



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD CULHUACAN

INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

ACADEMIA DE TITULACIÓN DE I.C.E.

**Sistema regulador del pH del agua apta para el consumo humano de
personas diabéticas.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

POR OPCIÓN TESIS TRADICIONAL

PRESENTAN

C. Márquez Morales Rusbel Adael

C. Mireles Arenas Ulises

ASESORES

Dra. Elsa González Paredes

Dr. Juan Carlos Sánchez García



Ciudad de México Mayo 2019

IPN
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN

TESIS COLECTIVA

Que como prueba escrita de su Examen Profesional para obtener el Título de:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA deberán desarrollar los C.C:

**RUSBEL ADAEL MARQUEZ MORALES
ULISES MIRELES ARENAS**

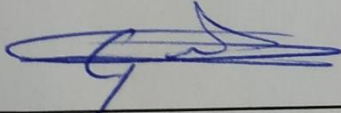
**“SISTEMA REGULADOR DEL PH DEL AGUA APTA PARA EL CONSUMO HUMANO DE
PERSONAS DIABÉTICAS”**

Se propone un sistema regulador de pH del agua para el consumo de personas diabéticas, el pH es importante e influye la salud del cuerpo humano, en el caso de los diabéticos este parámetro es crítico, es por esto que una buena calidad del agua ayuda a mantener controlado este padecimiento, esto lo respaldan diversas investigaciones al respecto en donde se ha encontrado que el pH del agua tiene un papel importante para controlar la diabetes. El sistema consta de 5 bloques: contenedor, sensado, comparación de voltaje, adición de sustancias, mezclador, visualización de datos y dispensador de agua nivelada. El contenedor almacenara el agua para nivelar el pH, el sensado determina el nivel del pH del agua antes, durante y al finalizar el proceso, esto con una comparación de voltaje, si se encuentra fuera del rango determinado se agrega una sustancia alcalina o acida dependiendo de la medición, una vez que el comparador de voltaje determina que el pH del agua se encuentra dentro del rango establecido, significa que el pH del agua se encuentra en el rango óptimo para el consumo de personas diabéticas. Raspberry Pi2 una micro computadora, realiza el proceso lógico y activa cada bloque, de los resultados finales se concluye que el pH del agua al finalizar el proceso se encuentra dentro del rango óptimo para personas diabéticas.

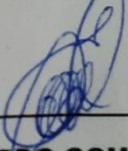
Capitulado:

- Capítulo 1.- Antecedentes
- Capítulo 2.- Aproximaciones teóricas
- Capítulo 3.- Diseño y operación del sistema de regulación del PH
- Capítulo 4.- Pruebas y resultados del Sistema

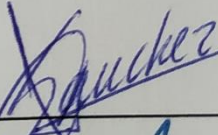
México D. F., a 5 de julio del 2018.


DRA. ELSA GONZALEZ PAREDES

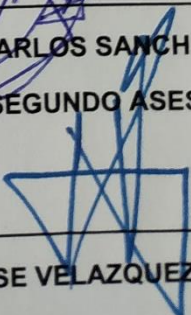
PRIMER ASESOR


ING. RICARDO GOMEZ NAVARRO

JEFE DE LA CARRERA DE I.C.E.


DR. JUAN CARLOS SANCHEZ GARCIA

SEGUNDO ASESOR


DR. JOSE VELAZQUEZ LOPEZ

DIRECTOR INTERINO





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE TITULACIÓN PROFESIONAL



CARTA AUTORIZACION DE USO DE OBRA

En la Ciudad de México, a **5 de julio del año 2018**, los que suscriben **RUSBEL ADAEL MARQUEZ MORALES** y **ULISES MIRELES ARENAS** alumnos de la carrera de **Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica**, con número de registro **R-032/18**, egresados de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán, manifestamos que somos los autores intelectuales del presente trabajo de **Tesis Colectiva**, bajo la asesoría de la **Dra. Elsa González Paredes** y el **Dr. Juan Carlos Sánchez García** y otorgamos el uso del trabajo titulado **SISTEMA REGULADOR DEL PH DEL AGUA APTA PARA EL CONSUMO HUMANO DE PERSONAS DIABÉTICAS**, al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deberán reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso de los autores y/ o asesores del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones de correo: rammto94@gmail.com y ulises.mireles@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

RUSBEL ADAEL MARQUEZ MORALES

ULISES MIRELES ARENAS

Índice de contenido

Introducción.....	1
Problema.....	4
Justificación.....	6
Objetivo general	9
Objetivos particulares	9
Capítulo 1.- Antecedentes	
1.1 El pH	11
1.2 Alcalinidad	17
1.3 Acides	18
1.4 Diabetes	18
1.4.1 Alimentación	21
1.4.2 Ejercicio	22
1.4.3 Medicamentos	23
Capítulo 2.- Aproximaciones teóricas	
2.1 Conversor analógico digital.....	25
2.1.1 Muestreo	25
2.1.2 Cuantificación	26
2.1.3 Codificación	26
2.2 Comunicación SPI	27
2.3 Servomotores	27
2.3.1 Funcionamiento	28
2.4 Principio de Pascal	30
2.5 Amplificadores	30

2.6 Raspberry-Pi 2B	31
2.6.1 Elementos de la Raspberry Pi 2	35
2.6.1.1 Hardware	35
2.6.1.2 Software	35
2.7 Diabetes	39
2.7.1 Efectos del desequilibrio del pH en la sangre.....	41
2.8 Potenciales de Hidrogeno pH	41
2.9 Sistemas de agitación.....	43
2.9.1 Agitación mecánica	44
2.9.2 Agitación magnética	44
2.10 Sensores	45
2.10.1 pH-metros	46
2.11 Volumetría	47

Capítulo 3.- Diseño y operación del sistema de regulación del PH

3.1.1 Contenedor	50
3.1.2 Sensado	53
3.1.3 Comparación de voltaje.....	60
3.1.4 Deposición de sustancias.....	66
3.1.5 Sistema de agitación	70
3.1.5.1 Primer prototipo de mezclado.....	71
3.1.5.2 Segundo prototipo de mezclado	71
3.1.5.3 Prototipo de mezclado final	74
3.1.6 Visualización de datos	76
3.1.7 Salida de agua regulada.....	76

3.1.8 Diagrama de flujo del sistema	77
---	----

Capítulo 4.- Pruebas y resultados del Sistema

4.1 Contenedor	79
4.2 Sensado	79
4.3 Comparación de voltaje	80
4.4 Deposición de sustancias	80
4.5 Sistema de agitación.....	81
4.5.1 Primer prototipo del sistema de agitación.....	81
4.5.2 Segundo prototipo del sistema de agitación.....	82
4.5.3 Prototipo final del sistema de agitación	82
4.6 Visualización de datos	83
4.7 Salida de agua regulada	84

Índice de Figuras

Capítulo 1

Figura 1.1 Tasa de mortalidad en población por diabetes mellitus	21
--	----

Capítulo 2

Figura 2.1 Muestreo de una señal analógica	25
Figura 2.2 Cuantificación uniforme con 3 bits	26
Figura 2.3 Circuitería del servomotor	28
Figura 2.4 Piezas dentro del servomotor	29
Figura 2.5 Relación del ciclo de trabajo con la relación del servomotor	30
Figura 2.6 Esquema de la placa Raspberry Pi 2 B	32
Figura 2.7 Numero de los pines GPIO	34
Figura 2.8 Sistemas operativos de Raspberry Pi 2	36
Figura 2.9 Especificaciones técnicas de los modelos de la Raspberry Pi 2	37

Capítulo 3

Figura 3.1 Diagrama a bloques del sistema	50
Figura 3.2 Diseño propuesto del contenedor de 6 litros	52
Figura 3.3 Diseño final del contenedor	52
Figura 3.4 Contenedor de vidrio de 6 litros	53
Figura 3.5 Sensor HI-73127	53
Figura 3.6 Sensor CPS11D	53
Figura 3.7 Medición de pH y voltaje	55
Figura 3.8 Diagrama de flujo de interpolación	56
Figura 3.9 Grafica obtenida con la interpolación (-0.05V)	56

Figura 3.10 Relación pH y voltaje	57
Figura 3.11 Diagrama de conexión entre ADC y el sistema de control	58
Figura 3.12 Diagrama de flujo para el conversor analógico digital.....	59
Figura 3.13 Adaptación para la lectura del sensor.....	59
Figura 3.14 Minicomputadora Raspberry Pi 2.....	60
Figura 3.15 Menú principal de Raspian	60
Figura 3.16 Configuración del teclado	61
Figura 3.17 Conexión Ethernet entre laptop-Raspberry-modem	62
Figura 3.18 Ventana de configuración de PuTTY	62
Figura 3.19 Verificación de acceso remoto.....	63
Figura 3.20 Instalación del software VNC server.....	63
Figura 3.21 Ambiente grafico de Raspberry	64
Figura 3.22 Configuración de IP estática.....	65
Figura 3.23 Diagrama del programa para calcular el voltaje más exacto y compararlo.....	66
Figura 3.24 Diseño de la estructura para el sistema de adición de sustancias.....	67
Figura 3.25 Contenedores de sustancias reguladoras.....	68
Figura 3.26 Servomotores del sistema de deposición de sustancias.....	69
Figura 3.27 diagrama esquemático para controlar los servomotores	69
Figura 3.28 diagrama de flujo para encender y apagar un servomotor.....	70
Figura 3.29 Imán de neodimio adaptado al motor.....	71
Figura 3.30 Clavo forrado de teflón.....	71
Figura 3.31 diagrama interno del circuito integrado UNL 2804.....	72
Figura 3.32 Esquemático del circuito amplificador de corriente.....	73

Figura 3.33 Simulación del circuito amplificador de corriente	73
Figura 3.34 Diseño del montaje del contenedor al sistema de agitación	74
Figura 3.35 Ubicación del motor y el imán en el sistema de mezclado	74
Figura 3.36 Diseño de la base de madera	75
Figura 3.37 Ubicación del motor en la base.....	75
Figura 3.38 Colocación del motor en la base.....	75
Figura 3.39 Diagrama esquemático para el control del sistema de mezclado	75
Figura 3.40 Broca para vidrio 5/16“	76
Figura 3.41 Empaque plástico	77

Capítulo 4

Figura 4.1 Contenedor de vidrio de 6 litros	79
Figura 4.2 Voltajes leídos y su promedio	80
Figura 4.3 Activación de un servomotor.....	81
Figura 4.4 Resultados obtenidos con el primer prototipo.....	81
Figura 4.5 Sistema de agitación montado y en funcionamiento.....	82
Figura 4.6 Montado del motor del sistema de agitación.....	82
Figura 4.7 Montado final del sistema de agitación	83
Figura 4.8 Muestra de los resultados de una prueba en el Display	84
Figura 4.9 Relación entre pH y voltaje obtenida con Interpolación de LaGrange	84
Figura 4.10 Dispensador de agua.....	85
Figura 4.11 Montado final del sistema nivelador del pH del agua apto para el consumo humano de personas diabéticas	85

Índice de ecuaciones

Capítulo 1

Ecuación 1.1	12
--------------------	----

Capítulo 2

Ecuación 2.1	30
--------------------	----

Ecuación 2.2	31
--------------------	----

Ecuación 2.3	41
--------------------	----

Ecuación 2.4	42
--------------------	----

Capítulo 3

Ecuación 3.1	51
--------------------	----

Ecuación 3.2	51
--------------------	----

Ecuación 3.3	51
--------------------	----

Ecuación 3.4	57
--------------------	----

Ecuación 3.5	68
--------------------	----

Ecuación 3.6	68
--------------------	----

Introducción

La diabetes se caracteriza por la insuficiente acción de la insulina lo que provoca hiperglucemia y problemas vasculares, es la principal causa de muerte en nuestro país, una de las principales causas de discapacidad laboral, de ceguera, amputaciones e insuficiencia renal.

Para una persona con diabetes el pH en su sangre es fundamental para controlar su padecimiento ya que su metabolismo no está funcionando correctamente, por lo que un sistema nivelador de pH del agua apta para el consumo humano de personas diabéticas es de gran ayuda , el pH es un parámetro importante que determina la salud del cuerpo humano en el caso de los diabéticos este parámetro repercute más en su salud, es por esto que la calidad del agua influye a mantener controlado este padecimiento.

La finalidad del sistema nivelador de pH del agua apta para el consumo humano de personas diabéticas es el de brindarles un mejor control de su padecimiento al ofrecer un agua con el pH óptimo para su consumo, al ser la diabetes la primera causa de muerte en nuestro país se deben realizar más proyectos en apoyo a las personas con este padecimiento, brindándoles la calidad de vida que se merecen.

Contenedor

El volumen del contenedor debe estar en relación con su finalidad, como una persona debe de tomar al menos 2 litros de agua al día y el sistema está orientado para personas diabéticas, 6L es un buen volumen para una casa habitación que cuente con una o dos personas con esta enfermedad.

El contenedor cilíndrico de vidrio está diseñado para colocar todos los elementos necesarios para realizar el proceso, es decir, tiene las adaptaciones necesarias para colocar el sensor, el sistema de deposición de sustancias y el sistema de mezclado.

Sensado

Sensa el pH del agua obteniendo una medición fiable de voltaje al colocar el electrodo dentro del contenedor. Para hacer esto es necesario un conversor

analógico digital para convertir la señal analógica obtenida del sensor y mandarla en forma digital para que Raspberry Pi pueda procesar esta señal y determinar qué acción llevar a cabo. Se utilizó el circuito integrado MCP3202 por su resolución de 12 bits, además soporta SPI, el cual permite establecer una comunicación con más circuitos integrados y Raspberry Pi cuenta con la misma tecnología.

Comparación de voltaje

Interpreta los datos obtenidos por la etapa de sensado para activar o no el sistema de deposición de sustancias nivelando el pH si así lo requiere.

Se utilizó como sistema de control una minicomputadora Raspberry Pi 2, debido a la facilidad de uso, los periféricos que soporta y la gran variedad de lenguajes de programación que trabaja.

Para realizar la comparación de voltaje se realizó un programa en Python 2 donde se ocupa un algoritmo de media para conocer el valor de voltaje más exacto entregado por el sensor, y así compararlo dentro del rango de pH deseado, que en este caso es de 0.0 V a -0.0296 V.

Deposición de sustancias

A través del resultado de la etapa de comparación de voltaje, el sistema de adición de sustancias se activa o no, esto dependerá si el voltaje recibido corresponde a un valor de pH dentro del rango 7.0 a 7.5, se activa y desactiva para controlar el flujo de las sustancias, que son líquidas y se controlaran por medio de goteo.

El sistema de goteo se lleva a cabo con equipo de venoclisis adaptado a una estructura que soporta los contenedores de las sustancias reguladoras de pH. Dos servomotores controlan el tiempo de goteo del equipo de venoclisis, se activan desde Raspberry Pi 2 cuando esta determine que el pH del agua no se encuentra dentro del rango determinado.

Sistema de agitación

Se activa una vez que las sustancias sean adicionadas para que sean diluidas. Es un sistema de agitación magnético, el cual consiste en un motor de corriente directa, en cuyo eje se colocó un imán de neodimio que gira cuando el motor se activa, el motor se ubica en la base del contenedor, dentro se encuentra un imán de ferrita hermético para que no influya en la composición química del agua, al activarse el motor el imán de ferrita por influencia del imán de neodimio empieza a girar provocando un movimiento uniforme dentro del contenedor, que hará que se mezclen el agua y la sustancia agregada.

Dispensador de agua

A través de un dispositivo dispensador saldrá el agua para el consumo del usuario.

SISTEMA REGULADOR DEL PH DEL AGUA APTA PARA EL CONSUMO HUMANO DE PERSONAS DIABÉTICAS

Problema

La contaminación del agua es un problema a nivel mundial, ya que solo el 3% de este recurso hídrico es agua dulce, por lo tanto consumible para los seres vivos. Debido a la escasez de este líquido vital y a la contaminación producida principalmente por actividades humanas, es de suma importancia mantener los criterios de calidad del agua (WQC, por sus siglas en inglés). Estas pueden ser expresadas como concentraciones de contaminantes, temperatura, pH, unidades de turbidez, de toxicidad y otras mediciones cuantitativas (EPA, 2000). Al igual el pH, en el sector agropecuario afecta directamente las actividades relacionadas principalmente con la agricultura, acuicultura y ganadería. En la agricultura es fundamental en la disponibilidad de nutrientes y actividades enzimáticas, es importante recordar que en niveles alcalinos la nitrogenasa presenta menor actividad (Nelson; Mele, 1986).

En la acuicultura es importante mantener un pH estable dentro de un rango seguro porque afecta el metabolismo y procesos fisiológicos de los organismos en cultivo. Puede causar estrés, aumentar la susceptibilidad a enfermedades, reducir los niveles de producción y causar un mal crecimiento y hasta mortalidad. Algunos signos de pH subóptimo son un aumento de moco en la superficie de las agallas de peces, nado inusual, erosión de aletas, daño a los ojos al igual que un mal crecimiento de fitoplancton y zooplancton, los niveles óptimos en un estanque deberían estar entre 7.5 y 8.5 (Mayer MSc, 2012).

El pH del agua de consumo óptimo es de 7 y se sabe que ligeramente alcalina de 7 a 7,3 es mejor. Las que excedan aquellos límites hacia abajo, menos de 5 o arriba de 8 tienen efectos corrosivos sobre instalaciones y posibles efectos adversos en la digestión animal (Sager, 2000).

El cuerpo humano mantiene el pH de la sangre entre 7.35 y 7.45, pero el metabolismo corporal genera numerosos productos ácidos de desecho que ponen

a prueba su capacidad para mantenerlo dentro del rango óptimo. Las consecuencias de no hacerlo son graves, se sabe que a niveles menores se produce acidosis y valores superiores originan alcalosis, cualquiera de ellos es peligroso contra la salud e incluso mortal. Es posible vivir pocas horas con un pH sanguíneo abajo de 7.0 o arriba de 7.7, pero un pH abajo de 6.8 o arriba de 8.0 es rápidamente fatal (UNAM, 2007).

En los pacientes diabéticos tener poco oxígeno en su cuerpo, es decir, un pH ácido significa que sus células no están realizando bien el proceso de combustión, es decir no están quemando grasa, por lo tanto no bajan de peso ni controlan la diabetes. Sencillamente su metabolismo no está funcionando correctamente, hay una deficiencia en ello. Pero lo más importante que se debe hacer si se desea mejorar o estabilizar de forma correcta el PH de tu cuerpo, es hidratarse de forma correcta.

La hidratación correcta para el cuerpo es simplemente agua pura (pH de 7). Si se tiene la posibilidad de conseguir agua pura de manantial sin haber pasado por ningún proceso, es aún más efectivo para aumentar el PH de la sangre, es decir, hacerte un cuerpo más alcalino y menos ácido.

A los pacientes diabéticos, se les aceleran una gran variedad de procesos. Uno de los cuales es el aumento de cuerpos cetónicos en la sangre que da lugar a una condición llamada cetosis. Como los cuerpos cetónicos son acídicos, el pH de la sangre puede verse afectado y reducir su valor normal de 7.4 a 6.8 o menos. Como consecuencia, el aliento de los diabéticos con cuadros descontrolados y graves tiene el olor característico cetónico (Contreras, 2008).

Justificación

El tomar agua pura es parte fundamental para tener una buena salud, ya que contribuye al buen funcionamiento del cuerpo, debido a que se compone por el 70% de agua. Posee diversas cualidades químicas, que producen diferentes reacciones químicas que lo benefician, pero si el agua que se ingiere no es pura o apta para los humanos, es decir, que sus parámetros y propiedades químicas no son adecuados, puede causar afectaciones a la salud. Uno de los parámetros importantes del agua y que afecta al ser humano es el pH, que es la cantidad de potenciales hidrógeno que contiene, ya sea que el nivel este alto (alcalino) o bajo (ácido) en cualquiera de ambos casos existen repercusiones para la salud. Pero para las personas con diabetes el daño puede ser más grave que para una persona sana, debido a su condición médica que es la falta de insulina en la sangre, el nivel de pH desempeña un papel importante en las funciones del cuerpo.

Por esto los pacientes diabéticos deben ingerir líquidos con ciertas características, el en caso del pH se recomienda que sean líquidos de pH 7, es decir, neutral y el agua pura lo tiene, desafortunadamente el agua que llega a los suministros que nos abastecen muchas de las veces está contaminada, incluso después de pasar por un proceso de purificación, y a pesar de que el nivel de pH se encuentre dentro del rango establecido por la OMS, que va de 6.5 a 8.5, la variedad de valores es infinita y no siempre el agua posee un nivel óptimo, pudiendo causar problemas en la salud de la persona diabética.

Es importante nivelar el pH en el agua, ya que puede provocar daños graves a la salud del humano, si bien el modificar el nivel de pH en un valor óptimo para su consumo beneficia a las personas, tengan o no diabetes, si se logra modificar el nivel pH del agua que llega a las casas en un nivel óptimo y beneficioso para los diabéticos, esto puede ayudar a que su calidad de vida mejore, beneficiándolos en su salud y pudiendo evitar complicaciones causadas por esta enfermedad como la cetoacidosis diabética, ya que el beber agua con un pH óptimo para ellos, puede traer mejoras.

Los pacientes diabéticos requieren de una estricta alimentación para mantener estables sus niveles de glucosa y estas dietas varían según el tipo de

paciente y el tipo de diabetes que padezca, pero la ingesta de bebidas con un pH de 7 a 7.5 es igual para todos.

Este sistema de nivelación de pH del agua podría ser utilizado en distintas áreas como agronomía y en diferentes industrias, ya que estas pueden requerir de diferentes niveles según su aplicación como cultivo de plantas, crianza de animales y en diversos procesos químicos donde se necesita de un nivel específico para que los procesos sean óptimos.

Existen diversos procesos que purifican el agua contaminada y tratan de hacerla apta para consumo humano, y aunque logran purificarla de bacterias y otras sustancias nocivas, esto no asegura que el nivel pH del agua sea el adecuado para los pacientes con diabetes. Como tal no existe un sistema que automáticamente cambie el pH del agua para consumo humano y menos para diabéticos, los sistemas que lo nivelan en líquidos están enfocados a modificarlo para otro tipo de usos, como para las piscinas, para algún proceso químico o industrial como el de la empresa Certikin la cual cuenta con diferentes sistemas de cloración salina, los cuales modifican el nivel de pH haciendo uso de sistemas automáticos con sensores y haciendo uso de las diferentes técnicas de control utilizando tecnología de punta, se basan en el uso de sustancias químicas. En Rusia existe un sistema que purifica el agua diseñado por el investigador Vitol Bakir llamado Agua Activa, el cual consiste en limpiar el agua de impurezas en cuestión de segundos sin el uso de aditivos químicos.

Existe otro sistema automático desarrollado por la empresa nikken, que purifica el agua y cuenta con diferentes modelos, los cuales se basan en el principio de utilizar las mismas fuerzas de la naturaleza: energía magnética, agitación del agua para una oxigenación natural y Tecnología Pi para producir agua optimizada lista para beber. También ayuda a modificar el pH de su agua y el contenido mineral, agregando oxígeno durante el proceso (nikken, 2013).

Existen otras formas de purificar el agua, como cloración, filtración a través de lecho profundo, filtración a través de carbón activado, filtración por cartucho, suavización del agua, rayos de luz UV, ozonificación del agua y otros procesos que involucran agentes químicos, que, si bien cumplen con el cometido de purificar el

agua, no aseguran que el pH que adquiere el agua sea el adecuado para los pacientes con diabetes.

La diferencia de la solución propuesta con las que existen es que garantiza un nivel de pH en un rango de 7 a 7.5, que es adecuado para el consumo de personas diabéticas, el sistema con ayuda de un sensor medirá el nivel que tenga el agua proveniente del suministro, este parámetro físico el sensor lo interpretara como una diferencia de potencial, el cual se enviara al sistema de control, después va a comparar esa diferencia de potencial con la referencia establecida, que corresponderá al rango de la diferencia de potencial que sea equivalente a un pH de 7 a 7.5 y si el nivel no se encuentra dentro del rango establecido, el sistema activará el sistema automático para la deposición de sustancias, ya sea acida o alcalina, agregando la cantidad de solución química necesaria, según sea el caso, así la persona diabética estará seguro de que el agua que toma tiene el pH requerido que ayudará a que tenga un mejor control de su enfermedad.

Se utiliza un sensor de pH HI 73127, que tiene una resolución de 0.01, el sistema de control se hace a través de una interfaz con un ordenador de placa reducida (Raspberry Pi2), a su vez se evalúa si se requiere modificar el pH, de ser así activa el sistema automático de deposición de las sustancias ya sea acida o alcalina, según sea el caso, posteriormente se activa el mecanismo de mezclado, el cual consiste en un sistema magnético.

Objetivos

General

Diseñar e implementar un sistema regulador de pH del agua utilizando control por sensado, a fin de modificar el nivel de pH del agua a un valor en un rango de 7 a 7.5 apto para el consumo de personas diabéticas, ayudando a tener un mejor control de su enfermedad.

Particulares

- Diseñar y construir un contenedor con el sistema para agregar las sustancias que modificaran el nivel de pH.
- Implementar la interfaz para la comunicación del sensor con el sistema de control, a fin de que el sistema conozca el nivel de pH medido.
- Programar el sistema de control para detectar, analizar y comparar el nivel de pH dado por el sensor, con el fin de saber si se requiere nivelar el pH.
- Programar el sistema de control para activar el sistema que agregara la sustancia química para modificar el nivel de pH.
- Diseñar e implementar la interfaz para la comunicación del sistema de control con el sistema que agregara la solución química para nivelar el pH, a fin de activarlo cuando se requiera.

Capítulo 1

Antecedentes

1. Antecedentes

La humanidad se ha visto envuelta en un sin fin de enfermedades que asolan su salud, una de las más comunes y peligrosas, por la mortandad que provoca es la diabetes, que en el año 2014 alcanzo el 9% de la población mundial entre adultos mayores de 18 años (OMS, 2014) por lo que han surgido un gran número de procesos alimenticios que propician un buen control sobre esta enfermedad.

El desarrollo de un sistema que nivele el pH del agua para consumo humano, principalmente diabéticos, es una gran alternativa como medio de ayuda para controlar dicha enfermedad.

1.1 El pH

Existe una gran variedad de sistemas que purifican el agua para el consumo humano, así como varios sistemas que regulan su pH, en la mayoría para su uso en albercas, pero existen muy pocos que lo regulen para el consumo humano, y como sabemos, el pH es un parámetro relevante en los pacientes diabéticos, los niveles bajos de pH en la sangre se pueden manifestar como cetoacidosis diabética, la cual es muy peligrosa ya que puede resultar mortal.

Cada sistema purificador y nivelador de pH del agua, utilizan metodologías similares y son multidisciplinarios, ya que abarca áreas como el control, la electrónica y las comunicaciones, en el proyecto "Sistema de control electrónico de pH y esterilización de agua" (Santos, 2009) se propone un sistema de neutralización utilizando dos métodos de control no lineal, control por linealización exacta y control adaptivo donde las soluciones para controlar el pH son tres, una acida que es ácido nítrico (HNO_3), una solución base hidróxido de sodio (NaOH) y una tercera solución que será nivelada, haciendo uso de un tercer agente químico como agente ablandador de la tercera solución (Bicarbonato de sodio), el sistema regulara así, el pH de la solución de salida a través de la manipulación del flujo de la solución base, compensando los posibles cambios en el flujo de la solución a nivelar que se considera como una perturbación no medible.

Al igual que en nuestro sistema se asume un volumen de agua y un flujo de solución ácida constante. En este trabajo utilizaron un pHmetro profesional HI-

98240, que tiene un rango de medición de -4.00 a 19.99 pH, +- 400mV; +- 2000mV, -10 a +120.00 °C, con una resolución de 0.01 pH y con una precisión a 20°C, su calibración es automática, con limitaciones grabadas 1.2-5mV: automática, con limitaciones grabadas 2 o 3, compensación de temperatura automática de -10...+120°C, está integrado por un electrodo con sensor de temperatura integrado, con cable de 1 m y conexión DIN. Es alimentado por 4 baterías AA de 1.5 V para 350 h, utiliza una interfaz RS-232 por medio de un transmisor de infrarrojos y el cable de conexión al ordenador, la instalación es necesaria para la transmisión de valores guardados o bien para poder realizar una medición en línea.

El diseño que emplea es modular lo que permite que sea práctico y de mantenimiento sencillo. Este sistema tiene sensores de nivel, lo que ayuda en el llenado del tanque de manera automática, para el sistema de control ocupa un controlador PI/PID con el cual nivela el pH, utiliza componentes electrónicos básicos que se encuentran en el mercado comercial, se hace referencia que no define con exactitud los componentes utilizados.

Este sistema neutraliza el agua a través del control mediante linealización exacta "Entrada – Salida".

Como se mencionó en la cita anterior al definir el tipo de metodología que utilizó, el cambio en el nivel de pH es no lineal, ya que como se explica en el trabajo "Control de pH para planta de tratamiento de aguas residuales" (Amaya; Fabián; Cañón; Alberto; Avilés; 2004) el comportamiento del pH se rige por la fórmula:

$$pH = -\log(H^+) \dots \text{ecuación 1.1}$$

En este trabajo se utiliza un controlador proporcional-integrador (PI), con el que se compensa la variación de la salida del sistema con respecto a una entrada. En este proyecto recurren al equilibrio de masa, para lo que se consideran diversas variables como la tasa de remoción de primer orden, volumen del reactor (Contenedor) que considera las tuberías del sistema, el flujo másico, área de las tuberías y la variación de la concentración y para que el sistema quede en función de las variables a manipular, reemplazaron las unidades, que dio como resultado que el sistema quedara en función de las variables caudal de la solución acida,

caudal de la solución básica, concentración de la sustancia acida y concentración de la sustancia básica.

Para saber cómo nivelar la concentración de sustancias utilizan la ecuación de equilibrio iónico: $y = |H^+||OH^-|$, la cual representa la variación iónica entre la solución ácida y básica y para llevarlos a términos de pH hacen uso de las siguientes ecuaciones: $pH = -\log(H^+)$ $[OH^-][H^+] = 10^{-14}$ y así llegan a la ecuación que representa la concentración de pH $y = 10^{-pH} - 10^{(pH-14)}$, sobre esta ecuación se empiezan a aplicar las técnicas de control, como la linealización y así obtener la función de transferencia que describe al sistema para nivelar el pH y así poder programar el sistema de control.

En este proyecto se emplea como sistema de control un tablero que presenta dos variadores de velocidad Altivar 66, con un PLC NAIS, una fuente Siemens de 5 A y sus respectivos contadores y transmisores de pH (Hanna Instruments).

La alimentación de los sensores se lleva a cabo con una fuente de 24 VCD y presenta 5 sensores de nivel y dos pulsadores, uno cerrado para el apagado y el otro abierto para el encendido, las entradas de los transmisores de pH van al variador Altivar 66, el cual mueve el motor según la curva de funcionamiento. En el circuito de salida los relevadores activan los contactores de los motores del floculador, y tanque solido; dos salidas directas de 120 VAC para electroválvulas y una salida de 24 VDC para el prendido ya pagado de los variadores de la bomba dosificadora.

En ambos trabajos se llegan a los objetivos que se proponen haciendo que el agua sea purificada en el primer caso y que tenga el nivel de pH requerido para el consumo humano en el segundo caso, sin embargo, se enfocan en las normas de la OMS que a pesar de ayudar a tener cierto control dentro de los criterios de calidad del agua, no son tan óptimos para el consumo humano, ya que se ha demostrado que el rango de pH aceptable del agua que maneja la OMS es un rango muy amplio.

En el proyecto “Automatización de un sistema invernadero con hidroponía” (Gutiérrez; Sánchez, 2012) una de las variables que intervienen en el sistema invernadero es la del pH, donde utilizó el sensor HI9813-5 de Hanna instruments.

Este sensor consiste de una probeta sumergible y un indicador digital donde se pueden ver los valores, por cuestión de costo no se adquirió el módulo de adquisición de los datos y poder mandarlos a la computadora, por ello diseñaron una extensión de cable para poder medir cada uno de los pines del sensor y obtener voltajes asociados a las variables de interés, para posteriormente acondicionarlos y mandarlos a la computadora.

Buscaron entre los pines el que sería la “tierra” del sensor y posteriormente el pin correspondiente para el pH y electro conductividad, para llegar a esta conclusión se utilizaron soluciones con diferentes pH y electro conductividad similar y electro conductividad diferente y pH similar midiendo en cada pin el cambio en voltaje con ayuda de un multímetro de propósito general.

Una vez definidos los pines se definió el rango de trabajo en Volts, utilizando valores de pH y electro conductividad extremos que el sistema llegara a tener (más alto/más bajo). En ambos casos se obtuvo como rango de trabajo: 0-5V. Se utilizó un amplificador operacional de instrumentación con $R_G = 1$. Posteriormente se midieron los voltajes en el pin pH, con soluciones de pH conocidos, de los valores obtenidos concluyeron que existe un comportamiento lineal entre el valor de pH medido y el pH y así obtener una ecuación que describa el comportamiento de estas dos variables. Para comprobar que las mediciones de voltaje para los diferentes valores de pH fueran correctos y no fueran afectados por otros factores, utilizaron el ambiente de simulación Labview para emular el ambiente real con todos los parámetros involucrados y medir los voltajes en un ambiente ideal (Sin perturbaciones), y los resultados fueron positivos, los valores medidos con el multímetro concuerdan con los simulados en el ambiente ideal. Para el sistema de adquisición de datos utilizaron una tarjeta Arduino, con una interfaz a una pantalla para poder ver los valores de las mediciones, la ventaja de esta tarjeta de adquisición de datos es el lenguaje de programación, el cual se basa en lenguaje C.

En el trabajo “Red de sensores inteligentes aplicada a la medida de pH y temperatura” (Casan; Navarro; García-Gil; Ramírez; Marco (No especifica año)) en

donde el sistema de control de las variables se realizó mediante el uso de instrumentos virtuales desarrollados con el programa LabView y mediante Ethernet. Además, incluye la posibilidad de controlar los nodos de la red de forma totalmente independiente, utilizándolos como un instrumento de medida tradicional.

La red de sensores inteligentes está implementada en la actualidad por tres nodos. Cada uno de ellos tiene capacidad para funcionar de forma independiente y posee dos modos de comunicación remota: comunicación USB o comunicación Ethernet y el usuario puede realizar medidas o calibrar de los circuitos acondicionadores interactuando directamente con los sensores, mediante el uso de unos pulsadores dispuestos en cada uno de los nodos. Se utiliza un sensor de pH ISFET (Transistor de efecto de campo sensible a iones), es un sensor químico de estado sólido, es un dispositivo en el que la tensión umbral cambia en función del pH de la solución electrolítica a estudiar. El sistema de control tanto de pH como de temperatura se basa en un microcontrolador (PIC18F252), esto hace que el acondicionamiento, calibrado y la adquisición de la respuesta de los sensores se realiza de forma automática. Utiliza diferentes interfaces entre el sistema de control y el usuario como LCD, comunicación USB, comunicación Ethernet y para poder realizar la comunicación entre los dos microcontroladores como las interfaces con el usuario se hizo uso de distintos lenguajes de programación. Para establecer la comunicación entre los dos microprocesadores, el control digital de las corrientes, tensiones de polarización, ganancias, etc., se utilizó el lenguaje C, posteriormente los programas se compilaron y se grabaron en los microcontroladores, respecto a la interfaz de comunicación con el usuario a través del ordenador se ha utilizado el lenguaje de programación grafica Labview. Realizaron simulaciones para la medición de temperatura y pH, para el caso del circuito acondicionador de pH, se validó su funcionamiento, no solo por medir el pH, sino también se aseguró que las condiciones de polarización del sensor son correctas ya que se trabaja con señales de bajo nivel (μA , mV) y cualquier perturbación puede influir en la medida dando lugar a una interpretación errónea de los datos adquiridos. Para comprobar el funcionamiento del instrumento se tomaron soluciones de diferentes valores de pH y se utilizó equipo comercial para medir el pH como referencia en las medidas, el pHmetro tiene características como una resolución de $\pm 0.01\text{pH}$, error $\pm 0.01\text{pH}$ y

resolución de temperatura $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ con un electrodo de vidrio comercial de Ag/ClAg, correspondiente al modelo GLP22 de Crison.

Tratando otro aspecto del proyecto, que es el uso de una mini computadora como Raspberry Pi 2 como sistema de control en el proyecto “Sistema de control demótico con sistema de video vigilancia” (Guerra, 2013) se utiliza este dispositivo, en donde se dice que se escogió este sistema como el microcontrolador a utilizar por su bajo costo a comparación de otros sistemas parecidos como CubieBoard. Del sistema hacen uso del puerto Ethernet para conector RJ45, este puerto es para usarse para la conexión del microcontrolador (Raspberry) hacia el módem/router, y a través de éste, con los demás elementos del sistema.

Los pines GPIO de entrada y salida de la Raspberry Pi se utilizan como conexión entre el sistema y los componentes que se van a controlar, el sistema cuenta con 26 pines GPIO, de los cuales unos los utiliza para alimentación de 5V o de 3.33V y otro para el conector de tierra GND, el resto de los pines son usados para los dispositivos periféricos, pero para la aplicación requerida utilizó los pines 4,17, 22, 23, 24, 25, 7 y 8; los cuales soportan niveles de entrada/salida de 3.33V y serán usados para conectar el microcontrolador a los relevadores y a los sensores.

El sistema operativo que se utiliza es el Raspbian, que es un sistema operativo diseñado para arquitectura ARM en Debian, este sistema operativo es una distribución de Linux, lo que ofrece ventajas de software libre y permite la instalación de diferentes drivers, que en este caso instalo el servidor IP PBX, también permitió el uso del lenguaje de programación Java, lo que lo hizo óptimo para el diseño propuesto. Para utilizar el sistema Raspberry Pi como sistema de control primero adaptó la etapa de sensado a manera de que las salidas pudieran ser interpretadas por las entradas de la Raspberry Pi en los puertos GPIO, el último paso es la programación de la Raspberry, que en este caso fue en el ambiente de programación Java, porque es el lenguaje de programación que más se ajusta a las necesidades del proyecto.

Por lo tanto con ayuda de varias disciplinas como el control, electrónica, comunicaciones, mecánica y química, se desarrollara este sistema que regule el

pH del agua para que sea óptima para el consumo humano, en particular de los diabéticos, ya que se requiere un control específico sobre los alimentos y bebidas que consume para que no tengan problemas con los niveles de pH que se manifiestan en la sangre.

1.2 Alcalinidad

Para aumentar la alcalinidad del agua es necesario previamente conocer los pasos necesarios para conseguirlo, así como los beneficios en la salud y los múltiples usos que podemos darle. La alcalinidad del agua es una medida de su capacidad para neutralizar ácidos y se recomienda que sea lo más libre de toxinas como sea posible. Los pasos para aumentar la alcalinidad del agua son purificar el agua, verificar el pH del agua, elegir unos de los aditivos para aumentar la alcalinidad del agua deseada, como bicarbonato de sodio, jugo de limones frescos o gotas para aumentar la alcalinidad del agua, y por último volver a verificar el pH del agua.

Alkalinicare fabrica un producto que alcaliniza el agua, además ayuda a mantener el nivel de oxígeno en sangre, facilita la eliminación y neutralización de los ácidos tóxicos del cuerpo y actúa como neutralizador de algas, bacterias, levaduras, mohos, parásitos, exotoxinas y micotoxinas. El producto se llama PuripHy, es una fórmula potente, ya que con 5 a 8 gotas logra elevar el pH del agua a un valor de entre 8 a 9, es la más avanzada del mercado y debido a su potente acción implica un ahorro económico por su larga duración. Esto se consigue ya que PuripHy optimiza el agua al disminuir los iones de hidrógeno y aumentar los iones de hidroxilos (Alkalinicare, 2013).

1.3 Acides

Al igual que para la alcalinidad para aumentar la acides del agua es necesario previamente conocer los pasos necesarios para conseguirlo, así como los beneficios en la salud y los múltiples usos que podemos darle. Se refiere a la capacidad para reaccionar con una base fuerte hasta un determinado valor de PH. Al obtener su medida, se permite cuantificar las sustancias acidas presentes en un cuerpo de aguas o un residuo líquido, con el fin de neutralizar y adecuar el agua para un determinado fin o aplicación, además se toma la acidez con $\text{pH} < 5$. Encontramos por lo general que las fuentes como el CO_2 atmosférico, ácidos orgánicos, descomposición de materia vegetal o animal y contenido en ácidos fúlvicos (Marines; Puentes; Peña, 2014).

Citrilow desarrollo una sustancia a base de ácidos orgánicos concentrada con calidad alimenticia con pH próximo a cero. Se diluye en un gran volumen de agua reduciendo los costos, frecuencia de uso y mano de obra. La formulación de Citrilow se comercializa pronta para su uso; no es necesario realizar mezclas o preparaciones lo cual evita errores de manejo. A pesar de su bajo pH no tienen olor.

El sistema de acidificación de agua citrilow utiliza la tecnología de dosificación Dosatron, los dispensadores Dosatron dosifican el agua automáticamente en forma consistente, precisa y repetible sin necesidad de corriente eléctrica o neumática (Citrilow, 2016).

1.4 Diabetes

En el artículo medico “Diabetes Mellitus en el servicio de urgencias: manejo de las complicaciones agudas en adultos” (Hernández; Castrillón; Acosta, 2008) menciona una de las complicaciones potenciales fatales y causas principales de la atención del paciente diabético en urgencias, la cual es la cetoacidosis diabética (CAD), es un estado caracterizado fundamentalmente por tres hallazgos clínicos: hiperglucemia (concentración plasmática de glucosa > 250 mg/dl), Acidosis metabólica ($\text{pH} < 7.30$ y nivel de bicarbonato de 18 mEq/L o menos) y Cetosis. La mayoría de los pacientes que presentan CAD padeces diabetes mellitus tipo 1, sin embargo los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 también presentan CAD, sobretodo pacientes sometidos a situaciones de alto estrés catabólico. Pacientes

jóvenes, obesos y de edad avanzada, son grupos de alto riesgo para este tipo de presentaciones. Algunas de las causas desencadenantes más frecuentes de CAD son uso inadecuado o suspensión de insulina, infecciones y presentar diabetes tipo 1, existen otros factores como uso de medicamentos que alteren el metabolismo, de los hidratos de carbono, infartos, enfermedad cerebrovascular, consumo de alcohol o cocaína. Las personas que sufren ataques provocados por CAD presentan síntomas como taquicardia, taquipnea, hipotermia, aliento cetónico, deshidratación, debido a la pérdida de volumen y reflejada principalmente en sequedad de las mucosas y disminución en la turgencia de la piel y dolor abdominal.

Como parte del proceso para estabilizar al paciente que presente una crisis por CAD es la hidratación, la cual consiste en utilizar una solución salina normal en diferentes cantidades, monitoreando continuamente la mejora de la hidratación hasta llegar a la estabilidad, se debe tener cuidado con los pacientes que padezcan de patologías cardíacas o renales por riesgo de sobrecarga hídrica. Como solución salina utilizan bicarbonato de sodio, pero su uso es controversial, ya que puede ocasionar algunos efectos negativos, pero se considera su uso solo cuando el $\text{pH} < 7$ con los siguientes rangos: pH entre 6.9-7: 50 mmol de NaHCO_3 en 200 cc de agua + 10 mEq de potasio para pasar en una hora y $\text{pH} < 6.9$: 100 mmol en 400 cc de agua + 20 mEq potasio para pasar en dos horas. Se debe reponer el bicarbonato cada dos horas hasta que el nivel de pH sea superior a 7.

En el artículo "Urgencias endócrinas" (Garrido; Torres, no especifica año) se menciona que el uso de bicarbonato se dará cuando el $\text{pH} < 7$ y se deberá suspender cuando se alcance un pH de 7.15, ya que las complicaciones de seguir administrándolo son: aumento de la acidosis, hipopotasemia, carga osmolar excesiva e hipoxia tisular. Cuidados que debe tener el paciente diabético (Clínica Santa María, 2010).

Los cuatro pilares de la educación al paciente diabético, fundamentales para el cuidado de la enfermedad y para lograr resultados positivos en el tratamiento son:

1.- Autocontrol

El autocontrol es la forma a través de la cual el paciente puede lograr monitorear sus niveles de glicemia, permitiéndole tomar las mejores decisiones para controlar la Diabetes.

Los resultados obtenidos en este monitoreo pueden informarle a la persona acerca de:

- El funcionamiento de su medicación.
- De qué manera le afecta la glicemia de los alimentos que consume.
- Cómo sus actividades diarias afectan su nivel de glicemia.

La Federación Internacional de la Diabetes (IDF) menciona que en 2011 murieron 4.8 millones de personas debido a la diabetes.

La cetoacidosis diabética (CAD) y el Síndrome Hiperglucémico Hiperosmolar no cetósico (SHH) son las complicaciones más severas que se observan en los pacientes diabéticos.

La cetoacidosis diabética es causada por un déficit de insulina y un aumento de las hormonas contra insulares. Es caracterizada por un problema catabólico en el metabolismo de los carbohidratos, las proteínas y los lípidos, se presentan normalmente las siguientes complicaciones médicas: hiperglicemia, cetosis y acidosis.

En 2011, en México según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 70 de cada 100 000 personas, murieron por diabetes mellitus. Por lo que esta enfermedad es la segunda causa de muerte en el país.

Por 100 mil habitantes de cada grupo de edad y sexo

Grupo de edad	Total	Hombres	Mujeres
20 a 29	0.51	0.67	0.37
30 a 39	4.04	5.12	3.06
40 a 49	23.70	29.20	18.69
50 a 59	89.47	98.96	80.87
60 a 64	193.23	202.57	184.78
65 a 74	316.71	321.13	312.80
75 a 79	498.44	480.79	513.48
80 y más	638.47	584.19	680.61

Nota: Se utilizó la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y problemas relacionados con la salud CIE-10, código E11.

Figura 1.1 Tasa de mortalidad en población de 20 años y más, por diabetes mellitus tipo II según grupo de edad y sexo

INEGI (2012). Estadísticas de mortalidad.

1.4.1 Alimentación

La alimentación es un componente fundamental para el control de la Diabetes. Para conocer los alimentos que se pueden comer y los que deben evitarse, es necesaria la guía de un especialista quien adecuará la dieta según cada caso particular contemplando la edad, actividad física, peso y enfermedades que pueda tener el paciente.

El plan de alimentación debe contemplar alimentos pertenecientes a los tres grupos alimenticios (carbohidratos, proteínas y grasas) en cantidades que promoverán un buen control de la enfermedad.

Es importante saber que los carbohidratos son los constituyentes de los alimentos que son comúnmente conocidos como azúcares. Entre éstos, la sacarosa y productos que la contengan no pueden ser consumidos por el paciente diabético.

A pesar de que las recomendaciones son principalmente individuales, hay algunas generales que deben tenerse en cuenta:

- No consumir en una misma comida dos alimentos que aporten una cantidad importante de hidratos de carbono (ejemplo: papas y fideos).

- Fraccionar en cinco o seis comidas diarias el aporte de hidratos de carbono para que en cada consumo la cantidad sea pequeña y pueda ser metabolizada adecuadamente sin producir Hiperglicemia Postprandial.

Alimentos que NO contienen carbohidratos:

Los alimentos carbohidratos (o glúcidos) se encuentran casi exclusivamente en alimentos de origen vegetal, como las frutas y verduras. Mientras que los que no contienen carbohidratos son los que aportan proteínas como la carne, pollo, pavo, cerdo, cordero, alimentos grasos como el aceite, entre otros.

Alimentos prohibidos en la dieta de un paciente diabético:

El paciente con diabetes NO debe consumir alimentos que aporten hidratos de carbono de absorción rápida. Entre ellos se cuentan: pastelería, bebidas dulces, golosinas, helados, postres de leche, azúcar, fruta en conserva, miel, mermelada, manjar, entre otros.

Además, se debe reducir la ingesta general de alimentos, bajo supervisión de un especialista, para así disminuir el aporte de calorías.

Se recomienda consumir alimentos ricos en fibra que no contengan colesterol, pero que sí posean grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas como aceitunas, aceite de oliva, palta, nueces, almendras, maní y pescados.

1.4.2 Ejercicio

El ejercicio es otro de los pilares fundamentales para lograr un buen cuidado y control de la Diabetes.

Está comprobado que la actividad física regular puede disminuir la glicemia, además de potenciar el efecto que causa la insulina. También realizar ejercicio ayuda a disminuir los factores de riesgo cardiovascular y beneficia la autoestima del paciente.

1.4.3 Medicamentos

En algunos casos, el cuidado del paciente diabético debe complementarse con medicamentos, los que serán recetados y controlados por el médico tratante.

Según las necesidades de cada paciente los medicamentos pueden ser HGO y/o insulina.

Capítulo 2

Aproximaciones

teóricas

2 Aproximaciones teóricas

2.1 Conversor analógico digital

El conversor analógico digital (ADC por sus siglas en inglés) es un dispositivo cuyo objetivo es convertir una señal de voltaje analógica en un valor binario.

Las señales analógicas son aquellas que varían de forma continua con el tiempo, para convertirlas en un valor binario es necesario realizar un muestreo a un a una velocidad fija, para digitalizarla se mide periódicamente la amplitud de una señal redondeando sus valores a un número finito de niveles a ese proceso se le conoce como cuantificación.

Los procesos necesarios para realizar una conversión analógico-digital son el muestreo, la cuantificación y la codificación.

2.1.1 Muestreo

El muestreo es el número de veces que se mide algún parámetro por un determinado periodo de tiempo, en el caso del conversor analógico digital se mide la amplitud de la señal.

El teorema de Nyquist-Shannon nos menciona que la cantidad de veces que se debe medir una señal para no perder información debe ser por lo menos el doble de la frecuencia máxima que alcanza dicha señal.

En el muestreo periódico la separación a la que se realiza cada muestra es constante, en la figura 2.1 se puede observar una señal analógica así como el tiempo al que se realiza cada muestra y el resultado del muestreo.

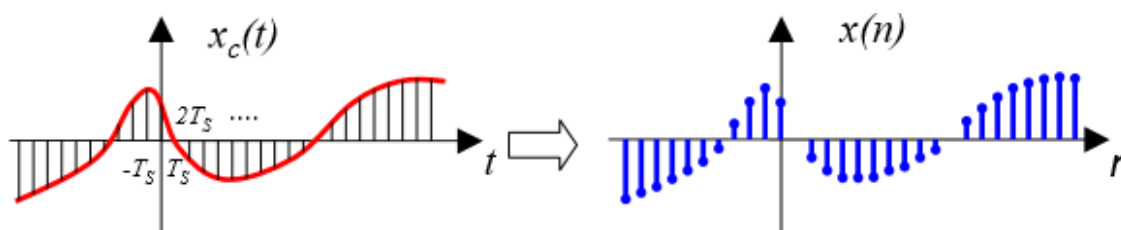


Figura 2.1 Muestreo de una señal analógica.

(<http://www.sc.ehu.es/acwarila/PDI/Tema%207/muestreo.pdf>)

2.1.2 Cuantificación

La cuantificación es el número de valores que se utilizan para guardar las muestras de la señal, para hacerlo se codifican en un conjunto de bits, la exactitud de la conversión se debe al número de bits empleados ya que a mayor número de bits empleados se obtienen un mayor número de valores para guardar las muestras.

Para representar un valor de amplitud digitalmente se utiliza un número n de bits el cual nos permite obtener 2^n valores disponibles para asignarle una determinada amplitud. En la figura 2.2 se observa una cuantificación uniforme que utiliza 3 bits, por lo tanto se obtienen 8 valores binarios a los que se les asigna a cada uno un valor de amplitud único.

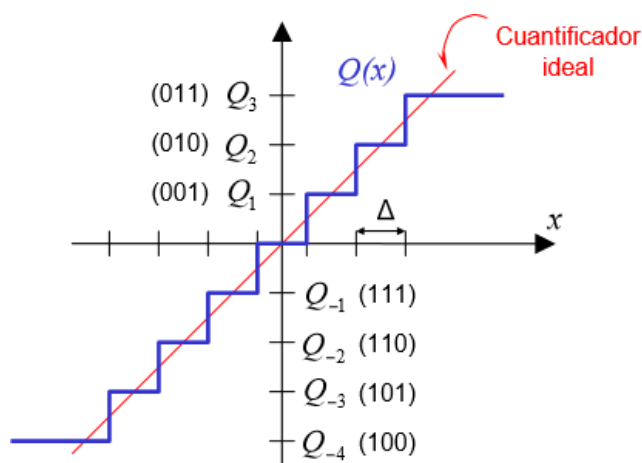


Figura 2.2 Cuantificación uniforme con 3 bits.

<http://www.sc.ehu.es/acwarila/PDI/Tema%207/muestreo.pdf>

2.1.3 Codificación

En la codificación se traducen los valores que se obtienen durante la cuantificación en código binario, a pesar de que este es el más usado existen otros códigos que también son utilizados.

2.2 Comunicación SPI

Serial Peripheral Interface (SPI) es un protocolo que desarrollo Motorola que permite y facilita la conexión entre procesadores y circuitos de soporte, este protocolo puede conectar los dispositivos que acepte bits en serie controlados por una señal de reloj.

Los protocolos maestro/esclavo son utilizados para protocolos de comunicación con los cuales un dispositivo maestro, controla a uno o más dispositivos esclavos.

SPI es un protocolo síncrono maestro/esclavo que se basa en 4 líneas: SCLK, MISO, MOSI y SS.

- SCLK (Serial Clock) Es un pulso de reloj que permite la sincronización de la transmisión de datos, este es generado por el dispositivo maestro.
- MISO (Master In Slave Out) Esta línea la utilizan los dispositivos esclavos para poder enviar datos al dispositivo maestro.
- MOSI (Master In Slave In) Línea la utilizada por el dispositivo maestro para enviar datos a los dispositivos esclavos.
- SS (Slave Select) Habilita al periférico esclavo con el que realizara la comunicación, requiere una línea por cada dispositivo esclavo conectado al maestro, para habilitar un esclavo específico se coloca un 0 lógico en el pin.

El dispositivo maestro inicia la comunicación habilitando al esclavo, por cada pulso de reloj se envía y se recibe un bit, después de 8 pulsos la transmisión de 1 bit está terminada.

2.3 Servomotores

Un servomotor es un dispositivo del cual se puede conocer y regular la variable de posición utilizando dispositivos de retroalimentación, obteniendo una mayor precisión en cuanto a desplazamientos.

Tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición angular dentro de un rango de operación y mantener el nivel de torque a altas velocidades de giro.

Se utilizan en sistemas donde la prioridad sea la precisión, principalmente en sistemas de corte, impresión, robótica y automatización.

Los servomotores se especifican a través del torque que presentan, no por su potencia. Para diseñar el algoritmo de control, los parámetros requeridos son proporcionados por el fabricante.

2.3.1 Funcionamiento

El servomotor tiene circuitos de control y una resistencia variable, la cual es conectada al eje central del servo motor. En la figura 2.3 se observa al lado derecho el circuito que presentan todos los servomotores, así como el potenciómetro. Este potenciómetro hace posible que la circuitería de control supervise el ángulo actual del servo motor, si el eje está en el ángulo correcto el motor está apagado en caso de que el ángulo no sea el correcto, el motor girará en la dirección adecuada hasta llegar al ángulo correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados, algunos llegan a los 210 grados esto varía según cada fabricante.



Figura 2.3 Circuitería del servomotor

<http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/electronica/elementos/servomotor.htm>

La cantidad de voltaje aplicado al motor es proporcional a la distancia que éste necesita girar, si el eje necesita regresar una distancia grande, el motor girara a toda velocidad, en caso que requiera regresar sólo una pequeña cantidad, el eje del motor girara a una velocidad más lenta, a esto se le llama control proporcional.

Para controlar un servomotor, se le ordena un cierto ángulo medido a partir de 0 grados. Se le envía una serie de pulsos, un tiempo ON de pulso indica el ángulo al que debe posicionarse; 1ms = 0 grados, 2.0ms = máx. grado (cerca de 120) y algún valor entre ellos da un ángulo de salida proporcional. Generalmente se considera que en 1.5ms está el "centro." Entre límites de 1 ~ 2ms son las recomendaciones de los fabricantes, normalmente puede usar un rango mayor de 1.5ms para obtener un ángulo mayor e incluso de 2ms para un ángulo de rendimiento de 180 grados o más. El factor limitante es el tope del potenciómetro y los límites mecánicos construidos en el servo. Tienen 3 cables de los cuales el rojo es del voltaje de alimentación, el negro es de tierra y el blanco o amarillo es el de control.

En la figura 2.4 se observa la ubicación de estas piezas dentro del servomotor.

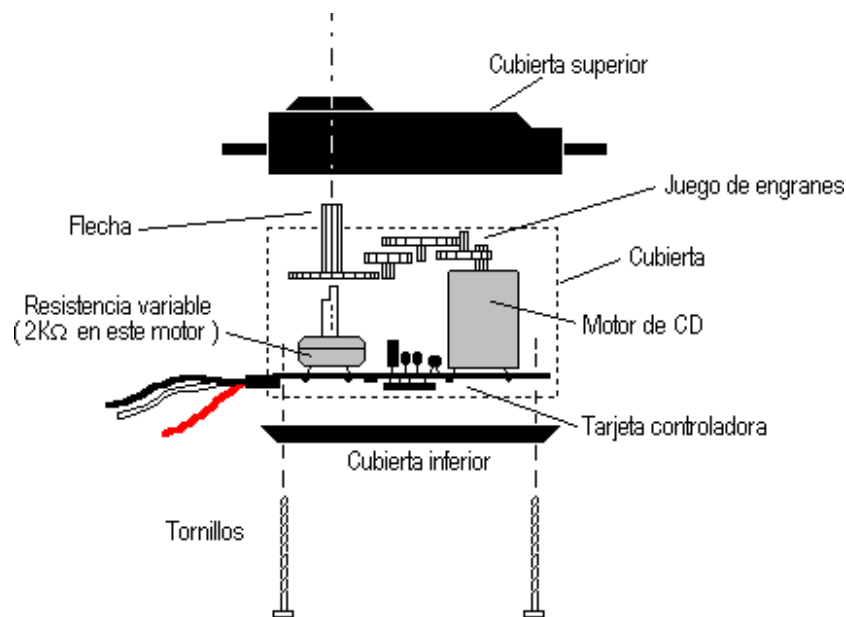


Figura 2.4 Piezas dentro del servomotor.

<http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/electronica/elementos/servomotor.htm>

Para calcular el ciclo de trabajo se utiliza la fórmula de la ecuación 2.1, en la figura 2.5 se muestra como la relación entre el ciclo de trabajo y la posición del servomotor.

$$\text{Ciclo de trabajo} = \frac{\text{Ancho de pulso}}{\text{Periodo}} \quad \dots \text{ ecuación 2.1}$$

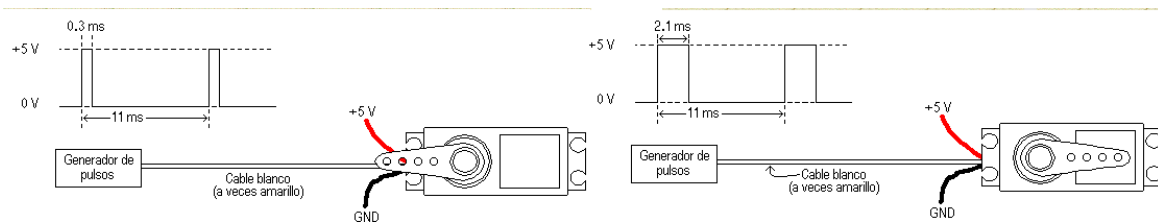


Figura 2.5 Relación del ciclo de trabajo con la posición del servomotor.

(<http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/electronica/elementos/servomotor.htm>)

2.4 Principio de Pascal

La presión aplicada sobre un fluido confinado en un recipiente, se transmite íntegramente en todas las direcciones y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales, actuando estas fuerzas perpendicularmente sobre las paredes del recipiente contenedor.

Este principio es aplicado en muchos utensilios y herramientas, desde el sector automotriz hasta el sector agrario, en el sector salud este principio lo utilizan en una gran cantidad de utensilios y equipo como es el caso del equipo de venoclisis.

El equipo de venoclisis está destinado a ingresar por vía intravenosa, ya sea periférica o central, la infusión continua de fluidos. Está disponible en 2 presentaciones:

- Normogotero que está elaborado con diferentes tipos de plástico grado médico y que su característica principal es la de proporcionar un goteo comprendido entre 28 y 32 gotas por minuto.
- Microgotero que además de contar con plástico grado médico, cuenta con cánula metálica que nos ofrece un goteo de 56 a 64 gotas por minuto.

2.5 Amplificadores

El amplificador se puede considerar como un circuito de dos puertas, una recibe la señal de entrada que se pretende amplificar y la otra entrega la señal ya

amplificada, cuando se trata de señales muy pequeñas la señal de salida es semejante a la señal de entrada, la única diferencia es la amplitud de la señal es decir no es distorsionada.

Los parámetros que definen a los amplificadores son la ganancia y la impedancia de entrada y salida.

La ganancia o el factor de amplificación es la relación entre las amplitudes de las señales de entrada y salida, el factor de amplificación de voltaje se define a través de la relación de la ecuación 2.2.

$$A_v = \frac{V_0}{V_i} \dots \text{ecuación 2.2}$$

En la ecuación 2.2 V_0 es el voltaje de salida y V_i es el voltaje de entrada, en el caso del factor de amplificación de corriente es la misma relación cambiando los voltajes de entrada y salida por corrientes de entrada y salida.

Cuando se amplifica una señal de voltaje es importante que la impedancia de entrada sea lo más alta posible para reducir la corriente que el generador entrega al amplificador. También que la impedancia de salida sea lo más baja posible para que el voltaje de salida sufra una menor atenuación en la resistencia de salida.

En el caso de los amplificadores de corriente los terminales de salida pueden ser descritos mediante una fuente de corriente con una resistencia en paralelo. En el caso general es una impedancia en paralelo y constituye la impedancia de salida del amplificador.

En este caso es importante que la resistencia en paralelo sea lo más elevada posible para que el amplificador pueda entregar la señal de corriente con la mínima atenuación.

2.6 Raspberry-Pi 2 B

La Raspberry Pi es de bajo costo, un ordenador de tamaño de tarjeta de crédito que se conecta a un monitor de ordenador o un televisor, y utiliza un teclado y un ratón estándar. Se trata de un pequeño dispositivo que permite a las personas de todas las edades explorar la computación, y para aprender a programar en lenguajes como Python o C++. Es posible realizar varias tareas que pueden

realizarse en la computadora, desde la navegación por Internet y reproducción de vídeo de alta definición, a la toma de hojas de cálculo, procesador de textos, en los últimos modelos incluso grabación.

Lo que es más, la Raspberry Pi 2 B tiene la capacidad de interactuar con el mundo exterior y se ha utilizado en una amplia variedad de proyectos digitales, desde máquinas de música y detectores de padres a las estaciones meteorológicas y pajareras piar con cámaras de infrarrojos.

La placa de la Raspberry-Pi 2 B tiene unas dimensiones aproximadamente de 8.5 x 5.6 cm con un ligero sobresaliente para insertar la microSD, y pesa aproximadamente 45g, lo que la hace perfecta para su portabilidad.

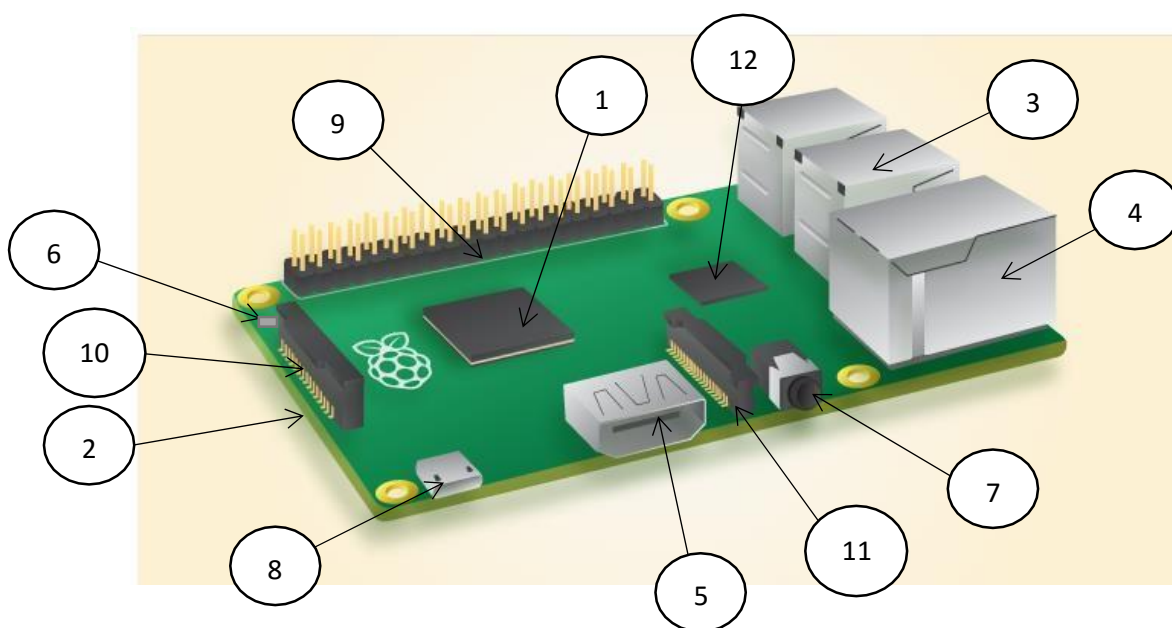


Figura 2.6 Esquema de la placa Raspberry Pi 2 B.

En la figura 2.6 se encuentran numeradas las partes que integran esta placa:

1) El procesador

Es el corazón de nuestra Raspberry Pi 2 B y nos encontramos con un chip integrado Broadcom BCM2835, que contiene un procesador ARM11 con varias frecuencias de funcionamiento y la posibilidad de subirla realizando overclocking, hasta 1 GHz sin perder la garantía, un procesador gráfico VideoCore IV, y 512MB de memoria RAM. La última Raspberry Pi 2 cuenta con 1GB de memoria RAM.

Todo ello equivale en la práctica a un ordenador con unas capacidades gráficas similares a la XBOX de Microsoft y con la posibilidad de reproducir vídeo en 1080p.

2) La ranura para la MicroSD

Realiza la función de disco duro, la información, sistema operativo y programas se almacena en una memoria MicroSD.

3) Puertos USB

En el modelo 2 B, hay cuatro puertos USB 2.0, pero sólo en modelos anteriores solo se manejaban hasta dos puertos. Los primeros modelos de la Raspberry-Pi tienen limitantes en la corriente con la que operan, ya que algunos dispositivos USB pueden demandar hasta 500mA.

4) Puerto Ethernet

El modelo B tiene un puerto RJ45 Ethernet estándar, una conexión Ethernet 10/100.

5) Puerto HDMI

En la placa nos encontramos además con una salida de vídeo y audio a través de un conector HDMI, con lo que conseguiremos conectar la tarjeta tanto a televisores como a monitores que cuenten con dicha conexión.

6) Leds de status

- ACT Verde Enciende cuando hay transmisión de la MicroSD
- PWR Rojo Muestra que el sistema este alimentado con 3.3 [v]
- FDX Verde Enciende si hay conexión de tipo full dúplex
- LNK Verde Muestra la actividad de la red
- 100 Amarillo Enciende si hay conexiones de 100Mbps

7) Salida de audio analógica.

Cumpliendo con el estándar de 3.3 mm mini Jack de audio analógico, maneja cargas de alta impedancia como bocinas. Con audífonos no sonara muy bien pero se debe a un problema en el controlador que aún está en evolución.

8) Power Input.

Entrada del suministro de corriente, esta tiene la entrada de una MicroUSB.

9) Entradas y salidas de propósito general (GPIO) y otros pines.

El puerto GPIO permite a la Raspberry Pi 2 B comunicarse con el exterior tanto para activar elementos como para leer el estado de los mismos. La tensión de trabajo del puerto es de 3,3v para un uno y 0v para un 0. Además, la corriente máxima que puede suministrar es de 16 mA. En la figura 2.7 se observa la nomenclatura de los puertos GPIO.

Raspberry Pi Model A+/B+/Pi 2			
B+ J8 GPIO Header			
	Pin No.		
3.3V	1	2	5V
GPIO2	3	4	5V
GPIO3	5	6	GND
GPIO4	7	8	GPIO14
GND	9	10	GPIO15
GPIO17	11	12	GPIO18
GPIO27	13	14	GND
GPIO22	15	16	GPIO23
3.3V	17	18	GPIO24
GPIO10	19	20	GND
GPIO9	21	22	GPIO25
GPIO11	23	24	GPIO8
GND	25	26	GPIO7
DNC	27	28	DNC
GPIO5	29	30	GND
GPIO6	31	32	GPIO12
GPIO13	33	34	GND
GPIO19	35	36	GPIO16
GPIO26	37	38	GPIO20
GND	39	40	GPIO21

Figura 2.7 Numero de los pines GPIO

(<http://www.raspberrystore.com/hardware-raspberry-pi.php>, 15-05-2016)

10) Interfaz de monitor serial (DSI)

Este conector soporta 15 pines y puede ser utilizado para comunicarse con un LCD o un OLED.

11) Interfaz de cámara serial (CSI)

Puerto diseñado para conectar el módulo de la cámara directamente.

2.6.1 Elementos de la Raspberry-Pi 2

2.6.1.1 Hardware

Actualmente existen dos versiones de la Raspberry-Pi en modelo A, modelo B y modelo B+. El modelo A es la primera versión de la Raspberry-pi cuenta con 256MB de RAM, un puerto USB y no cuenta con puerto Ethernet, no consume tanta energía como el modelo B; el modelo B cuenta con 512 de memoria RAM, 2 puertos USB y también se le integra el puerto Ethernet; el modelo B+ es una mejora del modelo B, este cuenta con 4 puertos USB y se puede decir que es una versión con más velocidad que la anterior.

En la segunda generación de Raspberry-Pi el modelo más actual es el 2 B+ el cual tiene una memoria RAM de 1 GB y 4 puertos USB 2.0.

Debido a que la Raspberry es un producto prácticamente nuevo en el mercado no cuenta con muchas expansiones o accesorios para ésta, o por lo menos desarrollados por los fabricantes de la Raspberry-Pi, el que destaca es la cámara que soporta 080p30, 720p60 y VGA90 para video. Existen fabricantes como Adafruit que cuenta con diferentes módulos para esta, como por ejemplo el Mini Kit PiTFT que es una pequeña pantalla táctil de 2.8 pulgadas. Debido a que la Raspberry es una microcomputadora, se le puede añadir como accesorio un teclado táctil inalámbrico, así como también un HUB de USB para que se le puedan conectar más dispositivos USB a esta.

2.6.1.2 Software

La Raspberry-Pi corre sobre el núcleo de Linux y sin embargo no cuenta con todas las características de algún sistema operativo Linux, debido a que su procesador está diseñado para dispositivos móviles. El procesador requiere especial atención en muchas instrucciones (binary blob) para drivers, y dispositivos especiales que no vendrán en distribuciones Linux estándar, otra limitante es la memoria RAM por lo cual están diseñadas distribuciones de Linux especiales para la Raspberry-Pi, algunas de estas son mostradas en la figura 2.8.

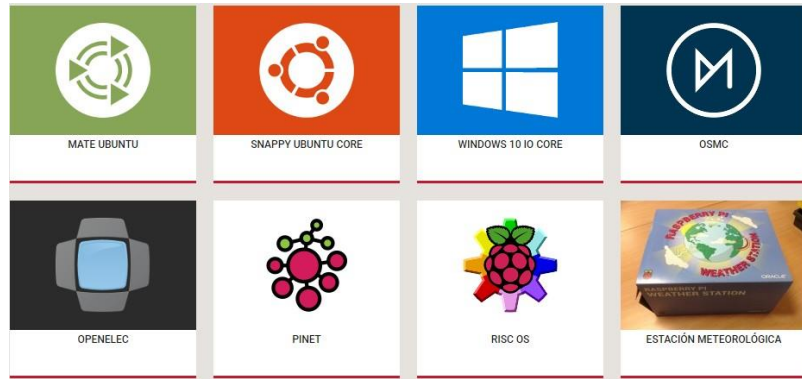


Figura 2.8 Sistemas operativos de Raspberry Pi 2
(<https://www.raspberrypi.org/downloads/>, 15-05-2016)

- Raspbian: Es la distribución recomendada para instalar en la Raspberry-Pi, es un sistema operativo basado en Debian optimizado para el hardware de la Raspberry-Pi.
- Pidora: Es una modificación optimizada de Fedora para la Raspberry-Pi.
- Openelec- Distribución Linux especializada para la Raspberry-Pi Raspbmc- Es una distribución de Linux para la Raspberry-Pi basado en Debian.
- Risc OS: Es un Sistema operativo británico diseñado especialmente para los procesadores ARM.
- Arch Linux: Sistema operativo diseñado para procesadores ARM.

Los sistemas descritos anteriormente son distribuciones que recomienda la página oficial de la Raspberry-Pi, sin embargo existen muchos otros como por ejemplo: Adafruit Raspberry Pi y Educational Linux que es una versión de Adafruit que incluye librerías para manejar sus dispositivos.

Cuando Adquirimos la Raspberry se nos entrega sin sistema operativo, el sistema operativo se tiene que cargar una MicroSD donde después se colocará dentro de la ranura para esta. Para cargar el sistema operativo existen dos opciones: la primera es descargar el sistema de la página oficial y cargarlo a la tarjeta o utilizar un programa que nos brinde soporte para hacerlo, para el segundo caso se conocen dos, el primero es BerryBoot, y el otro es Noobs, ambos se deben de cargar en la MicroSD y nos guiaran para poder instalar el sistema operativo que deseemos.

La paquetería de la Raspberry, es compatible con software libre que podemos encontrar en cualquier distribución de Linux, tal como procesadores de texto, software de cálculo y gráfico, software de programación y software de desarrollo para aplicaciones de hardware.

En la figura 2.9 se muestran las especificaciones técnicas que nos proporciona la página oficial de Raspberry Pi según el modelo de esta.











	RPI Model A	RPI Model A+	RPI Model B	RPI Model B+	RPI 2 Model B
SoC	BROADCOM BCM2835	BROADCOM BCM2835	BROADCOM BCM2835	BROADCOM BCM2835	BROADCOM BCM2836
CPU	ARM11 ARMV6 700 MHz.	ARM11 ARMV6 700 MHz.	ARM11 ARMV6 700 MHz.	ARM11 ARMV6 700 MHz.	ARM11 ARMV7 ARM CORTEX-A7 4 NÚCLEOS 900 MHz.
GPU	BROADCOM VIDEOCORE IV 250 MHz. OPENGL ES 2.0	BROADCOM VIDEOCORE IV 250 MHz. OPENGL ES 2.0	BROADCOM VIDEOCORE IV 250 MHz. OPENGL ES 2.0	BROADCOM VIDEOCORE IV 250 MHz. OPENGL ES 2.0	BROADCOM VIDEOCORE IV 250 MHz. OPENGL ES 2.0
Memoria RAM	256 MB LPDDR SDRAM 400 MHz.	256 MB LPDDR SDRAM 400 MHz.	512 MB LPDDR SDRAM 400 MHz.	512 MB LPDDR SDRAM 400 MHz.	1 GB LPDDR2 SDRAM 450 MHz.
Puertos USB	1	1	2	4	4
GPIO	26 PINES	40 PINES	26 PINES	40 PINES	40 PINES
Vídeo	HDMI 1.4 1920x1200	HDMI 1.4 1920x1200	HDMI 1.4 1920x1200	HDMI 1.4 1920x1200	HDMI 1.4 1920x1200
Almacenamiento					
Ethernet 10/100 MBPS					
Tamaño	85,60x56,5 MM	65x56,5 MM	85,60x56,5 MM	85,60x56,5 MM	85,60x56,5 MM
Peso en g.	45	23	45	45	45
Precio	29,95€	29,95€	34,95€	34,95€	39,95€

Figura 2.9 Especificaciones técnicas de los modelos de la Raspberry PI 2.

(<http://www.raspberrishop.es/hardware-raspberry-pi.php>, 15-05-2016)

SPI en Raspberry

La Raspberry Pi está equipada con un bus SPI que tiene 2 selecciones de chip.

El controlador maestro SPI está desactivado de forma predeterminada en Raspbian. Para habilitarlo, se utiliza raspi-config, o que la línea dtparam = spi = on

no esté comentada en /boot/config.txt y se reinicia. Si cargó el controlador SPI se debe ver el dispositivo /dev/spidev0.0.

Software

WiringPi incluye una biblioteca que puede hacer más fácil el uso de la interfaz SPI a bordo del Raspberry Pi. Accede directamente a los registros de hardware.

La biblioteca bcm2835 es una biblioteca de C para Raspberry Pi (RPi). Proporciona acceso a GPIO y otras funciones en el chip Broadcom BCM 2835. Accede directamente a los registros de hardware.

A través de la ventana shell se puede activar con la línea:

```
echo -ne "\x01\x02\x03" > /dev/spidev0.0
```

El BCM2835 en el Raspberry Pi tiene 3 controladores SPI. Sólo el controlador SPI0 está disponible en el encabezado.

Modo maestro

Abreviaturas para las líneas utilizadas.

- SCLK (Serial CLock) Pulso de reloj serial.
- CE (Chip Enable) Chip de selección.
- MOSI (Master Out Slave In) Envía información a un dispositivo esclavo.
- MISO (Master In Slave Out) Recibe información de un dispositivo esclavo.
- MOMI (Master Out Master In) Envía información a un dispositivo maestro.
- MIMO (Master In Master Out) Recibe información de un dispositivo maestro.

En el modo maestro SPI estándar, el periférico implementa el protocolo serie estándar de 3 hilos: SCLK, MOSI y MISO.

En el modo maestro SPI bidireccional se implementa el mismo estándar SPI, excepto que se utiliza un solo cable para datos MIMO en lugar de dos como en modo estándar MISO y MOSI.

2.7 Diabetes

Un plan de alimentación para la diabetes es una guía que le dice qué tipos de alimentos debe comer y en qué cantidad durante las comidas y como bocadillos. Un buen plan de alimentación debe amoldarse a su horario y hábitos de alimentación. Algunos recursos para planificar comidas incluyen el Método del plato, contar carbohidratos y el índice glucémico. El plan adecuado de alimentación ayuda a controlar mejor su nivel de glucosa en la sangre, presión arterial, colesterol y pH, además de mantener el peso apropiado. Si debe bajar de peso o mantener su peso actual, su plan de alimentación puede ayudarlo.

Las personas con diabetes deben prestar particular atención para asegurarse de que exista un equilibrio entre sus alimentos, insulina y medicamentos orales, y ejercicio, para ayudar a controlar su nivel de glucosa.

Esto suena como mucho trabajo, pero su médico o nutricionista puede ayudarlo a crear un plan de alimentación que sea adecuado para usted. Cuando tome buenas decisiones con respecto a los alimentos mejorará su salud en general e incluso podrá prevenir complicaciones como enfermedades del corazón y ciertos tipos de cáncer.

Hay muchas maneras de ayudarlo a seguir su plan de alimentación para la diabetes. Algunas de ellas son el Método del plato o contar carbohidratos. Estos dos métodos para planificar comidas son diferentes, pero esperamos que uno de ellos sea adecuado para usted.

Una alimentación sana es una manera de comer que reduce el riesgo de complicaciones como ataques al corazón y derrames. La alimentación sana incluye comer una gran variedad de alimentos, incluidos:

- Vegetales
- Granos integrales
- Fruta
- Productos lácteos sin grasa
- Menestras

- Carnes magras
- Aves de corral
- Pescado

No hay ningún alimento perfecto, o sea que incluir una variedad de alimentos diferentes y fijarse en el tamaño de las porciones es clave para una alimentación sana. Además asegúrese de que sus selecciones de cada grupo de alimentos ofrezcan la más alta calidad de nutrientes que pueda encontrar. En otras palabras, escoja alimentos ricos en vitaminas, minerales y fibra en vez de los procesados.

Las personas con diabetes pueden comer los mismos alimentos que disfruta la familia. Todos se benefician de comer sano, por lo que toda la familia puede ser parte de la alimentación saludable. Es necesario cierto nivel de planificación, pero puede incorporar sus alimentos preferidos a su plan de alimentación y aun así controlar su glucosa, presión y colesterol.

A menudo se les presta más atención a los alimentos y su efecto en la diabetes, pero ¡no se olvide que las bebidas que toma también pueden afectar su peso y nivel de glucosa en la sangre!

Recomendamos escoger bebidas con muy pocas o sin calorías, entre ellas:

- Agua
- Té sin endulzar
- Café
- Bebida gaseosa de dieta
- Otras bebidas y polvos para bebidas con pocas calorías

También puede darle sabor al agua con un chorrillo de jugo de limón o limón verde, para una bebida *light* refrescante y sabrosa. Todas estas bebidas tienen un mínimo de calorías y carbohidratos.

2.7.1 Efectos del desequilibrio del pH en la sangre

- Acidosis (pH sangre < 7.35).

Causas: producción excesiva de ácidos en los tejidos, pérdida de bases de los líquidos corporales, fallo de los riñones para excretar ácidos.

En la diabetes mellitus y en situaciones de inanición el pH < 7, depresión del SNC que conduce al coma y a la muerte.

- Alcalosis (pH sangre > 7.45)

Puede ser provocado por vómitos prolongados, ingestión de fármacos alcalinos en exceso.

Se sobreexcita el SNC y los músculos entran en estado de espasmo. Si no se corrige, se producen convulsiones y parada respiratoria.

2.8 Potenciales de hidrogeno pH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución el cual indica la concentración de iones hidronio [H₃O⁺] presentes en determinadas sustancias. La sigla pH significa potencial hidrógeno.

El químico danés S. P. L. Sørensen (1868-1939), lo definió como el opuesto del logaritmo en base 10 de la actividad de los iones hidrógeno.

Esto es:

$$pH = -\log_{10}[a_{H^+}] \dots \text{ecuación 2.3}$$

En las disoluciones es posible aproximar utilizando la concentración molar del ion hidrógeno. Una concentración de iones hidronio = 1×10^{-7} M (0,0000001) es simplemente un pH de 7 ya que: $pH = -\log [10^{-7}] = 7$

La escala de pH va de 0 a 14 usualmente en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución.

En cambio el pOH se define como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los aniones hidróxido o de la concentración de éstos.

Esto es:

$$pOH = -\log_{10}[a_{OH^-}] = -\log_{10}[OH^-] \dots \text{ecuación 2.4}$$

Por ejemplo, si en una disolución se tiene una concentración $[OH^-] = 1 \times 10^{-7}$ M (0,0000001 M), ésta tiene un pOH de 7 ya que: $pOH = -\log_{10} [10^{-7}] = 7$

A pesar de que es la misma definición que pH, esta se aplica a la concentración de aniones hidroxilo, el pOH cumple las mismas propiedades que el pH; típicamente tiene un valor entre 0 y 14 en disolución acuosa, pero en este caso son ácidas las disoluciones con pOH mayores a 7, y básicas las que tienen pOH menores a 7, puesto que en términos de concentración de reactivos, si el pH tiene un valor pequeño, significa que tiene una alta concentración de iones hidronio con respecto a la disolución neutra, y en esa misma proporción, pero al contrario, se produce por desequilibrio químico que tenga poca concentración de aniones hidroxilo, luego un pOH con un valor alto. Así, considerando que el agua pura es decir neutra, tiene un $pH = pOH = 7$ se cumple que: $pH + pOH = 14$

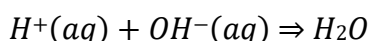
El pH mide las concentraciones de los iones hidronio, mientras que el pOH mide las concentraciones de los aniones hidroxilo o iones hidróxido.

Svante Arrhenius define:

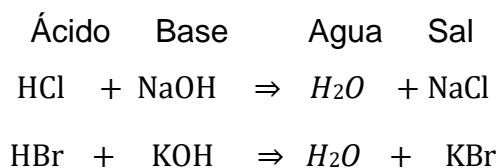
Acido: Una sustancia que genera el ion H^+ como uno de los productos de su disociación iónica en el agua: $H_bB \Leftrightarrow xH^+ + B^{x-}$

Base: Una sustancia que genera el ion OH^- como uno de los productos de su disociación iónica en el agua: $M(OH)_y \Leftrightarrow M^{y+} + yOH^-$

Para llevarse a cabo la neutralización se emplean las definiciones de los ácidos y las bases, así los ácidos liberan H^+ en la solución y las bases liberan OH^- . Si mezcláramos un ácido y una base, el ión H^+ se combinaría con el ión OH^- para crear la molécula H_2O , o simplemente agua:



La reacción neutralizante de un ácido con una base siempre producirá agua y sal, tal como se muestra abajo:



	[H ⁺]	pH	Ejemplo
Ácidos	1 x 10 ⁰	0	HCl
	1 x 10 ⁻¹	1	Ácido estomacal
	1 x 10 ⁻²	2	Jugo de limón
	1 x 10 ⁻³	3	Vinagre
	1 x 10 ⁻⁴	4	Soda
	1 x 10 ⁻⁵	5	Agua de lluvia
	1 x 10 ⁻⁶	6	Leche
Neutral	1 x 10 ⁻⁷	7	Agua pura
Bases	1 x 10 ⁻⁸	8	Claras de huevo
	1 x 10 ⁻⁹	9	Levadura
	1 x 10 ⁻¹⁰	10	Tums* antiácidos
	1 x 10 ⁻¹¹	11	Amoniaco
	1 x 10 ⁻¹²	12	Caliza Mineral - Ca(OH) ₂
	1 x 10 ⁻¹³	13	Drano*
	1 x 10 ⁻¹⁴	14	NaOH

Tabla 2.1 Tabla de ácidos y bases.

(http://portalacademico.cch.unam.mx/materiales/prof/matdidac/sitpro/exp/quim/qui_m2/quimicall/L_AcidosYbases.pdf, 15-05-2016)

2.9 Sistemas de agitación

Las reacciones químicas generalmente se llevan a cabo en un matraz de fondo redondo de una, dos o tres bocas, dependiendo del tipo de reacción que se lleve a cabo, ya que cada reacción química requiere diferentes condiciones que si no se toman en cuenta pueden limitar los resultados de las reacciones.

No solo se debe tomar en cuenta las condiciones externas, sino también las diferentes cantidades de volumen que se adicionaran en la mezcla, así como si habrá posteriores adiciones.

Los procesos químicos se deben realizar en un medio homogéneo manteniendo la homogeneidad en la solución resultante.

La agitación se utiliza para la disolución de los reactivos, facilitar su contacto y para garantizar la máxima homogeneidad posible en el transcurso de una reacción.

2.9.1 Agitación mecánica

Este tipo de agitación es normalmente escogido para las reacciones donde se forma un precipitado en el cual puede haber procesos de adsorción, otras reacciones en donde se utiliza es cuando el calor generado afecta la naturaleza de los productos de la reacción, ya que es preciso agitar de forma continua y normalmente se hace con un motor, con la ayuda de una varilla dentro de la reacción a agitar.

Cuando se trabaja con grandes cantidades volúmenes, la agitación mecánica es más fácil y efectiva. Existen diferentes tipos de sistema de agitación mecánica, entre los que se encuentran agitadores de palas, orbitales, oscilantes, rotativos y vibradores.

Los agitadores mecánicos de varilla facilitan soluciones eficaces y económicas de agitado de sólidos en suspensión y mezclado de líquidos de baja y media viscosidad. Además, el motor potente y dinámico permite un confiable funcionamiento de forma continua. El arranque progresivo evita el desbordamiento del líquido del recipiente y la velocidad puede o no ser controlada de manera precisa y sensible.

2.9.2 Agitación magnética

Es muy utilizada, se basa en la rotación de un campo magnético, consiste en una pequeña barra magnética llamada barra de agitación la cual está normalmente cubierta por una capa de plástico, usualmente teflón y una placa debajo de la cual se tiene un magneto rotatorio o una serie de electro-magnetos puestos en forma circular a fin de crear un campo magnético rotatorio.

Es muy frecuente que tal placa tenga un arreglo de resistencias eléctricas con la finalidad de dotarle de calor necesario para calentar algunas soluciones químicas. Durante la operación de un agitador magnético típico, la barra magnética de agitación es deslizada dentro de un contenedor ya sea un matraz o vaso de

precipitados conteniendo algún líquido para agitarle. El contenedor es colocado encima de la placa en donde los campos magnéticos o el magneto rotatorio ejercen su influencia sobre el magneto recubierto y propician su rotación mecánica.

El campo magnético puede ser variado a voluntad del operador y con esto se obtienen diferentes velocidades de agitación, es óptima para reacciones a donde las soluciones no son muy viscosas.

2.10 Sensores

Un sensor es un dispositivo eléctrico o mecánico que tiene la capacidad de convertir magnitudes físicas en valores medibles de dicha magnitud representado por un valor, estos valores son principalmente convertidos a señales eléctricas para ser leídas y así poder analizarlas y utilizarlas con distintos fines.

Para realizar esta tarea se llevan a cabo tres fases:

- Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor mostrando su salida en forma de una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y en ocasiones amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor analógico-digital que transforma la señal de tensión continua en una señal discreta.

Existen descriptores estáticos de los sensores entre los cuales se encuentran el rango, la exactitud, resolución, reproductibilidad, error, no linealidades, sensibilidad y ruido.

También existen descriptores dinámicos que varían dependiendo del tiempo de utilización, al igual que el medio o la naturaleza del elemento medido, entre los que se encuentran el tiempo de retardo, tiempo de subida, tiempo de pico, pico de sobre oscilación y tiempo de re-establecimiento.

Todos los sensores requieren un proceso de calibración para asignar valores que reflejen la magnitud medida, este proceso consiste en realizar la comparación

de la respuesta del sensor con otros que tienen respuesta estándar conocida, así se establece la relación entre la variable medida con la variable de salida.

2.10.1 pH-metros

En la actualidad los pH-metros son un instrumento indispensable en los laboratorios químicos, la división entre las sustancias ácidas o básicas es una de las clasificaciones más antiguas de la historia.

El empleo de células electroquímicas para determinar el pH de disoluciones se introdujo mediante el desarrollo de métodos calorimétricos. Estas células consisten en dos electrodos que se insertan en una disolución donde forman un circuito eléctrico cuyo potencial depende de los cationes H^+ . Con los pH-metros es fácil relacionar la diferencia de potencial de los electrodos con la concentración de cationes H^+ , conociendo así su pH. Uno de los problemas que se deben resolver con el diseño de este instrumento es la polarización, la cual produce una disminución de la fuerza electromotriz debido a que la concentración iónica en las proximidades de los electrodos se hace muy distinta a la que corresponde el resto de la solución.

La combinación de los electrodos de vidrio con los potenciómetros de válvula de vacío permitió la amplia difusión de los pH-metros en los laboratorios.

El pH-metro es un instrumento potenciométrico que incluye, dentro de su sistema de medida, un electrodo de referencia, un electrodo de respuesta al pH y un instrumento de medida de potencial.

Como electrodos de respuesta al pH se pueden encontrar diferentes tipos, entre los que destacan:

El electrodo de hidrógeno se considera el estándar para la medida del pH y consiste en una burbuja de gas hidrógeno con un alambre o una hoja normalmente de platino en su interior que permite catalizar una reacción estableciéndose un equilibrio entre el hidrógeno molecular y los iones hidrógeno.

Electrodo de quinhidrona el cual consiste en un electrodo de oro o platino rodeado de una solución saturada de quinhidrona. La quinhidrona está formada por una cantidad equimolecular de benzoquinona e hidroquinona; estas dos sustancias

junto con el ion hidrógeno que se mide, forman un sistema reversible de oxidación reducción.

El electrodo de vidrio está formado por una membrana de un vidrio especial que separa un electrodo de referencia interna sumergido en una solución de pH determinado, de la solución de pH desconocido en la que está sumergido el dispositivo.

Para la lectura de pH se necesita un segundo electrodo, llamado electrodo de referencia, que permite poder completar el circuito. Estos electrodos deben producir un potencial compatible con la medida del electrodo de vidrio, debe ser lineal con respecto a los cambios de temperatura y debe ser simple de utilización.

La calibración de los pH-metros consiste en la comparación del equipo con disoluciones tampón certificadas. Una disolución tampón, también llamada reguladora, es aquella que tiende a mantener constante el pH. Está formada por un ácido débil y una de sus sales conjugadas, o una base débil y una de sus sales conjugada.

2.11 Volumetría

Lo volumetría es la determinación de una sustancia en disolución, mediante la reacción de otra sustancia de concentración conocida. En una volumetría se añade lentamente la disolución valorante desde una bureta a una disolución de analito, situada en el matraz, hasta que se completa la reacción entre los dos.

Las reacciones de valoración más habituales son:

- Acido-base
- Formación de complejos
- Oxidación - reducción
- Precipitación

La reacción termina satisfactoriamente cuando la cantidad de valorante que se añade es exactamente la cantidad necesaria que requiere la sustancia analito para que se complete estequiométricamente la reacción, produciendo los valores esperados, es entonces que cuando se alcanza el punto de equivalencia. El

volumen necesario para alcanzar el punto de equivalencia se llama volumen de equivalencia.

El punto de equivalencia, es un punto teórico imposible de determinar experimentalmente, pero es estimado donde está el punto de equivalencia al observar un cambio físico provocado por la desaparición del analito o aparición de exceso de valorante a este punto se le llama punto final.

Capítulo 3

Diseño y operación del sistema de regulación del PH

3. Diseño y operación del sistema de regulación del PH

En el siguiente diagrama de la figura 3.1 se observa el funcionamiento del prototipo regulador de pH a través de los distintos bloques que lo componen.

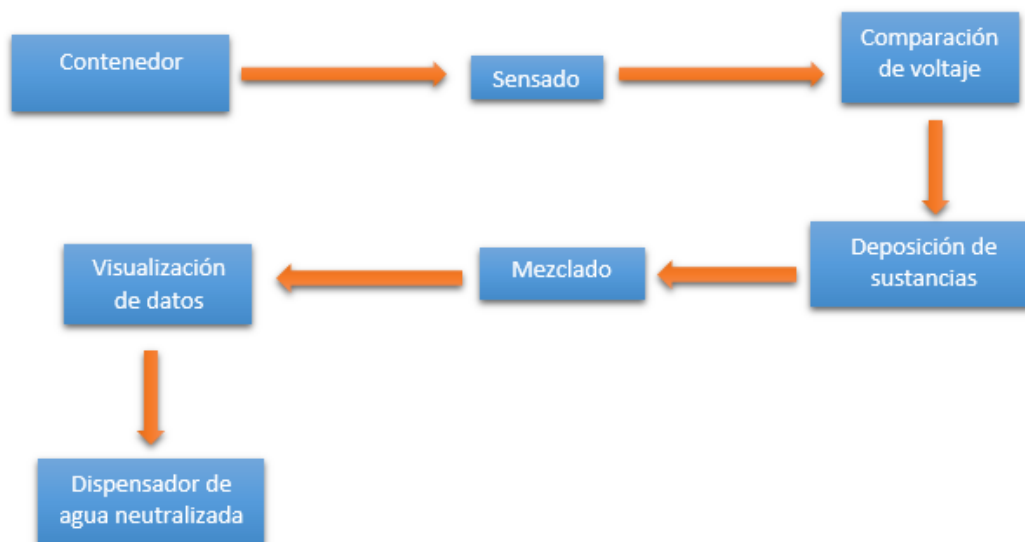


Figura 3.1 Diagrama a bloques del sistema.

3.1 Descripción de las etapas del diagrama a bloques

3.1.1 Contenedor

Almacena 6 litros (L) de agua para ser neutralizada. Tiene una forma cilíndrica y está fabricado a base de vidrio. Tiene todos los elementos necesarios para realizar el proceso, es decir, cuenta con las adaptaciones para colocar el sensor, el sistema de deposición de sustancias y el sistema de mezclado.

La forma cilíndrica se debe al sistema de mezclado, que es por agitación magnética, esta forma no afecta el vórtice que diluye la sustancia en el agua.

Debido a la complejidad para la construcción del contenedor de polipropileno se optó por otras dos opciones de material polietileno (plástico) y vidrio, valorando las características de ambos materiales, se eligió el de vidrio, en mayor parte por la estética y calidad del material.

También porque es utilizado en diversos envases para productos alimenticios gracias a que su estructura molecular no afecta las propiedades de las sustancias que interactúan con ella, además es resistente a altos niveles de acides y alcalinidad.

Se diseñaron dos contenedores cilíndricos uniformes de 20 litros y de 6 litros cada uno, en la ecuación 3.1 se muestra la fórmula para calcular el volumen de un cilindro, en la ecuación 3.2 y 3.3 se muestra la ecuación para obtener un volumen de 20 L y 6 L respectivamente.

$$V = \pi r^2 h \dots \text{ecuación 3.1}$$

Contenedor de 20 litros:

$$V = \pi(6\text{cm})^2(18\text{cm}) = 20\text{L} \dots \text{ecuación 3.2}$$

V= volumen= 20L

r= radio de la base= 6cm

h= altura= 18cm

Contenedor de 6 litros:

$$V = \pi(8\text{cm})^2(30\text{cm}) = 6\text{L} \dots \text{ecuación 3.3}$$

V= 6 L

r= 16 cm

h= 30 cm

Comparando la facilidad para controlar ambos contenedores en relación con el sistema de mezclado se optó por un volumen menor, de 6 litros.

La figura 3.2 muestra el primer diseño del contenedor de 6 litros.

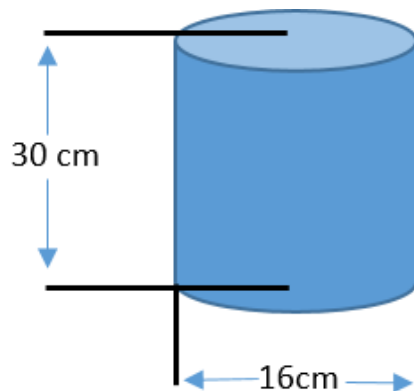


Figura 3.2 Diseño propuesto del contenedor de 6L.

El diseño original se vio alterado debido a circunstancias ajenas al diseño, que involucran la técnica de fabricación, manejo del material, experiencia del vidriero, lo cual modificó el diseño propuesto, el diseño final se observa en la figura 3.3 donde tiene una base de 16 cm, altura 18 cm y la diferencia entre la extrusión y el diámetro de la base es de 4 cm.

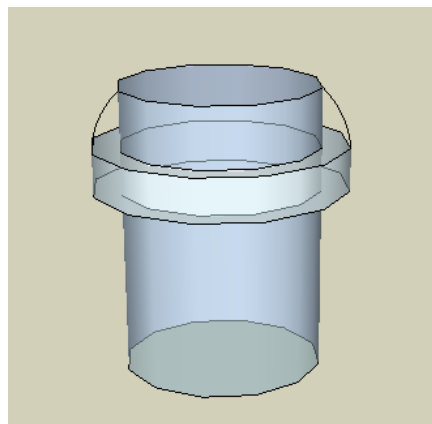


Figura 3.3 Diseño final del contenedor.

Se mantuvo el volumen de 6 L y una forma semicilíndrica, sin aristas para que el sistema de mezclado funcione adecuadamente, a un costo accesible en comparación con el contenedor de polipropileno y en un tiempo razonable. En la figura 3.4 se observa el contenedor.



Figura 3.4 Contenedor de vidrio de 6L.

3.1.2 Sensado

Mide el pH del agua obteniendo un valor fiable de voltaje al colocar el electrodo dentro del contenedor.

Se realizó una amplia búsqueda de sensores existentes en el mercado, pero dos fueron los seleccionados para ser utilizados en el sistema, el HI73127 (Figura 3.5) de Hanna Instruments y el Orbisint CPS11D (Figura 3.6) de Endress&Hauser, para elegir uno de los dos se realizó una tabla comparativa entre las características que requiere el sistema.



Figura 3.5 Sensor HI73127



Figura 3.6 Sensor CPS11D

En la tabla 3.1 se muestran las características de cada sensor.

Especificaciones		HI73127	Orbisint CPS11D
pH	Rango	-2.0 a 16.0 pH	0.0 a 14.0 pH
	Resolución	0.1pH/0.01pH	0.02pH
	Exactitud	+0.1pH/+0.05 pH	+0.02pH
Temperatura	Rango	-5.0 °C a 60°C	0.0°C a 135°C
	Resolución	0.1°C	0.1°C
	Exactitud	+0.5°C	+0.2°C
Especificaciones Especiales	Calibración de pH	Automática	Automática
	Compensación de temperatura	Automática	Automática
	Material	Polipropileno	Vidrio
	Ambiente	-5°C a 50°C para un rendimiento del 100%	0°C a 50°C para un rendimiento del 100%

Tabla 3.1 Tabla de características de sensores seleccionados en el mercado.

Al evaluar las características se concluyó que son muy similares y la única diferencia notable es el material de fabricación, por lo que se decidió adquirir el sensor de menor costo, el HI73127.

Con el sensor HI 73127 se obtuvieron mediciones de diferentes marcas de agua embotellada y diferentes zonas de la ciudad de México, lo que mostró que ninguna de las marcas seleccionadas cumple con los estándares propuestos de este proyecto.

En la tabla 3.2 se observan las diferentes marcas de agua dentro del mercado, el valor de pH que tienen y la diferencia de potencial que se obtiene con el sensor.

Tabla de mediciones de pH		
	pH	Voltaje (mV)
Yoghurt	4.12	160
Ciel	6.24	53
epura	6.35	41
Buffer	7.01	23
Skarch	7.31	-3.7
Nestle	7.77	-25.3
Bonafont	7.94	-36.2
Pantitlan	8.16	-38.1

Tabla 3.2 Mediciones de pH y voltaje.

Para conocer la diferencia de potencial que se relaciona con el pH medido con el pH-metro se utilizó un multímetro, esta medición se ejemplifica en la figura 3.7.

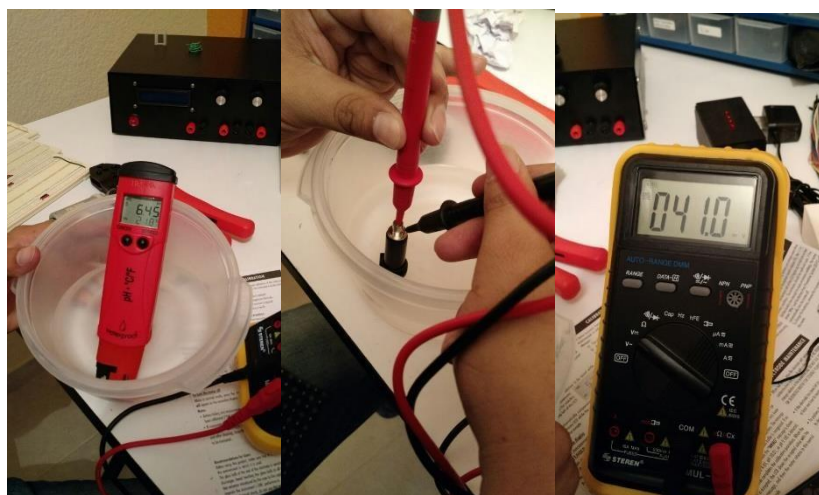


Figura 3.7 Medición de pH y voltaje.

Para conocer los valores de voltaje respecto a un valor determinado de pH, se implementó un programa de interpolación realizado en Matlab, el diagrama de flujo puede verse en la figura 3.8 y la gráfica obtenida se muestra en la figura 3.9.

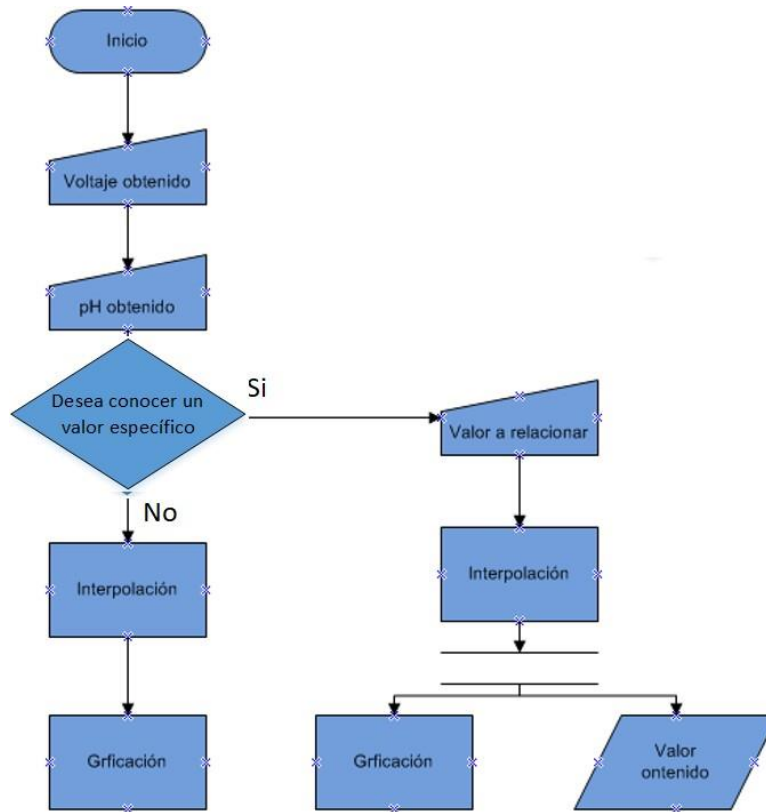


Figura 3.8 Diagrama de flujo de interpolación.

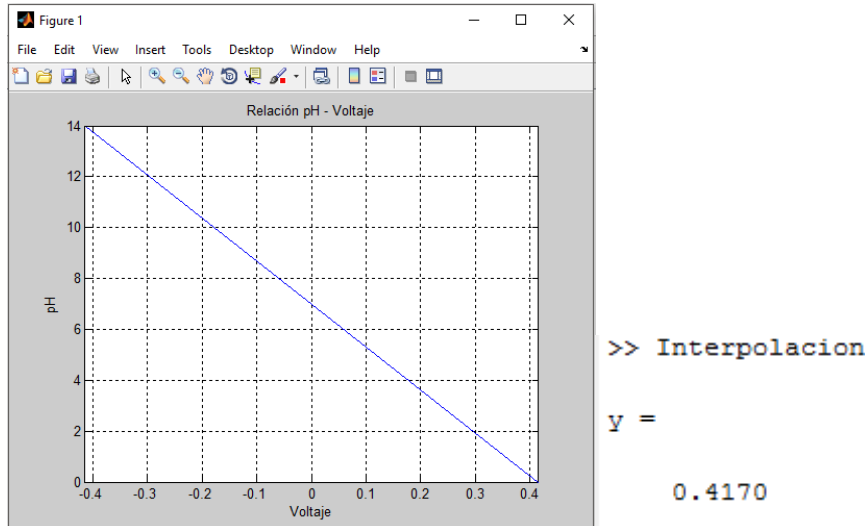


Figura 3.9 Gráfica obtenida con la interpolación (-0.05 V).

Utilizando el método numérico de interpolación nos permite saber el valor de voltaje aproximado de un valor de pH determinado.

Existe otra forma de conocer el valor del voltaje a través de la ecuación 3.4 que relaciona el voltaje con el pH, independientemente del sensor y sus características.

$$E = E^0 + \frac{2.3 RT}{nF} \log \frac{\text{desconocido}[H^+]}{\text{interno}[H^+]} \dots \text{ecuación 3.4}$$

Donde:

E = Diferencia de potencial total (mV).

E⁰ = Potencial de referencia (mV).

R = Constante de gas.

T = Temperatura en Kelvin.

n = Número de electrones.

F = Constante de Faraday.

[H⁺] = Concentración de iones de hidrogeno.

En la figura 3.10 se muestran los voltajes para algunos valores de pH ideales, de acuerdo a la ecuación 3.4.

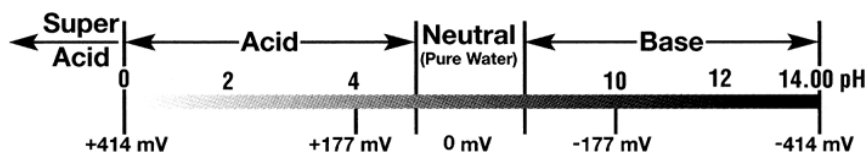


Figura 3.10 Relación pH y Voltaje ideal.

El sensor HI-entrega una señal analógica, por eso es necesario utilizar un conversor analógico/digital, se utilizó el circuito integrado MCP 3202 ya que cuenta con las siguientes características:

- Resolución de 12 bits.
- Interfaz serial SPI.
- Bajo voltaje de operación.
- Bajo precio.

La razón principal por la que se utilizó el MCP 3202 es que cuenta con un protocolo de datos serial, sus siglas en inglés son (SPI), este protocolo se utiliza para establecer comunicación entre dos o más circuitos integrados, Raspberry Pi 2 cuenta con el mismo, esto facilita la comunicación entre ambos.

Para establecer la comunicación vía SPI entre Raspberry Pi 2 y el circuito integrado MCP 3202 se utiliza la librería de Python SpiDev la cual está disponible en Python 2 y 3. En la figura 3.12 se muestra el diagrama de flujo para leer los voltajes del sensor y en la figura 3.11 se muestra el diagrama esquemático de conexión entre el MCP3202 y la Raspberry Pi 2.

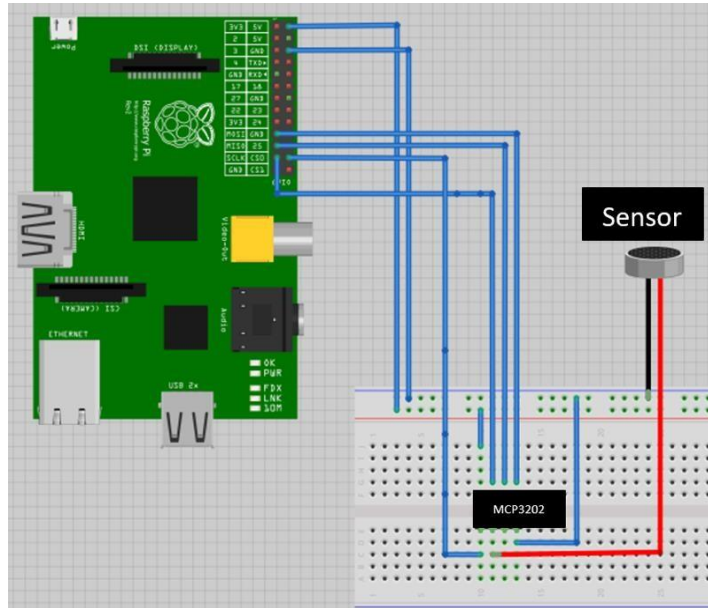


Figura 3.11 Diagrama de conexión entre el ADC y el sistema de control

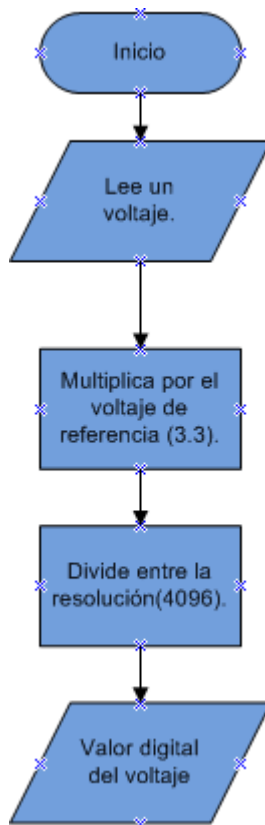


Figura 3.12 Diagrama de flujo para el conversor Analógico-Digital.

Debido a que el tipo de conector del sensor de pH es poco común en el mercado, no es tan sencillo obtener los valores de voltaje, por ello se realizó una adaptación como se muestra en la figura 3.13 para poder realizar las mediciones.



Figura 3.13 Adaptación para la lectura del sensor.

3.1.3 Comparación de voltaje

Interpreta los datos obtenidos por la etapa de sensado para activar o no el sistema de deposición de sustancias nivelando el pH si así lo requiere.

Se utilizó como sistema de control una minicomputadora Raspberry Pi 2, debido a la facilidad de uso, los periféricos que soporta y la gran variedad de lenguajes de programación que trabaja.

Se familiarizó con Raspberry, sus puertos, tamaño, tipo de alimentación y sus periféricos, en la figura 3.14 se muestra Raspberry Pi 2.



Figura 3.14 Minicomputadora Raspberry Pi 2.

Se instaló el sistema operativo Raspian OS en la Raspberry Pi2 y se trabajó con las nueve opciones que ofrece el menú principal, el cual se observa en la figura 3.15.



Figura 3.15 Menú principal de Raspian.

Para poder empezar a trabajar en la Raspberry es necesario configurar el teclado que se utilizará, puesto que existen muchos en el mercado y Raspberyno los reconoce al instante, por ello el siguiente paso fue configurar el teclado a utilizar.

En la figura 3.16 se observa el menú de los tipos de teclado que se pueden configurar en Raspberry Pi 2.

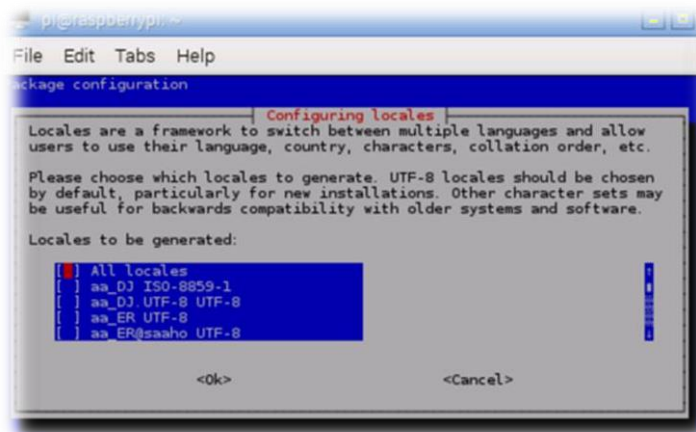


Figura 3.16 Configuración del teclado.

Una vez configurado el teclado se comenzó a explorar el ambiente grafico del sistema operativo de la Raspberry, con los periféricos necesarios para hacerlo, una pantalla LCD como monitor conectado a través de un cable HDMI, teclado y mouse USB inalámbricos y el cable de alimentación.

Trabajar de esta manera con la Raspberry es un poco complicado, ya que limita la movilidad y comodidad.

Para solucionar esto se hizo uso del Control de acceso remoto, el cual consiste en controlar un dispositivo a través de otro. En nuestro caso el dispositivo controlador fue una Laptop y el dispositivo remoto es la Raspberry.

Para esto se requiere que ambos dispositivos estén conectados a la misma red, la Laptop se conectó inalámbricamente y la Raspberry a través del puerto Ethernet, con un cable UTP conectado directamente al modem del proveedor de servicios de Internet como se muestra en la figura 3.17.



Figura 3.17 Conexión Ethernet entre Laptop-Raspberry-Modem.

Se instaló un software en el dispositivo controlador llamado PuTTY, el cual permite establecer una conexión remota entre dos dispositivos conectados a la misma red, solo basta con conocer ambas direcciones IP, guardarlas en el programa y escribir una pequeña sentencia de código en la ventana de comandos de Raspberry, una vez hecho esto se crea la conexión de acceso remoto, la desventaja de este Software es que solo permite controlar la ventana de comandos Shell de Raspberry Pi 2. En la figura 3.18 se observa la ventana de configuración

de PuTTY donde se ingresan las IP tanto de Raspberry como de la computadora, para tener acceso como se muestra en la figura 3.19.

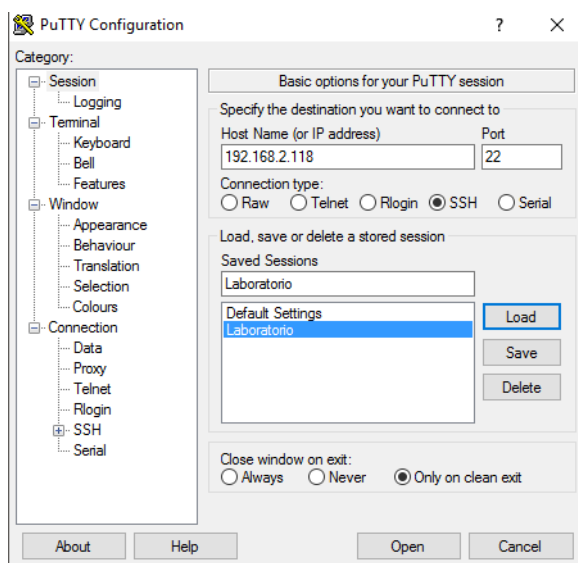


Figura 3.18 Ventana de configuración de PuTTY.

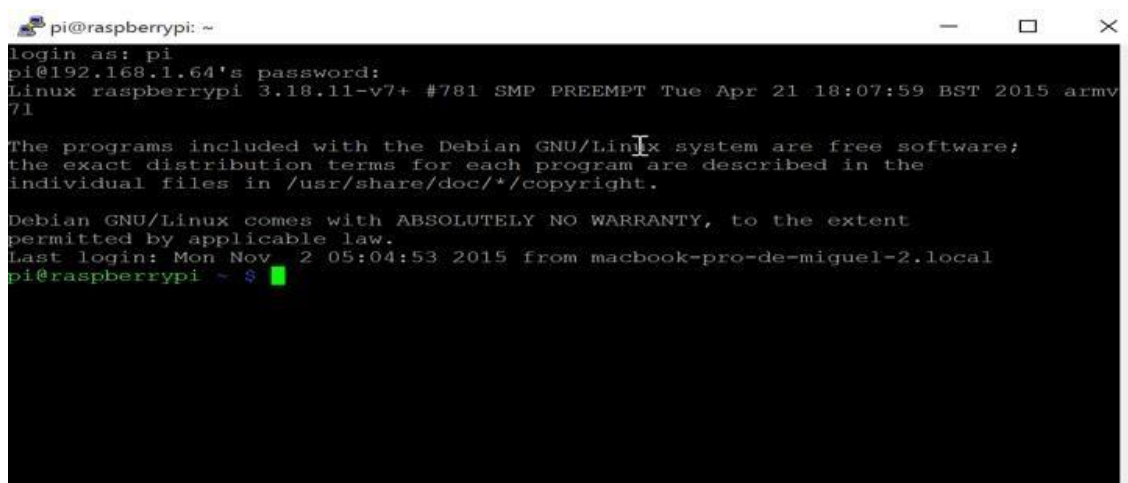


Figura 3.19 Verificación de acceso remoto.

Para facilitar el uso y la programación de Raspberry Pi 2 se instaló un segundo software en la Laptop y en Raspberry Pi 2 llamado VNC (Virtual Network Computer) de Google, en la figura 3.20 se muestra la sentencia con la que se instala en Raspberry Pi 2, VNC nos permite crear una conexión de acceso remoto accediendo al ambiente gráfico del sistema operativo de la Raspberry Pi 2 como se muestra en la figura 3.21.

```
pi@raspberrypi: ~  
login as: pi  
pi@192.168.1.64's password:  
Linux raspberrypi 3.18.11-v7+ #781 SMP PREEMPT Tue Apr 21 18:07:59 BST 2015 armv7l  
  
The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;  
the exact distribution terms for each program are described in the  
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.  
  
Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent  
permitted by applicable law.  
last login: Mon Nov 2 06:21:48 2015 from macbook-pro-de-miguel-2.local  
pi@raspberrypi ~ $ vncserver :1 -geometry 1280x800 -depth 16 -pixelformat rgb565  
  
New 'X' desktop is raspberrypi:1  
  
Starting applications specified in /home/pi/.vnc/xstartup  
Log file is /home/pi/.vnc/raspberrypi:1.log  
  
pi@raspberrypi ~ $
```

Figura 3.20 Instalación del Software VNC Server.

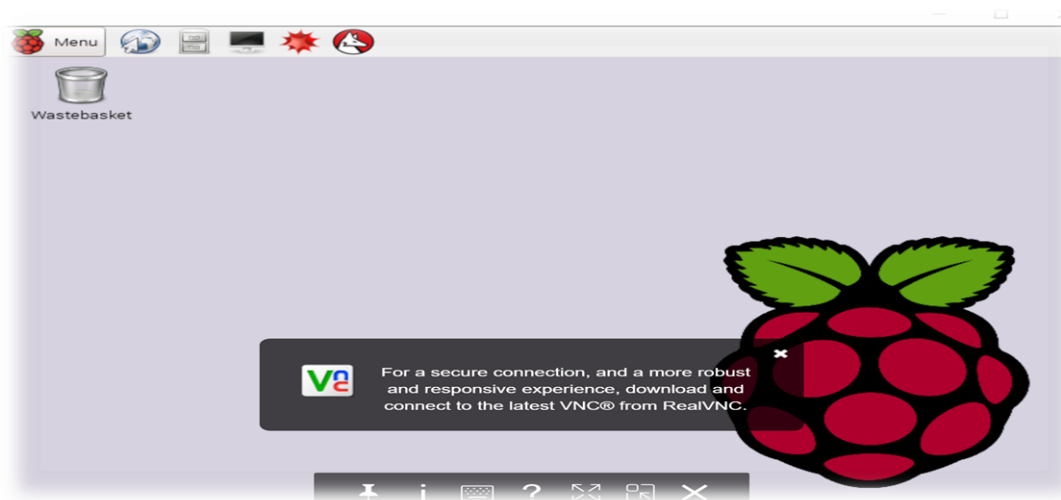


Figura 3.21 Ambiente gráfico de Raspberry.

Al utilizar ciertas instrucciones o comandos Raspberry Pi 2 requiere de mayor corriente eléctrica para operar adecuadamente, utilizar estas instrucciones sin la fuente de alimentación adecuada produce un mal funcionamiento. La máxima corriente que puede requerir es de 1 Ampere (A), pero se recomienda que la fuente de alimentación soporte una corriente mayor, para protegerla en caso de una sobrecarga, se utilizó una fuente de 5v a 1.5A.

Se configuro el sistema de control Raspberry, a través de un control de acceso remoto con una dirección IP fija en el sistema de control, esto garantiza que el sistema podrá ser controlado remotamente independientemente de la red en la que se encuentre, de no hacerlo así, es necesario configurar la Raspberry con el sistema de control de acceso remoto. Se hizo uso de diferentes comandos en el ambiente de Shell de la Raspberry, en donde se configura la IP estática, la máscara de subred y la Gateway que por default se utilizara.

Comandos:

```
sudo cp /etc/network/interfaces interfaces.old  
ls
```

```
sudo nano -w /etc/network/interfaces
```

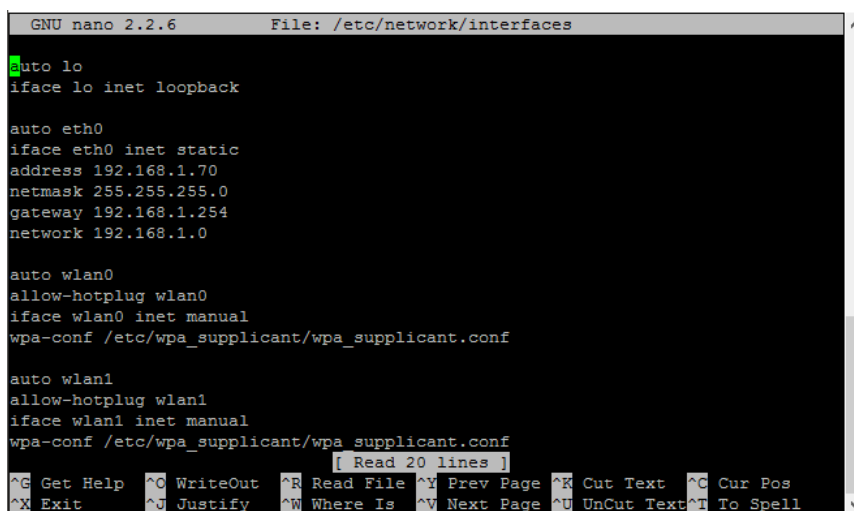
Se ubica la línea de código "iface eth0 inet manual" y se cambia por "iface eth0 inet static" en las siguientes líneas de código:

```
auto eth0
```

```
iface lo inet loopback
```

```
iface eth0 inet static  
address 192.168.1.70  
netmask 255.255.255.0  
gateway 192.168.1.255
```

En la figura 3.22 se muestra las líneas de código para configurar una IP estática a Raspberry Pi 2.



```
GNU nano 2.2.6 File: /etc/network/interfaces  
auto lo  
iface lo inet loopback  
  
auto eth0  
iface eth0 inet static  
address 192.168.1.70  
netmask 255.255.255.0  
gateway 192.168.1.254  
network 192.168.1.0  
  
auto wlan0  
allow-hotplug wlan0  
iface wlan0 inet manual  
wpa-conf /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf  
  
auto wlan1  
allow-hotplug wlan1  
iface wlan1 inet manual  
wpa-conf /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf  
[ Read 20 lines ]  
^G Get Help ^O WriteOut ^R Read File ^Y Prev Page ^K Cut Text ^C Cur Pos  
^X Exit ^J Justify ^W Where Is ^V Next Page ^U UnCut Text ^T To Spell
```

Figura 3.22 Configuración de IP estática.

Para crear la interface entre el bloque de sensado, el bloque de deposición de sustancias y el bloque de visualización de datos se hará uso de los puertos de propósito general GPIO de la Raspberry, para eso se investigó su nomenclatura y características de operación, los puertos interpretan un voltaje de 3.3 V como un 1 lógico, 0 V como un 0 lógico y soportan una corriente de 160 mA.

Estos puertos pueden ser controlados de dos maneras, la primera a es a través de la ventana de comandos Shell de la Raspberry y la segunda a través del Software de programación Python 2. Se eligió trabajar con el Software de Python por su versatilidad y facilidad de su lenguaje de programación, se realizaron pequeños programas para familiarizarnos con el programa.

Para realizar la comparación de voltaje se realizó un programa en Python 2 donde se ocupa un algoritmo de media para conocer el valor de voltaje más exacto entregado por el sensor, y así compararlo con los valores de voltaje dentro del rango de pH deseado, que en este caso es de 0.0 V a -0.0296 V, el diagrama a bloques se muestra en la figura 3.23.

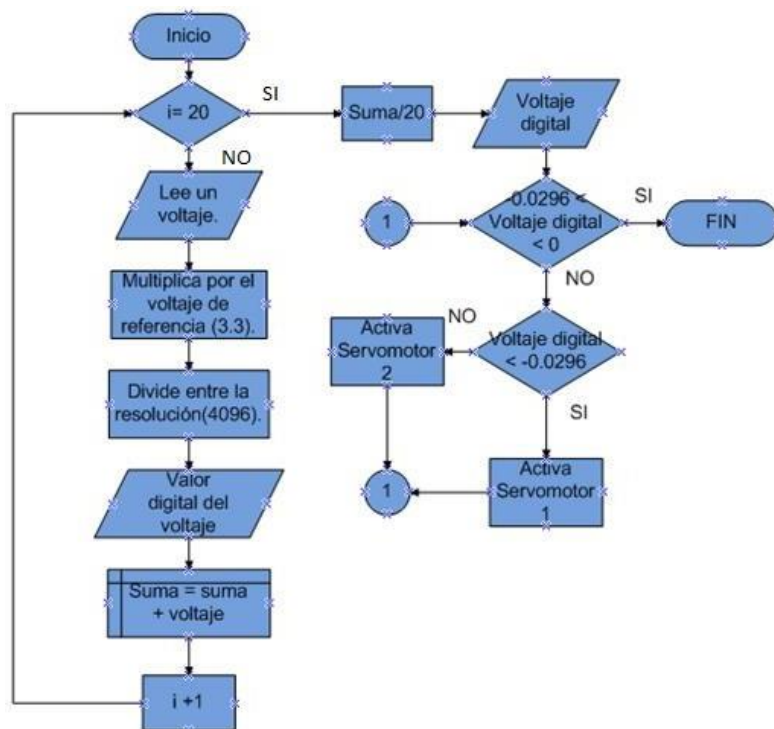


Figura 3.23 Diagrama del programa para calcular el voltaje más exacto y compararlo

3.1.4 Deposición de Sustancias

A través del resultado de la etapa de comparación de voltaje, el sistema de adición de sustancias se activa o no, esto dependerá si el voltaje recibido corresponde a un valor de pH dentro del rango 7.0 a 7.5, se activará y desactivara

para controlar el flujo de las sustancias, ya que son líquidas se controlarán por medio de goteo.

Para el sistema de goteo se diseñó una estructura de madera como se muestra en la figura 3.24.

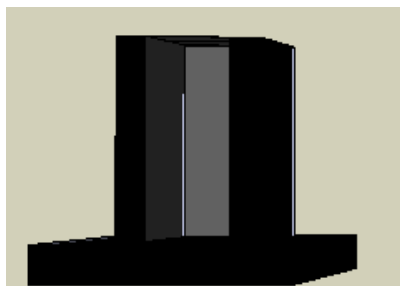


Figura 3.24 Diseño de la estructura para el sistema de adición de sustancias.

Este sistema se lleva a cabo con equipo de venoclisis adaptado a una estructura que soporta los contenedores de las sustancias reguladoras de pH. Dos servomotores controlan el tiempo de goteo del equipo de venoclisis, se activan desde Raspberry Pi 2 cuando esta determine que el pH del agua no se encuentra dentro del rango determinado.

El equipo para venoclisis normogotero de la marca Medicrit administra soluciones con fraccionar de gota tipo normogotero de 20 gotas/ml extrayendo el líquido de manera continua y controlada. Esta elaborado de PVC grado médico, cuenta con una espiga de plástico semirrígido con tampón protector y filtro de aire mixto, una cámara de goteo transparente y flexible, un controlador de gota tipo microgotero de 20 gotas/ml, un filtro de nylon, carretilla reguladora y un sitio de inyección “Y”.

Los contenedores tienen una capacidad de 100 mililitros se encuentran a una altura 27 centímetros superior al contenedor, esta altura es la óptima para que el flujo de las gotas sea constante. Para ingresar el equipo de venoclisis se perforó la parte inferior de los contenedores, donde, a presión se insertó la espiga de plástico semirrígido. En la figura 3.25 se observa los contenedores del sistema de adición de sustancias.



Figura 3.25 Contenedores de sustancia reguladoras.

Los servomotores utilizados son DGServo S05NF, el voltaje de operación de este servomotor es de 4.8-6 V, un torque de 2.8-3.3 Kg, el periodo de operación es de 11ms, que es lo que tarda en recorrer los 180° de libertad que tiene, el ancho del pulso para la posición de bloqueo es de 99ms (90°) y el ancho del pulso para el paso del fluido es de 220ms (0°), tiene un peso de 20 gramos y unas dimensiones de 28.8 x 13.8 x 30.2 mm. En la figura 3.23 se muestra bajo qué condiciones activa cada uno de los dos servomotores utilizados en la implementación de este sistema.

Para que los servomotores puedan bloquear el paso del fluido, la colocación de estos y los giros debe ser exactos, de lo contrario no aplicará la fuerza necesaria para bloquear el fluido, haciendo las pruebas en diferentes posiciones, se determinó que son necesarias dos, una para bloquear y otra que permite el paso del fluido. Inicialmente los servomotores están en la posición para bloquear y el ciclo de trabajo requerido para ello se explica en la ecuación 3.5, de ser necesario agregar alguna sustancia, el programa activará alguno de los dos servomotores según se requiera, para dejar pasar el fluido, lo que se obtiene con el ciclo de trabajo calculando en la ecuación 3.6.

$$\text{Ciclo de trabajo} = \frac{99ms}{11ms} = 9 \text{ ecuación 3.5}$$

$$\text{Ciclo de trabajo} = \frac{220ms}{11ms} = 20 \text{ ecuación 3.6}$$

Se realizó una adaptación a las aspas del servomotor colocando un par de ruedas (Figura 3.26) que presionan el tubo transportador del equipo para venoclisis, deteniendo el goteo completamente.

El ácido acético es utilizado para regular el pH cuando el agua es alcalina, en caso de ser acida se utiliza bicarbonato parental.



Figura 3.26 Servomotores del sistema de deposición de sustancias.

En la figura 3.27 se muestra el diagrama esquemático para controlar los servomotores con la Raspberry Pi 2.

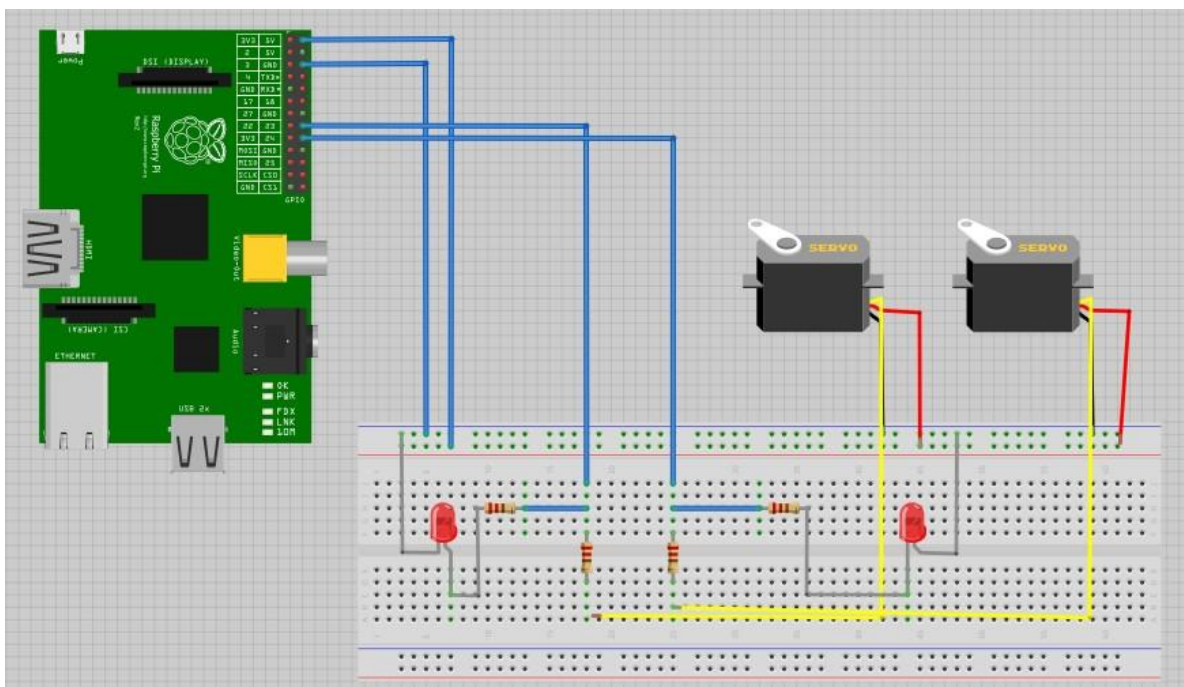


Figura 3.27 Diagrama esquemático para controlar los servomotores.

3.1.5 Sistema de agitación

Se activa una vez que las sustancias sean adicionadas para que sean diluidas. Es un sistema de agitación magnético, el cual consiste en un motor de corriente directa, en cuyo eje se colocó un imán de neodimio que gira cuando el motor se activa, el motor se ubica en la base del contenedor, dentro este se encuentra un imán de ferrita hermético para que no influya en la composición química del agua, al activarse el motor el imán de ferrita por influencia del imán de neodimio empieza a girar provocando un movimiento uniforme dentro del contenedor, que hará que se mezclen el agua y la sustancia agregada.

Se eligió un sistema de agitación magnética, ya que soporta la cantidad de volumen (6L) y tipo de sustancias utilizadas (No viscosas).

En la figura 3.28 se observa el diagrama de flujo para activar y desactivar un motor por tiempos determinados, en este caso 60 segundos.

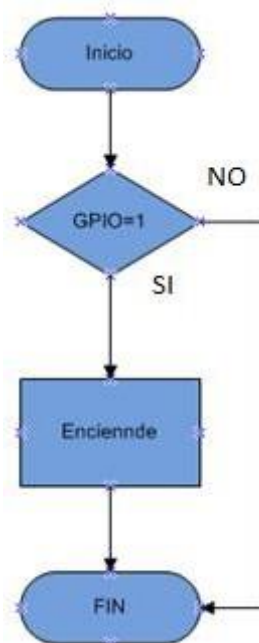


Figura 3.28 Diagrama de flujo para encender y apagar un motor.

3.1.5.1 Primer prototipo de mezclado.

Se realizó con un motor de C.D. alimentado a 12 V a 500 revoluciones por minuto, se adaptó un imán de neodimio al eje del motor y dentro del contenedor se colocó un pequeño clavo forrado de teflón. Como sustancias se utilizó agua y colorante para peceras para poder visualizar que el sistema distribuye homogéneamente el colorante por todo el contenedor. En las figuras 3.29 y 3.30 se muestra el primer prototipo del sistema de agitación.



Figura 3.29 Imán de neodimio adaptado al motor.



Figura 3.30 Clavo forrado de teflón.

3.1.5.2 Segundo prototipo de mezclado

Para una distribución homogénea de las sustancias que nivelaran el pH, se utilizó un motor de corriente directa que opera a un voltaje máximo 12 v el cual se alimentó con 2.7 v y consume una corriente de 140 mA, con estas características de alimentación y un imán de neodimio adaptado al eje del motor el campo magnético producido por el imán de neodimio, al girar, se acopla al campo magnético del imán de ferrita que produce el movimiento homogéneo del agua diluyendo las sustancias agregadas al volumen de agua de 6 L.

Debido a que los puertos GPIO de la Raspberry soportan una corriente máxima de 150 mA y el motor requiere 140 mA por protección se implementó un circuito amplificador de corriente con un arreglo en paralelo que soporta 500 mA de corriente con el circuito integrado UNL2804, el cual se alimenta con 5 Volts.

El circuito integrado UNL2804 tiene las siguientes características:

- Las entradas corresponden a niveles lógicos C-MOS y TTL; soportan un voltaje máximo de 30v. Las entradas se encuentran desde el pin 1 al 8.
- Las salidas se encuentran desde el pin 11 al 18. Se pueden conectar en paralelo para aumentar la corriente máxima de 500ma.
- Posee un diodo polarizado inversamente entre cada salida y el voltaje de alimentación (pin 10 (COM)) con el objetivo de eliminar las corrientes inversas, que se producen cuando se conectan cargas inductivas como: relays, solenoides, motores y transformadores. Esto evita que los transistores se dañen.
- Posee un par de transistores NPN en configuración Darlington y sus componentes asociados, lo que le da una alta ganancia de corriente a la salida con poca corriente de entrada.

En la figura 3.31 se muestra el diagrama interno del circuito integrado UNL2804, en la figura 3.32 se observa la conexión UNL2804 con el motor y la señal de control y en la figura 3.33 se ejemplifica la simulación de esta conexión.

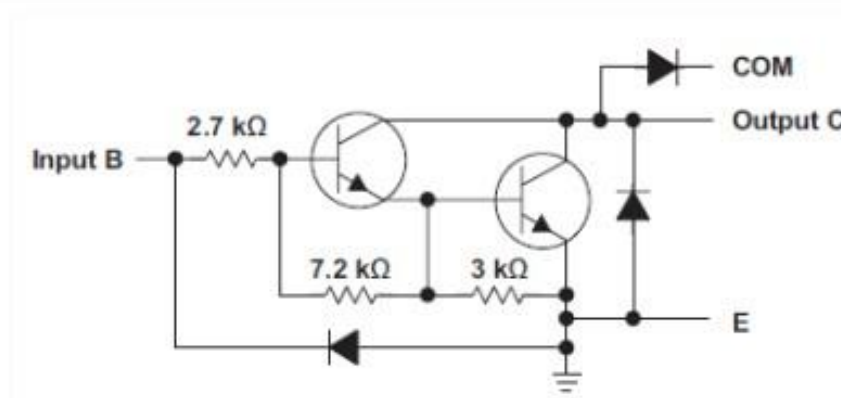


Figura 3.31 Diagrama interno del circuito integrado UNL2804.

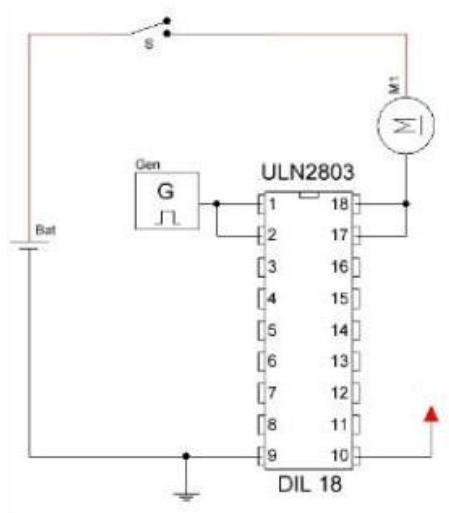


Figura 3.32 Esquemático del circuito amplificador de corriente.

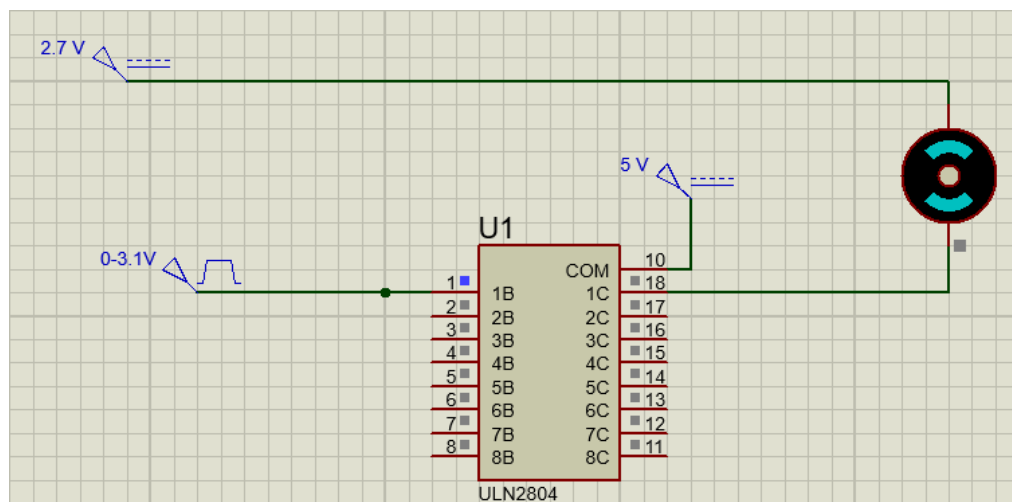


Figura 3.33 Simulación del circuito amplificador de corriente.

El montaje del sistema de mezclado debe cumplir con ciertas características para que funcione de manera óptima, la distancia entre el imán de neodimio ubicado en el eje del motor se debe encontrar a 1.5 cm del imán de ferrita ubicado en el centro del fondo del contenedor, esto garantiza que los campos magnéticos se acoplen y el imán de ferrita gire de una manera uniforme sin provocar movimientos bruscos. En la figura 3.34 se observa el diseño del montaje del sistema de agitación magnético y en la figura 3.35 se observa la ubicación del motor en el segundo prototipo.

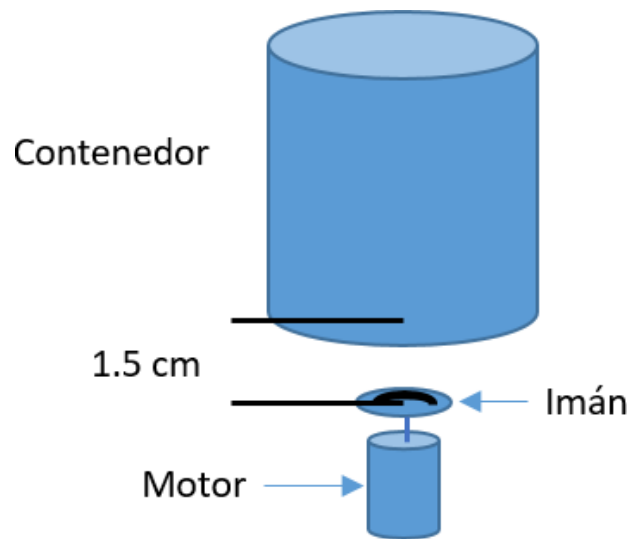


Figura 3.34 Diseño del montaje del contenedor al sistema de agitación.



Figura 3.35 Ubicación del motor y el imán en el sistema de mezclado.

3.1.5.3 Prototipo de mezclado final

Se diseñó una base de madera 50x40x15 cm (Figura 3.36), con una tapa movable, un agujero para la salida de los cables de alimentación y control como se muestra en la figura 3.37.

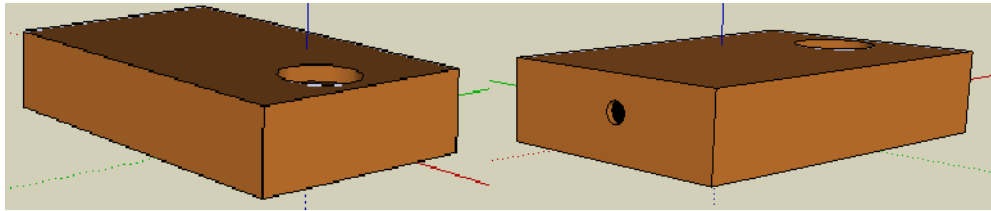


Figura 3.36 Diseño de la base de madera.

Se colocó el motor de 12 v en la parte interior de la base como se muestra en la figura 3.36, en la tapa se realizó un desnivel para fijar el contenedor ayudado por un empaque plástico como se muestra en la figura 3.38.



Figura 3.37 Ubicación del motor en la base.



Figura 3.38 Colocación del contenedor en la base.

En la figura 3.39 se muestra el diagrama esquemático para controlar el motor de 12 V C.D. con la Raspberry Pi 2.

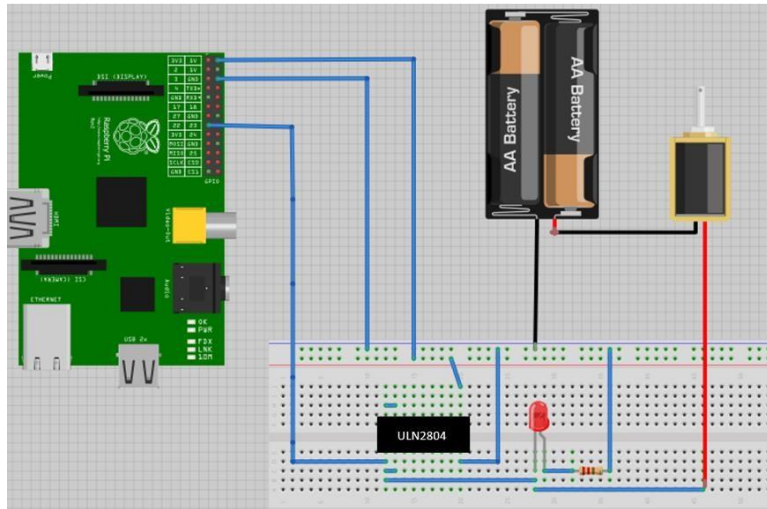


Figura 3.39 Diagrama esquemático para el control del sistema de mezclado.

3.1.6 Visualización de datos

A través de un Display LCD 16x2 se mostrará el nivel de pH del agua para que el usuario pueda visualizarlo, muestra el nivel de pH medido por el sensor, la sustancia que agregará, la cantidad, el valor de pH después del proceso de neutralización e indicara cuando se haya terminado el proceso, para poder consumir el agua. También en el sistema de control remoto se podrá observar los valores de las mediciones de voltaje y valor final al calcular la media.

3.1.7 Salida de agua regulada

A través de un dispositivo dispensador saldrá el agua para el consumo del usuario.

Se utilizó la broca de vidrio de 5/16" para perforar el contenedor y poder colocar la llave dispensadora de agua, junto con su empaque que evita la fuga de agua y una tuerca para asegurarla, todo hecho a base de plástico. Las figuras 3.40 y 3.41 muestran la broca de vidrio utilizada y la implementación de la llave y empaques en el contenedor.

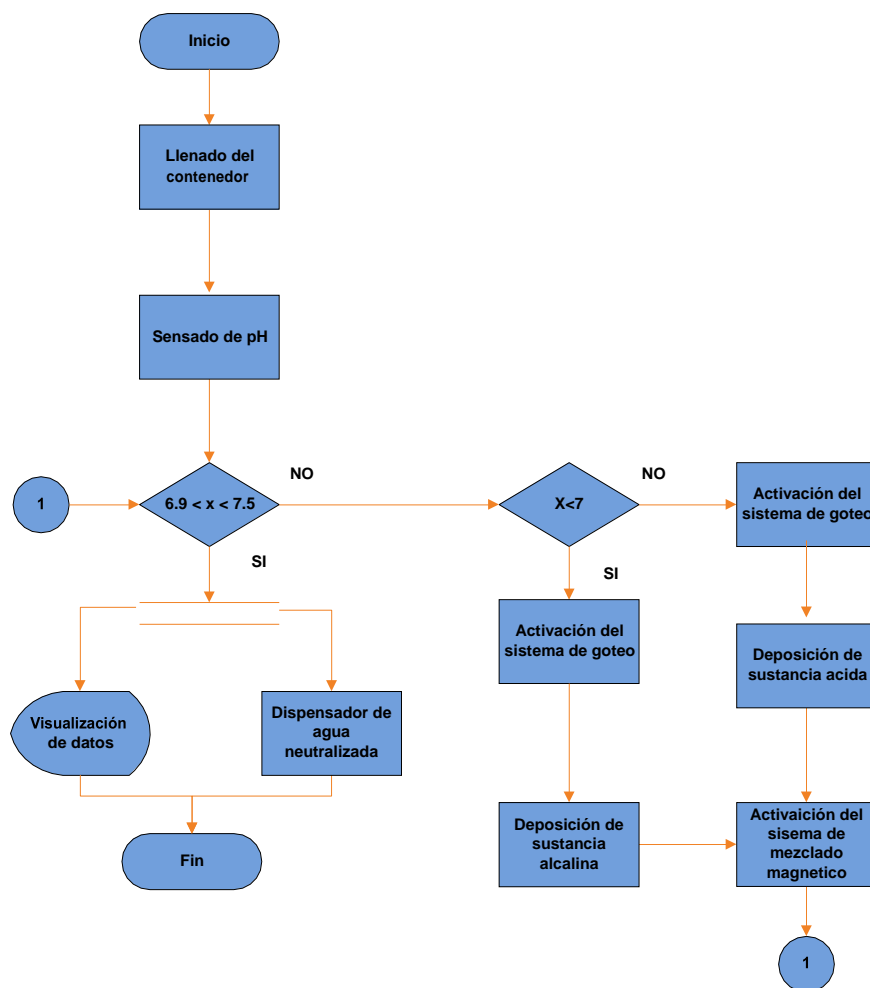


Figura 3.40 Broca para vidrio 5/16"



Figura 3.41 Empaque plástico.

3.1.8 Diagrama de flujo del sistema:



Capítulo 4

Pruebas y

resultados del

Sistema

4. Pruebas y resultados del Sistema

4.1 Contenedor

En la figura 4.1 se observa el contenedor final con el volumen adecuado, el dispensador de agua integrado, con las adaptaciones para el sistema de goteo y la etapa de sensado. No se presenta ninguna fuga y el interior es hermético.



Figura 4.1 Contenedor de vidrio de 6L.

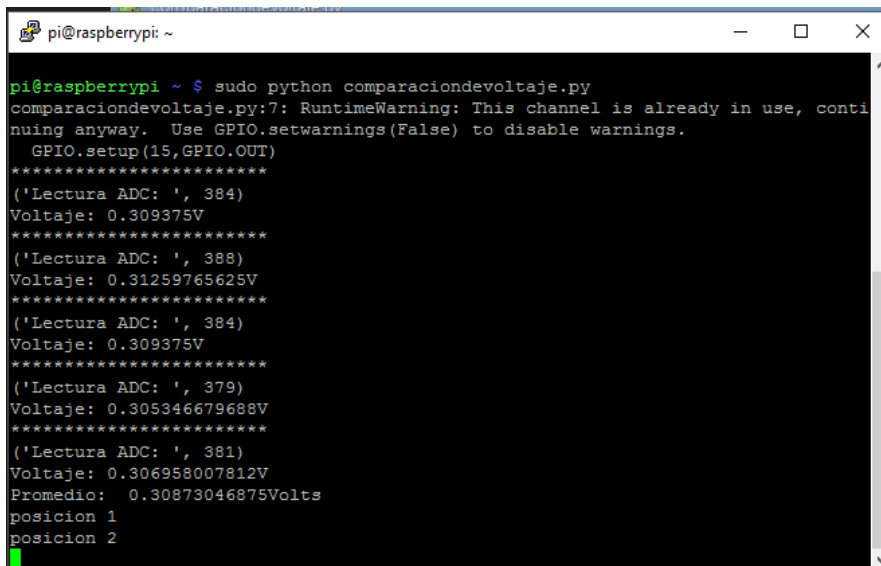
Por su forma cilíndrica el agua del interior y la sustancia que cambiara el pH de la misma pueden ser mezcladas homogéneamente con el sistema de agitación magnético utilizado para el sistema.

El volumen de 6 litros es el adecuado para un consumo individual del paciente diabético, ya que el consumo óptimo de una persona es de 2 litros diarios.

4.2 Sensado

Con las adaptaciones hechas en el contenedor se fijó el sensor para realizar las mediciones en tiempo real y que estas fueran confiables, a través de alambres conectados al conversor analógico digital MCP 3202, que a su vez, gracias a la comunicación SPI se conecta a Raspberry Pi 2 para interpretar los valores de voltaje correctos, posteriormente se ejecuta el programa que se muestra en la figura 3.12, los resultados se muestran en la figura 4.2, son voltajes positivos

correspondientes a un nivel de pH alcalino. Debido a las variaciones ajenas a nuestro control en las mediciones del sensor, se optó por utilizar un algoritmo de media para obtener un valor más exacto, en donde se consideraron 5 mediciones.



```
pi@raspberrypi: ~  
pi@raspberrypi ~ $ sudo python comparaciondevoltaje.py  
comparaciondevoltaje.py:7: RuntimeWarning: This channel is already in use, conti  
nuing anyway. Use GPIO.setwarnings(False) to disable warnings.  
GPIO.setup(15,GPIO.OUT)  
*****  
(Lectura ADC: ', 384)  
Voltaje: 0.309375V  
*****  
(Lectura ADC: ', 388)  
Voltaje: 0.31259765625V  
*****  
(Lectura ADC: ', 384)  
Voltaje: 0.309375V  
*****  
(Lectura ADC: ', 379)  
Voltaje: 0.305346679688V  
*****  
(Lectura ADC: ', 381)  
Voltaje: 0.306958007812V  
Promedio: 0.30873046875Volts  
posicion 1  
posicion 2
```

Figura 4.2 Voltajes leídos y su promedio.

4.3 Comparación de voltaje

En la figura 3.23 se muestra el diagrama de flujo en donde después de obtener un promedio compara el valor obtenido con el voltaje que se encuentra en los límites el rango establecido, de requerir modificaciones en el pH.

4.4 Deposición de sustancias

El diagrama de flujo mostrado en la figura 3.23 activa uno de los dos servomotores que permite el flujo de las sustancias por un tiempo de 4 segundos, en donde caen 5 gotas, esta cantidad es la medida ideal para que el cambio en el pH sea significativo en la cantidad de volumen utilizada.

En la figura 4.3 se muestra la activación del servomotor dos en las dos posiciones que tiene programadas, regulando el nivel de pH.

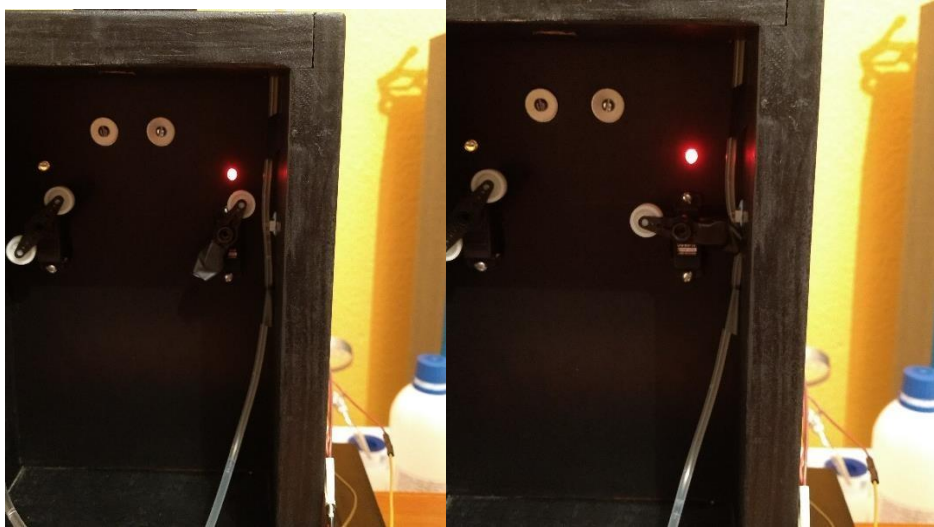


Figura 4.3 Activación de un servomotor.

4.5 Sistema de agitación

4.5.1 Primer prototipo del sistema de agitación

Con el primer prototipo la distribución fue homogénea, el volumen del contenedor fue pequeño ocasionando que el clavo girara de una manera óptima, sin embargo, el volumen requerido es mayor y necesita una mayor fuerza para diluir la sustancia.

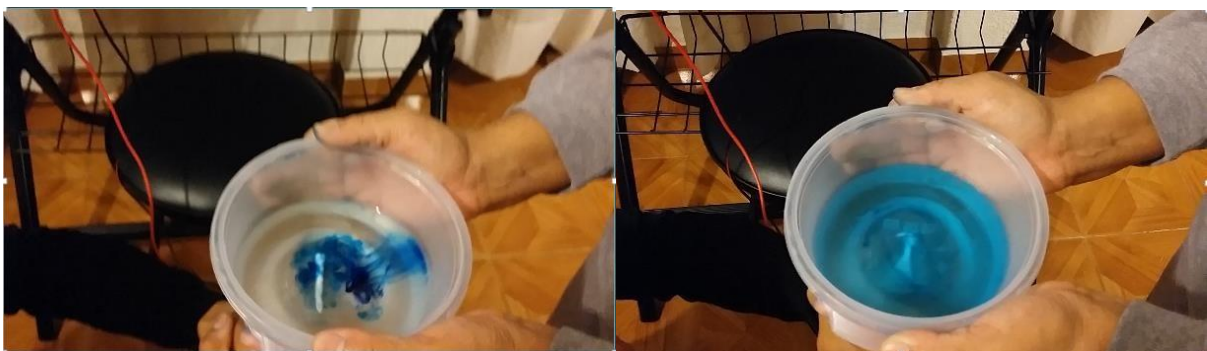


Figura 4.4 Resultados obtenidos con el primer prototipo.

4.5.2 segundo prototipo del sistema de agitación

En este se hizo uso del contenedor final, al ponerse en marcha se utilizó colorante para pecera y se observó la distribución homogénea en el agua después de 60 segundos.

En la figura 4.5 se observa el vórtice que crea el imán de ferrita dentro del contenedor.



Figura 4.5 Sistema de agitación montado y en funcionamiento.

4.5.3 Prototipo final del sistema de agitación



Figura 4.6 Montado del motor del sistema de agitación.



Figura 4.7 Montado final del sistema de agitación.

En la figura 4.6 se muestra la colocación del motor del sistema de agitación en el interior de la base de madera para mover el imán de ferrita colocado en el interior del contenedor y colocado en la parte superior de la base, como se muestra en la figura 4.7. El sistema funciona adecuadamente, distribuyendo de manera homogénea la sustancia para nivelar el pH por todo el contenedor.

4.6 Visualización de datos

La visualización de los datos, se presenta de dos maneras, la primera se muestra en el dispositivo de control de acceso remoto (laptop), en donde se aprecian los valores de voltaje medidos y el promedio obtenido. En la figura 4.8 se muestran los resultados de una prueba con agua potable de la colonia Pantitlán con un pH de 6.89 que es equivalente a un voltaje de 0.0065 volts, como se observa en la figura 4.9, que son algunas de las equivalencias de voltaje con el pH obtenidas con el programa de interpolación, debido a que no es un pH muy ácido, casi está dentro del rango de 7 a 7.5 de pH el proceso de agregación de sustancias solo se realiza una vez y con ella se logra que el pH esté dentro del rango establecido.

```

*****
('Lectura ADC: ', 1)
Voltaje: 0.0008056640625V
*****
('Lectura ADC: ', 1)
Voltaje: 0.0008056640625V
*****
('Lectura ADC: ', 1)
Voltaje: 0.0008056640625V
*****
('Lectura ADC: ', 1)
Voltaje: 0.0008056640625V
*****
('Lectura ADC: ', 35)
Voltaje: 0.0281982421875V
Promedio: 0.0062841796875Volts
Posicion 1:
Agregando solucion ALCALINA
5 gotas = 0.25ml por activacion de posicion 1
Posicion 2, Bloqueo de solucion ALCALINA

```

Figura 4.8 Muestra de los resultados de una prueba en el Display.

5.87	0.0668		6.87	0.0077		7.87	-0.0515
5.88	0.0662		6.88	0.0071		7.88	-0.0520
5.89	0.0656		6.89	0.0065		7.89	-0.0526
5.90	0.0651		6.90	0.0059		7.90	-0.0532
5.91	0.0645		6.91	0.0053		7.91	-0.0538
5.92	0.0639		6.92	0.0047		7.92	-0.0544
5.93	0.0633		6.93	0.0041		7.93	-0.0550
5.94	0.0627		6.94	0.0035		7.94	-0.0556

Figura 4.9 Relación entre pH y voltaje obtenida con Interpolación de LaGrange.

La segunda forma de presentar resultados es a través de un Display LCD 16x2 donde se muestra el nivel de pH del agua, el nivel de pH medido por el sensor, la sustancia que agregará, la cantidad, el valor de pH después del proceso de neutralización e indicará cuando se haya terminado el proceso, para poder consumir el agua.

4.7 Salida de agua neutralizada

En la figura 4.10 se observa como el dispensador de agua en funcionamiento, existe una buena relación entre el canal del dispensador y el volumen del contenedor.



Figura 4.10 Dispensador de agua.

En la figura 4.11 se muestra el montado final de todos los sistemas, trabajando en conjunto.

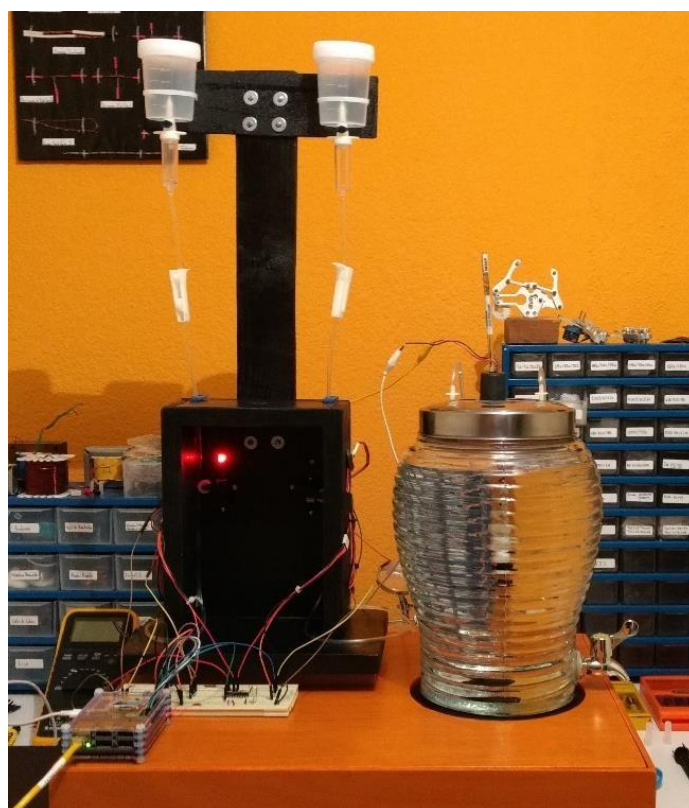


Figura 4.11 Montado final del sistema nivelador del pH del agua apto para el consumo humano de personas diabéticas.

Conclusiones

Gracias al enfoque del proyecto no fue complicado recabar la información necesaria sobre el problema a tratar, ya que la diabetes es un problema a nivel mundial, que genera interés y por ende se realizan diversas investigaciones al respecto.

Con respecto al pH la información existente es basta, y se han hecho diversas investigaciones sobre este y su relación con diversos procesos naturales, esto sin duda ayudó a sustentar el proyecto, ya que se encontró la relación entre el pH y la diabetes y la importancia que este tiene para mantener controlada la enfermedad en los pacientes. Si bien para mantener controlada la enfermedad se requieren cuidar varios aspectos como la alimentación, tipo de medicamentos, entre otros, sin duda gracias a la investigación realizada se determinó que el pH juega un papel fundamental en la calidad de vida de los pacientes diabéticos y que desafortunadamente no existen sistemas o formas que ayuden a controlar este aspecto. Las recomendaciones médicas sugieren una buena hidratación con agua pura, lamentablemente muy pocas aguas embotelladas cumplen con el nivel de pH óptimo, y no se diga el agua potable que llega a las casas. Se pueden encontrar en el mercado sistemas capaces de purificar el agua y hacerla apta para el consumo humano, ninguno de ellos garantiza que el nivel de pH sea el óptimo para personas diabéticas, por eso se concluye que el proyecto es de alto impacto y de un beneficio sustancial para la sociedad.

El proyecto “Sistema regulador de pH del agua apto para el consumo humano de personas diabéticas” cumple con los objetivos planteados al inicio de este documento, cada una de las partes del proyecto realiza adecuadamente su función, tanto de manera individual, como en conjunto, esto fue algo que requirió varios recursos, tanto de tiempo, como económicos, ya que cada bloque del proyecto se diseñó y construyó de manera individual y todas las características relacionadas a cada bloque eran muy particulares. Al unir todos los bloques el funcionamiento no era el óptimo, debido a variaciones en los sistemas, como el voltaje de operación de los circuitos y motores, así como el consumo de corriente de todos los sistemas, por lo que se tuvieron que hacer ajustes a base de realizar

nuevamente mediciones y los cálculos pertinentes para que todos los sistemas operaran de manera óptima.

Particularmente en cada bloque se realizó con un trabajo exhaustivo tanto en la parte de diseño y construcción.

Para diseñar el contenedor se tuvieron que considerar varios aspectos, como el tipo de material, tamaño y forma, que son parte fundamental en el funcionamiento óptimo del sistema, requiere ser uniforme y cilíndrica para que se distribuya de manera homogénea la sustancia en todo el volumen. El material de fabricación fue el vidrio ya que es inerte, resistente a altos niveles de acidez y alcalinidad. El fabricante al que se le llevo el diseño ayudado de su experiencia sugirió un diseño un poco diferente al primero que cumplía con las características requeridas para el proyecto, que además le daba un toque estético y más llamativo y así se la decisión de utilizar ese diseño.

Gracias a la investigación realizada se seleccionaron dos sensores con las características requeridas para el proyecto como resolución, material, rango de operación y costo, pero con la tabla comparativa realizada se seleccionó el mejor de ambos sensores, que es uno de los dispositivos más costosos del proyecto, pero ese costo se ve sustentado por la calidad de operación del sensor, que arroja mediciones precisas, lo que facilita al sistema de control su manejo.

Para poder realizar la comparación de voltaje y controlar la variable en cuestión, pH, se optó por utilizar el sistema Raspberry Pi 2 B, que si bien no es barata, este precio se ve compensado ya que sus características la hicieron atractiva para el proyecto, tomando en cuenta el sistema operativo con el que trabaja, los lenguajes de programación que soporta, la interacción con periféricos y otros dispositivos externos, así como los protocolos de comunicación con otros sistemas. Se requirió de tiempo y paciencia para operar el sistema, su configuración, utilizar sus periféricos, puertos y para aprender el lenguaje de programación utilizado (Python), cabe destacar que un mes fue el tiempo empleado en realizar estas actividades, que se vio recompensado a la hora de diseñar los programas que controlan cada uno de los bloques del sistema, como la comparación de los voltajes medidos por el sensor y el voltaje de referencia, la

activación de los motores para el sistema de agregación de sustancias y el del sistema de mezclado, ya que se requirió de poco tiempo para realizarlos y por los resultados obtenidos se llegó a la conclusión que Raspberry Pi 2 B fue una buena elección.

El bloque de deposición de sustancias sin duda fue el más complejo de diseñar y construir, debido a la falta de información sobre sistemas de este tipo, que si bien existen algunos en el mercado, ninguno con las características requeridas, lo que llevo al diseño por completo del sistema, solo tomando como referencia un sistema para albercas de tamaño industrial en el que se dosificaban las sustancias suministradas. Partiendo de que el pH cambia logarítmicamente, la precisión al momento de agregar las sustancias es fundamental, por ello se investigaron y probaron diversas formas de agregar sustancias, que al final arrojaron que los sistemas de venoclisis eran los más óptimos para el proyecto, gracias a su precisión, características de diseño y funcionamiento. Para que este bloque funcionara adecuadamente se realizaron numerosas pruebas con el equipo, para determinar el volumen a depositar en cada ocasión que se active el sistema, la altura para colocar los contenedores de las sustancias, el diseño de la base para colocarlos, el tipo de motor, el torque y posiciones requeridas para dejar pasar o bloquear el flujo de las soluciones acida y alcalina a utilizar. Fue un trabajo exhaustivo y muy minucioso, pues es la parte que requiere el menor porcentaje de error de todo el sistema, pero al final de todas las pruebas se lograron determinar los valores óptimos de todas las variables involucradas para este bloque. Cabe mencionar que este bloque se puede mejorar.

En cuanto al bloque de mezclado se realizaron tres prototipos muy similares, pero cada uno mejor con respecto al anterior, que si bien no es un sistema muy complejo, requiere de precisión en relación a la posición de los imanes, las revoluciones por minuto que se relaciona directamente con el voltaje de alimentación del motor y el tiempo de operación. La distancia entre los imanes debe ser precisa, así como el voltaje de alimentación del motor, una vez encontrados los valores de estas variables se procedió al diseño final del bloque, con una base de madera hecha a medida, que contempla los espacios para los demás sistemas y que le da un toque estético al proyecto.

El bloque de visualización de datos no representó mucho problema pues se optó por utilizar el dispositivo de control de acceso remoto y un display LCD para visualizar los datos, que en conclusión son los más importantes a destacar, para que el usuario sepa lo que está tomando y lo que el sistema está realizando, es un bloque puramente de programación.

El dispensador de agua representó una pequeña complicación debido a nuestra falta de experiencia para trabajar con vidrio, ya que se requiere de una técnica especial y herramientas específicas para este tipo de material, pero viendo tutoriales se procedió a realizar la perforación pertinente para colocar los empaques plásticos y el dispensador de agua para que el usuario tenga acceso al líquido vital siempre que lo requiera.

La organización, asesoría y trabajo constante fueron fundamentales para lograr terminar el proyecto, sin duda alguna el cronograma de actividades fue de gran ayuda para la organización, que si bien no se siguió al cien por ciento, si marcó la pauta para ir avanzando sustancialmente semana a semana.

Se concluye que el proyecto regulador de pH del agua apto para el consumo humano de personas diabéticas funciona adecuadamente y cumple con su función de regular el pH del agua para los pacientes diabéticos, ayudando a mantener su salud, demuestra que en México se tienen buenas ideas capaces de competir a nivel internacional e impulsar el desarrollo del país.

El sistema como se explicó a lo largo de este trabajo tiene oportunidad de ser aplicado en el campo de la medicina, pero el sistema es versátil pues puede ser aplicado en otras áreas como la agricultura, específicamente en el cultivo de plantas y vegetales que requieren mantener un nivel de PH específico para poder desarrollarse adecuadamente, de igual forma puede ser utilizado en el área de crianza de animales, por ejemplo en ciertas especies de peces que requieren características especiales en el agua para estar sanos, un ejemplo práctico pueden ser los acuarios.

Otras áreas en la que puede tener aplicación es en la industria, específicamente industria química, bioquímica, biológica, farmacéutica y alimentaria, pues en estos tipos de industrias se ven involucrados diferentes

procesos que requieren características muy específicas en sus compuestos y el PH figura en muchos de ellos, por lo tanto, en los procesos de medición por muestreo que se aplican en los laboratorios y en la industria este sistema tiene un campo de acción amplio. Se debe hacer mención que, si se planea utilizar el sistema en estas áreas, el desempeño puede no ser óptimo pues el sistema está diseñado para un volumen específico de 6 litros, si se manejan mayores cantidades de sustancias, el sistema requeriría algunos cambios en cuanto a hardware, como el sistema de mezclado y el sistema de deposición de sustancias, cabe destacar que el sistema electrónico y el programa diseñados son adaptables a cualquier ambiente y no requieren de cambio alguno.

Referencias bibliográficas por capítulo

Capítulo 1

- EPA, Introducción a la ley de agua limpia, http://cfpub.epa.gov/watertrain/pdf/modules/Introduccion_a_la_Ley_de_Agua_a_Limpia.pdf, 13-02-2016
- Ibarra, Claudia (2010), "Diversidad de bacterias fijadoras de nitrógeno aisladas de suelo de chinampa y su efecto de plantas de interés agrícola", <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9203/33.pdf?sequence=1>, 13-02-2016
- Mayer, Elyzaeth, Control de la calidad del agua de estanques para mejorar la calidad de camarones y peces, <https://cap.auburn.edu/blog/2012/05/control-de-la-calidad-del-agua-de-estanques-para-mejorar-la-produccion-de-camarones-y-peces/?lang=es>, 12-02-2016
- Sager, Ricardo L., "Agua para bebida de bovinos", http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/67-agua_para_bebida_de_bovinos.pdf 01-02-2016
- UNAM, Homeostasis, <http://www.facmed.unam.mx/Libro-NeuroFisio/FuncionesGenerales/Homeostasis/Homeostasis.html> 05-02-2016

- Contreras, Ricardo R., “Algunos aspectos de la diabetes”, http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/180_cienciorama.pdf 11-02-2016
- Organización mundial de la salud, “Diabetes”, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/es/> 03-03-2016
- Marines, Laura; Puentes, Arley; Peña, Jeison (2014), “PH, alcalinidad y acidez”, Facultad de Ingeniería, Colombia: Universidad Militar de Nueva Granada, pp. 1-2
- Nikken (2013), “PIMAG OPTIMIZER”, http://nikkenlatam.com/?lang=es_MX&module=productos#.Vx129Y-cFMs 18-04-2016
-

Capítulo 2

- Santos, José, “Sistema de control de pH y esterilización de agua”, México: Instituto Politécnico Nacional, pp. 11-12, 42-44
- Amaya, Wilson Fabián; Cañón, Oscar Alberto; Avilés, Oscar F., “Control de pH para planta de tratamiento de aguas residuales”, Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, pp. 1-6
- Gutiérrez, Oziel; Sánchez Moisés, “Automatización de un sistema invernadero con hidroponía”, México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 27-55
- S. Casan; A. E. Navarro; R. García-Gil; D. Ramírez; B. Marco (No especifica año), “Red de sensores inteligentes aplicada a la medida de pH y temperatura”, Departamento de Ingeniería, España: Universidad de Valencia, pp. 1-5
- Guerra, Felipe (2013), “Diseño de un sistema de control domótico y video vigilancia supervisado por un teléfono móvil”, Facultad de ciencias e ingeniería, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, pp. 20-31
- Alkalinecare (2013), “PuripHy”, <http://blog.alkalinecare.com/2013/01/09/alcaliniza-el-agua-con-las-gotas-puriphy/> 24-04-2016

- Citrilow (2016), "Citrilow", http://www.sinervia.com/pdf/productos/363/552_citrilow.pdf, 24-04-2016
- Hernández, Eder; Castrillón, Jaime; Acosta, Juan; Castrillón, David (2008), medico "Diabetes Mellitus en el servicio de urgencias: manejo de las complicaciones agudas en adultos", Hospital Universidad del Norte, Colombia: Universidad del Norte, pp. 3-22
- Garrido, Roser; Torres, Marisa (no especifica año), "Urgencias endócrinas", Sección de urgencias, sección de endocrinología, Hospital Sant Joan de Déu, España: Universidad de Barcelona, pp. 76-81
- Clínica Santa María (2010), "Cuidados que debe tener el paciente diabético", <http://www.clinicasantamaria.cl/diabetes/cuidados.htm>, 24-04-2016
- El sol de México, "Es buena la calidad del agua en el DF: UNAM", <http://www.oem.com.mx/elsoldemexico/notas/n2967941.htm>, 20-04-2016
- Hendress + Hauser, "Sensor de pH digital CPS31D con tecnología Memosens", <http://www.mx.endress.com/es/instrumentacion-campo/analisis-liquidos-industria/sensor-pH-agua-potable-piscinas>, 20-04-2016
- Espino Hernández M., "Cuidados intensivos pediátricos", <http://tratado.uninet.edu/c120409.html>, 20-04-2016
- Dr. Joshep Mercola, "Agua Alcalina: Si Toma Este Tipo de Agua, Podría Causarle Algunos Daños a su Cuerpo", <http://espanol.mercola.com/boletin-de-salud/agua-alcalina.aspx>, 20-04-2016
- Jorge A. Orellana, "Características del agua potable", Ingeniería sanitaria, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario.
- Vázquez Ocampo Juana, Domínguez Mora Ernesto, "Calidad de agua en el Valle de México", CONAGUA, pp. 6-7.