



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA:

**“SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN IoT DE REUTILIZACIÓN
DE AGUAS GRISES DE LA DUCHA HACIA EL INODORO PARA
ESTIMAR UN AHORRO DE CONSUMO A ESCALA DE LABORATORIO”**

AUTOR: EDWIN DAVID PUJOTA CUASCOTA

DIRECTOR: ING. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

IBARRA – ECUADOR

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100388577-7
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pujota Cuascota Edwin David
DIRECCIÓN:	Tabacundo – Barrio Nueva Esperanza de Cananvalle
EMAIL:	edpujota@utn.edu.ec
TELÉFONO MOVIL:	0991182258
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN IoT DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES DE LA DUCHA HACIA EL INODORO PARA ESTIMAR UN AHORRO DE CONSUMO A ESCALA DE LABORATORIO.
AUTOR:	Pujota Cuascota Edwin David
FECHA:	Noviembre del 2016
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
DIRECTOR:	MSc. Jaime Michilena

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.

Yo, Pujota Cuascota Edwin David, con cedula de identidad Nro. 100388577-7 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Yo, Pujota Cuascota Edwin David, manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Firma: 

Nombre: Pujota Cuascota Edwin David

Cedula: 100388577-7

Ibarra. Noviembre 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Pujota Cuascota Edwin David, con cedula de identidad Nro. 100388577-7, manifiesto ni voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4,5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado con el tema: SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN IoT DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES DE LA DUCHA HACIA EL INODORO PARA ESTIMAR UN AHORRO DE CONSUMO A ESCALA DE LABORATORIO. Que ha sido desarrollado con propósito de obtener el título de Ingeniero en Electrónica Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma:

Nombre: Pujota Cuascota Edwin David

Cedula: 100388577-7

Ibarra. Noviembre 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

INGENIERO JAIME MICHILENA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA.

Que, el presente trabajo de Titulación **“SISTEMA ELECTRÓNICO CON APLICACIÓN IoT DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES DE LA DUCHA HACIA EL INODORO PARA ESTIMAR UN AHORRO DE CONSUMO A ESCALA DE LABORATORIO”** Ha sido desarrollado por el señor Pujota Cuascota Edwin David bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad.



.....
Ing. Jaime Michilena
100219843-8
DIRECTOR DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, PUJOTA CUASCOTA EDWIN DAVID, con cedula de identidad Nro. 100388577-7, declaro bajo juramento que ese trabajo es de autoría propia, ya que no ha sido presentado para ningún trabajo de grado o calificación profesional; y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente trabajo.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte- Ibarra, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

Firma:

Nombre: Pujota Cuascota Edwin David

Cedula: 100388577-7

Ibarra. Noviembre 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

No es que las personas felices sean agradecidas, son las personas agradecidas las que son felices, es por ello que este trabajo está dedicado principalmente a Dios y a mis padres por darme la vida y la fortaleza, por ser el eje fundamental en el trayecto de mi vida, dando como resultado este gran sueño que se convierte en realidad ya que con su apoyo y buen ejemplo han hecho de mí una gran persona, por ayudarme a levantarme en cada tropiezo, enfrentar las adversidades que en el transcurso de este tiempo se han presentado y continuar con mis estudios.

A mi familia en general por los consejos y el aliento en cada momento difícil de mi vida y por compartir conmigo los buenos y malos momentos.

Edwin Pujota Cuascota



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Un inmenso agradecimiento a mi director de tesis, Ing. Jaime Michilena por sus sabios y oportunos consejos en el desarrollo de este trabajo.

Un agradecimiento especial al Ing. Paúl Rosero por su ayuda incondicional en el desarrollo de este trabajo; persona muy importante que ayudo con sus conocimientos y más elementos sustanciales en el proceso de esta investigación.

A los maestros de la Universidad Técnica del Norte, por brindarme sus conocimientos profesionales en esta etapa de mi formación académica, para lograr ascender un escalón más en mi vida profesional.

Un sincero agradecimiento a todos y todas por la colaboración.

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN.....	ii
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.....	iii
CONSTANCIAS.....	iii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	iv
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	v
DECLARACIÓN.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
PRESENTACIÓN.....	xx
CAPITULO I.....	1
1. CONTEXTO DEL PROYECTO.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivo Específico.....	2
1.3. ALCANCE.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II.....	6
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. INTERNET DE LAS COSAS (IoT).....	6
2.1.1. Introducción.....	6
2.1.2. Estándares.....	7
2.1.2.1. IEEE.....	8
2.1.2.2. UIT.....	8

2.1.3.	Modelo de referencia de la IoT.....	9
2.1.3.1.	Capa de dispositivos	10
2.1.3.2.	Capa de red	11
2.1.3.3.	Capa de servicio	11
2.1.3.4.	Capa de aplicaciones.....	11
2.1.4.	Protocolos para IoT.....	12
2.1.4.1.	Constrained Application Protocol (CoAP)	12
2.1.4.2.	Message Queue Telemetry Transport (MQTT)	16
2.1.4.3.	Diferencia entre MQTT y CoAP.....	18
2.1.5.	Tecnologías del Internet de las Cosas	20
2.1.5.1.	Machine to Machine (M2M).....	20
2.1.6.	Áreas de aplicación.....	23
2.1.6.1.	Transporte/logística.....	23
2.1.6.2.	Casas inteligentes.....	23
2.1.6.3.	Ciudades inteligentes.....	23
2.1.6.4.	Fábrica inteligente.....	23
2.1.6.5.	Retail.....	24
2.1.6.6.	E-Salud	24
2.1.6.7.	Smart Energy/Smart Grid	24
2.1.6.8.	Tecnología	24
2.2.	HARDWARE Y SOFTWARE.....	25
2.2.1.	Open Source Hardware (OSH)	25
2.2.2.	Open Source Software (OSS).....	26
2.2.3.	Plataformas en la nube para IoT	27
2.3.	AGUAS GRISES	28
2.3.1.	Introducción.....	29
2.3.2.	Definición	29
2.3.3.	Características de las aguas grises	30
2.3.4.	Categorías de las aguas grises.....	31
2.3.5.	Cantidad de aguas grises	32
2.3.6.	Calidad de las aguas grises	32
2.3.7.	Reciclaje de aguas grises	34
2.3.8.	Aplicaciones de la reutilización de las aguas grises.....	34
2.3.9.	Enfoques de tratamiento y reutilización de aguas grises	36

2.3.10.	Tecnologías para tratamiento de las Aguas Grises.....	36
2.3.10.1.	Sistema de tratamiento biológico	37
2.3.10.2.	Sistema de tratamiento físico	38
2.3.10.3.	Sistema de tratamiento químico.....	38
2.3.10.4.	Sistema tratamiento natural	39
2.3.11.	Sistemas de reutilización de las aguas grises.....	39
2.3.12.	Ventajas y desventajas de la reutilización de aguas grises.....	40
2.3.12.1.	Ventajas	40
2.3.12.2.	Desventajas	40
CAPITULO III.....	42	
3.	DESARROLLO DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES.....	42
3.1.	MODELO DE DESARROLLO EN V PARA SISTEMAS EMBEBIDOS	42
3.1.1.	Análisis de requerimientos de elementos electrónicos mediante la norma IEEE 29148.....	43
3.1.1.1.	Propósito del sistema	43
3.1.1.2.	Alcance del sistema	43
3.1.1.3.	Perspectiva del sistema	44
3.1.1.4.	Características del usuario.....	45
3.1.1.5.	Restricciones de sistema	45
3.1.2.	Requerimientos del sistema.....	45
3.1.2.1.	Requerimientos comunes de las interfaces.....	46
3.1.2.1.1.	Interfaces de usuario.....	46
3.1.2.1.2.	Interfaces de Hardware.....	47
3.1.2.1.3.	Interfaces de Software	47
3.1.2.2.	Requisitos funcionales	47
3.1.2.2.1.	Plataforma para IoT	47
3.1.2.2.2.	Reportes.....	47
3.1.2.3.	Requisitos no funcionales	48
3.1.2.3.1.	Características generales.....	48
3.1.2.3.2.	Requerimientos de rendimiento	48
3.1.2.3.3.	Seguridad.....	48
3.1.3.	Análisis de requerimientos para la elección de software y hardware ..	49

3.1.3.1.	Valoración de los requerimientos	49
3.1.3.2.	Calificación para cada plataforma y placa de desarrollo	51
3.1.4.	Hardware del sistema de reutilización de las aguas grises	53
3.1.4.1.	Placa de desarrollo Raspberry Pi 3 Modelo B	54
3.1.4.2.	Sensor de flujo de agua FY-S201	54
3.1.4.3.	Sensor de flujo de nivel tipo flotador	55
3.1.4.4.	Bomba de agua sumergible AquaJet PFN 1000	56
3.1.4.5.	Electroválvula	56
3.1.5.	Recursos	57
3.1.5.1.	Recursos humanos	57
3.1.5.2.	Recursos económicos	57
3.1.5.3.	Recursos tecnológicos	59
3.1.6.	Diseño del sistema de reutilización de aguas grises proveniente de la ducha	60
3.1.6.1.	Diagrama de bloques del sistema de reutilización del agua gris	60
3.1.6.2.	Diagrama de pines del sistema electrónico	62
3.1.6.2.1.	Diagrama de pines Raspberry Pi 3	62
3.1.7.	Programación	63
3.1.7.1.	Diagrama de flujo sensor de flujo de agua	64
3.1.7.2.	Diagrama de flujo sensor nivel de agua	65
3.1.7.3.	Diagrama de flujo para enviar datos a la plataforma ThingSpeak	66
3.1.8.	Integración	66
3.1.8.1.	Software de diseño y simulación	67
3.1.9.	Verificación	69
3.1.9.1.	Protoboard	69
3.1.9.2.	Verificación con usuario	70
3.1.9.2.1.	Sistema operativo	71
3.1.9.2.2.	Plataforma IoT	71
3.1.9.2.3.	Open source	71
3.1.9.2.4.	Sensor de flujo de agua	71
3.1.9.2.5.	Sensor de nivel de agua, electroválvula y bomba sumergible	71
3.2.	Implementación del sistema electrónico	72
3.2.1.	Situación actual del complejo acuático UTN	72
3.2.2.	Instalación del sistema eléctrico	73

3.2.3.	Instalación del Sistema Operativo.....	74
3.2.4.	Conexión remota usando el protocolo SSH	75
3.2.5.	Recipiente de almacenamiento	77
3.2.6.	Lectura del sensor de flujo de agua	79
3.2.7.	Lectura de datos del sensor de nivel de agua.....	81
3.2.8.	Llenado del tanque del inodoro	82
3.2.9.	Envío de datos a la plataforma ThingSpeak.....	83
3.3.	Pruebas de funcionamiento.....	84
3.3.1.	Calibración del sensor de flujo de agua	84
3.3.2.	Funcionamiento del sensor de nivel de agua	85
3.3.3.	Recipiente de almacenamiento	86
3.3.4.	Verificación de fugas	86
3.3.5.	Placa electrónica Raspberry Pi 3	86
3.4.	Resultados de la prueba general del sistema	87
3.5.	Costo de producción	92
CAPITULO IV		95
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
4.1.	CONCLUSIONES	95
4.2.	RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFIA		98
LINKOGRAFÍA.....		101
GLOSARIO DE TÉRMINOS		103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Las principales diferencias entre MQTT y COAP	19
Tabla 2. La composición de las aguas grises provenientes de la cocina, baño y lavadero.	33
Tabla 3. Valoración de los requerimientos.....	49
Tabla 4. Calificación de parámetros para la plataforma IoT	51
Tabla 5. Calificación de requerimientos para la elección de hardware	52
Tabla 6. Calificación de parámetros para la elección del software	52
Tabla 7. Recurso Humanos	57
Tabla 8. Recursos Económicos para prototipo electrónico.....	58
Tabla 9. Recursos Económicos para la implementación en todo el complejo acuático UTN	59
Tabla 10. Recursos Tecnológicos	60
Tabla 11. Asignación de los sensores a cada pin GPIO.....	63
Tabla 12. Verificación de requerimientos.....	70
Tabla 13. Calculo de potencias del sistema eléctrico	74
Tabla 14. Cantidad de litros de agua utilizada al bañarse de hombres y mujeres	77
Tabla 15. Cantidad de usuarios que utilizan las duchas diariamente	78
Tabla 16. Datos de calibración del sensor de flujo de agua	85
Tabla 17. Datos del consumo mensual de agua potable en el complejo acuático UTN.....	89
Tabla 18. Cantidad de agua reutilizada mensualmente.....	90
Tabla 19. Ahorro económico mensual que genera el sistema	90
Tabla 20. Costo total de producción del sistema electrónico de reutilización del agua gris	92
Tabla 21. Costo de venta de cada sistema electrónico de reutilización del agua gris	94
Tabla 22. Especificaciones técnicas Raspberry Pi 3 Modelo B	113
Tabla 23. Características técnicas del sensor de flujo de agua YF-S201.....	114
Tabla 24. Características técnicas del sensor de nivel tipo flotador	115
Tabla 25. Especificaciones técnicas electroválvula	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de comunicación de la Internet de las cosas (IoT)	7
Figura 2. Diagrama de la Arquitectura de tres niveles de la IoT según el IEEE	8
Figura 3. Estructura del Modelo de Referencia de la IoT según la UIT	9
Figura 4. Diagrama del modelo de referencia de la IoT.	10
Figura 5 Pila de Protocolos CoAP y HTTP.....	12
Figura 6. Diagrama de Arquitectura CoAP.	13
Figura 7. Formato de mensaje CoAP	14
Figura 8. Diagrama de la Arquitectura MQTT	17
Figura 9. Formato mensaje MQTT	17
Figura 10. Roles funcionales en el ecosistema M2M	21
Figura 11. Diagrama del modelo en capas oneM2M.....	22
Figura 12. Las fuentes de agua gris y sus constituyentes.....	31
Figura 13. Principales aplicaciones de reutilización de aguas grises.....	34
Figura 14. Diagrama de reciclaje de agua gris y tratamiento: los posibles pasos y pistas.....	37
Figura 15. Sistema de reutilización de aguas grises.	39
Figura 16. Modelo de desarrollo de sistemas embebidos	42
Figura 17. Diagrama de bloques del sistema de reutilización del agua gris proveniente de la ducha.....	44
Figura 18. Esquema general del sistema de reutilización de aguas grises	53
Figura 19. Descripción placa de desarrollo Raspberry Pi 3 Modelo B	54
Figura 20. Sensor de flujo de agua YS-201	55
Figura 21. Sensor de nivel tipo flotador.....	55
Figura 22. Bomba de agua sumergible marca AquaJet PFN 1000	56
Figura 23. Electroválvula DFE.....	57
Figura 24. Diagrama de bloques del Sistema de Reutilización de Aguas proveniente de la ducha.....	61
Figura 25. Distribución de pines GPIO Raspberry Pi 3	63
Figura 26. Diagrama de flujo sensor de flujo de agua reutilizada.....	64
Figura 27. Diagrama de flujo sensor de nivel de agua	65
Figura 28. Diagrama de flujo para datos a la plataforma ThingSpeak	66
Figura 29. Simulación del circuito electrónico	67

Figura 30. Conexiones de simulación del sistema	68
Figura 31. Diseño de la placa electrónica en Eagle	68
Figura 32. Diseño del circuito para el sistema electrónico	69
Figura 33. Armado en el protoboard del sistema	69
Figura 34. Plano de ubicación de las duchas y los baños en el complejo acuático UTN.....	72
Figura 35. Vista 3D de la ducha del complejo acuático UTN	73
Figura 36. Instalación de la fuente de alimentación para los dispositivos electrónicos.....	74
Figura 37. Tarjeta Kingston de 16 GB clase 10.....	75
Figura 38. Ingreso por SSH a la Raspberry Pi 3 desde la terminal Putty	76
Figura 39. Menú de configuración general de la Raspberry Pi 3.....	76
Figura 40. Recipiente de almacenamiento con filtro físico/químico.....	78
Figura 41. Diagrama de conexión de los recipientes de almacenamiento	79
Figura 42. Recipiente de almacenamiento instalado en las duchas.....	79
Figura 43. Ubicación del sensor de flujo de agua	80
Figura 44. Fichero que iniciara el programa del contador del flujo de agua	80
Figura 45. Ubicación de los sensores de nivel de agua	81
Figura 46. Fichero que iniciara el programa de los sensores de nivel	82
Figura 47. Conexión de la manguera con el tanque del inodoro	82
Figura 48. Leds de notificación del sistema	87
Figura 49. Visualización de datos en la plataforma IoT.....	88
Figura 50. Diagrama de barras de la cantidad de agua reutilizada y el ahorro económico generado.....	91
Figura 51. Utilidad Win32 Disk Image	116
Figura 52. Requisitos para la creación de la cuenta en la plataforma ThingSpeak	117
Figura 53. Precio de los productos en la empresa Amazon.....	119

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Código en python para el sensor de flujo de agua	107
ANEXO B: Código python para subir los datos a la plataforma ThingSpeak....	109
ANEXO C: Código en python para controlar los dispositivos electrónicos	110
ANEXO D: Código en python para medir la temperatura del CPU de la Raspberry Pi	112
ANEXO E: Especificaciones técnicas de la placa Raspberry Pi 3 modelo b	113
ANEXO F Especificaciones técnicas del sensor de flujo YF-S201	114
ANEXO G Características técnicas del sensor de nivel de agua tipo flotador ..	115
ANEXO H Características técnicas electroválvula	115
ANEXO I Instalación del sistema operativo en la placa Raspberry Pi3	116
ANEXO J Creación de la cuenta en la plataforma ThingSpeak.....	117
ANEXO K Ficha de observación.....	118
ANEXO L Precio de los productos para importación.	119
ANEXO M Cálculo del valor de importación	120
ANEXO N Tabla de salarios mínimos sectoriales 2016	122

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es desarrollar un sistema electrónico con aplicaciones IoT de reutilización de aguas grises de la ducha hacia el inodoro para estimar un ahorro de consumo del agua a escala de laboratorio, en el complejo acuático de la Universidad Técnica del Norte. Debido a que no se puede interrumpir o inhabilitar el funcionamiento de las duchas del complejo acuático UTN por la cantidad de usuarios que lo utilizan, se instaló el sistema electrónico de reutilización del agua gris en un hogar del Cantón Pedro Moncayo.

El hardware del prototipo está compuesto por un sensor de flujo basado en el fenómeno de efecto Hall, este sensor envía los datos de medición de la cantidad de agua reutilizada al sistema principal que es una placa Raspberry Pi 3. Este sistema embebido procesa la información, la almacena y la envía hacia la plataforma IoT ThingSpeak, esta plataforma despliega los datos de la cantidad de agua reutilizada en metros cúbicos y el ahorro económico generado en dólares. Además, a la Raspberry Pi 3 se conectó: los sensores de nivel de agua que permite activar y/o desactivar la bomba sumergible para el llenado del tanque del inodoro, siempre y cuando el recipiente de almacenamiento contenga la suficiente cantidad de agua, caso contrario se activa la electroválvula que permite conmutar entre el agua reciclada y el agua potable, de esta forma el tanque de inodoro siempre contendrá agua para realizar la descarga.

El recipiente de almacenamiento del sistema electrónico de reutilización del agua gris consta de un filtro físico/químico diseñado a base de grava que es el elemento físico, el carbón activado y algodón filtrante que son los elementos químicos, los cuales cumplen la función de filtrar y purificar el agua gris, para impedir el ingreso de elementos sólidos al recipiente de almacenamiento y reducir la proliferación de bacterias que generan el mal olor. El sistema electrónico de reutilización del agua gris proveniente de la ducha, reduce el consumo de agua potable en aplicaciones que no demanden la calidad de misma como es el caso del inodoro, lo cual aparte de generar un ahorro económico mensual también genera un beneficio al medio ambiente.

SUMMARY

The objective of this work is to develop an electronic system with the “IoT applications” to reuse gray water of the shower tower toilet to estimate a saving of water consumption a laboratory scale, in the “Complejo Acuatico de la Universidad Técnica del Norte”. Because it is not possible interrupt or disable the functioning of the showers of the aquatic complex by the number of users, so an electronic system of reutilization of the gray water was installed in a home from Pedro Moncayo canton.

The hardware of the prototype has a flow sensor based on the Hall effect phenomenon, this sensor sends the measurement data of the amount of reused water to the main system which is a Raspberry Pi 3 plate. This embedded system processes, store and the wrapping the information towards the IoT ThingSpeak platform, this displays data about the amount of reused water in cubic meters and the economic saving generated in dollars. In addition, the Raspberry Pi 3 was connected to: the water level sensors, which allow to activate and / or deactivate the submersible pump for the filling of the toilet tank, as long as the storage container contains the sufficient amount of water, otherwise, the electronic valves activates and allows gating between recycled and drinking water, in this way the toilet tank will always contain water to realize the discharge.

The storage tank of the gray-reuse water has an electronic system, it consists of a physical / chemical filter, it was designed a gravel base which is the physical element, the activated carbon and the filtering cotton they meet the chemical elements, which function is to filter and purify gray-water to prevent the entry of solid elements to the storage container and to reduce the proliferation of stick bacteria. The electronic system of gray-reuse water of the shower, reduces the consumption of drinking water in applications, they do not demand the quality of the environment.

PRESENTACIÓN

Los avances tecnológicos en la actualidad buscan el bienestar de las personas, donde se torna en desarrollos tecnológicos que puede ser en un futuro imprescindible para los seres humanos o simplemente una tecnología que quedara para el olvido. Actualmente en Ecuador existen proyectos de gobierno que impulsan a desarrolladores de software y hardware presentar propuestas de avances tecnológicos donde pequeñas ideas pueden convertirse a un futuro de gran impacto social y tecnológico.

Por tal motivo, se considera que, la reutilización de las aguas grises en usos que no demanden la calidad de la misma como es el caso del inodoro, genera un ahorro económico, así como un beneficio al medio ambiente debido a la reducción de la cantidad de las aguas servidas.

En el capítulo I se analiza el problema que origino esta investigación, la justificación del porque se realizó este proyecto, los objetivos que se debieron llevar a cabo para la solución del problema y el alcance que tuvo esta investigación en cuanto a la reutilización de las aguas grises.

En el capítulo II se realiza la revisión bibliográfica de los contenidos relacionados con el tema de investigación como son: los estándares y protocolos de comunicación para IoT, definición de hardware y software libre, otro aspecto que se detalló en este capítulo es acerca de las aguas grises, sus características, aplicaciones y los sistemas de reutilización de las mismas.

En el capítulo III mediante el uso del Modelo en V para desarrollo de software se realiza un proceso ordenado y estructurado para determinar los requerimientos de este proyecto, basándose en el estándar IEEE 29148 con la finalidad de seccionar los elementos electrónicos que más se ajuste a los requerimientos. En este capítulo también se realiza el diseño del sistema electrónico para la implantación y pruebas del mismo.

Finalmente, en el capítulo IV se presenta las conclusiones obtenidas en el desarrollo del proyecto y recomendaciones sobre el mismo.

Este proyecto está orientado al Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV), que en uno de sus objetivos dice que todas las personas tienen el derecho a los servicios de básicos como el agua potable, garantizando la calidad de la misma. También garantiza los derechos de la naturaleza y promueve la sostenibilidad ambiental, territorial y global. Reduciendo el consumo innecesario del agua potable en actividades que no demanden la utilización de agua de consumo.

CAPITULO I

1. CONTEXTO DEL PROYECTO

En este capítulo se analizará el problema que origino esta investigación, los objetivos que se deben llevar a cabo para solución del problema, el alcance que tendrá esta investigación en cuanto a la reutilización de las aguas grises y la justificación del porque se debe realizar este proyecto de investigación.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es para la especie humana fuente de vida, nuestro futuro parece está determinado por la escasez de la misma, debido al agotamiento de las fuentes naturales, por el cambio climático, el uso y mal uso de una población creciente que demanda mayor volumen. El agua es un recurso natural que debemos proteger para garantizar el funcionamiento de los ecosistemas y la supervivencia de los seres vivos que los forman. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), una de cada tres personas en el mundo no dispone de agua potable suficiente para satisfacer sus necesidades diarias, 500m³ anuales es la cantidad recomendada para que una persona pueda llevar una vida sana e higiénica. (Howard Guy, 2015)

En cuanto a la contaminación y desperdicio del agua, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), son necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona al día para cubrir las necesidades básicas. Donde aproximadamente el 30% del agua utilizada en el hogar se gasta en la ducha, y el 40% en el inodoro, teniendo en cuenta los actuales niveles de desperdicios de agua esta suma es muy alta y no sostenible a largo plazo.

Debido al gran consumo del agua por habitante la contaminación provoca que muchos ríos a pesar de tener agua corriendo por su cauce, no se puede utilizar para riego o ganadería. Por tanto, se provoca una escasez de agua limitada por la calidad de la misma y no por la cantidad. En la actualidad en el Ecuador no existen sistemas electrónicos de reutilización de aguas grises, por ende, la

contaminación y el excesivo consumo de agua potable no disminuye. Y los gastos de operación, mantenimiento y tratamiento de las aguas servidas aumentan según el volumen de consumo de la población.

Los sistemas de recolección caseras trabajan de forma manual es decir en todo momento tiene la intervención del usuario para su funcionamiento, y no se puede obtener una estadística completa del sistema de reutilización de las aguas grises.

Una agua que a primera vista puede resultar inservible tiene un grado de contaminación que es relativamente bajo y no exige un tratamiento mayor para ser reutilizada donde la calidad no es necesaria como en las cisternas de los baños, el regadío, entre otros, a través de nuevos sistemas eficientes de tratamiento, almacenamiento y distribución que ayudan al medio ambiente y a la economía permite reducir el consumo de agua potable, así como el vertido de agua residuales, disminuyendo el caudal a las fosas sépticas o plantas de tratamiento.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema electrónico con aplicaciones IoT de reutilización de aguas grises de la ducha hacia el inodoro para estimar un ahorro de consumo del agua a escala de laboratorio, en el complejo acuático de la Universidad Técnica del Norte.

1.2.2. Objetivo Específico

- Realizar una revisión sistemática de literatura para determinar las bases teóricas comprendidas en la revisión bibliográfica correspondiente al sistema.
- Definir los requerimientos de stakeholders, tanto de software como de hardware bajo el estándar IEEE 29148 para determinar los materiales a usarse en el sistema.

- Analizar y determinar el hardware y software idóneo en relación a los requerimientos establecidos para el diseño y desarrollo del sistema en relación de la metodología del modelo V.
- Realizar las pruebas de funcionamiento tanto del sistema electrónico como el de la aplicación para la depuración de errores.
- Analizar los datos que se obtengan como resultado del sistema instalado en el complejo acuático UTN para establecer estimadores de ahorro del consumo del agua.

1.3. ALCANCE

Con la culminación de este proyecto se pretende reducir los índices de consumo del agua potable en actividades que no demanden tanta calidad, como en el caso del inodoro. A través de un sistema que contará con filtros que impidan el paso de contaminantes físicos, además sensores que permitan medir la cantidad de agua gris reutilizada, la cual posteriormente será enviada a la cisterna del inodoro con la ayuda de un sistema de bombeo.

Dentro de los materiales electrónicos para la elaboración del sistema se necesitará una placa electrónica que disponga de entradas para la conexión de sensores y con conectividad a internet, también contará con una electroválvula que permita conmutar entre el agua reciclada y la de consumo, en el caso en que el tanque de almacenamiento se encuentre vacío, se utilizará el agua de consumo.

Este proyecto no garantizará el ahorro del agua si el usuario no tiene buenos hábitos al momento de la utilización del agua de consumo. Este sistema también filtrará y purificará las aguas grises, pero no garantizará que este apta para el consumo humano.

El proceso de reciclaje de las aguas grises evitara fugas dentro del sistema reduciendo al máximo el desperdicio, el ahorro dependerá de las condiciones en las que se encuentre las tuberías en el exterior ya que el sistema no determinara fugas externas.

Se utilizará software gratuito, para el proceso de la programación de la placa electrónica y de los sensores. Los datos recopilados por los sensores serán enviados a una plataforma IoT, en donde se observará los resultados de la cantidad de agua reutilizada en metros cúbicos y el ahorro económico generado en dólares.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El agua es uno de los compuestos más abundantes de la naturaleza y cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie de la tierra. Sin embargo, diversos factores limitan la disponibilidad de agua para uso humano. Ya que más del 97% del agua total del planeta se encuentra en los océanos y otras masas salinas. Por encima del 2% se encuentra en estado sólido, hielo, resultando prácticamente inaccesible.

El caso del agua es uno de los ejemplos más claros: un mayor suministro de agua significa una mayor descarga de aguas residuales, por lo que se hace necesario la reutilización de las mismas para prácticas donde no necesariamente se necesita de agua completamente purificada como es el caso de la cisterna del baño.

Según el Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV), todas las personas tienen el derecho a los servicios de básicos como el agua potable, garantizando la calidad de la misma. También garantiza los derechos de la naturaleza y promueve la sostenibilidad ambiental, territorial y global. Donde con este proyecto pretende reducir el consumo innecesario del agua potable en actividades que no demanden la utilización de agua de consumo.

El agua de la ducha se lo puede reutilizar en aplicaciones que no sean de consumo como puede ser en las descargas de los inodoros, en el riego de plantas, en el lavado del automóvil. Este tipo de agua para ser reutilizada deber ser purificada para evitar contaminación del ambiente.

Al momento no se cuenta con un sistema electrónico que permita controlar el proceso de reutilización de las aguas grises, es decir medir la cantidad promedio de agua que se utiliza al bañarse y cuantas descargas se puede realizar al reutilizarla en la cisterna del baño.

Estos datos servirán para calcular el costo de ahorro en el pago del uso de agua.

La reutilización del agua de la ducha seguirá el procedimiento de filtración almacenamiento y purificación. Todo este sistema estará controlado automáticamente por un sistema electrónico es decir no tendrá la intervención del usuario, excepto para verificación de las estadísticas.

Este sistema estará conectado al IoT, que es el término de internet de las cosas. Permitiendo al usuario acceder y verificar la información desde cualquier lugar en el que se encuentre y tengo acceso a internet.

En la actualidad, la mayoría de las viviendas están diseñadas de manera que se destina el uso de agua potable para todas las actividades, sin valorar este recurso como no renovable y que está en peligro de agotarse.

Por eso es necesario plantearse la implementación de un sistema que evite el consumo desmesurado de agua potable en actividades domésticas que no requieran tal cantidad de ella, y la reutilización del agua proveniente del lavamanos, ducha, cocina (aguas grises) en usos que no requieran agua potable, como por ejemplo las cisternas de los inodoros.

Si calculamos que cada persona descarga el inodoro entre tres o cuatro veces al día, una familia de cuatro miembros lo hará entre 12 y 16 veces en total al día, siendo la descarga de un inodoro tradicional de 8 a 15 litros dependiendo del modelo y la antigüedad, solo en esta actividad se consumirían entre 96 y 240 litros diarios que con el sistema de reutilización de aguas grises significaría un ahorro de entre 96 y 240 litros de agua potable.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se realiza la revisión bibliográfica de todas las actividades relacionadas con la búsqueda de información. Como el estudio de investigación está orientado al internet de las cosas se realizará una definición de la misma, así como sus estándares y protocolos de comunicación, también se definirá lo que es hardware y software libre. Otro aspecto que se detallara en este capítulo es acerca de las aguas grises, sus características, aplicaciones y los sistemas de reutilización de las mismas.

2.1. INTERNET DE LAS COSAS (IoT)

Internet of Things (IoT) se está convirtiendo en un tema de conversación cada vez más creciente tanto en el lugar de trabajo y fuera de él. Es un concepto que trata de la conexión de dispositivos a internet.

2.1.1. Introducción

En las últimas décadas los grandes avances en las Tecnologías de la Información y la Comunicación han permitido el acceso a medios cada vez más poderosos como la Internet con relativa facilidad y bajo costo. Actualmente es normal conectarse a Internet diariamente ya sea con fines informativos, sociales, de entretenimiento e incluso laborales y económicos. (Alcaraz, 2014)

Internet de las Cosas (IoT) es un paradigma de comunicación reciente, en el que los objetos de la vida cotidiana estarán equipados con microcontroladores, transceptores de comunicación digital, y pilas de protocolos adecuados que les haga capaces de comunicarse entre sí y con los usuarios, convirtiéndose en una parte integral de la Internet.

IoT representa la próxima evolución de la Internet, que será un enorme salto en su capacidad para reunir, analizar y distribuir datos que podemos convertir en

información, conocimiento y en última instancia, sabiduría. En este contexto, IoT se vuelve inmensamente importante. (Evans, 2011)

Actualmente, IoT está compuesta por una colección dispersa de redes diferentes y con distintos fines. Por ejemplo, los automóviles actuales tienen múltiples redes para controlar el funcionamiento del motor, las medidas de seguridad, los sistemas de comunicación y así sucesivamente. De forma similar, los edificios comerciales y residenciales tienen distintos sistemas de control para la calefacción, la ventilación y el aire acondicionado, la telefonía, la seguridad y la iluminación. A medida que la IoT evoluciona, estas redes y muchas otras estarán conectadas con la incorporación de capacidades de seguridad, análisis y administración, como se observa en la Figura 1. Esta inclusión permitirá que la IoT sea una herramienta aún más poderosa.



Figura 1. Esquema de comunicación de la Internet de las cosas (IoT)
Fuente: (Evans, 2011)

2.1.2. Estándares

Muchas organizaciones trabajan en el proceso de normalización, nos centramos en aquellas que trabajan sobre la IoT y proporcionan una definición para esta. En consecuencia, se consideran las definiciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE), el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF), el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), la Organización para el Avance de Estándares de Información Estructurada (OASIS) y el World Wide Web Consortium (W3C). Esta lista puede ampliarse en el futuro. (Minerva, Biru, & Rotondi, 2015)

2.1.2.1. IEEE

El IEEE es una organización global de ingeniería, profesional, cuya misión es promover la innovación tecnológica y la excelencia en beneficio de la humanidad. Uno de los proyectos que se relaciona directamente con la IoT es el IEEE P2413.

El alcance de IEEE P2413 es definir una arquitectura, frente a las descripciones de diversos dominios de la IoT, las definiciones de las captaciones de dominio de la IoT, y la identificación de puntos en común entre diferentes dominios de la IoT. IEEE P2413 está considerando actualmente la arquitectura de la IoT como de tres niveles (Logvinov, 2016), las capas del estándar IEEE P2413 se encuentran explicadas en la Figura 2.

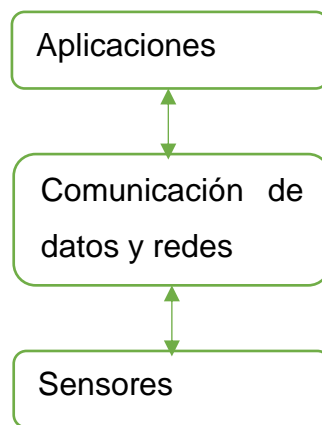


Figura 2. Diagrama de la Arquitectura de tres niveles de la IoT según el IEEE
Fuente: (Logvinov, 2016)

2.1.2.2. UIT

La UIT es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Asigna el espectro radioeléctrico y órbitas satelitales a nivel mundial, desarrolla las normas técnicas que garanticen las redes y tecnologías de interconexión a la perfección y se esfuerza por mejorar el acceso a las TIC a comunidades en todo el mundo.

Internet de las cosas (IoT) se ha definido en la Recomendación UIT-T Y.2060, como una infraestructura global para la sociedad de la información, lo que

permite servicios avanzados mediante la interconexión de las cosas (físicas y virtuales) en base a la información existente y evolución interoperable y tecnologías de la comunicación. (ITU-T, 2015).

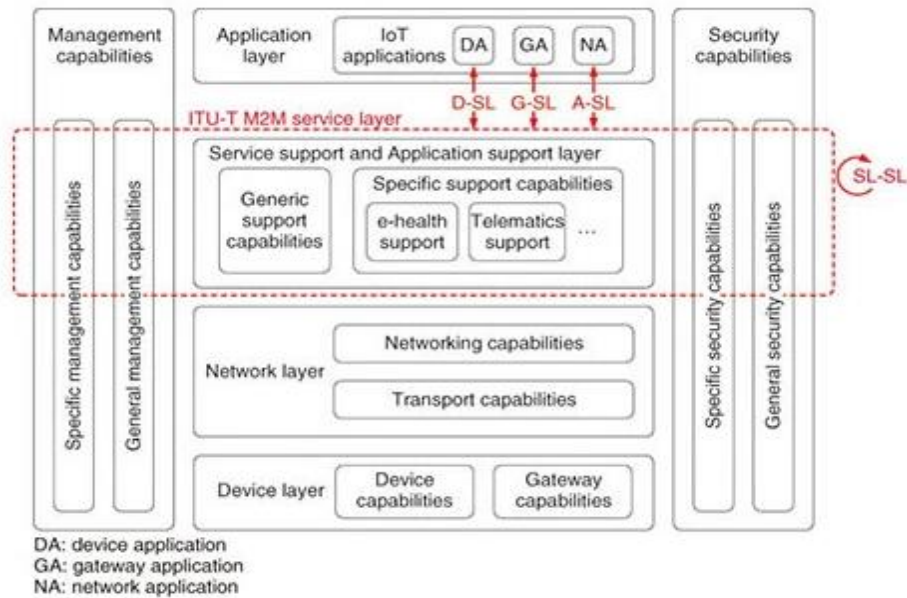


Figura 3. Estructura del Modelo de Referencia de la IoT según la UIT
Fuente: (ITU-T, 2015)

Las capas principales de la arquitectura de la IoT, según el modelo de referencia de la UIT-T, como se muestra en la Figura 3, son:

- Sensor / máquina
- Comunicación de backbone
- Capa de servicio M2M
- Plataforma de aplicaciones

2.1.3. Modelo de referencia de la IoT

La tendencia se inclina a dar solución a dos problemas fundamentales: buscar una forma estándar de acceso al medio y a los dispositivos, y por otra parte buscar la forma de integrar los dispositivos a la Internet. (González, 2013). El modelo de referencia de la IoT está compuesto por cuatro capas como se puede observar en la Figura 4.

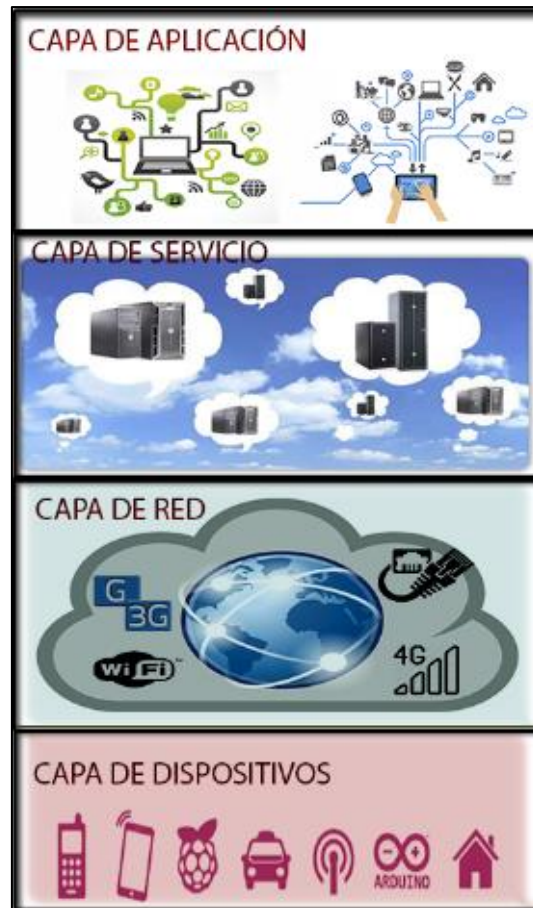


Figura 4. Diagrama del modelo de referencia de la IoT.
Fuente: (Carrez, 2013)

2.1.3.1. Capa de dispositivos

La capa de dispositivos conecta todo con la Internet y es la infraestructura clave para IoT. Consta de una gran variedad de dispositivos y sensores los cuales permiten obtener datos en cualquier lugar, la tecnología inalámbrica que está basada en IEEE 802.15.4 y sus protocolos, tales como ZigBee, 6LowPAN, y Wireless, cuyas características más importantes son la flexibilidad de la red, bajo costo y bajo consumo de energía por parte de los dispositivos al cubrir cortas distancias y emplear tasas de transmisión bajas, por lo tanto, es más fácil de implementar y permite trabajar con dispositivos de recursos limitados, como es el caso de la mayoría de los elementos de la IoT, esta capa realiza dos funciones.

- Función de dispositivo
- Función de Gateway

2.1.3.2. Capa de red

La Capa de Red provee principalmente los servicios de envío, enrutamiento (routing) y control de congestión de los datos (paquetes de datos) de un nodo a otro en la red. El propósito de esta capa es el de formar una interface entre los usuarios de una máquina y la red.

Es la infraestructura de redes alámbricas e inalámbricas y consta de los siguientes tipos de funciones:

- **Función de Red:** proporciona funciones de control, de recursos de transporte, la gestión de la movilidad o la autenticación, autorización y contabilidad (AAA).
- **Función de Transporte:** es responsable de proporcionar la conectividad para el transporte de la información a una aplicación específica.

2.1.3.3. Capa de servicio

Esta capa es definida como computación en la nube ya que es la nueva apuesta tecnológica que basa su funcionamiento en la vitalización de los servicios de computación tales como Software, plataformas de desarrollo e infraestructura, todo a través de internet. (Rubiano, 2011). Esta capa consta de dos grupos:

- **Función de soporte general:** estas funciones son utilizadas por diferentes aplicaciones para el procesamiento o almacenamiento de datos.
- **Función de soporte específico:** estas funciones se adaptan a las necesidades o requerimientos de cada aplicación.

2.1.3.4. Capa de aplicaciones

La capa aplicación define las aplicaciones y los servicios de la IoT que puede hacer uso el usuario final.

2.1.4. Protocolos para IoT

Existe una gran variedad de protocolos de comunicación que pueden aplicarse para el internet de las cosas, dentro de los cuales los más actuales se detallan a continuación.

2.1.4.1. Constrained Application Protocol (CoAP)

El CoAP es un protocolo de capa aplicación que ha sido diseñado y utilizado a través de redes restringidas tales como las redes 6LoWPAN. Para beneficiarse de las tecnologías basadas en la web existente, CoAP ha sido diseñado para ser compatible con HTTP¹. Sin embargo, una característica distintiva de CoAP es el uso de User Datagram Protocol ²(UDP) como protocolo de capa de transporte en lugar de TCP³. Sin embargo, debido a la naturaleza de la conexión UDP, CoAP puede proporcionar un mecanismo de fiabilidad ligero dividiendo el protocolo en 2 capas. (Thamer A. Alghamdi, Aboubaker Lasebae, Mahdi Aiash, 2013), como se muestra en la Figura 5.

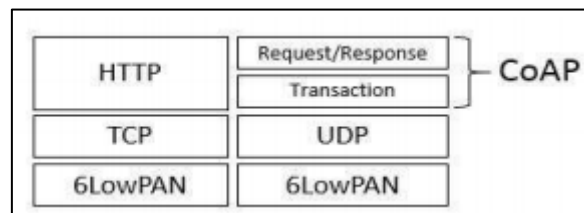


Figura 5 Pila de Protocolos CoAP y HTTP.

Fuente: (Thamer A. Alghamdi, Aboubaker Lasebae, Mahdi Aiash, 2013)

La capa de petición/respuesta es responsable de la manipulación de los recursos mediante la definición de los métodos (GET, PUT, DELETE, y POST), mientras que la capa de transacción se da cuenta el mecanismo de fiabilidad cuando se procesan los mensajes, así como proporciona la detección de mensajes de duplicación. En la capa de Transacción, un mensaje podría ser una de cuatro tipos:

1 HTTP HyperText Transfer Protocol (Protocolo de transferencia de hipertexto) es el método más común de intercambio de información en la web.

2 UDP (Protocolo de datagrama de usuario) es un protocolo no orientado a conexión, es decir, no proporciona detección de errores.

3 TCP (Protocolo de Control de Transmisión) es un protocolo orientado a conexión, es decir, que permite que dos máquinas que están comunicadas controlen el estado de la transmisión.

- Confirmable (se requiere confirmación).
- No Confirmable (no se requiere un ACK).
- Acuse de recibo (para ACK con mensajes).
- Reset (El mensaje se recibe, pero no se pudo procesar).

CoAP intercambia mensajes de forma asíncrona a través de UDP y por lo tanto consume menos energía en comparación con HTTP. Uno de los principales objetivos de CoAP es diseñar un protocolo web genérico para las situaciones que se dan en los ámbitos de redes de bajo consumo y capacidad, considerando principalmente el control de consumo de energía. (Gimenez, 2013)

Arquitectura CoAP

Como HTTP, CoAP es un protocolo de transferencia de documentos. A diferencia de HTTP, CoAP está diseñado para las necesidades de los dispositivos comprimidos. Los paquetes son fáciles de generar y se pueden analizar en su lugar sin consumir memoria RAM adicional en dispositivos comprimidos.

CoAP está diseñado para interoperar con HTTP y la Web REST en general a través de proxys simples, como se muestra en la Figura 6.

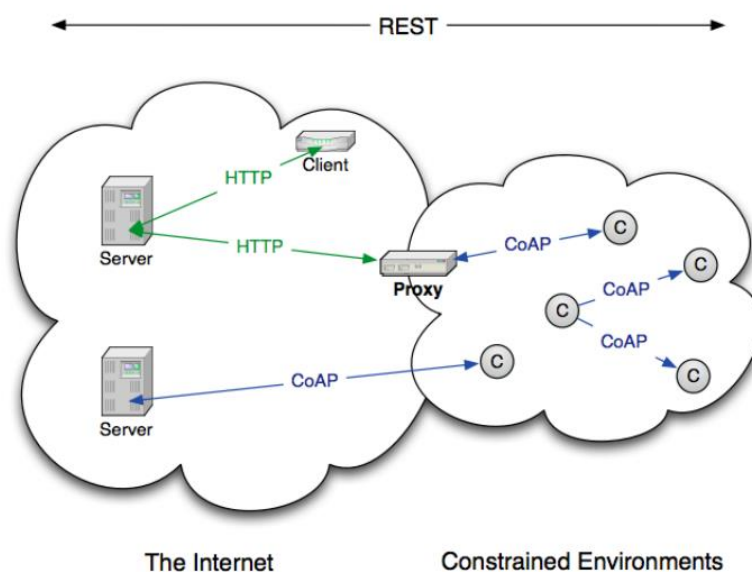


Figura 6. Diagrama de Arquitectura CoAP.
Fuente: (Cesana, 2014)

Formato de mensaje

CoAP se basa en el intercambio de mensajes compactos que, por defecto, son transportados a través de UDP (es decir, cada mensaje CoAP ocupa los datos sección de un datagrama UDP). Los mensajes CoAP se codifican en un simple formato binario. El formato de mensaje comienza con una cabecera de tamaño fijo de 4 bytes. Esto es seguido por un valor simbólico de longitud variable, que puede ser entre 0 y 8 bytes de largo. Siguiendo viene el Token una secuencia de cero o más opciones CoAP en formato tipo-longitud-valor (TLV), opcionalmente seguido por una carga útil que ocupa el resto de los datagramas, como se puede observar en la Figura 7.

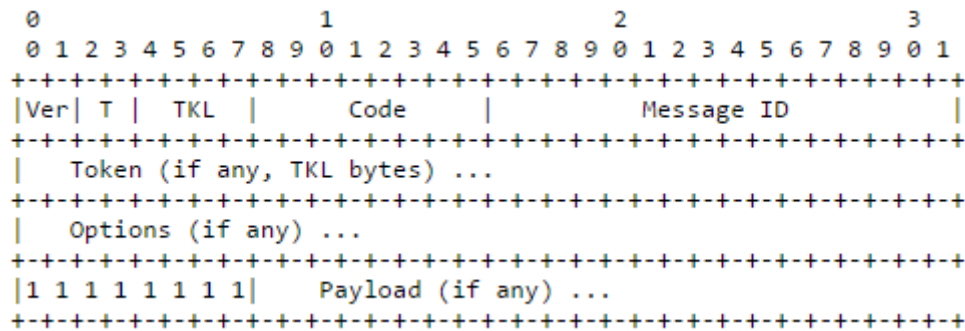


Figura 7. Formato de mensaje CoAP
Fuente: (Shelby, Hartke, & Bormann, 2014)

Los campos del formato del mensaje se definen a continuación:

- **Versión (Ver):** Campo de 2 bits. Indica el número de versión CoAP. Implementaciones de esta especificación deberá establecer este campo a 1 (01 binario). Otros valores están reservados para futuras versiones. Los mensajes con números de versión desconocidos deben ser ignorado sin advertencias.
- **Tipo (T):** Campo de 2 bits. Indica si este mensaje es de tipo Confirmables (0), no confirmables (1), Reconocimiento (2), o en Restablecer (3).
- **Token Length (TKL):** Campo de 4 bits. Indica la longitud del campo de Token-longitud variable (0-8 bytes). Longitudes de 9-15 están reservados,

no deberán ser enviados, y debe ser procesado como un error de formato de mensaje.

- **Código (Code):** Campo de 8 bits, dividido en una clase de 3 bits (bits más significativos) y un detalle de 5 bits (bits menos significativos), documentado como “c.dd”, donde “c” es un dígito de 0 a 7 para el subcampo de 3 bits y “dd” son dos dígitos del 00 al 31 para el subcampo de 5 bits.
- **ID del mensaje (Message ID):** Campo de 16 bits. Se utiliza para detectar la duplicación de mensajes y para que coincida con mensajes de tipo Reconocimiento / Reinicio para mensajes de tipo Confirmables / No-Confirmable.
- **Opciones CoAP:** provee los parámetros para rellenar peticiones.
- **Carga útil CoAP (Payload):** contiene el cuerpo del mensaje.

Seguridad

Debido a que CoAP se construye en la parte superior de la UDP y no TCP, SSL/TLS ⁴no están disponibles para proporcionar seguridad. DTLS, Datagram Transport Layer Security ofrece las mismas garantías que TLS, pero para las transferencias de datos a través de UDP. El protocolo DTLS está diseñado para asegurar los datos entre aplicaciones que se comunican.

Está diseñado para funcionar en el espacio de aplicaciones, sin requerir ninguna modificación del núcleo. El transporte de datagramas no requiere proporcionar entrega confiable o en el orden de los datos. El protocolo DTLS conserva esta propiedad para datos de carga útil. Las aplicaciones como streaming de medios de comunicación, la telefonía por Internet, y el uso de juegos en línea de transporte de datagramas para la comunicación debido a la naturaleza sensible al retardo de los datos transportados. El comportamiento de este tipo de aplicaciones es sin cambios cuando se utiliza el protocolo DTLS para asegurar la comunicación, ya que el protocolo DTLS no compensa el tráfico de datos perdidos o reordenada.

⁴ SSL (Secure Sockets Layer) Capa de Conexiones Seguras. Es un protocolo que hace uso de certificados digitales para establecer comunicaciones seguras a través de Internet. TLS (Transport Layer Security) El protocolo TLS (seguridad de la capa de transporte) es solo una versión actualizada y más segura de SSL.

2.1.4.2. Message Queue Telemetry Transport (MQTT)

MQTT es un protocolo de la capa aplicación diseñada para dispositivos con recursos limitados. Es un protocolo de comunicaciones del tipo publicar/suscribir diseñado previamente por IBM⁵ y siendo ahora de código abierto. (Gimenez, 2013).

Esto significa que cuando un cliente publica un mensaje a un tema particular, entonces todos los clientes suscritos al tema recibirán el mensaje. Como protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), MQTT se basa en el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) e IP como sus capas subyacentes. Sin embargo, en comparación con HTTP, MQTT está diseñado para tener una sobrecarga de protocolo inferior. (Thangavel, Ma, Valera, Tan, & TAN, 2014)

El protocolo MQTT se ha diseñado para intercambiar mensajes entre pequeños dispositivos con reducido ancho de banda, o conexiones caras, y para enviar mensajes de forma segura.

Está basada en un modelo cliente/servidor donde cada sensor es un cliente que debe conectar a un servidor (bróker) a través de TCP y además está orientada a mensajes, por lo que cada uno de ellos es un paquete de datos para el bróker. Cada mensaje se publica a una dirección conocida como tópico (topic). (Andrew Banks, Rahul Gupta, 2014)

Arquitectura MQTT

La arquitectura de MQTT sigue una topología de estrella, con un nodo central que hace de servidor o “broker” con una capacidad de hasta 10000 clientes. El broker es el encargado de gestionar la red y de transmitir los mensajes, para mantener activo el canal, Por ejemplo, imaginemos una red simple con tres clientes y un corredor central como se muestra en la Figura 8.

⁵ IBM (International Business Machines). Empresa que fabrica y comercializa hardware, software y servicios relacionados con la informática.

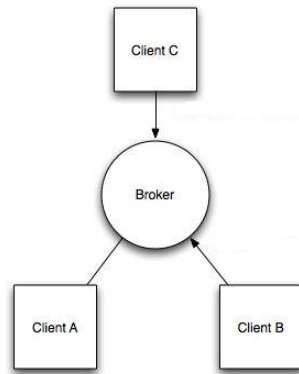


Figura 8. Diagrama de la Arquitectura MQTT
Fuente: (Jaffey, 2014)

Formato de mensaje

Los mensajes son reducidos gracias al pequeño tamaño de las cabeceras del protocolo y a la carga del mensaje en matriz de bytes. Las cabeceras constan de una cabecera fija de 2 bytes y de hasta 12 bytes de otras cabeceras variables adicionales. El protocolo utiliza 12 bytes de cabeceras variables para suscribirse y conectarse y sólo 2 bytes para cabeceras variables para la mayoría de las publicaciones. Todos los mensajes con el protocolo MQTT tienen la misma cabecera (Fixed Header) dicha cabecera consta de los siguientes campos como se muestra en la Figura 9.

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
byte 1	Message Type			DUP flag		QoS level		RETAIN
byte 2	Remaining Length							

Figura 9. Formato mensaje MQTT
Fuente: (Martos Egea , 2011)

A continuación, se detallará el significado de cada campo y para qué se utiliza.

- Tipo de mensaje (Message Type). Relaciona los tipos de mensajes, que componen el protocolo MQTT, Los más importantes son CONNECT (0), PUBLISH (3), SUBSCRIBE (8), UNSUBSCRIBE (10) y DISCONNECT (14).
- DUP flag. Este flag se utiliza cuando el cliente o el servidor intentan reenviar un mensaje PUBLISH, PUBREL, SUBSCRIBE o UNSUBSCRIBE.

- Calidad de servicio (QoS). El servicio MQTT entrega los mensajes de acuerdo a los niveles definidos de la calidad del servicio en el mensaje de tipo PUBLISH. Indica si requiere o no recibir reconocimiento de los mensajes que se han enviado.
- RETAIN. El flag sólo se utiliza para los mensajes de tipo PUBLISH. Si se envía un mensaje PUBLISH a un tema con el flag retain activado, se guardará el mensaje para poder enviarlo a los usuarios que se suscriban más tarde al tema.
- Remaining length. Representa el número de bytes que restan del mensaje, incluyendo los datos de la cabecera variable y el payload.

Seguridad

MQTT puede requerir nombre de usuario y contraseña de autenticación de los clientes que se conecten. Para asegurar la privacidad, la conexión TCP puede ser cifrada con SSL/ TLS. La principal ventaja de TLS es que proporciona un canal orientado a la conexión transparente. Por lo tanto, es fácil asegurar un protocolo de aplicación mediante la inserción de TLS entre la capa de aplicación y la capa de transporte. Sin embargo, TLS debe pasar por un canal de transporte fiable, normalmente TCP. Por lo tanto, no se puede utilizar para proteger el tráfico de datagramas no fiable.

Los certificados SSL (capa de sockets seguros) son una pieza esencial de la seguridad de los sitios web. Al visitar un sitio web con SSL, el certificado SSL del sitio web permite cifrar los datos que se envían, de modo que ningún hacker pueda acceder a ellos.

2.1.4.3. Diferencia entre MQTT y CoAP

La principal diferencia entre CoAP y MQTT es que el primero se ejecuta en la parte superior del User Datagram Protocol (UDP) mientras que el segundo se ejecuta en la parte superior de TCP. Como UDP no es inherentemente fiable, CoAP proporciona su propio mecanismo de fiabilidad. Esto se logra con el uso de

“mensajes confirmables “y” mensajes no confirmables”. Los mensajes confirmables requieren un reconocimiento mientras que los mensajes no confirmables no necesitan un acuse de recibo. Se han resumido las principales diferencias entre COAP y MQTT en la Tabla 1.

Tabla 1. Las principales diferencias entre MQTT y COAP

	MQTT	COAP
Capa Aplicación	Una sola capa completamente	Una sola capa con 2 sub capas conceptuales (capa de mensajes y capa de respuesta de solicitud)
Capa Transporte	Se ejecuta sobre TCP	Se ejecuta sobre UDP
Mecanismo de Confiabilidad	de 3 Niveles de Calidad de servicio	Mensajes confirmables, Mensajes no confirmables, Mensajes de confirmación y retransmisiones
Arquitectura de Soporte	Publicar-Suscribir	Solicitud-respuesta, observar Recursos / publicación-suscripción

Fuente: (Jaffey, 2014)

MQTT no ofrece soporte para el etiquetado de los mensajes con tipos u otros metadatos para ayudar a los clientes a comprender la misma. En MQTT los mensajes se pueden utilizar para cualquier fin, pero todos los clientes deben conocer los formatos de mensaje por adelantado para permitir la comunicación.

En CoAP, por el contrario, proporciona soporte incorporado para la negociación de contenido y el descubrimiento permitiendo que los dispositivos puedan encontrar formas de intercambio de datos.

Otra diferencia entre COAP y MQTT es la disponibilidad de diferentes niveles de QoS⁶. MQTT define 3 niveles de calidad de servicio, mientras que COAP no proporciona QoS diferenciados.

2.1.5. Tecnologías del Internet de las Cosas

Las tecnologías de comunicación permiten el intercambio automático de información entre máquinas, equipos, módulos individuales y sistemas completos, sin ningún tipo de intervención humana. A continuación, se detallan las tecnologías utilizadas para el internet de las cosas.

2.1.5.1. Machine to Machine (M2M)

Máquina a Máquina (M2M) es un paradigma de comunicación emergente que proporciona conectividad ubicua entre dispositivos, junto con la capacidad de comunicarse de manera autónoma, no requiere ninguna intervención humana. Las comunicaciones M2M actúan como una tecnología que permite la realización práctica del Internet de las Cosas (IoT). (Aijaz & Aghvami, 2015)

La comunicación M2M se realizará a través de una serie de tecnologías y redes. En general, las redes M2M se pueden dividir en dos grandes dominios; capilar M2M y las redes celulares M2M. En las redes M2M capilares, los dispositivos M2M forman una red de dispositivo de área en el que la conectividad se proporciona a través de las tecnologías de comunicación de corto alcance (como ZigBee, Wi-Fi, etc.). La conectividad de área extensa se proporciona a través de una puerta de enlace. Las redes capilares M2M se caracterizan generalmente por gran número de dispositivos de bajo costo y baja complejidad, con requisitos de alta eficiencia energética y fiabilidad, las implementaciones no planeados, índices

⁶ QoS es el acrónimo de Quality of Service, o calidad de servicio, que establece diversos mecanismos destinados a asegurarnos la fluidez en el tráfico de la red.

de pérdidas de paquetes, el uso de las tecnologías de la capa de enlace de baja potencia, etc. Este tipo de redes también se conoce como redes de baja potencia y con pérdida (LLNS). En las redes M2M de celulares, los dispositivos M2M están equipados con tarjetas SIM integrados y tienen la capacidad de comunicarse de manera autónoma con la red celular como un equipo de usuario normal. (Aijaz & Aghvami, 2015)

OneM2M es una asociación mundial para el desarrollo de normas de máquina a máquina (M2M) que permite la implementación a gran escala de la IoT. OneM2M no ofrece una definición precisa de los sistemas M2M para IoT; En cambio, proporciona una lista exhaustiva de los requisitos que un sistema M2M / IoT, como se muestra en la Figura 10.

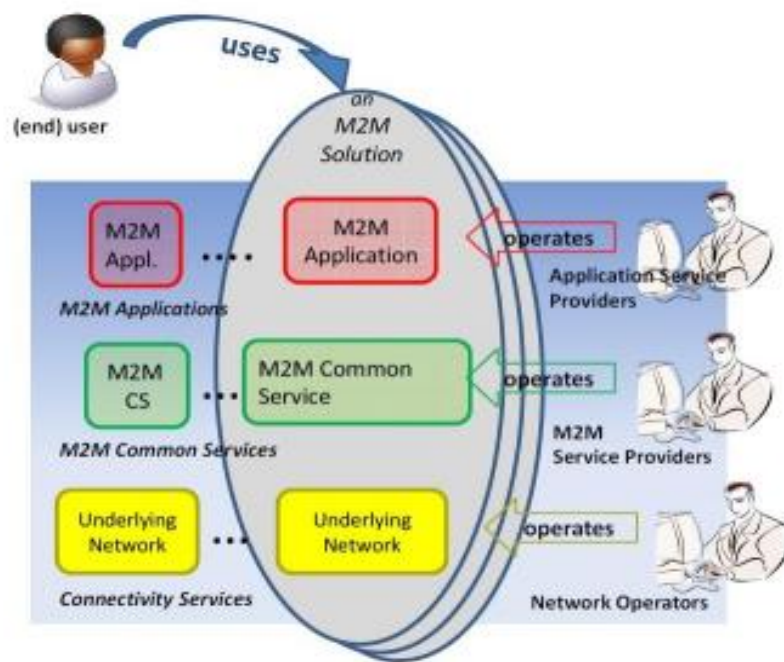


Figura 10. Roles funcionales en el ecosistema M2M
Fuente: (Minerva, Biru, & Rotondi, 2015)

Las entidades funcionales y sus requisitos en esta ilustración se describen a continuación:

- 1) El usuario (persona o empresa, el usuario final):
 - Utiliza una solución M2M.

- 2) El proveedor de servicios de aplicaciones:
 - Proporciona un servicio de aplicaciones M2M.
 - Funciona aplicaciones M2M.
- 3) El proveedor de servicios M2M
 - Proporciona servicios M2M a los proveedores de servicios de aplicaciones
 - Opera servicios comunes M2M
- 4) El operador de la red:
 - Proporciona conectividad y servicios relacionados para proveedores de servicios M2M
 - Opera una red subyacente. Dicha red subyacente podría ser una red de telecomunicaciones.

OneM2M proporciona un estándar detallado para M2M / IoT en relación con la arquitectura, las interfaces, la seguridad, los protocolos de comunicación y similares. El oneM2M tiene un modelo de capas, que está representado como se muestra en la Figura 11.

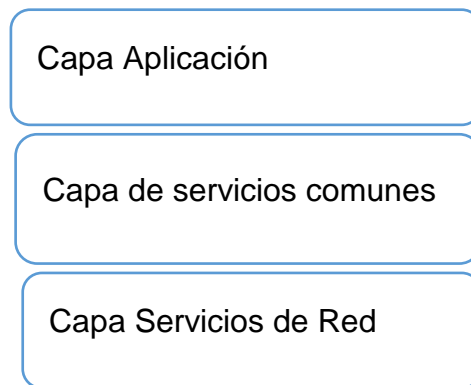


Figura 11. Diagrama del modelo en capas oneM2M
Fuente: (Minerva, Biru, & Rotondi, 2015)

- Capa de aplicación: comprende aplicaciones oneM2M y negocios relacionados y lógica de funcionamiento.
- Capa de servicios comunes: consiste en funciones de servicio que permiten a las aplicaciones oneM2M (por ejemplo, de gestión, de descubrimiento y de aplicación de la política).
- Capa de servicios de red: proporciona funciones de transporte, conectividad y servicios.

2.1.6. Áreas de aplicación.

Internet de las Cosas puede ser aplicado en diferentes áreas, todo depende de la creatividad y el uso que quieran darle el desarrollador. (Maroto, 2014). A continuación, se detallan las áreas antes mencionadas.

2.1.6.1. Transporte/logística

La sincronización continua de la información mediante el seguimiento y rastreo en tiempo real de objetos permitirá mejorar no sólo la cadena de suministro, sino también el posicionamiento global y la identificación automática de las mercancías. Además, gracias al IoT disminuirá el consumo de energía. Los sistemas integrados y la conectividad en autobuses, logra aumentar la seguridad, ofrecer un mejor servicio y hacer las operaciones más eficientes. (Cisco, 2015)

2.1.6.2. Casas inteligentes

Con este sistema los edificios se convertirán en casas inteligentes que les permitirá saber qué es lo que ocurre dentro de ellas como es el caso del uso de recursos en cuanto al agua y la energía, ser más seguras ante un robo, incendio e incluso detectar intrusos garantizando la comodidad y seguridad de sus usuarios.

2.1.6.3. Ciudades inteligentes

Se considera una ciudad inteligente a las zonas urbanas donde utilizan aplicaciones IoT para controlar los aparcamientos, el tráfico, el alumbrado público entre otros, que mejoran la calidad de vida de quienes habitan en ese lugar.

2.1.6.4. Fábrica inteligente

En una cadena de suministro global, las empresas serán capaces de realizar un seguimiento de todos sus productos por medio de las etiquetas de identificación

por radiofrecuencia (RFID⁷). Como consecuencia, las empresas reducirán sus gastos operativos y mejorarán su productividad debido a una mayor integración con la planificación de recursos empresariales y de otros sistemas. Además, el mantenimiento de la maquinaria se verá facilitada por sensores conectados, lo que permitirá la monitorización en tiempo real del estado y el rendimiento de los equipos de la fábrica.

2.1.6.5. Retail

Las empresas, tiendas y clientes se pueden beneficiar al utilizar las aplicaciones IoT en Retail, pues permitirá comparar precios, calidad y promociones entre productos existentes en las tiendas.

2.1.6.6. E-Salud

En el ámbito de la Salud las aplicaciones IoT buscan controlar y prevenir enfermedades y sus posibles complicaciones, permitiendo al paciente mantenerse en contacto con un especialista que monitoreara su estado actual de salud, mejorando la satisfacción por la atención brindada.

2.1.6.7. Smart Energy/Smart Grid

Permitirá monitorear y controlar las redes, detectando formas de ahorro de energía, siendo importante la medición inteligente de la misma.

2.1.6.8. Tecnología

En la actualidad existe una gran variedad de sensores para IoT como son los sensores de luminosidad, humedad, contaminación, GPS, entre otros, sin embargo, aún se puede lograr reducir tamaño y costo mejorando su precisión y potencia. (Alcaraz, Internet de las Cosas, 2010)

⁷ RFID por sus siglas en inglés (radio frequency identification), es una tecnología de identificación remota e inalámbrica en la cual un dispositivo lector se comunica a través de una antena mediante ondas de radio.

2.2. HARDWARE Y SOFTWARE

El hardware es el componente electrónico o cualquier otro elemento físico involucrado en un sistema y el software es la parte lógica que permite crear aplicaciones según las necesidades de los usuarios.

En la actualidad existen una gran cantidad en cuanto a hardware y software, para este estudio se definirá el software y hardware libre.

2.2.1. Open Source Hardware (OSH)

El término “código abierto” al principio aplicado a proyectos de software con código fuente público y disponible para que otros puedan modificar, mejorar y compilar. Entonces a menudo requerían que proyectos de software modificados liberaran su código original según los términos “código abierto”. Actualmente”, el código abierto” también está disponible para el hardware que proyecta e incluye diseños de la placa de circuito impreso. (Harnett, 2011)

Dentro de los elementos de hardware libre tenemos Arduino que es una compañía de hardware libre y una comunidad tecnológica que diseña y manufactura placas de desarrollo de hardware y software, compuesta respectivamente por circuitos impresos que integran un microcontrolador y un entorno de desarrollo (IDE), en donde se programa cada placa.

Toda la plataforma, tanto para sus componentes de hardware como de software, son liberados con licencia de código abierto que permite libertad de acceso a ellos. (Arturo & Ernesto, 2012). Arduino cuenta con una gran variedad de placas electrónicas para desarrollo entre las cuales a continuación mencionaremos algunas de ellas:

- **Arduino Yún.** - La principal característica es su capacidad de conectarse a Internet. Esto lo logra ya sea a través del puerto de red IEEE 802.3 10/100Mbit/s que viene integrado a la placa o bien por medio de Wifi IEEE

802.11b/g/n. Además, esta placa cuenta con un lector MicroSD⁸, una memoria RAM 64 MB⁹ y una memoria Flash de 16 MB.

- **El Arduino TRE.** - Es un Linux basado en un procesador Sitara que puede ejecutar aplicaciones de escritorio de alto rendimiento, algoritmos de procesamiento intensivo o comunicaciones de alta velocidad. Posee un puerto Ethernet 10/100 y una memoria RAM de 512 MB.

Intel es otra de las empresas que se dedican a la fabricación de placas de desarrollo, en la cual tenemos la Intel Galileo que tiene las siguientes características un puerto ethernet de 100 Mbits, una ranura micro-SD, un puerto RS-232, otro puerto USB y 8 MBytes de memoria Flash.

También dentro de fabricantes de hardware libre tenemos lo que es Raspberry Pi Foundation que trabaja para poner el poder de la toma digital en las manos de las personas en todo el mundo. Proporciona computadores de alto rendimiento de bajo costo que usa la gente para aprender, resolver problemas y divertirse.

2.2.2. Open Source Software (OSS)

Software de código abierto es software cuyo código fuente está disponible para su modificación o mejora. El Código fuente es la parte del software que la mayoría de los usuarios de computadoras no siempre ven; que es el código de los programadores de computadoras pueden manipular para cambiar la forma de una pieza de software de un programa.

Los programadores que tienen acceso al código fuente de un programa pueden mejorar el programa mediante la adición de características a ella o la fijación de las piezas que no siempre funcionan correctamente. (Adewumi , Misra , & Omoregbe, 2015)

⁸ Una tarjeta MicroSD (Secure Digital) es una pequeña tarjeta que permite guardar información en dispositivos portátiles como teléfonos móviles, cámaras digitales o tablets.

⁹ MB es un término de la informática, que hace referencia a los megabytes o la cantidad de datos informáticos, que equivalen a un millón de byte.

2.2.3. Plataformas en la nube para IoT

Los avances en la Internet de las cosas (IoT) han proporcionado una infraestructura global de las entidades físicas en red, capaz de monitorear y controlar su estado físico y medio ambiente circundante, así como a exponerse a través de flujos de datos y servicios a través de la red. Varios sistemas de la empresa, por ejemplo, el sistema de gestión de edificios inteligentes y la asistencia sanitaria inteligente, utilizan aplicaciones IoT para optimizar las tareas clave de sus procesos de negocio. Recientemente, el Cloud Computing se ha convertido en el factor clave para el diseño de sistemas IoT a gran escala.

Los investigadores reconocen los beneficios de la explotación de la computación en nube para los sistemas de IoT, ya que podría ofrecer mejores soluciones para soportar aplicaciones de IoT en términos de virtualización de dispositivo, el aprovisionamiento de sensores virtuales y actuadores, y la provisión de infraestructura de ejecución adecuado para aplicaciones intensivas del recurso de IoT. (Nastic , Sehic, Vögler, Truong , & Dustdar, 2013)

Las plataformas en la nube para aplicaciones IoT se pueden acceder de forma gratuita o limitada dependiendo de las funciones que necesite el usuario. Entre los cuales nombramos algunos de una gran variedad que existen.

- **ThingSpeak.** -Una plataforma de datos abierta para el Internet de las cosas, ThingSpeak permite la recolección de datos en tiempo real con una API abierta y sofisticadas capacidades de procesamiento de datos y análisis. Con plugins, visualizaciones de datos y la capacidad de integrar sus datos con una variedad de plataformas de terceros, sistemas y tecnologías, incluyendo otras plataformas líderes de la IoT como Raspberry Pi y Arduino.
- **Xively.** - Permite a las empresas aprovechar el Internet de las cosas para obtener una visión de negocios del mundo físico. Esta plataforma se basa en la nube pública, soporta millones de dispositivos en tiempo real, API

REST compatible con los formatos de datos JSON, XML y CSV, Bibliotecas de servidor para Ruby, Python, Java y más.

- **Carriots.** - Es una plataforma que permite a las empresas conectar fácilmente dispositivos a la Internet. Con los protocolos de dos vías de comunicación, las capacidades basadas en reglas, y soporte para cualquier tipo de dispositivo, cualquier hardware Arduino, Raspberry Pi, Nanode y más, Carriots es una solución completa para unir rápidamente la revolución IoT. Esta plataforma permite conectar hasta 10 dispositivos de forma gratuita.
- **Oracle IoT.** - Apuntan a reinar en la enorme cantidad de datos como resultado de la Internet de las cosas, facilitando la comunicación perfecta entre todos los elementos de la arquitectura de la IoT. Oracle permite una respuesta en tiempo real y captura de datos de millones de puntos finales de dispositivos. Esta plataforma es gratuita.
- **Zatar IoT.** - Una nueva infraestructura basada en la nube que detecta automáticamente los dispositivos y los conecta a Internet, mediante la conexión de todos los dispositivos de la misma plataforma, todos los dispositivos conectados y sus respectivos usuarios pueden compartir datos y colaborar sin problemas. Esta plataforma es pagada.

Los datos en tiempo real en Internet no necesariamente significan que la información está disponible en el momento en el que se recopila o en el momento en el que se envía, sino que todo dato y/o información que se actualiza en forma regular que cambia con frecuencia.

2.3. AGUAS GRISES

Las aguas grises, se refiere a las aguas residuales generadas a partir de usos domésticos como bañarse y lavar la ropa. A continuación, se realizará una definición de la misma, así como; la calidad, la cantidad, sus aplicaciones y los tratamientos que se realizan para la reutilización en usos que no requieran una gran calidad de agua potable.

2.3.1. Introducción

La escasez cada vez mayor de las aguas dulces debido al crecimiento demográfico, a la urbanización y, probablemente, a los cambios climáticos, que han dado lugar al uso creciente de aguas residuales para la agricultura, la acuicultura, la recarga de aguas subterráneas y otras áreas. Las aglomeraciones urbanas importan gran cantidad de agua limpia para satisfacer las necesidades de agua de sus poblaciones crecientes por lo cual producen grandes volúmenes de aguas residuales que son evacuados rápidamente, descontaminados y eliminados, por lo general en ríos o lagos. (Murthy & Murthy, 2016)

A medida que las presiones sobre los recursos de agua dulce crecen en todo el mundo y como nuevas fuentes de suministro se vuelven cada vez más escasas, caras, o políticamente controvertidas, se están realizando esfuerzos para identificar nuevas formas de satisfacer las necesidades de agua. De especial interés son los esfuerzos para reducir la demanda de agua mediante el aumento de la eficiencia del uso del agua y para expandir la utilidad de las fuentes alternativas de agua que antes se consideraban inutilizables. Entre estas posibles nuevas fuentes de suministro es “aguas grises”.

La reutilización de las aguas grises ofrece una variedad de oportunidades y desafíos. Y las tecnologías de aguas grises, los usos y las políticas varían ampliamente en todo el mundo. La reutilización de las aguas grises puede reemplazar el uso de agua potable en aplicaciones no potables como cisternas del inodoro y el paisajismo. Por ejemplo, muchos hogares tienen un conjunto de tuberías que llevan el agua potable para usos múltiples. En este sistema, todos los dispositivos que utilizan el agua y todas las aplicaciones utilizan una sola calidad de las aguas: altamente considerado el agua potable.

2.3.2. Definición

Las aguas grises, que se define de forma ligeramente diferente en diferentes partes del mundo, generalmente se refiere a las aguas residuales generadas a partir de usos domésticos como bañarse y lavar la ropa. Estas aguas residuales

se distinguen de los más altamente contaminadas “aguas negras” de los inodoros. En muchos sistemas de servicios públicos de todo el mundo, las aguas grises se combinan con las aguas negras en un único flujo de aguas residuales domésticas. Sin embargo, las aguas grises pueden ser de mucho mayor calidad que las aguas negras debido a su bajo nivel de contaminación y mayor potencial para su reutilización.

Cuando se reutiliza aguas grises ya sea en su sitio en sus cercanías, tiene el potencial de reducir la demanda de nuevo suministro de agua, reducir la huella de carbono de la energía y los servicios de agua, y satisfacer una amplia gama de necesidades sociales y económicas. En particular, la reutilización de las aguas grises puede ayudar a reducir los costos por la demanda de agua potable de alta calidad.

El agua gris es cualquiera agua residual domésticas con la excepción de las aguas residuales de los baños, que se conoce como aguas negras. Por lo general, el 50-80% de las aguas residuales domésticas son aguas grises de: fregaderos de cocina, lavavajillas, lavabos, bañeras y duchas. Por supuesto, si se utiliza un inodoro de compostaje, el 100% de su agua residual doméstica es de agua gris.

2.3.3. Características de las aguas grises

El agua gris generada recientemente no es tan desagradable como las aguas negras, pero si no se maneja adecuadamente pronto, puede llegar a serlo. El agua gris se descompone a un ritmo mucho más rápido que las aguas negras y si se almacena para tan poco como 24 horas, las bacterias consumen todo el oxígeno y el agua gris se vuelve anaeróbico y se vuelve séptico. Después de este punto, es más como agua negra - apestoso y un peligro para la salud. De hecho, muchas jurisdicciones tienen regulaciones estrictas sobre la eliminación de las aguas grises, algunos incluso requieren que sea tratada como aguas negras. La característica principal de la contaminación orgánica en el agua gris es su variabilidad.

2.3.4. Categorías de las aguas grises

El agua gris se define como aguas residuales que incluye el agua de los baños, duchas, lavabos, lavadoras, lavavajillas y fregadero de la cocina, pero excluye las corrientes de los inodoros. Las aguas residuales del cuarto de baño, que, incluyendo duchas y bañeras, se denomina aguas grises ligeras. Las aguas grises que incluye los residuos más contaminados como son los lavaplatos y de lavandería y, en algunos casos, los fregaderos de la cocina se llama aguas grises oscuras. Algunas fuentes de aguas grises y sus componentes se presentan en la Figura 12. (Albalawneh & Chang, 2015)

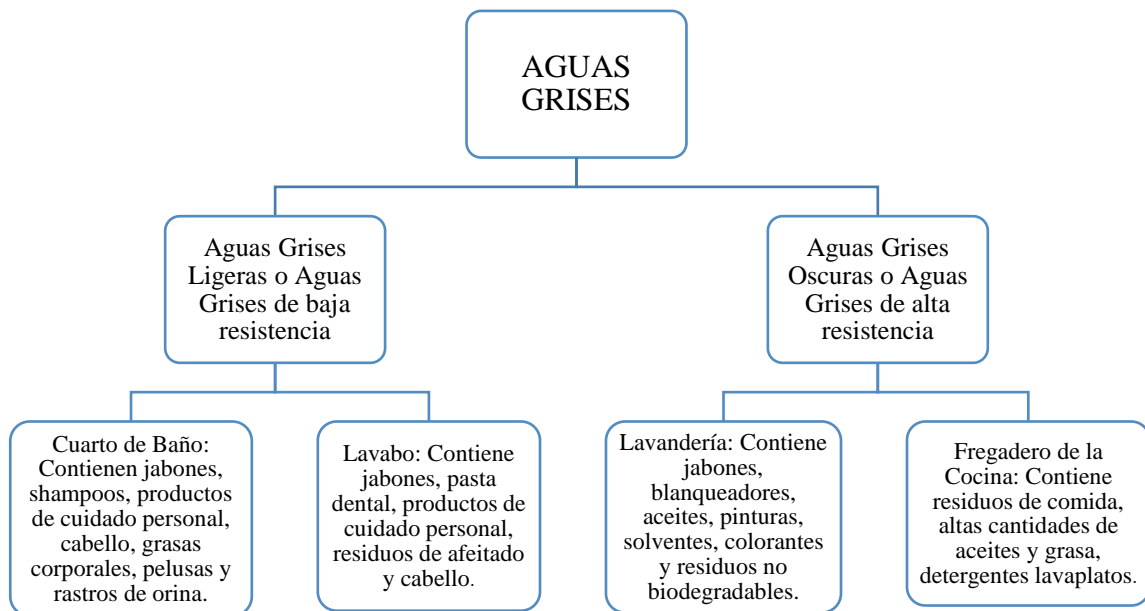


Figura 12. Las fuentes de agua gris y sus constituyentes.

Fuente: (Albalawneh & Chang, 2015)

No todas las aguas grises son “gris”. El agua fregadero de la cocina está cargado con alimentos sólidos y el agua de lavado que se ha utilizado para lavar los pañales están más contaminadas de aguas grises de las duchas y lavabos. A pesar de que las aguas grises de estas fuentes contienen menos patógenos que las aguas negras, muchos organismos reguladores consideran como aguas negras.

2.3.5. Cantidad de aguas grises

El consumo de agua depende siempre de la calidad de los estándares de vida y la disponibilidad de recursos. La cantidad de generación de aguas grises depende del consumo total de agua, el nivel de vida, estructuras de población (es decir, edad, género), hábitos de los residentes, y las instalaciones de agua de una población determinada. Por lo tanto, las aguas grises varían de 50% a 80% del volumen de aguas residuales producidas por los hogares y más del 90% si se instalan inodoros de vacío.

El volumen típico de aguas grises varía de 90 a 120 litros por día (l/p/d), sin embargo, los volúmenes de aguas grises en los países bajos que experimentan escasez crónica de agua que puede ser tan bajo como el 20-30 l/p/d. La cantidad de aguas grises también varía entre el área urbana y rural. (Albalawneh & Chang, 2015)

Al rededor del 27% de las aguas grises se origina en el fregadero de la cocina y lavavajillas, el 47% se origina en el lavabo, baño y ducha, y el 26% se origina a partir de lavandería y la lavadora.

2.3.6. Calidad de las aguas grises

El agua gris se genera como resultado de los hábitos de vida de las personas involucradas. Por lo tanto, sus características son muy variables e influenciado por el estilo de vida, el comportamiento social y cultural de los residentes, la disponibilidad de agua y la cantidad de consumo. Las aguas grises incluyen diferentes rangos de materias orgánicas, sólidos en suspensión, metales pesados, iones inorgánicos. A pesar de que los niveles de estos contaminantes en las aguas grises se supone que son más bajos en comparación con las aguas residuales. (Albalawneh & Chang, 2015).

Cuando el agua gris se acaba de producir no suele tener ningún olor desagradable. Cuando se compara con las aguas negras, las aguas grises tienen una temperatura relativamente alta y contaminante fácilmente degradables. Por lo

tanto, necesita ser tratado inmediatamente después de la recogida. Si las aguas grises sin tratar se almacenan por largos períodos, las condiciones deficientes de oxígeno se desarrollarán y la espuma que se formó puede flotar o hundirse en el depósito de almacenamiento. También los estudios indican que la población bacteriana aumenta con el tiempo de almacenamiento.

Como se ha mencionado anteriormente las aguas grises se pueden clasificar por su origen. Estos son cocina, baño y lavadero. Cada una de estas fuentes de aguas grises produce una composición ligeramente diferente. Estas composiciones se recogen en la Tabla 2.

Tabla 2. La composición de las aguas grises provenientes de la cocina, baño y lavadero.

Usos	Características de las aguas grises
Cocina	Las aguas grises de la cocina contienen residuos de alimentos, altas cantidades de aceite y grasa, incluyendo detergentes para lavavajillas. Además, de vez en cuando contiene limpiadores de drenaje. El agua gris de la cocina es rica en nutrientes y sólidos en suspensión. El agua gris para lavavajillas puede ser muy alcalino (debido a constructores), muestran alto contenido de sólidos en suspensión y las concentraciones de sal.
Baño	Las aguas grises del baño son consideradas como la fuente de aguas grises menos contaminadas dentro de un hogar. Contiene jabones, champús, pasta de dientes y otros productos para el cuidado corporal. También contiene residuos del afeitado, la piel, el cabello, las grasas del cuerpo, las pelusas y restos de orina y heces. Las aguas grises procedentes de ducha y bañera pueden así estar contaminada con microorganismos patógenos.
Lavandería	Las aguas grises de la lavandería contienen altas concentraciones de productos químicos a partir de polvos de jabón (tales como sodio, fósforo y el nitrógeno), así como blanqueadores, sólidos en suspensión y, posiblemente, aceites, pinturas, disolventes, y las fibras no biodegradables de la ropa.

Fuente: (Harju, 2011)

2.3.7. Reciclaje de aguas grises

El objetivo principal de reciclaje de aguas grises es sustituir el agua de consumo humano en aplicaciones que no requieren la calidad del agua potable. Las aplicaciones de reutilización de las aguas grises incluyen, riego, inodoro industrial y el lavado de lavandería estas aplicaciones dependen de las tecnologías utilizadas en el proceso de tratamiento.

Con el reciclaje de aguas grises, es posible reducir las cantidades de consumo de agua potable, así como la producción de aguas residuales, además de reducir las facturas de agua. Si las aguas grises son consideradas como una fuente adicional de agua, un aumento del suministro de agua de riego se puede asegurar que a su vez puede conducir a un aumento de la productividad agrícola. El reciclaje de aguas grises no depende de la temporada o la variabilidad de las precipitaciones y, como tal, es un continuo y una fuente de agua confiable.

2.3.8. Aplicaciones de la reutilización de las aguas grises

Las aguas grises de baños, duchas, lavabos y lavadoras tienen que ser recogidas por separado de las aguas negras, tratadas y, finalmente, desinfectadas para su reutilización como fuente de agua no potable.

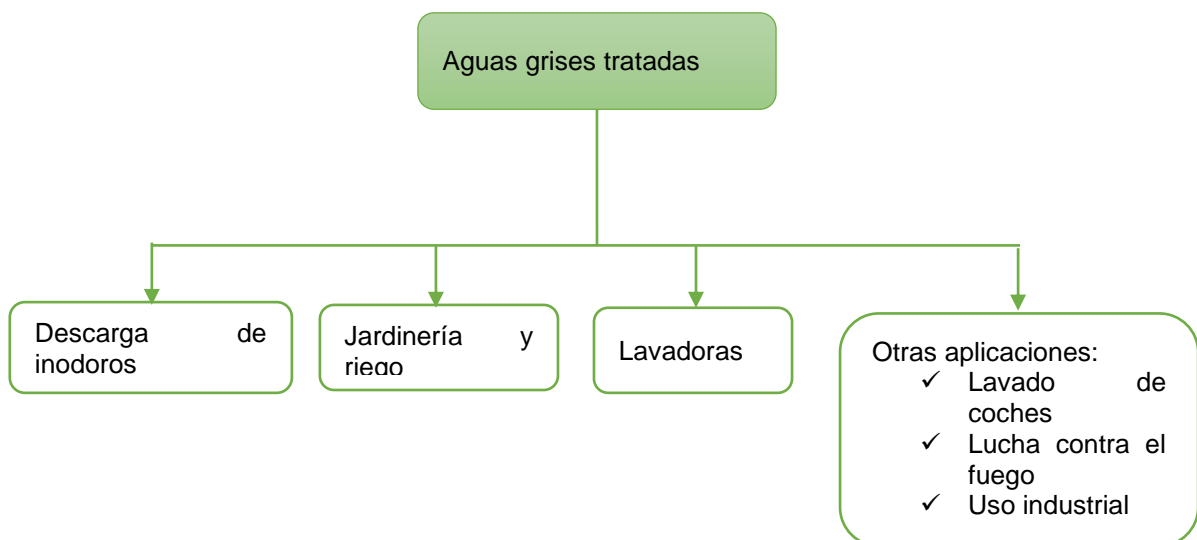


Figura 13. Principales aplicaciones de reutilización de aguas grises.

Fuente: (FBR, 2012)

Como se puede observar en la Figura 13, la reutilización de aguas grises puede ser tan barato y fácil (pero con la utilización de mucha mano de obra) como cántaros de agua exterior, o tan complejo y costoso (pero conveniente para su uso) como la instalación, tratamiento, sistemas de distribución para riego y para riego de jardines que se aplica con mayor frecuencia, por lo que las aguas grises se pueden ser desviada hacia el jardín para su uso inmediato. Los sistemas avanzados están también disponibles que recoger, filtrar y tratar las aguas grises para uso en interiores como cisterna del inodoro o el lavado de ropa.

Hay varios factores que pueden influir en la elección de la aplicación de la reutilización de aguas grises, incluyendo:

- **Presupuesto:** Los costos de tratamiento de aguas grises es relativamente barato para sistemas simples, pero más costoso para sistemas más complejos de tratamiento, almacenamiento y riego.
- **Fontanería existente:** La disponibilidad de las tuberías que transportan las aguas grises dentro de la casa afectará a las opciones de reutilización.
- **Zona de jardín existente:** Algunos sistemas incorporan cámaras de alimentación, que pueden requerir espacio en el jardín, y la instalación de sistemas de riego pueden perturbar plantas o el suelo existente. El diseño del jardín y la elección de las plantas también determinarán las necesidades de riego.
- **La elevación de las jardineras en comparación con las fuentes de aguas grises:** Esto determinará en parte, si la fuerza de la gravedad por sí sola es suficiente para empujar las aguas grises a través del sistema a donde se necesita. Algunos bloques inclinados son muy adecuados para sistemas de conducción de aguas grises alimentados por gravedad, mientras que los sistemas que reciclan las aguas grises para la cisterna del inodoro o bloques planos con camas elevadas jardín pueden requerir una bomba.

Los campos de aplicación para los sistemas de aguas grises son en:

- Las viviendas unifamiliares
- Las instalaciones del hotel
- Residencias
- Piscina y sauna

2.3.9. Enfoques de tratamiento y reutilización de aguas grises

Los diversos sistemas de reutilización de aguas grises se dividen en dos categorías: Sistemas de desviación y Sistemas de tratamiento.

- Desvíos sistemas de aguas grises directamente de la ropa o del baño para el jardín para su uso inmediato en el riego restringido, sin realizar cambios en su calidad. El agua no se almacena durante más de unas pocas horas, en todo caso.
- Sistemas de tratamiento: mejorar la calidad de las aguas grises mediante el filtrado, el tratamiento y la desinfección de la misma. aguas grises tratadas se pueden almacenar durante más tiempo sin el riesgo de que va causar molestias por malos olores sépticos. Su mayor calidad y capacidad de ser almacenado significa que se puede utilizar para más fines, incluyendo el riego de jardines y riego, inodoro y lavado de ropa.

2.3.10. Tecnologías para tratamiento de las Aguas Grises

Las aguas grises tienen un contenido relativamente bajo de nutrientes y patógenos y, por lo tanto, se puede tratar fácilmente a un agua de alta calidad utilizando tecnologías de para su tratamiento.

Las tecnologías utilizadas para el tratamiento de aguas grises se clasifican sobre la base de principio del tratamiento, y se pueden dividir en sistemas biológicos, físicos, químicos, y, o una combinación de estos. La mayoría de estas

tecnologías están precedidos por tres diferentes etapas de tratamiento: pretratamiento, tratamiento principal, y post-tratamiento, como se muestra en la Figura 14. Para evitar la obstrucción de las opciones del post-tratamiento, el pre-tratamiento, utiliza las opciones como la fosa séptica, bolsas filtrantes, pantallas, y los filtros que se utilizan para reducir la cantidad de partículas, el aceite y la grasa. Considerando que, en la etapa de desinfección como el post-tratamiento se utiliza para cumplir con los requisitos microbiológicos.

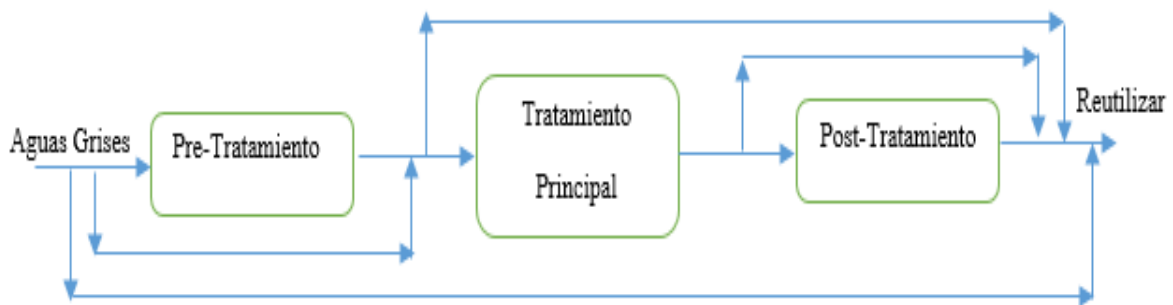


Figura 14. Diagrama de reciclaje de agua gris y tratamiento: los posibles pasos y pistas.
Fuente: (Albalawneh & Chang, 2015)

2.3.10.1. Sistema de tratamiento biológico

Varios sistemas de tratamiento biológico, se han aplicado para el tratamiento de aguas grises, incluyendo Discos biológicos (RBC), reactor discontinuo secuencial (SBR), Membrana de biorreactores (MBR), reactor de lecho fluidizado (FBR), y Blanket de flujo ascendente anaerobia de lodos (UASB). Los sistemas biológicos están precedidos generalmente por una etapa de pre-tratamiento de filtración gruesa y seguido por sedimentación/filtración para eliminar los biosólidos o lodos, y una etapa de post-tratamiento de desinfección por cloración o filtros ultravioleta (UV), para eliminar microorganismos. Los procesos biológicos aeróbicos son capaces de lograr excelentes tasas de eliminación de orgánicos y turbidez.

Después de los procesos de tratamiento de aguas grises biológicos aerobios, la mayor parte de las sustancias orgánicas biodegradables se retiran y se evitan por consiguiente problemas de crecimiento de microorganismo y de olor, por lo que las aguas grises tratadas son más estables para el almacenamiento durante períodos más largos. (Albalawneh & Chang, 2015)

2.3.10.2. Sistema de tratamiento físico

Los sistemas de tratamiento físico de aguas grises incluyen la filtración y sedimentación. La filtración se utiliza generalmente como un método de pre-tratamiento (es decir, antes del tratamiento biológico o químico) o como un método de post-tratamiento (es decir, antes de la desinfección). La filtración como un método de tratamiento previo incluye mallas de pantalla, filtración de lecho de arena, el tipo de filtración calcetín de nylon, coladores metálicos o la filtración de grava.

Exclusivamente mediante procesos de tratamiento físicos de aguas grises como el principal método de tratamiento es insuficiente, ya que no garantiza una adecuada reducción de la materia orgánica, nutrientes y agentes tensioactivos, excepto en situaciones en las que la fuerza orgánica es extremadamente baja. La eficiencia de las técnicas de filtración depende de la distribución de los contaminantes de tamaño de partícula de aguas grises y la porosidad de los filtros; en general, si la porosidad del filtro es más pequeño mejor será la calidad del efluente. Por lo tanto, los filtros gruesos tienen un efecto limitado sobre la eliminación de los contaminantes presentes en las aguas grises. (Albalawneh & Chang, 2015).

2.3.10.3. Sistema de tratamiento químico

Los sistemas de tratamiento químico de aguas grises son utilizados en el tratamiento de aguas grises incluyen la coagulación, floculación, electrocoagulación, adsorción con carbón activado granular (GAC) y zeolitas naturales, resina de intercambio iónico magnética (MIEX), carbón activado en polvo (PAC) y los procesos de oxidación avanzada (AOP), tales como la ozonización y la fotocatalisis. Estos sistemas son eficaces para su uso con aguas grises ligeras y, en algunos casos, las aguas grises de lavandería. En comparación con los procesos físicos, los procesos químicos son capaces de reducir la sustancia orgánica y la turbidez de las aguas grises a cierto grado, pero no suficiente para cumplir con las normas de reutilización no potable, especialmente para la fuerza alta de aguas grises. (Albalawneh & Chang, 2015).

2.3.10.4. Sistema tratamiento natural

Los sistemas de tratamiento natural de aguas grises son sistemas que utilizan medios naturales para la filtración y la degradación biológica (por ejemplo, el suelo y las plantas) extendidos. Pueden ser utilizados para el tratamiento de aguas grises oscuro, pero se requiere una etapa de desinfección si se quiere un efluente bajo patógeno. Algunos ejemplos son el filtro de arena, humedales de flujo horizontal construida (HFCW), construida-flujo vertical (VFCW), filtros anaerobios, y filtro de flujo vertical (VFF).

Estos sistemas combinan procesos físicos tales como filtración a través de un medio de filtro (por ejemplo, arena, grava, piedras, ceniza) con procesos biológicos tales como la degradación aeróbica o anaeróbica a través de microorganismos que se encuentran dentro del sistema (por ejemplo, bio-película, raíces de las plantas, babosas, tierra- gusanos). Se cree también que los procesos de precipitación y adsorción química que tenga lugar. La absorción de nutrientes en sistemas vegetales (es decir, VFCW, HFCW) ayuda en la eliminación de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno. (Albalawneh & Chang, 2015).

2.3.11. Sistemas de reutilización de las aguas grises

Los sistemas de aguas grises requieren un sistema de transmisión separada para detectar el agua gris y la distribución del agua.

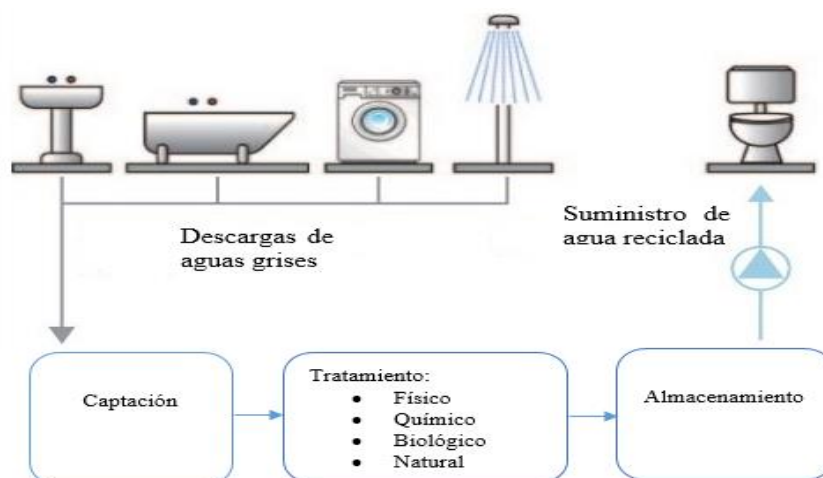


Figura 15. Sistema de reutilización de aguas grises.
Fuente: (FBR, 2012)

Como se observa en la Figura 15, dependiendo de la aplicación, el agua gris atraviesa diferentes tipos de etapas, por ejemplo, en la reutilización en inodoros, significa que el agua gris captada pasara por un sistema de transmisión hasta llegar a un sistema de recolección para el pre-filtrado, luego avanzara a la etapa de tratamiento en la cual se aplicara las diferentes tecnologías de tratamiento como físico, biológico, químico o natural para luego pasar a la etapa de almacenamiento y post-filtrado para su uso en el inodoro

2.3.12. Ventajas y desventajas de la reutilización de aguas grises

A pesar de que la reutilización de aguas grises es muy ventajosa en lugares áridos y semiáridos, se acompaña con algunas de las desventajas. Algunas de las ventajas y desventajas de reutilización de aguas grises se enumeran a continuación.

2.3.12.1. Ventajas

- Reducción de la demanda total de agua
- Reducción de las cargas hidráulicas y orgánica en el sistema de aguas residuales municipales
- Reducción de las facturas de agua
- Reposición de las aguas subterráneas que contribuye a un ciclo de agua saludable
- Protección de los ecosistemas acuáticos debido a la disminución de desviación de agua dulce

2.3.12.2. Desventajas

- No se pueden almacenar durante más de 24 horas (ya que los nutrientes se rompen y causan mal olor)
- Jabones y detergentes biodegradables también pueden presentar un problema en un período de tiempo cuando se utiliza aguas grises para el riego

- Los niveles de salud de los problemas del agua y de calidad
- Contiene grasas, aceites, grasa, pelo, pelusa, jabones, limpiadores, suavizantes de ropa, y otros productos químicos que son perjudiciales para las plantas.

CAPITULO III

3. DESARROLLO DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

En este capítulo mediante el uso del Modelo en V para desarrollo de software se realizará un proceso ordenado y estructurado para determinar los requerimientos de este proyecto, basándose en el estándar IEEE 29148 con la finalidad de seccionar los elementos electrónicos que más se ajuste a los requerimientos. También se abordarán los temas de implementación y pruebas del diseño del sistema electrónico.

3.1. MODELO DE DESARROLLO EN V PARA SISTEMAS EMBEBIDOS

El modelo planteado se basa específicamente en el modelo de desarrollo en V, ya que es una mejora al modelo en cascada que permite un trabajo secuencial en fases estrechamente conectadas para el desarrollo con su debida retroalimentación y documentación adecuada como se muestra en la Figura 16, además se plantea ciertos aspectos técnicos sobre metodologías ágiles para una mejor interacción entre los stakeholders, por otra parte para el análisis inicial y los requerimientos del sistema se trabaja con el estándar IEEE 29148 que permite un adecuado trabajo.



Figura 16. Modelo de desarrollo de sistemas embebidos
Fuente: (García, 2015)

3.1.1. Análisis de requerimientos de elementos electrónicos mediante la norma IEEE 29148

El estándar ISO/IEC/IEEE 29148 del año 2011 para la Especificación de Requisitos de Software, permite la elección mediante la evaluación de un sin número de parámetros y requisitos específicos.

3.1.1.1. Propósito del sistema

El principal propósito que debe cumplir el sistema es medir la cantidad de agua reutilizada en metros cúbicos, en usos que no demanden una alta calidad de agua como es el caso del inodoro, la cantidad de agua reutilizada será enviada a una plataforma para IoT mediante una conexión a internet.

3.1.1.2. Alcance del sistema

En el proyecto se utilizará un sistema electrónico, el cual constará de una placa de desarrollo con las siguientes características; que se pueda conectar diferentes sensores, que pueda almacenar datos en un archivo de texto, que tengo una conexión a internet, que tenga puertos de entrada/salida y que sea pequeña para su instalación. El sistema utilizará una conexión a internet para subir los datos del sensor a una plataforma para IoT.

Los sensores con los que contara el sistema son; sensor de flujo de agua para medir la cantidad de agua reutilizada, sensor de nivel de agua para la activación de la bomba y la electroválvula.

El sistema contara con una bomba sumergible para enviar el agua que se encuentra en el recipiente de almacenamiento al tanque del inodoro.

El recipiente del almacenamiento contara con un filtro para evitar el ingreso de partículas sólidas, y un purificador para reducir lo proliferación de bacterias dentro del recipiente.

3.1.1.3. Perspectiva del sistema

Se realizará un análisis de las características técnicas y físicas de los elementos que se utilizarán para el sistema electrónico, como se puede observar en la Figura 17.

El diagrama de bloques constará principalmente de un tanque de almacenamiento para la recolección del agua proveniente de la ducha, en la cual estarán instalados los sensores que serán los encargados de enviarla información a una placa electrónica, la cual los procesara para la activación y comunicación con la aplicación del sistema que es el tanque del inodoro. La placa electrónica se comunicará inalámbricamente a la plataforma IoT alojada en la nube.

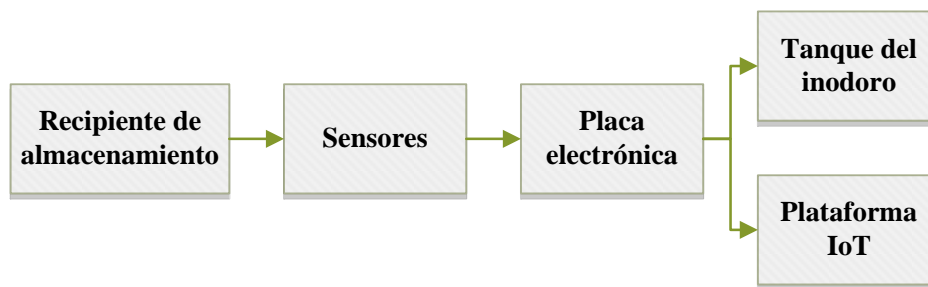


Figura 17. Diagrama de bloques del sistema de reutilización del agua gris proveniente de la ducha
Fuente: Autoría

El recipiente de almacenamiento cuenta con un método de filtrado y purificación que mejor se adapte a las necesidades de reutilización de las aguas grises, el sistema electrónico será controlado de forma automática por la placa de desarrollo.

El sistema contará con los siguientes sensores: un sensor de flujo de agua, dos sensores de nivel de agua, una electroválvula y dos relés para activar o desactivar la bomba de agua sumergible y la electroválvula.

La placa electrónica almacenará los datos obtenidos del sensor de flujo de agua en un archivo de texto para posteriormente subir a la nube y obtener estadísticas de reutilización en metros cúbicos, estimando el ahorro económico en tiempo real.

El proyecto cumplirá con las funciones específicas de:

- Medir la cantidad de agua reutilizada en el inodoro
- Estimar el ahorro económico
- Obtener los datos y almacenarlos en tiempo real en la nube.

3.1.1.4. Características del usuario

El sistema de reutilización de aguas grises es una investigación realizada en el complejo acuático UTN, lo cual permitirá reutilizar en actividades que no requieran de agua potable como es caso del inodoro.

Este sistema electrónico podrá ser utilizado de una manera simple, ya que estará configurado para que funcione de manera automática. Los usuarios podrán visualizar; la cantidad mensual de agua reutilizada en metros cúbicos, y el ahorro económico en dólares, en una plataforma en la nube.

3.1.1.5. Restricciones de sistema

A las restricciones que está sometido el sistema son:

- Utilizar una comunicación inalámbrica entre la placa de desarrollo y el router.
- Implementar un sistema eléctrico para el baño.
- El recipiente de almacenamiento deberá estar sujeto a las condiciones físicas del lugar.

3.1.2. Requerimientos del sistema

A continuación, se especificarán los requisitos de software y hardware a un nivel de detalle suficiente para probar que el sistema cumple dichos requisitos. Para los requerimientos se tendrá en cuenta a las personas que interfieren directa o indirectamente en el desarrollo del sistema como son:

- Usuarios del complejo acuático UTN.
- Universidad Técnica del Norte
- Ing. Jaime Michilena Director de Tesis
- Sr. Pujota Edwin

3.1.2.1. Requerimientos comunes de las interfaces

Dentro de los requisitos comunes de las interfaces del sistema están contemplados ciertos parámetros que contribuirán al buen funcionamiento del sistema.

3.1.2.1.1. Interfaces de usuario

Las interfaces de usuario están relacionadas con las pantallas, ventanas que debe manipular el usuario para realizar una operación determinada. Dicha manipulación el usuario la realizará por medio del teclado y el mouse (ratón), en el caso de que el usuario realice la operación en un Smartphone la operación la realiza por medio del teclado de su dispositivo.

REQ01: Administración: El sistema electrónico (Placa de desarrollo, los sensores, la alimentación eléctrica y la conexión wifi) deberá interactuar con la plataforma IoT alojada en la nube.

REQ02: Usuario: La plataforma para IoT debe proveer al usuario una interfaz gráfica que facilite su manipulación, que presente un menú claro en el que permita conocer parámetros como:

- La cantidad mensual de agua reutilizada en metros cúbicos.
- El ahorro económico en dólares, que se obtiene al reutilizar al agua proveniente de la ducha.

3.1.2.1.2. Interfaces de Hardware

REQ03: Hardware: La placa de desarrollo debe disponer de una interfaz de entrada y salida para transferir información entre dispositivos de almacenamiento interno y externo.

REQ04: Interfaces: La plataforma IoT debe disponer de la compatibilidad con interfaces de hardware para mostrar la información ya sea en monitores o pantallas del Smartphone.

3.1.2.1.3. Interfaces de Software

REQ05: Compatibilidad: El software de programación debe ser compatible con la mayoría de los fabricantes de placas de desarrollo que se encuentran en el mercado.

3.1.2.2. Requisitos funcionales

Dentro de los requerimientos funcionales que debe realizar el software se encuentran; recibir la información, procesarla, y producir resultados.

3.1.2.2.1. Plataforma para IoT

REQ06: Soporte de protocolos: El software debe tener la capacidad de trabajar no solo con un protocolo sino más bien se adapte a la necesidad y requerimientos del administrador.

REQ7: Autenticación: La plataforma IoT debe permitir el ingreso mediante el uso de un usuario y contraseña.

3.1.2.2.2. Reportes

REQ08: Administración: El software de la placa de desarrollo debe poseer una interface que permita la administración y gestión de manera remota.

REQ09: Reportes: El software debe generar reportes mensuales de la cantidad de agua reutilizada en metro cúbicos y enviar a la plataforma IoT.

REQ10: Base de datos: El software debe estar asociado a una base de datos externa para almacenar la información mensual de la cantidad de agua reutiliza en metros cúbicos y el ahorro económico en dólares.

3.1.2.3. Requisitos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son requisitos que imponen restricciones en el diseño o la implementación. Son propiedades o cualidades que el sistema debe tener.

3.1.2.3.1. Características generales

REQ11: Versión: El Sistema Operativo debe presentar la última versión y la más estable para su instalación en la placa de desarrollo.

REQ12: Arquitectura: El Sistema Operativo deberá manejar un tipo de arquitectura estable o modular con el fin de organizar todos los dispositivos o sensores que se encuentren a cargo de él.

REQ13: Licencia: Tanto el Sistema Operativo como la plataforma IoT debe poseer como principal característica que su licenciamiento debe ser libre o gratuito.

3.1.2.3.2. Requerimientos de rendimiento

REQ14: Rendimiento: El software debe presentar un alto rendimiento y disponibilidad para trabajar todos los días de la semana las veinticuatro horas.

3.1.2.3.3. Seguridad

REQ15: Seguridad y fiabilidad: Garantizar la confiabilidad, la seguridad y el desempeño del sistema electrónico y de la aplicación IoT. En este sentido la

información almacenada como son la cantidad de agua reutilizada en metros cúbicos y el ahorro económico en dólares, podrá ser visualizada en la plataforma para IoT.

3.1.3. Análisis de requerimientos para la elección de software y hardware

El análisis de los requerimientos es el siguiente paso para la elección del software y hardware que más se adapte y cumpla las necesidades stakeholders, y para ello se basará en los requerimientos establecidos anteriormente, a los cuales se les asignará una valoración pertinente en cada caso.

3.1.3.1. Valoración de los requerimientos

Una vez establecido los principales requerimientos para la elección del software y hardware se establecerá el puntaje para cada requerimiento como se muestra en la Tabla 3 y así poder determinar cuál es el que más se ajusta a las exigencias del administrador.

Los puntajes que se asignan son uno para cuando se cumple el requerimiento y cero cuando no se cumple el requerimiento.

Tabla 3. Valoración de los requerimientos

Requerimiento	Valor	Características
REQ01: Administración	0	No tiene la capacidad para interactuar con una plataforma IoT
	1	Tiene la capacidad para interactuar con una plataforma IoT
REQ02: Usuario:	0	No posee una interfaz gráfica para su manipulación
	1	Posee una interfaz gráfica para su manipulación
REQ03: Hardware:	0	La placa de desarrollo no posee una interface de entrada y salida

	1	La placa de desarrollo posee una interface de entrada y salida
REQ04: Interfaces	0	La plataforma IoT no es compatible en diferentes interfaces de hardware
	1	La plataforma IoT es compatible con cualquier interfaz de hardware
REQ05: Compatibilidad	0	El software de programación no es compatible la placa de desarrollo
	1	El software de programación es compatible la placa de desarrollo
REQ06: Soporte de protocolos	0	La plataforma IoT no soporta los protocolos de comunicación
	1	La plataforma IoT soporta los protocolos de comunicación
REQ7: Autenticación	0	La plataforma IoT no tiene autenticación de usuario
	1	La plataforma IoT tiene autenticación de usuario
REQ08: Administración	0	La placa de desarrollo no posee una conexión remota.
	1	La placa de desarrollo posee una conexión remota.
REQ09: Reportes	0	El software no posee la capacidad de generar reportes mensuales.
	1	El software posee la capacidad de generar reportes mensuales.
REQ10: Base de datos	0	La plataforma IoT no posee un base de datos.
	1	La plataforma IoT posee una base de datos.
REQ11: Versión	0	El sistema operativo no se encuentra en su última versión
	1	El sistema operativo se encuentra en su última versión
REQ12: Arquitectura	0	El sistema operativo no cuenta con una

		estructura estable
	1	El sistema operativo cuenta con una estructura estable
REQ13: Licencia	0	Tiene licenciamiento pagado
	1	Tiene licenciamiento libre
REQ14: Rendimiento	0	No tiene la capacidad de un alto rendimiento de trabajo
	1	Tiene la capacidad de un alto rendimiento de trabajo
REQ15: Seguridad y fiabilidad	0	No garantiza confiabilidad ni seguridad de desempeño
	1	Garantiza confiabilidad y seguridad de desempeño

Fuente: Autoría

3.1.3.2. Calificación para cada plataforma y placa de desarrollo

En base al estándar IEEE 29148 y la calificación asignada a cada uno de los parámetros descritos en la en la sección anterior, se realiza la calificación para determinar cuál software y hardware es el más adecuado.

Tabla 4. Calificación de parámetros para la plataforma IoT

Requerimiento	Xively	TingSpeak	Carriots	Zatar_IoT	Oracle IoT
REQ02	1	1	1	1	1
REQ04	1	1	1	1	1
REQ06	1	1	1	1	1
REQ07	1	1	1	1	1
REQ10	0	1	0	0	0
REQ13	1	1	0	0	0
Total	5	6	4	4	4

Fuente: Autoría

A pesar de ser mínima la diferencia entre las plataformas en la Tabla 4 se puede observar, que ThingSpeak califica para ser elegida como la plataforma para IoT

debido a su integración con Raspberry Pi, Arduino, a su procesamiento de datos y principalmente por que cuenta con una base de datos para el almacenamiento de la información que son enviados por los sensores. Además, esta plataforma IoT es gratuita.

Tabla 5. Calificación de requerimientos para la elección de hardware

Requerimiento	Raspberry Pi	Arduino Yún	Intel Galileo	Arduino Tre
REQ01	1	1	1	1
REQ03	1	1	1	1
REQ08	1	1	1	1
REQ12	1	1	1	1
REQ14	1	0	0	0
REQ15	1	1	1	1
Total	6	5	5	5

Fuente: Autoría

A pesar de ser mínima la diferencia entre las placas de desarrollo se observa claramente en la Tabla 5, que la placa Raspberry Pi califica para ser elegida como la placa debido a que es considerado un mini ordenador, por su capacidad de procesamiento, su interface wifi, y principalmente por que cuenta con un sistema operativo libre.

Tabla 6. Calificación de parámetros para la elección del software

Requerimiento	Python	Lenguaje C
REQ05	1	1
REQ06	1	1
REQ09	1	1
REQ13	1	1
Total	4	4

Fuente: Autoría

Como se puede observar en la Tabla 6, el lenguaje de programación; Python y el lenguaje C tienen la misma valoración, pero se elige Python debido a que ya

viene instalado con el sistema operativo Raspbian para la placa de desarrollo Raspberry Pi 3.

- **Lenguaje Python.** - Es un lenguaje de scripting¹⁰ independiente de plataforma y orientado a objetos. Es un lenguaje interpretado, lo que significa que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo, lo que ofrece ventajas como la rapidez de desarrollo e inconvenientes como una menor velocidad.
- **Lenguaje C.-** Es del tipo lenguaje estructurado, sus instrucciones son muy parecidas a otros lenguajes incluyendo sentencias como if, else, for, do y while. Aunque C es un lenguaje de alto nivel. Para simplificar el funcionamiento el lenguaje C tiene incluidas librerías de funciones. La programación en C tiene una gran facilidad para escribir código compacto y sencillo a su misma vez.

3.1.4. Hardware del sistema de reutilización de las aguas grises

El hardware del sistema comprende de dos sensores de nivel de agua, de un sensor de flujo de agua, la bomba de agua, la electroválvula, el recipiente de almacenamiento, la placa electrónica y un Access Point, como se muestra en la Figura 18.

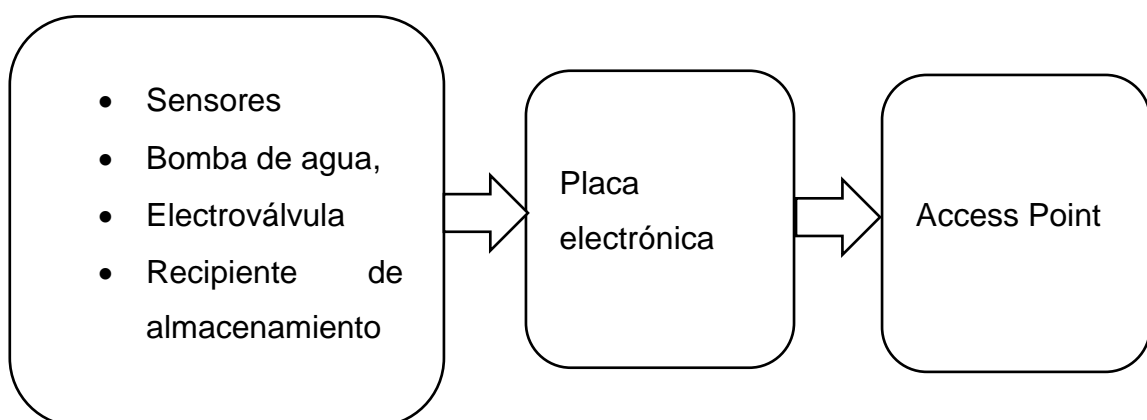


Figura 18. Esquema general del sistema de reutilización de aguas grises
Fuente: Autoría

¹⁰ Scripting es un tipo de lenguaje de programación que es generalmente interpretado.

A continuación, se detallarán todos los materiales electrónicos utilizados el sistema.

3.1.4.1. Placa de desarrollo Raspberry Pi 3 Modelo B

La placa electrónica Raspberry Pi tiene las características que se la muestra en la Figura 19.

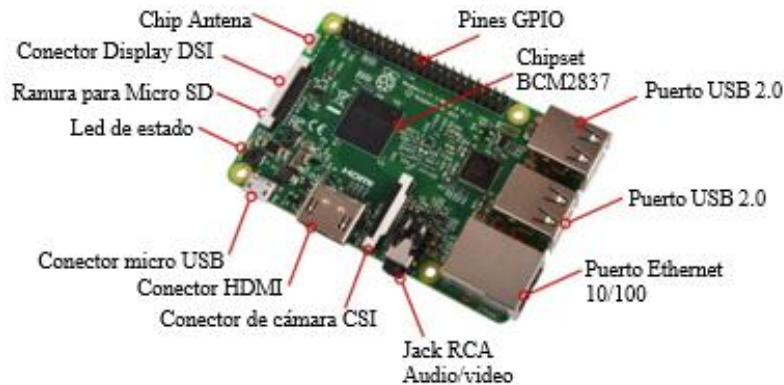


Figura 19. Descripción placa de desarrollo Raspberry Pi 3 Modelo B
Fuente: (CNXSoft, 2016)

Sus características la hacen ideal en el diseño del proyecto de reutilización de las aguas grises las cuales son; pines de entrada y salida para los sensores, conectividad inalámbrica a internet, capacidad de procesamiento de 1,2 GHz, capacidad de almacenamiento mayor a 4 Gb mediante una tarjeta micro SD, la manipulación de archivos ya que esta placa es considerada un mini ordenador. Además, la placa electrónica tiene un tamaño reducido y aun costo no muy elevado. Las especificaciones técnicas se encuentran detalladas en el anexo I.

3.1.4.2. Sensor de flujo de agua FY-S201

El sensor de flujo de agua YF-S201 que se muestra en la Figura 20, posee un sensor de efecto hall que emite un impulso eléctrico con cada revolución, cuenta con un rango de operación de 1 a 30 litros por minuto, soporta una presión de agua de 2.0 MPa, trabaja a temperaturas bajas y altas. Además, el sensor de efecto Hall está sellado lo que le permite mantenerse a salvo y seco. En el anexo F se detallan las especificaciones técnicas del sensor.



Figura 20. Sensor de flujo de agua YS-201
Fuente: (ElectroSome, 2016)

El sensor envía un tren de pulsos que toman el valor de uno lógico (1L), con voltajes mayores a 4.5v y cero lógicos (0L) con valores menores a 0.5v. El caudal puede calcularse con la ecuación 1, según la especificación del fabricante:

$$\text{Pulsos} = 7.5 * Q \quad (1)$$

Donde 7.5 es un valor que nos da el fabricante.

Y **Q** es igual al flujo en litros por minuto con una precisión de +/- 3%.

3.1.4.3. Sensor de flujo de nivel tipo flotador

El sensor de nivel tipo flotador, como se puede observar en la Figura 21, es ideal para aplicaciones de detección de nivel en tanques, trabaja en dos estados normalmente abierto (NA) y normalmente cerrado (NC), opera a temperaturas bajas y altas, soporta una presión de hasta 0.6MPa. Además, es pequeño y económico. Su ventaja principal es que está basado en sensores de proximidad magnética por tanto no poseen elementos de desgaste ni tampoco tienen problemas de atascamiento, que lo hacen ideal para el proyecto. En el anexo G se detallan las características técnicas del sensor.



Figura 21. Sensor de nivel tipo flotador
Fuente: (Electrónicaestudio, 2016)

3.1.4.4. Bomba de agua sumergible AquaJet PFN 1000

Se utilizará una bomba de agua sumergible marca AquaJet 1000 PFN como se muestra en la Figura 22, la cual cuenta las características necesarias para trabajar en estanques, cascadas, en talleres, jardines y reservas de agua.



Figura 22. Bomba de agua sumergible marca AquaJet PFN 1000
Fuente: (Aquael, 2016)

La bomba tiene una presión de envío de flujo de agua de hasta 1000 litros por hora. Trabaja con un flujo de agua constante donde se puede regular según la necesidad del usuario. Además, tiene el eje en cerámica que le garantiza su uso continuo por largo tiempo. Excelente calidad y muy larga duración, resiste trabajo 24horas.

3.1.4.5. Electroválvula

Una electroválvula también conocida como válvula solenoide de uso general es una válvula que abre o cierra el paso de un líquido en un circuito como se muestra en la Figura 23. La apertura y cierre de la válvula se efectúa a través de un campo magnético generado por una bobina en una base fija que atrae el émbolo.¹¹ En el anexo G se detallan las características técnicas de la electroválvula.

¹¹ Émbolo: Cilindro metálico que se ajusta y corre en el interior de un cuerpo de bomba o cilindro.



Figura 23. Electroválvula DFE
Fuente: (LEE, 2002)

3.1.5. Recursos

Los recursos para el sistema de reutilización de las aguas grises obtenida de la ducha, en el inodoro son los siguientes: Humanos, Económicos, Tecnológicos; los cuales se detallarán a continuación.

3.1.5.1. Recursos humanos

Los recursos humanos son todas las personas involucradas directamente en el desarrollo del proyecto como se indica en la tabla 7.

Tabla 7. Recurso Humanos

HUMANOS	
TUTOR	Ing. Jaime Michilena
DESARROLLADOR	Edwin Pujota

Fuente: Autoría

3.1.5.2. Recursos económicos

En la tabla 8 se encuentran detallados todos materiales que se utilizaran en el desarrollo del sistema electrónico de reutilización del agua gris, es decir para la implementación en un baño y en una ducha del complejo acuático UTN. Además, todos estos materiales se encuentran disponibles en el mercado.

Tabla 8. Recursos Económicos para prototipo electrónico

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO FINAL
Raspberry Pi 3 modelo B	1	\$88.50	\$88.50
Flotador Sensor De Nivel Plástico Para Líquidos	2	\$7.00	\$14.00
Electroválvula	1	\$15.00	\$15.00
Sensor De Flujo De Agua 1-30 l/min	1	\$15.00	\$15.00
Bomba de agua sumergible JBA	1	\$25.00	\$25.00
Recipiente de almacenamiento de agua PVC	1	\$10.00	\$10.00
Manguera de ½" para agua en metros	5	\$0.35	\$1.75
Piezas de conexión (Uniones, codos)	4	\$0.20	\$0.80
Canaletas	2	\$1.20	\$2.40
Purificador De Agua (Carbón Activado y Algodón)	1	\$4.00	\$4.00
		Total, Dólares	\$176.45

Fuente: Autoría

El costo total de los materiales que se utilizarán en la implementación del sistema electrónico es de \$176.45 dólares.

Para la instalación del sistema en todo el complejo acuático UTN se utilizarán los materiales que se encuentran en la tabla 9.

Teniendo en cuenta que el complejo acuático cuenta con 5 duchas, 5 baños los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera; 3 baños se encuentran junto a las duchas es decir para los usuarios del complejo acuático y los otros dos se encuentran en la parte externa de las duchas que son de uso exclusivo para el público.

Tabla 9. Recursos Económicos para la implementación en todo el complejo acuático UTN

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO FINAL
Raspberry Pi 3 modelo B	1	\$88.50	\$88.50
Flotador Sensor De Nivel Plástico Para Líquidos	6	\$7.00	\$42.00
Electroválvula	6	\$15.00	\$90.00
Sensor De Flujo De Agua 1-30 l/min	1	\$15.00	\$15.00
Bomba de agua sumergible JBA	1	\$33.00	\$33.00
Recipiente de almacenamiento de agua PVC	5	\$10.00	\$50.00
Manguera de ½" para agua en metros	30	\$0.35	\$10.50
Piezas de conexión (Uniones, codos)	8	\$0.20	\$1.60
Canaletas	4	\$1.20	\$4.80
Purificador De Agua (Carbón Activado y Algodón)	5	\$4.00	\$20.00
		Total, Dólares	\$355.40

Fuente: Autoría

El costo total para la implementación del sistema electrónico en todo el complejo acuático UTN es de \$ 355,40 dólares.

3.1.5.3. Recursos tecnológicos

Dentro los recursos tecnológicos se encuentran todos los elementos relacionados para la elaboración del proyecto como es el caso del software, en la tabla 10 se detallan todos los recursos utilizados.

Entre ellos tenemos lo que es el office 365 lo cual no tiene ningún costo debido a que la Universidad Técnica del Norte tiene un convenio con la empresa Microsoft.

Tabla 10. Recursos Tecnológicos

SOFTWARE	COSTO
OFFICE 365 (WORD, EXCEL, POWER POINT)	\$0,00
Fritzing	\$0,00
ThingSpeak	\$0,00
Raspbian	\$0,00
Python	\$0,00
TOTAL	\$0,00

Fuente: Autoría

3.1.6. Diseño del sistema de reutilización de aguas grises proveniente de la ducha

La fase de diseño nos permite representar el funcionamiento del sistema de una forma estructurada, teniendo en cuenta las condiciones para que el sistema opere de la mejor manera como: la fuente de alimentación, la ubicación de los sensores, la instalación de la bomba de agua y la instalación del tanque de almacenamiento.

3.1.6.1. Diagrama de bloques del sistema de reutilización del agua gris

El diagrama de bloques muestra una representación gráfica de las partes fundamentales para el diseño del sistema de reutilización de aguas grises provenientes de la ducha, además, nos muestra la forma de conexión del Hardware y la comunicación a utilizar.

El sistema de reutilización de las aguas grises proveniente de la ducha hace uso de dos sensores de efecto Hall tipo turbina que entrega un tren de pulsos, este tren de pulsos es leído por el sistema embebido Raspberry Pi 3 que cuenta estos pulsos y aplicando una fórmula específica obtiene el flujo de agua que pasa por el sensor en ese instante. Además, se ha implementado un sistema de almacenamiento para la recolección del agua de la ducha. También cuenta con un sensor de nivel de agua que permite activar o desactivar la bomba sumergible y la electroválvula que se encuentra en el tanque del inodoro.

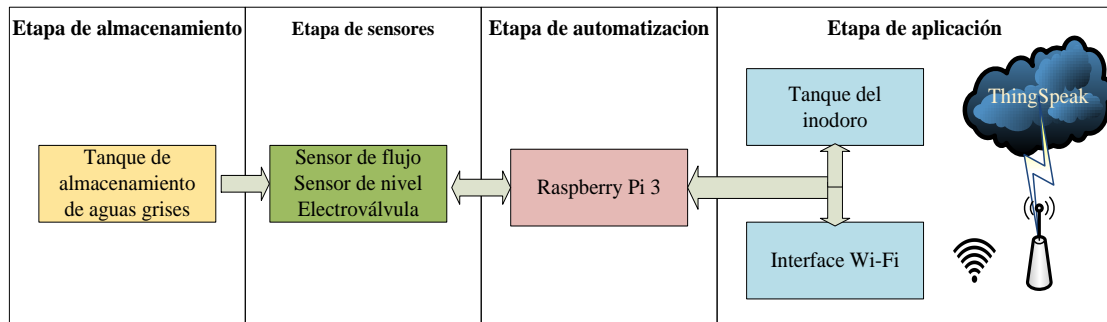


Figura 24. Diagrama de bloques del Sistema de Reutilización de Aguas proveniente de la ducha
Fuente: Autoría

La Raspberry Pi 3 se encarga de manipular los datos proporcionados por los sensores, almacena la información, la muestra y la envía por la interfaz inalámbrica hacia los diferentes servicios basados en la internet de las cosas.

Como podemos observar en la

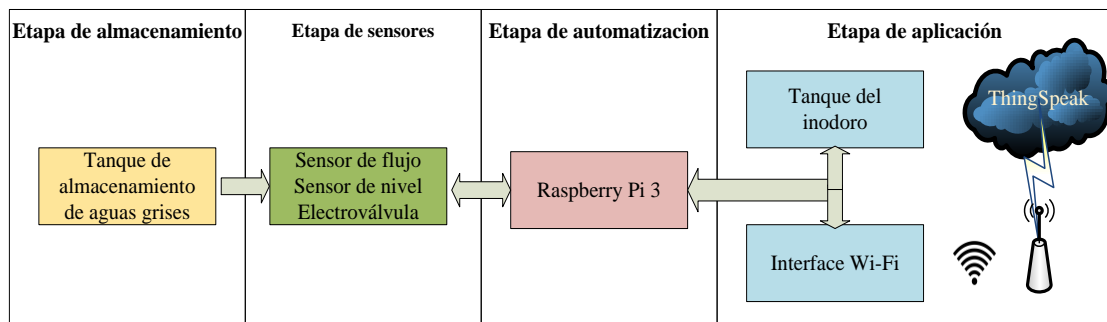


Figura 24, el sistema de reutilización de las aguas grises cuenta con 4 etapas fundamentales que se detallaran a continuación:

- **Etapa de almacenamiento.** – El recipiente de almacenamiento será colocado bajo la ducha, el cual contará con un sistema de filtración de agua para evitar el ingreso de partículas sólidas al recipiente, también ayudará a filtrar el resto de jabón, shampoo o grasas. El sistema de filtrado estará ubicado sobre el recipiente, el filtro será hecho a base de grava, carbón activado y algodón filtrante. Dentro del recipiente se encuentra la bomba de agua sumergible para enviar el agua al inodoro.
- **Etapa de sensores.** - En esta etapa se utiliza los sensores; de flujo de agua que permitirá conocer la cantidad de agua reutilizada el cual ira ubicado a un lado del inodoro, de nivel de agua los cuales permitirá activar la bomba para el llenado del tanque del inodoro cuando se encuentre

vacío y siempre que haya agua en el recipiente de almacenamiento, también cuenta con una electroválvula la cual permitirá conmutar el ingreso entre el agua reciclada y el agua potable.

- **Etapa de automatización.** – En esta etapa se encuentra la placa Raspberry Pi 3 al cual se conectan todos los sensores a sus respectivos pines GPIO, para enviar y recibir información de ellos. En esta etapa también se encuentra la placa electrónica con sus respectivos elementos como resistencias, diodos, diodos led, transistores y un relevador.
- **Etapa de aplicación.** - Dentro de la etapa de aplicación se tiene: la interfaz inalámbrica y tanque del inodoro. La interfaz inalámbrica es para la salida de información hacia la internet, dándole al sistema una aplicación IoT y el tanque del inodoro será llenado con el agua filtrada y purificada que se encuentra en el recipiente de almacenamiento.

3.1.6.2. Diagrama de pines del sistema electrónico

Para facilidad de programación en la placa Raspberry Pi3, fue necesario realizar un diagrama de los pines, que represente su respectiva utilidad para poder configurarlos adecuadamente. Esto ayudará a diferenciar los pines de cada uno de los sensores que se utilizaran en el diseño.

3.1.6.2.1. Diagrama de pines Raspberry Pi 3

En la placa Raspberry Pi 3 tiene una distribución de pines como se muestra en la figura 26. La Raspberry Pi 3 cuenta con 40 pines, de los cuales los que no se los puede modificar son: 2 pines para 5v, 2 pines para 3.3v, 7 pines para GND y los modificables son todos aquellos que se encuentran de color tomate como se muestra en la Figura 25.

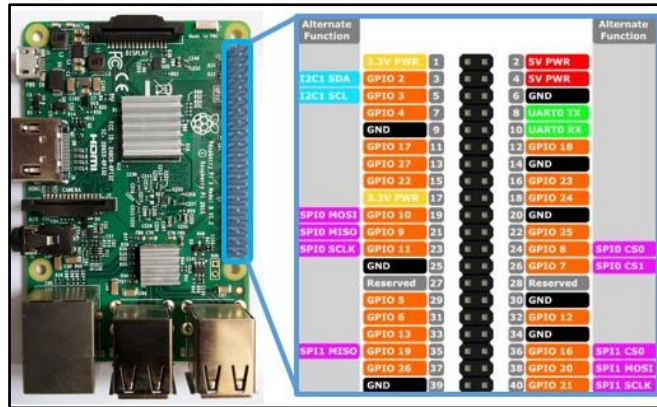


Figura 25. Distribución de pines GPIO Raspberry Pi 3
Fuente: Autoría

En la Tabla 11, se encuentra la distribución de cada pin GPIO a cada sensor y dispositivo electrónico.

Tabla 11. Asignación de los sensores a cada pin GPIO

SENSOR	NOMBRE	PIN
Flujo de agua	GPIO 18	12
Nivel agua recipiente de almacenamiento	GPIO 27	13
Nivel de agua tanque inodoro	GPIO 22	15
Electroválvula	GPIO 23	16
Bomba sumergible	GPIO 24	18
Led1 de estado de bomba de agua	GPIO 4	7
Led2 de estado de la electroválvula	GPIO 17	11
Led3 de estado del sistema	GPIO 25	22
Led4 de estado del tanque del inodoro	GPIO 5	29
GND	GND	6
5v PWR	PWR	2

Fuente: Autoría

3.1.7. Programación

Los sistemas electrónicos generalmente tienen como sistema central un microcontrolador, el mismo que necesita dos diferentes lenguajes, lenguaje en código ensamblador, donde nos indica el movimiento de los registros de configuración y las micro-instrucciones dentro del microcontrolador que lee las

instrucciones de código ensamblador para que ejecute el programa en relación a sus periféricos.

Los programas de bajo nivel son muy complicados de entender y generan demasiadas líneas de código para pocas actividades, actualmente los lenguajes de alto nivel son quienes predominan por su facilidad y la gran contribución de miles de desarrolladores, especialmente en este sistema embebido se utilizará el lenguaje de programación Python que es el que utiliza la Raspberry Pi 3 por defecto.

3.1.7.1. Diagrama de flujo sensor de flujo de agua

Los diagramas de flujo nos permiten presentar algoritmos, es decir el funcionamiento del programa, es muy útil para la correcta documentación y la exposición de soluciones.

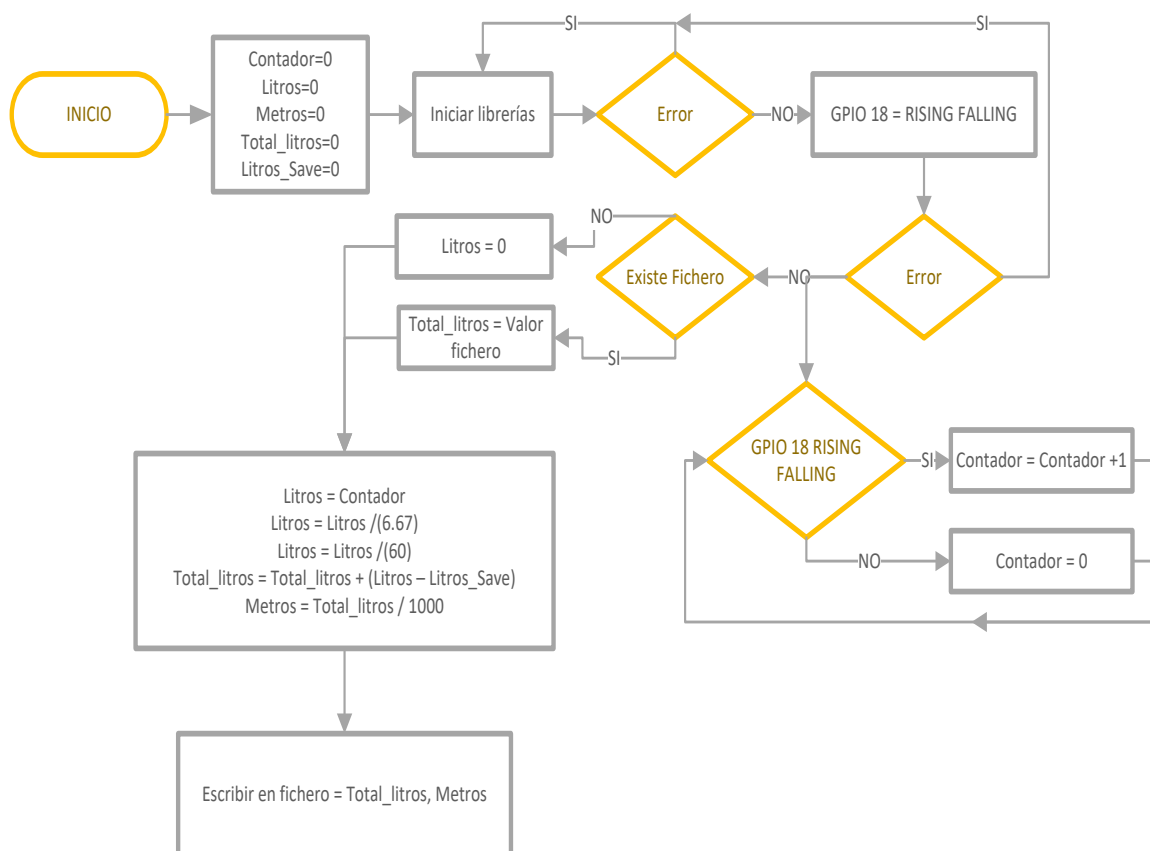


Figura 26. Diagrama de flujo sensor de flujo de agua reutilizada
Fuente: Autoría

En la Figura 26 se muestra el diagrama de flujo correspondiente a la lectura del sensor ubicado a un lado del inodoro. El sensor de flujo agua YF-S201 entrega un tren de pulsos que es proporcional al flujo de agua que circula por el en ese momento, la cual se la calcula con la ecuación 1. El valor que se obtiene con la ecuación viene dado en litros por minuto, para ello hay que convertirlo a litros y a metros cúbicos, para luego almacenarlos en un fichero para tener de respaldo la información en el caso que exista un corte de energía y en el momento que se reanude la energía leer el archivo, obtener el dato almacenado y sumar acumulativamente la cantidad de agua reutilizada.

3.1.7.2. Diagrama de flujo sensor nivel de agua

Mediante el diagrama de flujo de los sensores de nivel se indica el funcionamiento de la bomba de agua sumergible y la electroválvula como se muestra en la Figura 27.

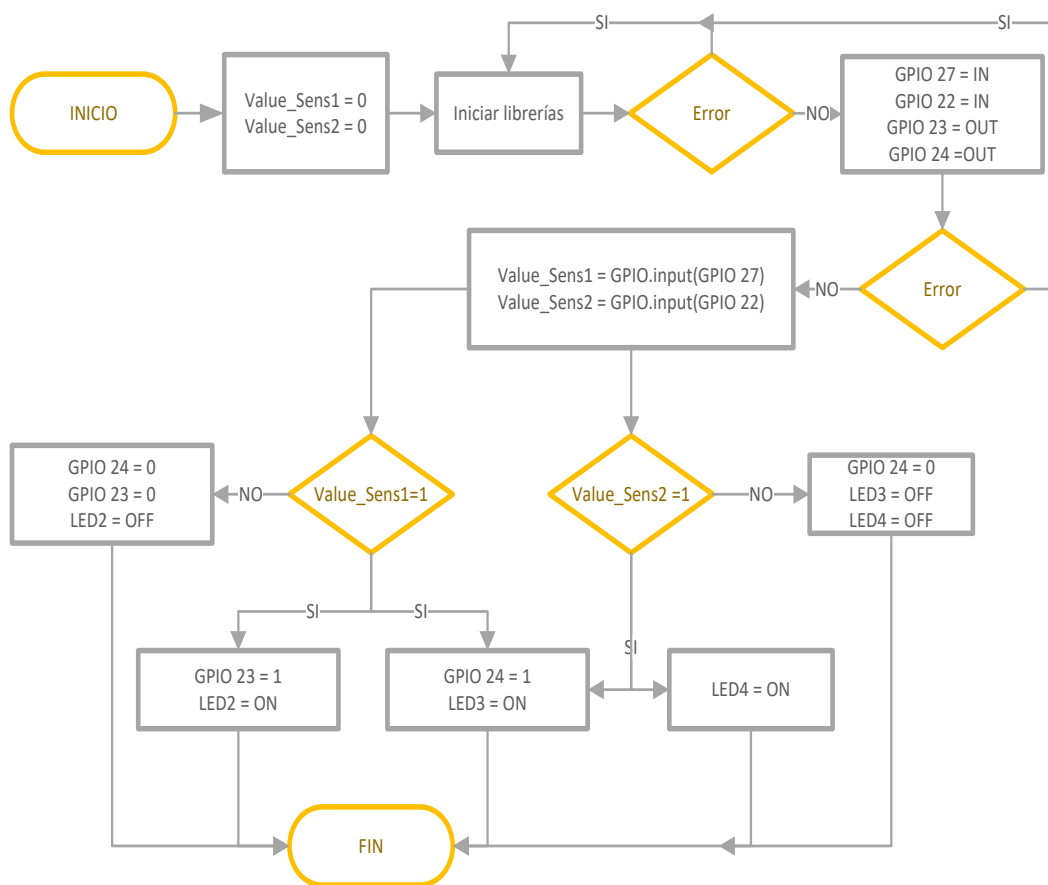


Figura 27. Diagrama de flujo sensor de nivel de agua
Fuente: Autoría

La lectura de los sensores se las almacena en las variables correspondientes. El sensor 1 y sensor 2 realizan la comparación de sus valores activara la bomba siempre y cuando el recipiente de almacenamiento contenga agua y el tanque del inodoro se encuentre vacío es decir ambos se encuentre con un valor de 1. Si no coinciden estas condiciones la bomba no se activará. El sensor 1 que se encuentra en el tanque de almacenamiento desactiva la electroválvula para cerrar evitando que ingrese el agua potable, mientras exista agua reutilizable. Como se puede observar en la Figura 27, el diagrama flujo cuenta con dos leds, el led2 servirá para visualizar el estado de la bomba, el led3 para visualización del estado de la electroválvula el led4 se activará cuando el tanque del inodoro se encuentre lleno y listo para una descarga.

3.1.7.3. Diagrama de flujo para enviar datos a la plataforma ThingSpeak

La plataforma ThingSpeak está orientado para el internet de las cosas. En esta plataforma se podrá visualizar gráficamente: la cantidad de agua reutilizada en el inodoro en metros cúbicos y el ahorro económico en dólares. En la Figura 28 se puede observar el diagrama de flujo para enviar los datos a plataforma ThingSpeak.

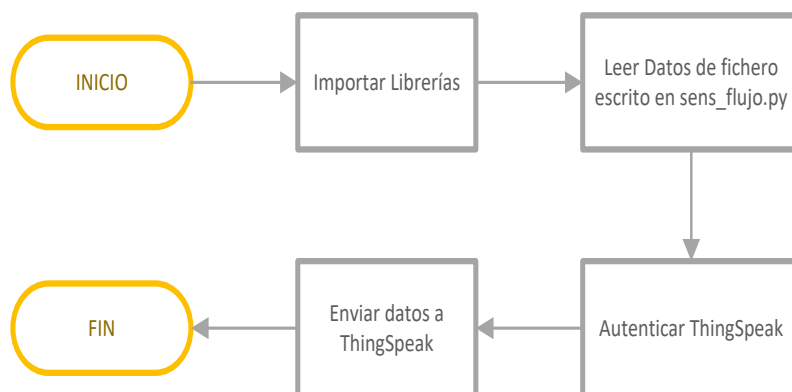


Figura 28. Diagrama de flujo para datos a la plataforma ThingSpeak
Fuente: Autoría

3.1.8. Integración

La fase de integración es muy importante donde validamos nuestro diseño con nuestro programa funcional.

3.1.8.1. Software de diseño y simulación

La simulación del circuito electrónico se lo realiza en el software de simulación Proteus, para la comprobación la reacción de los dispositivos electrónicos con su programación.

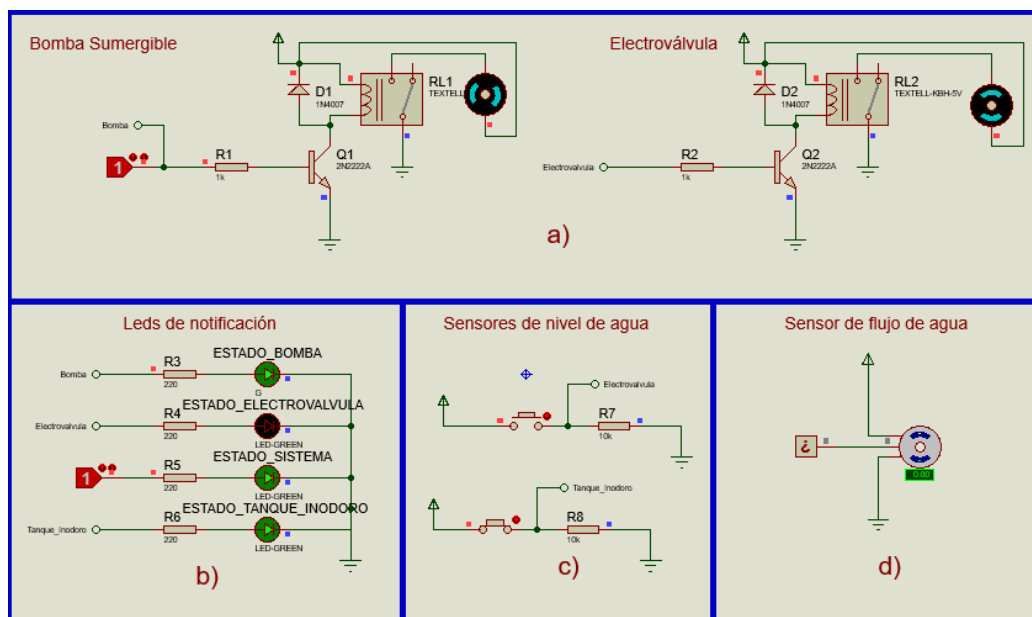


Figura 29. Simulación del circuito electrónico
Fuente: Autoría

En la Figura 29 se encuentra la simulación de cada una de las partes del sistema electrónico como son:

- Circuito para la activación de la bomba de agua sumergible, la Raspberry Pi 3 envía un pulso digital (1L o 0L), para la activar o desactivar la bomba de agua.
- Leds de verificación. - Dependiendo del valor que envíen los sensores los leds se encenderán para la visualización del estado de cada dispositivo seleccionado.
- Sensor de nivel. - Este circuito tiene la configuración pull-down, ya que el sensor de nivel de agua funciona como un interruptor, esta señal es enviada a la placa Raspberry.
- Sensor de flujo. – El circuito para un sensor de flujo de agua de efecto hall envía datos a la placa Raspberry por su pin GPIO asignado.

Para esquematizar la conexión de la placa Raspberry con los diferentes sensores se utilizó el software Fritzing como se muestra en la Figura 30.

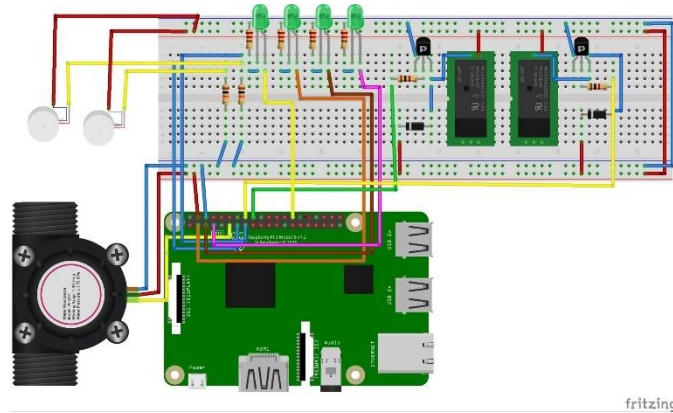


Figura 30. Conexiones de simulación del sistema
Fuente: Autoría

Para el diseño de la placa electrónica utilizamos el software Eagle. En la Figura 31, podemos observar el diseño realizado para la conexión de la placa Raspberry con sus respectivos pines.

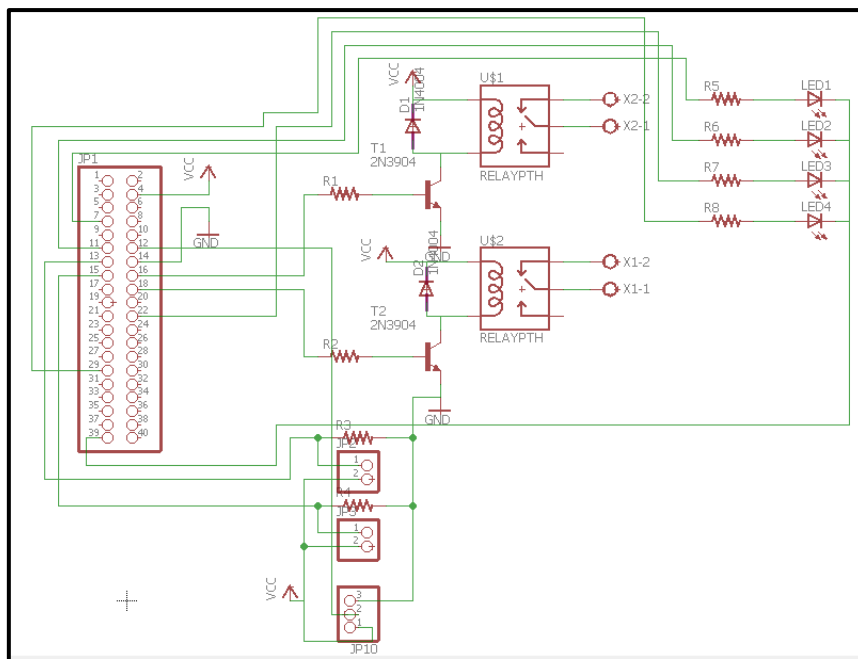


Figura 31. Diseño de la placa electrónica en Eagle
Fuente: Autoría

En la Figura 32, se puede observar la placa electrónica ya realizado el ruteo de las pistas, para su posterior impresión en la placa o baquelita de fibra de vidrio.

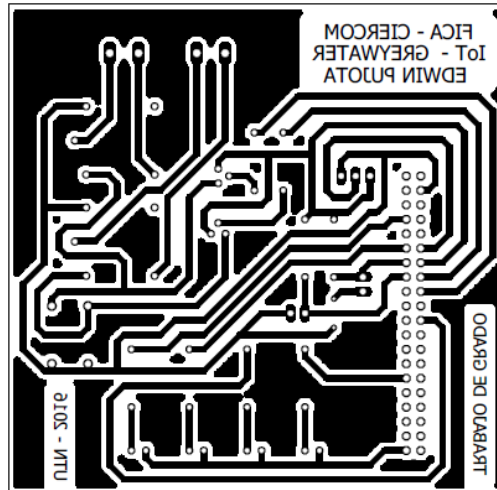


Figura 32. Diseño del circuito para el sistema electrónico
Fuente: Autoría

3.1.9. Verificación

La última etapa del modelo de desarrollo en V para sistemas embebidos es la verificación, donde validamos el sistema con los requerimientos establecidos.

3.1.9.1. Protoboard

Con el protoboard se puede revisar el funcionamiento real de los dispositivos electrónicos y comprobar la interacción entre los mismos con el medio ambiente además de observar el cómo se adquieren datos, además con el uso del protoboard el usuario final puede observar y manejar el sistema, promoviendo ajustes necesarios al mismo.

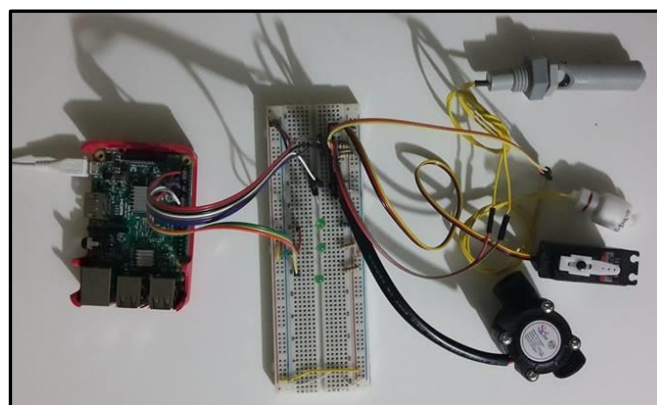


Figura 33. Armado en el protoboard del sistema
Fuente: Autoría

Para la verificación del correcto funcionamiento del sistema electrónico se realizó el armado del circuito en el protoboard como se muestra en la Figura 33, los sensores son conectados a cada uno de los pines GPIO asignados, para el ingreso de datos a la placa Raspberry proveniente de los sensores.

3.1.9.2. Verificación con usuario

La verificación de usuario es esencial para documentar los cambios necesarios en el sistema y poderlos corregir satisfactoriamente, otro objetivo muy importante es la comprobación de los anteriores requerimientos con su porcentaje o grado de satisfacción.

Tabla 12. Verificación de requerimientos

VERIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS					
#	Requerimientos	Diseño	Programa (nombre, versión)	Verificación %	Observaciones
1	Sistema Operativo		Raspbian	100%	
2	Aplicación IoT		ThingSpeak	100%	
3	Open Software		Python	100%	
4	Sensor de flujo		YF-S201	100%	
5	Sensor de nivel		Swicth Flotador	100%	
6	Electroválvula		FCD-270A	100%	
7	Bomba de agua sumergible		AquaJet PFN 1000	100%	

Fuente: Autoría

En la Tabla 12 realizamos la verificación de los requerimientos para que el sistema electrónico trabaje según las necesidades del diseño.

3.1.9.2.1. Sistema operativo

La placa Raspberry al ser un mini computador utiliza un sistema operativo para su funcionamiento.

3.1.9.2.2. Plataforma IoT

La plataforma IoT del sistema es ThingSpeak la cual permite subir los datos del sensor de flujo de agua y mostrarlos gráficamente. La plataforma IoT ThingSpeak cuenta con un base de almacenamiento de datos, los cuales permite al usuario descargar los datos enviados del sensor de flujo de agua en formato;.XML,.JSON o .CSV si así lo requiere lo requiriese el usuario.

3.1.9.2.3. Open source

Python se desarrolla bajo una licencia de código abierto, por lo que es de libre uso y distribuible, incluso para uso comercial. La Raspberry Pi 3 utiliza Python como software de programación. Este software viene preinstalado en el sistema operativo que utiliza la placa Raspberry. Python permite crear el programa para controlar los pines GPIO asignados a cada sensor y dispositivo electrónico del sistema.

3.1.9.2.4. Sensor de flujo de agua

El sensor de flujo de agua YF-S201 permite medir la cantidad de agua reutilizada en el inodoro. El sensor envía la señal en un tren de pulsos, esta señal es procesada por la Raspberry y con la ecuación 1 se calcula la cantidad de agua que atraviesa por el en ese momento.

3.1.9.2.5. Sensor de nivel de agua, electroválvula y bomba sumergible

El un sensor de nivel de agua permite envía la señal la placa Raspberry para activar la bomba siempre y cuando exista agua en el recipiente de almacenamiento y el tanque del inodoro se encuentre vacío. El otro sensor de

nivel de agua accionara la electroválvula para cerrar el ingreso del agua potable al tanque del inodoro siempre que exista agua en el recipiente de almacenamiento.

3.2. Implementación del sistema electrónico

El proceso de implementación es la fase final del modelo donde una vez verificado todo el sistema puede ser puesto ya en marcha en su ubicación con sus debidas recomendaciones. El hardware de la Raspberry Pi 3 se maneja desde un sistema operativo basado en Linux Embebido. Para el desarrollo del proyecto se decidió usar Raspbian, la cual se encuentra en su última versión Raspbian Jessie. La razón se debe a que esta es la única distribución que recibe actualizaciones oficiales por parte de la empresa propietaria, además este sistema operativo es open source. A continuación, se detallarán los pasos seguidos para la implementación del sistema de reutilización de aguas grises proveniente de la ducha.

3.2.1. Situación actual del complejo acuático UTN

La Universidad Técnica del Norte cuenta con una piscina semiolimpica que también ofrece los servicios de; sauna, turco, hidromasaje y Piscina polar.

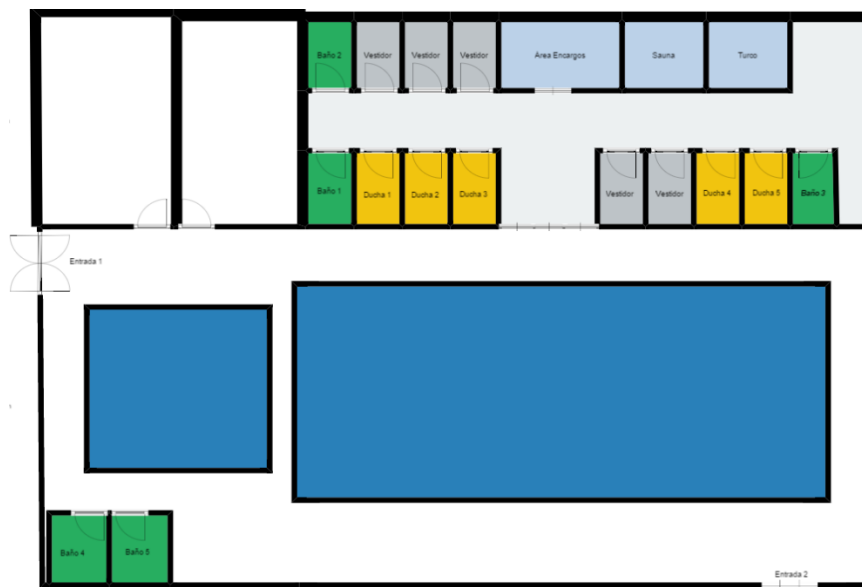


Figura 34. Plano de ubicación de las duchas y los baños en el complejo acuático UTN
Fuente: Autoría

El complejo acuático UTN cuenta con 5 duchas (Color naranja) y 5 baños (Color verde) las cuales se encuentran ubicados como se muestra en la Figura 34.

Todas las duchas del complejo acuático UTN tienen las siguientes medidas:

- Altura del piso a la ducha 1.92 metros.
- El ancho de 1.10 metros.
- El largo es de 2.10 metros.
- El área para ducharse es de 1.10 metros por 80 cm.

El área de la ducha se debe a que existe un pequeño muro para poner los objetos personales como se muestra en la Figura 35.



Figura 35. Vista 3D de la ducha del complejo acuático UTN
Fuente: Autoría

3.2.2. Instalación del sistema eléctrico

Debido a que baño no cuenta con una alimentación de corriente alterna se realiza las instalaciones de dos tomacorrientes es decir salidas para la conexión de hasta cuatro dispositivos. En nuestro proyecto se utilizarán tres salidas, la primera que será para alimentación de la placa Raspberry Pi3, la segunda que será para el funcionamiento de la bomba de agua y el tercero que será para la electroválvula.

La instalación inicia desde la caja de distribución hasta llegar al baño, para lo cual se instala canaletas por donde ira el cable #12 AWG¹², realizamos la conexión del toma corriente y tenemos como resultado como se muestra en la Figura 36.



Figura 36. Instalación de la fuente de alimentación para los dispositivos electrónicos
Fuente: Autoría

El sistema eléctrico para el sistema de reutilización del agua gris proveniente de la ducha tiene una potencia total de 19 w, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Calculo de potencias del sistema eléctrico

Elementos	Potencia (w)
Raspberry Pi 3	4
Bomba sumergible	11
Electroválvula	4
Potencia Total	19

Fuente: Autoría

3.2.3. Instalación del Sistema Operativo

La Raspberry Pi 3 no dispone de ninguna interfaz de almacenamiento interno (excepto el firmware que se almacena en la GPU), por lo tanto, es necesario hacer arrancar el sistema operativo desde una tarjeta MicroSD. Para ello se utilizó una tarjeta MicroSD de 16 GB clase 10 Kingston como se muestra en la Figura 37, debido a que su velocidad transferencia es de, 10MB/s, por lo tanto, tiene un mayor rendimiento el cual se comprueba fácilmente al iniciar el sistema operativo y ejecutar los programas. En el anexo I se encuentra detallada los pasos para la instalación del sistema operativo.

¹² 12 AWG (American Wire Gauge, calibre americano para conductores)



Figura 37. Tarjeta Kingston de 16 GB clase 10
Fuente: Autoría

3.2.4. Conexión remota usando el protocolo SSH

Para poder acceder a la Raspberry Pi 3 se puede optar por cualquiera de las siguientes opciones:

- Conectando una pantalla a la salida HDMI o el conector de video analógico, conectar teclado y el mouse a los puertos USB de la placa.
- Utilizando una conexión remota desde otra computadora usando el protocolo SSH.

La primera opción no es la más adecuada para este proyecto debido al pequeño espacio que existe en lugar donde se va a implementar, la segunda es la mejor opción que es la utilización de una conexión remota SSH. El protocolo SSH hace uso del puerto 22 y permite acceder a un host remoto y enviar órdenes a través de un intérprete de comandos.

Para ello se necesita conocer la dirección IP que se le asigna en la red local a la Raspberry Pi 3. Es preferible para la Raspberry Pi 3 asignar una IP estática para no estar consultando la IP a cada momento. Usando un cliente SSH como Putty (que es multiplataforma) o usar la línea de comandos en una terminal en Linux.

El desarrollo de este proyecto se lo realizo con una PC utilizando el programa Putty. Ejecutamos el programa, ingresamos la dirección IP de la Raspberry Pi 3 y damos click en open como se muestra en la Figura 38.

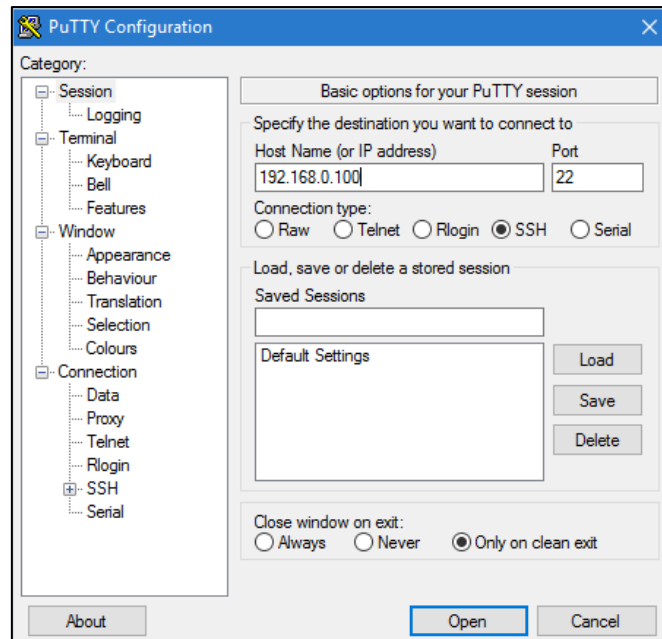


Figura 38. Ingreso por SSH a la Raspberry Pi 3 desde la terminal Putty
Fuente: Autoría

No es necesario ingresar como root al sistema debido a que el usuario “pi” tiene los mismos privilegios de root, para cualquier comando que requiera privilegios de root solo se debe anteponer sudo. El sistema operativo Raspbian no está totalmente listo, hay que realizar algunas configuraciones que se detallan a continuación.

Expandir la memoria del sistema operativo.

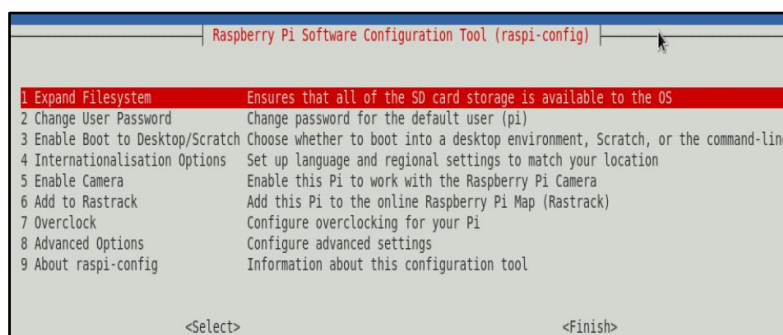


Figura 39. Menú de configuración general de la Raspberry Pi 3
Fuente: Autoría

Como la imagen de Raspbian para la placa Raspberry Pi 3 tiene un tamaño de 1.32 GB es posible extender ese tamaño para que ocupe toda la tarjeta MicroSD,

en este caso una de 16GB, para poder tener más espacio disponible para actualizaciones, aplicaciones, multimedia, etc. Para ello se ingresa el Comando `sudo raspi-config`, luego seleccionamos Expand File system y click en finish como se muestra en la Figura 39, seguidamente de un reboot al sistema.

3.2.5. Recipiente de almacenamiento

El dimensionamiento del recipiente de almacenamiento se lo realizo mediante las diferentes condiciones del lugar, es decir la altura de la ducha al piso, el ancho de la bañera, el número de usuarios, la capacidad del tanque del inodoro y las descargas diarias del inodoro.

Según la altura obtenida, el recipiente de almacenamiento debe tener una altura máxima de 15 cm, de largo debe ser menor a 110 cm y de ancho menor a 80 cm.

Para el número de usuarios se toma en cuenta el número de personas identificando de si son hombres o mujeres, debido a que en el caso de los hombres utilizan de 15 a 16 litros, mientras que las mujeres utilizan de 16 a 18 litros de agua al bañarse como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Cantidad de litros de agua utilizada al bañarse de hombres y mujeres

N. Pruebas	Hombres	Mujeres
1	15.63 Litros	16.53 Litros
2	15.1 Litros	17.6 Litros
3	16.03 Litros	17.96 Litros

Fuente: Autoría

Para determinar el número de usuarios se realizó fichas de observación que se encuentra en el Anexo K y como se observa en la Tabla 15, donde se registraba el número de usuarios que utilizaban las duchas y que duchas se utilizaron, esto se realizó una semana es decir de lunes a domingo, donde de lunes a viernes la gran mayoría de los usuarios son los estudiantes de la Universidad Técnica del Norte mientras que los fines de semana ingresan personas particulares.

Tabla 15. Cantidad de usuarios que utilizan las duchas diariamente

	Ducha 1	Ducha 2	Ducha 3	Ducha 4	Ducha 5	# Usuarios
Lunes	12	8	9	9	7	45
Martes	13	9	10	10	8	50
Miércoles	10	11	9	9	8	47
Jueves	12	10	9	11	7	49
Viernes	11	8	10	8	9	46
Sábado	15	13	10	11	12	61
Domingo	17	14	14	13	14	72

Fuente: Autoría

Con estos datos se tiene como resultado un recipiente de almacenamiento con una altura de 15 cm, de ancho 60 cm y de largo 80 cm, esto nos da una capacidad de almacenamiento de 36 litros de agua los cuales nos abastece para 6 descargas por recipiente.

El recipiente de almacenamiento consta de un filtro físico/químico elaborado a base de grava (Físico), carbón activado y algodón filtrante (Químico) como se muestra en la Figura 40. La grava y el algodón filtrante evitará que ingresen partículas sólidas al recipiente de almacenamiento, mientras que el carbón activado cumplirá la función de purificador del agua.



Figura 40. Recipiente de almacenamiento con filtro físico/químico

Fuente: Autoría

El recipiente de almacenamiento está ubicado bajo la ducha, el cual captará el agua mientras el usuario se baña. El recipiente de almacenamiento en su interior contiene una bomba de agua sumergible y el sensor de nivel de agua.

Debido a la ubicación de las duchas el recipiente de almacenamiento será ubicado en cada una de las duchas con una conexión de todos los recipientes de almacenamiento mediante una manguera de media pulgada. En la Figura 41 se muestra la conexión entre cada uno de ellos.



Figura 41. Diagrama de conexión de los recipientes de almacenamiento
Fuente: Autoría

Una vez instalado todos los recipientes de almacenamiento quedara como se muestra en la Figura 42.

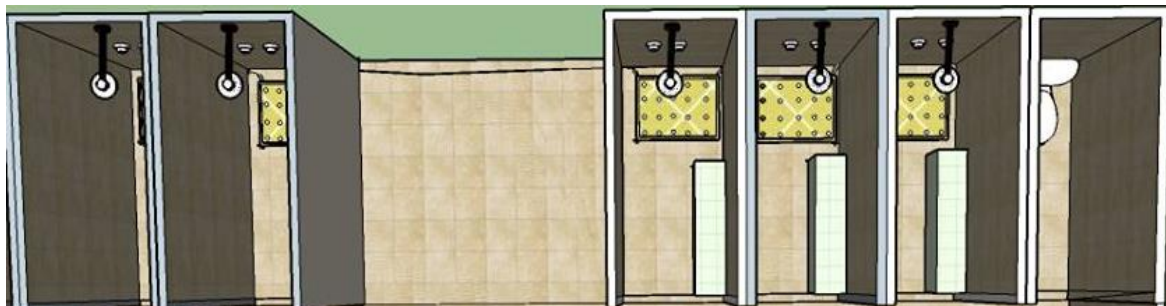


Figura 42. Recipiente de almacenamiento instalado en las duchas
Fuente: Autoría

3.2.6. Lectura del sensor de flujo de agua

El sensor de flujo se encuentra ubicado a un lado de inodoro como se muestra en la Figura 43. El sensor entrega un tren de pulsos que es proporcional al flujo de agua que circula por ese momento dada en la ecuación 1.

Este valor dado en litros por minuto hay que convertirlo a litros y a su vez a metros cúbicos y almacenarlo en un archivo de texto para tener de respaldo la información en el caso que exista un corte de energía y en el momento que se reanude la energía consultar ese archivo y sumar acumulativamente la cantidad de agua reutilizada.



Figura 43. Ubicación del sensor de flujo de agua
Fuente: Autoría

Este es uno de los programas principales del sistema por lo que debe ser ejecutado cada vez que la Raspberry Pi 3 se inicializa. Para ello se crea un script de inicialización en el directorio `/etc/init.d/`, con el comando.

- `sudo nano /etc/init.d/agua`

En la Figura 44 se indica las líneas de código que debe tener el script.

```
#!/bin/sh
### BEGIN INIT INFO
# Provides:          greywater
# Required-Start:    $local_fs $remote_fs $network $syslog $named
# Required-Stop:     $local_fs $remote_fs $network $syslog $named
# Default-Start:     2 3 4 5
# Default-Stop:      0 1 6
# Short-Description: Start/stop greywater
### END INIT INFO
case "$1" in
  start)
    echo "Arrancando programa"
    # Aquí hay que poner el programa que quiere
    #sudo ./sens_flujo.py
    /usr/bin/python /home/pi/IoT_GreyWater/sens_flujo.py
    ;;
  stop)
    echo "Deteniendo programa"
    ;;
  *)
    echo "Modo de uso: /etc/init.d/sens_flujo.py {start|stop}"
    exit 1
    ;;
esac
exit 0
```

Figura 44. Fichero que iniciara el programa del contador del flujo de agua
Fuente: Autoría

El fichero tiene que hacerse ejecutable de la siguiente manera:

- `sudo chmod 755 /etc/init.d/agua`

Y por último se debe activar el arranque automático:

- `sudo update-rc.d agua defaults`

Cuando se reinicie la Raspberry Pi 3 el programa se ejecuta de forma automática. El fichero donde estará el código se nombró como sens_flujo.py, el programa completo se encuentra en el anexo A.

3.2.7. Lectura de datos del sensor de nivel de agua

El proyecto consta de 2 sensores de nivel de agua; el primero se encuentra ubicado dentro del tanque de almacenamiento de aguas grises y el segundo dentro del tanque del inodoro como se muestra en la Figura 45.

Estos sensores envían los datos digitales a la placa Raspberry Pi 3 para la activación de la bomba de agua y la electroválvula que sirve de conmutación para el llenado del tanque del inodoro entre el agua reutilizada y agua potable.



Figura 45. Ubicación de los sensores de nivel de agua
Fuente: Autoría

Si el recipiente de almacenamiento se encuentra lleno o con la cantidad suficiente de agua activa la electroválvula para no permitir el ingreso del agua potable, en cambio si el recipiente de almacenamiento se encuentra vacío se desactiva la electroválvula y el tanque empieza a trabajar de la manera tradicional.

Este es otro de los programas principales del sistema por lo que debe ser ejecutado cada vez que la Raspberry Pi 3 se inicializa. Para ello se crea un script de inicialización en el directorio /etc/init.d/, con el comando.

- sudo nano /etc/init.d/electronica

En la Figura 46 se indica las líneas de código que debe tener el script.

```
#!/bin/sh
### BEGIN INIT INFO
# Provides:          raspberry
# Required-Start:    $local_fs $remote_fs $network $syslog $named
# Required-Stop:     $local_fs $remote_fs $network $syslog $named
# Default-Start:     2 3 4 5
# Default-Stop:      0 1 6
# Short-Description: Start/stop raspberry
### END INIT INFO
case "$1" in
start)
    echo "Arrancando programa"
    # Aquí hay que poner el programa que quiere
    #sudo ./electronica.py
    /usr/bin/python /home/pi/IoT_GreyWater/electronica.py
    ;;
stop)
    echo "Deteniendo programa"
    ;;
*)
    echo "Modo de uso: /etc/init.d/electronica.py {start|stop}"
    exit 1
    ;;
esac
exit 0
```

Figura 46. Fichero que iniciara el programa de los sensores de nivel
Fuente: Autoría

El fichero tiene que hacerse ejecutable de la siguiente manera:

- sudo chmod 755 /etc/init.d/electronica

Y por último se debe activar el arranque automático:

- sudo update-rc.d electronica defaults

Cuando se reinicie la Raspberry Pi 3 el programa se ejecuta de forma automática. El fichero donde estará el código se nombró como electronica.py, el programa completo se encuentra en el anexo C.

3.2.8. Llenado del tanque del inodoro

El llenado del tanque del inodoro se lo realiza mediante la utilización la bomba sumergible que se encuentra dentro del recipiente de almacenamiento de la ducha número 1, y manguera de ½ pulgada que transporta el agua desde el recipiente de almacenamiento hasta el tanque del inodoro como se muestra en la Figura 47.



Figura 47. Conexión de la manguera con el tanque del inodoro
Fuente: Autoría

3.2.9. Envío de datos a la plataforma ThingSpeak

ThingSpeak ha sido diseñada para ayudar a las compañías a simplificar el desarrollo de una nueva generación de productos conectados que pueden ser rápidamente desplegados para el Internet Of Things, Los desarrolladores independientes pueden enfocarse en sus innovaciones a la vez que reducen de forma significativa los recursos, costes y tiempo destinado a lanzar nuevas ofertas conectadas al mercado. ThingSpeak proporciona una plataforma abierta para servicios de datos, que incluyen base de datos de series cronológicas y analíticas, siendo accesibles a través de una API estándar con soporte para diferentes dispositivos. La finalidad del uso de ThingSpeak en este proyecto es la de interactuar con los servicios de monitorización de estadísticas en la nube es decir poder acceder desde internet a datos que se generan de manera local.

Para poder comunicar la Raspberry Pi 3 con la plataforma ThingSpeak es necesario crear una cuenta donde se almacenarán los datos. La cual se detalla en el anexo F. Además, se debe instalar algunas librerías en la Raspberry Pi 3 antes de empezar a escribir el código en Python. Por terminal SSH se escribe lo siguiente:

- `sudo apt-get install python-pip wget-O Geekmanpythoneeml.tar.gzhttps://github.com/geekman/pythoneeml/tarball/master`

El primer comando instala pip que es un sistema de gestión de paquetes que se utiliza para instalar y gestionar paquetes de software escritos en Python. El segundo comando se descarga desde un repositorio de Github la herramienta EEML que sirve básicamente para modelar sistemas basado en una estructura jerárquica de capas que es que el que usaremos para enviar los datos a ThingSpeak.

Se crea un documento de texto con extensión “.py” donde se alojará el código de Python. La Figura 28 muestra el diagrama de flujo del código para el envío de datos a la plataforma ThingSpeak. Este código escrito en Python permite leer los

datos del fichero donde están los valores de la cantidad de agua reutilizada en metros cúbicos en el inodoro. Una vez que se tiene todos los datos se realiza la autenticación en ThingSpeak usando el WRITE API KEY y se procede a enviar los datos a la plataforma. El link:

https://thingspeak.com/channels/123524/private_show es el correspondiente a la página en ThingSpeak.

Para poder enviar los datos mensualmente a la plataforma ThingSpeak se empleará la herramienta cron. En el sistema operativo Linux, cron es un administrador regular de procesos en segundo plano que ejecuta procesos o guiones a intervalos regulares, por ejemplo, cada minuto, día, semana o mes.

El código escrito en Python que se encarga de enviar los datos a la plataforma ThingSpeak el cual se ejecutará el primero de cada mes a las 00:00 am. El mismo que se encuentra en el anexo B. En la terminal de comandos se escribe `sudo crontab -e`, al final de este archivo ingresar la siguiente línea:

```
00 00 1 * * python "programa.py" #El programa se ejecutará el primero de cada mes a las 00:00 am.
```

3.3. Pruebas de funcionamiento

El prototipo de medición de agua reciclada funciona de 8:00 am a 19:00 pm los siete días a la semana. Si ocurre algún tipo de corte de energía los valores no se pierden, cuando se restituye el servicio de energía los valores de metros cúbicos consumidos anteriormente serán recuperados y se puede seguir con las mediciones.

3.3.1. Calibración del sensor de flujo de agua

Para comprobar el correcto funcionamiento del sensor de flujo de agua se realizó las siguientes pruebas para la calibración:

Corremos el programa y anotamos la cantidad de pulsos que se obtienen en un litro de agua. Se realizó tres pruebas con 1000ml y obtuvimos los siguientes resultados como se observa en la Tabla 16.

Tabla 16. Datos de calibración del sensor de flujo de agua

Prueba No.	Cantidad	Pulsos
1	1000 ml	398
2	1000 ml	400
3	1000 ml	399

Fuente: Autoría

Entonces podemos decir que por cada litro de agua que pasa por el sensor obtenemos aproximadamente 400 pulsos. Es decir que por cada pulso que da el sensor es equivalente a 2.5 ml (mililitros).

3.3.2. Funcionamiento del sensor de nivel de agua

El sensor de nivel de agua ubicado en el recipiente de almacenamiento envía la señal a placa Raspberry Pi 3, la cual permite que la bomba trabaje siempre y cuando tenga un nivel de agua adecuado para su correcto funcionamiento.

El otro sensor de nivel de agua que se encuentra ubicado en el tanque del inodoro fue instalado teniendo en cuenta la capacidad del tanque para su funcionamiento, en el tanque del inodoro su capacidad es de 6 litros de agua, cada vez que el tanque del inodoro se encuentre vacío se activara la bomba para el llenado del mismo siempre y cuando el recipiente de almacenamiento se encuentre con la cantidad de agua necesaria.

En el caso de que tanto el tanque del inodoro y el tanque de almacenamiento se encuentre vacíos se activara la electroválvula para permitir el ingreso de agua potable y así evitar el desabastecimiento del tanque del inodoro.

3.3.3. Recipiente de almacenamiento

El recipiente de almacenamiento tiene una capacidad de almacenar 36 litros, el mismo que se va llenando cuando los usuarios se duchen, una vez el recipiente lleno contendrá el agua lo suficiente para 6 descargas del inodoro.

El complejo acuático UTN cuenta con 5 duchas lo que significa que se obtendrá una cantidad de 180 litros de agua reutilizables equivalente a 30 descargas para los 5 inodoros que se encuentran en dicho lugar.

3.3.4. Verificación de fugas

Para la verificación de fugas tenemos dos fases; verificación de fugas externas y verificación de fugas internas del sistema.

La verificación de fugas externas al sistema se realizó cerrando todas las llaves de agua potable que tenga el hogar, y con la ayuda del medidor verificar si sigue marcando o no. Una vez realizada la verificación se pudo obtener como resultado que en el hogar no existen fugas de agua externas al sistema.

La verificación de fugas internas del sistema se la realizó comprobando que cada unión se encuentre bien sellada. Una vez terminada la verificación se tiene como resultado que el sistema no tiene fugas internas en el sistema lo que garantiza que el agua almacenada en el recipiente sea reutilizada en su totalidad.

3.3.5. Placa electrónica Raspberry Pi 3

La placa electrónica Raspberry Pi 3 es la parte fundamental del sistema ya que procesa la información que recibe de los sensores. Debido a la cantidad de datos que envían los sensores, la CPU de la Raspberry Pi 3 eleva su temperatura hasta los 65 °C. Para obtener los datos de la temperatura se creó un script en Python este se lo puede encontrar en el anexo D. Para ello se instaló un ventilador en la placa electrónica y se obtuvo como resultado que la máxima temperatura a la que llegaba es a los 48 °C. Además, la placa electrónica

Raspberry Pi 3 cumple con las funciones de automatizar todo el sistema sin ningún inconveniente.

3.4. Resultados de la prueba general del sistema

Una vez realizado la comprobación del correcto funcionamiento de cada uno de los sensores y dispositivos electrónicos, se procedió a utilizar el sistema de reutilización de aguas grises es decir placa electrónica ya con todos los dispositivos conectados.

La placa electrónica tiene 4 leds como se muestra en la Figura 48 las cuales sirven de notificación para el usuario.

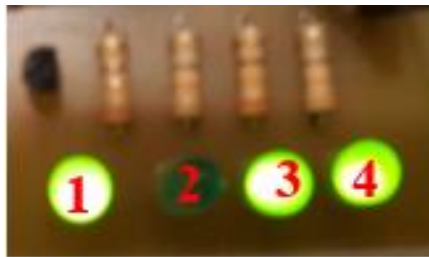


Figura 48. Leds de notificación del sistema
Fuente: Autoría

Las notificaciones según los leds son los siguientes:

- Led 1. Notificación del sistema: El led se enciende o se apaga según se cómo se encuentre le sistema.
- Led 2. Notificación bomba de agua: El led se enciende cuando la bomba de agua se encuentre en funcionamiento es decir cuando el tanque del inodoro se está llenando y se apaga cuando se llene el tanque y se apague la bomba de agua.
- Led3. Notificación de la electroválvula: Cuando el led se encuentra encendido significa que la electroválvula esta activada y está dejando ingresar el agua potable al tanque del inodoro, mientras que si el led se encuentra apagado la electroválvula se encuentra desactivada y por ende

el tanque del inodoro está utilizando el agua del recipiente de almacenamiento.

- Led4. Notificación tanque del inodoro: El led esta encendido cuando el tanque del inodoro se encuentra con agua y está lista para una descarga y se apaga cuando el tanque este vacío.

Mientras el usuario se va duchando el agua se va almacenando en el recipiente de almacenamiento, el sensor de nivel que se encuentra en el mismo envía una señal a placa Raspberry Pi la cual; enciende un led y activa la electroválvula siempre que el recipiente se encuentra con la cantidad suficiente de agua, caso contrario se apagará el led y desactivará la electroválvula. Al momento de activar la electroválvula este pasará al modo normalmente abierto (NA) el cual permitirá el ingreso del agua potable, mientras que cuando se desactiva este se pondrá en el modo normalmente cerrado (NC) impedirá el ingreso de agua potable.

El sensor de flujo mide la cantidad de agua reutilizada y los datos los envía a la placa Raspberry Pi, la cual almacena los datos en un archivo de texto, en caso de corte de energía eléctrica no se pierdan los datos y cuando se restablezca el sistema se recuperen los datos para posteriormente subir los datos a la plataforma ThingSpeak como se muestra en la Figura 49. La placa Raspberry Pi al momento de iniciar el sistema cuando con un led de notificación para el encendido y apagado del sistema.

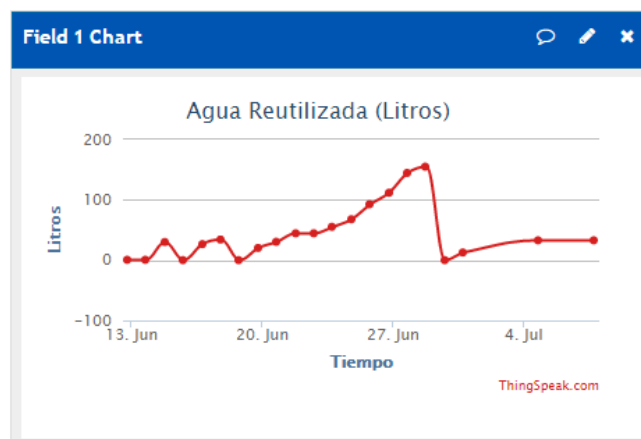


Figura 49. Visualización de datos en la plataforma IoT
Fuente: (ThingSpeak, 2016)

En la Tabla 17 se puede observar la cantidad de agua potable utilizada en todo el complejo acuático UTN y la cantidad de agua utilizada en las duchas por los usuarios en cada mes.

Los datos de consumo son obtenidos de página de la empresa pública EMAPA-I que se encuentra en la siguiente dirección:

www.emapaibarra.gob.ec/index.php/consulta-planilla.html.

Tabla 17. Datos del consumo mensual de agua potable en el complejo acuático UTN.

	Consumo agua potable (m3)	Agua utilizada en la ducha (m3)
Abril	424	25,02
Mayo	423	24,82
Junio	425	25,36
Julio	372	24,21
Agosto	421	25,16
Septiembre	111	12,75

Fuente: EMAPA-I

Los datos son obtenidos desde el mes de abril hasta el mes de septiembre en el complejo acuático UTN.

En el mes de septiembre se obtiene un valor de consumo de 111 metros cúbicos de agua debido a que el complejo acuático UTN se encontraba cerrado durante 15 días.

Según los datos obtenidos se tiene que al mes en el complejo acuático UTN se consumen hasta 25 metros cúbicos de agua potable solo en el uso de la ducha.

En la Tabla 18 se muestra la cantidad de agua reutilizada mensualmente y el porcentaje de reutilización que genere el sistema electrónico de reutilización del agua gris es del 71 %.

Tabla 18. Cantidad de agua reutilizada mensualmente.

	# Usuarios al mes	Cantidad de Agua utilizada en la ducha (metros 3)	Cantidad de Agua reutilizada (m3)	% de Reutilización
Abril	1472	25,02	17,66	71%
Mayo	1460	24,82	17,52	71%
Junio	1492	25,36	17,90	71%
Julio	1424	24,21	17,09	71%
Agosto	1480	25,16	17,76	71%
Septiembre	750	12,75	9,00	71%

Fuente: Autoría

En la Tabla 19 se muestra el ahorro económico mensual que genera el sistema de reutilización del agua gris. Para el ahorro se toma en cuenta el valor comercial por metro cubico de agua en la ciudad de Ibarra. Es considerado un valor comercial cuando el consumo sobrepasa los 10 metros cúbicos de agua potable.

Tabla 19. Ahorro económico mensual que genera el sistema

	Cantidad de Agua reutilizada (m3)	Ahorro económico (dólares)	mensual
Abril	17.66	\$20.31	
Mayo	17.52	\$20.15	
Junio	17.90	\$20.59	
Julio	17.09	\$19.65	
Agosto	17.76	\$20.42	
Septiembre	9.00	\$10.35	

Fuente: Autoría

Para calcular el ahorro económico mensual se utiliza la ecuación 2:

$$\text{Ahorro} = \text{Cantidad de agua reutilizada (m}^3\text{)} * 1.15 \quad (2)$$

- La cantidad de agua reutilizada en metros cúbicos es la cantidad de agua gris que se utiliza en el inodoro.
- 1,15 es el valor comercial en dólares que cuesta el metro cubico de agua potable en la ciudad de Ibarra. En este valor ya se encuentran incluidos los costos de comercialización y alcantarillado.

Según los datos de la tabla 19 en los meses de abril a agosto se obtuvo un ahorro mensual de 20 dólares, mientras que en el mes de septiembre se obtuvo un ahorro económico de 10 dólares esto se debe a que en este mes el complejo acuático UTN estuvo en funcionamiento solo 15 días.

Para una mejor interpretación de los datos se presenta una gráfica de barras como se muestra en la Figura 50 en la que se puede observar la cantidad de agua reutilizada en metros cúbicos y el ahorro económico en dólares que se genera al utilizar el sistema de reutilización de agua gris proveniente de la ducha.

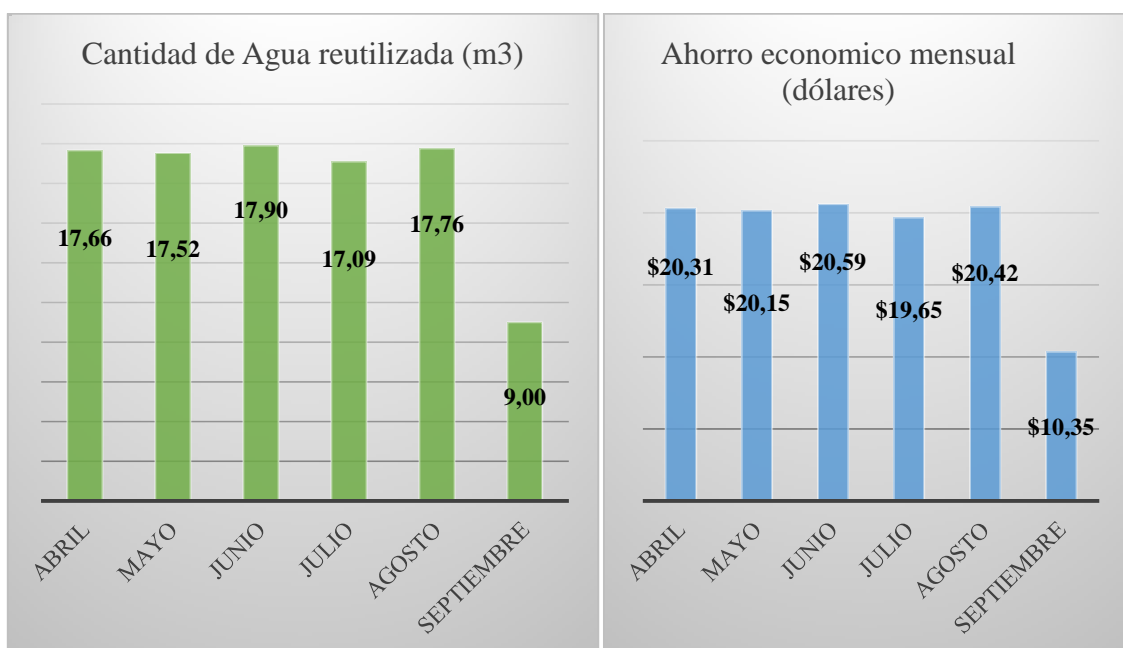


Figura 50. Diagrama de barras de la cantidad de agua reutilizada y el ahorro económico generado

Fuente: Autoría

El sistema electrónico de reutilización del agua gris proveniente de la ducha permite ahorrar al año un aproximado de 193,87 metros cúbicos de agua potable. Lo que nos genera un ahorro aproximado de \$222,95 dólares al año.

El sistema electrónico además de generar un ahorro económico, también es beneficioso para el medio ambiente por reducción del consumo innecesario del agua potable en actividades que no demanden la utilización de agua de consumo. Además, este proyecto está orientado al Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV), que en uno de sus objetivos dice que todas las personas tienen el derecho a los servicios de básicos como el agua potable, garantizando la calidad de la misma. También garantiza los derechos de la naturaleza y promueve la sostenibilidad ambiental, territorial y global.

3.5. Costo de producción

En el caso de que este proyecto se pretenda producir en gran escala tenemos el valor de comercialización que conllevaría la elaboración de cada sistema de reutilización de las aguas grises. Si se pretende una producción de 20 sistemas de reutilización del agua gris se tendría los siguientes datos como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Costo total de producción del sistema electrónico de reutilización del agua gris

Costo de Producción		
Concepto	Costo Unitario	Costo Total
Materia Prima Directa	\$127.00	\$2539.9
Mano de obra directa	\$19.38	\$387.63
Costos indirectos de fabricación	\$5.00	\$100
COSTO TOTAL	\$151.38	\$3027.53

Fuente: (Amazon, 2016), (<http://www.trabajo.gob.ec/>)

Para el caso de algunos elementos de la materia prima como es el caso de la Raspberry Pi 3, el sensor de flujo, el sensor de nivel, la electroválvula y la bomba sumergible se hace una importación para lo cual se realiza la cotización en la página web https://www.amazon.com/gp/cart/view.html/ref=lh_cart_vc_btn de la

empresa Amazon que se dedica a la venta de productos en línea en el anexo L se encuentra detallado el precio Total de estos productos. Pero para esto se debe tener en cuenta el valor de la importación.

Para calcular el valor de la importación se utiliza la siguiente página web <http://www.clubbuzzom.com/pages/calcular/calculadora1.php> en el anexo M se encuentra detallado el valor total aproximado de la importación.

Para calcular el costo de producción de los 20 sistemas electrónicos de reutilización del agua gris se toma en cuenta la materia prima es decir todos los elementos que se necesitan para la elaboración del sistema, la mano de obra directa es decir el sueldo del técnico en ensamblaje y mantenimiento de equipos de computación y electrónicos el diseño este valor se obtuvo de la tabla de salarios mínimos sectoriales 2016 que se encuentra en el anexo N , otro valor que se toma en cuenta son los costos indirectos de fabricación es decir los elementos que conllevaran la instalación del sistema.

El costo total de producción de los 20 sistemas es de \$3027.53 dólares es decir que cada sistema tendrá un valor de producción de \$151.38 dólares.

Para obtener el precio de venta de cada sistema se debe tener en cuenta los costos de producción, los costos de administración y los costos de ventas.

Entre los costos de administración se encuentra el sueldo del supervisor de sistemas, desarrollo, tecnología y proyectos el cual tiene un valor de \$395.14 dólares según la tabla de salarios mínimos sectoriales 2016, mientras que en los costos de ventas se tiene un valor de \$100 dólares que será para la publicidad mediante redes sociales.

Para el precio de venta de cada sistema de reutilización del agua gris se le suman los valores costo de producción, el costo de administración el costo ventas y la utilidad aproximada como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Costo de venta de cada sistema electrónico de reutilización del agua gris

	Costo total	Costo Unitario
Costo de Producción	3,027.53	\$151.38
Gastos de Administración	395.14	\$19.76
Gastos de Venta	100.00	\$5.00
COSTOS TOTALES	3,522.67	\$176.13
UTILIDAD APROXIMADA 15%	528.40	\$26.42
PRECIO DE VENTA		\$202.55

Fuente: (Amazon, 2016), (<http://www.trabajo.gob.ec/>)

El costo de venta de cada sistema electrónico es de **\$202.55** dólares. Es decir que en la venta de cada sistema se tendrá una ganancia de \$26.42 dólares. En el precio de venta ya se encuentra incluido la instalación y el mantenimiento del sistema electrónico de reutilización del agua gris.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se mencionarán las conclusiones obtenidas al implementar el sistema electrónico para la reutilización de aguas grises y las respectivas recomendaciones para su adecuado funcionamiento.

4.1. CONCLUSIONES

El sistema electrónico con aplicaciones IoT de reutilización de aguas grises de la ducha hacia el inodoro para estimar un ahorro de consumo del agua potable a escala de laboratorio, fue diseñado para el complejo acuático de la Universidad Técnica del Norte, pero debido a que no se puede modificar la infraestructura actual de las instalaciones se instaló el sistema en un hogar del Cantón Pedro Moncayo que tiene las mismas características en cuanto a las dimensiones de la ducha y el baño.

Considerando el consumo de agua potable en el complejo acuático UTN, al implementar el sistema electrónico de reutilización del agua gris se obtendrá un ahorro económico aproximado de \$20 dólares mensuales en el consumo del agua potable, debido a que de los 25 metros cúbicos de agua gris que se producen en la ducha solo se reutiliza el 71% de esta, es decir solo se reutiliza un aproximado de 18 metros cúbicos del agua gris en los 5 inodoros que tiene el complejo acuático UTN.

La Raspberry Pi 3 al ser un mini ordenador tiene la capacidad de operar sistemas complejos, por lo tanto, esta placa electrónica a través de sus pines GPIO permiten la conexión de todos los dispositivos electrónicos que se utilizaron en este sistema electrónico y mediante su conectividad inalámbrica a internet permite subir los datos a la plataforma ThingSpeak para su posterior visualización.

El recipiente de almacenamiento utiliza un filtro físico/químico diseñado a base de grava, carbón activado y algodón filtrante lo que permite reducir la cantidad de contaminantes y la proliferación de las bacterias que generan malos olores.

El consumo de energía por parte del sistema electrónico de reutilización del agua gris proveniente de la ducha es bajo, lo que no genera mayor costo en el pago de la planilla de consumo.

El sistema electrónico de reutilización del agua gris proveniente de la ducha logra reducir el consumo de agua potable generando un ahorro aproximado anual de 211,87 metros cúbicos de agua potable y un ahorro económico aproximado de \$222,95 dólares al año, beneficiando al medio ambiente y a una población creciente donde la demanda de agua potable va en aumento.

4.2. RECOMENDACIONES

Se deberá modificar el filtro en el caso de que se pretenda integrar el agua gris de la ducha, del lavabo del baño o de la cocina, debido a la cantidad de agua y los contaminantes químicos que se encuentran en ellas.

La reutilización de las aguas grises tiene diferentes aplicaciones como; el regado del jardín y el lavado de autos, para ello se recomienda utilizar otro tipo de filtro para reducir al máximo los agentes químicos de las aguas grises.

El mantenimiento del recipiente de almacenamiento y del filtro se lo realiza cada mes, además debe ser vaciado cada día debido a que el agua gris almacenada pasada las 24 horas empiezan a producir malos olores a causa de los residuos de jabón y las bacterias que se alojan en el recipiente.

Para el funcionamiento correcto de la placa Raspberry Pi 3 se debe realizar las actualizaciones tanto del sistema operativo como de las librerías con las cuales trabajan las diferentes aplicaciones. La Raspberry Pi 3 al ser un mini ordenador utiliza un CPU para realizar todas las operaciones por lo que se debe instalar un ventilador para enfriar la CPU y evitar los daños de la misma. Para la

actualización del sistema operativo de la Raspberry Pi 3 se recomienda utilizar una conexión remota por SSH para reducir el consumo de recurso de la placa evitando el sobre calentamiento de la CPU.

El sistema operativo debe instalarse en un MicroSD de categoría 10 para obtener un mejor rendimiento del sistema operativo debido a las características con las que se cuenta con este tipo de tarjetas MicroSD.

BIBLIOGRAFIA

- Adewumi , A., Misra , S., & Omoregbe, N. (2015). Evaluating Open Source Software Quality Models Against ISO 25010. Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing (CIT/IUCC/DASC/PICOM), 2015 IEEE International Conference on (págs. 872 - 877). Liverpool: IEEE.
- Aijaz, A., & Aghvami, A. H. (2015). Cognitive Machine-to-Machine Communications for Internet-of-Things: A Protocol Stack Perspective. IEEE Internet of Things Journal (págs. 103 - 112). IEEE.
- Albalawneh, A., & Chang, T.-K. (2015). REVIEW OF THE GREYWATER AND PROPOSED GREYWATER RECYCLING SCHEME FOR AGRICULTURAL IRRIGATION REUSES. TAIWAN: International Journal of Research.
- Alcaraz, M. (2010). Internet de las Cosas. Universidad Católica.
- Alcaraz, M. (2014). Internet of Things. Paraguay: Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción.
- Carballido Villaverde, B., De Paz Alberola, R., Fedor, S., & Boubekour, M. (2012). Constrained Application Protocol for Low Power Embedded Networks: A Survey. Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS), 2012 Sixth International Conference on (págs. 702 - 707). Palermo: IEEE.
- Carrez, F. (2013). Internet of Things – Architecture IoT-A. Roma: Seventh Framework Programme. Obtenido de <http://www.iot-a.eu/public/public-documents/d1.5/view>
- Cesana, M. (2014). Constrained Application Protocol (CoAP). Milán: Politecnico di Milano.
- Evans, D. (4 de Abril de 2011). CISCO IBSG. Obtenido de Internet de las cosas cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo: http://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf

- Gimenez, X. G. (2013). Estudio del Protocolo CoAP.
- Gómez, C. (2014). Implementación del Protocolo CoAP en Xtend.
- González, D. R. (2013). Arquitectura y Gestión de la IoT. Revista Telemática.
- Harju, V. (2011). Assembling and testing of laboratory scale grey water. Finlandia: OPI ENEMPI.
- Harnett, C. (2011). Open Source Hardware for Instrumentation and Measurement.
- LEE, J. (1 de Abril de 2002). ANNOUNCED SPECIFICATION OF HS-311 STANDARD SERVO. Obtenido de HITEC: <http://users.ece.utexas.edu/~valvano/Datasheets/ServoHS311.pdf>
- Logvinov, O. (2016). Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT). IEEE P2413. CES/SC - IEEE Consumer Electronics Society - Standards Committee. Washington DC USA : IEEEI Standards Association.
- Loureiro, R. (2015). Estudio de plataformas IoT. Cataluña.
- Maroto, P. (2014). Introducción a la Internet de las Cosas.
- Martínez Moscoso, A. (10 de Marzo de 2015). El consumo de agua en el Ecuador. El Mercurio.
- Martos Egea , V. (2011). Implementación de una plataforma de juegos multijugador para Android. Universidad Politécnica de Catalunya. Catalunya: EETAC.
- Minerva, R., Biru, A., & Rotondi, D. (2015). Towards a definition of the Internet of Things (IoT). Telecom Italia S.p.A. Torino: IEEE.
- Murthy, P., & Murthy, S. (2016). Greywater Treatment & Reuse: A Technological Review. India: Global Journal For Research Analysis .
- Nastic , S., Sehic, S., Vögler, M., Truong , H.-L., & Dustdar, S. (2013). Patricia -- A Novel Programming Model for IoT Applications on Cloud Platforms. 2013 IEEE 6th International Conference on Service-Oriented Computing and Applications (págs. 53 - 60). Koloa, HI: IEEE.

- ONU-Habitat. (2012). Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Brasil.
- Raspberry. (21 de Enero de 2016). Raspberry Pi 3 Model B. Obtenido de https://www.inet.se/files/pdf/1974044_0.pdf
- Rubiano, B. D. (2011). COMPUTACIÓN EN LA NUBE . Colombia.
- Shelby, Z., Hartke, K., & Bormann, C. (12 de Junio de 2014). The Constrained Application Protocol (CoAP). Obtenido de Internet Engineering Task Force (IETF): <https://tools.ietf.org/html/rfc7252>
- Stanford-Clark, A., & Linh Truong, H. (2013). MQTT For Sensor Networks (MQTT-SN). Nueva York: International Business Machines Corporation (IBM).
- Thamer A. Alghamdi, Aboubaker Lasebae, Mahdi Aiash. (2013). Security Analysis of the Constrained Application Protocol in the Internet of Things . Second International Conference on Future Generation Communication Technologies (FGCT 2013) (págs. 163 - 168). London: IEEE.
- Thangavel, D., Ma, X., Valera, A., Tan, H.-X., & TAN, C.-Y. (2014). Performance Evaluation of MQTT and CoAP via a Common Middleware. Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP), 2014 IEEE Ninth International Conference on (págs. 1 - 6). Singapore: IEEE.
- Vidhate , D., & Kulkarni, P. (2012). Cooperative Machine Learning with Information Fusion for Dynamic Decision Making in Diagnostic Applications. IEEE, (págs. 70 - 74). Bangalore.
- Water Supplies Department. (2015). Technical Specifications on Grey Water Reuse and Rainwater Harvesting. Hong Kong.: Intentionally Left Blank.
- Xue , M., & Zhu, C. (2009). A Study and Application on Machine Learning of Artificial Intelligence. Artificial Intelligence, 2009. JCAI '09. International Joint Conference on (págs. 272 - 274). Hainan Island: IEEE.
- Zennaro, M. (2012). INTRODUCTION TO WIRELESS SENSOR NETWORKS.

LINKOGRAFÍA

- Andrew Banks, Rahul Gupta. (11 de Febrero de 2014). mqtt.org. Obtenido de <http://mqtt.org/>
- Aquael. (20 de Marzo de 2016). AQUAEL. Obtenido de <http://www.aquael.com.pl/en/products/oczko-wodne/pompy-fontannowe/132-aquajet-pfn1>
- Arturo, & Ernesto. (2 de Julio de 2012). Arduino. Obtenido de Productos Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>
- Barr, M. (10 de Septiembre de 2015). ServoCity.com. Obtenido de Servo Work: <https://www.servocity.com/how-does-a-servo-work>
- Cisco. (2015). Cuando Internet de las cosas se conecta con el transporte. Obtenido de http://www.cisco.com/c/m/es_mx/brand/iot/transporte.html
- CNXSoft. (29 de Febrero de 2016). Raspberry Pi 3 Board. Obtenido de CNXSoft – Embedded Systems News: <http://www.cnx-software.com/2016/02/29/raspberry-pi-3-board-is-powered-by-broadcom-bcm2827-cortex-a53-processor-sells-for-35/>
- Electrónicaestudio. (18 de Enero de 2016). Electrónica Estudio. Obtenido de <http://www.electronicaestudio.com/sensores.htm>
- ElectroSome. (18 de Enero de 2016). ElectroSome. Obtenido de Water Flow Sensor YF-S201: <https://electrosome.com/shop/water-liquid-flow-sensor-yf-s201/>
- FBR. (12 de Julio de 2012). Association for Rainwater Harvesting and Water Utilisation. Obtenido de Greywater Recycling and Reuse: <http://www.fbr.de/grauwasser.html>
- García. (20 de Agosto de 2015). Centro del Conocimiento. Obtenido de Modelo V o desarrollo secuencial: <http://www.conocimientosweb.net/dcmt/ficha25978.html>
- Hensen, K. (18 de Junio de 2016). Element14. Obtenido de Element14.com: <https://www.element14.com/community/docs/DOC-73950//raspberry-pi-3-model-b-gpio-40-pin-block-pinout#>

Howard Guy, O. (23 de Junio de 2015). Agua, saneamiento y salud (ASS).
Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/es/

ITU-T. (20 de Julio de 2015). Committed to connecting the world-ITU. Obtenido de Internet of Things Global Standards Initiative: <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>

Jaffey, T. (20 de Febrero de 2014). MQTT and CoAP, IoT Protocols. Obtenido de Eclipse:
https://eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php

MagPi. (29 de Febrero de 2016). Raspberry Pi 3. Obtenido de The MagPi Magazine: <https://www.raspberrypi.org/magpi/raspberry-pi-3-specs-benchmarks/>

SEEDSTUDIO. (4 de Junio de 2015). Water Flow sensor YF-S201. Obtenido de http://www.seeedstudio.com/wiki/G1/2_Water_Flow_sensor

ThingSpeak. (6 de Julio de 2016). ThingSpeak. Obtenido de https://thingspeak.com/channels/123524/private_show

GLOSARIO DE TÉRMINOS

6LowPAN

(IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks) es un estándar que posibilita el uso de IPv6 sobre redes basadas en el estándar IEEE 802.15.4, 36

Hardware

Corresponde a todas las partes físicas y tangibles de una computadora sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos, 51

HTTP

HyperText Transfer Protocol (Protocolo de transferencia de hipertexto) es el método más común de intercambio de información en la web., 37

IBM

(International Business Machines). Empresa que fabrica y comercializa hardware, software y servicios relacionados con la informática., 42

IEEE

El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la estandarización y el desarrollo en áreas técnicas., 33

IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos, 36

IETF

Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet es una organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivos el contribuir a la ingeniería de Internet, actuando en diversas áreas, como transporte, encaminamiento, seguridad., 33

MB

Es un término de la informática, que hace referencia a los megabytes o la cantidad de datos informáticos, que equivalen a un millón de byte., 52

MicroSD

MicroSD (Secure Digital) es una pequeña tarjeta que permite guardar información en dispositivos portátiles como teléfonos móviles, cámaras digitales o tablets., 52

NIST

El Instituto Nacional de Normas y Tecnología es una agencia de la Administración de Tecnología del Departamento de Comercio de los Estados Unidos. La misión de este instituto es promover la innovación y la competencia industrial en Estados Unidos mediante avances en metrología, normas y tecnología de forma que mejoren la estabilidad económica y la calidad de vida., 33

QoS

QoS es el acrónimo de Quality of Service, o calidad de servicio, que establece diversos mecanismos destinados a asegurarnos la fluidez en el tráfico de la red., 46

RFID

Por sus siglas en inglés (radio frequency identification), es una tecnología de identificación remota e inalámbrica en la cual un dispositivo lector se comunica a través de una antena mediante ondas de radio., 50

Sistema Embebido

Es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas, frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real., 86

Software

Se refiere al equipamiento lógico o soporte lógico de un computador digital, y comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica., 53

SSL/TLS

SSL (Secure Sockets Layer) Capa de Conexiones Seguras. Es un protocolo que hace uso de certificados digitales para establecer comunicaciones seguras a

través de Internet. TLS (Transport Layer Security) El protocolo TLS (seguridad de la capa de transporte) es solo una versión actualizada y más segura de SSL., 41

TCP

(Protocolo de Control de Transmisión) es un protocolo orientado a conexión, es decir, que permite que dos máquinas que están comunicadas controlen el estado de la transmisión., 38

UDP

(Protocolo de datagrama de usuario) es un protocolo no orientado a conexión, es decir, no proporciona detección de errores., 38

UIT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras., 33

Wireless

Es un término usado para describir las telecomunicaciones en las cuales las ondas electromagnéticas llevan la señal sobre parte o toda la trayectoria de la comunicación., 36

ZigBee

Conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación. Se utiliza para la radiodifusión digital de datos buscando ahorrar lo máximo posible en energía. Una tecnología basada en el estándar de la IEEE, el IEEE 802.15.4., 36

ANEXOS

ANEXO A: Código en python para el sensor de flujo de agua

```
#!/usr/bin/python
#Programa para medir la cantidad de agua reutiliza
#Autor Edwin Pujota

#Importamos las librerías necesarias
import glob
import RPi.GPIO as GPIO
import sys
import time

Sens_flujo = 12      # Asignamos nombre al pin 12 de la Raspberry Pi

GPIO.setmode(GPIO.BOARD) # Asignamos el tipo de identificación de pines
GPIO.setwarnings(False)  # Cerramos todos los mensajes de alertas que
# genera los pines
#Activamos el pin del sensor en modo de entrada
GPIO.setup(Sens_flujo, GPIO.IN, pull_up_down = GPIO.PUD_UP)
#Definimos las variables que se utilizaran en el programa
global count, totallitros #Definimos las variables globales
#Inicializamos las variables en cero
count = 0    #La variable count contara los pulsos generados por el sensor
totallitros = 0 #Almacena la cantidad total de agua reutilizada en litros
metros = 0    #Almacena la cantidad de agua reutilizada en metros cúbicos
litros = 0    #Almacena la cantidad de agua reutilizada en litros
#Abrimos un archivo tipo .txt y le asignamos un nombre
valor = open('/home/pi/IoT_GreyWater/Datos_Agua.txt', 'r')
#Creamos un ciclo if para que se ejecute si existe el archivo
if valor:
    #Recuperamos el dato que se encuentra en el archivo y lo convertimos a un
    #tipo flotante
    totallitros = float(valor.readline())
    #Cerramos el archivo
    valor.close()
#Creamos la función countPulso
def countPulso(channel):
    #creamos las variables globales que se utilizara dentro de la función
    global count, totallitros, litros, litroSave, metros
    #La variable count aumentara 1 con cada giro del sensor
    count += 1
    #Si un litro de agua es equivalente a 400 pulsos
    #Un pulso es igual = 1/400, lo que es igual a 0.0025
```

```

        #Multiplicamos la cantidad de pulsos por 0.0025 y tenemos el resultado en
litros
        litros = count * 0.0025
        #Redondeamos los litros de agua con hasta 3 cifras
        totallitros = round(totallitros, 3)
        #La cantidad de litros los multiplicamos por mil para obtener el valor en
metros cúbicos
        #Redondeamos los litros de agua en metros cúbicos con hasta 3 cifras
        metros = round(totallitros/1000, 3)
        # Abre el archivo para ingresar los datos del sensor en el archivo para
ThingSpeak
        thingSpeak = open('/home/pi/IoT_GreyWater/Datos_Agua_ThingSpeak.txt',
'w')
        thingSpeak.write(str(totallitros)) #Escribe el dato en litros en el archivo
        thingSpeak.write("\n")           #Escribe en la siguiente línea
        thingSpeak.write(str(metros))     #Escribe en dato de los metros
cúbicos en el archivo
        thingSpeak.close()               #Cierra el archivo
        #Abre el archivo para ingresar los datos del sensor
        archivo = open('/home/pi/IoT_GreyWater/Datos_Agua.txt', 'w')
        #Escribimos en el archivo los datos en formato string
        archivo.write(str(totallitros))
        #Cerramos el archivo
        archivo.close()

#El programa detectara cada pulso por flanco descendente lo cual interrumpirá el
programa y llamara a la función countPulso
GPIO.add_event_detect(Sens_flujo, GPIO.FALLING, callback=countPulso)

while True:
    try:
        time.sleep(1) # Espera un segundo
    except KeyboardInterrupt: #Interrumpe la operación por medio del
teclado
        print '\nHasta Luego, Bye' #Imprime un mensaje en la pantalla
        GPIO.cleanup() #Limpia los datos o valores que se encuentren
en los pines
        sys.exit() #Cierra el programa.

```

ANEXO B: Código python para subir los datos a la plataforma ThingSpeak

```
#!/usr/bin/python
#Programa subir los datos a la plataforma ThingSpeak
#Autor Edwin Pujota

#Importamos las librerías necesarias
import httplib, urllib, time
#Abrimos un archivo tipo .txt
archivo = open('/home/pi/loT_GreyWater/Datos_Agua_ThingSpeak.txt', 'r')
litros = archivo.readline() # Recuperamos los datos del archivo
metros3 = archivo.readline() # Recuperamos los datos del archivo de la siguiente
línea
archivo.close() # Cerramos el archivo

#Codigo para subir los datos
#Para ello necesitamos el key del canal de la Plataforma ThingSpeak
params = urllib.urlencode({'field1': metros3, 'key':'54MRRF8RGCBRLCW'})
#Realizamos la petición de conexión con la plataforma
headers = {"Content-type": "application/x-www-form-urlencoded", "Accept":
"text/plain"}
#Utilizamos la comunicacion HTTP por el puerto 80
conn = httplib.HTTPConnection("api.thingspeak.com:80")
#Establecemos la conexión con la plataforma
try:
    conn.request("POST", "/update", params, headers)
    response = conn.getresponse()
    print response.status, response.reason
    data = response.read()
    conn.close()
except:
    print "Error de conexión"
```

ANEXO C: Código en python para controlar los dispositivos electrónicos

```
#!/usr/bin/python
#Programa para controlar los dispositivos electrónicos
#Autor Edwin Pujota

#Importamos las librerías necesarias
import RPi.GPIO as GPIO
import time

#Asignamos los nombres a los pines
valvula = 23
bomba = 24
sen_nivel1 = 22
sen_nivel2 = 27
Led1 = 4
Led2 = 17
Led3 = 25
Led4 = 5
GPIO.setmode(GPIO.BCM) # Ponemos la identificación de los pines en modo
BCM
GPIO.setwarnings(False) #Desactivamos los mensajes de alerta de los pines
#Activamos los pines como salida
GPIO.setup(valvula, GPIO.OUT)
GPIO.setup(bomba, GPIO.OUT)
GPIO.setup(Led1, GPIO.OUT)
GPIO.setup(Led2, GPIO.OUT)
GPIO.setup(Led3, GPIO.OUT)
GPIO.setup(Led4, GPIO.OUT)
#Activamos los pines como entrada
GPIO.setup(sen_nivel1, GPIO.IN)
GPIO.setup(sen_nivel2, GPIO.IN)
#Encendemos el led 1
GPIO.output(Led1, 1)

try:
    while True:
        #Leemos los datos de los sensores de nivel
        nivel1 = GPIO.input(sen_nivel1)
        nivel2 = GPIO.input(sen_nivel2)
        #Comparamos el dato del sensor del recipiente de almacenamiento
        if nivel1 == 1:
            #Activamos el relé para que la electroválvula se ponga en NC
```

```

        GPIO.output(valvula, 1)
        #Encendemos el led3
        GPIO.output(Led3, 1)
else: #Caso contrario
    #Ponemos cero para desactivar el relé de la electroválvula y pase
a NA
        GPIO.output(valvula, 0)
        #Apagamos el led3
        GPIO.output(Led3, 0)
#Comparamos los valores de los dos sensores de nivel
if (nivel1 == 1 and nivel2 == 1):
    #Encendemos el led2
    GPIO.output(Led2, 1)
    #Activamos el rele para la bomba de agua
    GPIO.output(bomba, 1)
else:
    #Apagamos el led2
    GPIO.output(Led2, 0)
    #Desactivamos el rele
    GPIO.output(bomba, 0)

if nivel2 == 1:
    #Encendemos el led4
    GPIO.output(Led4, 1)
else: #Caso contrario
    #Apagamos el led4
    GPIO.output(Led4, 0)

#Interrupcion del programa mediante teclado
except KeyboardInterrupt:
    GPIO.cleanup() #Limpiamos los datos de los pines

```

ANEXO D: Código en python para medir la temperatura del CPU de la Raspberry Pi

```
#!/usr/bin/env python
#Este programa registra la temperatura de la CPU de un Frambuesa Pi a un
canal Thingspeak
#Autor: Edwin Pujota

#Importamos las librerías a utilizar
import httplib, urllib
import time

#Declaramos las variables
key = '54MRRF8RGCBRLCW' # Key del canal de ThingSpeak

#Calculamos la temperatura de la CPU en Grados C.
#Obtenemos la temperatura de la CPU de la placa Raspberry Pi
temp = int(open('/sys/class/thermal/thermal_zone0/temp').read()) / 1e3
#Parametros para la conexión con el canal de ThingSpeak
params = urllib.urlencode({'field3': temp, 'key':key })
headers = {"Content-type": "application/x-www-form-urlencoded", "Accept":
"text/plain"}
conn = httplib.HTTPConnection("api.thingspeak.com:80")
try:
    conn.request("POST", "/update", params, headers)
    response = conn.getresponse()
    data = response.read()
    conn.close()
except:
    print "Error de conexión"
```

ANEXO E: Especificaciones técnicas de la placa Raspberry Pi 3 modelo b

La Raspberry Pi 3 Modelo B es la tercera generación de Raspberry Pi. Esta potente placa de desarrollo del tamaño de una tarjeta de crédito, es una mini computadora que puede ser utilizado para muchas aplicaciones. En la tabla 16 se detallan las especificaciones técnicas.

Tabla 22. Especificaciones técnicas Raspberry Pi 3 Modelo B

Raspberry Pi 3 Modelo B	
Especificaciones	
Procesador	Chipset Broadcom BCM2387. 1,2 GHz de cuatro núcleos ARM Cortex-A53
GPU	Dual Core VideoCore IV ® Multimedia Co-procesador. Proporciona Open GL ES 2.0, OpenVG acelerado por hardware, y 1080p30 H.264 de alto perfil de decodificación. Componente de 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s o 24GFLOPs con filtrado de texturas e infraestructura DMA
Memoria	1 GB de memoria LPDDR2
Conectividad	Socket Ethernet 10/100 BaseT 802.11 b / g / n LAN inalámbrica y Bluetooth 4.1 (Classic Bluetooth y LE)
Sistema Operativo	Arranca desde la tarjeta micro SD, que ejecuta una versión del sistema operativo Linux o Windows 10 IoT
Dimensiones	85 x 56 x 17 mm
Alimentación	Micro USB de 5v a 2.5 ^a
Salida de video	HDMI (rev 1.3 & 1.4) y video compuesto RCA (PAL and NTSC)
Salida de audio	Jack de 3,5 mm, HDMI, 4 conectores USB 2.0
Conector GPIO	40-clavijas de 2,54 mm (100 milésimas de pulgada) de expansión: 2x20 tira Proporcionar 27 pines GPIO, así como 3,3 V, +5 V y GND líneas de suministro
Conector de cámara	15 pines MIPI interfaz en serie (CSI-2)
Conector de pantalla	Display Serial Interface (DSI) conector con 15 vías con dos vías datos y una vía para reloj.
Ranura para Micro SD	Push/pull Micro SD

Fuente: (Raspberry, 2016)

ANEXO F Especificaciones técnicas del sensor de flujo YF-S201

El sensor de flujo YF-S201 es de la marca SEEDSTUDIO, en la Tabla 17 es detalla las características técnicas del mismo.

Tabla 23. Características técnicas del sensor de flujo de agua YF-S201

Características sensor YF-S201	
Modelo	YF-S201
Tipo de sensor	Efecto Hall
Voltaje funcionamiento	5 a 18v DC
Max consumo de corriente	15 mA
Tipo de salida	5V TTL
Flujo de trabajo	1 a 30 litros/minuto
Temperatura	-25 a + 80 °C
Humedad de trabajo	35% -80%
Precisión	± 3%
Presión máxima del agua	1.75 Mpa
Pulsos por litro	450
Durabilidad	300.000 ciclos
Frecuencia de caudal	Frecuencia (Hz) = 7,5 * Caudal (L / min)
Conexión tuberías	Tubo de ½"
Tamaño	2,5 "x 1,4" x 1,4 "

Fuente: (SEEDSTUDIO, 2015)

ANEXO G Características técnicas del sensor de nivel de agua tipo flotador

El sensor de nivel tipo flotador se utiliza para líquidos abrasivos con metales como ácidos, hidróxidos, etc. posee señal de salida a transistor. En la Tabla 24 es detalla las características técnicas del sensor de flujo nivel tipo flotador.

Tabla 24. Características técnicas del sensor de nivel tipo flotador

Características Sensor de nivel tipo flotador	
Potencia máxima de contactor	50w
Voltaje máximo del switch	220Vdc
Corriente de conmutación máxima	1.5 A
Voltaje de ruptura mínimo	300VDC
Resistencia del contacto máximo	100 Ohm
Temperatura de Trabajo	-20~+80°C
Tamaño	5cm x 1cm
Material	PVC

Fuente: (Electrónicaestudio, 2016)

ANEXO H Características técnicas electroválvula

En la tabla 22 es detalla las características técnicas de la electroválvula.

Tabla 25. Especificaciones técnicas electroválvula

Material:	metal + plástico
Voltaje:	dc 24v
Medida:	1/2 "(diámetro externo)
Presión:	0.020.8 mpa
Temperatura del fluido max:	100 ° c
Modo de operación:	normalmente cerrado
Tipo de válvula:	diafragma (operado por servo)
Uso:	agua y fluidos de baja viscosidad
Dimensiones del producto:	78 mm x 60 mm (aproximadamente)
Diámetro interior:	13,5 mm

Fuente: (LEE, 2002)

ANEXO I Instalación del sistema operativo en la placa Raspberry Pi3

Debido a que placa Raspberry Pi 3 es un mini computador necesita un sistema operativo para su funcionamiento para ellos se va seguir los siguientes pasos para instalación.

1. Descargar la imagen del sistema operativo. - Entramos en la web de descargas oficial de Raspberry Pi que se encuentra en la siguiente dirección <https://www.raspberrypi.org/downloads/>, buscamos Raspbian Jessie Lite y le damos a "Download ZIP". Una vez terminada la descarga se procede a descomprimir para obtener el archivo .img que hay dentro.
2. La placa Raspberry Pi 3 no cuenta con un espacio para el almacenamiento interno, pero posee una entrada para micro SD. Por lo tanto, preparamos la tarjeta micro SD para instalar el sistema operativo en ella.
3. Instalación del sistema operativo en la tarjeta micro SD, para ello se utiliza el programa Win32DiskImage que se puede descargar en la siguiente dirección web <https://sourceforge.net/projects/win32diskimager/>, de forma gratuita e instalar en nuestro pc. Desde Windows solo hay localizar la imagen del sistema operativo insertar la tarjeta MicroSD en el computador dar click en el botón "Write" y esperar a que se complete la grabación tal como se muestra en la Figura 51.

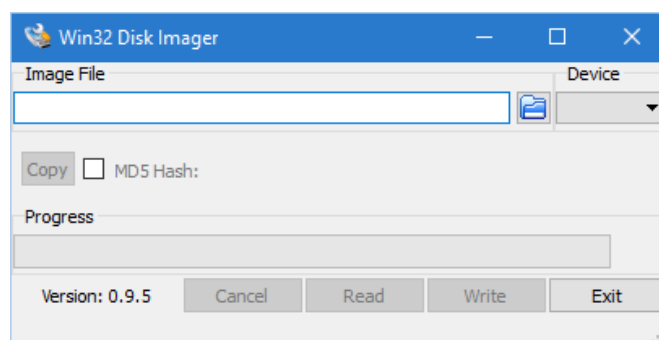


Figura 51. Utilidad Win32 Disk Image
Fuente: Autoría

Una vez terminado la instalación se retira la tarjeta micro SD de la computadora y se inserta la en la ranura de la placa Raspberry Pi 3.

ANEXO J Creación de la cuenta en la plataforma ThingSpeak



La plataforma ThingSpeak nos permite conectar la placa Raspberry Pi 3 con la nube para el almacenamiento de información, a continuación, se detallarán los pasos a seguir para la creación de la cuenta en dicha plataforma.

1. Ingresamos a la página web <https://thingspeak.com/>, buscamos la opción Sign Up y damos click.
2. Llenamos todos los campos que nos piden como se puede observar en la Figura 52, damos click en create account y ya tenemos creada nuestra cuenta.

A screenshot of the 'Sign up to start using ThingSpeak' form. The form is titled 'Sign up to start using ThingSpeak' and contains several input fields: 'User ID' with the value 'GreyWater_IoT', 'Email' with the value 'raspberry_iot@hotmail.com', 'Time Zone' with a dropdown menu showing '(GMT-05:00) Quito', 'Password' with a masked field of seven dots, and 'Password Confirmation' with a masked field of seven dots. Below the fields is a checkbox labeled 'By signing up, you agree to the Terms of Use and Privacy Policy.' and a green 'Create Account' button.

Figura 52. Requisitos para la creación de la cuenta en la plataforma ThingSpeak

ANEXO K Ficha de observación



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

FICHA DE OBSERVACIÓN

Observador:

Fecha:

Cantidad de usuarios que utilizan las duchas en el día.

Ducha 1	
Ducha 2	
Ducha 3	
Ducha 4	
Ducha 5	

Observador:

Fecha:

Cantidad de usuarios que utilizan las duchas en el día.

Ducha 1	
Ducha 2	
Ducha 3	
Ducha 4	
Ducha 5	

ANEXO L Precio de los productos para importación.

Los precios son obtenidos de la página de la empresa Amazon de Estados Unidos que se dedica a la venta de productos en línea. En la Figura 53 se encuentran detallados los valores de ciertos productos para la elaboración del sistema electrónico.

Shopping Cart






	Price	Quantity
 <p>Mimibox Submersible Water Pump for Pond Aquarium Fish Tank Fountain with 6ft (1.87m) Power Cord 300L/H by Mimibox In Stock Eligible for FREE Shipping Gift options not available. Learn more Delete Save for later</p>	\$15.99	20
 <p>Fafada Electric Solenoid Valve 1/2" DC 12V N/C Water Inlet Flow Switch Normally Closed by Fafada In Stock Eligible for FREE Shipping Gift options not available. Learn more Delete Save for later</p>	\$9.99	20
 <p>uxcell 5 Pieces ZP4510 Liquid Water Level Sensor Vertical Float Switches by uxcell In Stock Eligible for FREE Shipping <input type="checkbox"/> This is a gift Learn more Delete Save for later</p>	\$10.35	8
 <p>Water Flow Sensor Flowmeter Hall Flow Sensor Water control 1-30L/min by Generic In Stock Shipped from: FAR CLOUD Gift options not available. Learn more Delete Save for later</p>	\$3.40	20
 <p>CanaKit Raspberry Pi 3 with 2.5A Micro USB Power Supply (UL Listed) by CanaKit In Stock Eligible for FREE Shipping Gift options not available. Learn more Delete Save for later</p>	\$39.99	20
Subtotal (88 items): \$1,470.20		

Figura 53. Precio de los productos en la empresa Amazon
Fuente: (Amazon, 2016)

ANEXO M Cálculo del valor de importación

Para calcular el valor aproximado de importación se utiliza la siguiente página web <http://www.clubbuzzom.com/pages/calcular/calculadora1.php> de la empresa Club Buzzom, en la cual ingresamos los datos del valor total del producto, el peso aproximado en libras, la finalidad de la mercadería, el tipo de mercadería es decir a la que categoría que se ajusta a nuestro pedido es la categoría C según los parámetros establecidos por el Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE). Una vez ingresado estos datos damos click en calcular.

Valor del producto en \$	<input type="text" value="1470"/>	*
Peso del paquete en lbs	<input type="text" value="18"/>	*
	<input type="text" value="Socio"/>	*
Tipo de uso:	<input type="radio"/> Personal <input checked="" type="radio"/> Comercial	
Descripción de la Mercadería:	<input type="text" value="Cat C - Paquetes que no ingresen en otras categorías"/>	*
<p>Si su producto esta en la siguiente lista seleccionelo, de lo contrario dejelo en blanco</p> <p><input type="text" value="--"/></p> <p>Paquetes de todo tipo que no ingresen en una categoría específica diferente. Esto es, aquellos de más de \$400, 8.8 libras o con finalidad comercial sin categoría especial.</p> <p>* Recuerda revisar el área de "Productos Restringidos" para evitar multas o contratiempos en aduana.</p> <p>** Si desea declarar en una partida arancelaria específica contáctenos</p>		

CALCULAR

BORRAR

Una vez que se dio click en la opción calcular nos aparecerá la información con el precio total de importación de toda la mercadería que nos dio como resultado un valor aproximado de \$948.48 dólares.

Impuestos			
Valor FOB:	\$ 1470	Derecho arancelario 30%:	\$ 454.12
Flete: *	\$ 14.04	Fondo INFA 0.50%:	\$ 7.57
Seguro: *	\$ 29.68	I.V.A. 14%:	\$ 276.56
Valor CIF: *	\$ 1513.72	Total de Impuestos:	\$ 738.25
Servicio Buzzom			
Transporte Internacional			\$ 63
Trámite Aduanero **			\$ 25.00
Tránsito y Traslado			\$ 15
Total Servicios Buzzom:			\$ 103
		I.V.A:	\$ 12.36
		Total:	\$ 115.36
		Total Importación:	\$ 853.61

(El valor podría variar según el peso final exacto del paquete)

ANEXO N Tabla de salarios mínimos sectoriales 2016

Esta tabla es obtenida de la página del ministerio del Trabajo
<http://www.trabajo.gob.ec/>.

**ESTRUCTURAS OCUPACIONALES Y PORCENTAJES DE INCREMENTO PARA LA
 REMUNERACIÓN MÍNIMA SECTORIAL
 COMISIÓN SECTORIAL No. 12 "TECNOLOGÍA: HARDWARE Y SOFTWARE (INCLUYE TIC'S)"**

RAMAS DE
 ACTIVIDAD
 ECONÓMICA:

1.- INFORMÁTICA Y ACTIVIDADES CONEXAS

2.- TÉCNICOS EN TELECOMUNICACIONES Y COMPUTACIÓN
 (TÉCNICOS EN PROGRAMACIÓN Y SOFTWARE-TÉCNICOS EN
 HARDWARE)

3.- OTROS SERVICIOS RELACIONADOS CON TECNOLOGÍA:
 HARDWARE Y SOFTWARE (INCLUYE TIC'S)

CARGO / ACTIVIDAD	ESTRUCTURA OCUPACIONAL	CÓDIGO IESS	SALARIO MÍNIMO SECTORIAL 2016
DIRECTOR DE TELECOMUNICACIONES / JEFE DE AREA.	A1	1209642000004	395.68
SUPERVISOR GENERAL DE TELECOMUNICACIONES	B1	1209642000005	395.14
SUPERVISOR DE SISTEMAS, DESARROLLO, TECNOLOGÍA Y PROYECTOS	B1	1209642000006	395.14
ARQUITECTO Y USABILIDAD DE SOFTWARE	B1	1209642000007	395.14
SUPERVISOR DE DISEÑO DE SOFTWARE	B2	1209642000008	394.59
ADMINISTRADOR DE BASE DE DATOS	B2	1209642000009	394.59
INGENIERO ELECTRÓNICO ESPECIALISTA EN MANTENIMIENTO	B2	1220030000001	394.59
ANALISTA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE HARDWARE Y SOFTWARE	B2	1220000000001	394.59
ANALISTA/CONTROLLER DE CALIDAD DE SOFTWARE	B2	1220000000002	394.59
ESPECIALISTA DE TELECOMUNICACIONES	B3	1209642000010	394.04
SUPERVISOR DE PLATAFORMAS / EQUIPO DE VOZ Y DATOS	B3	1209642000011	394.04
TÉCNICO OPERADOR DE RADAR	B3	1209642000014	394.04
SUPERVISOR DE PLANTA EXTERNA / SEGURIDAD ELECTRÓNICA / CABLEADO ESTRUCTURADO	B3	1230000000003	394.04
PROGRAMADOR EN TELECOMUNICACIONES	C1	1209642000016	393.49
ANALISTA DE SOFTWARE	C1	1209642000017	393.49
TESTER DE SOFTWARE	C1	1209642000018	393.49
PROGRAMADOR Y DISEÑADOR MULTIMEDIA/WEB	C1	1209642000019	393.49
TÉCNICO EN MANTENIMIENTO DE SERVIDORES	C1	1209642000020	393.49

TÉCNICO INSTALADOR DE SERVICIOS AGREGADOS	C1	1209642000022	393.49
TÉCNICO DE FIBRA ÓPTICA/ COBRE / EMPALMADOR	C1	1209642000024	393.49
ANALISTA DE REDES	C1	1210000000004	393.49
ANALISTA DE SISTEMAS / TELECOMUNICACIONES	C1	1210000000005	393.49
ESPECIALISTA FUNCIONAL	C1	1210000000006	393.49
PROGRAMADOR SEMI SENIOR DE SOFTWARE	C1	1210000000007	393.49
TÉCNICO DE REDES DE DATOS	C2	1209642000015	392.02
TÉCNICO EN MANTENIMIENTO DE COMPUTADORAS	C2	1209642000025	392.02
TÉCNICO DE CENTRALES TELEFÓNICAS	C2	1209642000027	392.02
TECNICO DE TRANSMISIONES	C2	1209642000028	392.02
TÉCNICO CONETORIZADOR DE EQUIPO	C2	1209642000029	392.02
TÉCNICO EN SISTEMAS SATELITALES	C2	1220000000008	392.02
TÉCNICO EN CABLEADO ESTRUCTURADO	C2	1220000000009	392.02
TÉCNICO EN SEGURIDAD ELECTRÓNICA	C2	1220000000010	392.02
PROGRAMADOR JUNIOR DE SOFTWARE	C3	1230000000011	390.56
TÉCNICO DE HELP DESK	D1	1220030002003	389.10
TECNICO DE PLANTA EXTERNA / CABLISTA / INSTALADOR	D2	1209642000033	387.63
ASISTENTE/ AYUDANTE/ INSTALADOR AUXILIAR DE TELECOMUNICACIONES	D2	1209642000034	387.63
TÉCNICO EN ENSAMBLAJE Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE COMPUTACIÓN Y ELECTRÓNICOS	D2	1220030001002	387.63
ASISTENTE /AYUDANTE/AUXILIAR /INSTALADOR DE SISTEMAS	D2	1220000000012	387.63
OPERADOR DE LOCUTORIO / CYBER / CENTRO DE LLAMADAS	E2	1209642000023	384.70