

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

Ingeniería Electrónica

Proyecto de graduación para optar por el
grado académico de Bachiller en Ingeniería
Electrónica

Construcción de un sistema automatizado
de respaldo para un módulo de filtración
de agua tipo grado hospitalario

Estudiante:

Christian Segura Arce

Tutor:

Ing. José Alejandro Rojas López

Abril - 2017

CARTA DEL TUTOR



CARTA DEL TUTOR

San José, 16 de Abril de 2017

*Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana*

Estimado señor:

El estudiante **Christian Segura Arce**, cédula de identidad número **110370174**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **Construcción de un sistema automatizado de respaldo para un módulo de filtración de agua tipo grado hospitalario**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Electrónica.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

Tabla 1 Calificación del proyecto

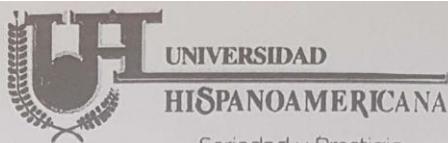
#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a)	Original del tema	10%	8%
b)	Cumplimiento de entrega de avances	20%	15%
c)	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación	30%	28%
d)	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones	20%	20%
e)	Calidad, detalle del marco teórico	20%	20%
TOTAL:		100%	91%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Ing. José Alejandro Rojas López
Cédula identidad 1 1079 0035
Carné Colegio Profesional N°: IEL-15888

DECLARACIÓN JURADA



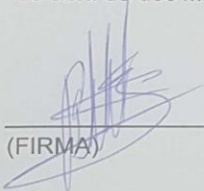
UNIVERSIDAD
HISPANOAMERICANA

1

Seriedad y Prestigio

DECLARACIÓN JURADA

Yo Christian Segura Arce, cédula de identidad número 1-1037-0174, en condición de egresado de la carrera de Ingeniería en Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, y advertido de las penas con las que la ley castiga el falso testimonio y el perjurio, declaro bajo la fe del juramento que dejo rendido en este acto, que: A) mi trabajo de graduación, para optar por el título de Bachiller en Ingeniería Electrónica titulado " (Construcción de un sistema automatizado de respaldo para un módulo de filtración de agua tipo grado hospitalario)" es una obra original y para su realización he respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derechos de Autor y Derecho Conexos, número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; especialmente el numeral 70 de dicha ley en el que se establece: *"Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original"*. B) conozco y acepto que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público) conozco los reglamentos y procedimientos que rigen la modalidad de Proyectos y acepto los términos de estos. Firmo, en fe de lo anterior, en la ciudad Llorente de Tibás, el dieciocho de abril de dos mil diecisiete.



(FIRMA)

Christian Segura Arce

NOMBRE COMPLETO.

CARTA DEL LECTOR



CARTA DEL LECTOR

San José, 17 de mayo del 2017

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

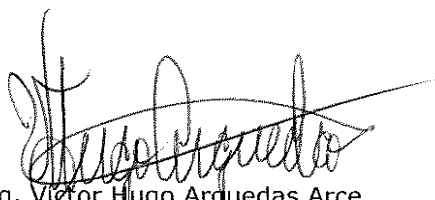
Estimado señor:

El estudiante Christian Segura Arce, cédula de identidad número 1-1037-0174, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "*Construcción de un sistema automatizado de respaldo para un módulo de filtración de agua tipo grado hospitalario*", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,



Ing. Víctor Hugo Arguedas Arce
Cédula de identidad: 106690138
Carné colegio profesional: IE-6285

CARTA DE LA FILÓLOGA

LICDA. ELVIA FERNÁNDEZ MORALES
FILÓLOGA UCR
SAN RAMÓN, ALAJUELA TEL. 2-447 1581 8-825- 3794
elviafz@gmail.com
C.2312338 COL. LIC. Y PROF

CONSTANCIA DE REVISIÓN FILOLÓGICA DE TESIS

La suscrita, Licenciada en Filología Española, ELVIA FERNÁNDEZ MORALES, hace constar que efectuó la revisión filológica del documento denominado, **CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RESPALDO PARA UN MÓDULO DE FILTRACIÓN DE AGUA TIPO GRADO HOSPITALARIO**. Este consiste en un INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA. El postulante es CHRISTIAN SEGURA ARCE.

Al respecto, indica que luego de efectuadas las correcciones necesarias, dicho documento se encuentra listo para su presentación y disertación, pues se ajusta a las normas gramaticales y ortográficas establecidas y a la modalidad de discurso, correspondiente a su especialidad.

Dado en San Ramón, Alajuela, Costa Rica, el veintitrés de mayo de dos mil diecisiete, a solicitud del interesado y para los efectos administrativos pertinentes.



Licda. Elvia Fernández Morales
Carné COLYPRO 2312338

ACTA DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

AGRADECIMIENTOS

Primordialmente quiero expresar un profundo agradecimiento a Dios y a mi familia quienes me han ayudado a mantenerme firme y no decaer durante todo este proceso de mi formación profesional y también a la institución, puesto que me ha brindado la oportunidad de llevar a cabo este proyecto de graduación y por el apoyo otorgado a lo largo de mis estudios.

También se les agradece a todas las demás personas quienes, muy cordialmente, han ayudado en alguna de las etapas de este proyecto, lo cual ha permitido llevarlo a buen término

Un especial agradecimiento a un amigo que ya no nos acompaña Alberto Pérez Durán conocido como 'beto' quien fuese un gran compañero y amigo.

“La gratitud es la memoria del corazón”. Joseph Wood Krutch

CONTENIDO

CARTA DEL TUTOR.....	ii
Declaración Jurada	iii
Carta del Lector.....	iv
Carta de la filóloga	v
Acta del tribunal calificador.....	vi
Agradecimientos.....	vii
CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xv
Índice de abreviaturas	xv
CAPÍTULO I.	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 Introducción.....	18
1.2 ANTECEDENTES DEL CONTEXTO DE LA EMPRESA	19
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	20
1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	21
1.5 Objetivos	22
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	22
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22

1.6 Alcances y limitaciones	23
1.6.1 ALCANCES	23
1.6.2 LIMITACIONES.....	24
CAPÍTULO II.	27
MARCO TEÓRICO.....	27
2.1 Marco conceptual.....	28
2.1.1 COMPONENTES ACTIVOS	28
2.1.2 COMPONENTES PASIVOS	28
2.1.3 CIRCUITOS ELECTRÓNICOS	29
2.1.4 PHP	30
2.1.5 SENSOR MEDIDOR DE FLUJO DE AGUA	31
2.1.6 PPM/TDS SENSOR.....	32
2.1.8 MÓDULO DE FILTRACIÓN TXF	33
2.1.9 BOMBA AQUATHIN	34
2.1.10 TANQUE DE AGUA.....	35
2.1.11 MANGUERA PARA AGUA	36
2.1.12 MANÓMETROS.....	37
2.2 Marco de la gestión de proyectos	38
2.2.1 MANTENIMIENTO.....	38
2.2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	38
2.2.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	39
2.2.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	39
2.2.5 ARDUINO	40
2.2.6 MÓDULOS PARA ARDUINO	42
2.2.7 MODULO ARDUINO GSM	43
2.2.8 THINGSPEAK.....	44
2.2.9 MÓDULO DE RELAY DE ARDUINO:.....	45
2.2.10 FILTRACIÓN DE PROTECCIÓN.....	46
2.2.11 LA CORROSIÓN DE PUNTO Y SUS PELIGROS	47
2.2.12 EFECTO HALL	48
2.3 IMPACTO DEL PROYECTO.....	50

2.3.1 ASPECTO SOCIAL.....	50
2.3.2 EN LA INSTITUCIÓN.....	50
2.3.3 PROVEEDOR ACTUAL DEL SERVICIO.....	50
2.3.4 DIFERENCIA ENTRE FILTRRACIÓN Y PURIFICACIÓN DE AGUA	51
2.3.5 LA QUÍMICA CLÍNICA	57
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	62
2.4.1 LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO	62
CAPÍTULO III.....	63
MARCO METODOLÓGICO	63
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	64
3.1.1 FINALIDAD	64
3.1.2 DIMENSIÓN TEMPORAL	66
3.1.3 MARCO	68
3.1.4 NATURALEZA	69
3.1.5 CARÁCTER.	70
3.2 Diseño metodológico.....	75
3.2.2. METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DE PROYECTO	75
3.2.3 METODOLOGÍA DE CONTROL.....	76
CAPÍTULO IV	77
MARCO METODOLÓGICO	77
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	78
4.2 Objetivos de las actividades.....	85
4.2.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	85
4.2.2 INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	85
4.3.1 DESARROLLO DE PROTOTIPO	92
CAPÍTULO V	95
MARCO METODOLÓGICO	95
5.1 Selección de la propuesta	96

5.2 detalle de la propuesta	97
5.2.1 Construcción de la estructura para la maqueta	98
5.2.2 Proceso de armado de hidráulica y fabricación de partes	100
5.2.3 Interconexión eléctrica de las partes.....	106
5.2.4 Utilización del servidor en línea (ThingSpeak)	114
5.2.5 Aplicación para la visualización de <i>ThingSpeak</i>	115
5.2.6 Programación del sistema automatizado	116
5.2.6.1 Diagrama de flujo etapa de Inicio (Setup).....	117
5.2.6.2 Diagrama de flujo etapa de (Flush).....	120
5.2.6.3 Diagrama de flujo etapa de <i>Loop</i>	123
5.3.1 Costos de implementación.....	129
5.3.2 Evaluación de costos y beneficios de un sistema de respaldo.	130
5.3.3 Flujo de efectivo.....	137
Capítulo VI.....	140
Conclusiones y recomendaciones.....	140
6.1 Conclusiones.....	141
6.3 Recomendaciones	143
Bibliografía	145
Anexos	149
Lista de Anexos	150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Circuito Electronico	30
Figura 2 Sensor de Flujo	32
Figura 3 Sensor PPM / TDS.....	33
Figura 4 Sistema de filtración TXF.	34
Figura 5 Bomba de presión de agua.	35
<i>Figura 6 Tanque presurizado de agua.</i>	<i>36</i>
Figura 7 Manguera para agua.....	37
Figura 8 Manómetro de presión de agua.	37
Figura 9 Placa Arduino Mega.....	41
Figura 10 Arduino Shields.	42
Figura 11 Manómetro de presión de agua.	44
Figura 12 Página principal del servidor Web.....	45
Figura 13 Módulos para Arduino.	46
Figura 14 Efecto Hall.....	49
Figura 15 Proceso de la Osmosis Inversa.....	55
Figura 16 Composición de una membrana osmosis inversa.....	57
Figura 17 Sistema de filtración de Agua Aquathin.....	79
Figura 18 <i>Diagrama de flujo reporte de falla y solución de problema.....</i>	<i>82</i>
Figura 19 Diagrama general para la elaboración	93
Figura 20 Plano de la estructura metálica.	99
Figura 21 Elaboración de maqueta.	99
Figura 22 <i>Elaboración de maqueta.</i>	<i>100</i>
Figura 23 Elaboración de manifold.....	101
Figura 24 Elaboración de maqueta.	102
Figura 25 <i>Elaboración de maqueta.</i>	<i>102</i>
Figura 26 <i>Elaboración de maqueta.</i>	<i>103</i>
Figura 27 <i>Elaboración de maqueta.</i>	<i>103</i>
Figura 28 Diagrama de la hidráulica del sistema.....	105
Figura 29. Modulo de Reles	107

Figura 30 Arduino Mega y Shield GSM/GPRS.	108
Figura 31 Sensores del sistema.	109
Figura 32 Pantalla TFT y Buzzer tipo Activo.	110
Figura 33 Elaboración de maqueta.	111
Figura 34 Elaboración de maqueta.	111
Figura 35 Diagrama eléctrico.	113
Figura 36 (ThingSpeak).....	114
Figura 37 <i>Aplicación para la conexión a (ThingSpeak)</i>	116
Figura 38 Diagrama de Flujo del (Setup) código de programación.	118
Figura 39 Código de programación de la sección de (Setup).	119
Figura 40 Diagrama de Flujo del (Flush) código de programación.....	121
Figura 41 Código de programación de la sección de (Setup).	122
Figura 42 Diagrama de Flujo del (Loop) código de programación.....	124
Figura 43 Código de programación de la sección de (Loop).....	125
Figura 44 Código de programación de la sección de (Loop).....	126
Figura 45 Diagrama de flujo Completo de la Programación.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de Química Clínica.....	58
Tabla 2 Análisis de proceso actual.....	83
Tabla 3 Costo de implementación materiales.....	129
Tabla 4 Costos indirectos de fabricación.....	131
Tabla 5 Procesos de los costos indirectos	132
Tabla 6 Resumen de costos y márgenes	133
Tabla 7 Costos Beneficios calculados en dos visitas a Tony Facio de Limón para realizar la reparación del sistema de agua.....	134
Tabla 8 Beneficios y contras de un sistema de respaldo automatizado	135

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Resultado de encuesta pregunta #1	86
Gráfico 2 Resultado de encuesta pregunta #2	86
Gráfico 3 Resultado de encuesta pregunta #3	87
Gráfico 4 Resultado de encuesta pregunta #4	88
Gráfico 5 <i>Resultado de encuesta pregunta #5</i>	88
Gráfico 6 Resultado de encuesta pregunta #6	89
Gráfico 7 Resultado de encuesta pregunta #7	89
Gráfico 8 Resultado de encuesta pregunta #8	90
Gráfico 9 Resultado de encuesta pregunta #9	91

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Valor actual neto	129
Ecuación 2: Tasa interna de retorno	131
Ecuación 3: Tasa interna de retorno despejada	131

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (Memoria de sólo lectura Eléctricamente programable y borrrable).

GND: Ground (Tierra).

HMI: Human Machine Interface (Interfaz hombre-máquina).

LCD: Liquid Crystal Display (Pantalla de cristal líquido).

LED: Light-Emitting Diode (diodo emisor de luz).

MAC: Media Access Control (Control de acceso a medios).

MB: Megabyte.

MISO: Master Input Slave Output (Maestro de salida, esclavo de entrada).

MMC: Multi Media Card (Tarjeta multimedia).

MOSI: Master Output Slave Input (Entrada de esclavo, salida maestra).

PIN: Personal Identification Number(Número de identificación personal).

RAM: Random Access Memory (memoria de acceso aleatorio).

SCLK: Serial clock (Reloj serial).

SD: Secure Digital (seguro digital).

SDA: SD Association (Asociación de Tarjetas SD).

SDHC: Secure Digital High Capacity (Seguro digital de alta capacidad).

SPI: Serial Peripheral Interface (Interfaz Periférica Serial).

SRAM: Static Random Access Memory (Memoria estática de acceso aleatorio).

SS: Slave Select (Selector de esclavo).

TFT: Thin Film Transistor (transistor de películas finas).

V: Volt (Voltio).

VCC: Continuous current voltage (Voltaje Corriente Continua).

EMO: Emergency stop (botón de parada de emergencia)

IC: Integrated Circuit (Circuito integrado).

TIR:Tasa interna de retorno.

VAN: Valor Actual Neto.

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCIÓN

Al trabajar por más de 10 años para una empresa que ofrece al mercado nacional, tanto público como privado, la venta de máquinas para el análisis de química clínica se ha podido observar los inconvenientes con el suministro de agua que estas máquinas utilizan para su correcto funcionamiento. En la actualidad los sistemas de filtración utilizados no cuentan con un método automatizado de respaldo que le permita a estos aparatos seguir funcionando después de que sus consumibles han alcanzado su vida útil; este hecho provoca que dichas máquinas se detengan, lo cual genera una cadena de consecuencias.

Al respecto, esas consecuencias comienzan por el problema que genera el que un paciente no pueda contar con sus análisis clínicos previo a sus citas médicas y que a su vez estas deban de ser reprogramadas, ello incrementa los costos para la institución y para el paciente al tener que tomar de su tiempo laboral o personal para regresar al centro de atención, en la mayoría de los casos, otro día, para realizarse sus análisis; otros afectados son los pacientes hospitalizados con análisis preoperatorios y postoperatorios y los de las salas de urgencias que no se podrán realizar análisis de química hasta que se restablezcan los servicios.

También a nivel laboral interno de la institución, podrán darse inconvenientes como contar con el personal sin que pueda realizar sus actividades normales lo cual se convertirá en un recargo de funciones para un siguiente turno o el pago de horas extras con el propósito de realizar las labores rezagadas durante el tiempo en que las máquinas estuvieron detenidas por la falta de agua; asimismo, el proveedor del servicio de reparación de los sistemas de agua tendrá que programar una visita

correctiva de urgencia al lugar donde se presenta el daño, esto implica mandar a un ingeniero a realizar la reparación con los costos que esto implica, principalmente en la zonas rurales.

Se suman los retrasos en los tiempo de transporte y el peligro que significa el transporte en horarios nocturnos, con el propósito de hacer la reparación y poner de nuevo el sistema de agua a funcionar y a su vez restablecer el suministro de agua a las máquinas de análisis de química que lo utilizan; por estas razones se tomó la decisión de construir y diseñar un sistema automatizado que funcione como respaldo en el momento en que se presente el daño y con ello evitar los inconvenientes mencionados.

1.2 ANTECEDENTES DEL CONTEXTO DE LA EMPRESA

En la actualidad el mercado de los sistemas de filtración de agua presenta variedad de opciones para la filtración de agua; pese a que existen diversos proveedores de sistemas de filtración, son pocos los que logran cumplir con las características que se requieren para proveer la calidad de agua y las características de mantenimiento a bajo costo que sean rentables para las compañías.

Estas características establecidas por los fabricantes de las máquinas utilizadas para el análisis de la química clínica del país obliga a la búsqueda de sistemas con altos estándares de calidad, razón por la que las diferentes compañías del país han establecido la marca Aquathin como el referente en calidad y mantenimiento por excelencia; actualmente este es el sistema filtración de agua más

utilizado en el país por todos los proveedores de la CCSS, incluso en las máquinas de análisis de química clínica.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente en los hospitales, clínicas públicas y privadas de Costa Rica, se consume de manera continua agua de sistemas de filtración grado hospitalaria para ser utilizada en el análisis de química clínica por las máquinas automatizadas encargadas de este proceso; la situación actual con este sistema de filtración es que no cuenta con un respaldo, que le permita seguir funcionando aun cuando se desgasten los filtros, esto implica el traslado de personal técnico calificado de la empresa que presta los servicios, desde el área metropolitana hasta los diferentes hospitales y clínicas a lo largo de todo el país, para que se encarguen de reemplazar de urgencia los filtros desgastados, lo cual pone en riesgo la atención de salud primaria a los asegurados de la Caja Costarricense del Seguro Social y a los usuarios del sector privado, al no poder ser atendidos y diagnosticados en el momento de su carencia de salud.

A su vez se estaría realizando la optimización en el uso de los filtros de agua que se desgastan ya que no tendrá que implementar un programa de mantenimiento preventivo que obligue al recambio de filtros de manera programada, aun cuando estos no hayan agotado su vida útil; de forma contraria si se cuenta con un sistema de respaldo con la capacidad de notificar cuando la vida útil se ha alcanzado al máximo, prevendría el error de la máquinas detenidas y se estarían optimizando los recursos..

1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente no se cuenta con un sistema de respaldo automatizado para los sistemas de filtración de agua, grado hospitalario, utilizados en las máquinas de análisis de química clínica, el cual integre nuevas tecnologías para su control, además que sea fácil de diagnosticar, en caso de fallos y pueda ser adaptado con facilidad a la base instalada actualmente.

Con este sistema de respaldo se pretende evitar que las máquinas que realizan los análisis de química clínica se vean afectadas en su funcionamiento y se detengan en su procesamiento de muestras de pacientes, a causa de la disminución del caudal de producción de los sistemas de filtración de agua por parte de los mecanismos de filtración que se encuentran instalados en estas en las diferentes clínicas de hospitales y del país.

Esto crea la necesidad de: *¿Cuál será el mejor proceso para diseñar sistema automatizado de respaldo para un sistema de filtración de agua el cual permita reducir la frecuencia de paro de las máquinas utilizadas en el análisis de química clínica en los centros de sistema del primer y segundo nivel de atención hospitalaria en Costa Rica. Y luego diseñar y construir un procedimiento adecuado que satisfaga la necesidad a largo y corto plazo?*

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar la problemática generada, al no contar con un sistema de respaldo automatizado que reduzca la frecuencia de paro de los sistemas de filtración agua marca Aquathin modelo (TXF100) y que a su vez detiene las máquinas de análisis química clínica, ubicadas en los centros de primer y segundo nivel de atención hospitalaria en Costa Rica, debido a la baja producción de agua filtrada a través de sus membranas de osmosis inversa de dicho sistema de filtración.
- Construir un sistema automatizado de respaldo para un sistema de filtración de agua, a través de la utilización de un microcontrolador tipo Arduino, para reducir la frecuencia de paro de las máquinas utilizadas para el análisis de química clínica de los centros de sistema del primer y segundo nivel de atención hospitalaria en Costa Rica. Debido a la baja producción de agua filtrada a través de sus membranas de osmosis inversa de dicho sistema de filtración.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una herramienta para establecer las características técnicas necesarias para reducir la problemática generada por el paro de los sistemas de filtración agua.

- Consultar con diferentes proveedores del servicio de reparación de los sistemas de filtración de agua, las mejoras técnicas que se puedan implementar para dar una solución tecnológica que sea novedosa y facilite el diagnóstico de la falla.
- Analizar a los distribuidores para Centroamérica y Sur América Hydrofiltración SA. sobre las mejoras tecnológicas que se recomienden para que sean implementada al sistema de respaldo.
- Determinar los elementos de diseño y adaptación que serán utilizados para la construcción de un sistema de filtración de respaldo.
- Diseñar un sistema que permita, de forma automatizada, el funcionamiento del sistema principal de producción de agua grado hospitalario, de manera que no se comprometa el servicio.
- Implementar el diseño del sistema de respaldo a un sistema real de filtración de agua grado hospitalario igual al utilizado actualmente y que realice todas las funciones planteadas en el diseño de respaldo.
- Realizar una evaluación de costos y beneficios de contar con un sistema de respaldo a los sistemas de filtración instalados actualmente en los hospitales de públicos de Costa Rica.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.6.1 ALCANCES

Se pretende construir un sistema de respaldo automatizado para los sistemas de filtración de agua grado hospitalario, utilizados en las máquinas de análisis de

química clínica, que permita realizar la puesta en marcha de otro sistemas de filtración con la mismas características al instalados de forma paralela y que no se vea afectado el proceso en el que es utilizado.

Se integraran nuevos parámetros de censado modernos que permitan evaluar mayor cantidad de variables en el sistema, mejorando y asegurando así la calidad y cantidad de agua filtrada por los sistemas.

Se instalará un módulo de comunicación de GSM, que realice las notificaciones al proveedor de servicio al momento de presentarse una falla en el sistema de filtración, garantizando que los servicios a los usuarios no se vean afectados.

Se instalará una alarma de tipo visual con indicaciones al usuario que le permita saber cuándo se presente alguna falla en el sistema de filtración de agua y que le facilite también notificar al proveedor del servicio; asimismo, se disponen las alarmas del sistema de forma alterna al módulo GSM, con un doble aseguramiento para el correcto funcionamiento del sistema.

1.6.2 LIMITACIONES

No se podrá implementar el dispositivo *Wifi* al sistema de respaldo para el almacenamiento de datos en un servidor web a raíz de la limitante de internet pública en los hospitales y clínicas.

No se adaptará un dispositivo de comunicación vía Bluetooth para la transferencia de datos entre una aplicación instalada en un teléfono inteligente y que se conecte al sistema de respaldo que le permitiese la descarga de los datos

recolectados en tiempo real, a causa de que no todos los usuarios de la zonas rurales y del gran área metropolitana cuentan con teléfonos inteligentes.

No se realizará la adaptación del sistema de respaldo a ningún otro sistema de filtración de agua que no sea el establecido para este proyecto, el cual el de marca Aquathin modelo TXF100, fue establecido para este proyecto al ser utilizado por los proveedores de este servicio.

Para la elaboración de este proyecto no se consideró la elaboración de un manual de usuario, la razón principal es que el producto de este proyecto está diseñado para ser implementado en un sistema cerrado de filtración de agua, donde el usuario solo contará con una pantalla de visualización de alarmas pero no podrá interactuar con el sistema ni tendrá acceso a modificar ningún parámetro.

Una de las características del sistema de filtración de agua en general es que este utiliza un procedimiento de censado para la conductividad; el sensor se instala en una etapa posterior de filtración, lo cual no es parte del propósito de ser cubierta para este proyecto, pero como una posible opción, se podría optar por incluir este sistema de censado al automatizado que propone este proyecto.

Durante la elaboración de este proyecto, no se consideró la necesidad de instalar un botón de parada de emergencia por sus siglas en inglés (EMO), el cual pueda desactivar todo el funcionamiento del sistema tanto para el principal como del respaldo

Después de analizar las diferentes tecnologías disponibles en mercado para la realización de este proyecto, se escogió la del sistema Arduino por su facilidad de

adaptación a los sensores utilizados, por la conveniencia de configuración al servidor *web* y programación para la utilización del módulo de GSM/GPRS; en contraparte a otros módulos como el *Raspberry*, que no presenta las características mencionadas.

Se optó por escoger solo la conexión tipo GSM/GPRS, para la elaboración de este proyecto, debido a la limitate de contar con los permisos de acceso a las redes de los hospitales, al ser esta de un alto grado de seguridad al manejar datos confidenciales de pacientes.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Para la elaboración de este proyecto se necesitaron conocimientos de ingeniería electrónica y, a su vez, del área de sistemas de filtración de agua utilizados en máquinas de análisis de química clínica utilizados comúnmente en el país, para así complementar satisfactoriamente la puesta en marcha y culminación del proyecto.

A continuación de manera cronológica con la realización del proyecto se presentan los conceptos teóricos de mayor relevancia.

2.1.1 COMPONENTES ACTIVOS

Existen dos tipos básicos de componentes, uno de ellos son los componentes activos, que según Octavio Ortega (Definición de electrónica, 2006) son capaces de generar una ganancia o permitir el control de señales eléctricas. En la actualidad los dispositivos activos son de material semiconductor, o sea que tienen propiedades de conductores eléctricos y también de aislantes eléctricos, con el fin de proveerles propiedades físicas de transporte y control de cargas eléctricas.

2.1.2 COMPONENTES PASIVOS

Los dispositivos pasivos conforman el segundo tipo básico de componentes que existen. Según Octavio Ortega (Definición de electrónica, 2006) al contrario que los activos, los componentes pasivos no proporcionan ganancia o control a los circuitos sobre las señales eléctricas, sino que su actuación se reduce a solo aportar sus propiedades eléctricas propias y pasivas de sí mismos o sea, sus valores solo pueden modificarse de manera mecánica.

2.1.3 CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Un circuito electrónico es un grupo de elementos electrónicos que se han conectado conjuntamente para transportar energía eléctrica y hacer control de la misma, pero para formarlo, los componentes tienen que estar conectados de cierta manera; asimismo, deben cumplir con la condición de que ellos tienen que formar al menos un camino cerrado para el paso de la corriente eléctrica.

Los circuitos que se encuentran en el mundo real suelen ser complejos por lo que, para su análisis, el circuito físico se modela matemáticamente, en el cual los componentes físicos son remplazados por elementos ideales. Los componentes son ideales porque representan el comportamiento del elemento físico de una manera simplificada utilizando ecuaciones matemáticas que simulan las magnitudes físicas que forman parte del comportamiento del elemento, con el fin de facilitar su estudio (Ruiz Vásquez, Arbelaitz Gallego, Etxeberria Uztarroz, & Ibarra Lasa, 2004, pág. 1).

Figura 1 Circuito Electronico



Fuente: http://www.superrobotica.com/Images/sr1_7big.jpg

En la figura 3 se muestra un circuito electrónico moderno en el cual todos los componentes están interconectados y permiten el control de la corriente eléctrica para realizar las funciones para el cual fue diseñado.

2.1.4 PHP

PHP acrónimo de (Hipertext Pre-processor) es un lenguaje de programación que se ejecuta de lado del servidor web, fue creado bajo la política de código abierto, es muy rápido, con una gran cantidad de librerías y documentación; al ser de código libre, a lo largo del tiempo ha tenido una gran cantidad de aportes de parte de otros desarrolladores, lo que lo ha convertido en un lenguaje muy completo y popular para aplicaciones web, permite desde cálculos matemáticos complejos hasta el tratamiento de conexiones de red y también ofrece compatibilidad con bases de datos entre ellas MySQL (Alvarez, Qué es PHP, 2001).

2.1.5 SENSOR MEDIDOR DE FLUJO DE AGUA

Sensor de flujo de agua consiste en un cuerpo de plástico de la válvula, un rotor de agua, y un sensor de efecto Hall. Cuando el agua fluye a través del rotor, rotor rollos. Sus cambios de velocidad con diferente velocidad de flujo. El sensor de efecto Hall da salida a la señal de pulso correspondiente.

Especificaciones:

- Flow range:0.3-10L/min
- Frequency: $F=23 * Q$ (L / Min) error: 2%
- Working voltage range: 3.5-12 VDC
- Pressure range: 0-0.8MPa
- Waterproof,Heat resistance,presure resistance,cold resistance.
- Easy to install
- Frequency: $F=23 * Q$ (L / Min) error: 2%
- Flow range:0.3-10L/min
- Suitable for 1/4" tube
- Maximum Consumption current:1.5 mA(DC 5V)
- Working voltage range:DC3.5-12V
- Operating Temp:0-80C,Operating humidity:35%-90%RH
- Pressure range: 0-0.8MPa Storage Temperature:-25-80C
- Storage humidity:25%-95%RH
- Output Waveform:Square Wave,output pulse singal.
- ROHS Compliant.

Figura 2 Sensor de Flujo



Fuente: <https://www.selloscope.com/bez/DIGITEN-14-Quick-Connect-03-10Lmin-Water-Hall-Effect/B01D44N41U>

2.1.6 PPM/TDS SENSOR

Sensor que monitoriza la obra agua de ósmosis inversa después de la filtración. Señal analógica conectada a Arduino o PLC. Presenta una retroalimentación de 5v desde el Arduino.

Especificaciones:

- Voltaje de operación: 5 – 15v
- Rango de medición: 0- 50ppm/TDS
- Exactitud: 2% error
- Temperatura de Compensación: No

Figura 3 Sensor PPM / TDS.



Fuente: <http://www.ebay.com/itm/Arduino-PPM-TDS-Sensor-/131973050330?hash=item1eba34efda:g:2-QAAOSw7WXNrRB>

2.1.8 MÓDULO DE FILTRACIÓN TXF

- Funciona a 24 voltios
- Utilización de un transformador compacto que aloja ya sea 110 o 220 voltios.
- Rango de presión de operación 40 a 100 PSI.
- La cantidad de agua purificada producida depende principalmente de su agua presión, temperatura, y la cantidad de Disueltos Totales Sólidos (TDS).
- Promedios normales de producción de hasta 170 litros por día.
- Max temperatura de operación: 40 – 100° F
- Rango de PH: 2.0 – 11.0

- Conductividad del agua D.I normal: $0.3\mu\text{S}/\text{cm}$
- Max nivel de TDS: 2000 ppm

Figura 4 Sistema de filtración TXF.



Fuente: <http://test.aquathin.co.za/aqualite.asp>

2.1.9 BOMBA AQUATHIN

Es una máquina generadora que transforma la energía con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Figura 5 Bomba de presión de agua.



Fuente: <https://www.amazon.com/Aquatec-Pressure-boost-8852-2J03-B423-100GPD/dp/B00A7ZV2GO>

2.1.10 TANQUE DE AGUA

El tanque de GWS All-Weather Pressure Tank está construido como un depósito de acero de la más alta calidad encapsulado por una cobertura de polipropileno de alto grado. La patente de la carcasa de PLASTIACERO genera una capa impenetrable de protección que escuda el tanque contra los más complicados elementos: Viento, lluvia, agua de nieve o inclusive el sol no son rivales para el All-Weather Pressure Tank, de esta manera lo hace la solución perfecta para aplicaciones marinas o de minería, así como para otro tipo de condiciones adversas.

- Capa exterior de polipropileno resistente
- 10 bar/150psi de presión

- Diseño de diafragma sencillo
- Revestimiento de polipropileno virgen
- Conexión de agua de acero inoxidable patentado
- Sello de O-Ring en la válvula de aire libre de fugas
- Libre de mantenimiento.

Figura 6 Tanque presurizado de agua.



Fuente: <http://www.waterfilters.net/aquathin-water-filters.html>

2.1.11 MANGUERA PARA AGUA

Es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Son fabricadas con polietileno de alta calidad lo cual permite una textura semirrígidas para su utilización y cumplen con todas las normas sanitarias y especificaciones NSF no aplican para productos químicos.

Figura 7 Manguera para agua.



Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-466990115-manguera-para-filtros-agua-osmosis-polietileno-14-64x4-_JM

2.1.12 MANÓMETROS

Es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.

Figura 8 Manómetro de presión de agua.



Fuente: [http://www.aliexpress.com/store/product/Stainless-steel-Vacuum-Gauge-Air-](http://www.aliexpress.com/store/product/Stainless-steel-Vacuum-Gauge-Air-6.html)

6.html

2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

2.2.1 MANTENIMIENTO

Se puede definir un buen mantenimiento como el conjunto de todas las acciones mínimas y necesarias para mantener y garantizar un funcionamiento óptimo de los activos a un costo mínimo. El mantenimiento se basa principalmente en solucionar y prever las posibles averías que puedan ocasionarse en los equipos, máquinas o instalaciones, con el fin de reducir los costos debido a las intervenciones y paros de máquinas, de tal forma que aumente la calidad del proceso productivo.

El mantenimiento tradicional ha adquirido mayor peso económico en las grandes y medianas empresas, adquiriendo mayor presencia en ámbitos financieros, de ingeniería, logística y producción. Un término que define bien a este hecho es la "Terotecnología", que se basa en la unión de la gestión económica con la tecnología, aplicada a los activos físicos logrando reducir los costos económicos de su ciclo de vida (CCV).

2.2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Consiste en reparar la avería una vez que se ha producido. Por lo general, cuando se realiza este tipo de mantenimiento el proceso de fabricación se ha detenido, por esta razón los costos aumentan y la producción disminuye. Es muy importante conocer el tiempo estimado de la reparación y así como el gasto que implica esta, ya que estas averías imprevistas presentan grandes trastornos en la línea.

Su aplicación se centra en activos que no representan gran impacto económico y no son tan críticos para la Empresa.

2.2.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este mantenimiento está planificado en el tiempo y su objetivo es que no se produzca una avería. A diferencia del mantenimiento correctivo, no es necesario realizarlo en tiempo de producción y, por lo tanto, es planificado en el tiempo libre de fábrica. Lo que se pretende con este tipo de mantenimientos es reducir el número de intervenciones correctivas, realizando tareas de revisión periódicas y, la sustitución de componentes gastados.

Es un tipo de mantenimiento exigente, pues requiere de una disciplina estricta de supervisión y elaboración de un plan preventivo por cumplir por personal especializado. Es un proceso que llega a provocar desmotivación por el personal al ser rutinario, si no se realiza correctamente, puede llegar a suponer un sobre-costos sin mejoras notables en la productividad. Por el contrario, realizarlo correctamente permite conocer perfectamente el equipo con el cual se trabaja, ello permite realizar estudios de fiabilidad óptimos y reducir las intervenciones correctivas al equipo.

2.2.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Este mantenimiento también consiste en anteponerse a la avería; pero este se basa en la aplicación de herramientas o técnicas de detección de los diferentes elementos medibles de anticipación al fallo.

Para poder realizarlo, es necesario disponer de tecnología basada en indicadores que sean capaces de medir las variables que marque la intervención a la máquina, así como un personal preparado en la interpretación de datos.

En los años sesenta en Japón surgió el término “TPM” Mantenimiento Productivo Total, con el fin de conseguir una producción *Just In Time* (JIT). Esta técnica se basa en hacer partícipes a todos los integrantes de la empresa en labores de mantenimiento. Las responsabilidades no recaen exclusivamente en el personal de mantenimiento, sino que es responsabilidad de todos, por tanto se consigue un resultado final más participativo y enriquecido.

Esta práctica está relacionada con los conceptos de mejora continua y calidad total. Recoge conceptos del Mantenimiento Basado en el Tiempo y en las Condiciones (MBT) (Villanueva, 2012).

Para el planeamiento, desarrollo, implementación, control y evaluación del proyecto se necesita tener conocimientos de los conceptos que permiten llevar a cabo las etapas anteriormente mencionadas, por lo cual a continuación se presentan los conceptos más relevantes que dan sustento teórico a dichas etapas.

2.2.5 ARDUINO

Arduino es una placa electrónica de prototipado de código abierto (Open Source), programable con entradas y salidas digitales e analógicas posee un hardware y software de fácil uso, en donde uno de sus principales beneficios para los proyectos de bajo presupuesto es su bajo costo; estas placas están constituidas principalmente por un microcontrolador de la marca Atmel AVR, encargado de realizar

los procesos lógicos, matemáticos y además de controlar y gestionar los recursos de cada uno de los componentes externos.

Otra de las ventajas de Arduino es que cuenta con un puerto USB para poder conectarlo al computador y trabajar con él a nivel de software para hacer modificaciones de una manera rápida y sin complicaciones, lo que le otorga gran flexibilidad a la plataforma.

Todas las placas Arduino se programan por medio del software Open Source llamado Arduino IDE, el cual se basa en los lenguajes de programación Processing y C, posee sus propias librerías que facilitan su programación (Universidad Federico Santa María, s.f).

Figura 9 Placa Arduino Mega



Fuente: <http://www.arduino.utfsm.cl/wp-content/uploads/2014/02/arduino-uno-300x268.png>

Como se muestra en la figura 4, este es el modelo de placa Arduino más popular; se conoce con el nombre de Arduino MEGA; actualmente se encuentra en su

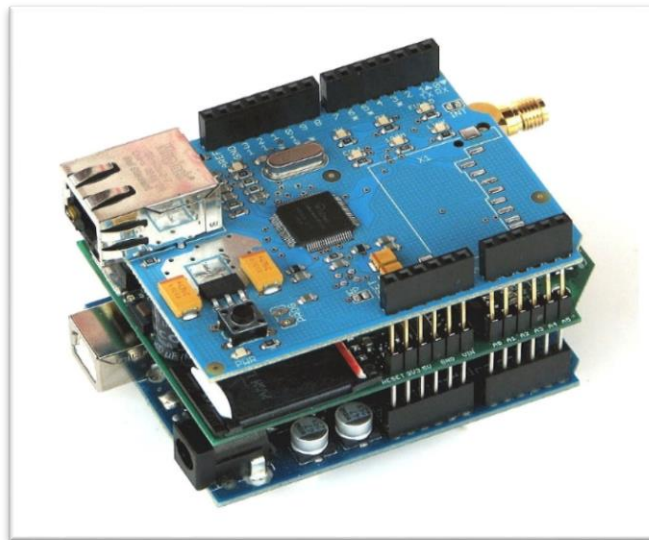
tercera versión conocida como Arduino y utiliza el microcontrolador Atmega2560 (Thayer Ojeda, s.f).

2.2.6 MÓDULOS PARA ARDUINO

Los módulos para Arduino “shields” según José Enrique Crespo “son placas de circuitos modulares que se montan unas encima de otras para dar funcionalidades extras a un Arduino. Estas Shields son apilables” (Shields para Arduino, 2015) .

Estas placas también se fabrican con licencia Open Source por lo que es muy fácil conseguir toda la documentación (librerías y manuales) necesarias para su correcto manejo y poder con ello llevar a cabo los proyectos de manera fácil y rápida.

Figura 10 Arduino Shields.



Fuente: <https://i2.wp.com/files.hwkitchen.com/200000066-820df8307f/GSM%20Playground%20-%20stackable.jpg>

2.2.7 MODULO ARDUINO GSM

El GSM escudo Arduino permite una placa Arduino para conectarse a internet, hacer / recibir llamadas de voz y enviar / recibir mensajes SMS. El escudo utiliza un módem de radio M10 por Quectel . Es posible comunicarse con la placa utilizando los comandos AT. La biblioteca GSM tiene un gran número de métodos para la comunicación con el escudo.

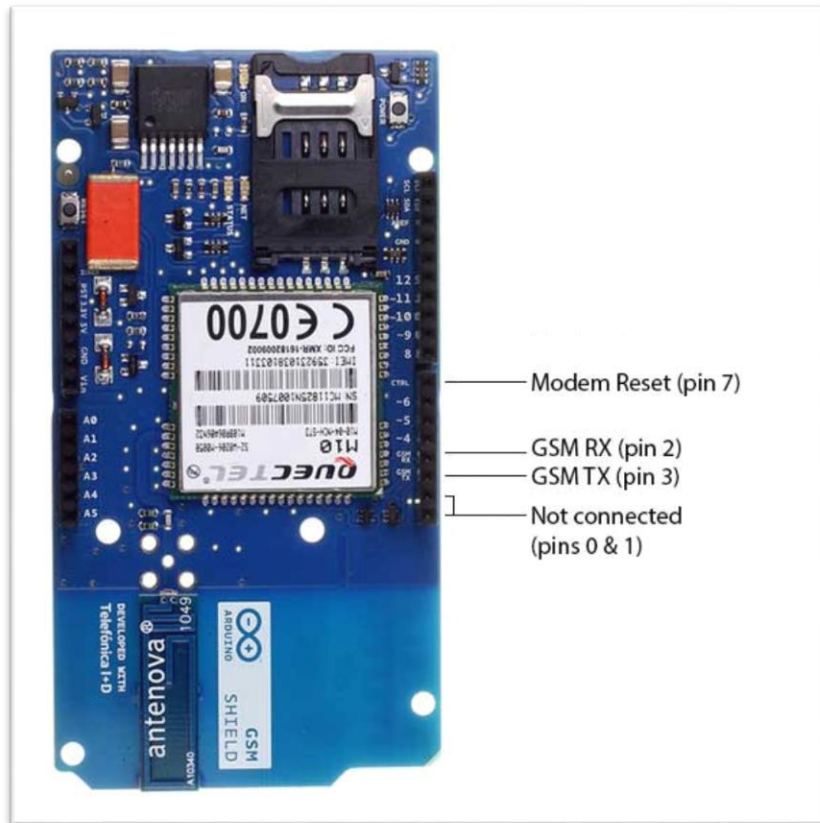
El escudo utiliza los pines digitales 2 y 3 para la comunicación serial software con el M10. El pin 2 está conectado al pin 3 y el pin a su pin RX TX de la M10. Ver estas notas para trabajar con un Arduino Mega, Mega ADK, o Leonardo. PWRKEY pasador del módem está conectado al pin 7 Arduino.

El M10 es un módem / GPRS cuatri-banda GSM que funciona en las frecuencias GSM850MHz, GSM900MHz, DCS1800MHz y PCS1900MHz. Es compatible con los protocolos TCP / UDP y HTTP a través de una conexión GPRS. GPRS enlace descendente y la transferencia de datos de enlace ascendente velocidad máxima es de 85,6 kbps.

Para interconectarse con la red celular, la junta requiere una tarjeta SIM proporcionada por un operador de red. Ver la página iniciando para obtener información adicional sobre el uso de la tarjeta SIM.

La revisión más reciente de la tarjeta utiliza el pinout 1.0 en rev 3 de la placa Arduino Uno.

Figura 11 Manómetro de presión de agua.

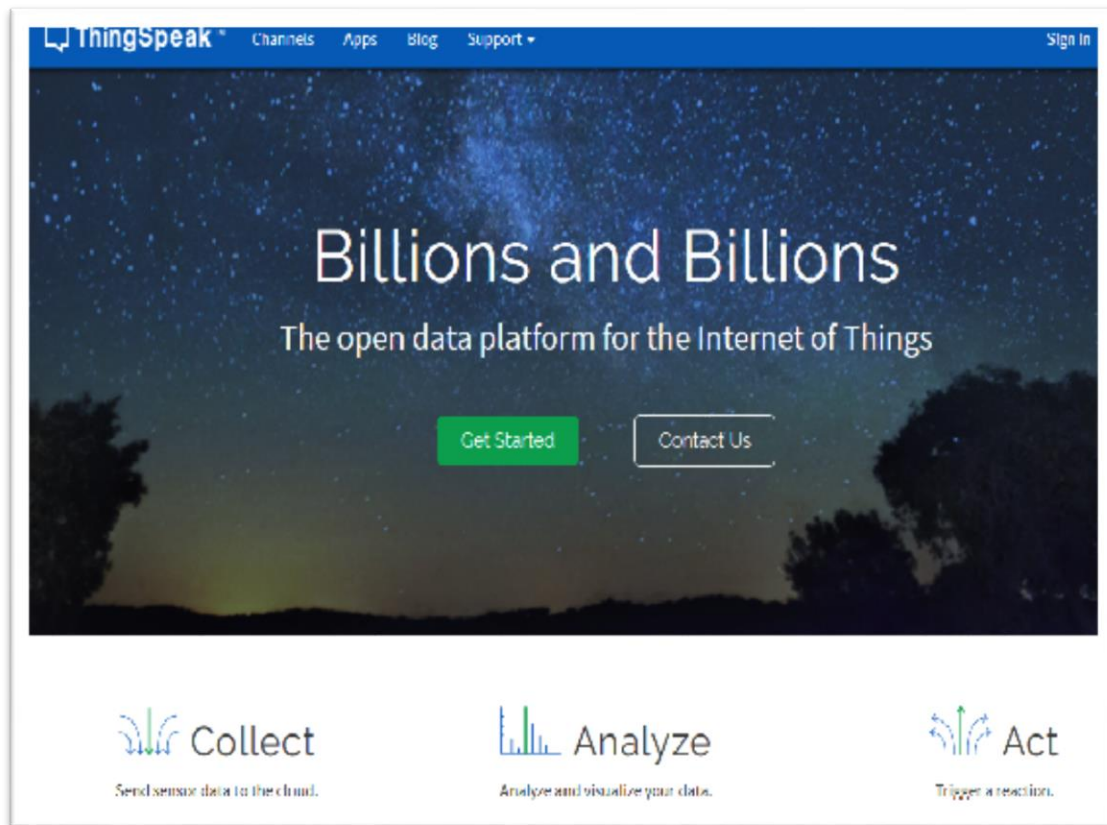


Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>.

2.2.8 THINGSPEAK

La tecnología de *ThingSpeak* es una Internet de los objetos (IO) plataforma que le permite recopilar datos de diferentes sensores en la nube y desarrollar aplicaciones de IO. La plataforma *ThingSpeak*™ IO ofrece aplicaciones que permiten analizar y visualizar los datos en MATLAB®, y luego actuar sobre los datos. Datos de los sensores se pueden enviar a *ThingSpeak* de Arduino®, Raspberry Pi™, BEAGLEBONE y otras diferentes tipos de hardware.

Figura 12 Página principal del servidor Web.



Fuente: <https://thingspeak.com>.

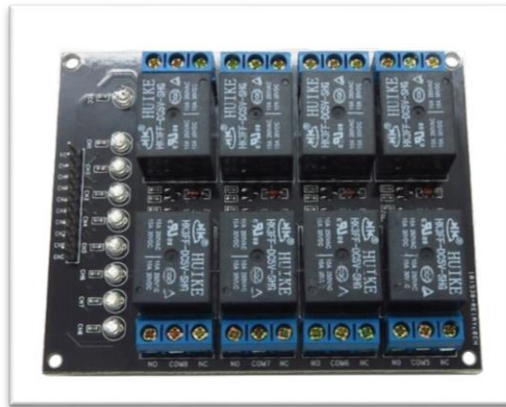
2.2.9 MÓDULO DE RELAY DE ARDUINO:

Este es un módulo 5V de 8 canales de relé, que permite que el Arduino para controlar las fuentes de alta potencia.

- 8 relés a bordo
- Normalmente abierto (NO) o normalmente cerrado (NC) operación
- Cada relé de 5V requiere corriente de excitación 20mA
- Entrada de control 5V TTL 5 mA que puede ser controlado directamente por

- Arduino, AVR, PIC, ARM y otros.
- Indicación LED para el estado de cada relé
- Relés tienen una potencia de 10 A a 250 VCA y 30 VCC 10^a

Figura 13 Módulos para Arduino.



Fuente: <https://www.bananarobotics.com/shop/8-Channel-5V-Relay-Module>.

2.2.10 FILTRACIÓN DE PROTECCIÓN.

A pesar de que las compañías suministradoras tratan correctamente el agua filtrándola, el camino recorrido desde la planta potabilizadora hasta el grifo de las habitaciones de un hospital suele ser bastante largo e incluir kilómetros de tuberías, en las cuales pueden existir materiales depositados en su superficie interna.

Asimismo, en reparaciones para sustituir tramos de tuberías viejas o perforadas, realizar conexiones de nuevos usuarios, o ampliar la red de distribución se excava y remueve la tierra que rodea la tubería, pudiéndose producir la entrada accidental en ella de partículas minerales u orgánicas de todo tipo que luego llegan hasta el usuario.

Prácticamente en cualquier grifo, es habitual encontrar el atomizador siempre lleno de pequeñas partículas. Estas partículas son causa de numerosas averías mecánicas, facilitan la formación de biocapas y además pueden producir importante procesos de corrosión.

Las partículas en suspensión provocan problemas mecánicos indicados y de su influencia en la formación de biocapas; la presencia de partículas en suspensión también favorece, en forma muy importante, los procesos de corrosión por aireación diferencial. Este tipo de corrosión se produce cuando una partícula se deposita sobre la superficie interna de las tuberías metálicas ya que se origina una aireación diferencial entre la superficie metálica de la tubería (a la cual le llega el oxígeno disuelto en el agua) y la superficie cubierta por la partícula (a la cual no le puede llegar el oxígeno disuelto); este proceso conduce a la formación de una micropila.

La diferencia de potencial eléctrico generado por la pila así constituida, da lugar a la corrosión y disolución del material metálico en la zona situada bajo la partícula. Los productos generados en la corrosión van rodeando a la partícula, lo cual da lugar a la formación de óxidos que se acumulan en forma de pequeños montículos, que irán creciendo en volumen a medida que la partícula avanza a través de la pared metálica del tubo. Mientras se mantengan los componentes que constituyen la pila, el proceso de corrosión sigue avanzando hasta dar lugar a la perforación de la tubería.

2.2.11 LA CORROSIÓN DE PUNTO Y SUS PELIGROS

Generalmente es asintomática ya que debido a su reducida superficie, los óxidos formados no aportan suficiente coloración al agua para que ésta sea visible

en el punto de consumo, por lo cual cuando se descubre, es precisamente por la aparición del poro. Toda la corrosión se concentra en un área muy reducida; la densidad de flujo de electrones es muy alta y la velocidad de corrosión es muy elevada.

2.2.12 EFECTO HALL

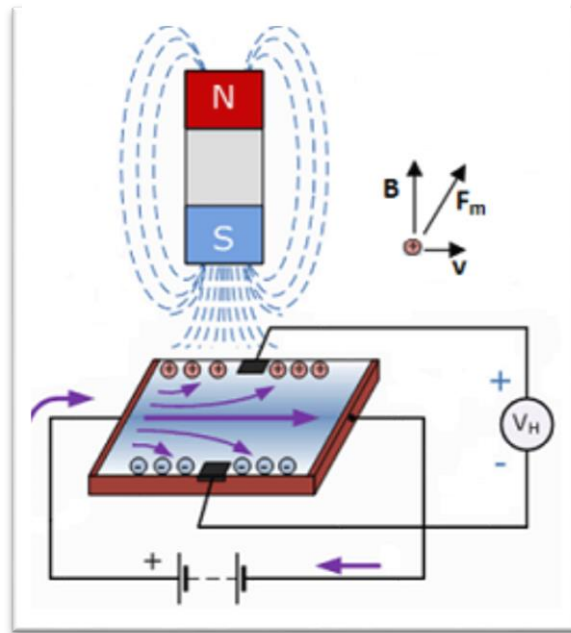
El efecto Hall se produce cuando se ejerce un campo magnético transversal sobre un cable por el que circulan cargas. Como la fuerza magnética ejercida sobre ellas es perpendicular al campo magnético y a su velocidad (ley de la fuerza de Lorentz), las cargas son impulsadas hacia un lado del conductor y se genera en él un voltaje transversal o voltaje Hall (VH). Al respecto, Edwin Hall (1835 - 1938) descubrió en 1879 el efecto, que, entre otras muchas aplicaciones, contribuyó a establecer, diez años antes del descubrimiento del electrón, el hecho de que las partículas circulan por un conductor metálico tienen carga negativa.

A la izquierda se muestra un dispositivo experimental destinado a medir el voltaje Hall. Sobre una corriente eléctrica actúa un imán que produce un campo magnético (B). La fuerza magnética (F_m) desvía a las cargas móviles hacia uno de los lados del cable, lo que implica que dicho lado queda con carga de ese signo y el opuesto queda con carga del signo contrario. En consecuencia, entre ambos se establece un campo eléctrico y su correspondiente diferencia de potencial o voltaje Hall.

La obtención experimental del voltaje Hall, permite deducir la velocidad de los portadores de carga y su concentración, puesto que, desde que se alcanza la situación estacionaria, la fuerza eléctrica ejercida sobre cada carga ($F_e = q \cdot E$) se

equilibra con la fuerza magnética [$F_m = q \cdot (v \times B)$]. De ello se deduce (consultar documento vinculado) que el voltaje Hall es directamente proporcional a la corriente eléctrica y al campo magnético y es inversamente proporcional al número de portadores por unidad de volumen. Por lo tanto, con un sensor de efecto Hall, se puede determinar la fuerza que ejerce un campo magnético si se conoce la corriente a la que se aplica dicho campo, y viceversa.

Figura 14 Efecto Hall.



Fuente: <http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Electromagnetismo/Electromagnetismo07b.htm>.

2.3 IMPACTO DEL PROYECTO

2.3.1 ASPECTO SOCIAL.

El aspecto social donde un paciente no podrá contar con sus análisis clínicos previo a sus citas médicas y que a su vez estas deberán de ser reprogramadas incrementa los costos para la institución y para el paciente al tener que tomar de su tiempo laboral o personal para regresar al centro de atención, en la mayoría de las veces, otro día para realizarse sus análisis; otros afectados son los pacientes hospitalizados con análisis preoperatorios y postoperatorios y los de las salas de urgencias que no se podrán realizar análisis de química hasta que se restablezca los servicios.

2.3.2 EN LA INSTITUCIÓN

A nivel interno de la institución, se tendrá personal sin poder realizar sus actividades normales lo cual se convertirá en un recargo de funciones para un siguiente turno o el pago de horas extras con el propósito de realizar las labores no realizadas durante el tiempo en que las máquinas estuvieron detenidas por la falta de agua, por este razón contar con un sistema de respaldo evitaría que se presente esta situación.

2.3.3 PROVEEDOR ACTUAL DEL SERVICIO

El proveedor del servicio que realiza la reparación de los sistemas de agua tendrá que programar una visita correctiva de urgencia al lugar donde se presenta el daño, esto implica mandar a un ingeniero para realizar la reparación, con los costos que esto implica, entre ellos, alimentación, hospedaje y combustible. Esto se vuelve más susceptible en las zonas rurales, más los retrasos en los tiempos de transporte y

el peligro que implica el transporte en horarios nocturnos, con el propósito de hacer la reparación y poner de nuevo el sistema de agua a funcionar y a su vez restablecer el suministro de agua a las máquinas de análisis de química que lo utilizan.

Por estas razones, se tomó la decisión de construir y diseñar un sistema automatizado que funcione como respaldo en el momento que se presente el daño y se logre evitar los inconvenientes mencionados.

2.3.4 DIFERENCIA ENTRE FILTRACIÓN Y PURIFICACIÓN DE AGUA

A todos les gustaría saber que el agua que beben está limpia y es saludable. Desafortunadamente, la investigación indica regularmente que el agua contiene contaminantes los cuales afectan negativamente la salud a través del tiempo. Para asegurar que el agua potable es saludable, muchas personas instalan un filtro en su casa o un sistema de purificación.

Para hacer eso, primero hay que entender lo que significan los dos términos. Puede ser difícil saber la diferencia entre la filtración de agua y la purificación de esta. Puede haber dos compañías que fabrican productos que hacen sustancialmente la misma cosa, pero que etiquetan sus productos de manera diferente. Uno puede llamar un purificador de agua, y el otro filtro de agua. Para entender lo que los productos hacen, es necesario tener en cuenta cómo la industria considera los dos términos.

Purificación

De los dos términos, la purificación parece ser el que es más incomprendido. El agua que proviene de fuentes naturales (ríos, montañas, nacimientos, pozos...) no

es 100% pura, contiene elementos inherentes de la misma fuente, como los minerales, sales, materia orgánica etc. Unas con mayor concentración que otras, pero ninguna del todo pura. Así que la palabra “purificación”, es “purificar”, ello significa eliminar lo que no es deseado. Por lo tanto, un producto que pretende purificar el agua (es decir, hacer que sea pura), simplemente significa eliminar lo que no se quiere, o lo no saludable.

La mayoría de los sistemas de purificación utilizan carbón activado para absorber los contaminantes. Los purificadores de carbón absorben moléculas orgánicas presentes, también se utilizan lámparas de luz ultravioleta para eliminar microorganismos, resinas de intercambio iónico para retener minerales o metales, o la destilación por mencionar algunos.

Filtración

La palabra filtración es más fácil de entender. Es una acción mecánica que utiliza un elemento filtrante o malla que retiene partículas sólidas. El acto de filtración se puede ejemplificar como cuando utilizamos un colador en la cocina para preparar alimentos. Los dos sistemas de filtración de agua más comunes son los filtros de sedimentos y los de membranas. Y los dos se combinan a menudo. Los filtros de sedimentos generalmente retienen elementos de acuerdo al tamaño de 1 a 100 micras. Las membranas pueden retener contaminantes microscópicos menores a una micra, algunos virus y bacterias, productos farmacéuticos disueltos y hasta minerales no deseados.

La diferencia entre la purificación y la filtración

La diferencia entre la purificación y la filtración radica en que un proceso de purificación elimina impurezas no deseadas del agua por absorción, destilación, radiación UV o intercambio iónico, como ya se mencionó, mientras que un proceso de filtración sólo impide que las partículas sólidas pasen a través de él.

Los filtros de membrana muy finas (microfiltración, ultrafiltración u ósmosis inversa) pueden retener virus, bacterias, sales y minerales, también se le puede llamar “purificación” porque la mayoría de las impurezas presentes se eliminan, a pesar de que es a través de un proceso de filtración estrictamente.

Si la diferencia todavía parece un poco turbia, lo es. En resumen cuando hay elementos naturales o añadidos, ya sea disueltos o microscópicos, en el agua como un contaminante, se considera purificación, y cuando hay sedimentos o impurezas sólidas, se considera filtración.

Normalmente en los hogares y la industria estos dos sistemas se combinan para mejorar la calidad de agua, colocando filtros en los primeros pasos y sistemas de purificación posteriormente.

Al respecto, se puede concluir que ya que ambos procesos se combinan, pues el término “purificación” parece un poco confuso, algunas empresas evitan usar el término en el etiquetado. Esta es una razón por la que muchos sistemas de tratamiento de agua se etiquetan como filtración, en lugar de purificación. Es más

común llamar “Filtro de agua” porque es así como la mayoría lo busca. Pero el término más correcto es “Purificador de agua”.

Qué es la ósmosis.

La ósmosis es el movimiento de moléculas a través de una membrana parcialmente permeable porosa, que va de una región de mayor concentración a otra de menor; en esta acción la membrana tiende a igualar las concentraciones en los dos lados.

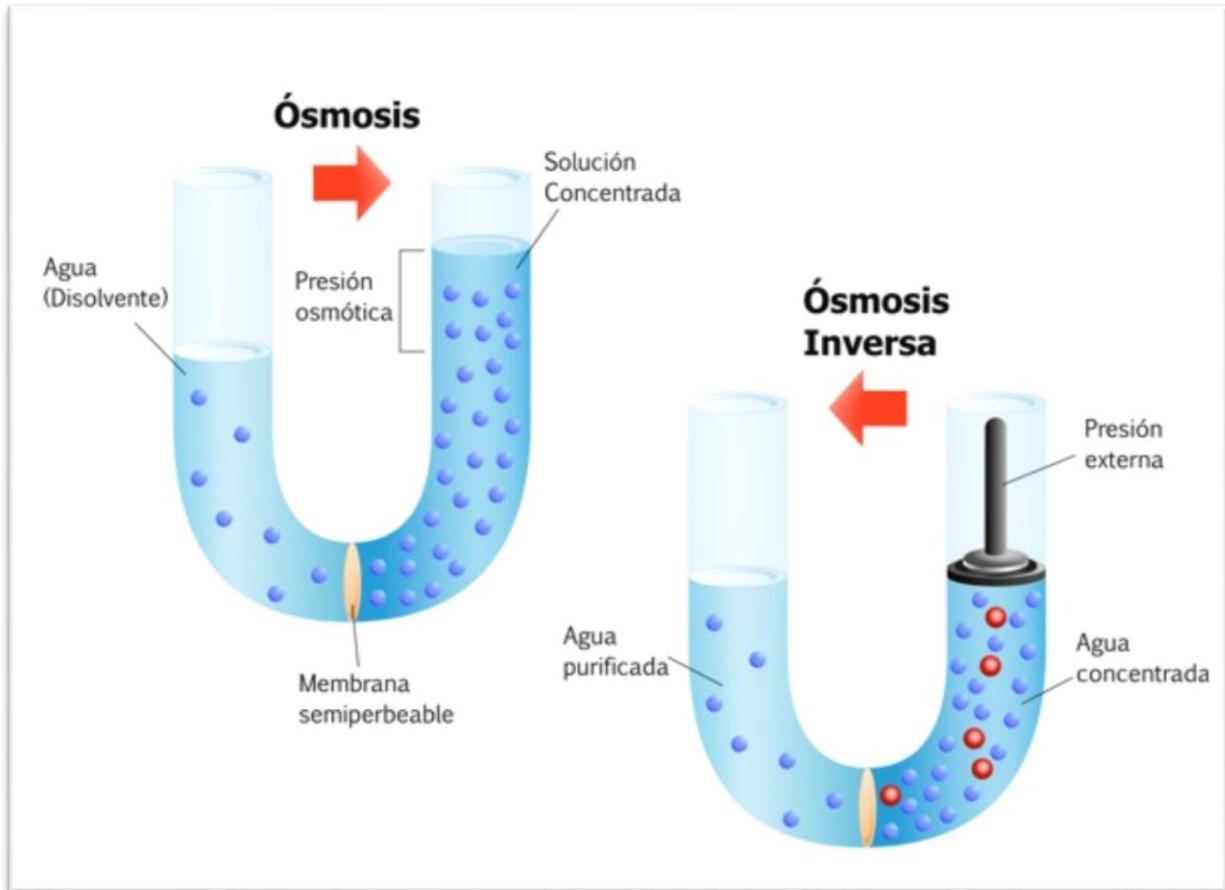
Este flujo de partículas solventes hacia la zona de menor potencial se conoce como *presión osmótica* medible en términos de *presión atmosférica*.

Qué es la ósmosis Inversa

Sí se utiliza una presión superior a la *presión osmótica*, un efecto contrario a la ósmosis se puede lograr; al presionar fluidos a través de la membrana, sólo las moléculas de menor peso pasan del otro lado.

En el tratamiento de agua los sólidos disueltos al generar esta presión quedan retenidos en la membrana y sólo pasa el agua, a esto se le llama ósmosis inversa. Para lograr este efecto del paso del agua, es necesario presurizar el agua a un valor superior al de la presión osmótica.

Figura 15 Proceso de la Ósmosis Inversa.



Fuente: <https://www.carbotecnica.info/encyclopedia/filtraciony-purificacion-diferencia/>

Cuánta agua rechaza una ósmosis inversa.

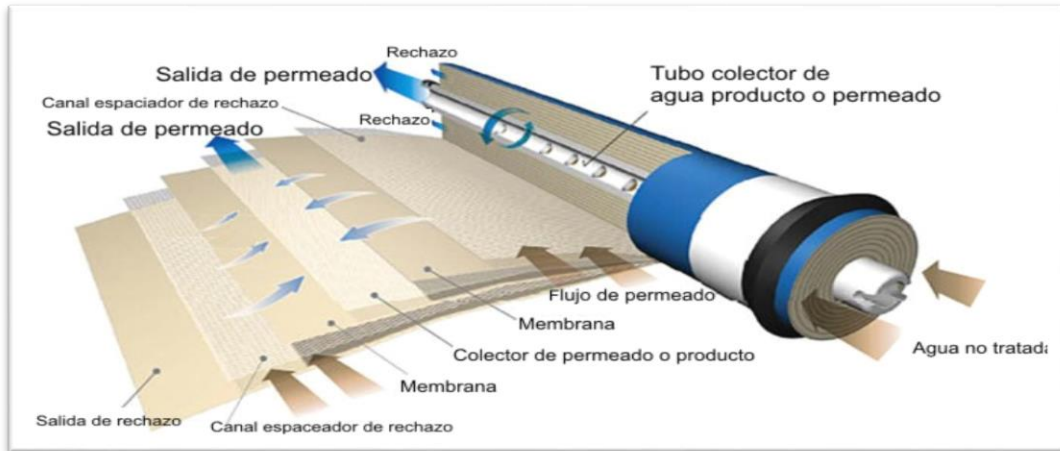
Las membranas de ósmosis inversa tienen las características de hacer una limpieza continua, mientras trabajan, porque de no ser así, sufrirían una acumulación de contaminantes y una saturación en poco tiempo, por lo cual parte del flujo de agua entrada arrastra los contaminantes sales y minerales. A esto se le conoce como agua de rechazo, que comúnmente es 40% de agua producto y 60% de agua de rechazo;

en equipos con agua de calidad relativamente buena, puede ser 50% / 50% o en aguas con sólidos disueltos totales (TDS) bajos hasta 60% / 40%.

Qué tiempo de vida tiene una ósmosis inversa.

Una membrana de ósmosis inversa en un equipo correctamente diseñado, puede tener una duración de entre 3 a 5 años. Es importante hacer los mantenimientos periódicos con químicos para limpieza de membranas, siguiendo los consejos del fabricante. En aguas con concentraciones altas de sólidos disueltos, dureza o presencia de sílice, es recomendable dosificar un anti-incrustante mediante una bomba, también es importante la pre-tratamiento que incorpora el equipo: eliminación de partículas en suspensión mediante cartuchos de sedimentos o equipos de lecho profundo y equipos de carbón activado y suavizador, si es necesario. En membranas de uso doméstico el tiempo de vida es más corto 2 a 3 años, debido a que no es posible realizar los mantenimientos antes mencionados.

Figura 16 Composición de una membrana osmosis inversa



Fuente: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/queeslaosmosis-inversa/>

2.3.5 LA QUÍMICA CLÍNICA

Qué es la química clínica

La química clínica utiliza procesos químicos para medir los niveles de los componentes químicos en la sangre. Las muestras más comúnmente utilizadas en la química clínica son la sangre y la orina. Existen muchos exámenes diferentes para analizar casi todos los tipos de componentes químicos presentes en la sangre o en la orina. Los componentes pueden incluir la glucosa en la sangre, los electrolitos, las enzimas, las hormonas, los lípidos (grasas), las proteínas y otras sustancias metabólicas.

Cuáles son algunos de los exámenes químicos clínicos más comunes

La siguiente es una descripción de algunos de los exámenes químicos clínicos más comunes (utilizados con las muestras de sangre y orina), que incluye algunos de sus usos e indicaciones:

- La glucosa en la sangre o azúcar de la sangre, estos niveles indican cómo el cuerpo controla la glucosa. Medir los niveles de glucosa en ayunas puede ayudar a diagnosticar la diabetes o la hipoglucemia (nivel bajo de azúcar en la sangre).
- Los electrolitos pueden incluir el sodio, el potasio, el cloruro, el bicarbonato, el calcio, el fósforo y el magnesio. Medir los electrolitos puede indicar específicamente ciertos trastornos metabólicos y de los riñones.

Las enzimas son liberadas dentro de la sangre por los órganos que están lesionados o enfermos. Los tipos de enzimas que se liberan pueden indicar cuál es el órgano afectado:

Tabla 1 Análisis de Química Clínica

Enzimas	Órganos Afectados
Kinasa creatina	Puede indicar daño al corazón debido a un ataque al corazón u otras causas.

Aminotransferasa alanina (su siglas en inglés son AAT y SGOT), aspartato o aminotransferasa (sus siglas en inglés son AST y SGPT)	Pueden indicar trastornos del hígado o de los huesos.
Amilasa y lipasa	Pueden indicar inflamación o cáncer del páncreas.

- Las hormonas son secretadas por las diversas glándulas endocrinas. Los niveles elevados o muy bajos de ciertas hormonas pueden indicar demasiada o muy poca actividad en dichas glándulas:

Hormonas	Glándula Afectada
Cortisol	Glándulas adreanales (suprarrenales).
Tiroxina (T4), hormona tiroestimulante (su sigla en inglés es TSH).	Glándula tiroides.
hormona folículoestimulante (su sigla en inglés es FSH), hormona adrenocorticotrópica (su sigla en inglés es ACTH), las hormonas del crecimiento.	La glándula pituitaria.

- Los lípidos son sustancias grasas como los triglicéridos (grasas del cuerpo), los fosfolípidos (parte de las membranas de las células) y los esteroides (como el

colesterol). Los lípidos pueden ayudar a indicar la cardiopatía coronaria y la enfermedad del hígado:

Lípidos	Órganos Afectados
Colesterol	Puede indicar cardiopatía coronaria.
<p>Lipoproteínas de alta densidad (el colesterol "bueno", su sigla en inglés es HDL).</p> <p>Lipoproteínas de baja densidad (colesterol "malo", su sigla en inglés es LDL).</p>	Puede calcular el riesgo de cardiopatía coronaria.
Triglicéridos	Junto con los niveles del colesterol, este lípido puede ayudar a indicar el riesgo de cardiopatía coronaria.

- Otras sustancias metabólicas pueden medirse para evaluar la función de un órgano:

Producto Metabólico	Órganos Afectados
Úrea sanguínea (nitrógeno ureico sanguíneo, su sigla en inglés es BUN).	Función del riñón.
ácido úrico	Puede indicar la presencia de gota, enfermedad del riñón y otras lesiones de los tejidos.

- Las proteínas pueden indicar las enfermedades del metabolismo y nutricionales, así como ciertos cánceres.

Proteína	Órganos Afectados
Albúmina	Puede indicar enfermedades del hígado o del riñón, o desnutrición.
Globulinas	Puede indicar infección, inflamación y ciertos cánceres de la sangre.

Fuente: <http://www.terra.com/salud/articulo/html/sa6713.htm>

2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS

SEMEJANTES

2.4.1 LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO

La construcción y diseño de este proyecto surge a raíz de la observación de un problema existente en los procesos de filtración de agua que son utilizados en las máquinas de análisis de química clínica de los hospitales de la CCSS.

Esta máquinas utilizan el sistema de filtración de TXF 100 del suplidor para Costa Rica Hydrofiltración S.A. el cual vende estos sistemas a la compañía para la Capris Médica S.A. y la idea surge ante la necesidad de brindar un servicio que integre los sistemas actuales con sistemas de respaldo automatizados y que brinden una mayor cantidad información al cliente y al proveedor del servicio.

Además de que se pueda contar con un sistema con la capacidad de seguir funcionando con la mismas características del instalado, incluso ante una falla; en la actualidad no se cuenta con la adaptación de un sistema respaldado igual en estos equipo de filtración, por lo cual no se cuenta con un antecedente del algún proyecto similar.

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es definida como “un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010); esta puede ser clasificada desde diferentes puntos como lo es finalidad, dimensión temporal, marco, naturaleza, carácter, entre otros. A continuación se muestra la forma en que se clasifica el presente proyecto de investigación de acuerdo a los puntos de vista mencionados anteriormente.

3.1.1 FINALIDAD

Muñoz se refiere a tesis de investigación teórica como:

Trabajos cuyo método de investigación se concentra exclusivamente en la recopilación de datos de fuentes documentales, ya sea de libros, textos, sitios Web o cualquier otro tipo de documentos gráficos, icnográficos y electrónicos. Su único propósito es obtener antecedentes documentales para profundizar en teorías, leyes, conceptos y aportaciones ya existentes y asentadas en documentos sobre el tema que es objeto de estudio, para luego complementar, refutar o derivar, en su caso, nuevos conocimientos (Muñoz C. , 2011).

De acuerdo con lo mencionado, una investigación teórica es una recopilación basada en documentación, esto quiere decir, que es basada en documentos en papel, electrónicos, etc., y estos aportan antecedentes en cuanto al tema en estudio.

También este explica la tesis de investigación de índole campo o práctica como:

Son las investigaciones cuya recopilación de información se realiza dentro del ambiente específico donde se presenta el hecho o fenómeno de estudio. En la

realización de estas tesis, se utilizan los métodos de investigación específicos para la disciplina de estudios y también se diseñan ciertas técnicas e instrumentos para recabar información en el medio donde interactúa el fenómeno bajo estudio. Para la tabulación y el análisis de la información obtenida, se utilizan métodos y técnicas estadístico matemáticos que ayudan a concentrar, interpretar y obtener conclusiones formales, científicamente comprobadas (Muñoz C. , 2011).

Este tipo de investigación es un direccionamiento más, relacionado con la comprobación de un método por medio de la tabulación de datos, métodos y técnicas estadísticas. Y comprueba directamente en el campo donde se está realizando el tema en estudio.

Por ultimo Muñoz se refiere a una tesis combinada de investigación documental y de campo estableciendo lo siguiente:

Son tesis en cuyo método de recopilación y análisis de datos se conjunta la investigación documental con la de campo, con la finalidad de profundizar en el estudio del tema propuesto para tratar de cubrir todos los posibles ángulos de una exploración. Al aplicar ambos métodos se pretende consolidar los datos y los resultados obtenidos. Así, en este caso, se parte de la recopilación de información documental para fundamentar los antecedentes del fenómeno en estudio, y con base en ellos, se diseñan los métodos de investigación e instrumentos de recopilación que se aplicarán directamente en el campo donde se presenta el hecho a investigar. En la tabulación y el análisis de información

se utilizan métodos estadísticos matemáticos que coadyuvan a fundamentar el análisis y las conclusiones obtenidas (Muñoz C. , 2011).

Con el propósito de la elaboración de este proyecto y basándose en los diferentes tipos de investigaciones mencionados, se estableció que esta tesis es una combinación de las dos tipos anteriores en la cual se llevará a cabo un proceso documental previo y que a su vez será aplicado en el campo.

Se logra establecer que este tipo de investigación brindará a este proyecto una recopilación de información que sustente las mejoras técnicas en el análisis de la calidad de agua, la cuantificación de los sistemas de filtración, la posibilidad de establecer sistemas de respaldo, que brinden mayor seguridad y confianza a los sistemas actuales instalados, con el objetivo de volver más eficiente el proceso de mantenimiento preventivo y correctivo brindado por las compañías que venden los sistemas de filtración y la que ofrece el servicio de soporte.

Con lo anterior, se obtiene como resultado que los clientes directos, lo cual corresponde a los usuarios de los equipos en los hospitales, trabajen con mayor confianza en sus sistemas y que los usuarios indirectos, en este caso los pacientes, no se vean afectados por los retrasos de las fallas presentes en los sistemas de filtración.

3.1.2 DIMENSIÓN TEMPORAL

Las investigaciones no experimentales se clasifican de acuerdo con Hernández Samperi en transeccional o transversal y longitudinal donde establece:

Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede. Pueden abarcar varios grupos o subgrupos de personas, objetos o indicadores; así como diferentes comunidades, situaciones o eventos. Por ejemplo, analizar el efecto que sobre la estabilidad emocional provocó un acto terrorista en niños, adolescentes y adultos. Pero siempre, la recolección de los datos ocurre en un momento único. A su vez, los diseños transeccionales se dividen en tres: exploratorios, descriptivos y correlacionales-causales (Hernández Sampieri, Fernández, & Baptista, 2010).

Y para las investigaciones longitudinales establece:

En ocasiones el interés del investigador es analizar cambios a través del tiempo de determinadas categorías, conceptos, sucesos, variables, contextos o comunidades; o bien, de las relaciones entre estas. Aún más, a veces ambos tipos de cambios. Entonces disponemos de los diseños longitudinales, los cuales recolectan datos a través del tiempo en puntos o periodos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. Tales puntos o periodos por lo común se especifican de antemano.

Por ejemplo, un investigador que buscara analizar cómo evolucionan los niveles de empleo durante cinco años en una ciudad; otro que pretendiera estudiar cómo ha cambiado el contenido sexual en las telenovelas de cierto país en los últimos 10 años, y uno más que buscara observar cómo se desarrolla una comunidad indígena a través de varios años, con la llegada de

la computadora e internet a sus vidas. Son pues, estudios de seguimiento. Los diseños longitudinales suelen dividirse en tres tipos: diseños de tendencia (trend), diseños de análisis evolutivo de grupos (cohorte) y diseños panel (Hernández Sampieri, Fernández, & Baptista, 2010).

Para estos efectos se ha establecido que el presente proyecto puede clasificarse de acuerdo con su dimensión temporal, lo cual hace que sea de dimensión transversal, pues se va realizar en un momento dado, el cual sería durante el período 2016 y 2017.

3.1.3 MARCO

El marco de la investigación comprende la población a la cual llegara a ser impactada por la misma, se categoriza en tres zonas de alcance:

- Micro: El proyecto va dirigido a los practicantes de electrónica, los cuales puedan incrementar su conocimiento y capacidad mediante el uso de este proyecto.
- Macro: A nivel macro este proyecto impactara la empresa local en Costa Rica y sus empleados.
- Mega: Al impactar a la empresa y sus empleados, este brindará al país oportunidades de diseño en el campo de las ingenierías, capaces de responder de manera más eficiente a las necesidades de la empresa, se volverá más competente y atraerá así más inversión hacia la planta de Costa Rica.

Para efectos de este proyecto se establecieron dos tipos marcos, el primero es de tipo mega dirigido hacia la empresa Capris Medica donde se podrán realizar las pruebas y mejoras técnicas que facilitarían el servicio de mantenimiento preventivo y

correctivo de los sistemas de filtración y de tipo macro, esto porque lo que se busca es darle una solución a una necesidad que tiene gran parte del país en un sector de la salud pública muy específica, el cual al implementarse este proyecto y ponerlo en práctica se va a ver favorecida gran parte de la población que recibe atención médica por parte de la CCSS de Costa Rica.

3.1.4 NATURALEZA

Al respecto, Ethel Pazos Jiménez y Federico Gutiérrez Madrigal se refieren a los tipos de investigación de la siguiente manera:

La ciencia ha desarrollado la investigación desde diferentes corrientes y enfoques, sin embargo, los que prevalecen desde inicios del siglo XX son el cuantitativo y el cualitativo, los cuales tienen características particulares y funcionan de modos diferentes. Ha habido también quienes los han considerado irreconocibles, no obstante, ha quedado demostrado que pueden ser complementarios en algunos estudios.

- 1 El enfoque cuantitativo: este tipo de investigación se halla relacionado con los experimentos, las encuestas de preguntas cerradas, la recolección de datos y la medición estandarizada. El investigador, en este caso, establece la hipótesis, mide las características o condiciones analizadas con técnicas estadísticas. Se le considera absolutamente objetivo.*
- 2 El enfoque cualitativo: este enfoque ha sido muy utilizado en investigaciones relacionadas con las disciplinas sociales, pues se halla impregnado del matiz de subjetividad de los participantes considerando que los datos estarán influenciados por su experiencia y prioridades. Se basa en la observación de*

los actores de una situación y la descripción como recolección de datos sin medición numérica, pues tiene la finalidad de conocer la realidad, para realizar un análisis bajo ciertas reglas lógicas, partiendo del “patrón cultural”; es decir, hay una sola manera de entender los hechos. Se suele recoger los datos por medio de entrevistas abiertas, discusión de grupos, interacción con comunidades en ambientes naturales; también, introspección, evaluación de experiencias personales, inspección de historias de vida, análisis de discursos, etc.” (Pazos & Gutiérrez, 2011).

Con el propósito de establecer la naturaleza de nuestro proyecto y tomando en cuenta la investigación de los procesos que se van a realizar y de acuerdo a los objetivos establecidos para las mejoras en los sistemas de filtración de agua para las máquinas de análisis de química clínica utilizadas en la actualidad en la CCSS.

Después de establecer las mejoras tecnológicas a utilizar en los procesos de mejoras, se realizarán las mediciones utilizando sensores que cuantifiquen las características químicas del agua y las cantidades producidas por los sistemas de osmosis inversa.

Mencionado lo anterior, lo que se establece para este proyecto es un enfoque de tipo cuantitativo.

3.1.5 CARÁCTER.

Esta clasificación de tesis se propone, en atención al objetivo de estudio para plantear de manera específica el problema, elegir los métodos de investigación, seleccionar los instrumentos y las técnicas de recolección de datos, y analizar e interpretar la información para obtener conclusiones.

Tesis de carácter explicativo

En esta clasificación se pueden agrupar aquellas tesis cuyo objetivo de estudio es analizar un fenómeno particular con la finalidad de explicarlo en el ambiente donde se presenta, interpretarlo y dar a conocer el reporte correspondiente.

Asimismo, se sigue un método formal de investigación, tanto el planteamiento del problema, la forma y las técnicas de recopilar los datos, como el análisis y la explicación de sus resultados están encaminados hacia un mejor entendimiento del comportamiento del fenómeno que se estudia.

Tesis de carácter descriptivo

En esta clasificación se pueden ubicar las tesis cuyo objetivo de estudio es representar algún hecho, acontecimiento o fenómeno por medio del lenguaje, gráficas o imágenes de tal manera que se pueda tener una idea cabal del fenómeno en particular, incluyendo sus características, sus elementos o propiedades, comportamientos y particularidades.

Tesis de carácter narrativo

En esta clasificación podemos ubicar a aquellas tesis cuyo objetivo de estudio es representar las experiencias recopiladas por otros o por el propio investigador mediante algún procedimiento formal. En este tipo de trabajos, el investigador debe mostrar habilidad y destreza para referir o contar los hechos, presentar una narración histórica, cronológica o secuencial de etapas, fases y observaciones de los hechos. Cabe señalar que estas narrativas, su reporte y sus conclusiones deben estar plenamente avalados por un método de investigación aceptado.

También es importante que, en aras del rigor científico, para el tratamiento de la narración del hecho o fenómeno observado, esas experiencias puedan sustentarse en textos, datos estadísticos, gráficas, documentos formales, testigos o participantes calificados, y que se hayan elaborado de acuerdo con los requisitos formales de una investigación científica.

Tesis de carácter documental

Son los trabajos de tesis encaminados hacia la obtención de antecedentes y recopilación de información de fuentes documentales, lo que comprende libros, revistas, artículos, informes técnicos, películas, videos grabados en medios magnéticos o digitales, material iconográfico y fuentes electrónicas (Internet). Su propósito es estudiar las teorías de otros autores, aportadas con anterioridad sobre el tema de estudio, para corroborarlas, complementarlas, refutarlas, o bien, para derivar a partir de ellas nuevos conocimientos sobre el tema de estudio.

Tesis de carácter experimental

El objetivo de estas tesis es reproducir un fenómeno dentro de un ambiente específico de pruebas e ir modificando diferentes elementos para observar qué sucede con el fenómeno.

Desde luego, todo esto se realiza mediante un método formal de investigación con manipulación de variables experimentales en condiciones rigurosamente controladas para simular.

Tesis de carácter explicativo

En esta clasificación se puede agrupar a aquellas tesis cuyo objetivo de estudio es analizar un fenómeno particular con la finalidad de explicarlo en el ambiente donde se presenta, interpretarlo y dar a conocer el reporte correspondiente.

Las posibles condiciones a las que se enfrentarán el objeto de estudio. A estos experimentos también se les denomina pruebas de laboratorio, pruebas controladas o experimentaciones.

A partir de los resultados obtenidos en cada observación se obtiene la información valiosa para elaborar la tesis.

Tesis de carácter exploratorio

Aquí se agrupan las tesis cuyo objetivo de estudio está encaminado a examinar un tema, fenómeno o problemática de investigación poco estudiado, parcialmente desconocido o bajo un nuevo enfoque. Esto permitirá identificar los aspectos fundamentales de una situación determinada, profundizar en el tema o estudiarlo de manera preliminar para abrir líneas de investigación que sean adecuadas para elaborar una investigación posterior sobre el fenómeno en estudio.

Tesis de carácter confrontativo

Aquí se pueden agrupar aquellas tesis cuyo objetivo es confrontar teorías, problemáticas, posiciones o fenómenos entre sí, con el propósito de clarificar, dilucidar y, en su caso, acentuar las posibles controversias que existan entre ellos.

Por lo general, en estas investigaciones se asume una postura inicial que es opuesta a una o varias posturas sobre el mismo tema que se estudia. El propósito central es diseñar una investigación que permita analizar, desde diferentes ángulos, cada posición para llegar a conclusiones casi definitivas sobre esas posturas.

Tesis de carácter interpretativo

El objetivo de este tipo de tesis está enfocado a tratar de indagar, desentrañar y comprender, mediante un método formal de investigación, alguna teoría, fenómeno, hecho o problemática relacionados con un comportamiento social, económico, político, físico o de cualquier otra clase.

En el diseño de este tipo de investigaciones, el estudiante pretende dar a conocer,

Mediante un método formal de investigación, su propia interpretación del fenómeno de estudio con la finalidad de explicar el sentido de éste. Para ello, deberá tomar en cuenta diferentes puntos de vista.

Tesis de carácter argumentativo

Las tesis clasificadas de esta manera tienen como objetivo presentar las ideas que componen el texto de su investigación de manera ordenada, estableciendo las relaciones lógicas entre ellas, por ejemplo, las relaciones causa efecto, Causa consecuencia, causa efecto consecuencia causa, consecuencias de un problema, entre otros muchos tipos de argumentaciones.

Además, se caracterizan por la exposición organizada de los acontecimientos, ya sea en forma temporal, de manera secuencial o por el análisis lógico o conceptual del tema tratado.

La estructura de estas tesis dependerá del carácter argumentativo. Así, hay estructuras causa consecuencia (cuya finalidad es analizar las causas de un hecho determinado), estructuras consecuencia causa (que parten del análisis de consecuencias que se derivan de un hecho), o estructuras problema solución (que

hacen énfasis en analizar el problema para llegar a una posible solución) (*Hernández Sampieri, 2006*).

El carácter establecido este proyecto consiste en utilizar un sistema mixto de entre el documental y experimental, al tener que hacer una recopilación de información que sustente y valide los objetivos planteados y por otro lado la experimental al tener que implementar un sistema de control automatizado que ahorre en costos de mantenimiento preventivo y correctivo, que sea de fácil programación, de alta confiabilidad y que facilite una mejor respuesta por parte del proveedor del servicio de reparación y mantenimiento de los sistemas de filtración de agua, instalados en las máquinas utilizadas para el análisis de química clínica.

Asimismo, posteriormente se realizarán los diseños y cotizaciones necesarios, la programación y pruebas del sistema en una maqueta de prueba que tendrá instalado un sistema de filtración de agua de la misma marca y características al que es utilizado actualmente donde eventualmente se podrán hacer correcciones de programación cableado y de las señales de los sensores

3.2 DISEÑO METODOLÓGICO

3.2.2. METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DE PROYECTO

Para la realización de este proyecto, al ser de carácter experimental toda la información que se requiera, será facilitada por el proveedor local del fabricante de la marca Aquathin, lo requerimientos establecidos por el proveedor de servicios locales

de mantenimiento preventivo y correctivo y las mejoras tecnológicas sugeridas por el proveedor local.

3.2.3 METODOLOGÍA DE CONTROL

Para el proceso de verificación del proyecto se realizará medición de las diferentes variables y resultados de los objetivos planteados para determinar la funcionalidad y mejora tecnológica de este proyecto.

Además, se realizarán todas las mejoras tecnológicas indicadas por el proveedor local de servicio de mantenimiento preventivo y correctivo y las sugeridas por el proveedor de la marca Aquathin Hydrofiltración SA.

La elaboración de este proyecto requiere de un amplio conocimiento cuidado y dedicación para lograr obtener los resultados deseados.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad el sistema de filtración de agua para ser utilizado en las diferentes máquinas de análisis de química clínica instaladas en la CCSS, consiste en mecanismos con una electrónica básica de control por electroválvulas y sensores que se encargan de controlar el sistema de Hydrofiltración compuesto por diferentes elementos.

1. Fuente de poder de 24VDC.
2. Tarjeta de control.
3. Membranas de ósmosis Inversa.
4. Solenoides de control de flujo de agua.
5. Sensores de presión para la entrada de agua y Tanque.
6. Un Tanque de almacenamiento de agua a presión.
7. Filtro de carbón activado.
8. Filtro desionizador
9. Lámpara de Luz UV
10. Bomba de presión 100 PSI

Figura 17 Sistema de filtración de Agua Aquathin



Fuente: <http://test.aquathin.co.za/aqualite.asp>

Este conjunto de partes conforman el sistema de filtración de agua; en la actualidad los usuarios de las máquinas de química clínica no cuentan con un sistema que les permita saber cuándo se presenta un problema de producción de la cantidad de agua filtrada a través de las membranas de Ósmosis Inversa. La única forma en la cual el usuario en cada hospital, con estos sistemas instalados, puede darse cuenta de que el sistema tiene una baja producción de agua, es cuando la máquina detiene su procesamiento de muestras de forma temporal hasta que se realice la reparación por parte del proveedor del servicio, en este caso Capris Médica.

Una vez que se presenta el problema el usuario procede a realizar una llamada de urgencia a la compañía Capris Médica encargada de dar el servicio de mantenimiento correctivo y preventivo de forma ininterrumpida las 24 horas los 365 días el año, para esto se pueden contactar a un número de la central de la compañía en horas de oficina o a un celular que lo portan los ingenieros de servicio de la

compañía, que tendrán la obligación de resolver el problema en tiempos mínimos establecidos por CCSS, en las licitaciones públicas.

Una vez contactado el personal, este deberá transportarse hasta el lugar donde se presentó el problema, el cual podría estar ubicado desde el Valle Central o hasta las zonas más rurales del país y procederá a realizar las pruebas respectivas lo cual le permita confirmar que el sistema de filtración de agua no está realizando la cantidad de flujo de producción de agua suficiente y que ha sido establecida para que las máquinas de análisis de química clínica no detengan su funcionamiento; el consumo de agua de las máquinas, según lo indica el fabricante es de 28L/Hr, cualquier valor de producción de agua por debajo de este valor las detendrá.

El procedimiento para establecer la cantidad de agua que produce el sistema de filtración de agua, funciona colocando en un recipiente tipo probeta volumétrica, que cuente con una escala en su exterior con una precisión de ser posible 25ml para una escala total de 1000 ml, a la salida del sistema de filtración y que va al tanque de almacenamiento temporal, para confirmar que el sistema está produciendo valores inferiores a los 500ml por minuto; asimismo, el valor de tiempo será medido utilizando un cronómetro u equivalente, cualquier valor inferior pone en riesgo la operación de las máquinas y el procesamiento de las muestras.

Una vez se logre determinar los valores de producción de agua del sistema de filtración y se confirma el deterioro de las membrana, es entonces que se procede con el remplazo de las membranas. Para este procedimiento, se inicia desconectando el panel principal de la red eléctrica y se procede a desmontar las carcasas atornilladas

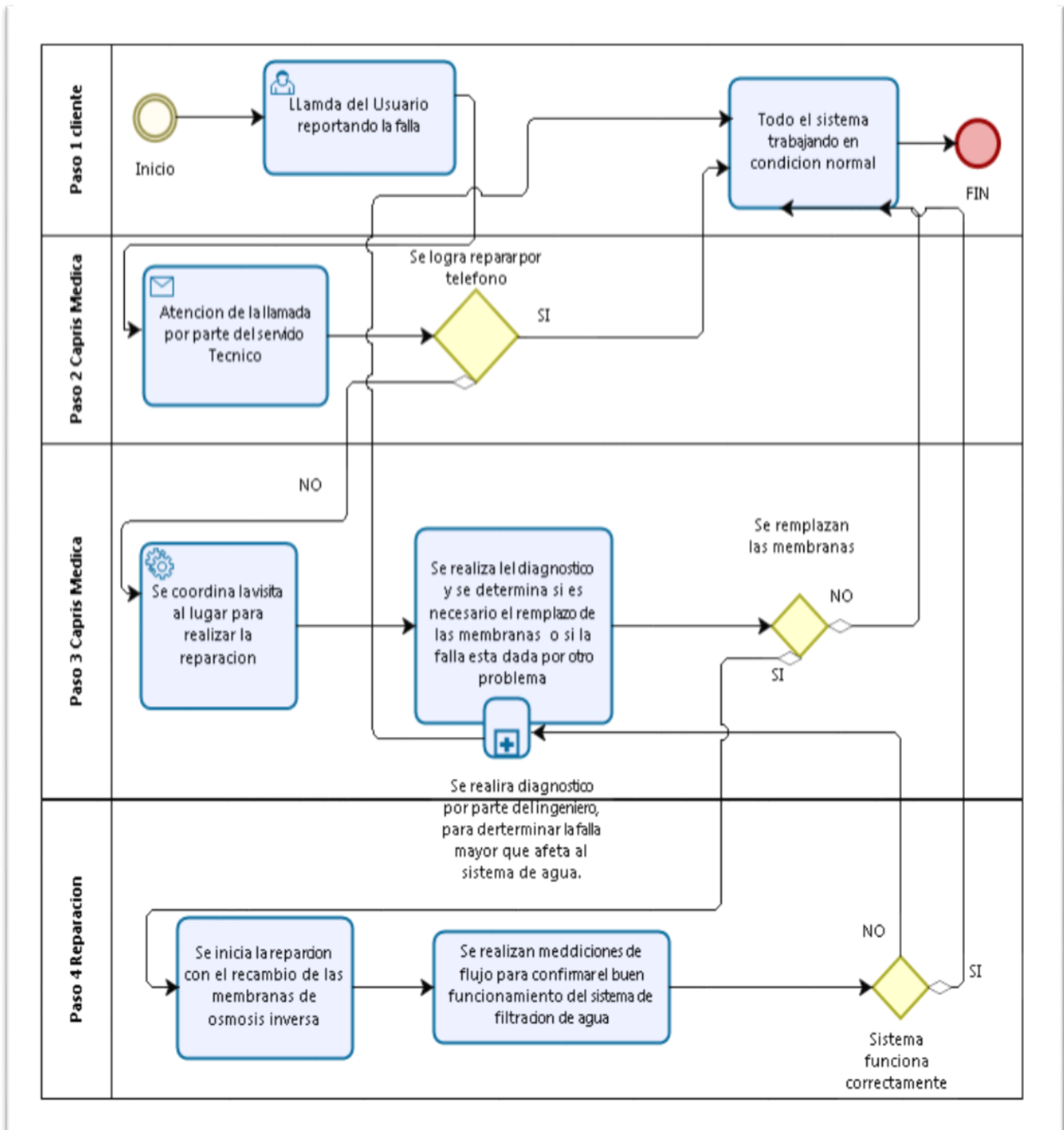
al panel principal y cambiar las dos membranas desenroscando las tapas de las carcasas y colocando dos membranas nuevas; una vez realizado este procedimiento, se procederá a reinstalar las carcasas armadas y con las membranas nuevas instaladas, siguiendo el proceso inverso al realizado durante el recambio.

El siguiente paso consiste en el rearmado del sistema de filtración, se reconecta la línea eléctrica al panel principal y se realiza de nuevo la medición de la producción del sistema de filtración de agua, utilizando el mismo método que se utilizó para determinar la producción durante el proceso del diagnóstico inicial; una vez confirmado que el sistema cumple con una producción superior a los 750ml/min, se ratifica que este volumen es apto para el funcionamiento de las máquinas de análisis de química clínica.

Cuando se ha realizado el restablecimiento del sistema de agua a sus funciones normales, se procede a realizar una pausa de al menos treinta minutos que permita aumentar el nivel de agua en el tanque de almacenamiento y, como último paso, se deberá realizar un apagado total de la máquina para que esta pueda volver a recargar de forma automática a todos los reservorios internos que utiliza para su funcionamiento; este proceso toma al menos una hora en restablecer toda la operación de forma segura y que garantice el procesamiento de las muestras con las máquinas de análisis de química clínica.

El siguiente diagrama de flujo representa el proceso actual tanto de recibo del material, su proceso de carga y hasta ser entregado a manufactura para su uso:

Figura 18 Diagrama de flujo reporte de falla y solución de problema.



Fuente: Elaboración Propia.

El diagrama que se presenta con el proceso para el recambio de Membranas de Ósmosis inversa y que comienza desde el momento en el cual el usuario directo efectúa la llamada reportando la falla de suministro de agua en las máquinas de análisis de química clínica, hasta el momento en el que el ingeniero de la compañía Capris Médica ejecuta la reparación y restablece todo el sistema de filtración de agua en conjunto con las máquinas que lo utilizan para el análisis de las muestras de química clínica.

La siguiente tabla es resultado del análisis de la problemática encontrada al realizar el estudio del proceso:

Tabla 2 Análisis de proceso actual

Item	Situación Actual	Problemática	Propuesta de mejora
1	El usuario reportará el fallo del sistema de filtración, en el momento que se realiza la detención de la máquina utilizada para el análisis de la química clínica.	Una vez realizada la detención de la máquina se interrumpirá el procesamiento de las muestras de los pacientes hospitalizados de la consulta diaria	Contar con un sistema que permita medir el flujo de agua producida por el sistema y que informe de forma preventiva que el sistema se va a detener y así poder programar una visita para solucionar el problema antes de que este falle.
2	Contar con un sistema de membranas de ósmosis que funciona en de forma paralela al sistema principal y en	El sistema principal de filtración de agua no cuenta con un respaldo automatizado que le permita seguir	Instalar un sistema de respaldo que utilice el mismo conjunto de membranas de ósmosis y que sea controlado por un

Item	Situación Actual	Problemática	Propuesta de mejora
	el momento que se presente una falla permanente.	operando en caso de falla.	sistema de microcontrolador tipo Arduino.
3	El sistema de filtración no cuenta con ningún tipo de alarma visual.	Al no contar con ningún tipo de señalización visual, se imposibilita al usuario proveer algún problema en el sistema de filtración.	Instalaron de un panel que contenga una pantalla tipo TFT con el estado actual de la producción del sistema y una señal visual para que el usuario notifique, en caso de emergencia al proveedor del servicio
4	El sistema no cuenta con un tipo de alarma audible que notifique al usuario, al momento de presentarse alguna falla.	El operador no cuenta con ningún tipo de señalización que le permita prever una falla en el sistema de filtración.	Se instalará un sistema de alarma audible que será controlada por el Arduino las diferentes señales de los sensores instalados.
5	En la actualidad el sistema de filtración principal no cuenta con señales de sensores para parámetros importantes como lo son el flujo de la producción y la cantidad de partículas por millón en la salida del sistema.	Al no contar con este tipo de señales no se tiene una clara información acerca del agua utilizada para el procesamiento de las muestras.	Se instalará un sensor de medición de flujo a la salida de las membranas de ósmosis inversa y un medidor de partículas por millón; de tal forma que el cliente cuente con información detallada acerca del agua utilizada para el procesamiento de las muestras.
6	El sistema principal no cuenta con un sistema	El usuario es responsable de	Instalará un módulo GSM que notifique de forma

Item	Situación Actual	Problemática	Propuesta de mejora
	automatizado de notificaciones al proveedor del servicio de reparación de los sistemas de filtración de agua.	notificar al proveedor tanto en horas de oficina, en horario de guardia acerca de las dificultades, ello implica comunicarse a una central o al teléfono de guardia en horario fuera de oficina.	automática al proveedor del servicio enviando mensajes de texto con el problema que se esté presentando en el sistema de filtración de agua.

Fuente: Elaboración Propia

4.2 OBJETIVOS DE LAS ACTIVIDADES

4.2.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

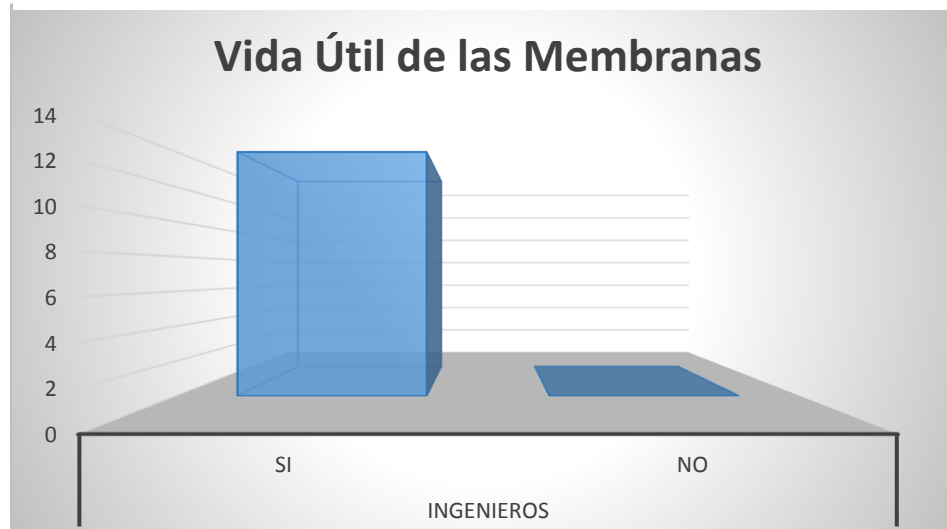
Tomando en cuenta la problemática que se representa al no contar con un sistema de respaldo automatizado, se optó por una entrevista como medio para la recolección de datos; la muestra será tomada entre todo el personal que está relacionado directamente con el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de agua instalados en los principales hospitales del C.C.S.S; consta de catorce ingenieros de la compañía Capris Médica, empresa a cargo de dar el servicio y soporte de todos los sistemas de agua y de las máquinas de análisis de química clínica instalados.

4.2.2 INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Como instrumento se utilizará el cuestionario por ser un método cuantitativo; estará conformado por 9 preguntas cerradas y una abierta.

1. ¿Conoce el problema que se presenta cuando se agota la vida útil de las membranas de Ósmosis Inversa?

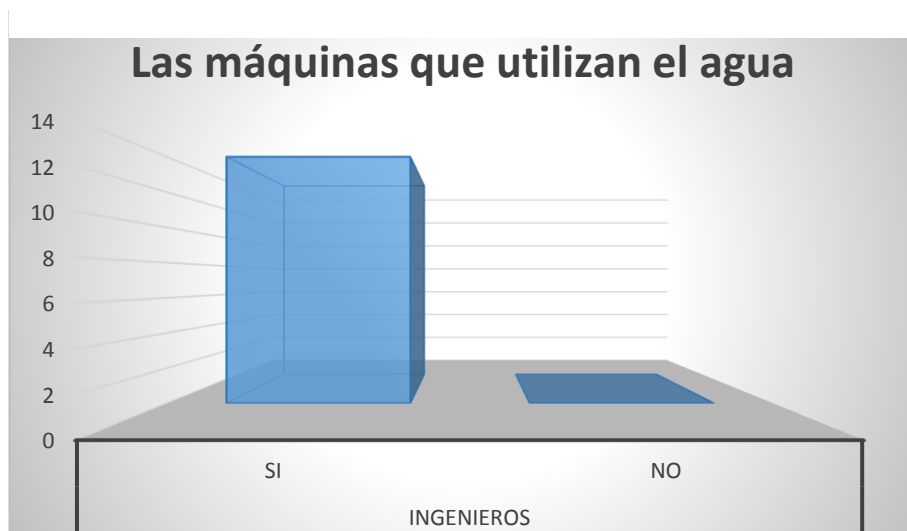
Gráfico 1 Resultado de encuesta pregunta #1



Fuente: Elaboración propia.

2. ¿Entiende la importancia de que las máquinas de análisis de química no se detengan por falta de agua?

Gráfico 2 Resultado de encuesta pregunta #2



Fuente: Elaboración propia.

3. ¿Conoce y entiende las implicaciones que conlleva el dar un mantenimiento correctivo dentro de los tiempos estipulados por el contrato entre proveedor y usuario?

Gráfico 3 Resultado de encuesta pregunta #3



Fuente: Elaboración propia.

4. ¿Conoce las consecuencias que se le presentan a los pacientes cuando no reciben los resultados de sus análisis a tiempo?

Gráfico 4 Resultado de encuesta pregunta #4



Fuente: Elaboración propia.

5. ¿Cree que el proceso actual que existe para el recambio de membranas se pueden dar retrasos importantes a los pacientes que reciben el servicio?

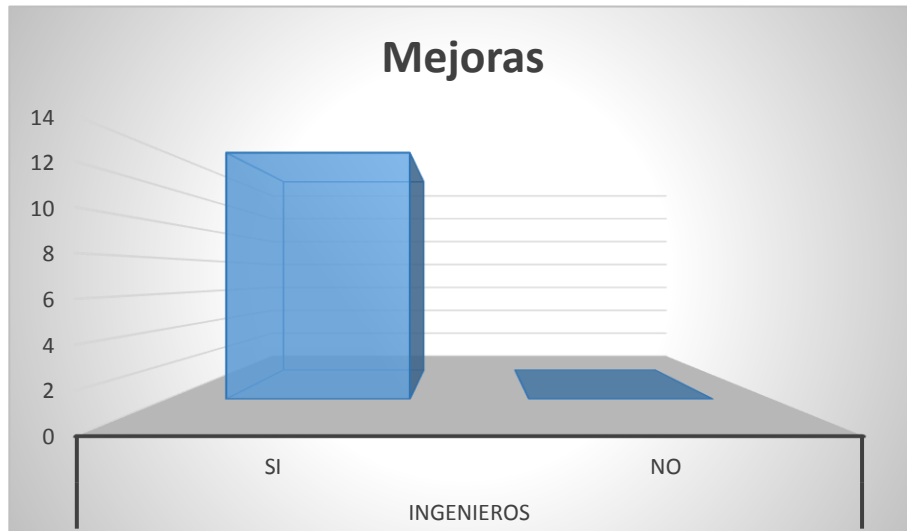
Gráfico 5 Resultado de encuesta pregunta #5



Fuente: Elaboración propia.

6. ¿Cree que este proceso actual se puede mejorar?

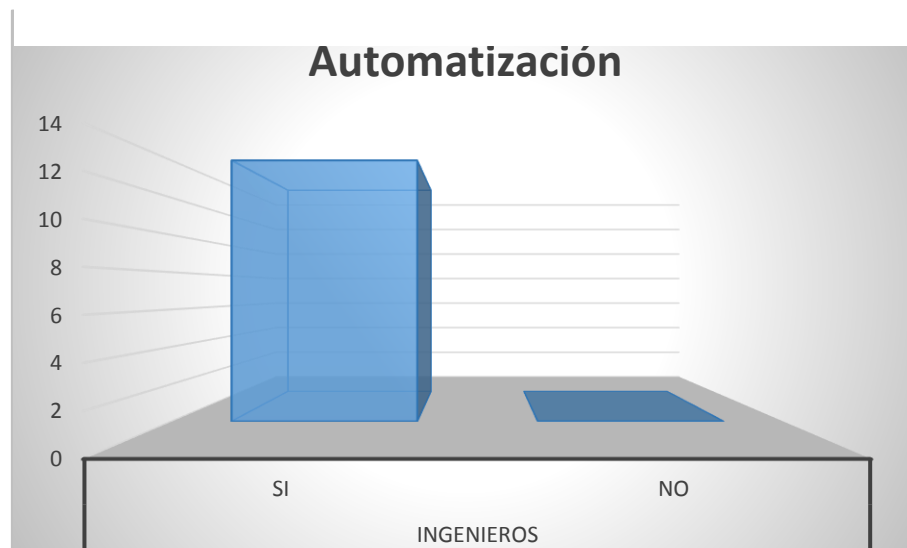
Gráfico 6 Resultado de encuesta pregunta #6



Fuente: Elaboración propia.

7. ¿Cree que la automatización para el recambio de membranas sería una mejora significativa?

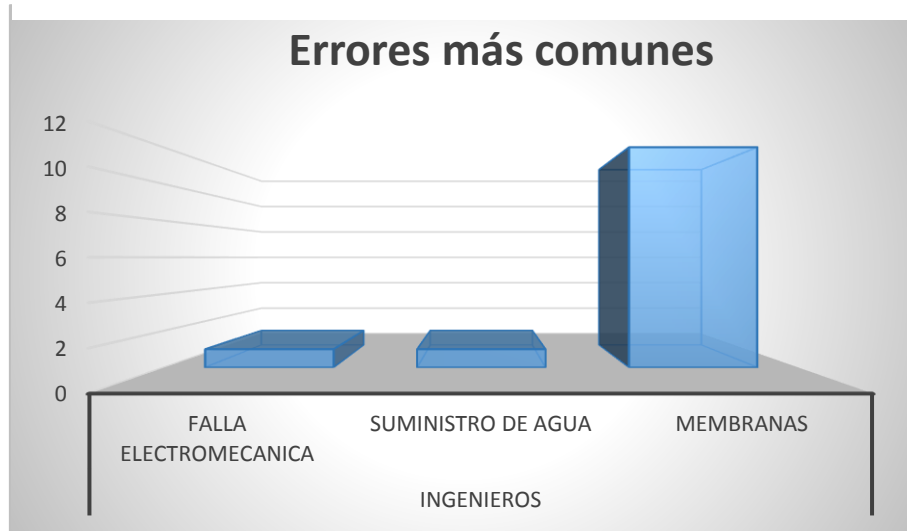
Gráfico 7 Resultado de encuesta pregunta #7



Fuente: Elaboración propia.

8. ¿De los siguientes errores cuál cree que sería el más común cuando baja la producción del sistema de agua?

Gráfico 8 Resultado de encuesta pregunta #8



Fuente: Elaboración propia.

9. ¿Cree que un proceso de automatización acompañado de mayor información visual y audible para el cliente y el servicio técnico sea una mejora conveniente?

Gráfico 9 Resultado de encuesta pregunta #9



Fuente: Elaboración propia.

10. ¿Qué aspectos cree que se podría mejorar en este proceso?

En el departamento de servicio, los ingenieros sugieren un indicador de tipo visual con la cantidad de mililitros por minuto que está produciendo el sistema de filtración de agua al momento de la producción de agua filtrada.

El Ingeniero en jefe respondió que poder contar con un sistema con una total autonomía de funcionamiento al presentarse una falla en el sistema principal, resultaría muy conveniente, esto generaría una brecha de tiempo suficiente, que permita coordinar una visita la cliente por parte de los ingenieros de servicio de forma programada; contrario a esto es la forma actual en la cual se generan visitas por correctivos de urgencia.

Basados en los resultados de la encuesta, la generalidad de los empleados que prestan el servicio de soporte un respaldo 24/7 todo el año a los sistemas de filtración de agua, consideran muy positivo poder contar con un sistema de respaldo

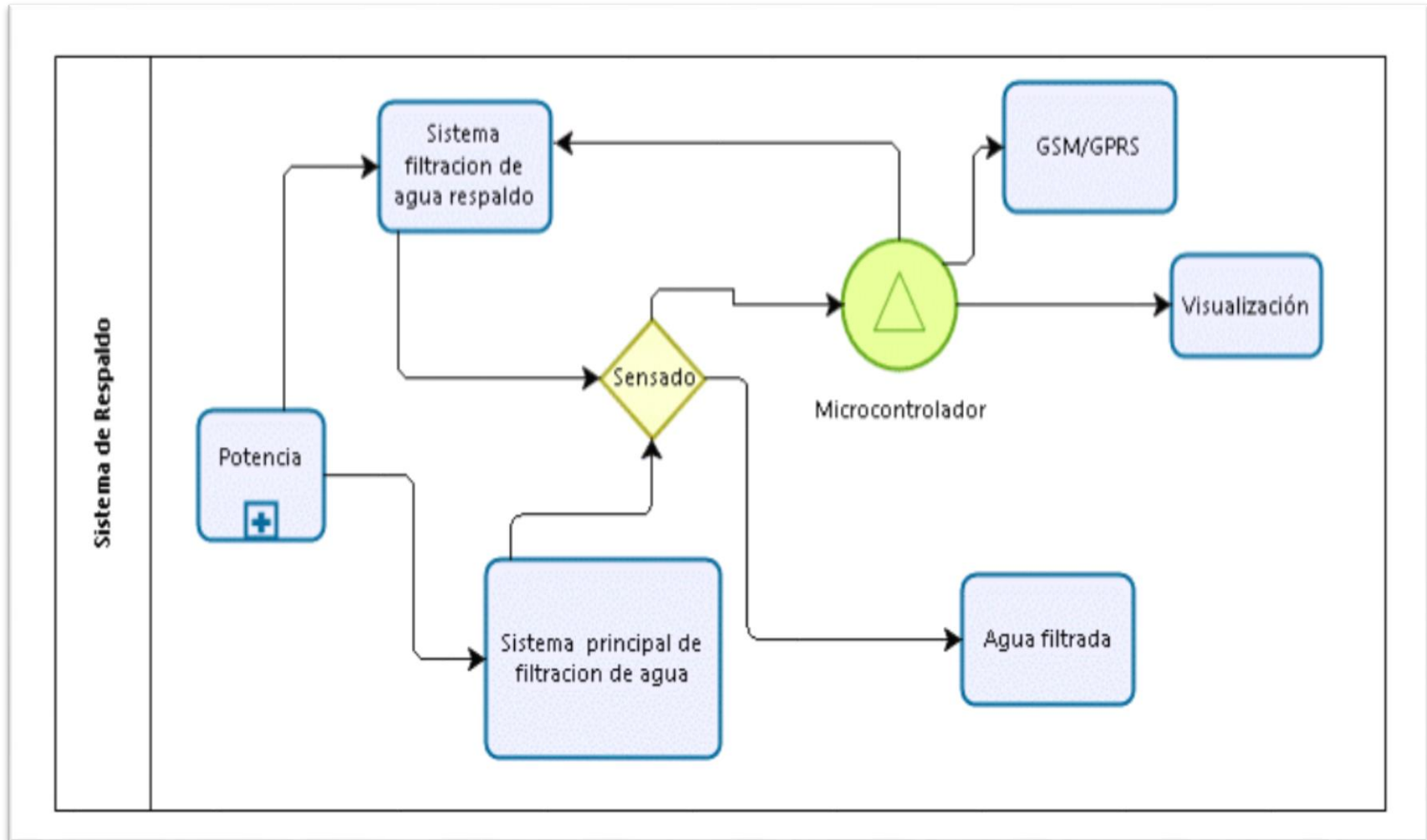
automatizado paralelo al sistema de filtración de agua principal de las máquinas de análisis de química clínica y que, además, se pueda contar con nuevas herramientas tecnológicas que brinden mayor retroalimentación del funcionamiento del sistema de filtración de agua para que esta información pueda ser recibida de forma oportuna y evite retrasos e inconvenientes tanto a los usuarios de las máquinas como a los pacientes que esperan sus resultados a tiempo.

4.3.1 DESARROLLO DE PROTOTIPO

Basado en la recolección de datos anteriormente indicados, y los resultados de las encuestas se pretende realizar dos prototipos:

1. El primer prototipo estará enfocado en la implementación de un procedimiento que trabaje de forma paralela al sistema de filtración de agua principal y que entre a funcionar en las señales de censado y control, detecten un problema en el suministro principal de agua o que se presenta una baja producción de agua filtrada por parte de las membranas de ósmosis inversa.
2. El segundo prototipo se enfocará en las mejoras tecnológicas que sean adaptables al sistema como para que este pueda retroalimentar al proveedor del servicio en caso de una falla, que por otro lado pueda notificar al usuario inmediato de una forma visible y audible fallas al momento de presentarse.

Figura 19 Diagrama general para la elaboración



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 21, se pretende establecer una tapa de potencia, que permita suministrar energía a ambos sistemas de filtración tanto el sistema principal como el de respaldo.

Se instalará un sistema de censado con las diferentes señales conectadas a un microcontrolador tipo Arduino y que a su vez transmitirá la información a un sistema de comunicación GSM, GPRS encargado de la transmisión de datos a un servidor online para almacenar a los datos generados por los sensores y enviar los mensajes de alarma tipo GSM a un teléfono celular utilizado.

Para los reportes de averías, como parte de la información del usuario se instalará una pantalla tipo TFT, con la información recolectada por el sistema de censado; finalmente el agua procesada, a través de ambos sistemas de filtración en diferentes momentos tanto principal como el de respaldo, tendrá salida del sistema hacia la máquina en la utilización final.

CAPÍTULO V

MARCO METODOLÓGICO

5.1 SELECCIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta corresponde a un procedimiento para la automatización de un sistema de filtración de agua que pueda ser adaptado a los que se encuentran actualmente instalados en los principales centros de salud del país, a raíz de que este no cuenta con un respaldo para eventuales fallos, ni tiene las alarmas y los sensores adecuados para representar toda la información necesaria que es requerida para garantizar la calidad del agua y que es producida por este.

Motivados por la situación actual de los sistemas de filtración, se realizó una reunión con la empresa encargada de proveerlos de los sistemas de filtración y otra reunión con el distribuidor local para Costa Rica, con el propósito de evaluar las necesidades y requerimientos que fuesen necesarios para hacer que este sistema de respaldo cuente con todas las mejoras posibles.

La propuesta de implementar un sistema de respaldo completamente automatizado, que contará con señales de censado tales como flujo y partes por millón serán parte de la implementación, contar con un sistema *online* de almacenamiento de datos generados por el sistema automatizado, sistemas de alerta vía GSM y una pantalla con la visualización para el usuario del lugar con los datos generados por el sistema de filtración de agua.

Esta opción fue de gran aceptación entre los involucrados, porque busca la mejora continua asociada a la tecnología y la automatización de un proceso con tanta importancia.

5.2 DETALLE DE LA PROPUESTA

De manera inicial se comenzó detallando la forma de la cual se compone el sistema principal de agua, compuesto básicamente por un procedimiento que conlleva un panel electrónico, encargado del control de las válvulas, la bomba y de los sensores de presión.

Estas partes trabajan de forma conjunta para realizar el prefiltrado a través de las membranas de ósmosis inversa, que como resultado es una agua baja en partes por millón y de excelente calidad; al tener que usar dichas membranas de ósmosis para realizar el proceso de filtrado se fuerza al agua a pasar a través de ellas con una bomba de presión que alcanza los 100 psi, este proceso de filtrado provoca que con el tiempo las membranas se saturen con impurezas y reduzcan su capacidad de filtrado.

Este inconveniente de tener membranas que ya no producen la misma cantidad de agua filtrada, deriva en la detención de la máquina que utiliza el agua para el análisis de química clínica, razón de la importancia de la implementación de un sistema de respaldo que realice la función de filtrado al momento que el sistema principal haya agotado las membranas en uso.

El contar con un respaldo favorecería enormemente a los usuarios que cuenten con este sistema de filtración de agua, con lo cual se reduce al mínimo el tiempo de los instrumentos detenidos por falta de agua filtrada.

Para la realización de este proyecto se estará necesitando la instalación de un transformador a 24 voltios Ac que serviría para la parte de potencia, dos

electroválvulas que harían en el proceso para replicar el funcionamiento de las válvulas en el panel principal, un microcontrolador tipo Arduino, un bloque de relés conectados para realizar el proceso de alternar el panel principal como el panel de respaldo.

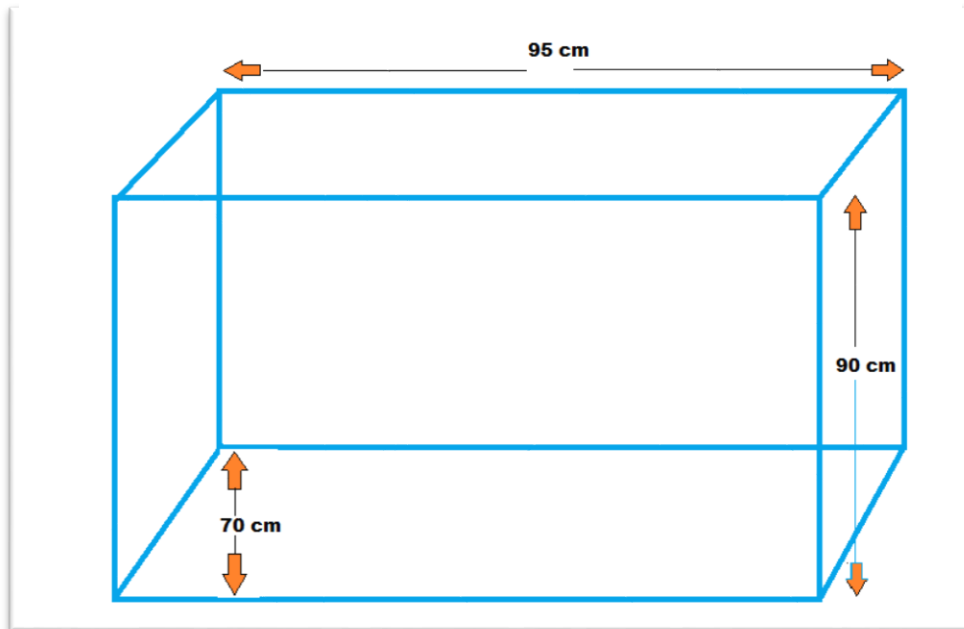
Además, se requiere una pantalla para visualizar la información y un módulo de conexión GSM/GPRS para transmisión de datos o a un servidor *online* y para realizar el envío de mensajes o al teléfono de emergencias de la compañía que presta el servicio de mantenimiento y reparación de los sistemas de filtración de agua.

5.2.1 Construcción de la estructura para la maqueta

Para la realización de la maqueta fue necesaria la construcción de una estructura metálica utilizando tubo metálico de una pulgada, la estructura mide 95 centímetros de ancho 70 cm de profundidad y 90 centímetros de alto, la soldadura utilizada es de tipo comercial.

La razón de la fabricación de esta estructura metálica, surge con la necesidad de instalar todos los módulos necesarios para la realización de la maqueta descrita; de acuerdo con los objetivos, era necesario instalar un sistema principal, con todas las características iguales a los utilizados en los principales centros de salud y además instalar todo los módulos necesarios para la fabricación del sistema de respaldo automatizado, sumado a la integración de los nuevos módulos para realizar las mejoras tecnológicas, por la gran cantidad de modo los y partes fue que se realizó la estructura metálica mencionada.

Figura 20 Plano de la estructura metálica.



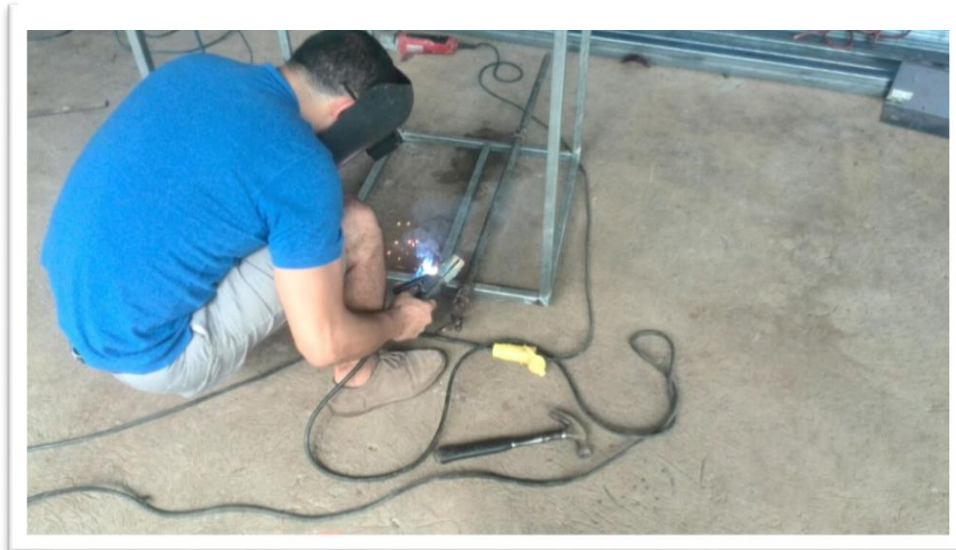
Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Elaboración de maqueta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22 *Elaboración de maqueta.*



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Proceso de armado de hidráulica y fabricación de partes

Fue necesaria la fabricación de un *manifold* para unificar la toma de agua para ambos sistemas de filtración tanto para el principal como para el de respaldo; asimismo, se le hará todo un manómetro para controlar la presión generada en la bomba de carga.

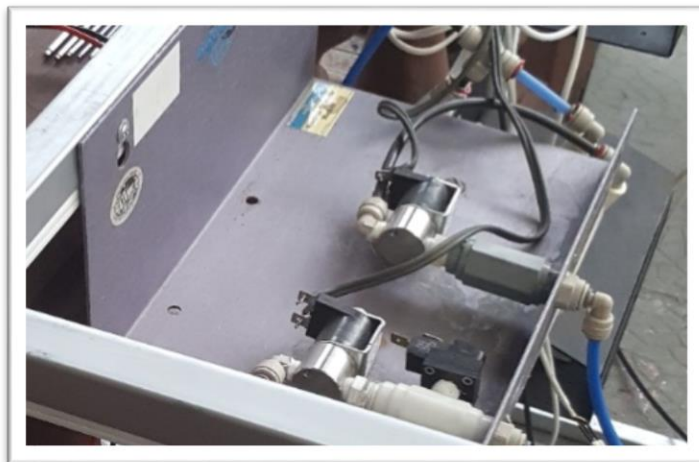
Figura 23 Elaboración de manifold.



Fuente: Elaboración propia.

Instalación de las electroválvulas para el sistema de respaldo y la instalación del sistema principal de filtración de agua utilizado en los centros hospitalarios, este sistema fue suministrado por el proveedor Hydrofiltración de Costa Rica con el propósito de realizar una maqueta con todos los implementos utilizados en el campo y para poder realizar todas las pruebas del sistema con las características y funcionamiento del sistema principal original.

Figura 24 Elaboración de maqueta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25 Elaboración de maqueta.



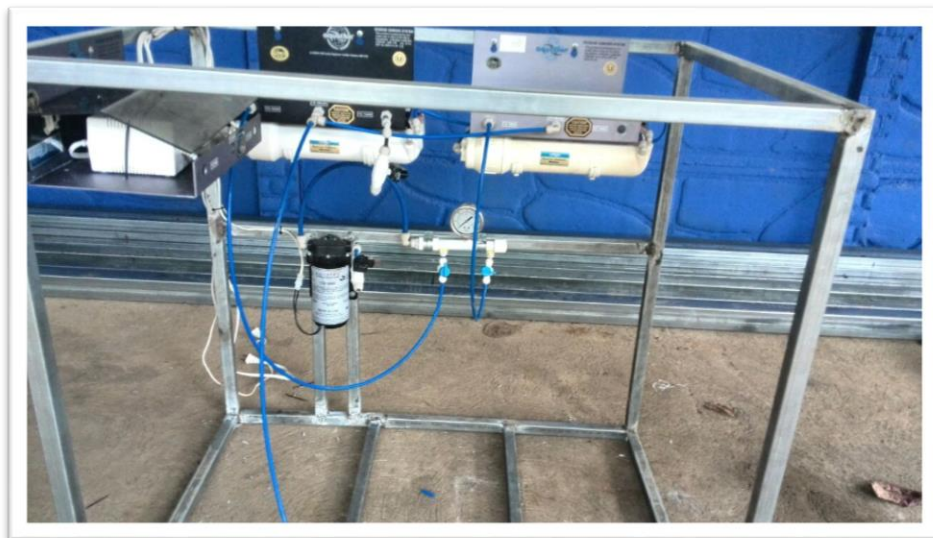
Fuente: Elaboración propia.

Figura 26 *Elaboración de maqueta.*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 27 *Elaboración de maqueta.*



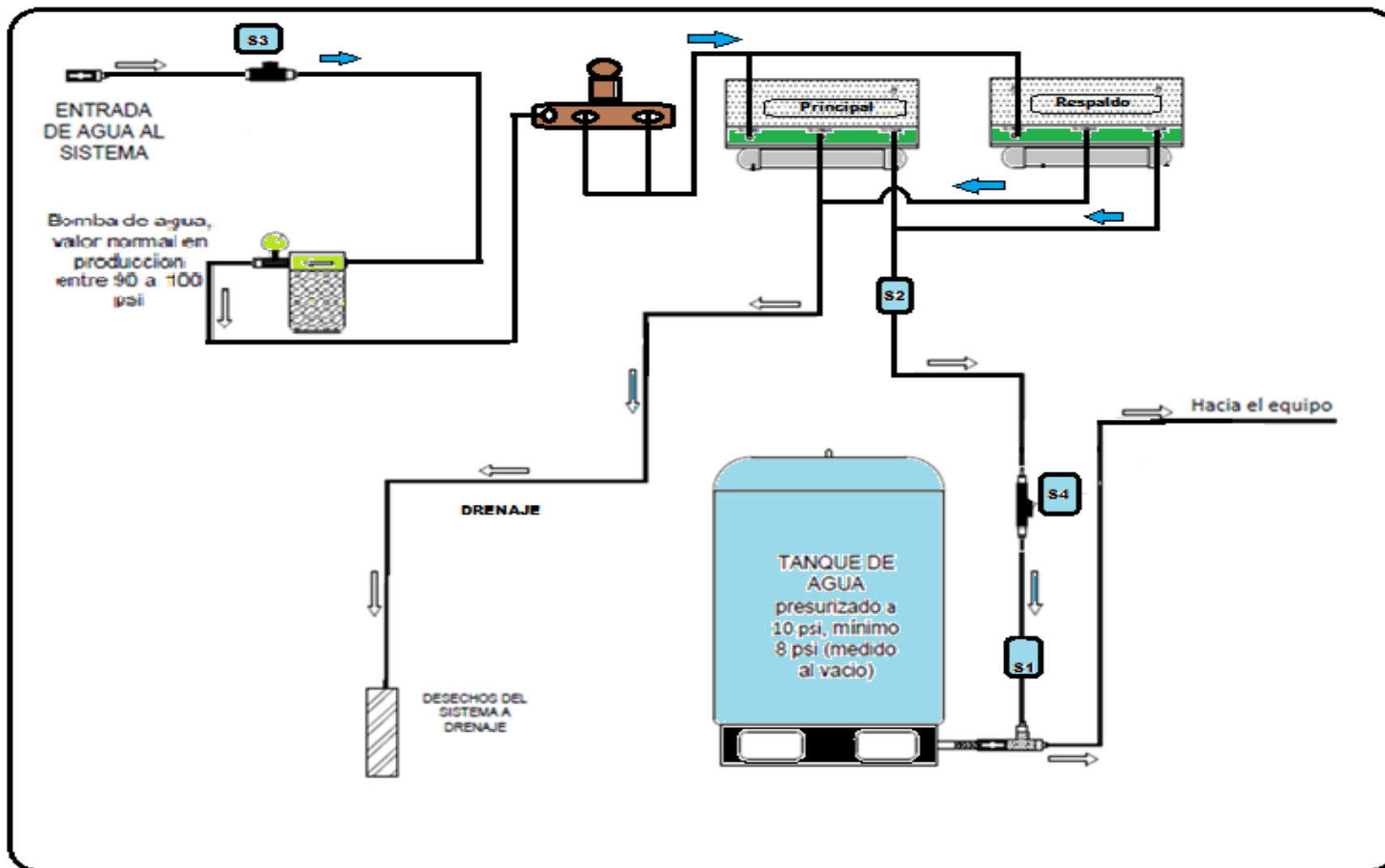
Fuente: Elaboración propia.

Durante la elaboración de esta maqueta fue necesario la interconexión de todas las líneas que transportan el agua entre la bomba del módulo principal del módulo de respaldo, las membranas de ósmosis inversa y la bomba a continuación se presenta un diagrama hidráulico básico de la interconexión entre los diferentes módulos.

Para la construcción y diseño de la maqueta fue necesario realizar la interconexión de toda la hidráulica, utilizando la lógica del funcionamiento del sistema principal utilizado en los principales centros de salud y replicar de forma paralela un sistema hidráulico que fuese capaz de trabajar sin que se viese afectado el sistema principal, tomando en cuenta que el sistema principal nunca debería de verse afectado al momento de ser utilizado el sistema de respaldo y viceversa.

A la vez se debía diseñar un sistema con la hidráulica para la reutilización de la bomba principal de presión que trabajará para ambos sistemas tanto principal como el paralelo, con el propósito de minimizar costos y de que el sistema de respaldo pudiese ser instalado con el mínimo de alteraciones al sistema principal; esto se logra realizando múltiples pruebas y finalizando con la elaboración del diagrama de hidráulica que se presenta continuación.

Figura 28 Diagrama de la hidráulica del sistema.



Fuente: Elaboración Propia.

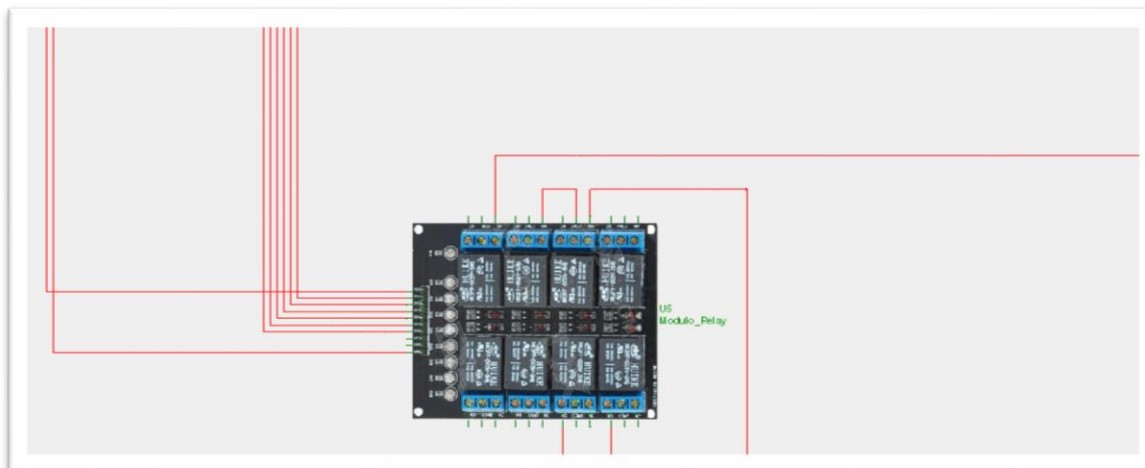
5.2.3 Interconexión eléctrica de las partes

Para la elaboración del proyecto, se inició con el diseño de la lógica para la interconexión de los relés, en conjunto con la bomba de presión, los transformadores de 24 voltios Ac designados como T1 y T2, la activación de las válvulas de drenaje y producción en el panel de respaldo y la activación del sistema de filtración de agua principal sobre el cual se debería trabajar sin alterar su funcionamiento normal.

Para la elaboración de la lógica de conexión eléctrica, de los relés era necesario que se cumplieran las condiciones básicas de funcionamiento del sistema principal, sin que se viesen afectadas, al tener un módulo paralelo de respaldo; la alimentación de los transformadores y la presión de la bomba debía funcionar para ambos sistemas de forma compartida, y debía darse en tiempos diferentes de acuerdo con las necesidades del sistema en funcionamiento.

Por lo demás, se debía controlar la activación de las electroválvulas del sistema de respaldo en un tiempo diferente del funcionamiento del sistema principal de filtración de agua lógica que se realiza a través del bloque de relés.

Figura 29. Módulo de Relés

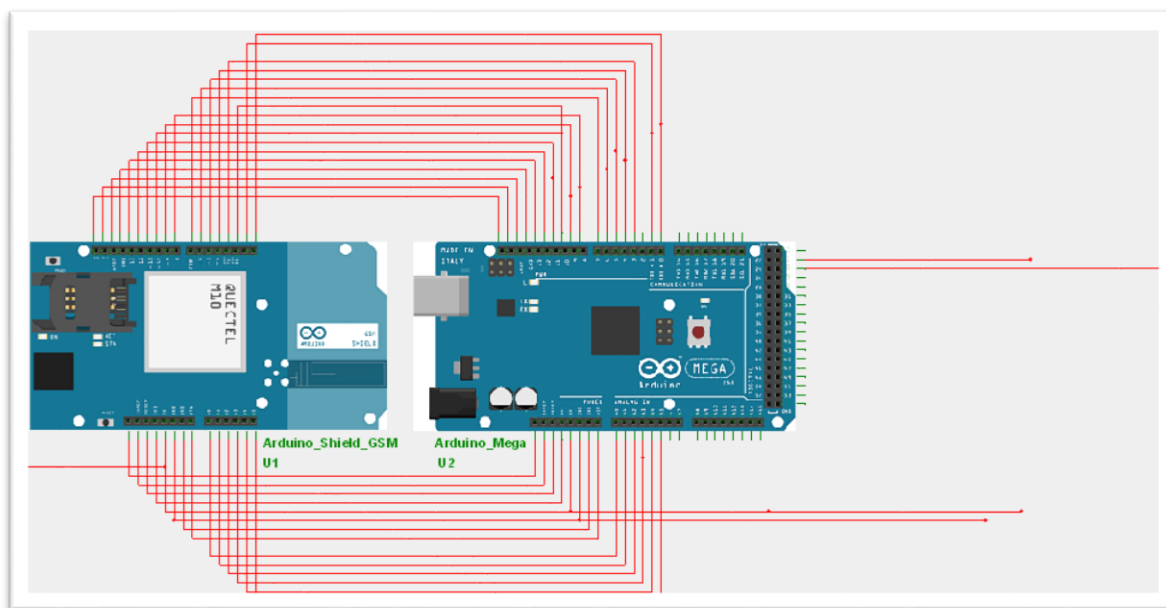


Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se realizó la investigación para adaptar el Shield de GSM y GPRS de Arduino y su correcta instalación al Arduino mega, estos deberían de ser los pines a utilizar y los cuales quedarían en desuso; asimismo, para la correcta conexión de ambos módulos se consultó directamente con la página del fabricante en la sección de la información técnica respectiva de cada módulo.

Además, fue necesario instalar las librerías correspondientes para ambos módulos, éstas eran necesarias para establecer el correcto funcionamiento de los módulos y su adaptación entre sí, posteriormente se actualizarán las librerías y se confirma el hardware para su correcto funcionamiento, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Figura 30 Arduino Mega y Shield GSM/GPRS.



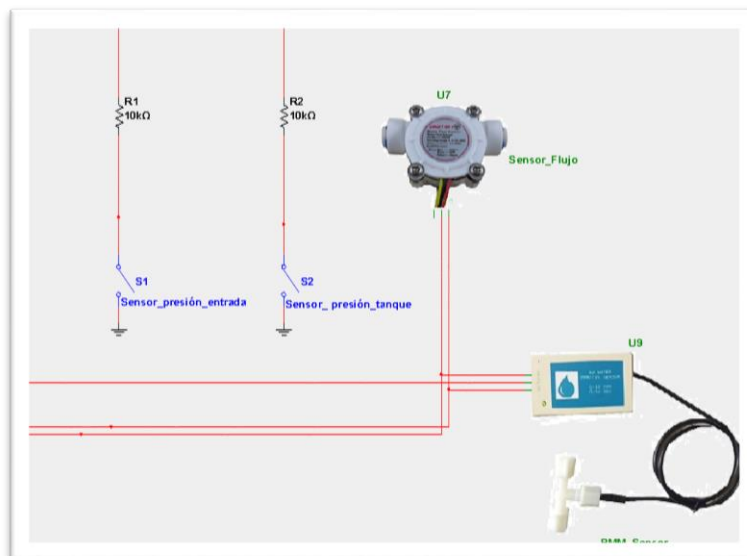
Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizado el proceso de interconexión de los módulos mencionados, era necesario establecer la correcta adaptación de los sensores que iban a ser utilizados para las señales establecidas en este proyecto, cuatro sensores básicamente serían instalados dos de presión uno a 1 psi y otro a 50 psi, además deberían de ser adaptados dos sensores uno de flujo para medir la cantidad de agua producida por el sistema principal y que también sería utilizado por el sistema de respaldo y por último un sensor capaz de medir las partes por millón como resultado de la filtración de agua, tanto del módulo principal como del módulo de respaldo.

Para la correcta conexión eléctrica de los diferentes sensores se realizó consulta en la página de los diferentes fabricantes, para contar con la ficha técnica de

las diferentes partes, información necesaria para poder conectar los sensores a la alimentación y a las señales analógicas y digitales que debería recibir nuestro Arduino

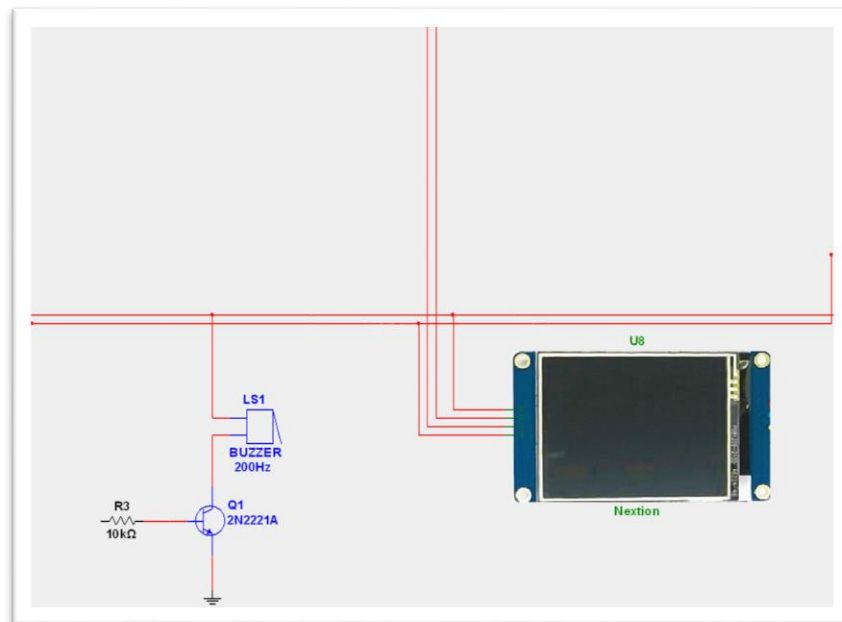
Figura 31 Sensores del sistema.



Fuente: Elaboración Propia.

Para el proceso de finalización de armado de la maqueta era necesario complementar con la instalación de una pantalla tipos TFT, la cual serviría para la visualización de las señales de los sensores, la potencia del módulo de GSM/GPRS y las alarmas, en conjunto se instaló un *buzzer* tipo pasivo para que envíe una señal audible, al momento en que se presenta el error en el módulo principal de filtración de agua y que se activa el módulo de respaldo; para ambas partes fue necesario consultar la página del fabricante en las especificaciones técnicas, para su correcta conexión a la alimentación y para su conexión a al microcontrolador tipo Arduino.

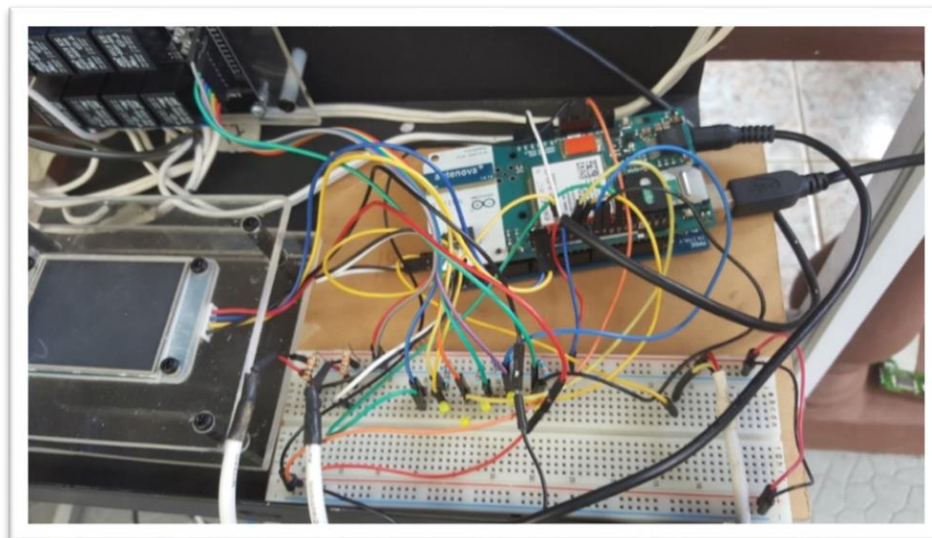
Figura 32 Pantalla TFT y Buzzer tipo Activo.



Fuente: Elaboración Propia.

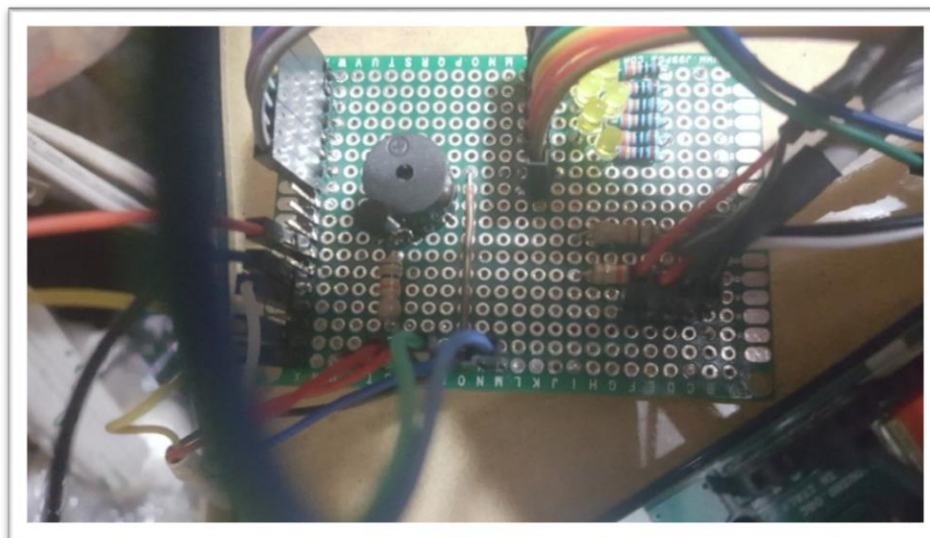
Durante la elaboración de este proyecto se contó con la disponibilidad de una *proto-board* para realizar los montajes temporales de las diferentes partes electrónicas que se utilizarían durante el proceso del experimento, una vez que se concluyó con la parte del experimento y se definió la correcta interconexión eléctrica entre las partes, se trasladó la electrónica a una *ferro-board*.

Figura 33 Elaboración de maqueta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34 Elaboración de maqueta.



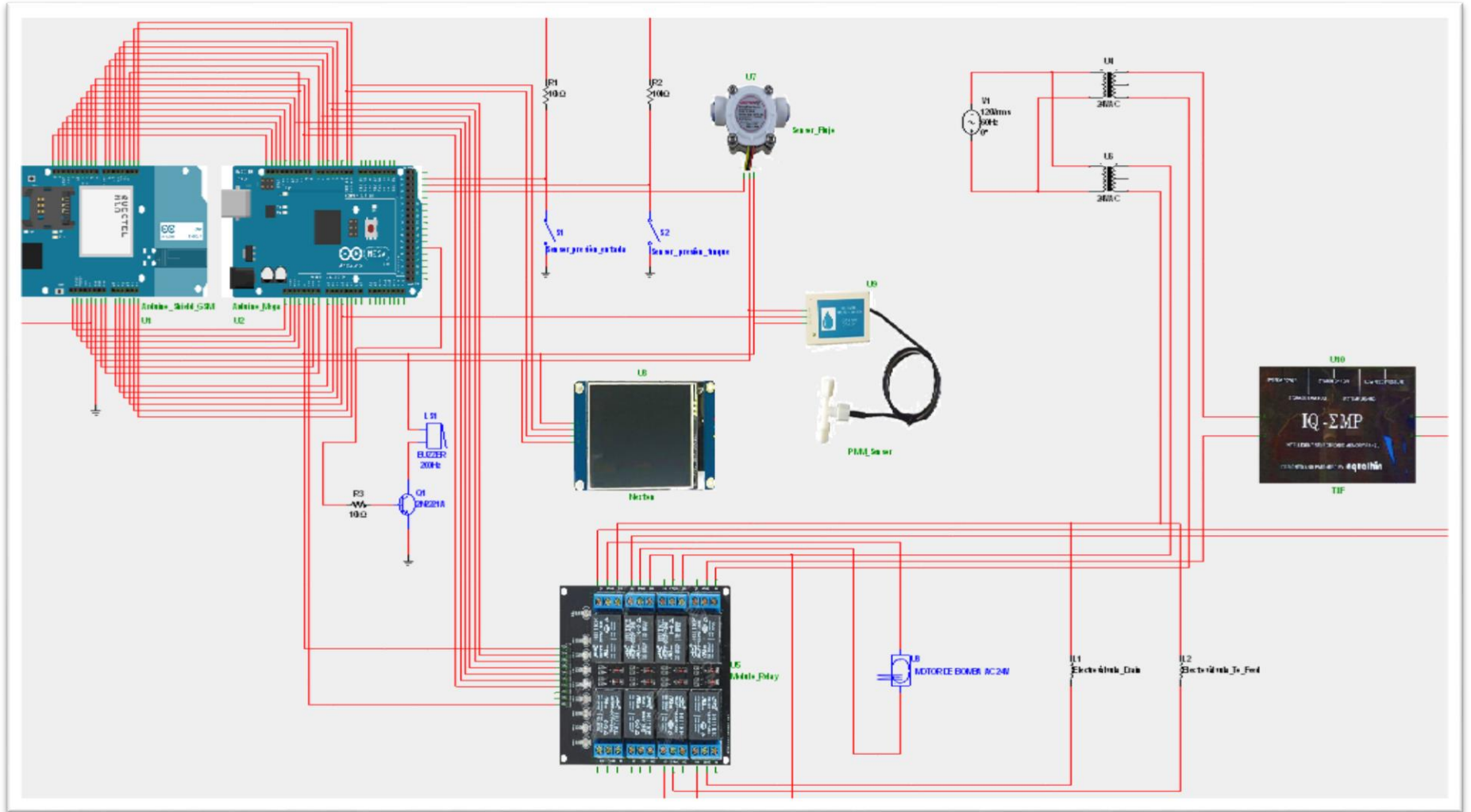
Fuente: Elaboración propia.

Para la realización del proyecto fue necesario realizar un diagrama eléctrico, el cual debía de cumplir con la facilidad de poder entender cómo debía de ser conectado cada uno de los diferentes módulos que se deseaba integrar a este proyecto; además, era necesario que el del diagrama fuera claro, preciso y electrónicamente entendible.

Al respecto, se realizó el diagrama eléctrico utilizando *Multisim*, un software que permite realizar diagramas eléctricos con las características mencionadas, y además permite incluir dispositivos que no estén en sus librerías como el Arduino, el módulo de GSM de Arduino y los diferentes sensores utilizados para la elaboración del proyecto; se logró elaborar un diagrama que facilitó el trabajo en el proceso de realización de la parte física, pues sirvió de guía para la interconexión eléctrica y a la vez para realizar el proceso de diagnóstico por fallas que se pudiesen presentar.

A continuación se adjunta uno de los diagramas eléctricos realizados en *Multisim*.

Figura 35 Diagrama eléctrico.

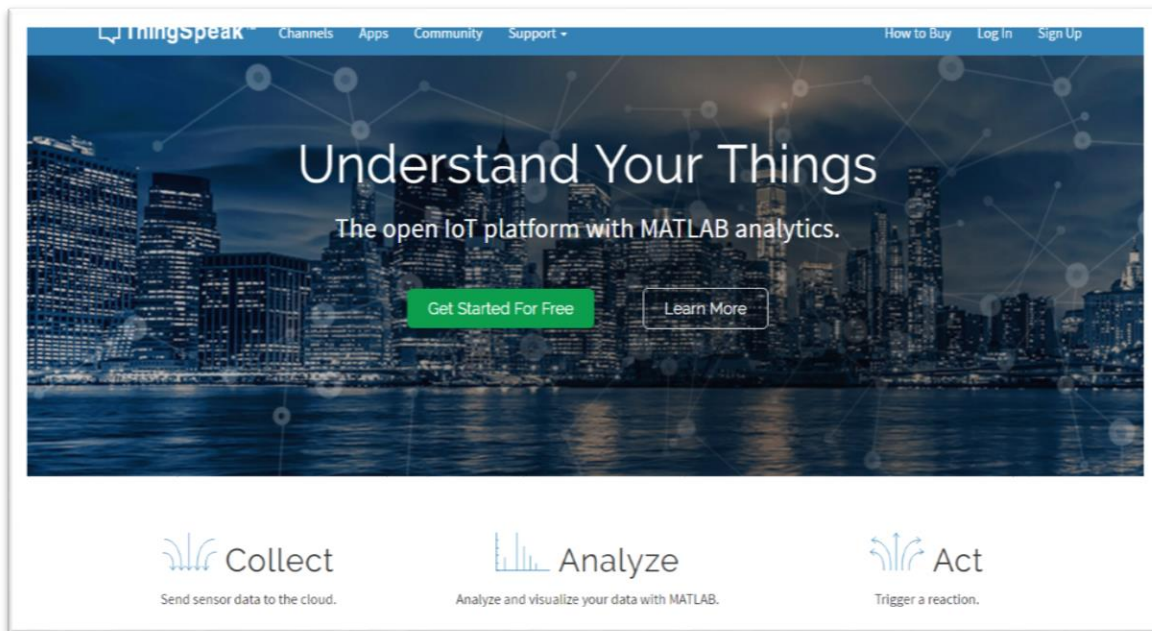


Fuente: Elaboracion Propia.

5.2.4 Utilización del servidor en línea (ThingSpeak)

La interfaz de programación de aplicaciones, abreviada como **API** del inglés (Application Programming Interface) sistema utilizado por *ThingSpeak* siempre trabaja con datos, esa es su gran especialidad. Es una API abierta para el Internet de las Cosas que permite recopilar, almacenar, analizar, visualizar y actuar sobre la información recogida en sensores, ampliamente utilizada en hardware de código abierto como Arduino, o con lenguajes de cálculo computacional como MATLAB (ThingSpeak), es una API conocida entre los desarrolladores como el internet de las cosas.

Figura 36 (ThingSpeak).



Fuente: <https://thingspeak.com/>

Entre las características de *ThingSpeak*, API funciona siempre con canales, los cuales contienen los campos de datos, ubicación y estado. Para la realización de este proyecto fue necesario crear un canal, donde se recopilará la información de dispositivo tipo Arduino y que se almacenarán los datos que posteriormente serian analizados y visualizados en gráficos (existen tutoriales bastante completos de cómo crear gráficos con *ThingSpeak*).

5.2.5 Aplicación para la visualización de *ThingSpeak*

Como parte del desarrollo de este proyecto se tomó la decisión de utilizar también la aplicación disponible en el *Play store* de Google para la descarga de una aplicación, utilizada para la correspondiente conexión entre un teléfono inteligente y el servidor en línea *ThingSpeak*, dicha aplicación permite visualizar los canales, es de fácil configuración utilizando un ID de canal para configurar su conexión.

Para realizar el preajuste de tiempo: se tiene acceso a una hora, día, semana, mes y año, se podrá visualizar rápidamente los datos del pasado así también los datos subidos recientemente. También podrá hacer una visualización personalizada donde podrá comparar cualquier período de tiempo (día en particular, mes, año) y confrontarlo con otro período determinado, tiene gran funcionalidad en lugares sin acceso a computadoras.

Figura 37 Aplicación para la conexión a (ThingSpeak)



Fuente: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cinetica_tech.thingview.f
ull&hl=es](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cinetica_tech.thingview.full&hl=es)

5.2.6 Programación del sistema automatizado

Durante la elaboración del sistema de respaldo automatizado, se tomó la decisión de incluir un Arduino mega como parte de este proyecto, la razón fue para que este módulo pudiese realizar la toma de decisiones y que interpretara las señales de los sensores.

Estos procesos de lectura y de análisis de datos implican una programación del módulo de Arduino, de la misma forma el módulo para la interconexión de datos

GSM y GPRS requiere de una propia programación, para la transmisión de datos y la interconexión entre el Arduino, la interpretación de las señales de entrada tipo sensores y la etapa de control de los relés requieren ser manipulados por en el Arduino. A continuación se incluye la programación.

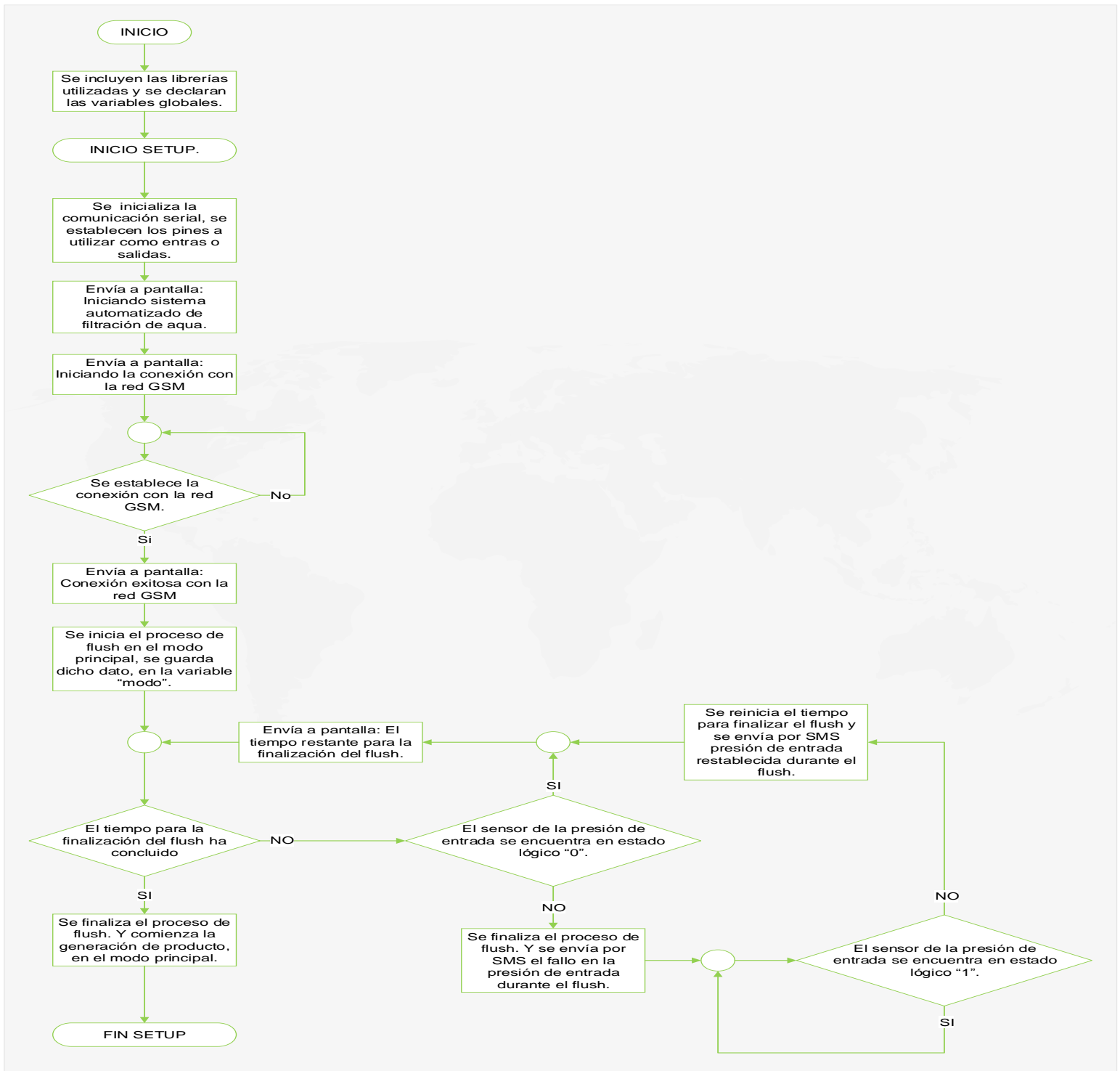
5.2.6.1 Diagrama de flujo etapa de Inicio (Setup)

El código comienza incluyendo las librerías utilizadas y declarando las variables globales, a partir esta parte se inicia el Setup, en donde se emprende la comunicación serial, se establecen los pines como entrada o como salida, luego se manda a llamar la imagen utilizada en la pantalla *Nextion*, con la indicación comenzando el sistema automatizada de filtración de agua.

Al empezar la conexión con la red, se manda a llamar la imagen con la indicación: “iniciando la conexión con la Red”, luego si la conexión fue exitosa se continúa; de lo contrario se reintenta con la conexión con la red, si esta conexión fue exitosa, se manda a llamar la imagen: “conexión exitosa con la red” en la pantalla.

A partir de este momento se inicia la siguiente etapa llamada para efecto de este proyecto como etapa de *Flush* y al concluir esta finaliza el *Setup*.

Figura 38 Diagrama de Flujo del (Setup) código de programación.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 39 Código de programación de la sección de (Setup).

```
int flujoPin = 26;
int PPMPin = A3;
int presionEntradaPin = 22;
int presionTanquePin = 24;
int powerOn = 7;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  scannerNetworks.begin();
  pinMode(presionEntradaPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(presionTanquePin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(flujoPin, INPUT);
  pinMode(powerOn, OUTPUT);
  pinMode(alimentaBombaP, OUTPUT);
  pinMode(alimentaBombaN, OUTPUT);
  pinMode(enciendeBomba, OUTPUT);
  pinMode(relayTXF, OUTPUT);
  pinMode(ToDrainValvula, OUTPUT);
  pinMode(ToFeedValvula, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  digitalWrite(powerOn, HIGH);
  StartGSM();
  comandoPantalla();
  flushTXF();
}
```

Fuente: Elaboración Propia

5.2.6.2 Diagrama de flujo etapa de (Flush)

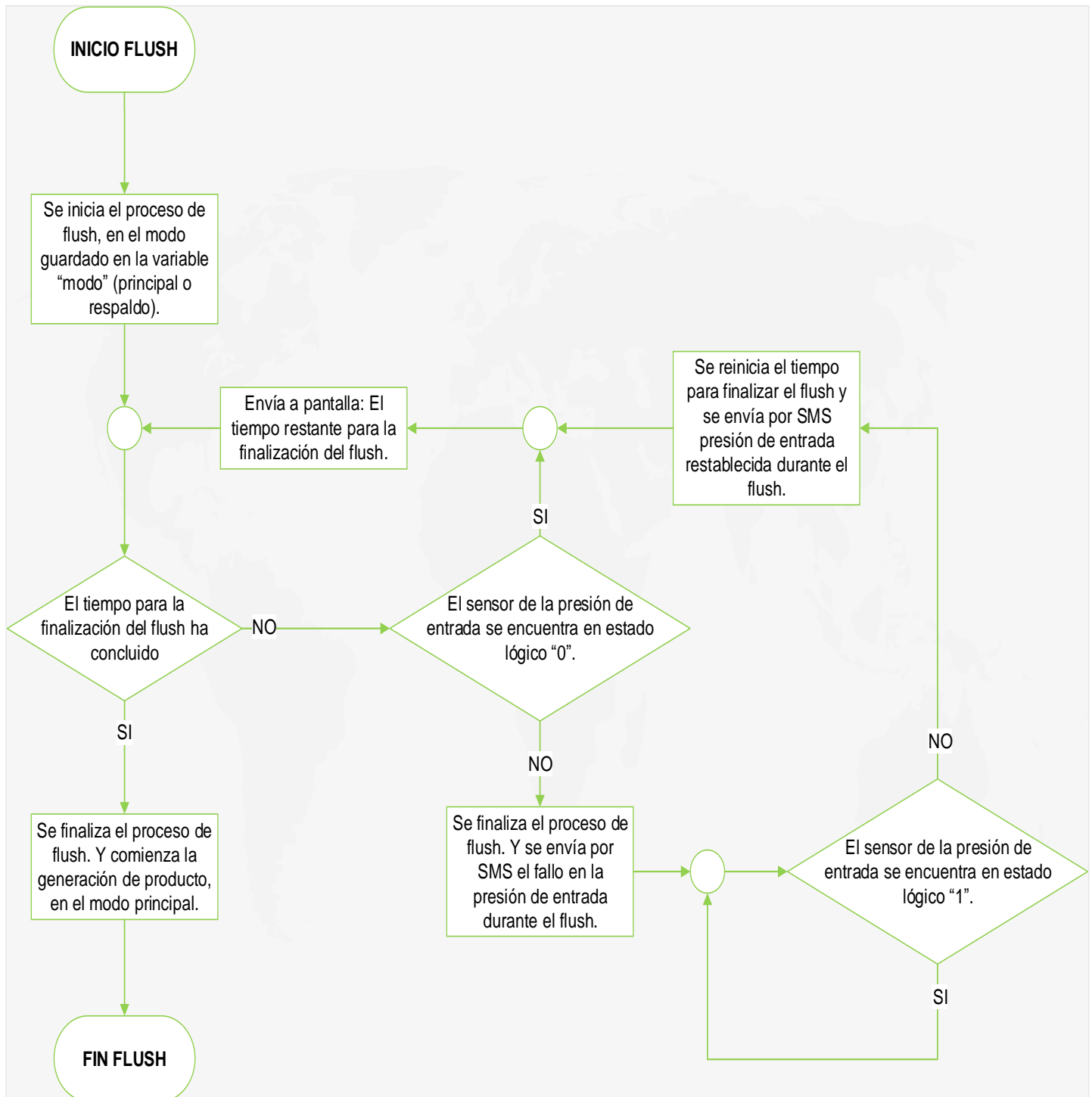
Se inicia el proceso de *Flush* en el modo guardado en la variable “modo”; luego se pregunta si el tiempo para la finalización de este ha concluido, de no ser así se verifica el estado del sensor de entrada, si se encuentra en estado lógico “0” (Estado que indica la presencia de agua).

Si hay presión se envía a pantalla el tiempo restante para la finalización de *Flush* y se repite el proceso.

Si el sensor de presión de entrada pasa a estado lógico “1” (Estado que indica fallo de la presión) se finaliza el proceso de *Flush* y se envía mensaje. Por ejemplo: “Santa Bárbara 01. Presión de entrada inadecuada a la hora de realizar Producto”, luego continuamente se monitorea el sensor de la presión de entrada hasta que este cambie de estado (a consecuencia del restablecimiento de la presión de entrada), se restablece la cuenta del tiempo para finalizar el Flush, se envía pos SMS: “Santa Bárbara 01, se restableció la presión de entrada en el sistema”.

Seguidamente se vuelve a monitorear si el tiempo para la finalización del *Flush*, cuando el procedimiento ha concluido, se comienza con el proceso para la producción de agua.

Figura 40 Diagrama de Flujo del “Flush” código de programación.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 41 Código de programación de la sección de (Setup).

```

void flushTXF()
{
  cuentaFlush = 0;
  tiempoCaptura = millis();
  while (cuentaFlush < 120)
  {
    presionEntrada_2 = digitalRead(presionEntradaPin);
    if ((presionEntrada_2 == HIGH) && (antiPresionEntrada_2 == HIGH) && (bloqueoPresEntrada_2 == 0))
    {
      Serial.println("Presion de entrada inadecuada para realizar flushing TXF");
      comandoPantalla();
      Serial.println("Esperando una presion de entrada adecuada para realizar flushing TXF...");
      sprintf(textoSMS, "Santa Barvara 01 - Presion de Entrada Inadecuada durante flushing...");
      SendSMS(); //Funsion para embiar mensaje del fallo de presion de entrada
    }
    if ((presionEntrada_2 == LOW) && (block == false))
    {
      block = true;
      bloqueoPresEntrada_2 = 0;
      cuentaFlush = 0;
      sprintf(textoSMS, "Santa Barvara 01 - Se reestablecio la presion de entrada durante flushing...");
    }
    if (((millis() - tiempoCaptura) > segudoTiempo) && (block == true))
    {
      int minutosFlushTXF = (120 - cuentaFlush) / 60;
      int segundosFlushTXF = (120 - cuentaFlush) % 60;
      Serial.print("Tiempo para finalizar flush TXF: ");
      Serial.print(minutosFlushTXF);
      Serial.print("-");
      char fushData [tamanodato];

```

Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Elaboración Propia

5.2.6.3 Diagrama de flujo etapa de *Loop*

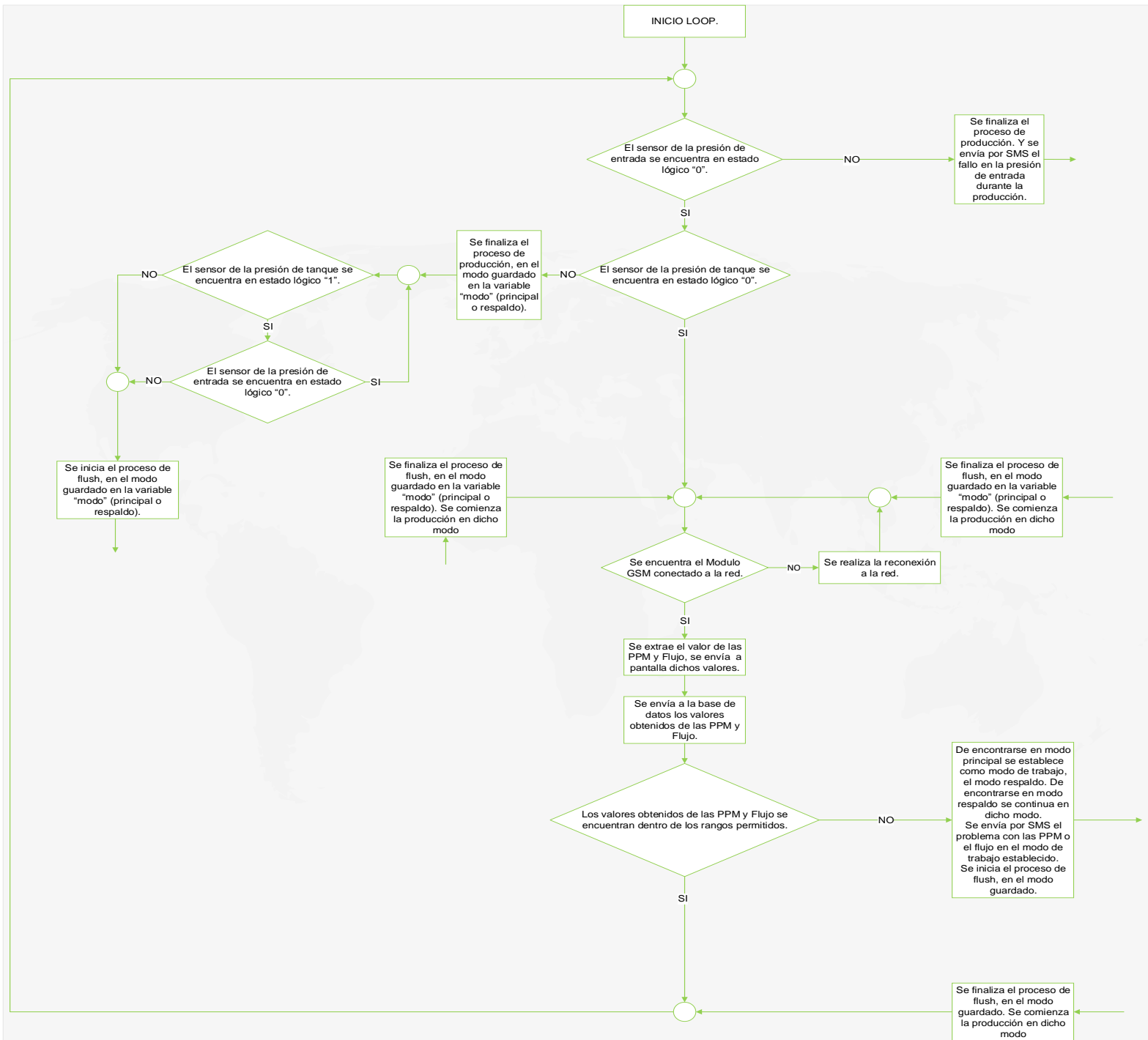
Primeramente en el *Loop* se monitorea el sensor de presión de entrada, si este se encuentra en un estado lógico "0", se pasa a monitorear que el estado del sensor de presión de tanque; si este es "0" (lo que indica que el tanque aún no se ha llenado por completo), se continua con la verificación del estado de la conexión del módulo GSM con la Red para confirmar que está presente; de lo contrario se vuelve a intentar la conexión con la red hasta que esta sea exitosa; estando la conexión habilitada, se extrae el valor de las señales de los sensores de (PPM's y de Flujo) los que posteriormente serán enviados a la planta *Nextion* y al servidor *online* utilizando el método "POST". Una vez finalizado el envío de datos de los valores generados son comparados con los valores de referencia establecidos, estos al estar entre los rangos establecidos se repite el proceso.

Si los valores se encuentran fuera del rango establecido, se procede con la inhabilitación del modo principal y se activa el módulo de respaldo, este estado genera el envío del error vía SMS con el detalle del mismo.

Si la condición del tanque cambia a estado lógico "1", se detiene temporalmente el proceso de la producción de agua, hasta que esta condición cambie al bajar el nivel de esta en el tanque.

Al finalizar cada una de las etapas anteriores, se realiza el proceso de *Flush*.

Figura 42 Diagrama de Flujo del "Loop" código de programación.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 43 Código de programación de la sección de (Loop).

```

void loop()
{ if (!client.connected() && (millis() - lastConnectionTime > updateThingSpeakInterval))
{
PPM = 0;
QInt = 0;
while (contador < 5)
{
monitorPresionEntrada();
monitorPresionTanque();
while (relojActual < (relojFuturo + 1000))
{
relojActual = millis();
if (digitalRead(flujoPin) == false)
{
leePulsoFlujo = true;
}
if (digitalRead(flujoPin) && leePulsoFlujo)
{
flancoFlujo++;
leePulsoFlujo = false;
}
monitorPresionEntrada();
monitorPresionTanque();
}
QFloat = (flancoFlujo / 23.0) * 1000;    //23:
QIntSum[contador] = int(QFloat);
Serial.print("QInt ");
Serial.print(contador);
Serial.print(": ");
Serial.println(QIntSum[contador]);
}
}
}

```

Fuente: Elaboración Propia continúa



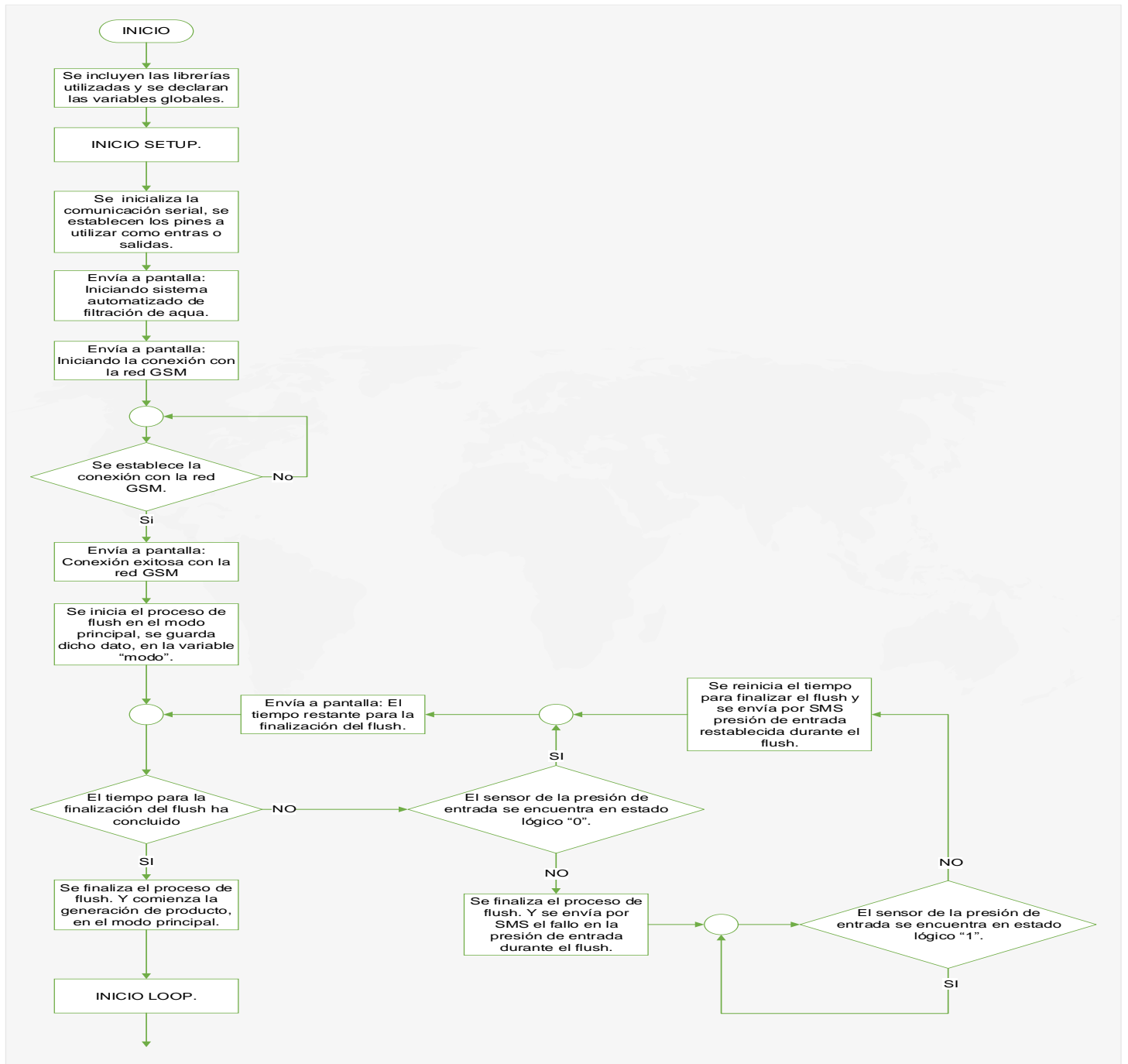
Figura 44 Código de programación de la sección de (Loop).

```
ToThingSpeak = "field1=" + String(QInt) + "&field2=" + String(PPM) + "&field3=" + String(lecturaPresionEntrada) + "&field
+
if (client.connect(thingSpeakAddress, 80))
{
client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
client.print("Connection: close\n");
client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+writeAPIKey+"\n");
client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
client.print("Content-Length: ");
client.print(tsData.length());
client.print("\n\n");
client.print(ToThingSpeak);

if ((QInt < QReferencia) || (PPM > PPMReferencia))
{
comandoPantalla();
flushTXF();
}
}
```

Fuente: Elaboración Propia

Figura 45 Diagrama de flujo Completo de la Programación.



Fuente: Elaboración Propia Continua



5.3.1 Costos de implementación

En la tabla que se encuentra a continuación, se aprecian los costos de cada uno de los materiales que componen el proyecto, así también como el número de unidades que fue requerido y, al final de la misma, la suma del total al que asciende el costo de los materiales en conjunto.

Tabla 3 Costo de implementación materiales

Artículo	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Arduino MEGA 2560	₪8.400,00	1	₪8.400,00
Shield Arduino GSM/GPRS	₪55.000,00	1	₪55.000,00
Pantalla Nextion 2,4"	₪13.000,00	1	₪13.000,00
Cable eléctrico precio x metro	₪700,00	4	₪2800,00
Acrílico Transparente	₪2200,00	1	₪2200,00
Sensor de Flujo	₪12000,00	1	₪12000,00
Sensor de PPM'S	₪13000,00	1	₪13000,00
Sensor de presión 1psi	₪8000,00	1	₪8000,00
Sensor de presión 50psi	₪8000,00	1	₪8000,00
Mano de obra x hora	₪1000,00	40	₪40000,00
Ferrobord 5x7cm	₪1.200,00	1	₪1.200,00
Resistor 47KOhm	₪25,00	2	₪50,00
Resistor 20KOhm	₪25,00	2	₪50,00
Resistor 10KOhm	₪25,00	2	₪50,00
Resistor 330Ohm	₪25,00	1	₪25,00
Resistor 33KOhm	₪25,00	2	₪50,00
Pines hembra	₪5,00	35	₪175,00
Pines macho	₪5,00	77	₪385,00

LED	₡80,00	6	₡480,00
Materiales maqueta	₡28.900,00	1	₡28.900,00
		Total	₡193.765,00

Fuente: elaborada por el autor.

5.3.2 Evaluación de costos y beneficios de un sistema de respaldo.

Como todo proyecto, este posee costos que no son directamente relacionados con la fabricación del prototipo pero que forman parte en cierta medida del mismo; el problema con este tipo de costos es la dificultad, hasta cierto punto, en relacionarlos en cuanto a qué porcentaje de la misma forma parte de la fabricación del prototipo.

Se realiza una sumatoria de todos estos costos mensuales indirectos; con este dato, se conoce el valor anual de dicho monto, el que se obtiene multiplicándolo por los 12 meses del año; una vez obtenido el monto anual, se divide entre los días trabajados al año y el resultado se vuelve a dividir entre las horas efectivas de trabajo; conociendo el costo indirecto de la hora de fabricación, esta se divide entre la cantidad de empleados, lo cual da como resultado el costo de una hora de trabajo por empleados.

Con esta información se realizó el cálculo del costo indirecto por hora de trabajo que se asocia al prototipo, el cual se muestra en la tabla 4.

Se toma como base para establecer el sueldo mensual, que viene en el boletín del primer semestre para cálculo de salarios mínimos, cobro de honorarios y hora profesional del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, 2017).

Tabla 4 Costos indirectos de fabricación

Costos indirectos medidos/mes		
Nombre del costo indirecto	Promedio	
	mensual	Observaciones
Suministros (Teléfono)	₡10.000,00	Suministro de teléfono e internet no destinado directamente a la producción
Suministros (Electricidad)	₡5.000,00	Suministro de electricidad cuando no es posible cuantificar por cada producto
Suministros (Agua)	₡4.000,00	Suministro de agua no destinada directamente a la producción
Gastos indirectos de personal (sueldo + seguro)	₡518.566,20	Gastos de personal que no se pueden cuantificar por producto
Total: ₡537.969,2		
Costos indirectos promedio al año	₡6.455.630,4	
Días trabajados al año	221	
Horas efectivas trabajadas al día	6,5	
Número de trabajadores	1	
Costos indirectos por hora de un trabajador	4.492,99	

Fuente: Elaborado por el autor

Conociendo el costo por hora de trabajo se puede establecer en costo de cada proceso indirecto relacionado con la realización del prototipo, por lo cual en la tabla 5 se realiza un listado de las posibles actividades involucradas en la puesta en marcha del prototipo y el costo del tiempo asociado con cada actividad.

Tabla 5 Procesos de los costos indirectos

Nº	Procesos de los costos indirectos	Tiempo dedicado por los trabajadores hora	Precio / minuto coste indirecto	Total costo indirecto / producto
1	Facturación	0.5	₡4.493,99	₡2.246,9
2	Ensamble	7	₡4.493,99	₡31.450,3
3	Empaquetado	1	₡4.493,99	₡4.493,99
4	Distribución	3	₡4.493,99	₡13.481,7
5	Instalación	3	₡4.493,99	₡13.481,7
6	Control (pruebas)	1	₡4.493,99	₡4.493,99
Total				₡69.648,58

Fuente: Elaborado por el autor.

Por último, en la tabla 6 se observa un resumen de los costos y márgenes que permiten establecer el valor mínimo de venta base imponible del prototipo, en donde se alcance a cubrir el valor de los costos directos e indirectos y se garantice un margen de ganancia establecido. También se presenta el precio de venta a consumidores finales, incluyendo el porcentaje relacionado al impuesto de ventas.

Se observa que el costo del producto es la sumatoria del total de los costos directo, directos intangibles e indirectos. A partir de este rubro, se calcula el margen exigido lo cual no es otra cosa que el margen de ganancia mínimo requerido y este se establece en un 20%.

El precio base imponible es el costo del producto con el margen de ganancia incluido y es el monto sobre el cual se aplica el impuesto de ventas.

Tabla 6 Resumen de costos y márgenes

Total materias primas (costos directos)		₡193.765,00
Total costos indirectos		₡69.648,58
Costo del producto		₡263.413,58
Margen mínimo exigido / costo producto	20,00%	₡52.682,7
Precio de venta base imponible		₡316.095,7
Impuesto de ventas (13,00 %)	13,00%	₡31.609,57
Precio de venta a consumidores finales	Total	₡347.705,27

Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 7 se formuló un ejemplo, tomando en cuenta la información general de las visitas realizadas a un cliente de la compañía Capris Médica, donde se toman en cuenta los gastos promedios en los que se podría incurrir por parte de la compañía para realizar dos visitas de emergencia al año, por no contar con un sistema de respaldo automatizado para el sistema de filtración de agua y se dan los costos que le generarían a la compañía, si contase con el sistema automatizado.

Los cálculos se generan al final en una proyección de cuatro años, lo cual corresponde al tiempo establecido por la Caja Costarricense del Seguro Social para las licitaciones nacionales de laboratorios de análisis de química clínica; en este proceso se instalan, como requisito, los sistemas principales de filtración de agua, los cuales no cuentan con un sistema de respaldo.

Tabla 7 Costos Beneficios calculados en dos visitas a Tony Facio de Limón para realizar la reparación del sistema de agua.

Costos	Situación actual	Eventos	Con Sistema Automatizado	Precio total
Hospedaje	¢25.000,00	2	NO	¢50.000,00
gasolina	¢18.000,00	2	NO	¢36.000,00
Alimentación	¢5.000,00	5	NO	¢25.000,00
Peajes	¢400,00	2	NO	¢400,00
8 Horas Hombre (Ingeniero)	¢35.951,92	2	NO	¢35.951,92
			Total	¢147.351,92
			4 años x Total	¢589.407,68
Instalando sistema				
Sistema Automatizado de respaldo		1	¢347.705,27	¢347.705,27
			Total	¢347.705,27
			4 años x Total	¢347.705,27

Fuente: Elaborado por el autor

Es importante resaltar la importancia de contar con un sistema de respaldo automatizado en el sistema de filtración de agua que permita restablecer el filtrado de membranas de ósmosis inversa, al momento que estas fallen por haberse finalizado su vida útil, tal y como se mencionan las principales características en la tabla 8.

Otros aspecto social importante es que los pacientes de las diferentes áreas de salud de este país puedan contar con los resultados de sus análisis de química clínica de forma oportuna y conveniente, sin que deban recurrir a retrasos en sus citas médicas o incluso a realizarse análisis, pagando servicios de laboratorio privado.

Tener este sistema de filtración de agua automatizado y paralelo al principal, complementaría el trabajo en el laboratorios de las áreas de salud, ayudaría a evitar que el personal médico se retrase en sus labores, se paguen menos horas extras o que se recarguen otros turnos con las labores de otros, en los cuales se estuvo detenido el sistema por no contar con un respaldo.

Tabla 8 Beneficios y contras de un sistema de respaldo automatizado

Costos	Situación actual sin automatización	Con Sistema Automatizado
Satisfacción del Cliente	SÍ	SÍ
Cumplimiento contrato	SÍ	SÍ
Ausencia de Ingeniero	SÍ	NO
Disposición de Recursos económicos inmediatos.	SÍ	NO

Programación coordinada de recursos materiales.	NO	SÍ
Retrasos en el laboratorio por el paro de la maquina	SÍ	NO
Costos a los pacientes por retrasos	SÍ	NO
Costos a la institución por personal sin laborar	SÍ	NO
Recargos de funciones a otros turnos	SÍ	NO

Fuente: Elaborado por el autor

Es importante resaltar la importancia de contar con un sistema de respaldo automatizado en el sistema de filtración de agua que permita restablecer el filtrado de membranas de ósmosis inversa, al momento que estas fallen por haberse acabado su vida útil, tal y como se mencionan las principales características en la tabla 6.

Otros aspecto social importante es que los pacientes de las diferentes áreas de salud de este país puedan contar con los resultados de sus análisis de química clínica de forma oportuna y conveniente sin que tengan retrasos en sus citas médicas o incluso incurrir en gastos de servicios de laboratorios privados.

Tener este sistema de filtración de agua automatizado y paralelo al principal trabajando, complementarías las labores en el laboratorios de las áreas de salud,

ayudaría a evitar que el personal médico se retrase en sus tareas, se paguen menos horas extras o que se recarguen otros turnos con las labores de otros en los cuales se estuvo detenido el sistema por no contar con un respaldo.

5.3.3 Flujo de efectivo

Una vez finalizada la realización del prototipo, es importante efectuar un análisis financiero con el propósito de determinar si el hecho de haber construido este sistema representa una inversión viable, desde un punto de vista económico. Por esta razón, serán implementadas dos herramientas, las cuales son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), que permitirán brindar una idea más clara para tener un criterio y tomar una decisión del prototipo desde esta perspectiva.

En la siguiente ecuación se encuentra la fórmula para calcular el valor actual neto de una inversión.

$$VAN = -A + \frac{FNC_1}{(1+k)^1} + \frac{FNC_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+k)^n}$$

Ecuación 1: Valor actual neto

Donde:

- VAN: valor actual neto de la inversión
- A: flujo de efectivo inicial.
- FNC: flujo neto de caja al finalizar cada periodo.
- k: tipo de actualización.
- n: vida útil estimada para la inversión.

Utilizando la información de la tabla de los materiales, se tiene que el costo total de los mismos es de exactamente ¢193.765, que corresponde a la inversión inicial que el usuario hará para adquirir el sistema. Como flujo neto de caja, se tomará el valor de ¢761.000,00 que es el costo de un sistema Aquathin TXF básico, que es el dispositivo comercial encontrado, el cual posee una funcionalidad similar al prototipo desarrollado. El tipo de actualización tiene un valor de 0 debido a que este proyecto no fue financiado mediante un préstamo. Finalmente, la vida útil que se pronostica para el sistema será de unos 4 años.

A continuación se presenta el cálculo de lo que es el valor actual neto de este sistema.

Solución:

$$VAN_1 = -347705 + \frac{761000}{(1+0)^1} = \text{¢}413.295,00$$

Adicionalmente al VAN, se desea conocer la tasa interna de retorno, cuya manera de calcularla se encuentra en la siguiente ecuación. La TIR es la tasa a la cual el valor actual neto se convierte en 0.

$$0 = -A + \frac{FNC_1}{(1+r)^1} + \frac{FNC_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+r)^n}$$

Ecuación 2: Tasa interna de retorno

Donde:

- A: flujo de efectivo inicial.
- FNC: flujo neto de caja al finalizar cada periodo.
- r: tasa interna de retorno.
- n: vida útil estimada para la inversión.

No obstante, para calcular la TIR en este proyecto, se utilizará la ecuación que se presenta en seguida, en vista de que solo se utiliza un periodo.

$$r = \left(\frac{FNC}{A} - 1 \right) \cdot 100\%$$

Ecuación 3: Tasa interna de retorno despejada

Solución:

$$r = \left(\frac{761000}{347705} - 1 \right) \cdot 100\% = 218.8\%$$

Al haber efectuado ambos cálculos, el del valor actual neto y la tasa interna de retorno, se puede evidenciar que la inversión correspondiente a este sistema producirá ahorros importantes debido a que una tasa interna de retorno alta es un indicador claro de una buena inversión; además permite apreciar que la implementación de este prototipo es viable desde un punto de vista económico.

CAPÍTULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Se realizó una visita a tres de los lugares donde se encuentra instalado el sistema principal de filtración de agua marca Aquathin, modelo (TXF100), para realizar la evaluación del sistema y entender la razón del paro en su funcionamiento lo cual provoca que las máquinas que utilizan el agua para el análisis de química clínica se detengan y poder valorar el diseño para solucionar el problema.

Durante la visita fue concluyente la necesidad de instalar un sensor que mida el flujo producido por el sistema de filtración, este parámetro quésería el factor a evaluar como punto de decisión para considerar el buen funcionamiento del sistema de filtración.

Se evaluaron las tecnologías de mercado, se concluye que la opción más viable tanto a nivel técnico como económico corresponde al Arduino mega, pues era la mejor alternativa disponible para realizar la construcción de un sistema automatizado utilizando un microcontrolador, que permita evitar el paro de las máquinas que utilizan el agua prefiltrada por el sistema principal marca Aquathin modelo (TXF100).

Se logró realizar una visita al distribuidor para Costa Rica de la marca Aquathin compañía Hydrofiltración de Costa Rica para recibir la información técnica del funcionamiento general del sistema de filtración de agua y conocer información tipo confidencial para buscar una solución al problema con el cual se detiene el sistema de filtración.

Se realizaron llamadas telefónicas a diferentes vestidores de sistemas de filtración con el propósito de evaluar una posible solución al problema de paro de los sistemas de filtración, pero los proveedores no cuentan con un procedimiento que mejore las características del cual deseamos mejorar nosotros.

Se cumplió con la visita al distribuidor para Costa Rica Hydrofiltración con el propósito de consultarle cuáles deberían de ser las mejoras deseables, para que el sistema de respaldo fuese más eficiente y técnicamente más estable; durante la entrevista, el gerente indica la necesidad de contar con un sistema que integre un sensor de PPM'S

Se implementó un proceso de investigación en internet, para poder saber cuáles elementos tecnológicos estaban disponibles para dar una solución a las variables que se querían medir y controlar y, a la vez, saber cuáles eran los elementos que debían de ser fabricados ya que no se encontraban disponibles en el mercado ni local ni internacional.

Utilizando la información conocida acerca de la forma de hidráulica y electrónica en la cual trabaja el sistema principal de filtración de agua TXF 100, se toma la decisión de realizar, un diagrama de flujo para determinar cómo se adaptaría la electrónica y la hidráulica del sistema principal y que no afectase el servicio brindado por el laboratorio a los pacientes.

Con el propósito de elaborar una maqueta, que fuese completamente ajustada a la realidad, era necesario instalar un sistema de filtración de agua igual al que está instalado en los sistemas hospitalarios; asimismo, sobre esta maqueta se realizará la adaptación del sistema de respaldo al sistema principal, lo cual permita realizar pruebas como si se estuviese trabajando con un sistema principal instalado en un centro de salud o hospital de Costa Rica.

Se realizó una evaluación de costos y beneficios de contar con un sistema de respaldo, tomando en cuenta los costos en que incurre la compañía Capris médica al

tener que enviar a un ingeniero hasta las zonas más alejadas del país con el propósito de realizar una reparación, en el sistema de filtración de agua por baja producción de sus membranas y, en caso contrario, que si se cuenta con un sistema de respaldo sería necesario y se podría programar la visita para la reparación del sistema de agua de forma coordinada con mantenimientos en la zona.

6.3 RECOMENDACIONES

En la proyección de este proyecto se evaluará enviar solicitud a las diferentes áreas de salud del país, solicitando los permisos para la interconexión del módulo de respaldo a la red interna del hospital vía (WIFI), explicando la importancia y funcionalidad para el envío de la información al servidor web.

Como una mejora técnica se integraría un dispositivo de comunicación vía Bluetooth para la transferencia de datos entre una aplicación instalada en un teléfono inteligente y que se conecte al sistema de respaldo que le permitiese la descarga de los datos recolectados en tiempo real, a causa de que no todos los usuarios de las zonas rurales y del gran área metropolitana cuentan con teléfonos inteligentes.

En proceso de adaptación del sistema de respaldo se puede evaluar conectar a diferentes sistemas de filtración de agua, aunque que no sea el de marca Aquathin modelo TXF100, el cual fue establecido para este proyecto al ser utilizado por los proveedores de este servicio.

Para futuras modificaciones de este proyecto que incluyan opciones configurables por parte del usuario, se realizaría un manual de usuario con la información para la

interpretación de señales tanto audibles como visuales y su respectiva configuración y las acciones a seguir ante una eventual alarma.

En una próxima actualización de este proyecto se integrará un módulo de censado al sistema para la conductividad; el sensor se instala en una etapa posterior de filtración lo cual no es parte del propósito por ser cubierto para este proyecto, pero como una posible opción, se podría optar por incluir este sistema de censado al automatizado que propone este proyecto.

Como una mejora en la elaboración de este proyecto, se considera la necesidad de instalar un botón de parada de emergencia por sus siglas en inglés (EMO), el cual pueda desactivar todo el funcionamiento del sistema tanto para el sistema principal como del respaldo

Como parte de la elaboración de un proyecto que sea más económico, se pretende mandar a fabricar una tarjeta para la integración de este, sin tener que usar módulos de microcontroladores comerciales que encarecen el proyecto y que tienen características técnicas innecesarias.

Se optó por escoger solo la conexión tipo GSM/GPRS, para la elaboración de este proyecto debido a la limitante de contar con los permisos de acceso a las redes de los hospitales, por ser esta de un alto grado de seguridad, al manejar datos confidenciales de pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

Electrónica. Accedido el 20 de abril de 2017. Disponible en:

http://www.superrobotica.com/Images/sr1_7big.jpg

Sensor. Accedido el 20 de abril de 2017. Disponible en:

<https://www.selloscope.com/bez/DIGITEN-14-Quick-Connect-03-10Lmin-Water-Hall-Effect/B01D44N41U>

Sensor. Accedido el 22 de abril de 2017. Disponible en:

<http://www.ebay.com/itm/Arduino-PPM-TDS-Sensor-/131973050330?hash=item1eba34efda:g:2-QAAOSw7WXNrRB>

Sistema de agua. Accedido el 22 de abril de 2017. Disponible en:

<http://test.aquathin.co.za/aqualite.asp>

Manómetro. Accedido el 23 de abril de 2017. Disponible en:

<https://www.amazon.com/Aquatec-Pressure-boost-8852-2J03-B423-100GPD/dp/B00A7ZV2GO>

Parte. Accedido el 23 de abril de 2017. Disponible en:

<http://www.waterfilters.net/aquathin-water-filters.html>

Parte. Accedido el 23 de abril de 2017. Disponible en:

http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-466990115-manguera-para-filtros-agua-osmosis-polietileno-14-64x4-_JM

Parte. Accedido el 23 de abril de 2017. Disponible en:

<http://www.aliexpress.com/store/product/Stainless-steel-Vacuum-Gauge-Air-6.html>

Arduino. Accedido el 24 de abril de 2017. Disponible en: <http://www.arduino.ut fsm.cl/wp-content/uploads/2014/02/arduino-uno-300x268.png>

Parte. Accedido el 24 de abril de 2017. Disponible en: <https://i2.wp.com/files.hwkitchen.com/200000066-820df8307f/GSM%20Playground%20-%20stackable.jpg>

Arduino. Accedido el 24 de abril de 2017. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>.

Arduino. Accedido el 25 de abril de 2017. Disponible en: <https://thingspeak.com>.

Arduino. Accedido el 25 de abril de 2017. Disponible en: <https://www.bananarobotics.com/shop/8-Channel-5V-Relay-Module>.

Electrónica. Accedido el 25 de abril de 2017. Disponible en: <http://intercentres.edugva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Electromagnetismo/Electromagnetismo07b.htm>.

Filtración. Accedido el 25 de abril de 2017. Disponible en: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/filtraciony-purificacion-diferencia/>

Carbotecnia. Accedido el 26 de abril de 2017. Disponible en: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/queeslaosmosis-inversa/> Aguiar Díaz. (2006).

Finanzas Corporativas En La Práctica. Accedido el 28 de abril de 2017. Disponible en: <https://books.google.co.cr/books?id=kLbHgcDyv0IC&pg=PA7&dq=van+y+tir&>

hl=es&sa=X&ei=B4OIVcLaGI37gwSc96SgCQ&redir_esc=y#v=onepage&q=van%20y%20tir&f=false (Tomado el 6 de octubre de 2015).

Arduino.(s.f.). *Bootloader Development*. Accedido el 28 de abril de 2017. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Hacking/Bootloader?from=Tutorial.Bootloader> (Tomado el 11 de junio de 2015).

Arduino. (s.f.). *Arduino Leonardo*. Accedido el 28 de abril de 2017. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo> (Tomado el día 11 de junio de 2015).

Arduino. (s.f.). *Arduino Micro*. Accedido el 28 de abril de 2017. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMicro> (Tomado el día 11 de junio de 2015).

Arduino. (s.f.). *¿Qué es Arduino?* Accedido el 28 de abril de 2017. Disponible en: <http://arduino.cl/que-es-arduino/> (13 de junio de 2015).

Dobles, C., Zúñiga, M. y García, J. (1998). *Investigación en educación: procesos, interacciones y construcciones*. San José: EUNED.

Franchetti, P. (2014). *Digital Electronics Tutorial*. Accedido el 28 de abril de 2017. Disponible en: <http://www.asic-world.com/digital/tutorial.html>.

Hernández, R. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Imágenes de la fabricación del Proyecto

Anexo 2: Cotización del proveedor nacional de los sistemas de filtración de agua.

Anexo 3: Manual de programación de Arduino

Anexo 4: Código de programación utilizada para este proyecto.

Anexo 5: Encuesta realizada al personal de Capris medica.

Anexo 6: Hoja del colegio de Ingenieros con el salario por hora julio 2016

Anexo 7: Manual del Txf sistema de filtración de filtración de agua

Nota:

En el CD se encuentra una carpeta con el nombre de Anexos, dentro de ella se encontraran todos los archivos originales que su utilizaron para el desarrollo de la tesis.