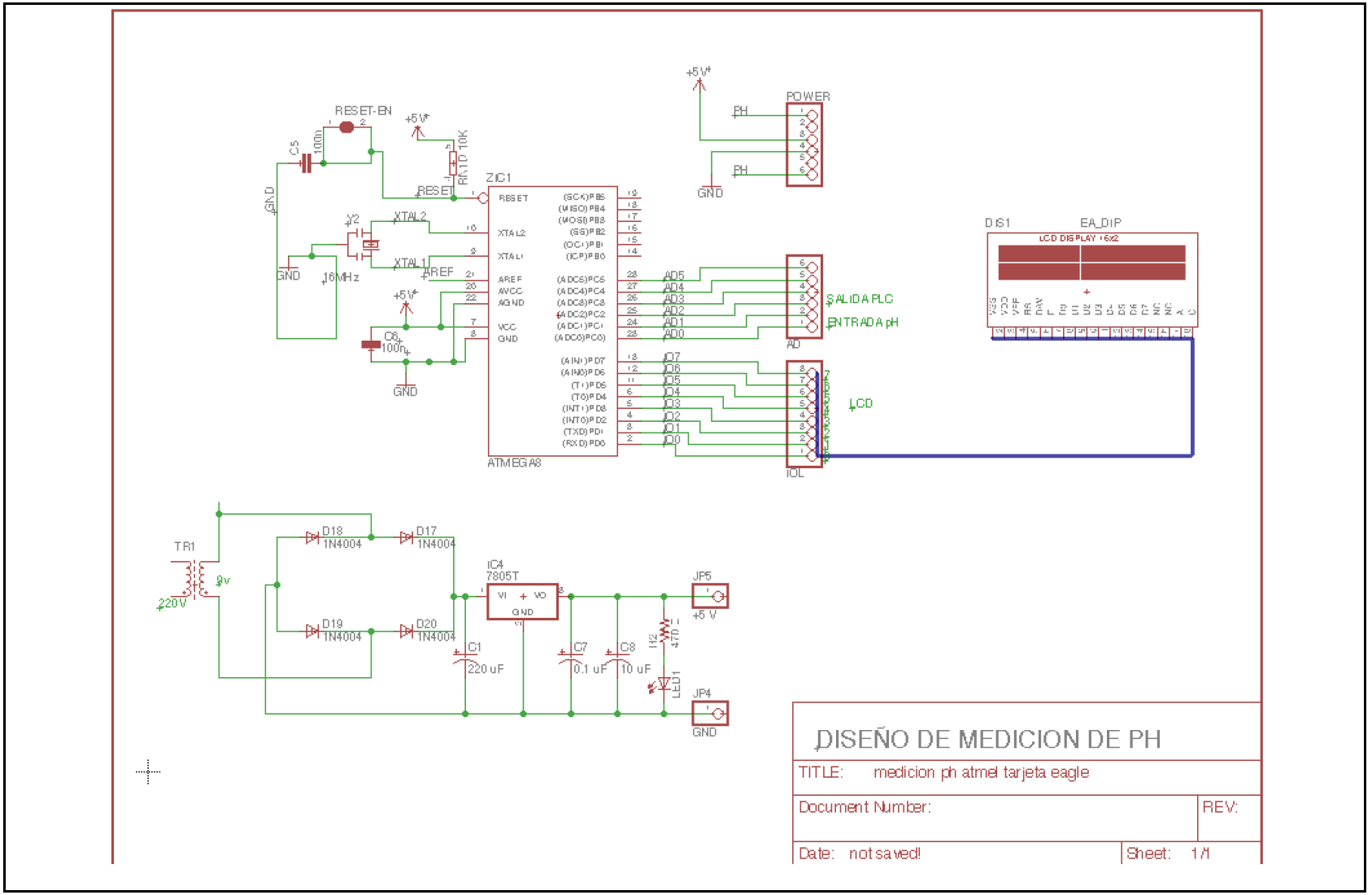


Figura 59: Diagrama electrónico para la medición y control de pH . Fuente: Elaboración propia.

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

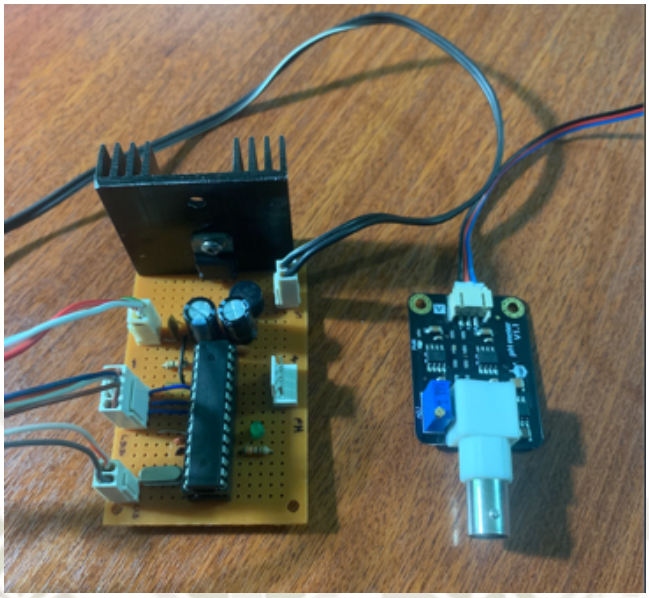


Figura 60: Construcción de sistema electrónico pH meter.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 61: Vista final del pH meter.

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.5.2.4.Programación de calibración del sensor de pH por software

El correspondiente programa se encuentra en el ANEXO 02

Programa en C del microcontrolador Atmel (Fuente: Elaboración propia "sketch Arduino")

4.5.2.5.Programación de calibración del sensor de pH por hardware

La siguiente calibración del electrodo de pH se realiza a través del potenciómetro de la tarjeta de adaptación de señal (figura 32.2)

El correspondiente programa se encuentra en el ANEXO 03

Programa en C del microcontrolador Atmel (Fuente: Elaboración propia "sketch Arduino")

4.5.2.6.Calibración de sensor pH usando soluciones de referencia

El sensor de pH requiere realizar una calibración antes de su uso, por lo tanto, realizamos dicha calibración con soluciones estándar de valores de pH. (Figura 62)



Figura 62: Soluciones estándar para calibración de pH.

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.5.2.7. Resultados de comparación entre instrumento HANNA y pH metro diseñado.

Medida de Instrumento HANNA	Medida del Sensor de pH diseñado
	Voltage:0.96 pH value: 3.35 Voltage:0.96 pH value: 3.36 Voltage:0.96 pH value: 3.35 Voltage:0.96 pH value: 3.35 Voltage:0.96 pH value: 3.35 Voltage:0.96 pH value: 3.35 Voltage:0.96 pH value: 3.35
	Voltage:1.21 pH value: 4.22 Voltage:1.21 pH value: 4.23 Voltage:1.21 pH value: 4.25 Voltage:1.22 pH value: 4.26 Voltage:1.22 pH value: 4.27 Voltage:1.22 pH value: 4.29
	Voltage:1.57 pH value: 5.51 Voltage:1.58 pH value: 5.52 Voltage:1.58 pH value: 5.52 Voltage:1.58 pH value: 5.52 Voltage:1.58 pH value: 5.52 Voltage:1.58 pH value: 5.53 Voltage:1.58 pH value: 5.53

Figura 63: Comparación entre los dos sensores de pH.

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La figura 60 indica los tres puntos que requerimos para calibrar el sensor de pH, tomando como referencia un sensor de pH de la marca HANNA. Los valores que obtenemos fueron mostrados en el monitos serial del microcontrolador Atmega 328 usando el "sketch de Arduino"

4.5.2.8. Programación final del microcontrolador sistema de medición y control de pH

El correspondiente programa se encuentra en el ANEXO 04

Programa en C del microcontrolador Atmel (Fuente: Elaboración propia "sketch Arduino")

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PROGRAMACIÓN GENERAL DEL PLC Y HMI

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.6. PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

En la actualidad la evolución de los automatismos ganó una gran capacidad en procesos y memorias. Estas revolucionaron los conceptos de programación aplicados a complejos desarrollos. Al estructurar la programación se logra seguimientos y modificaciones de una forma eficiente y sencilla estandarizando códigos y a su vez estos evitaran errores.

Continuación se muestra el desarrollo completo de la programación, configuración, simulación y puesta en marcha con controlador lógico programable.

Para este desarrollo de programación se usó el software de desarrollo TIA Portal de Siemens (Totally Integrated Automation). Programa desarrollo en su totalidad y de fuente propia.

4.6.1. Configuración de dispositivo

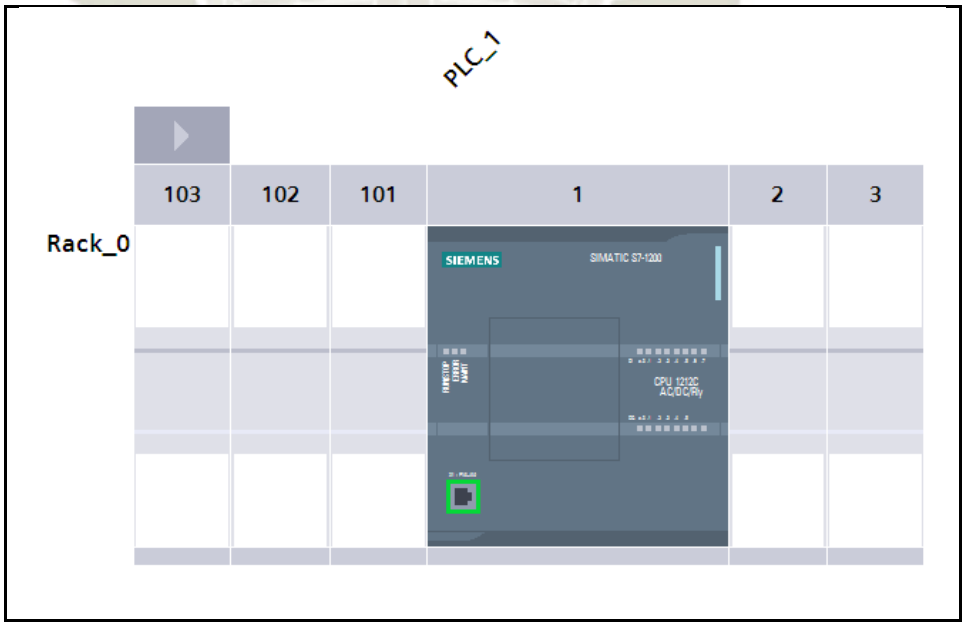


Figura 64: Vista de dispositivo S7-1200 CPU_1212C.

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.6.2. Configuración de redes

Se procede a la creación de una red industrial tipo Profinet, el cual permite el enlace directo entre el CPU del PLC y el CPU del HMI.

- IP de PLC: 192.168.0.1
- IP de HMI: 192.168.0.2
- IP de PC: 192.168.0.100

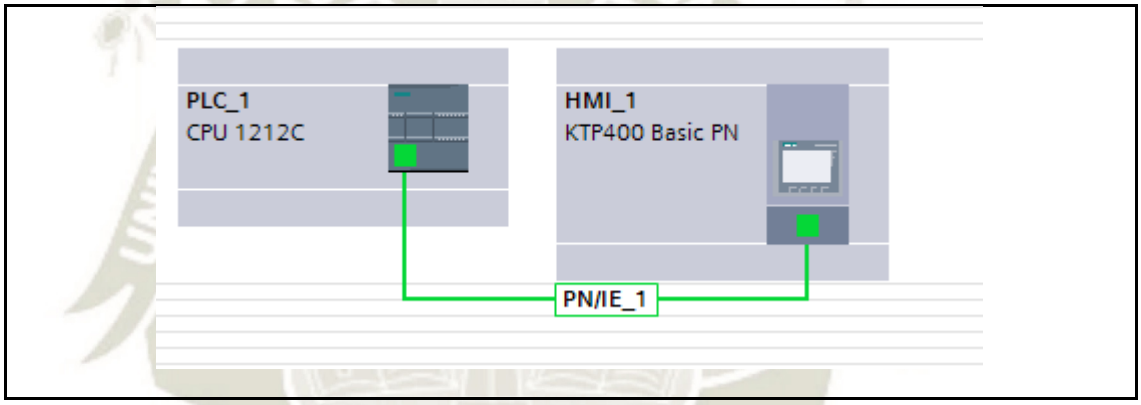


Figura 65: Vista de conexión de red entre dispositivos PLC y HMI.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

4.6.3. Creación de variables principales del PLC

Variables PLC

	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	SENSOR DE NIVEL SN1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2	☐	☑	☑	☑
2	SENSOR DE NIVEL SN2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3	☐	☑	☑	☑
3	SENSOR FIN DE SUCCION	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4	☐	☑	☑	☑
4	SEÑAL pH	Tabla de variables e..	Bool	%I0.5	☐	☑	☑	☑
5	ELECTROBOMBA OSMOSIS	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	☐	☑	☑	☑
6	ELECTROBOMBA ALTERNANTES	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	☐	☑	☑	☑
7	ELECTROVALVULA DRENAJE	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	☐	☑	☑	☑
8	SEÑAL INICIO DE SUCCION	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5	☐	☑	☑	☑
9	START	Tabla de variables e..	Bool	%M0.5	☐	☑	☑	☑
10	STOP EMERGENCIA	Tabla de variables e..	Bool	%M0.6	☐	☑	☑	☑
11	MEMORIA START	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0	☐	☑	☑	☑
12	MEMORIA REPOSO	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	☐	☑	☑	☑
13	MEMORIA pH	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2	☐	☑	☑	☑
14	MEMORIA RECIRCULACION	Tabla de variables e..	Bool	%M0.3	☐	☑	☑	☑
15	MEMORIA REPOSO XX	Tabla de variables e..	Bool	%M0.4	☐	☑	☑	☑
16	SET_TIMER_2	Tabla de variables e..	Time	%MD4	☐	☑	☑	☑
17	SET_TIMER_3	Tabla de variables e..	Time	%MD8	☐	☑	☑	☑
18	comp	Tabla de variables e..	Time	%MD100	☐	☑	☑	☑
19	Variable Nivel Min	Tabla de variables e..	Int	%MW104	☐	☑	☑	☑
20	Variable Ph Optimo	Tabla de variables e..	Int	%MW106	☐	☑	☑	☑
21	RESET	Tabla de variables e..	Bool	%M1.0	☐	☑	☑	☑
22	RESET2	Tabla de variables e..	Bool	%M1.1	☐	☑	☑	☑
23	Variable FLUJO PERMEADO	Tabla de variables e..	Int	%MW110	☐	☑	☑	☑
24	Variable FLUJO DRENADO	Tabla de variables e..	Int	%MW112	☐	☑	☑	☑
25	MEMORIA DE REPOSO YY	Tabla de variables e..	Bool	%M0.7	☐	☑	☑	☑
26	COMP2	Tabla de variables e..	Time	%MD104	☐	☑	☑	☑
27	MEMORIA STOP	Tabla de variables e..	Bool	%M1.2	☐	☑	☑	☑
28	PROTECCION	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	☐	☑	☑	☑

Figura 66: Principales variables de programación. Fuente: Elaboración propia.

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.6.4. Creación de variables especiales del PLC

		Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor ...
1		Static							
2		TIEMPO REPOSO	Time	T#0ms		☑	☑	☑	
3		NIVEL_MIN	Int	0		☑	☑	☑	
4		NIVEL_MAX	Int	0		☑	☑	☑	
5		NIVEL	Int	0		☑	☑	☑	
6		STOP LLENADO	Bool	false		☑	☑	☑	
7		STOP DRENADO	Bool	false		☑	☑	☑	
8		TIEMPO RECIRCULACI...	Time	T#0ms		☑	☑	☑	

Figura 67: Variables especiales de programación.

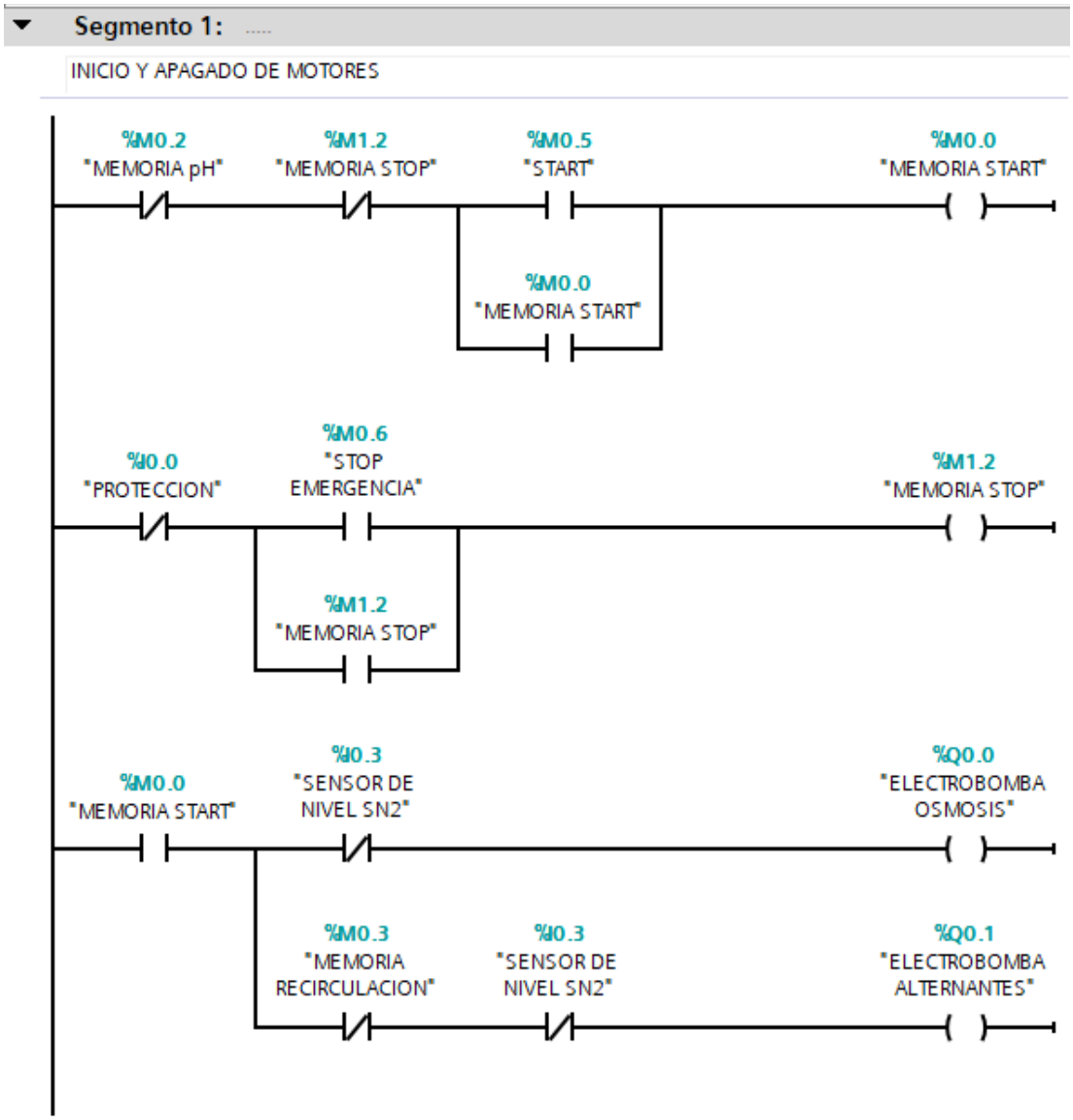
Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.6.5. Creación de bloques MAIN del programa



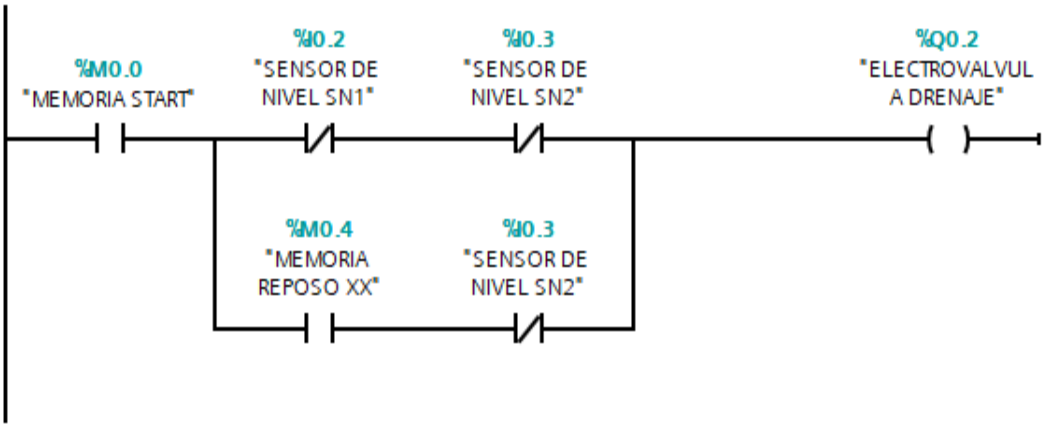
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

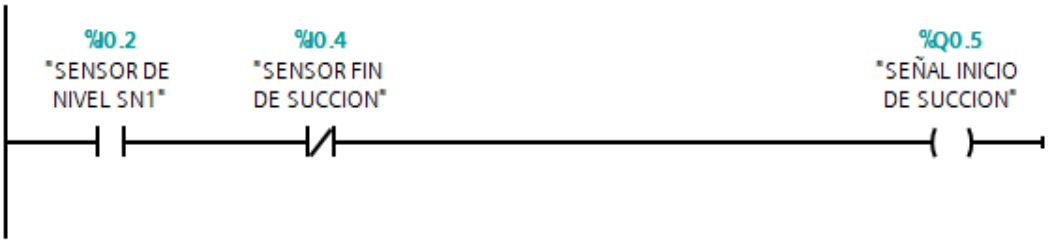
Segmento 2: .....

PRIMER DRENADO PARCIAL



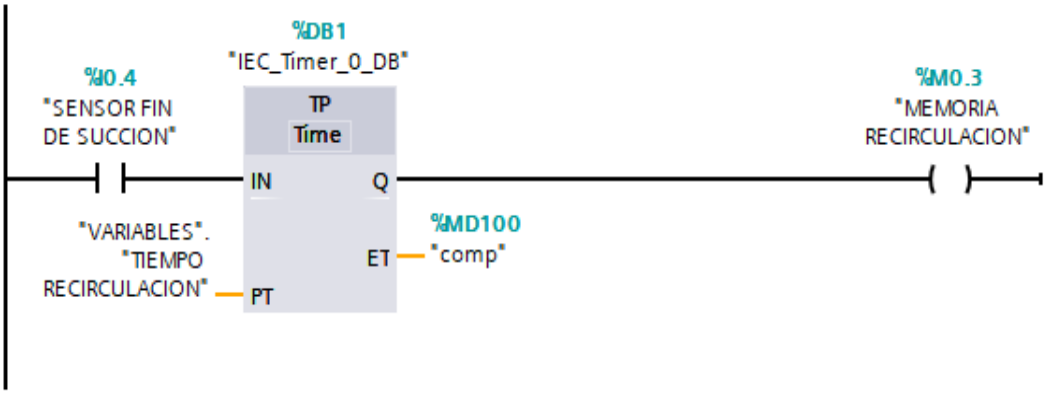
Segmento 3: .....

SUCCION DE DESINFECTANTE



Segmento 4: .....

TIEMPO DE RECIRCULACION



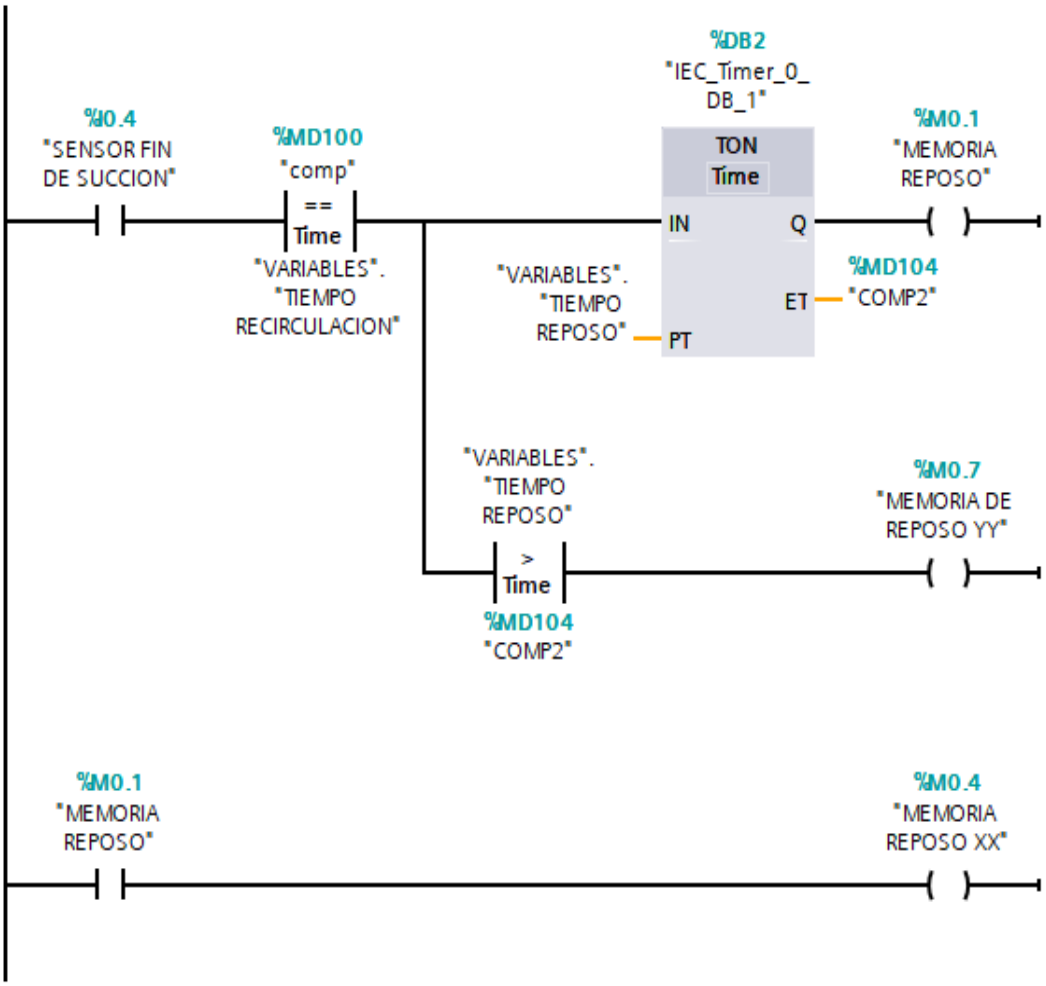
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Segmento 5: .....

TIEMPO DE REPOSO



Segmento 6: .....

CONTROL DE PH



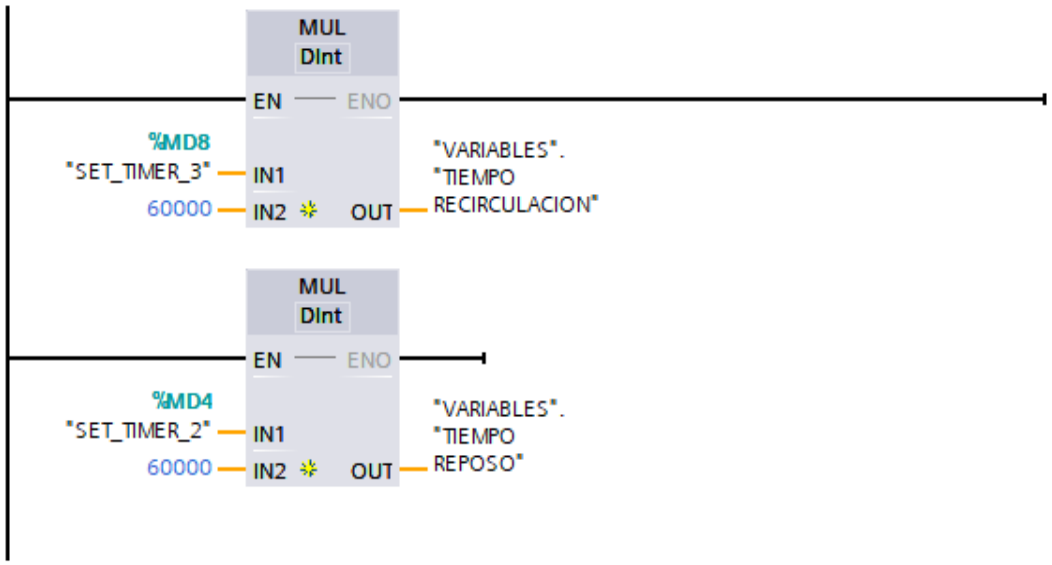
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

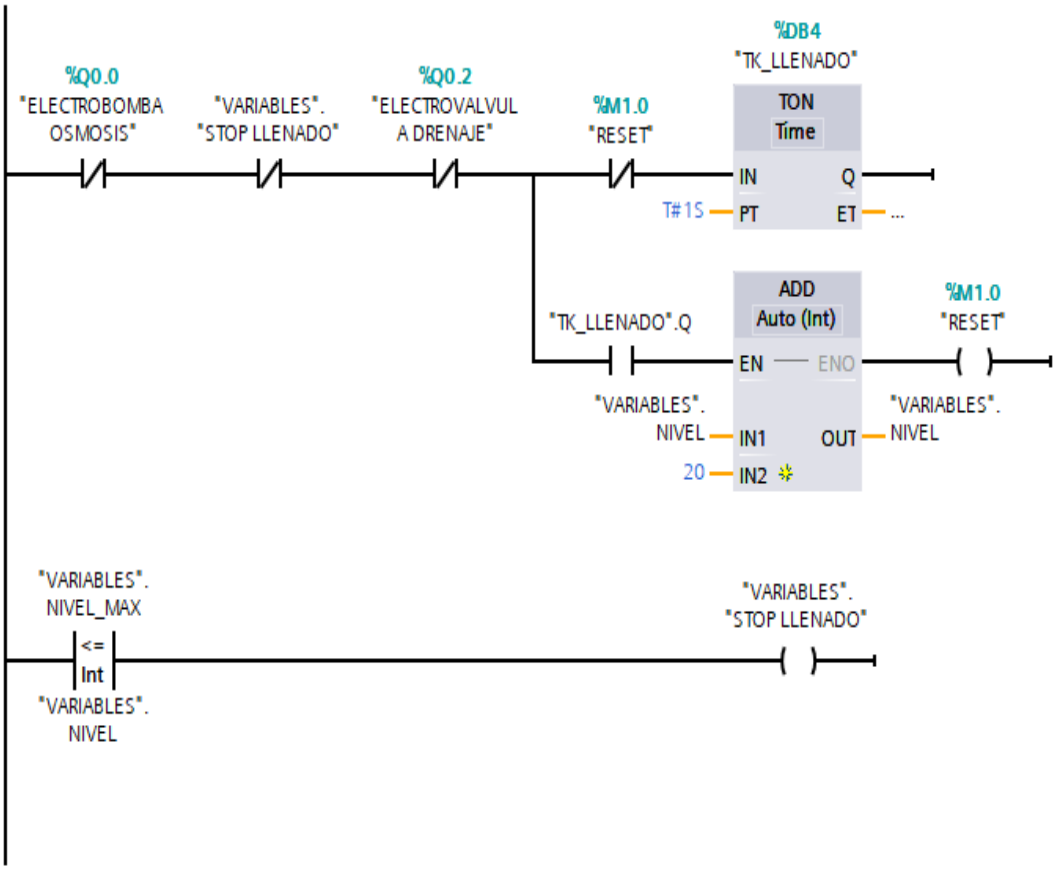
Segmento 7: .....

CONTROL DE TIEMPO REPOSO Y RECIRCULACION



Segmento 8: .....

CONTROL DE LLENADOS DE TANQUES



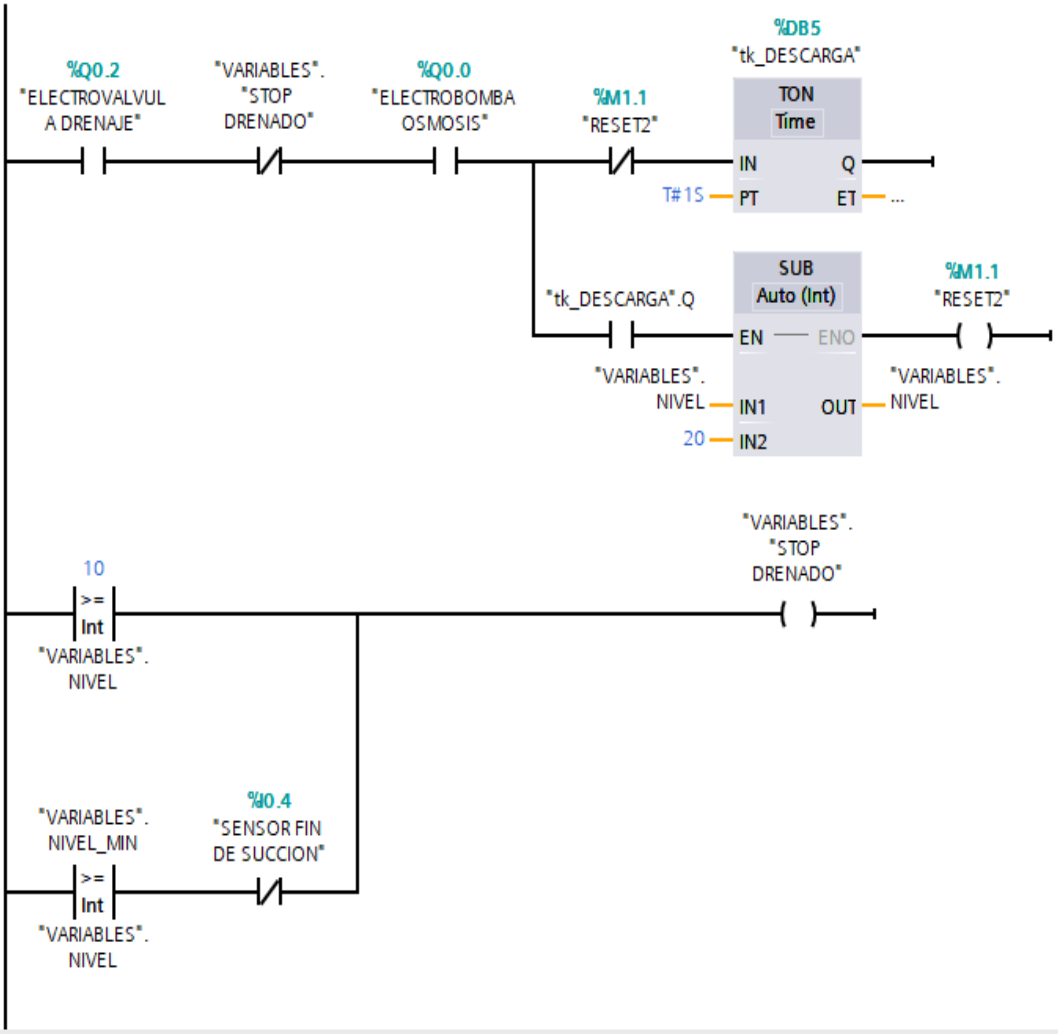
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Segmento 9: .....

CONTROL DE DESCARGA DE TANQUES



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.7. PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (HMI)

4.7.1. Configuración de dispositivo HMI

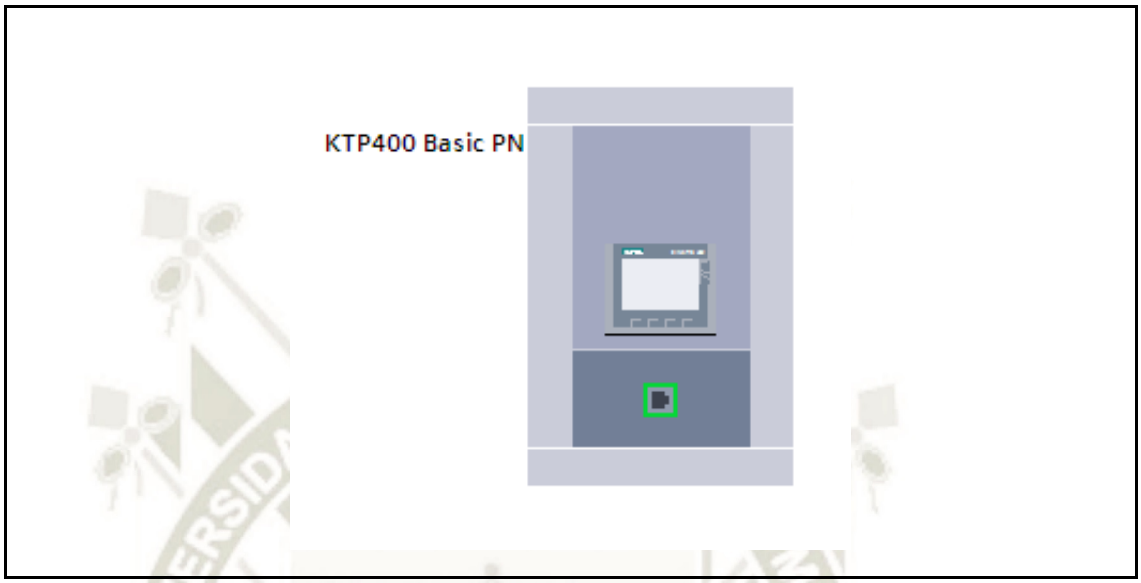


Figura 68: Configuración de dispositivo HMI KPT400.

Fuente: Elaboración propia.

4.7.2. Configuración de red HMI-PLC

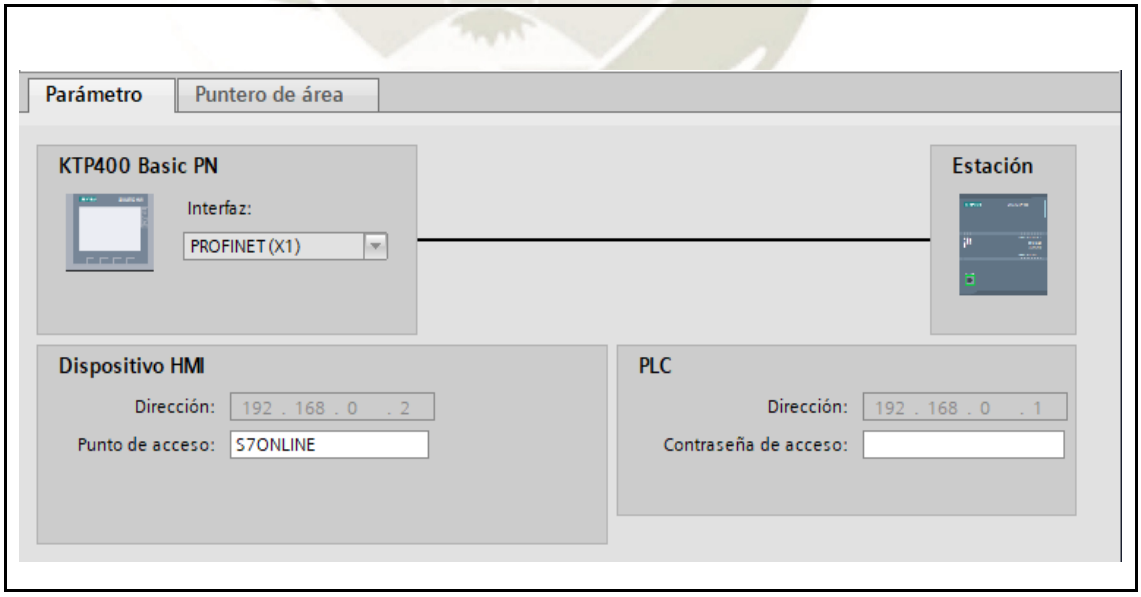


Figura 69: Configuración de red.

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

4.7.3. Creación de variables principales HMI

Variables HMI

Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Conexión	Nombre del PLC	Variable PLC
ELECTROBOMBA ALTERNANTES	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"ELECTROBOMBA ALTER...
ELECTROBOMBA OSMOSIS	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"ELECTROBOMBA OSMO...
ELECTROVALVULA DRENAJE	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"ELECTROVALVULA DREN...
MEMORIA DE REPOSO YY	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"MEMORIA DE REPOSO YY"
MEMORIA pH	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"MEMORIA pH"
MEMORIA RECIRCULACION	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"MEMORIA RECIRCULACI...
MEMORIA START	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"MEMORIA START"
MEMORIA STOP	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"MEMORIA STOP"
SEÑAL INICIO DE SUCCION	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"SEÑAL INICIO DE SUCCI...
SET_TIMER_2	Tabla de variables estándar	Time	HMI_Conexión_1	PLC_1	SET_TIMER_2
SET_TIMER_3	Tabla de variables estándar	Time	HMI_Conexión_1	PLC_1	SET_TIMER_3
START	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	START
STOP EMERGENCIA	Tabla de variables estándar	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"STOP EMERGENCIA"
Variable FLUJO DRENADO	Tabla de variables estándar	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	"Variable FLUJO DRENADO'
Variable FLUJO PERMEADO	Tabla de variables estándar	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	"Variable FLUJO PERMEA...
Variable Nivel Min	Tabla de variables estándar	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	"Variable Nivel Min"
Variable Ph Optimo	Tabla de variables estándar	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	"Variable Ph Optimo"
VARIABLES_NIVEL	Tabla de variables estándar	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	VARIABLES.NIVEL
VARIABLES_NIVEL_MAX	Tabla de variables estándar	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	VARIABLES.NIVEL_MAX
VARIABLES_NIVEL_MIN	Tabla de variables estándar	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	VARIABLES.NIVEL_MIN

Figura 70: Principales variables HMI. Fuente: Elaboración propia.

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.7.4. Vista final del panel HMI

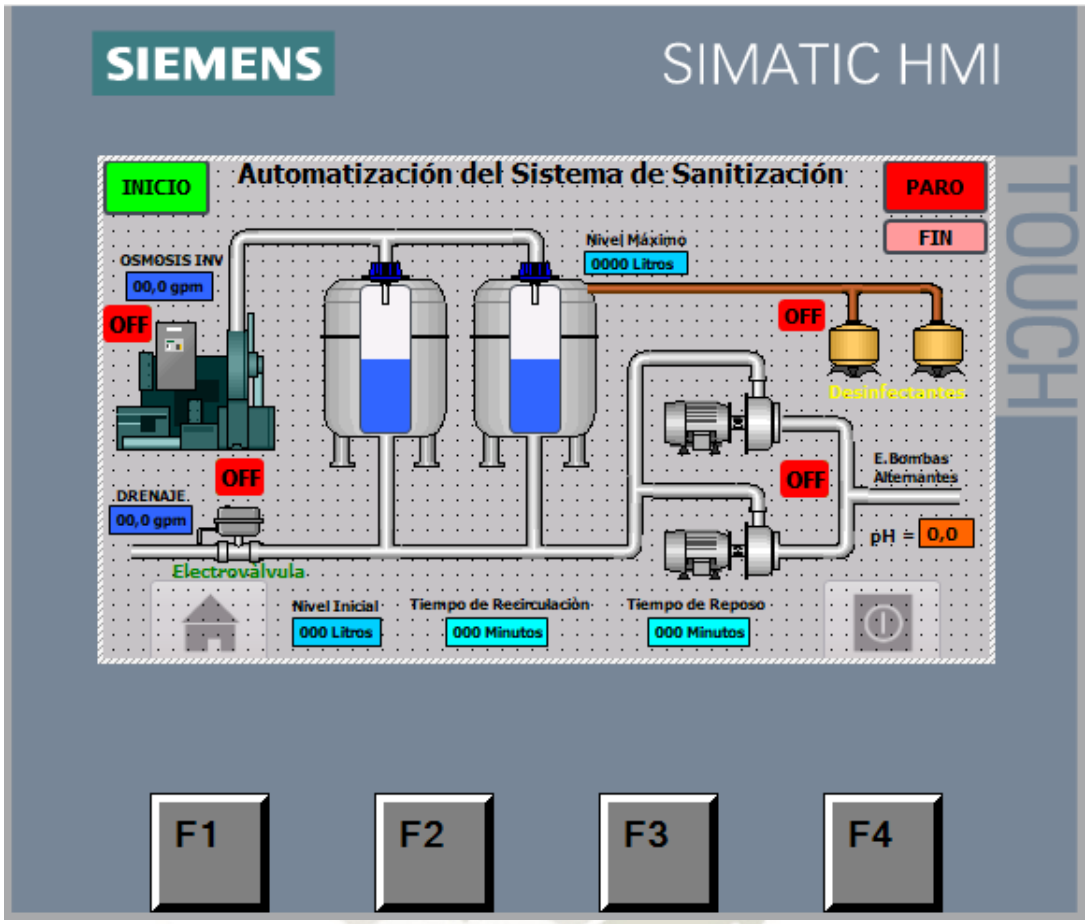


Figura 71: Vista final del panel HMI.

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.7.5. Vista final del sistema de control por PLC y HMI



Figura 72: Vista final de Sistema de Control.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 73: Vista final de Sistema de Control.

Fuente: Elaboración propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Las diferentes pruebas fueron llevadas en supervisión de los diferentes encargados de la planta de tratamiento de agua para hemodiálisis.

Como resultado final que dicho sistema automático propuesto y desarrollado en esta tesis es satisfactorio. Se desarrolla de manera clásica y manual el proceso de sanitización por los operarios de este trabajo el día 19 de abril del 2020. El resultado final es satisfactorio como se muestra en los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos del agua medidos por la empresa química "Procein". Informe en el anexo 5.

El día 7 de junio del 2020 se lleva a cabo la sanitización de manera automática obteniendo como resultado final del proceso satisfactorio como se muestra en los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos del agua medidos por la empresa química "Procein". Informe en el anexo 6.

Estos resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua son aprobados según norma de calidad para agua de hemodiálisis y demuestran que el sistema desarrollado cumple con las exigencias que conlleva este proceso. Cabe mencionar que la los objetivos propuestos a un inicio fueron aprobados y validados por los supervisores encargados de la planta de tratamiento de agua.

Considerando todo lo anterior las pruebas de sistema automático desarrollado es satisfactorio. Y el resultado final es validado por el mismo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO VI

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

1. Como conclusión más importante, se resume que el sistema planteando a un inicio "diseño, implementación y puesta en marcha" fue culminado, probado y validado con éxito.
2. Fue posible el desarrollo del interfaz humano máquina que permite al operario introducir los diferentes tiempos de recirculación y reposo de desinfectante; introducir volúmenes de agua en los tanques de almacenamiento y como parámetro muy importante introducir el pH que desea alcanzar una vez iniciada la sanitización. Estas modificaciones y configuración que el usuario realiza permiten que en la sanitización se utilice diferentes desinfectantes.
3. Con este proceso se mejorará la calidad de agua por medio de una desinfección continua y periódica.
4. Se elimino completamente el contacto directo de los operarios con el proceso de desinfección. Protegiendo a los mismos de accidentes y aumentado su productividad de trabajo.
5. Se comprobó por los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos del agua medidos por la empresa química "Procein" a la red de distribución de agua que producto de la sanitización de manera automática fueron satisfactorio. El resultado completo del informe de los ensayos, se observan en el anexo 6.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

1. Como se pudo observar en el modelamiento matemático que se realizó para esta planta de agua de hemodiálisis en particularmente que; el agua de permeado que son almacenados va por las tuberías de recirculación hacia las máquinas y retornan nuevamente a estos tanques, en un sistema cerrado. Debido a esto no podemos aplicar un control directo al sistema, pero se considera estos modelamientos ya que en un futuro se tendrá que eliminar los tanques de almacenamiento* y el agua permeada retornará nuevamente al sistema de ósmosis inversa; y así poder controlar la presión de ingreso o alimentación y (pH).

   *Por recomendación del Manual de procedimientos técnicos de mantenimiento preventivo de plantas de tratamiento por osmosis inversa para hemodiálisis. [2]
2. Para el control de nivel en los tanques de almacenamiento de agua tratada para hemodiálisis, se recomienda el uso de sensores de nivel tipo ultrasónicos. Estos evitaran la formación de microorganismo en comparación a cualquier otro tipo de sensor de nivel que este en contacto directo con el agua.
3. Se recomienda en uso de sensores de presión electrónicos instalados en las tuberías de distribución los mismos que controlaran a variadores de frecuencia que usen las electrobombas de recirculación. Estos variarían la velocidad de las electrobombas en diferentes procesos de la sanitización para poder alcanzar el objetivo con menos tiempo y recursos.
4. Se recomienda que le área de mantenimiento de Essalud realice una inspección del correcto inicio, proceso y finalización de la sanitización. El mismo que deberá

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

llevarse a cabo por el personal previamente capacitado y entrenado en el correcto uso de los diferentes componentes que fueron instalados para este sistema automatizado.

5. Al personal capacitado para el uso de este sistema, se recomienda para el proceso sea detenido solo en caso de emergencias, debido a que una parada del proceso conlleva a un reinicio de este. Todo esto por temas de seguridad del operario y del sistema.
6. Se recomienda el uso de dispositivos electrónicos de naturaleza o desarrollo del mismo fabricante para así garantizar la fiabilidad en su funcionamiento y/o interconexión.
7. Se recomienda en el desarrollo e implementación de dispositivos electrónicos de uso medicinal la incorporación de sistemas de protección para la parte de circuitos y protección de pacientes. Estos podrían ser: el uso de fusibles, varistores, termistores, protección para elevación de tensión o corriente entre otros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS

[1] Osmosis: Operation and Maintenance Manual – OSMO 23G Series RO Machines – 2001.

[2] Manual de procedimientos técnicos de mantenimiento preventivo de plantas de tratamiento por osmosis inversa para hemodiálisis. 2013

[3] Tratado de hemodiálisis segunda edición R. Jofre J.M Lopez Gomez, J. Luño Perez Garcia, P. Rodríguez Benitez 2006

[4] Mecatrónica y los sistemas de medición David g. Alciatore, Michael B. Histand 2014

[5] "Diseño y construcción de un controlador difuso sintonizado con computación evolutiva para una planta de desalinización de agua de mar por osmosis inversa" Eder Alonso Ampuero, pp 31-34 2011

[6] "System Identification and Control of Reverse Osmosis desalination" I. Alatiqi, A. H. Ghabris y S. Ebrahim, vol. 75, pp 119-140, 1989

[7] Dynamic Modeling of a Simple Reverse Osmosis Desalination Plant for Advanced Control Purposes. A Krasnik E. Babreddin 2009

[8] Modelamiento de la válvula de control Teknocraf 202316 para la incubadora neonatal Edson Bedriñana Enciso, pp 13-17, 2011

[9] Converting a switching soleoid to a proportional actuator. M.F Rahman, N.C. Cheung, K.M Lim 2011

[10] Instrumentación industrial Ennys Amaya, Alfredo Goitia. pp 62-70 2010

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

[11] Instrumentación Industrial Antonio Creus Solé, pp 216 2011

[12] Sensores y actuadores, Leonel G. Corona R. Griselda S. Abarca J. Jesus Mares C. pp 285-288 2014

[13] Introducción a la mecatrónica y sistemas de medición, David G. Alciatore, Michael B. Histand, pp 413.414 2014

[14] S71200 systems manual Siemens, pp 23-33 2010

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXOS

ANEXO 1: Programación del microcontrolador del control de motores PAP

```
#include <16f88.h>
#fuses NOWDT,NOBROWNOUT,NOLVP
#use delay(internal=8Mhz)
void main(){
  set_tris_a(00111);
  set_tris_b(00000000);
  while(true)
  {
  if(input(PIN_A0)==0)
    {
    output_high(pin_b0);
    output_low(pin_b1);
    output_high(pin_b2);
    output_low(pin_b3);
    delay_us(1500);
    output_high(pin_b0);
    output_low(pin_b1);
    output_low(pin_b2);
    output_high(pin_b3);
    delay_us(1500);
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

```
 output_low(pin_b0);
    output_high(pin_b1);
    output_low(pin_b2);
    output_high(pin_b3);
    delay_us(1500);
    output_low(pin_b0);
    output_high(pin_b1);
    output_high(pin_b2);
    output_low(pin_b3);
    delay_us(1500);
  }
 else
   {
    output_low(pin_b0);
    output_low(pin_b1);
    output_low(pin_b2);
    output_low(pin_b3);
   }
}
}
```

//Programa en C del microcontrolador PIC (Fuente: Elaboración propia "CcsCompiler")

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 2: Programación de calibración del sensor de pH por software

```
const int analogInPin = A0;
int sensorValue = 0;
unsigned long int avgValue;
float b;
int buf[10],temp;
void setup() {
 Serial.begin(9600);
}
void loop() {
 for(int i=0;i<10;i++)
 {
  buf[i]=analogRead(analogInPin);
  delay(10);
 }
 for(int i=0;i<9;i++)
 {
  for(int j=i+1;j<10;j++)
  {
   if(buf[i]>buf[j])
   {
    temp=buf[i];
    buf[i]=buf[j];
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
buf[j]=temp;
  }
 }
}
avgValue=0;
for(int i=2;i<8;i++)
avgValue+=buf[i];
float pHVol=(float)avgValue*5.0/1024/6;
float phValue = -5.70 * pHVol + 21.34;
Serial.print("sensor = ");
Serial.println(phValue);
delay(20);
}
```

//Programa en C del microcontrolador Atmel (Fuente: Elaboración propia "sketch Arduino")

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 3: Programación de calibración del sensor de pH por hardware

```
const int analogInPin = A0;
int sensorValue = 0;
unsigned long int avgValue;
float b;
int buf[10],temp;
void setup() {
 Serial.begin(9600);
}
void loop() {
 for(int i=0;i<10;i++)
 {
  buf[i]=analogRead(analogInPin);
  delay(10);
 }
 for(int i=0;i<9;i++)
 {
  for(int j=i+1;j<10;j++)
  {
   if(buf[i]>buf[j])
   {

  temp=buf[i];
    buf[i]=buf[j];
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

```
buf[j]=temp;
  }
 }
}
avgValue=0;
for(int i=2;i<8;i++)
avgValue+=buf[i];
float pHVol=(float)avgValue*5.0/1024/6;
float phValue = -5.70 * pHVol + 21.34;
Serial.print("sensor = ");
Serial.println(phValue);
delay(20);
}
```

// Programa en C del microcontrolador Atmel (Fuente: Elaboración propia “sketch Arduino”)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 4. Programación final del microcontrolador.

Sistema de medición y control de pH

```
#define SensorPin A0
#define Offset 0.00
#define LED 13
#define LED2 8
#define samplingInterval 20
#define printInterval 800
#define ArrayLenth 40
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(7,6,5,4,3,2);
int pHArray[ArrayLenth];
int pHArrayIndex=0;
void setup(void)
{
 pinMode(LED,OUTPUT);
 pinMode(LED2,OUTPUT);
 Serial.begin(9600);
 Serial.println("pH meter expex");
 lcd.begin(16,2);
 lcd.setCursor(4,0);
 lcd.print("pH Meter");
}
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

```
void loop(void)
{
 static unsigned long samplingTime = millis();
 static unsigned long printTime = millis();
 static float pHValue,voltage;
 if(millis()-samplingTime > samplingInterval)
 {
 pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
 if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
 voltage = avergearray(pHArray, ArrayLenth)*5.0/1024;
 pHValue = 3.5*voltage+Offset;
 samplingTime=millis();
 }
 if(millis() - printTime > printInterval)
 {
 Serial.print("Voltage:");
 Serial.print(voltage,2);
 Serial.print(" pH value: ");
 lcd.setCursor(4,1);
 lcd.print("pH = ");
 lcd.setCursor(9,1);
 lcd.print(pHValue,2);
 Serial.println(pHValue,2);
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
digitalWrite(LED,digitalRead(LED)^1);
 printTime=millis();
 }
 if(pHValue > 7) // valor deseado de ph
{
digitalWrite(LED2,HIGH);
}
else
{
digitalWrite(LED2,LOW);
}}
double avergearray(int* arr, int number){
 int i;
 int max,min;
 double avg;
 long amount=0;
 if(number<=0){
 Serial.println("Error /n");
 return 0;
 }
 if(number<5){
 for(i=0;i<number;i++){
 amount+=arr[i];
 }
 avg = amount/number;
```


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

```
return avg;
}else{
if(arr[0]<arr[1]){
min = arr[0];max=arr[1];
}
else{ min=arr[1];max=arr[0];
}
for(i=2;i<number;i++){
if(arr[i]<min){
amount+=min; //arr<min
min=arr[i];
}else {
if(arr[i]>max){
amount+=max; //arr>max
max=arr[i];
}else{
amount+=arr[i]; //min<=arr<=max
}}}
avg = (double)amount/(number-2);
}
return avg;
}
```

// Programa en C del microcontrolador Atmel (Fuente: Elaboración propia “sketch Arduino”)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 4: Protocolo de desinfección elaborado por la empresa TECHMED SAC.

Empresa encargada del mantenimiento de la planta de tratamiento de agua.

1. Título:	**Protocolo de Desinfección del Anillo de Recirculación de la Planta con Puristeril**	**TECHMED S.A.C.**	
2. Alcance:	**Unidades de Hemodialisis - EsSalud**		**Efectivo: 01/11/2016**
3. Objetivo:	Establecer los pasos a seguir para ejecutar la desinfección de los Sistema de Almacenamiento y Distribución de Agua Tratada con Puristeril.		

4. Procesos y Responsabilidades

4.1. RESPONSABILIDADES

Ing. Residente y/o Coordinador Técnico Responsable:

- Brindar los recursos necesarios para la correcta implementación del presente instructivo.
- Mantener el presente Instructivo actualizado, ante cambios en normativas generales o en la instalación del sistema de agua.

Jefe de Enfermería:

- Coordinar y asegurar la ejecución de los procedimientos de desinfección de acuerdo con lo especificado en el presente Instructivo.

Responsable de desinfección (técnico de enfermería y/o técnico de mantenimiento capacitado):

- Ejecutar las desinfecciones de los anillos de recirculación de acuerdo a lo especificado en el presente Instructivo.

4.2. PROCESOS

Se considerarán 2 situaciones: una para holdings que tienen instalados lavadores de tanque[1] (Recomendable) y otra para aquellos que no lo tienen[2].

En la Fig.1 se muestra esquemáticamente un sistema completo de almacenamiento y distribución de agua tratada. Dibujamos sólo un anillo de recirculación, pero vale aclarar que puede haber 2 ó 3 anillos, según el tamaño del centro, en estos casos habrá una bomba, una válvula de retorno, una válvula de drenaje y una válvula de muestra para cada uno de los anillos de recirculación.

4.2.1. Requisito Previo:

Antes de realizar una desinfección del sistema de distribución de agua tratada, debe VERIFICARSE que nadie esté utilizando agua tratada (tomas auxiliares, pacientes en diálisis, etc.) y ASEGURARSE que nadie usará agua del sistema hasta que esté adecuadamente enjuagado.

Antes de realizar una desinfección del sistema de distribución de agua tratada, debe ASEGURARSE de contar con la cantidad de agua necesaria en las cisternas para realizar todo el proceso, incluido los enjuagues, hasta verificar ausencia de desinfectante.

4.2.2. Elementos Necesarios:

Puristeril	*Mínimo* 7,0 litros en holdings **CON** lavadores (ver tabla 1) *Mínimo 16,0 litros en holdings 700 lts* ***SIN*** *lavadores* *Mínimo 22,0 litros en holdings 1000 lts* ***SIN*** *lavadores*
Probeta graduada:	*Para medición de volumen (lts) de Puristeril.*
Medición de Puristeril residual:	*Equipo medidor de pH+ (pHmetro)*
Elementos de protección:	*Guantes, protectores faciales, delantal descartable.*

[1] En este caso no es necesario llenar el tanque de almacenamiento, ya que por medio del lavador se rocía continuamente toda la superficie interna del tanque.

[2] En estos casos sí es necesario llenar el tanque de almacenamiento con la solución desinfectante. Para establecer la cantidad de puristeril necesaria, hay que conocer la capacidad exacta del holding (consideramos 2 capacidades: 700 ó 1000 lts).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1. Título:	Protocolo de Desinfección del Anillo de Recirculación de la Planta con Puristeril	TECHMED S.A.C.
2. Alcance:	Unidades de Hemodialisis - EsSalud	Efectivo: 01/11/2016
3. Objetivo:	Establecer los pasos a seguir para ejecutar la desinfección de los Sistema de Almacenamiento y Distribución de Agua Tratada con Puristeril.	

4. Procesos y Responsabilidades

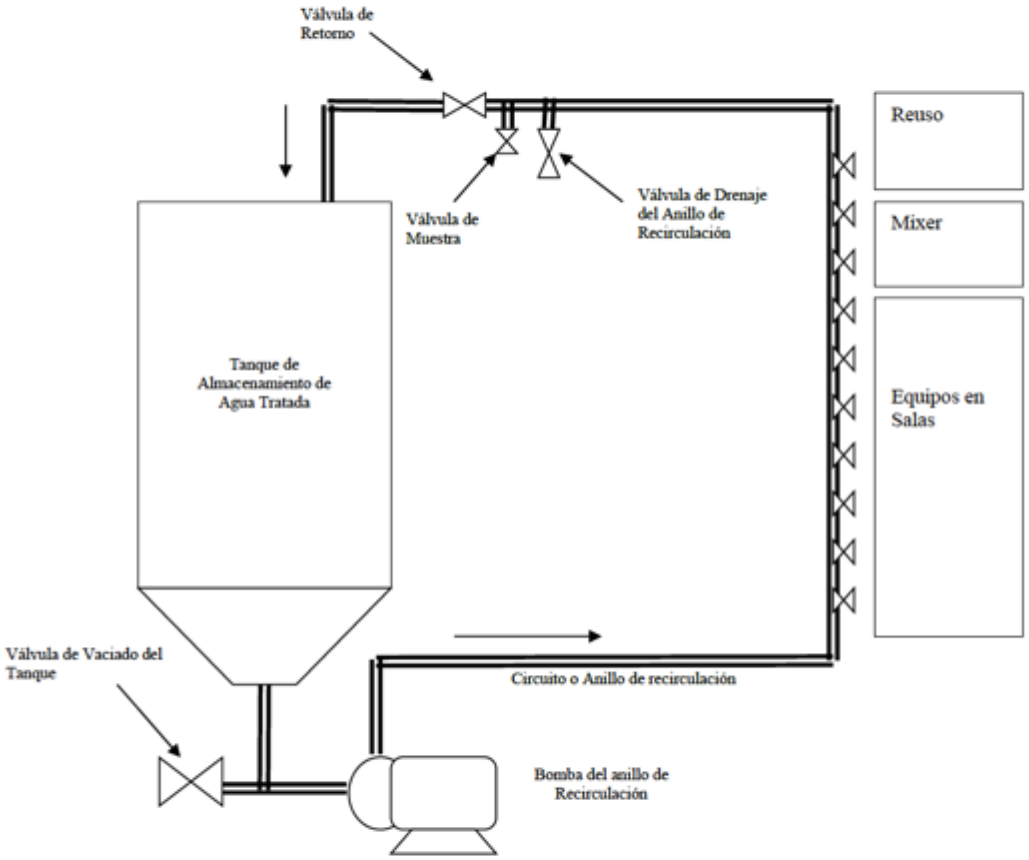


Figura 1 – Sistema de almacenamiento y Distribución de Agua Tratada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. Título:	Protocolo de Desinfección del Anillo de Recirculación de la Planta con Puristeril	TECHMED S.A.C.
2. Alcance:	Unidades de Hemodialisis - EsSalud	Efectivo: 01/11/2016
3. Objetivo:	Establecer los pasos a seguir para ejecutar la desinfección de los Sistema de Almacenamiento y Distribución de Agua Tratada con Puristeril.	

4. Procesos y Responsabilidades

4.2.3. Desinfección:

- En tanques de almacenamiento CON lavadores, llevar el nivel de agua tratada hasta 250 litros como mínimo, éste volumen depende de la cantidad de puestos y válvulas del anillo de recirculación. *En tanques SIN lavadores, llenar completamente con agua tratada.*
- Apagar el equipo de ósmosis inversa (OI).
- Apagar la/s bomba/s de recirculación de agua tratada.
- Colocarse todos los elementos de protección personal: Guantes, delantal impermeable, máscara de protección facial.
- Sacar la tapa del tanque de almacenamiento y verter **la cantidad necesaria de Puristeril[3] para llegar a una solución al 2% (ver tabla 1).**

Tabla 1

Cantidad de puestos	**Volumen del Tanque de Almac.**	**Volumen del Anillo de Recir.**	Cantidad Puristeril Total en Tanque **Con lavadores**	Cantidad de Puristeril Total en el Tanque de 700 Lts **Sin lavador**	Cantidad de Puristeril Total en Tanque de 1000 Lts **Sin lavador**
20	250 lts	100 lts	7 lts	16 lts	22 lts
30	400 lts	150 lts	11 lts	17 lts	23 lts
40 o más	600 lts	200 lts	16 lts	18 lts	24 lts

- Colocar la tapa del tanque de almacenamiento de agua tratada, verificando su correcto cierre.
- Encender las bombas de recirculación de los anillos.
- Verificar **presencia** de puristeril en los retornos[4] al tanque de almacenamiento, usando el equipo medidor de pH (menor a 4 es un medio acido).
- Encender todos los Equipos de Hemodiálisis y colocar en modo **Lavado sin Final**.
- Controlar **5 minutos y finalizar modo Lavado sin Final** en todas las máquinas del punto anterior (se apagan a los 5 minutos para evitar que se vacíe el tanque de almacenamiento.)
- Abrir **parcialmente** todas las válvulas del circuito de distribución de agua tratada que no están conectadas a equipos de hemodiálisis. Son:
  - Las válvulas de muestreo al inicio de los anillos de recirculación (si existiesen).
  - Las válvulas de muestreo al fin de los anillos de recirculación (si existen).
  - Válvulas de enjuague de bidones, recipientes, etc (si existen).
  - Las válvulas de entrada de agua a los piletones de reuso, y clamps de los puestos más alejados de las entradas (si existen).
  - Todas las válvulas de las salas que no tengan equipos conectados.
  - Válvulas usadas para reparación de equipos.

[3] En los 3 casos se obtendrá una solución al 2% de Puristeril. No excederse de la cantidad de Puristeril indicada, ya que se corre el riesgo de dañar elementos de las máquinas de diálisis.
[4] Se debe hacer la verificación en los retornos de TODOS los anillos de recirculación existentes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. Título:	Protocolo de Desinfección del Anillo de Recirculación de la Planta con Puristeril	TECHMED S.A.C.	
2. Alcance:	Unidades de Hemodialisis - EsSalud		Efectivo: 01/11/2016
3. Objetivo:	Establecer los pasos a seguir para ejecutar la desinfección de los Sistema de Almacenamiento y Distribución de Agua Tratada con Puristeril.		

4. Procesos y Responsabilidades

Nota aclaratoria: *Esto se hace porque es importante que la solución desinfectante llegue a todas las partes del anillo de recirculación, incluyendo los puntos que no están en uso.*

Todas las válvulas deben abrirse ***parcialmente*** *permitiendo la salida de la solución desinfectante, pero* ***sin producir una pérdida importante de solución desinfectante****. Si se abrieran totalmente, se perdería toda la solución desinfectante, y se dañarían las bombas de los anillos por trabajar en vacío.*

- Todas las válvulas abiertas en el paso anterior, deben permanecer en este estado hasta la finalización de los procedimientos de desinfección y enjuague, colocar recipientes de contención en aquellos lugares dónde se pudiesen producir derrames.
- Verificar con el equipo medidor de pH+, la **presencia** de solución desinfectante en todos los puntos de uso que no tienen conectados equipos de hemodiálisis.
- Esperar 15 minutos más como mínimo (tiempo de exposición total = 15+5 = 20 minutos[5].
- Pasados los 20 minutos de tiempo de exposición, **abrir las válvulas de drenaje** del final de los anillos de recirculación, y **cerrar las válvulas de retorno** al tanque, **en este orden**.
- Cuando el nivel del tanque de reserva llegue a 50 litros apagar las bombas de los anillos de recirculación, evitando que las mismas aspiren aire o trabajen en vacío.
- Desalojar la solución desinfectante remanente de los tanques de almacenamiento, abriendo la válvula de drenaje que se encuentra en la parte inferior del tanque.

4.2.4. Primer Enjuague:

- Luego de que el tanque de almacenamiento de agua tratada se ha vaciado totalmente, y **con la válvula de drenaje aún abierta**, ENCENDER la OI. Ingresará agua SIN desinfectante que drenará del tanque por la válvula de descarga, limpiando el remanente de solución de Puristeril que quedó entre el tanque y la válvula de descarga.
- Pasado 1 minuto desde que se encendió la ósmosis, **cerrar la válvula de drenaje** del tanque de almacenamiento de agua tratada, **para comenzar a llenarlo con agua tratada libre de Puristeril.**
- En los tanques de almacenamiento CON lavadores, esperar hasta que el volumen de agua en el tanque llegue al nivel inicial con desinfectante. *En tanques de almacenamiento SIN lavadores esperar a que el mismo se llene completamente*.
- Encender las bombas de los anillos de recirculación.
- Colocar nuevamente **todos los Equipos** de Hemodiálisis en modo **Lavado sin Final.**

Comenzará a circular agua tratada sin desinfectante a lo largo de los anillos de recirculación para enjuagarlos. El agua se descartará por las válvulas de fin de anillo, por las máquinas de hemodiálisis, y por todos los puntos de uso.

- **APAGAR la OI**
- Cuando queden aproximadamente 50 litros de agua en el tanque de almacenamiento de agua tratada, **abrir las válvulas de retorno al tanque**, y **cerrar las válvulas de drenaje de los anillos de recirculación**, en ese orden. Se enjuagará así la parte del circuito entre las válvulas de drenaje de los anillos y el tanque.
- Apagar las bombas de los anillos de recirculación.

[5] Respetar el tiempo de exposición permitirá que el la solución de Puristeril ejerza su acción y la desinfección sea efectiva.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. Título:	Protocolo de Desinfección del Anillo de Recirculación de la Planta con Puristeril	TECHMED S.A.C.	
2. Alcance:	Unidades de Hemodialisis - EsSalud		Efectivo: 01/11/2016
3. Objetivo:	Establecer los pasos a seguir para ejecutar la desinfección de los Sistema de Almacenamiento y Distribución de Agua Tratada con Puristeril.		

4. Procesos y Responsabilidades

- Desalojar el agua remanente en el tanque de almacenamiento de agua tratada, abriendo la válvula de drenaje que se encuentra en la parte inferior del tanque de reserva de agua tratada.

4.2.5 Segundo Enjuague:

- ENCENDER la ósmosis.
- Pasado 1 minuto desde que se encendió la ósmosis, cerrar la válvula de drenaje del tanque de almacenamiento de agua tratada, para permitir el llenado del tanque con agua tratada libre de puristeril.
- **Abrir** las **válvulas de drenaje** del final de los anillos de recirculación, y **cerrar las válvulas de retorno** al tanque, en este orden.
- En los Tanques CON lavadores, esperar hasta que el volumen de agua en el tanque llegue al nivel inicial con desinfectante. *En los Tanques SIN lavadores esperar a que el mismo se llene completamente*.
- ENCENDER las bombas de recirculación de los anillos de recirculación y APAGAR la OI.
- Los Equipos de Hemodiálisis continúan en enjuague sin final, y comenzarán a tomar agua libre de desinfectante para enjugar las conexiones entre las máquinas y el anillo de recirculación. También se enjuagarán los otros puntos de uso por donde circula agua de los anillos. El agua limpia del tanque de almacenamiento continúa circulando a lo largo de los anillos, arrastrando restos de desinfectante.
- Cuando queden aproximadamente 50 litros de agua en el tanque de almacenamiento de agua tratada, **abrir las válvulas de retorno al tanque**, y **cerrar las válvulas de drenaje de los anillos de recirculación**, en ese orden. Se enjuagará así la parte del circuito entre las válvulas de drenaje de los anillos y el tanque.
- Medir la concentración de Puristeril en los retornos del anillo, usando el equipo medidor de pH+.
- APAGAR las bombas de agua del anillo de recirculación.
- Desalojar el agua remanente en el tanque de almacenamiento de agua tratada, abriendo la válvula de drenaje que se encuentra en la parte inferior del tanque de reserva de agua tratada.
- Si el equipo medidor de pH+ marca valores por debajo de 4 pH(medio acido)[6], se deberá repetir el enjuague (volver al punto 4.2.5) hasta que la medición suba arriba de 5 de pH.

4.2.6 Finalización:

- ENCENDER la ósmosis.
- Pasado 1 minuto desde que se encendió la ósmosis, cerrar la válvula de drenaje del tanque de almacenamiento de agua tratada, para permitir el llenado del tanque con agua tratada libre de puristeril.
- Luego de alcanzado el nivel de 250 litros de agua en el tanque, encender las bombas de recirculación de los anillos.
- **Verificar ausencia de puristeril residual en las válvulas de muestreo al final de los anillos (en cada uno que existiese).**
- **Una vez que se verificó ausencia de puristeril en cada uno de los retornos de los anillos, CERRAR las válvulas que estaban semi abiertas** (válvulas de muestreo al inicio del anillo de recirculación, válvulas de enjuague de bidones, válvulas de entradas a piletones de reuso si los hubiese, válvulas de la sala sin equipos conectados, válvulas usadas para reparación de máquinas, etc.).

[6] Se debe medir **en cada uno** de los retornos del anillo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1. Título:	**Protocolo de Desinfección del Anillo de Recirculación de la Planta con Puristeril**	**TECHMED S.A.C.**	
2. Alcance:	**Unidades de Hemodialisis - EsSalud**		**Efectivo: 01/11/2016**
3. Objetivo:	Establecer los pasos a seguir para ejecutar la desinfección de los Sistema de Almacenamiento y Distribución de Agua Tratada con Puristeril.		

4. Procesos y Responsabilidades

- Interrumpir el proceso de Lavado sin Final en los Equipos de hemodialisis. **Iniciar procesos de lavado normal en estos equipos**.
- Controlar nuevamente que todo el circuito de distribución quede en condiciones normales de funcionamiento:
  - Ósmosis encendida,
  - Válvula de drenaje de tanque de almacenamiento cerrada,
  - Las válvulas de Retorno de los anillos de recirculación abiertas,
  - Las válvulas de Drenaje de los anillos de recirculación cerradas,
  - Las válvulas de muestreo al inicio de los anillos de recirculación cerradas,
  - Las válvulas de muestreo al fin de los anillos de recirculación cerradas,
  - Las válvulas de entrada de agua a los piletones de reuso cerradas (si los hubiese),
  - Todas las válvulas de las salas que no tengan equipos conectados cerradas,
  - Válvulas usadas para reparación de equipos, llenado de bidones, etc. Cerradas.
- Documentar la desinfección en el ***Registro de Acciones Realizadas sobre la Planta de agua***, indicando:
  - **Fecha (dd/mm/aa)**
  - **Hora de inicio (hh:mm)**
  - **Nivel de agua en el tanque al iniciar la desinfección**
  - **Cantidad de Puristeril utilizado**
  - **Puntos en los que comprobó ausencia de desinfectante al finalizar el proceso (retornos de los anillos de recirculación)**
  - **Hora de finalización (hh:mm)**
  - **Nombre de los operarios y/o encargados de realizar la sanitización.**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1. Título:	Protocolo de Desinfección del Anillo de Recirculación de la Planta con Puristeril	TECHMED S.A.C.	
2. Alcance:	Unidades de Hemodialisis - EsSalud		Efectivo: 01/11/2016
3. Objetivo:	Establecer los pasos a seguir para ejecutar la desinfección de los Sistema de Almacenamiento y Distribución de Agua Tratada con Puristeril.		

Registro de Sanitizaciones realizadas

Fecha y Hora de Inicio	Técnicos Responsables	Fecha y Hora de Término

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 5: INFORME DEL ENSAYO FÍSICO QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL AGUA, AUTOMATIZACIÓN MANUAL. A CARGO DE LA EMPRESA PROCEIN PERU SAC

INFORME DE ENSAYO NO. IE0024-20

Cliente	:	TECHMED S.A.C.
Dirección	:	AV. LA MOLINA NRO 2830 INT. C-9 URB. EL SAUCE DE LA RINCONADA LIMA- LIMA- LA MOLINA
Producto Declarado	:	Agua de Osmosis
Código /Marca del Producto	:	M-01.
Cantidad de Muestra recepcionada	:	1000 mL. aprox.
Presentación	:	Frascos de plástico de primer uso.
Procedencia de Producto	:	Hospital Carlos Alberto Seguín Escobedo
Fecha de Producción	:	No Aplica.
Fecha de Vencimiento	:	No Aplica.
Muestreado por	:	Personal Técnico de Procein Perú S.A.C.
Acta de Muestreo N°	:	AM0009-20
Lugar de Muestreo	:	Planta de tratamiento de Agua Osmosis
Punto de Muestreo	:	Salida de ósmosis
Norma de Muestreo	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART-9060 A, COLLECTION
Fecha y Hora de Muestreo	:	21 / Abril / 2020 Hora: 10:20 h.
Tipo de Sistema	:	Prototipo – 1.
Fecha de Ingreso de la Muestra	:	21 / Abril / 2020
Condiciones de Recepción de la Muestra	:	En Cooler refrigeradas.
Fecha de inicio de Análisis	:	21 / Abril / 2020
Fecha de término de Análisis	:	04 / Mayo / 2020
Código de Laboratorio	:	L0021-20

Arequipa, 05 de Mayo del 2020

Karen Zapana Peláez
Analista de Laboratorio
PROCEIN PERÚ S.A.C.

INF-F-001	01-01-20	Ed.: 04

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INFORME DE ENSAYO NO. IE0024-20

Análisis Fisicoquímico

ENSAYO	UNIDAD	LC	LD	RESULTADO
Sulfatos	mg/L	0.03	0.01	0.09
Nitratos	mg/L	0.062	0.031	0.12
Fluoruros	mg/L	0.004	0.002	0.004
Cloro libre	mg/L de Cl2	0.04	---	<0.04
Cloramina	mg/L de Cl2	0.04	---	<0.04
Aluminio Total	mg/L	0.0019	0.001	0.0070
Antimonio Total	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Arsénico Total	mg/L	0.0004	0.0002	<0.0004
Bario Total	mg/L	0.0004	0.0002	0.0012
Berilio Total	mg/L	0.0002	0.0001	0.0002
Bismuto Total	mg/L	0.0003	0.0001	<0.0003
Boro Total	mg/L	0.0012	0.0006	0.0874
Cadmio Total	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Calcio Total	mg/L	0.0303	0.0152	0.0758
Cerio Total	mg/L	0.0003	0.0001	<0.0003
Cobalto Total	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Cobre Total	mg/L	0.0001	0.0001	0.0012
Cromo Total	mg/L	0.0005	0.0002	<0.0005
Estaño Total	mg/L	0.0004	0.0002	<0.0004
Estroncio Total	mg/L	0.0020	0.0010	<0.0020
Fósforo Total	mg/L	0.0033	0.0016	0.0037
Hierro Total	mg/L	0.0031	0.0015	0.0198
Litio Total	mg/L	0.0012	0.0003	0.0023
Magnesio Total	mg/L	0.0356	0.0178	<0.0356
Manganeso Total	mg/L	0.0003	0.0001	0.0010
Mercurio Total	mg/L	0.0001	0.0001	<0.0001
Molibdeno Total	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Niquel Total	mg/L	0.0004	0.0002	<0.0004
Plata Total	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Plomo Total	mg/L	0.0002	0.0001	0.0009
Potasio Total	mg/L	0.0237	0.0119	0.0241
Selenio Total	mg/L	0.0002	0.0001	0.0002
Silice Total	mg/L	0.1000	0.0500	0.1107
Silicio Total	mg/L	0.128	0.04	<0.13

*Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INFORME DE ENSAYO NO. IE0024-20

Sodio Total	mg/L	0.0100	0.0050	0.6105
Talio Total	mg/L	0.0003	0.0002	<0.0003
Thorio Total	mg/L	0.0010	0.0005	<0.0010
Titanio Total	mg/L	0.0004	0.0002	0.0004
Uranio Total	mg/L	0.0003	0.0001	<0.0003
Vanadio Total	mg/L	0.0003	0.0002	0.0017
Zinc Total	mg/L	0.0002	0.0001	0.0034

Abreviaturas:
mg/L = miligramos por litro = Partes por millón.
LD = Límite de detección.
LC = Límite de cuantificación.

Métodos:

Cloramina (Mono)	:	S.M. 4500-Cl 1995. Hach 10171 Indophenol Method.
Cloro Libre	:	S.M. 4500-Cl B. Iodometric Method I.
Metales Totales	:	EPA 200.8, Revision 5.4 1999 Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma mass spectrometry
Fluoruros	:	EPA Method 340.2 1999. Fluoride (Potentiometric, Ion Selective Electrode)
Nitratos	:	EPA Method 352.1 1999 Nitrogen Nitrate (Colorimetric Brucine)
Sulfatos		EPA Method 375.4 1999 Sulfate (Turbidimetric)

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procesa Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INFORME DE ENSAYO NO. IE0025 – 20

Cliente	:	TECHMED S.A.C.
Dirección	:	AV. LA MOLINA NRO 2830 INT. C-9 URB. EL SAUCE DE LA RINCONADA LIMA- LIMA- LA MOLINA
Producto Declarado	:	Agua de Osmosis
Código /Marca del Producto	:	M-01.
Cantidad de Muestra recepcionada	:	250 mL. aprox.
Presentación	:	Frascos de vidrio estéril.
Procedencia de Producto	:	Hospital Carlos Alberto Seguín Escobedo
Fecha de Producción	:	No Aplica.
Fecha de Vencimiento	:	No Aplica.
Muestreado por	:	Personal Técnico de Procein Perú S.A.C.
Acta de Muestreo N°	:	AM0009-20
Lugar de Muestreo	:	Planta de tratamiento de Agua Osmosis
Punto de Muestreo	:	Salida de ósmosis
Norma de Muestreo	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART-9060 A, COLLECTION
Fecha y Hora de Muestreo	:	21 / Abril / 2020 Hora: 10:20 h.
Fecha de Ingreso de la Muestra	:	21 / Abril / 2020
Condiciones de Recepción de la Muestra	:	En Cooler refrigeradas.
Fecha de inicio de Análisis	:	21 / Abril / 2020
Fecha de término de Análisis	:	04 / Mayo / 2020
Código de Laboratorio	:	L0021-20

Arequipa, 05 de Mayo del 2020

Karen Zapana Peláez
Analista de Laboratorio
PROCEIN PERÚ S.A.C.

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INFORME DE ENSAYO NO. IE0025 – 20

Análisis Microbiológico

ENSAYO	UNIDAD	LC	LD	RESULTADO
Recuento de Bacterias Heterótrofas.	UFC/ml.	1	---	1

Abreviaturas:
UFC/mL = Unidades Formadoras de Colonias por mililitro
LD = Límite de detección.
LC = Límite de cuantificación.

Métodos:

Recuento de Bacterias Heterotróficas	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9215 B, 22nd Ed. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate Method (Método de Ensayo Acreditado)

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procesa Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INFORME DE ENSAYO NO. IE0026 - 20

Cliente	:	TECHMED S.A.C.
Dirección	:	AV. LA MOLINA NRO 2830 INT. C-9 URB. EL SAUCE DE LA RINCONADA LIMA- LIMA- LA MOLINA
Producto Declarado	:	Agua de Osmosis
Código /Marca del Producto	:	M-02.
Cantidad de Muestra recepcionada	:	250 mL. aprox.
Presentación	:	Frasco de vidrio estéril.
Procedencia de Producto	:	Hospital Carlos Alberto Seguín Escobedo
Fecha de Producción	:	No Aplica.
Fecha de Vencimiento	:	No Aplica.
Muestreado por	:	Personal Técnico de Procein Perú S.A.C.
Acta de Muestreo N°	:	AM0009-20
Lugar de Muestreo	:	Block B sala de tratamiento.
Punto de Muestreo	:	Anillo de recirculación de retorno.
Norma de Muestreo	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART-9060 A, COLLECTION
Fecha y Hora de Muestreo	:	21 / Abril / 2020 Hora: 10:30 h.
Fecha de Ingreso de la Muestra	:	21 / Abril / 2020
Condiciones de Recepción de la Muestra	:	En Cooler refrigeradas.
Fecha de inicio de Análisis	:	21 / Abril / 2020
Fecha de término de Análisis	:	04 / Mayo / 2020
Código de Laboratorio	:	L0022-20

Arequipa, 05 de Mayo del 2020

Karen Zapana Peláez
Analista de Laboratorio
PROCEIN PERÚ S.A.C.

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INFORME DE ENSAYO NO. IE0026 - 20

Análisis Microbiológico

ENSAYO	UNIDAD	LC	LD	RESULTADO
Recuento de Bacterias Heterótrofas.	UFC/ml.	1	---	1

Abreviaturas:
UFC/mL = Unidades Formadoras de Colonias por mililitro
LD = Límite de detección.
LC = Límite de cuantificación.

Métodos:

Recuento de Bacterias Heterotróficas	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9215 B, 22nd Ed. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate Method (Método de Ensayo Acreditado)

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Proceín Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PROTEIN PERU

COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA VIGENTE
N° C0021/20

Producto declarado	:	M:01 Agua de Osmosis
Cliente	:	TECHMED S.A.C.

REQUISITOS DEL CLIENTE

REQUISITO	UNIDAD	Valores Máx. Admisibles
Aluminio	mg/L	0.01
Cobre	mg/L	0.1
Fluoruro	mg/L	0.2
Plomo	mg/L	0.005
Nitrato (como N)	mg/L	2
Sulfato	mg/L	100
Zinc	mg/L	0.1
Calcio	mg/L	2 (0.05 mmol/l)
Magnesio	mg/L	4 (0.15 mmol/l)
Potasio	mg/L	8 (0.20 mmol/l)
Sodio	mg/L	70 (3.00 mmol/l)
Antimonio	mg/L	0,006
Arsénico	mg/L	0,005
Bario	mg/L	0,1
Berilio	mg/L	0,0004
Cadmio	mg/L	0,001
Cromo	mg/L	0,014
Mercurio	mg/L	0,0002
Selenio	mg/L	0,09
Plata	mg/L	0,005
Talio	mg/L	0,002

Abreviaturas:
mg/L = miligramos por litro

FUENTE: ISO 23500 NTERNATIONAL STANDARD
(Guidance for the preparation and quality management of fluids for hemodialysis and related therapies

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

COMPARACIÓN

REQUISITO	UNIDAD	Valores Máx. Admisibles
Aluminio	mg/L	Cumple
Cobre	mg/L	Cumple
Fluoruro	mg/L	Cumple
Plomo	mg/L	Cumple
Nitrato (como N)	mg/L	Cumple
Sulfato	mg/L	Cumple
Zinc	mg/L	Cumple
Calcio	mg/L	Cumple
Magnesio	mg/L	Cumple
Potasio	mg/L	Cumple
Sodio	mg/L	Cumple
Antimonio	mg/L	Cumple
Arsénico	mg/L	Cumple
Bario	mg/L	Cumple
Berilio	mg/L	Cumple
Cadmio	mg/L	Cumple
Cromo	mg/L	Cumple
Mercurio	mg/L	Cumple
Selenio	mg/L	Cumple
Plata	mg/L	Cumple
Talio	mg/L	Cumple
Bacterias heterotróficas	UFC/mL.	Cumple

Abreviaturas:
mg/L = miligramos por litro
UFC/m L = Unidades formadoras de Colonia por Mililitro.

Comentario Final:

Los parámetros analizados muestran valores por debajo de los niveles máximos permisibles para **M: 01 Agua de Osmosis**, por lo que la muestra **CUMPLE** con estos requisitos analizados de la Fuente en contraste.

Arequipa, 05 de Mayo del 2020

Procein Perú S.A.C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA VIGENTE
N° C0023/20

Producto declarado	:	M – 02 Agua de Osmosis
Cliente	:	TECHMED S.A.C.

REQUISITOS DEL CLIENTE

REQUISITO	UNIDAD	Valores Máx. Admisibles
Bacterias heterotróficas	UFC/mL.	100

Abreviaturas:
mg/L = miligramos por litro
UFC/mL. = Unidades Formadoras de Colonia por mililitro de muestra

FUENTE: ISO 23500 NTERNATIONAL STANDARD
(Guidance for the preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies

COMPARACIÓN

REQUISITO	UNIDAD	EVALUACION CON LA NORMA
Bacterias heterotróficas	UFC/mL.	Cumple

Abreviaturas:
Mg/L = miligramos por litro

Comentario Final:

El parámetro analizado muestra valores por debajo de los niveles máximos permisibles para **M – 02 Agua de Osmosis**, por lo que la muestra **CUMPLE** con estos requisitos analizados de la Fuente en contraste.

Arequipa, 05 de Mayo del 2020

Procein Perú S.A.C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA VIGENTE
N° C0022/20

Producto declarado	:	M – 01 Agua de Osmosis
Cliente	:	TECHMED S.A.C.

REQUISITOS DEL CLIENTE

REQUISITO	UNIDAD	Valores Máx. Admisibles
Bacterias heterotróficas	UFC/mL.	100

Abreviaturas:
UFC/mL. = Unidades Formadoras de Colonia por mililitro de muestra

FUENTE: ISO 23500 NTERNATIONAL STANDARD
(Guidance for the preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies

COMPARACIÓN

REQUISITO	UNIDAD	EVALUACION CON LA NORMA
Bacterias heterotróficas	UFC/mL.	Cumple

Abreviaturas:
UFC/m L = Unidades formadoras de Colonia por Mililitro.

Comentario Final:

El parámetro analizado muestra valores por debajo de los niveles máximos permisibles para **M – 01 Agua de Osmosis**, por lo que la muestra **CUMPLE** con estos requisitos analizados de la Fuente en contraste.

Arequipa, 05 de Mayo del 2020

Procein Perú S.A.C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 6: INFORME DEL ENSAYO FÍSICO QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL AGUA MODO AUTOMATICO. A CARGO DE LA EMPRESA PROCEIN PERU SAC.

INFORME DE ENSAYO NO. IE0034-20

Cliente	:	TECHMED S.A.C.
Dirección	:	AV. LA MOLINA NRO 2830 INT. C-9 URB. EL SAUCE DE LA RINCONADA LIMA- LIMA- LA MOLINA
Producto Declarado	:	Agua de Osmosis
Código /Marca del Producto	:	M-01.
Cantidad de Muestra recepcionada	:	750 mL. aprox.
Presentación	:	Frascos de plástico de primer uso.
Procedencia de Producto	:	Hospital Carlos Alberto Seguín Escobedo
Fecha de Producción	:	No Aplica.
Fecha de Vencimiento	:	No Aplica.
Muestreado por	:	Personal Técnico de Procein Perú S.A.C.
Acta de Muestreo N°	:	AM0011-20
Lugar de Muestreo	:	Planta de tratamiento de Agua Osmosis
Punto de Muestreo	:	Salida de ósmosis
Norma de Muestreo	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART-9060 A, COLLECTION
Fecha y Hora de Muestreo	:	15 / Junio / 2020 Hora: 15:18 h.
Fecha de Ingreso de la Muestra	:	15 / Junio / 2020
Condiciones de Recepción de la Muestra	:	En Cooler refrigeradas.
Fecha de inicio de Análisis	:	15 / Junio / 2020
Fecha de término de Análisis	:	20 / Junio / 2020
Código de Laboratorio	:	L0029-20

Arequipa, 22 de Junio del 2020

Karen Zapana Peláez
Analista de Laboratorio
PROCEIN PERÚ S.A.C.

INF-F-001	01-01-20	Ed.: 04

Página 1 de 2

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INFORME DE ENSAYO NO. IE0034-20

Análisis Fisicoquímico

ENSAYO	UNIDAD	LC	LD	RESULTADO
Cloramina	mg/L de Cl_2	0.04	---	0.04
Potasio Total	mg/L	0.13	0.04	<0.1
Sodio Total	mg/L	0.019	0.006	<0.1

Abreviaturas:
mg/L = miligramos por litro = Partes por millón.
LD = Límite de detección.
LC = Límite de cuantificación

Métodos:

Cloramina (Mono)	:	S.M. 4500-Cl 1995. Hach 10171 Indophenol Method.
Sodio (Na)	:	S. M. Standart Method 3500-Na-B Flame Emission Fotometric Method
Potasio (K)	:	S. M. Standart Method 3500-K-B Flame Emission Fotometric Method

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INFORME DE ENSAYO NO. IE0036 - 20

Cliente	:	TECHMED S.A.C.
Dirección	:	AV. LA MOLINA NRO 2830 INT. C-9 URB. EL SAUCE DE LA RINCONADA LIMA- LIMA- LA MOLINA
Producto Declarado	:	Agua de Osmosis
Código /Marca del Producto	:	M-02.
Cantidad de Muestra recepcionada	:	250 mL. aprox.
Presentación	:	Frasco de vidrio estéril.
Procedencia de Producto	:	Hospital Carlos Alberto Seguín Escobedo
Fecha de Producción	:	No Aplica.
Fecha de Vencimiento	:	No Aplica.
Muestreado por	:	Personal Técnico de Procein Perú S.A.C.
Acta de Muestreo N°	:	AM0011-20
Lugar de Muestreo	:	Block B sala de tratamiento.
Punto de Muestreo	:	Anillo de recirculación de retorno.
Norma de Muestreo	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART-9060 A, COLLECTION
Fecha y Hora de Muestreo	:	15 / Junio / 2020 Hora: 15:25 h.
Fecha de Ingreso de la Muestra	:	15 / Junio / 2020
Condiciones de Recepción de la Muestra	:	En Cooler refrigeradas.
Fecha de inicio de Análisis	:	15 / Junio / 2020
Fecha de término de Análisis	:	20 / Junio / 2020
Código de Laboratorio	:	L0030-20

Arequipa, 22 de Junio del 2020

Karen Zapana Peláez
Analista de Laboratorio
PROCEIN PERÚ S.A.C.

INF-F-001	01-01-20	Ed.: 04

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INFORME DE ENSAYO NO. IE0036 - 20

Análisis Microbiológico

ENSAYO	UNIDAD	LC	LD	RESULTADO
Recuento de Bacterias Heterótrofas.	UFC/ml.	1	---	2

Abreviaturas:
UFC/mL = Unidades Formadoras de Colonias por mililitro
LD = Límite de detección.
LC = Límite de cuantificación.

Métodos:

Recuento de Bacterias Heterotróficas	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9215 B, 22nd Ed. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate Method (Método de Ensayo Acreditado)

Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de Procein Perú S.A.C.
Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayo.
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA VIGENTE
N° C0031/20

Producto declarado	:	M – 01 Agua de Osmosis
Cliente	:	TECHMED S.A.C.

REQUISITOS DEL CLIENTE

REQUISITO	UNIDAD	Valores Máx. Admisibles
Potasio	mg/L	8 (0.20 mmol/l)
Sodio	mg/L	70 (3.00 mmol/l)

Abreviaturas:
mg/L = miligramos por litro
UFC/mL. = Unidades Formadoras de Colonia por mililitro de muestra

FUENTE: ISO 23500 NTERNATIONAL STANDARD
(Guidance for the preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies

COMPARACIÓN

REQUISITO	UNIDAD	Valores Máx. Admisibles
Potasio	mg/L	Cumple
Sodio	mg/L	Cumple

Abreviaturas:
mg/L = miligramos por litro
UFC/m L = Unidades formadoras de Colonia por Mililitro.

Comentario Final:

Los parámetros analizados muestran valores por debajo de los niveles máximos permisibles para **M-01 Agua de Osmosis**, por lo que la muestra **CUMPLE** con estos requisitos analizados de la Fuente en contraste.

Arequipa, 22 de Junio del 2020

Procein Perú S.A.C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA VIGENTE
Nº C0032/20

Producto declarado	:	M – 01 Agua de Osmosis
Cliente	:	TECHMED S.A.C.

REQUISITOS DEL CLIENTE

REQUISITO	UNIDAD	Valores Máx. Admisibles
Bacterias heterotróficas	UFC/mL.	100

Abreviaturas:
UFC/mL. = Unidades Formadoras de Colonia por mililitro de muestra

FUENTE: ISO 23500 NTERNATIONAL STANDARD
(Guidance for the preparation and quality management of fluids for haemodialysis and related therapies

COMPARACIÓN

REQUISITO	UNIDAD	EVALUACION CON LA NORMA
Bacterias heterotróficas	UFC/mL.	Cumple

Abreviaturas:
UFC/m L = Unidades formadoras de Colonia por Mililitro.

Comentario Final:

El parámetro analizado muestra valores por debajo de los niveles máximos permisibles para **M – 01 Agua de Osmosis**, por lo que la muestra **CUMPLE** con estos requisitos analizados de la Fuente en contraste.

Arequipa, 22 de Junio del 2020

Procein Perú S.A.C.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis