



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MEDICION Y
MONITORIZACION DEL CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA, PARA SU
INTEGRACION EN MEDIDORES DE ENERGIA DOMICILIARIA EN LA CIUDAD
DE EL ANGEL”**

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

AUTOR: NATALY ESTEFANÍA OBANDO ORTEGA

DIRECTOR: PhD. OSCAR MARCELO ZAMBRANO VIZUETE

ASESOR: MSC. EDGAR DANIEL JARAMILLO

Ibarra-Ecuador

2022



UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DEL CONTACTO | | | |
|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------|
| CÉDULA DE | 0401780721 | | |
| APELLIDOS Y | Obando Ortega Nataly Estefanía | | |
| DIRECCIÓN | Ulpiano de la torre y Alfonso Galindo | | |
| E-MAIL | neobandooc@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO | 062975024 | TELÉFONO MÓVIL | 0989477586 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|-------------------------|---|
| TÍTULO | DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITORIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, PARA SU INTEGRACIÓN EN MEDIDORES DE ENERGÍA DOMICILIARIA EN LA CIUDAD DE EL ANGEL. |
| AUTOR | Nataly Estefanía Obando Ortega |
| FECHA | 28 de septiembre del 2022 |
| PROGRAMA | Pregrado |
| TÍTULO | Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación |
| DIRECTOR | PhD. Oscar Marcelo Zambrano Vizuite |

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 del mes de septiembre del 2022

EL AUTOR:



Nataly Estefanía Obando Ortega

CI: 0401780721



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

DOCTOR OSCAR MARCELO ZAMBRANO VIZUETE, PhD. DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de titulación: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITORIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, PARA SU INTEGRACIÓN EN MEDIDORES DE ENERGÍA DOMICILIARIA EN LA CIUDAD DE EL ANGEL" fue realizado en su totalidad por la Srta. Obando Ortega Nataly Estefanía, bajo mi supervisión

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Oscar Marcelo Zambrano Vizuite".

PhD. Oscar Marcelo Zambrano Vizuite
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico con todo mi amor y cariño a:

Mi madre Mersi, mami esto va por ti, por todo el amor que me has brindado, tu dedicación incondicional y fortaleza ante toda situación que nos ha puesto la vida, me has arropado el corazón y tengo la certeza de que siempre estaremos la una para la otra, sin tus palabras de aliento y toda esa paciencia nada de esto hubiera sido posible, gracias porque aparte de ser mi madre eres mi mejor amiga, sé que esto te hace tan feliz como a mí, este logro es por ti.

A mi Padre Iván, gracias a ti se lo que significa perseverar y no rendirse hasta alcanzar un objetivo, te agradezco por inculcarme la fuerza de voluntad sin la cual no estaría donde estoy, gracias por ser mi amigo y mi héroe.

A mis hermanos Tito y Andrés que han sido un pilar fundamental en mi vida, sin su cariño, sus consejos y apoyo nada hubiera sido igual, los amo mucho.

Por último, pero no menos importante a Andrés, quien llego a llenarme de color el alma, esto va dedicado a ti por todo tu amor y apoyo incondicional.

Nataly Estefanía Obando Ortega

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida por los padres maravillosos que me dio y a mis padres por guiarme por el camino del bien y dejarme la mejor herencia que es la educación

A Irina, mi madrina por siempre acompañarme, por todos sus consejos y su amor, así mismo, a mi familia Ortega Pulles, por ser la mejor familia del universo, por enseñarme el verdadero significado del amor, por siempre ser y estar, de manera especial un agradecimiento a mi Tía María por ser como una segunda madre por brindarme su amor, y su apoyo.

A mis amigos Yady, Shey, Ronald, Gabriel, Alex, Cristian, Dayra, Javier quienes hicieron de mi vida universitaria única e inolvidable y de manera especial a Luis quien ha estado a mi lado en las buenas y malas. A mis amigas de la vida; Paty, Manu, Joha, quienes han estado aquí siempre aconsejándome, regañándome y siento un apoyo incondicional, si ustedes no estuvieran en mi vida nada sería igual. A mi body de la vida Ronald porque más que un primo se ha convertido en un hermano, gracias por estar siempre.

A mi peludito y mejor amigo Manchas, por haber sido mi compañerito en toda mi vida universitaria.

Un agradecimiento especial a la casona universitaria por acogerme y darme la oportunidad de formarme como una profesional, a todos los profesores de CIERCOM, por compartir sus conocimientos, en especial a mi director de tesis PhD. Marcelo Zambrano por su tiempo y compromiso, por guiarme en el desarrollo de este proyecto, y al Msc. Daniel Jaramillo asesor del presente trabajo de titulación.

Nataly Estefanía Obando Ortega

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. CAPITULO I: ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1. Tema | 1 |
| 1.2. Problema | 1 |
| 1.3. Objetivos | 2 |
| 1.3.1. Objetivo General | 2 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos | 2 |
| 1.4. Alcance | 3 |
| 1.5. Justificación | 5 |
| 2. CAPITULO II: MARCO TEORICO | 7 |
| 2.1. Energía eléctrica | 7 |
| 2.2. Medición inteligente | 11 |
| 2.2.1. Contador analógico | 12 |
| 2.2.2. Contador digital | 13 |
| 2.2.3. Contador DDSF51 | 14 |
| 2.3. Protocolos de comunicación de medidores de energía eléctrica | 16 |
| 2.3.2. Estándares y normas de aplicación | 20 |
| 2.3.2.1. IEC 62056 | 20 |
| 2.3.2.2. IEC 62056-21 | 20 |
| 2.3.2.2.1. Interfaz Óptica | 21 |
| 2.3.2.3. IEC 62056-61 | 23 |
| 2.3.2.4. IEC 62056-53 | 25 |
| 2.4. Tecnologías de comunicación inalámbricas | 25 |
| 2.4.1. Red de telefonía móvil | 28 |
| 2.4.1.1. LTE | 30 |
| 2.5. Herramientas de desarrollo de Software | 33 |
| 3. CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA | 38 |
| 3.1. Descripción General del Sistema | 38 |
| 3.1.1. Alcance del sistema | 38 |
| 3.2. Situación actual | 38 |
| 3.2.1. Empresa de distribución Eléctrica Regional Del Norte (EMELNORTE) | 38 |
| 3.2.2. Empresa Eléctrica Regional Del Norte (EMELNORTE) | 39 |
| 3.2.3. Toma de lecturas | 40 |
| 3.3. Metodología del diseño | 41 |

| | | |
|-----------------|--|------------|
| 3.4. | Requerimientos | 42 |
| 3.4.1. | Recursos Humanos..... | 43 |
| 3.4.2. | Requerimientos de Recursos | 44 |
| 3.4.3. | | 45 |
| 3.4.4. | Requerimientos del Sistema | 45 |
| 3.4.5. | Requerimientos de Arquitectura | 48 |
| 3.5. | Selección del Hardware y Software | 50 |
| 3.5.1. | Selección del Hardware | 50 |
| 3.5.2. | Selección del Software | 56 |
| 3.6. | Elección de la operadora móvil..... | 58 |
| 3.6.1. | Cobertura de operadoras móviles..... | 59 |
| 3.6.2. | Costo por el servicio de mensajería SMS..... | 61 |
| 3.7. | Diseño del sistema | 61 |
| 3.7.1. | Diagrama de bloques | 62 |
| 3.7.2. | Diagrama de flujos | 64 |
| 3.7.3. | Arquitectura del sistema | 69 |
| 3.7.3.1. | Diagrama esquemático | 70 |
| 3.7.4. | Conexión MODULO SIM 7600SA-H con placa de procesamiento Raspberry Pi 4 | 71 |
| 3.7.4.1. | Pruebas de funcionamiento y compatibilidad de módulo SIM7600 con operadora MOVIL..... | 73 |
| 3.7.4.2. | Proceso de comunicación de SIM7600 con placa de procesamiento Raspberry77 | |
| 3.7.5. | Conexión Sonda Óptica Infrarroja con módulo Raspberry pi 4 | 80 |
| 3.7.6. | Acoplamiento de los componentes en el sistema..... | 96 |
| 3.7.7. | Seguridad del sistema | 98 |
| 3.7.7.1. | Aplicación de SSL sobre página web del sistema de medición | 98 |
| 3.7.8. | Diseño de carcasa | 106 |
| 4. | CAPITULO IV: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO | 107 |
| 4.1. | Implementación del Sistema Electrónico de Medición residencial..... | 107 |
| 4.1.1. | Ubicación del sistema en el domicilio | 108 |
| 4.1.2. | Registros de usuarios a la base de datos del sistema | 109 |
| 4.1.3. | Mediciones realizadas por el sistema propuesto | 111 |
| 4.1.3.1. | Pruebas de consumo total acumulado | 112 |
| 4.1.3.2. | Pruebas de consumo mensual | 115 |
| 4.2. | Estimación de valor de pago de consumo del sistema propuesto, basado en sistema de facturación establecido por arconel..... | 119 |
| 4.3. | Prueba de visualización de información de lectura en la página web..... | 121 |

| | |
|---|-----|
| 4.4. Pruebas de conectividad | 125 |
| 4.5. Resultados de las pruebas de funcionamiento | 127 |
| 5. CAPITULO V: ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO DEL SISTEMA | 128 |
| 6. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 133 |
| 6.1. CONCLUSIONES | 133 |
| 6.2. RECOMENDACIONES | 134 |
| Bibliografía | 135 |
| 6.3. ANEXOS | 139 |
| 6.3.1. Anexo 1: Código de programación | 139 |
| 6.3.2. Anexo 2: Norma IEC 62056-21 | 151 |
| 6.3.3. Anexo 3: Datasheet sonda óptica | 172 |
| 6.3.4. Anexo 4: Datasheet Modulo SIM7600 | 173 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| Tabla 1..Descripción Arquitectura modelo de datos DLSM/COSEM..... | 18 |
| Tabla 2.Especificaciones eléctricas sonda óptica..... | 21 |
| Tabla 3.Especificaciones de para interfaz de corriente eléctrica..... | 22 |
| Tabla 4.Especificaciones funcionales sonda óptica | 22 |
| Tabla 5. Trama de identificación de un objeto OBIS..... | 24 |
| Tabla 6. Acrónimos y descripción de abreviaturas para stakeholders | 43 |
| Tabla 7.Descripción de las prioridades de cada requerimiento | 43 |
| Tabla 8.Stakeholders..... | 44 |
| <i>Tabla 9. Requerimiento de recursos.....</i> | <i>44</i> |
| Tabla 10. Requerimientos del sistema | 46 |
| Tabla 11.Requerimientos de arquitectura | 48 |
| Tabla 12.Placas de procesamiento | 50 |
| Tabla 13.Especificaciones técnicas del Raspberry Pi 4 modelo B | 52 |
| Tabla 14.Comparativa de módulos 4G..... | 53 |
| Tabla 15.Especificaciones de banda del módulo SIM7600A-H | 55 |
| Tabla 16.Comparativa de interfaz óptica..... | 56 |
| Tabla 17.Selección de IDE. | 57 |
| Tabla 18.Selección de software de gestión de base de datos | 58 |
| Tabla 19.Costo de operadoras móviles por el servicio de SMS. | 61 |
| Tabla 20. Comandos AT | 75 |
| Tabla 21..Parámetros de configuración serial requeridos por IEC 62056-21 | 81 |
| Tabla 22. Cadena de caracteres enviada desde placa de procesamiento hacia el contador. | 82 |
| Tabla 23. Mensaje de identificación | 83 |
| Tabla 24. Solicitud de selección de opción | 83 |
| Tabla 25. Mensaje de datos | 84 |
| Tabla 26. Parámetros de registro de cada contador..... | 111 |
| Tabla 27.Consumo total..... | 112 |
| Tabla 28. Consumo total | 112 |
| Tabla 29.Consumo total..... | 113 |
| Tabla 30. Porcentaje error Consumo Total..... | 113 |
| Tabla 31.Consumo mensual del contador datos tomados automáticamente | 116 |
| Tabla 32.Consumo mensual contador 1001104989 datos tomados manualmente | 116 |
| Tabla 33.Consumo mensual contador datos automáticos rectificad..... | 117 |
| Tabla 34.Porcentaje error Consumo Total..... | 117 |
| Tabla 35.Cargos únicos tarifarios..... | 119 |
| Tabla 36.Facturación de meses evaluados | 120 |
| Tabla 37.Facturación EMELNORTE meses evaluados | 121 |
| Tabla 38. Resultados de las pruebas de cobertura | 126 |
| Tabla 39.Resultado de las pruebas de funcionamiento..... | 127 |
| Tabla 40. Presupuesto de hardware | 128 |
| Tabla 41.Presupuesto de software | 129 |
| Tabla 42. Costos administrativos | 130 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Fases de la red eléctrica (Gonzales, 2018) | 8 |
| Figura 2. Contador Analógico (Alibaba, 2021) | 12 |
| Figura 3. Contador Digital, (Energy, 2006) | 14 |
| Figura 4. Esquema de conexiones contador monofásico trifilar (Acosta, 2016) | 15 |
| Figura 5. Arquitectura DLMS/COSEM | 17 |
| Figura 6. Pila de protocolos Cliente/Servidor | 19 |
| Figura 7. Disposición de componentes (IEC, IEC 62056-21, 2002) | 21 |
| Figura 8. Esquema de conexión USB con el contador | 23 |
| Figura 9. Clasificación de las redes inalámbricas | 26 |
| Figura 10. Arquitectura básica de LTE | 32 |
| Figura 11. Red de núcleo de LTE | 32 |
| Figura 12. Entorno de Desarrollo Integrado SPYDER | 34 |
| Figura 13. Elementos que integran la adquisición de datos | 35 |
| Figura 14. Función de SSL sobre HTTP | 36 |
| Figura 15. Área de concesión de EMELNORTE | 39 |
| Figura 16. Niveles del modelo en V | 42 |
| Figura 17. Raspberry Pi 4B | 52 |
| Figura 18. Módulo SIM7600SA-H 4G | 54 |
| Figura 19. Interfaz óptica | 56 |
| Figura 20. Zona de cobertura 4G de Claro | 60 |
| Figura 21. Mapa de cobertura 4G de CNT | 60 |
| Figure 22. Diagrama de bloques | 62 |
| Figure 23. Diagrama de flujo primer bloque. | 65 |
| Figure 24. Diagrama de flujo del bloque dos | 67 |
| Figura 25. Diagrama de flujo del bloque tres | 68 |
| Figura 26. Diagrama de flujo del bloque cuatro | 69 |
| Figura 27. Arquitectura del sistema | 70 |
| Figura 28. Diagrama esquemático | 71 |
| Figura 29. Pines conector Modulo SIM 7600 con Raspberry Pi 4 | 72 |
| Figura 30. Diagrama Esquemático de conexión Modulo SIM7600 -Raspberry pi 4 | 72 |
| Figura 31. Conexión SIM de operadora móvil en módulo | 73 |
| Figura 32. Conexión USB de modulo a la PC | 73 |
| Figura 33. Reconocimiento de red celular operadora CNT y puertos operativos COM | 74 |
| Figura 34. Modulo Conexión de red celular CNT | 74 |
| Figura 35. Conexion puerto COM serial AT de módulo SIM 7600 | 76 |
| Figura 36. Comandos AT de comprobación | 77 |
| Figura 37. Conexión del modo online | 78 |
| Figura 38. Señal del módulo sim 7600 | 79 |
| Figura 39. Configuración protocolo raw-ip | 79 |
| Figura 40. Diagrama Esquemático de conexión sonda óptica -Raspberry pi 4 | 80 |
| Figura 41. Diagrama de conexión sonda óptica -Raspberry pi 4 | 81 |
| Figura 42. Inicio de sesión | 86 |
| Figura 43. Mensaje de identificación | 86 |
| Figura 44. Cadena de caracteres para la solicitud de lectura | 87 |

| | |
|---|-----|
| Figure 45. Formato de objetos OBIS | 88 |
| Figura 46.Parámetros de escritura..... | 89 |
| Figura 47. Extracción de valores relevantes | 89 |
| Figura 48.archivos .csv creados para almacenar los datos obtenidos | 90 |
| Figura 49.Archivo de consumo de mes actual de un contador. | 91 |
| Figura 50. Creación de base de datos..... | 92 |
| Figura 51. iFastNet..... | 93 |
| Figura 52. Creación de la base de datos en iFastNet | 93 |
| Figura 53. Tabla de consumo actual, y consumo máximo actual. | 94 |
| Figura 54. Tablas de la demanda máxima de consumo por mes. del histórico de consumo, y de los usuarios..... | 95 |
| Figura 55. Datos almacenados en la tabla de consumo actual..... | 96 |
| Figura 56.Programación del led..... | 97 |
| Figura 57. Ejecutables.sh de asignación de tareas | 97 |
| Figura 58. Tareas ejecutables del sistema..... | 98 |
| Figura 59. Dominio a certificar..... | 99 |
| Figura 60.Proveedor de SSL | 99 |
| Figura 61. Registro del certificado SSL..... | 100 |
| Figura 62.Verificación del dominio..... | 101 |
| Figura 63. Verificación del certificado SSL | 101 |
| Figura 64. Llave privada y certificado del proveedor..... | 102 |
| Figure 65. Valores codificados de llaves de certificación en cPanel..... | 102 |
| Figura 66.Comprobacion | 103 |
| Figura 67.Certificado SSL | 104 |
| Figura 68.Diagrama circuito dispositivo acoplado | 105 |
| Figura 69. Elementos de la carcasa del sistema..... | 106 |
| Figura 70.Zona de prueba de la ciudad de El Ángel..... | 107 |
| Figura 71.Instalación del dispositivo final con sus componentes..... | 108 |
| Figura 72. Dispositivo final | 109 |
| Figura 73. Registro de usuarios al sistema..... | 110 |
| Figura 74.Comprobación del registro de usuarios del sistema de medición..... | 110 |
| Figura 75.. Grafica comparativa de registro de mediciones de consumo de energía eléctrica | 115 |
| Figura 76.Grafica comparativa de registro de mediciones de consumo de energía eléctrica mensual | 118 |
| Figura 77.Ingreso a la página web | 122 |
| Figura 78. Pantalla de inicio | 122 |
| Figura 79. Información del suministro..... | 123 |
| Figure 80. Comprobación de los botones de la pantalla principal. | 124 |
| Figure 81.Históricos de consumo | 124 |
| Figura 82.Históricos de consumo mes de octubre | 125 |
| Figurea 83.Zonas de prueba de cobertura | 126 |

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en el desarrollo de un sistema que permite automatizar el proceso de lectura del consumo de energía eléctrica en contadores de uso residencial, con el objetivo de contribuir al mejoramiento del proceso de tomas de lecturas establecidas por la empresa EMELNORTE en la ciudad de El Ángel -Provincia del Carchi.

El sistema que está conformado por el prototipo de medición conjuntamente con la plataforma telemática, se encuentra desarrollado bajo el proceso ordenado y secuencial establecido por cuatro bloques los cuales son: bloque de adquisición de datos, realizada bajo la norma IEC 62056-21 en el cual se establece el medio de transmisión que es la sonda óptica infrarroja, bloque de envío de datos el mismo que se lo realiza por medio de *transmisión de datos* inalámbrico de red 4G usando el módulo SIM 7600SA-H, bloque de procesamiento de datos donde los datos obtenidos son almacenados de forma ordenada con MYSQL para su administración de la base de datos mediante tablas relacionales para las futuras consultas SQL, que precisamente se dan en el siguiente bloque de visualización, en el cual se muestran los datos en forma de estadísticas periódicas del consumo eléctrico residencial a los clientes del sistema mediante la página web previamente creada.

Las pruebas de funcionamiento realizadas durante cuatro meses, siendo las tomas de lectura programadas en dos horas distintas por día 7:00 am y 17:00 pm, se las ejecuto con el objetivo de tener datos secuenciales en los cuales el cliente del domicilio de prueba logró verificar el estado de consumo diario de energía eléctrica en su hogar conjuntamente con los datos suministrados por la empresa EMELNORTE

mediante la factura electrónica y donde se determinó la validez y eficiencia del sistema propuesto.

El capítulo I se basa en la problemática de la cual surge la necesidad de este sistema, así como también de los objetivos que se buscan alcanzar. El capítulo II abarca toda la investigación teórica necesaria para el diseño del sistema. En el capítulo III se encuentra todo el diseño del sistema siguiendo la metodología del modelo en V. E el capítulo IV se documenta la implementación del sistema y las pruebas realizadas del mismo. Finalmente, en el capítulo V se muestran un análisis de costo-beneficio al momento de implementar el sistema de medición.

ABSTRACT

The present degree work consists of the development of a system that allows to automate the process of reading the consumption of electrical energy meters for residential use, with the objective of contributing to the improvement of the process of taking readings established by the company EMELNORTE in the city of El Ángel-Province of Carchi.

The system that is made up of the measurement prototype together with the telematics platform, is developed under the orderly and sequential process established by four blocks which are: data acquisition block, carried out under the IEC 62056-21 standard in which The transmission medium is established, which is the infrared optical probe, the data sending block is the same as it is carried out by means of wireless data transmission of the 4G network using the SIM 7600SA-H module, data processing block where the data obtained are stored in an orderly manner with MYSQL for database administration through relational tables for future SQL queries, which are precisely given in the following display block, in which the data is shown in the form of periodic consumption statistics residential electricity to system customers through the previously created web page.

The performance tests carried out for four months, with the reading takings scheduled at two different times per day, 7:00 am and 5:00 pm, were carried out with the aim of having sequential data in which the client of the test address managed to verify the state of daily consumption of electricity in his home together with the data provided by the company EMELNORTE through the electronic invoice and where the validity and efficiency of the proposed system was determined.

Chapter I is based on the problem from which the need for this system arises, as well as the objectives that are sought to be achieved. Chapter II covers all the theoretical research necessary for the design of the system. Chapter III contains the entire design of

the system following the methodology of the V model. Chapter IV documents the implementation of the system and the tests carried out on it. Finally, chapter V shows a cost-benefit analysis at the time of implementing the measurement system.

1. CAPITULO I: ANTECEDENTES

El presente capítulo explica todo lo relacionado al problema del tema de investigación, los objetivos a cumplir, así como, el alcance del mismo en donde se detalla todos los componentes a utilizar y por último se explica el por qué se está realizando el proyecto y cuál es el sector beneficiado.

1.1. Tema

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MEDICION Y MONITORIZACION DEL CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA, PARA SU INTEGRACION EN MEDIDORES DE ENERGIA DOMICILIARIA EN LA CIUDAD DE EL ANGEL.

1.2. Problema

Hoy en día el desarrollo y evolución de sistemas de distribución de energía eléctrica para la población se ha desplegado a grandes pasos. El tener un sistema de medición y toma de lectura en empresas distribuidoras es de vital importancia, tanto para los usuarios ya que tendrán un mejor control de su consumo, como para la misma empresa ya que les permitirá realizar una mejor distribución del servicio eléctrico teniendo en cuenta la demanda de los usuarios. Esto obliga a las entidades reguladoras a crear normas, con el fin de mejorar la calidad del servicio de comercialización y distribución de energía eléctrica en nuestro país.

EMELNORTE siendo una empresa de distribución de energía eléctrica en el norte del país no está exenta a cumplir estas normas emitidas por la Agencia de regulación y control de Electricidad (ARCONEL). La regulación 005/18 referente a la "Calidad del servicio de Distribución y comercialización de energía eléctrica" emitida por el ARCONEL y en vigencia a partir del 2019 tiene como objetivo establecer

indicadores e índices, que contribuyan a mejorar la calidad del servicio de este recurso, entre los que se menciona los procedimientos de medición y toma de lecturas, en los cuales se provee distintas directrices a seguir de los parámetros de consumo facturables sobre todo en zonas rurales. (ARCONEL, 2019)

Con el fin de evitar posibles sanciones por su incumplimiento y poder optimizar y automatizar el proceso de tomas de lecturas en la Empresa EMELNORTE de la ciudad de El Ángel, y basados en el inciso 16.2 de la Ley de Regulación sobre Calidad del Servicio de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica. Se plantea un sistema de medición y monitorización de parámetros de energía eléctrica, el cual cuenta con un prototipo y plataforma telemática de medición y monitorización del consumo, para su integración en medidores de energía domiciliaria el cual contribuya a la empresa en optimizar el proceso de toma de lectura de medidores de forma más eficiente y que, además, provea al usuario una forma de visualización y verificación de su consumo general de energía de su hogar.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema que permita realizar la medición y monitorización remota del consumo de energía eléctrica, para su integración en medidores de energía domiciliaria, con el fin de automatizar y optimizar el proceso de toma de la lectura de datos de consumo eléctrico de hogares en la ciudad de El Ángel -Provincia del Carchi.

1.3.2. Objetivos Específicos

Revisar información acerca del estado del arte de sistemas de medición y facturación en medidores de energía eléctrica en el país

Realizar un análisis de la situación actual de EMELNORTE S.A. que permite conocer los índices de calidad de servicio comercial que se han manejado en los últimos años.

Definir los requerimientos del prototipo y plataforma tanto de software como de hardware los cuales se usarán en el sistema.

Desarrollar el diseño de un sistema el cual involucre el prototipo electrónico para su implementación en medidores, así como la plataforma de medición y monitoreo de energía eléctrica en los medidores de domicilios.

Ejecutar pruebas de comprobación para el correcto funcionamiento del diseño del sistema de medición y lectura de datos de consumo de los contadores.

Realizar el análisis Costo- Beneficio que permita determinar la rentabilidad del proyecto considerando las herramientas de hardware y software.

1.4. Alcance

El presente proyecto tiene como finalidad desarrollar un sistema el cual permita automatizar el proceso de medición y toma de lectura consumo de energía de medidores domiciliarios, optimizando y contribuyendo a la empresa a disminuir la estimación de toma de lecturas de consumo en la ciudad de El Ángel y en consecuencia mejorando la calidad del servicio que se brinda al usuario, además, el sistema permitirá mediante la implementación de un plataforma verificar con una interfaz web las estadísticas periódicas del consumo eléctrico de su domicilio.

La fase inicial es la realización de un análisis de la situación actual de EMELNORTE mediante entrevistas y datos obtenidos por la misma empresa con el fin de conocer y poner en contexto los índices de calidad de servicio comercial que ha manejo en los últimos años y las dificultades por las cuales la empresa se ha visto involucrada.

Para la selección de hardware y software tanto del prototipo de medición como de la plataforma de monitoreo que conforman el sistema se tomará en cuenta de acuerdo a las instancias y requerimientos que el prototipo de medición involucre durante el desarrollando el proyecto, el cual estará basado en el modelo de procesos de desarrollo en V.

Se diseñará un prototipo de medición de parámetros de energía eléctrica que involucren la toma de lectura de consumo de la misma, el cual será implementado en medidores domiciliarios que actualmente la empresa utiliza para su distribución, para su respectiva comprobación, previamente autorización y asesoramiento de la empresa para la realización de las pruebas.

Se implementará una plataforma telemática, la cual conjuntamente con el prototipo de medición formen el sistema para su respectiva toma de datos de lectura de energía, almacenamiento y visualización, los mismos que serán transmitidos de forma inalámbrica hacia la empresa. El sistema no determinara los valores de factura a pagar por parte del usuario, los datos tomados del medidor y acumulados de cada mes serán enviados a la empresa, la cual de acuerdo a sistemas y plan tarifario aplicado en el país en la actualidad procederán a realizar y estimar el valor a pagar del consumo eléctrico del usuario.

Una vez realizado el diseño y la implementación del sistema se realizarán las pruebas de funcionamiento, conectividad y de validación de plataforma web con la visualización de valores energéticos periódicos, para verificar que los objetivos propuestos sean cumplidos satisfactoriamente.

Finalmente se realizará un Análisis Costo-Beneficio en las cuales se considerará el hardware y software utilizados en para realización del sistema, además de un análisis

económico tanto para la empresa como para los usuarios involucrados directamente en el proceso.

1.5. Justificación

La aplicación de sistema de toma de datos para su posterior facturación está regulado por la ARCONEL, en la cual existen excepciones de toma de valores de lectura ya sea cada tres meses o de acuerdo a los valores históricos de consumo del usuario (ARCONEL, 2019), esto obliga a la empresa distribuidora realizar estimaciones de consumo de energía de usuarios, que principalmente se encuentran en zonas rurales percibiendo pérdidas económicas en los usuarios y la empresa, sin tener una solución más óptima y mantener al usuario informado de su consumo de energía referencial en su hogar.

Otro punto importante es la pérdida de energía eléctrica que sufre la empresa. En el Ecuador las pérdidas en los sistemas de distribución alcanzaron los 2.690,94 GWh, equivalente al 12,21% debido a electricidad no facturada y al uso ilegal de la misma, ocasionando pérdidas económicas en las empresas de distribución. (PME.2017).

Un dato importante es que, entre las empresas eléctricas, la E.E. Norte (9,26 %) y la E.E. Cotopaxi (9,18 %) la son las que registraron los porcentajes de pérdidas más altos. (ARCONEL,2018)

En el plan maestro de electrificación 2016-2025, se propone la implementación de programas de eficiencia energética enfocados a la utilización de nuevas tecnologías, las cuales permiten tener mejores condiciones de servicio con una reducción del consumo y una optimización de los costos. Entre dichas estrategias se encuentra el Plan de Mejora y Expansión de la Distribución el cual entre sus objetivos se encuentra el fortalecimiento de los sistemas de distribución y de lectura de datos para asegurar la

calidad y confiabilidad del sistema, diseñando nuevos proyectos con conceptos de redes inteligentes. (PME,2017)

La principal motivación para diseñar y desarrollar el sistema de medición y monitoreo del consumo de energía eléctrica y lectura de valores de consumo es disminuir costos, optimizar y automatizar la adquisición de datos de lectura de los medidores los cuales beneficien tanto a la empresa EMELNORTE como a los usuarios, encaminando hacia el concepto de Smart Cities, creando infraestructuras tecnológicas, las cuales, mejoren la calidad de vida de los ciudadanos. Con ayuda de Internet de las cosas (IoT) que es una herramienta importante para la automatización de redes y procesos que hasta hoy se realizan de forma manual, esto se logra gracias a que los objetos físicos están conectados al protocolo de Internet, permitiendo enviar, recibir e intercambiar datos. (IJARTET,2018)

2. CAPITULO II: MARCO TEORICO

El presente capítulo recopila información bibliográfica concerniente a la producción, transporte, distribución y consumo de energía eléctrica; así mismo, de distintos protocolos, componentes que se encuentran involucrados directa o indirectamente en el desarrollo del sistema, como son módulos de procesamiento, comunicación, protocolos, plataformas de gestión de datos y demás aspectos técnicos.

2.1. Energía eléctrica

La energía eléctrica se presenta como el movimiento de cargas eléctricas negativas, o electrones, a través de un cable conductor, a esto se le conoce como corriente eléctrica, y se origina al poner en contacto dos elementos entre los que hay una diferencia de potencia.

Del mismo modo la energía eléctrica se produce por el movimiento de cargas eléctricas, denominados electrones, esta energía se genera a través de centrales eléctricas a partir de la transformación de una energía primaria ya sea hidráulica, térmica, solar, nuclear, o eólica, para ser transportada a través de las redes eléctricas hasta los núcleos de población e industrias, siendo entonces transformada en otras formas de energía secundaria como luz, calor, sonido o movimiento. (Gonzales A. , 2017)

Según (Energía y Sociedad, 2021). La energía eléctrica juega un papel crucial para el crecimiento económico y el desarrollo humano de cualquier país. En la actualidad todo en la vida humana depende de la electricidad ya sea en el sector de la salud, educación, transporte, agricultura, en la industria, etc. Por consiguiente, la energía que se consume en el diario vivir, proviene de la red eléctrica que consta de tres fases.

La red eléctrica está conformada por tres fases: la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. La generación, se encarga de transformar alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica, la fase de transporte: se comprende desde el centro de la producción hasta las subestaciones de transformación: por último, la fase de distribución: en el cual está centrado este proyecto de titulación, es el que se encarga de repartir la energía eléctrica a todos los consumidores.

La red eléctrica está conformada por elementos, equipos e instalaciones que realizan el proceso de la transformación de la energía eléctrica, de tal manera que permiten el suministro de energía a las empresas de distribución. En la figura 1 se observan las distintas fases que conforma una red eléctrica.

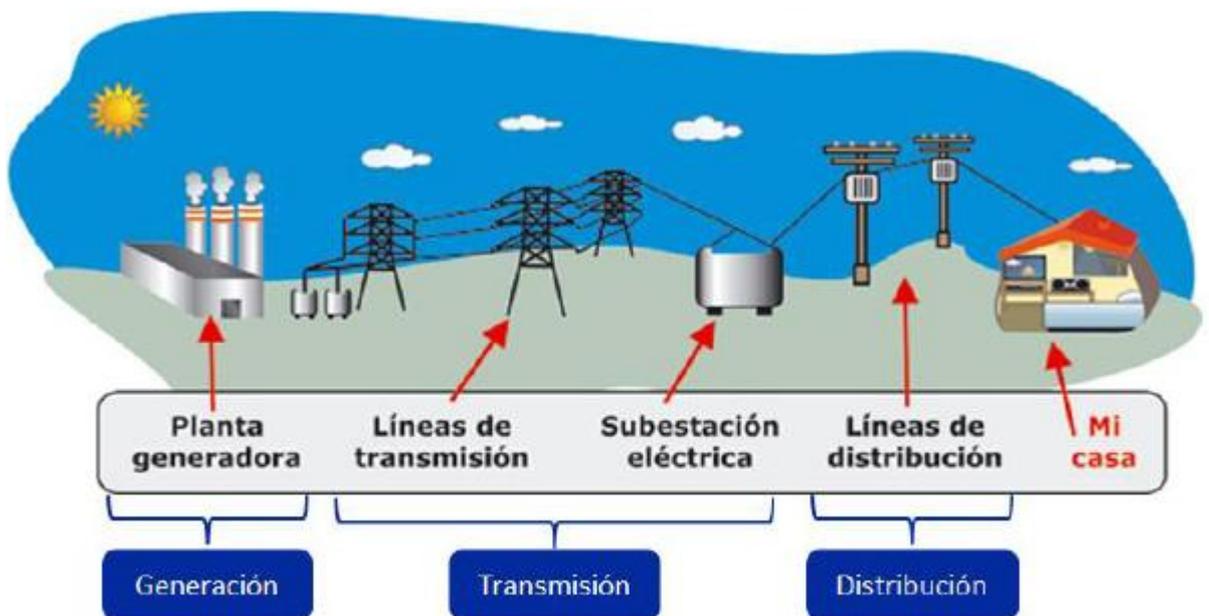


Figura 1. Fases de la red eléctrica (Gonzales, 2018)

Para empezar, la red eléctrica comienza en la generación, la cual se realiza mediante centrales hidroeléctricas, que utilizan energía hidráulica para la generación de la energía eléctrica. Después de la etapa de generación viene la fase del transporte, ya

que la energía eléctrica no se puede almacenar, por consiguiente debe existir una relación constante entre la generación y el consumo.

Para transportar la electricidad a largas distancias con pérdidas mínimas se eleva el nivel de tensión de la corriente¹, para reducir la intensidad que circula por la línea, mediante las subestaciones eléctricas, las cuales son las encargadas del proceso de transformación de tensión, frecuencia, número de fases etc. El transporte de la electricidad se realiza mediante líneas de transmisión, también llamadas líneas de alta tensión, las cuales están constituidas por un elemento conductor, ya sea de cobre o aluminio, y por elementos de soporte como torres de alta tensión. (Burgos, 2016)

Según (CELEC EP TRANSELECTRIC, 2016). En el Ecuador la transmisión de energía eléctrica se la ejecuta a través del Sistema Nacional de Transmisión (SNT), el cual es el conjunto formado por líneas de transmisión y subestaciones en las cuales se incluye el equipamiento de transformación, compensación, protección, maniobra, conexión, control y comunicaciones, destinadas al servicio público de transporte de energía eléctrica, y es operado por la empresa única de transmisión CELEC EP. Este Sistema Nacional de Transmisión, dispone de:

- 69 subestaciones a nivel nacional (incluye 4 subestaciones móviles)
- 3 239 90 km de líneas de transmisión de 230 kV
- 2 241 841 km de líneas de transmisión de 138 kV

Por último, la fase de distribución hace posible que la energía eléctrica llegue al usuario final: ya sea residencial, comercial o industrial. La red de distribución está formada por un conjunto de cables subterráneos y centros de transformación (CT), estos están ubicados en los núcleos del consumo, y están encargados de disminuir los valores

¹ Trabajo que hace falta aplicar para mover cargas eléctricas entre dos puntos. Su unidad de medida es el voltio

de alta o media tensión a otros valores de media tensión o baja, para que así sea posible el uso de la misma en el usuario final. (Juarez, 2015)

Finalmente, la energía eléctrica sirve como motor de crecimiento económico, por tal manera, es importante incrementar las capacidades de generación, transmisión y distribución, con el fin de tener disponibilidad garantizada del servicio. Las redes inteligentes brindan beneficios al sector energético ya que mejora la eficiencia energética, y ofrece una solución al cambio climático. (Lee, 2016)

Para el Instituto Coreano de Redes Inteligentes, una “Red Inteligente es una red de próxima generación que integra la tecnología de la información a la red eléctrica existente, para optimizar la eficiencia energética a través del intercambio bidireccional de la información eléctrica, en tiempo real, entre los proveedores y consumidores.” (Sohn, 2016)

La implementación de una red inteligente sobre una red eléctrica convencional permite tener mayor control en la fase de distribución, en la cual se utiliza el termino Smart Grid, y su principal objetivo es reducir perdidas de energía mediante una gestión telemática que identifique y controle el verdadero consumo. En el área del usuario, se puede evitar la lectura manual y la eliminación de recibos por factura.

La tarifación oportuna que brinda una red inteligente optimiza el consumo de la energía y al mismo tiempo procura que la operación en los sistemas tradicionales de generación, transporte y distribución reduzcan las interrupciones del servicio, ya que estas representan costes significativos.

Smart Grid hace referencia a la red de distribución eléctrica inteligente, la cual funciona en conjunto con modernos sistemas de comunicaciones, que proporcionan datos tanto a las empresas distribuidoras, como a los usuarios. Esto brinda grandes

ventajas para las dos partes, aunque el funcionamiento es más complejo que en una red eléctrica tradicional.

Según el Grupo de trabajo de comunicaciones de redes inteligentes, el término Smart Grid es utilizado para un sistema avanzado de suministro de electricidad que está integrado con tecnología digital y de la información moderna para brindar mayor confiabilidad, seguridad, eficiencia y, en última instancia, menor costo de los servicios públicos para el usuario. (Weranga, 2016)

Para proveer de inteligencia a las redes eléctricas convencionales, se incorporan contadores de lecturas telemáticas, las mismas que permitan conocer consumos para las empresas distribuidoras, como para el usuario, con la obtención de estos datos se puede conocer hábitos de consumo los cuales contribuirán al ahorro energético, mejorando la eficiencia de la red.

2.2. Medición inteligente

Para (Rodríguez, 2020) un sistema de medición inteligente está conformado por: contadores inteligentes, dispositivos de control y un enlace de comunicación.

Los contadores inteligentes están integrados con diferentes tecnologías y servicios, que aún están evolucionando y muchos gobiernos, organizaciones y empresas están tratando de establecer diferentes estándares y políticas. Sin embargo, las funciones de los contadores inteligentes deben incluir las siguientes características:

- Suministro de datos de medición e información debe ser remoto, así como también la operación para habilitar suministro y deshabilitar el servicio eléctrico.
- La comunicación entre el contador y la red pública debe ser bidireccional.
- Detección automática de sabotaje de seguridad y configuraciones remotas.

Por lo tanto, un contador eléctrico es un dispositivo capaz de: medir, indicar y registrar el consumo de electricidad realizado por un usuario, para que así la empresa distribuidora del servicio pueda calcular el precio de luz a cada consumidor. Los contadores eléctricos se clasifican según su tipo de pantalla, tales como, medidor eléctrico, analógico y digital.

2.2.1. Contador analógico

También llamado electromecánico, posee una pantalla analógica en la cual los valores de voltaje y corriente de cada fase se obtienen mediante el divisor de voltaje y transformadores de corriente, respectivamente, que están conectados directamente a la carga. Este proceso se lo usa para contar la cantidad de electricidad que se genera en el medidor, la cual se la indica en un conjunto de escalas circulares en forma de reloj. (Role, 2019). En la figura 2 se puede observar el contador analógico.



Figura 2. Contador Analógico (Alibaba, 2021)

2.2.2. Contador digital

El Contador de luz digital se caracteriza por las funcionalidades e implementaciones que puede soportar: puede permitir la telemedida o puede ser integrado en los sistemas de tele gestión de las distribuidoras. (Role, 2019)

En los contadores eléctricos digitales se utilizan procesadores de señales digitales o microprocesadores de alto rendimiento. De manera similar a los medidores analógicos, los transductores de voltaje y corriente están conectados a un ADC (Conversor Analógico digital) de alta resolución. Una vez que convierte las señales analógicas en muestras digitales, las muestras de voltaje y corriente se multiplican e integran mediante circuitos digitales para medir la energía consumida. (Castro, 2016)

El microprocesador calcula el ángulo de fase entre el voltaje y la corriente, mide e indica la potencia reactiva². Está programado de tal manera que calcula la energía según la tarifa y otros parámetros como: factor de potencia, demanda máxima, etc., y almacena todos estos valores en una memoria no volátil EEPROM³. Contiene reloj de tiempo real (RTC) para calcular el tiempo de integración de energía, cálculos de demanda máxima y también marcas de fecha y hora para parámetros particulares. (Role, 2019)

Además, interactúa con la pantalla de cristal líquido (LCD), los dispositivos de comunicación y otras salidas del medidor. Se proporciona batería para RTC y otros periféricos importantes como energía de respaldo. En la figura 3 se puede observar al contador digital.

² Potencia en la cual la corriente, está fuera de fase con respecto al voltaje y el producto volts por los amperes no hace trabajo real.

³ Memoria de sólo lectura programable y borrable eléctricamente



Figura 3. Contador Digital, (Energy, 2006)

Los contadores electromecánicos fueron sustituidos por los digitales, ya que el disco de este medidor podía ser manipulado, existiendo la probabilidad de robo de energía.

Del mismo modo, los contadores electromecánicos son incapaces de mostrar la información en tiempo real del uso de energía, por este motivo, las lecturas del consumo se tornan ineficientes e inexactas. Por otra parte, los contadores digitales facilitan la tele gestión, si bien es cierto no son inteligentes en su totalidad, pero se logran adaptar, posibilitando una rápida identificación de problemas y averías, cuya solución sería más rápida que con un contador analógico.

2.2.3. Contador DDSF51

Es un contador de energía monofásico trifilar, el cual está compuesto por dos bobinas de tensión y dos bobinas de corriente. Se usa para medir la energía consumida por aparatos que funcionan a 120 y 220 Voltios principalmente en la zona rural. (Londoño, 2013).

El contador DDSF51 realiza la función de medición instantánea del consumo de energía activa, es decir la electricidad que hace funcionar todos los aparatos de la red eléctrica de un domicilio. La lectura telemática y el ajuste del contador se logra a través del puerto infrarrojo por medio de una sonda óptica, siguiendo el protocolo de comunicación IEC 62056-21. (Energy, 2006). En la figura 4 se puede observar el esquema de conexiones del contador monofásico trifilar, en este caso es el DDSF51.

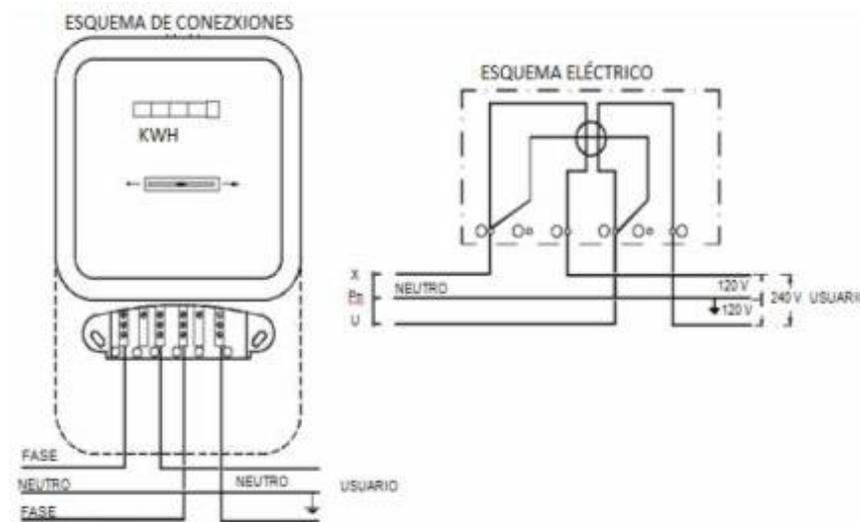


Figura 4. Esquema de conexiones contador monofásico trifilar (Acosta, 2016)

Características técnicas

- Tensión nominal 2x127 / 220V
- Corriente nominal 10 (100)
- Corriente de arranque 0,4% Ib
- Referencia de frecuencia de 60 Hz
- Precisión CL1.0
- Voltaje Rango 0.8Un ~ 1.15Un
- Consumo de energía $\leq 1W.10VA$

- Temperatura de trabajo-25 °C ~ + 70 °C de humedad relativa ≤ 75 %

Dimensión (L * W * H) 179 mm × 145 mm × 69 mm

En los requerimientos para la medición inteligente se hace hincapié en los protocolos de comunicación, hoy en día existen distintas organizaciones y fabricantes de equipos que soportan diversas arquitecturas en el ámbito de la lectura y el control a distancia, ya que por medio de su aplicación se obtiene los datos de cada contador de acuerdo al requerimiento y sistema de conteo de cada equipo, garantizando el correcto funcionamiento de un sistema. Bajo esta premisa el protocolo más utilizado es DLSEM/COSEM referente a control, monitorización y comunicación de la unidad de medida y el equipo de lectura de medición.

2.3. Protocolos de comunicación de medidores de energía eléctrica

Los dispositivos de medición ya sea: agua, luz, gas, etc., necesitan un lenguaje estándar que sea utilizado a nivel mundial y que logre garantizar la interoperabilidad, eficiencia y la seguridad, DLSEM/COSEM es el estándar mundial para la gestión inteligente de la energía y el agua, el control avanzado y la medición innovadora (DLSEM, 2021)

En base a esto, el estándar está constituido mediante un modelo de datos orientado a objetos, un protocolo de capa aplicación y distintos medios físicos por donde se realiza la comunicación. De manera específica el modelo de interfaz COSEM para un contador de electricidad presenta un tipo de estructura jerárquica que consta de tres niveles.

- El dispositivo físico: especificación complementaria para medición de energía capaz de describir cualquier aplicación

- El dispositivo lógico o DLMS: especificación de mensajes de idioma del dispositivo, es el protocolo de capa aplicación que convierte la información contenida en los objetos en mensajes.
- Los objetos OBIS Object Identification System: el sistema de nombres de los objetos especificado en IEC-62056-61.

El protocolo de aplicación DLMS/COSEM especifica el procedimiento de la transferencia de información para los procesos de asociación de aplicación e intercambio de mensajes entre los servidores y clientes COSEM (IEC-62056, 2006), el mismo que se implementó teniendo en cuenta las indicaciones dadas en la norma IEC 62056-53, para la capa de aplicación. (DLSM, 2021). La figura 5 muestra el diagrama de arquitectura DLMS/COSEM.

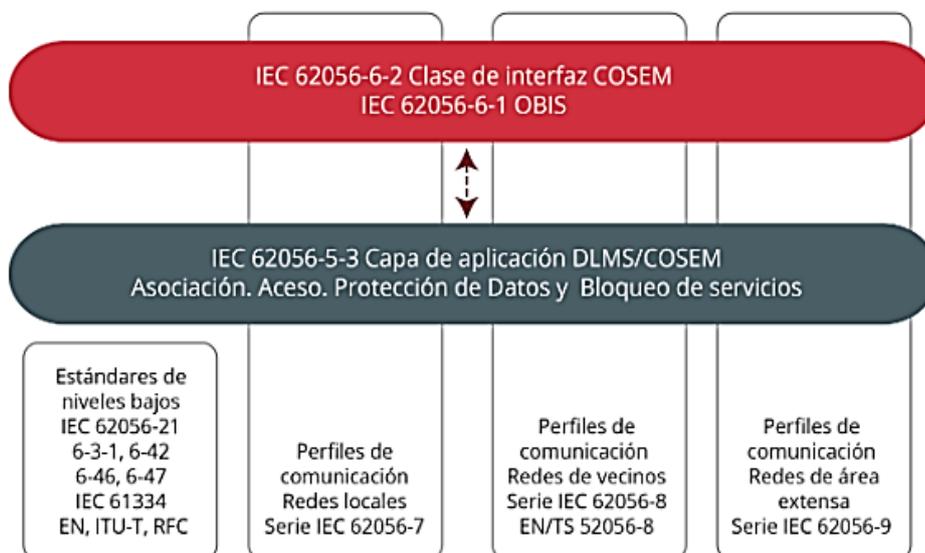


Figura 5.Arquitectura DLMS/COSEM

Fuente: (CERT, 2017)

2.3.1. Arquitectura modelo de datos DLMS/COSEM según OSI

Como se mencionó en el apartado 2.3 DLMS/COSEM son una serie de protocolos de nivel de aplicación según el modelo OSI, en la tabla 1 se muestra la arquitectura DLMS/COSEM según OSI

Tabla 1..Descripción Arquitectura modelo de datos DLMS/COSEM

| | | |
|---------------------|--|---------------------------------|
| Aplicación | Proceso de red para solicitud Programación para solicitud de datos | IEC 62056-53 COSEM |
| Presentación | Representación de datos, cifrado y descifrado Sistema de identificación de objetos OBIS | IEC 62056-61 OBIS |
| Sesión | Comunicación entre terminales CLIENTE y SERVIDOR, gestión de sesiones entre aplicaciones El dispositivo lógico especifica el tipo de contador que posee podría ser un contador de electricidad, agua, gas, etc. | DLMS |
| Transporte | Conexiones de extremo a extremo, control de flujo si utiliza TCP/IP | DLMS |
| Red | Determinación de la ruta / o direccionamiento lógico, transmisión ASCII, intercambio directo de datos | IEC 62056-21 DLMS |
| Enlace | Acceso al medio y nivel de enlace, direccionamiento físico | IEC 62056-21 MODO A,B,C,D |
| Física | Interfaz óptica infrarroja 62056-21 | IEC 62056-21 COSEM |

Fuente: Autoría

Por consiguiente, el protocolo de aplicación cliente/servidor DLMS/COSEM es utilizado para el intercambio de mensajes entre el servidor y el cliente. La aplicación es el elemento de servicio de la capa de aplicación que proporciona acceso a los objetos COSEM. La capa de transporte y la capa de red están compuestas por la pila UDP/IP,

donde la capa de transporte corresponde a la capa COSEM-UDP, la cual utiliza los servicios del protocolo IPv4. La figura 6 muestra la pila de protocolos Cliente/Servidor localizados en diferentes dispositivos físicos.

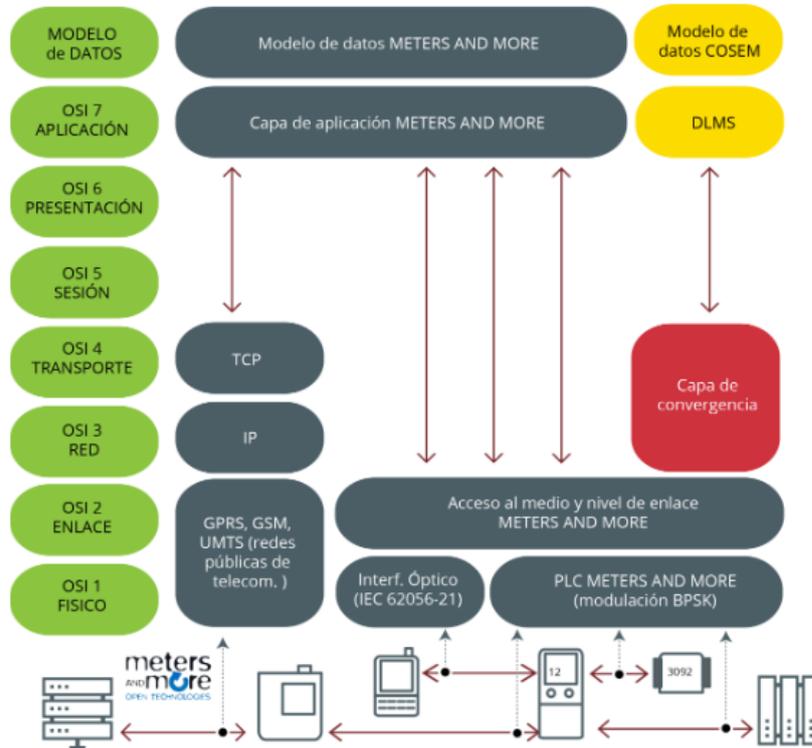


Figura 6. Pila de protocolos Cliente/Servidor

Fuente: (CERT, 2017)

2.3.2. Estándares y normas de aplicación

2.3.2.1. IEC 62056

El estándar concerniente a medición eléctrica constituido en el protocolo DLMS/COSEM es el de la serie IEC 62056, se trata de un conjunto de estándares para: medición de electricidad, intercambio de datos para lectura de medidores, control de tarifas y control de carga, establecido por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) (IEC, INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2021).

La estructura del protocolo IEC 62056 radica en el modelo cliente-servidor en el cual el cliente realiza solicitudes y el servidor responde las peticiones devolviendo los datos requeridos. Cabe aclarar que todos los estándares de la serie IEC 62056 se enfocan en la medición de la electricidad mientras que, DLMS/COSEM abarca un campo más general, y se aplica a cualquier medición de energía.

2.3.2.2. IEC 62056-21

Esta parte del estándar IEC 62056 describe las especificaciones de hardware y protocolo para el intercambio de datos con un contador eléctrico de forma local, mediante conexión física con una unidad de mano. La conexión se realiza mediante un acoplamiento óptico con el medidor. El protocolo permite la lectura y programación del medidor, está diseñado de manera adecuada para el entorno de medición de electricidad, con especial atención al aislamiento eléctrico y la seguridad de los datos.

Si bien es cierto, el protocolo está totalmente definido en su uso y aplicación sobre el medidor que posea esta interfaz. En la relación cliente-servidor, la unidad de mano (cliente) que establece conexión con el medidor actúa como maestro, mientras que el propio medidor actúa como esclavo. Por otro lado, el protocolo brinda cinco modos de aplicación los cuales pueden ser utilizados por el contador eléctrico; A,B,C,D

y E. En este caso en específico el contador DDSF51 utiliza el modo de operación C con datos codificados en ASCII.

2.3.2.2.1. Interfaz Óptica

Permite la comunicación local entre la unidad de medida y un equipo de lectura, la transmisión de datos realiza a través de señales de luz infrarroja donde intervienen los diodos de emisión (Tx) y recepción (Rx). (IEC, IEC 62056-21, 2002). En la figura 7 se puede ver la disposición de componentes de la sonda óptica.

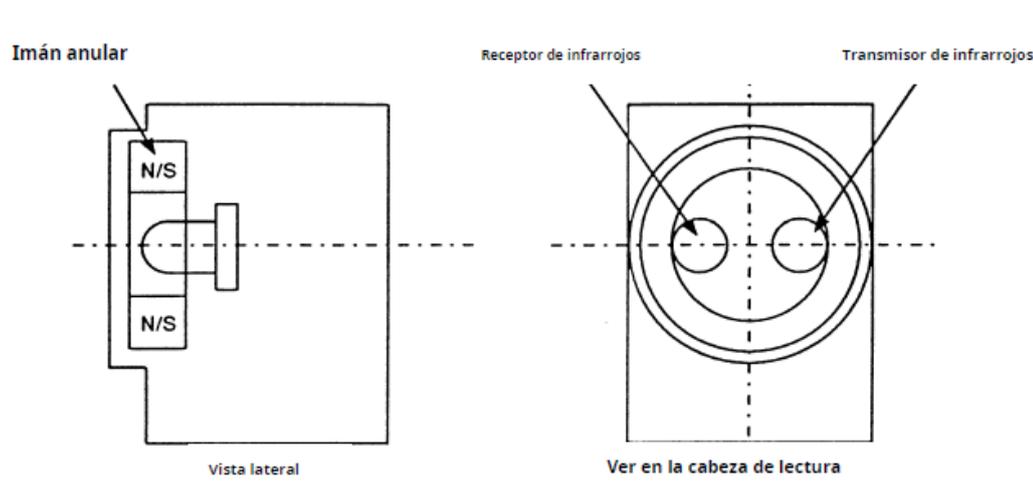


Figura 7. Disposición de componentes (IEC, IEC 62056-21, 2002)

Así también, se debe tener en cuenta características importantes como: especificaciones eléctricas y funcionales, tanto para la interfaz de corriente eléctrica como para la sonda óptica las cuales se aprecian en la tabla 2,3 y 4 respectivamente.

Tabla 2. Especificaciones eléctricas sonda óptica

| ESPECIFICACIONES ELECTRICAS | |
|------------------------------------|------------|
| Tension de funcionamiento | 3,3 A 12 V |
| Corriente de transmision | 10 Ma |

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Interfaz electrica de salida | RS232, USB |
| Longitud de cable | 2 a 3 m aproximadamente |

Fuente: (IEC 62056-21, 2002)

Tabla 3. Especificaciones de para interfaz de corriente eléctrica

| ESPECIFICACIONES DE CORRIENTE | | |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Corriente | Emisor (TX) | Receptor(RX) |
| Sin corriente de bucle | $\leq 2,5$ Ma | ≤ 3 Ma |
| 20 mA de corriente de bucle | ≥ 11 Ma | ≥ 9 mA |

Fuente: (IEC 62056-21, 2002)

Tabla 4. Especificaciones funcionales sonda óptica

| ESPECIFICACIONES FUNCIONALES | |
|-------------------------------------|---|
| Fijacion | Fuerza magnetica |
| Fuerza de cohesion | >5N en contacto con la placa de acero del contador |
| Estandar | IEC 62056-21 |
| Velocidad de transmision | Velocidades de baudios estándar - 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 |
| Tipo de transmision | Transmision asincrona ,Semiduplex (la velocidad puede limitarse por la velocidad maxima de transmision de tarifa) |
| Longitud de onda | La longitud de onda de las señales radiadas en ambas direcciones está entre 800 nm y 1000 nm (infrarrojos). |

Fuente: (IEC 62056-21, 2002)

Por otra parte, la placa de procesamiento suministra la energía según las especificaciones en (IEC 62056-21, 2002) a la sonda óptica mediante la interfaz USB

cuando esta se encuentra conectada a él. En la figura 8 se muestra el esquema de conexión entre el módulo Raspberry pi mediante el puerto USB y el contador, a través de la sonda.

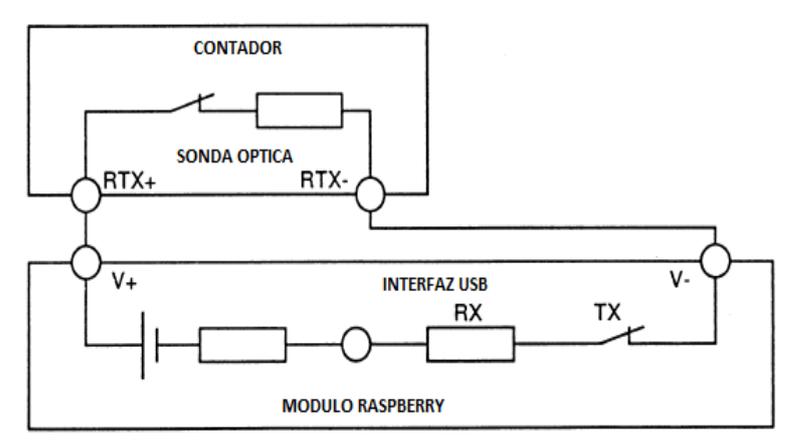


Figura 8. Esquema de conexión USB con el contador

Fuente: (IEC 62056-21, 2002)

2.3.2.3. IEC 62056-61

Por otra parte, el inciso 61 del estándar hace referencia al sistema de identificación de objetos (OBIS) que define los códigos de identificación (códigos ID) para elementos de datos de uso común en equipos de medición de electricidad. (INTERNACIONAL ESTANDAR IEC, 2006). Aquí se especifica todos los parámetros y las estructuras de identificación para los datos, basándose en los códigos OBIS. Estos identificadores de datos proporcionan valores de medición, de configuración, de clases de interfaz, etc.

Para poder identificar los valores de los bloques de datos como: energía activa, reactiva, consumos máximos o consumos por demanda se utiliza el sistema de identificación de objetos OBIS, por sus siglas en inglés. Esta información se detalla en Anexo 3, que hace referencia a la documentación de la norma IEC 62056-61.

Un código OBIS consta de seis grupos de valores que se describen en la tabla 5 y caracterizan el valor de los datos especificados en IEC 62056-61. Los cuales hacen referencia a lo siguiente:

A Tipo de medio de consumo (electricidad)

B Electricidad canal es irrelevante, se establece en 0.

C Tipo de medición.

D Magnitud de medida.

E Tasas arancelarias.

F Periodos de facturación.

Tabla 5. Trama de identificación de un objeto OBIS

| A | - | B | : | C | . | D | . | E | * | F | DATOS |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|--------------|
| 0 | - | 0 | : | 1 | . | 8 | . | 0 | * | 03 | (1.234*kwh) |

Fuente: Autoría

Existe una gran variedad de códigos OBIS, entre los más relevantes y significativos se encuentran los siguientes: Los códigos de identificación, el código 0.0.0 el cual arroja información sobre la identificación del contador, el código 0.9.1 informa la hora, y el código 0.9.2 la fecha. De la misma manera, existen códigos específicos para cada requerimiento, en este caso se usan los códigos de medición, el código 1.8.0 indica el valor consumo kWh actual, así mismo, el código 1.8.0*1 muestra valor consumo kWh mes anterior, y para tener conocimiento sobre el consumo máximo del contador de energía se usa el código de consumo de la demanda máxima actual, el cual está representado por 1.6.0, y para conocer la demanda máxima de energía eléctrica de los meses anteriores es el código 1.6.0*1.

2.3.2.4. IEC 62056-53

Esta parte del estándar IEC 62056 especifica la capa de aplicación de COSEM en términos de estructura, asociación, servicios y protocolos de acceso para clientes y servidores de COSEM, y define cómo utilizar la capa de aplicación de COSEM en varios perfiles de comunicación. Además, define servicios para establecer y liberar asociaciones de aplicaciones, y servicios de comunicación de datos para acceder a los métodos y atributos de los objetos de interfaz COSEM, definidos en la sesión IEC 62056-62, El Anexo D de este estándar brinda una explicación del papel de los modelos y protocolos de datos en el intercambio de datos de contadores de electricidad.

Finalmente, la transmisión de datos obtenidos se debe garantizar por medio de protocolos de comunicación, y así asegurar que el paquete de datos llegue al destino final a través de un sistema inalámbrico o cableado. Para realizar este proceso se puede emplear diferentes tipos de tecnologías de comunicación inalámbrica de acuerdo al área de aplicación y al canal de transmisión.

2.4. Tecnologías de comunicación inalámbricas

Las redes inalámbricas son redes que utilizan ondas de radio para conectar los dispositivos, sin necesidad de utilizar cables de ningún tipo, funcionan de manera similar a las redes cableadas, sin embargo, las redes inalámbricas deben convertir las señales de información en una forma adecuada para la transmisión a través del medio de aire. (Salazar, 2016)

Del mismo modo, las redes inalámbricas sustituyen a las redes cableadas en muchos de los casos, pero también se las utiliza para proporcionar acceso a datos

corporativos desde ubicaciones remotas. El coste de la infraestructura es muy bajo en comparación con las redes cableadas tradicionales, sin mencionar que permiten que los dispositivos remotos se conecten sin dificultad, independientemente de la distancia en la que se encuentren. (Salazar, 2016)

Por consiguiente, existen muchos beneficios de las redes inalámbricas frente a las redes cableadas como: el aumento de la flexibilidad y la productividad, la reducción de costos mejorando la eficiencia y cobertura de la red, sin nombrar la capacidad de crecer y adaptarse a las necesidades y tecnologías cambiantes. (CISCO, 2021)

Además, se clasifican en cuatro grupos específicos, según el área de aplicación y el alcance de la señal: redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal-Área Networks - WPAN), redes inalámbricas de área local (Wireless Local-Área Networks - WLAN), redes inalámbricas de área metropolitana (Wireless Metropolitan-Área Networks - WMAN), y redes inalámbricas de área amplia (Wireless Wide-Área Networks - WWAN). En la figura 9 se indica estas cuatro categorías (Salazar, 2016)

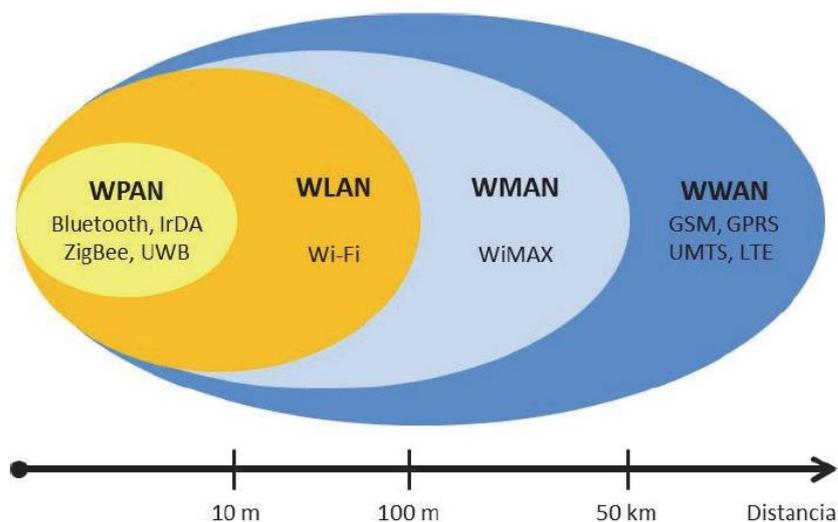


Figure 9. Clasificación de las redes inalámbricas

Fuente: (Salazar, 2016)

Para empezar, las redes inalámbricas de área personal WPAN son redes que cubren distancias del orden de los 10 metros como máximo, son utilizadas para conectar varios dispositivos portátiles personales sin necesidad de utilizar cables. Esta comunicación de dispositivos peer-to-peer normalmente no requiere de altos índices de transmisión de datos.

La tecnología inalámbrica Bluetooth, por ejemplo, tiene un índice nominal de 10 metros con índices de datos de hasta 1Mbps. Los bajos índices de datos tienen como resultado un bajo consumo de energía haciendo a la tecnología WPAN adecuada para el uso con dispositivos móviles pequeños, que funcionan con baterías, tales como teléfonos celulares, asistentes personales o cámaras digitales. (Camargo, 2009)

Como lo hace notar (López, 2010), las redes inalámbricas de área local WLAN, son redes que cubren distancias de 10 a 100 metros, con índices de transmisión de datos de hasta 11Mbps. Los dispositivos que se usan en una WLAN son los que tienen plataformas más robustas y abastecimiento de potencia como computadoras personales. Wifi es una tecnología de comunicación inalámbrica WLAN, a través de la cual los dispositivos, como computadoras, dispositivos móviles y otros equipos pueden interactuar con Internet. Permite que estos dispositivos, entre tantos otros, intercambien información entre sí y establezcan, de esta manera, una red.

Por último, las redes inalámbricas de área metropolitana, permite a los usuarios establecer conexiones inalámbricas entre varias ubicaciones dentro de un área específica, es decir, entre varios edificios de oficinas de una ciudad o en un campus universitario, evitando el coste de instalación de cables de cobre o fibra y el alquiler de las líneas. (Salazar, 2016)

WiMAX (World Interoperability for Microwave Access) es una tecnología que incorpora mayor alcance que WiFi (hasta 50 Km), mejor robustez frente a las interferencias y tasas de transmisión similares. Sus aplicaciones se basan en el establecimiento de conectividad en una región extensa como puede ser una ciudad. (Santos, 2015)

Para resumir, las redes inalámbricas de área amplia se extienden más allá de los 50 kilómetros y suelen utilizar frecuencias con licencia. Este tipo de redes se pueden mantener en grandes áreas, a través de los múltiples sistemas de satélites o ubicaciones con antena, atendidos por un proveedor de servicios de internet. Existen principalmente dos tecnologías disponibles: la telefonía móvil y los satélites

2.4.1. Red de telefonía móvil

Como señala (Martil, 2017), las redes móviles han experimentado grandes cambios debido a dos factores importantes, el crecimiento en las prestaciones de los circuitos integrados que incorporan los teléfonos móviles, y el avance de los protocolos de comunicación ya que son necesarios para permitir la conexión entre terminales, los cuales pueden estar separados por miles de kilómetros.

El área de cobertura de las redes móviles se lo divide en celdas o células, en cada una de ellas se incorpora una o varias antenas repetidoras, cada celda cubre distancias de hasta 200km. Estas celdas son de forma hexagonal ya que le permite cubrir una máxima región geográfica con el menor número de celdas y sin dejar áreas sin cobertura. Este diseño también permite que en todo el territorio las antenas se encuentren a la misma distancia, para evitar problemas con la recepción de la señal. Cada celda usa un conjunto de frecuencias de radio para ayudar a la comunicación en cada área específica. El alcance de dichas frecuencias se limita a la celda donde presta el servicio con el objetivo de evitar problemas de interferencia, si bien es cierto se puede

usar una misma frecuencia de forma simultánea en celdas cercanas, pero no continuas. (Martil, 2017)

Por otra parte, la red móvil inalámbrica ha tenido una gran evolución, la G representa la generación inalámbrica móvil, e indica que se ha dado un cambio en el sistema, así como en la velocidad, tecnología y la frecuencia con la que cada generación trabaja. A continuación, se tiene un resumen de cada una de las generaciones con sus estándares, capacidades técnicas y características que distinguen a cada una.

Las diferentes generaciones de telefonía móvil se han desarrollado desde principios de 1980. La primera generación, 1G, era analógica y fue diseñada exclusivamente para las llamadas de voz, con una velocidad de hasta 2,4 kbps. Para el acceso de múltiples usuarios se empleó FDMA (Acceso múltiple por división de frecuencia). Los principales sistemas implementados en la primera generación fueron: TACS (Sistema de comunicación de Acceso Total) para Europa, NMT (Telefonía Móvil Nórdica) en los países nórdicos y AMPS (Servicio Avanzado de telefonía móvil) en América del Norte. (Balapuwaduge, 2018).

A juicio de (Jimenez, 2017), la segunda generación, 2G, se basó en introducir protocolos de telefonía digital para permitir enlaces simultáneos en un mismo ancho de banda, integrando el servicio de mensajes de texto cortos (SMS, Short Message Service). Entre los protocolos que se establecieron está: GSM (Sistema global para las comunicaciones móviles), este es un sistema digital y soporta servicio de voz, mensajes de texto, roaming y datos con velocidad de hasta 9.6kbps. Así mismo, ante la necesidad de los usuarios, esta tecnología necesito evolucionar desarrollando así la generación 2.5 la cual mejoro las prestaciones de GSM, logrando una tasa de datos mayor, así nació GPRS (General Packet Radio Service) y EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) también conocida como 2.75 G.

La tercera generación 3G aparece en la década del 2000, trabaja con tecnología. UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) usando CDMA de banda ancha (W-CDMA). Este sistema provee transferencia de información de hasta 2Mbps. Sin embargo, existieron mejoras posteriores que han permitido superar la velocidad de datos, estas son:

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) o 3.5G permite el aumento de velocidad de descarga, entre 7.2 Mbps y 14.4 Mbps. HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) o 3.75G, tiene altas tasas de transferencia de subida de hasta 7.2 Mbit/s HSPA+ (HSPA Evolucionado) o 3.8G, alcanza velocidades de hasta 42 Mbps de bajada y 11.5Mbps de subida.

En la cuarta generación 4G, las tecnologías móviles se basan totalmente en IP. 4G se trata de una colección de protocolos que permitan el máximo rendimiento y por lo tanto se considera un sistema de sistemas, y una red de redes. (Inga, 2016)

Por último, la quinta generación 5G permite la conectividad ultrarrápida y con muy baja latencia a miles de millones de dispositivos, Internet de las cosas (IoT) y un mundo totalmente conectado con una velocidad de hasta 10Gbps. (Salazar, 2016)

2.4.1.1. LTE

Evolución a largo Plazo (LTE) es la cuarta generación 4G en la telefonía móvil, fue creada por el organismo 3GPP, y se desplegó a finales del año 2009. Este sistema tuvo inicio con la evolución de UMTS, la razón por la cual la organización 3GPP trabajo con LTE fue por el incremento masivo del uso de datos móviles por parte del usuario. El objetivo principal de 4G es proporcionar tecnología RAT (Tecnologías de acceso por radio), basadas en el Acceso Múltiple por Division de Frecuencia (OFDMA), la cual es mejorada gracias a MIMO que se trata de tecnología de antena múltiple, de múltiples entradas y múltiples salidas. (Balapuwaduge, 2018)

LTE son redes que se basan en el protocolo de internet IP, soportan un ancho de banda de hasta 40MHz, con eficiencia espectral de hasta 15bps/Hz, dando como resultado un alto rendimiento de la celda en general. Se recalca que la tasa de datos máxima es de 1Gbps o mas según el caso de estudio.

Citando a (Chenche, 2016), LTE funciona con una arquitectura simplificada la cual se basa en dos protocolos: el protocolo de control de transmisión (TCP), el cual se encarga de entregar los datos, y el protocolo IP que es el que provee de direcciones a los equipos que se conectan a la red. La infraestructura de la cuarta generación está dividida en tres secciones: El equipo de usuario (EU), la red de acceso terrestre (E-UTRAN), la cual es la evolución de UMTS, y la red núcleo conocida como Núcleo de datos evolucionado o El Evolved Packet Core (EPC).

Para empezar, el Equipo de usuario (EU), es el dispositivo móvil y se encarga de las funciones de comunicación con la red de acceso E-UTRAN, la cual se encarga de las comunicaciones de radio entre el equipo de usuario y el núcleo. Los encargados del manejo de dichas comunicaciones son los Nodos B (eNB), lo realizan mediante mensajes de señalización a todos los móviles que se encuentran sintonizados a este. . (Jaramillo, 2015)

Finalmente, el Envolved Packet Core (EPC), se compone de tres entidades: el Mobility Management Entity (MME), el Serving Gateway (S-GW) y el Packet data network Gateway (P-GW). El elemento de red MME administra el plano de control de la red, mientras que el S-GW y el P-GW trabajan con el plano de usuario o información. En la figura 10 se observa los componentes de la red del núcleo de LTE. (Sanchez, 2016)

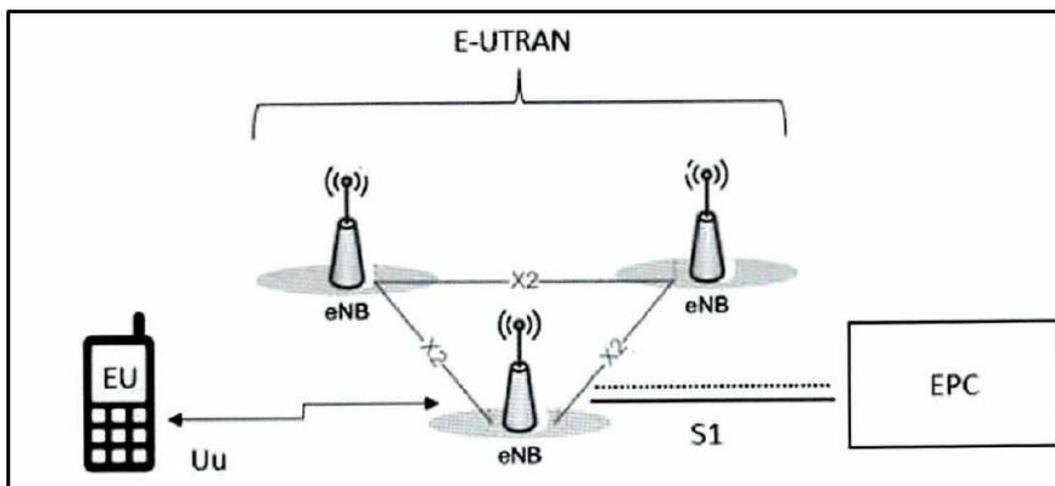


Figura 10. Arquitectura básica de LTE

Fuente: (Chenche, 2016)

Por lo cual, en los componentes de la arquitectura del núcleo de red tenemos a el Servidor base del suscriptor (HSS), este servidor es una base de datos la cual contiene la información de los usuarios de la operadora celular. También encontramos las Puertas de enlaces de datos (P-GW) y pasarela (S-GW), estos componentes son la conexión con el exterior para el uso de la red de datos IP. Por último, la Entidad de Gestión Móvil (MME), es de suma importancia ya que, mediante mensajes de señalización al UE, se ocupa del control y seguridad a la red de acceso E-UTRAN. (Chenche, 2016)

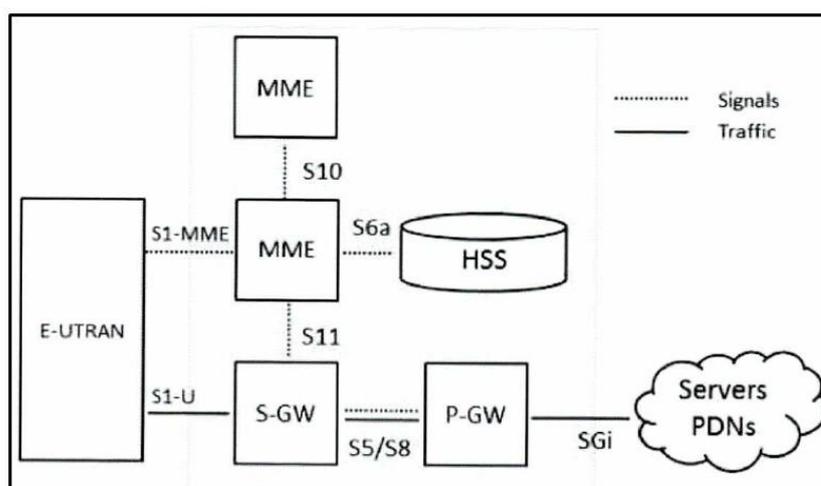


Figura 11. Red de núcleo de LTE

Fuente: (Chenche, 2016)

LTE es un estándar de comunicación 4G diseñado para ser 10 veces más rápido que el estándar 3G. Esta tecnología proporciona comunicación basada en IP de voz y multimedia y streaming a una velocidad de entre 100 Mbit por segundo y 1 Gbit por segundo. LTE tiene un algoritmo que puede enviar grandes cantidades de datos vía IP. Este enfoque agiliza el tráfico y reduce la latencia.

El desarrollo de sistemas inteligentes con redes inalámbricas incluye dentro de una de sus etapas de diseño parámetros como la clase de estándar que se va a aplicar , los equipos y herramientas de software acordes al sistema , todo esto en concordancia al protocolo y su implementación en el hardware del sistema final , por lo que se debe conocer los elementos de almacenamiento ,configuración y adquisición que se usan un sistema de red inalámbrica para su respectiva aplicación al sistema final de medición.

2.5. Herramientas de desarrollo de Software

En esta sección se detalla las principales herramientas de programación involucradas en las distintas etapas de proceso de desarrollo del sistema Además se presenta herramientas disponibles para cada etapa en el proceso de desarrollo de software como aplicaciones web y sistema de base de datos.

Para (Almagro, 2011), un lenguaje de programación es un convenio entre personas que puede definirse como el conjunto de reglas o normas que permiten asociar a cada programa correcto, un cálculo que será llevado a cabo por un ordenador.

En términos generales, un lenguaje de programación es una herramienta que permite desarrollar software o programas para computadora. Los lenguajes de programación son empleados para diseñar e implementar programas encargados de definir y administrar el comportamiento de los dispositivos físicos y lógicos de una computadora. Lo anterior se logra mediante la creación e implementación de algoritmos

de precisión que se utilizan como una forma de comunicación humana con la computadora. (UNAM, 2017)

Python es un lenguaje de programación interpretado, es decir que el código que está siendo escrito, lo traduce y lo ejecuta a la vez con el fin de hacer hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible. Este lenguaje de programación, es usado en big data, ai (inteligencia artificial), data science, frameworks de pruebas y desarrollo web, esto lo convierte en un lenguaje de propósito general de gran nivel debido a su extensa biblioteca, cuya colección ofrece una amplia gama de instalaciones. (Machuca, 2021)

Como dice (Machuca, 2021), el lenguaje Python se caracteriza por ser simple, rápido y tener una curva de aprendizaje amigable y corta. Está desarrollado bajo una licencia de código abierto, por lo que es de libre uso y distribución. Los distintos IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) que posee este código como soporte de escritura hacen que mejore la productividad y mejoran la experiencia del programador para el desarrollo de proyectos específicos. En la figura 12 se aprecia el entorno de desarrollo integrado SPYDER.

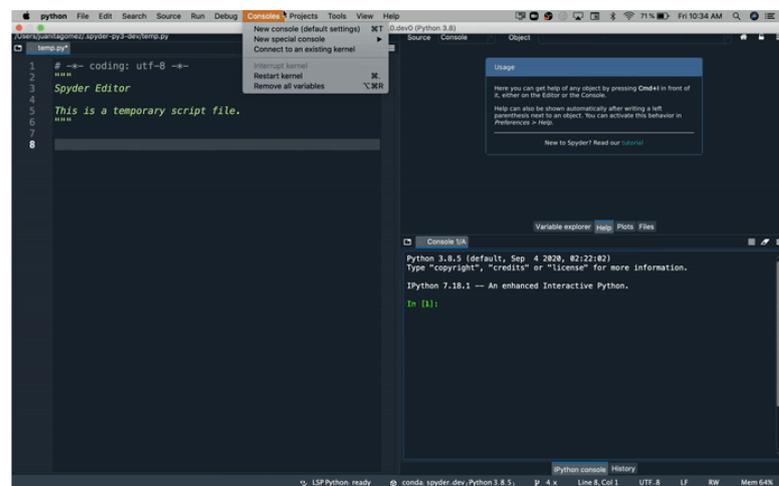


Figura 12. Entorno de Desarrollo Integrado SPYDER

Fuente: (SPYDER, 2021)

Otro tema importante a topar en el desarrollo del software es la base de datos que se refiere al conjunto de datos almacenados en memoria externa que están organizados mediante una estructura de datos. Cada base de datos ha sido diseñada para satisfacer los requisitos de información de una empresa u otro tipo de organización, como, por ejemplo, una universidad o un hospital. (Marques, 2011)

En concreto, la adquisición de datos es una de las funciones principales del sistema, se realiza mediante de la sonda óptica infrarroja, por medio de la cual se detectará las variables de interés del contador para su posterior análisis y visualización. En la Figura 13 se muestra los elementos usados para obtener los datos.

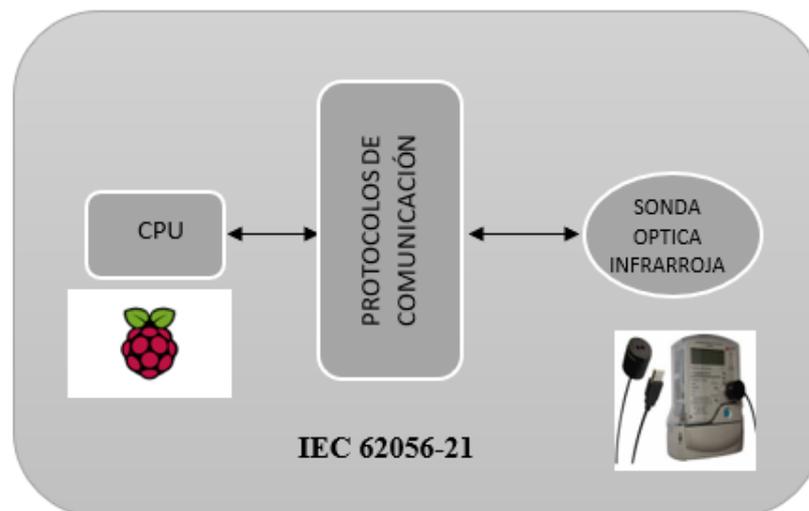


Figura 13. Elementos que integran la adquisición de datos.

Fuente: Autoría

Por último, para la visualización final de los datos es necesario un servidor Web, el cual almacena archivos de un sitio donde la información es visualizada por un usuario a través de la Internet, es decir servidores que envían y reciben información y cuando el usuario navega por internet se comunica con el servidor enviando y recibiendo datos que se visualizan en la pantalla. Es por ello, que los servidores Web según lo que solicite

el usuario, transmiten y almacenan datos de un servidor a otro a través del Internet.
(Duplika, 2021)

2.6. Seguridad Web

Con el fin de proporcionar protección y establecer una comunicación segura para el intercambio de datos entre navegadores web y servidores de la página web creada, es necesario aplicar técnicas de codificación o cifrado de estos datos, para lo cual se plantea el uso del protocolo SSL/TLS sobre HTTP.

2.6.1. SSL/TLS

SSL/TLS (Secure Sockets Layer) es un protocolo que se ubica entre la capa de aplicación y a capa de transporte teniendo como finalidad establecer una prueba de identidad de una página web. Para crear un tipo de conexión segura hacia Internet esto se hace posible mediante certificados SSL, dichos certificados autentican la identidad de la organización de donde se obtienen estos certificados y activan el protocolo HTTPS para que los datos puedan transmitirse de forma segura desde el servidor web a cualquier navegador web como se muestra en la figura 14.



Figura 14. Función de SSL sobre HTTP

Fuente: <https://www.acens.com/comunicacion/white-papers/certificados-seguridad-ssl/>

Para (Lad, A., & Dwivedi, P.) existen tres aspectos principales de SSL/TLS los cuales brindan seguridad en la red confidencialidad, la integridad y la autenticación, y estos son los pilares de cualquier comunicación segura.

Confidencialidad: Nadie, excepto el remitente y el receptor, debería poder descifrar los mensajes. **Integridad:** Si alguien que no sea el remitente intenta cambiar el contenido del mensaje, el receptor debería poder detectarlo. **Autenticación:** El remitente y el receptor (si es necesario) deben poder autenticarse correctamente entre sí.

Según lo expuesto el protocolo SSL/TLS aplicado sobre HTTP influirá de manera positiva proporcionando un nivel de seguridad más óptimo al sitio web, ya que sin estos certificados la navegación no autenticada es totalmente legible y sin cifrado ocasionando fácilmente la interceptación de los datos enviados de nuestro sistema de medición por medio del servidor hacia el navegador web.

Por último, para la visualización final de los datos es necesario un servidor Web, el cual almacena archivos de un sitio donde la información es visualizada por un usuario a través de la Internet, es decir servidores que envían y reciben información y cuando el usuario navega por internet se comunica con el servidor enviando y recibiendo datos que se visualizan en la pantalla. Es por ello, que los servidores Web según lo que solicite el usuario, transmiten y almacenan datos de un servidor a otro a través del Internet. (Duplika, 2021)

3. CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA

En el presente capítulo se realiza el análisis de los requerimientos necesarios para el diseño y alcance, así como: adquisición de datos, comunicación inalámbrica, e interfaz web.

3.1. Descripción General del Sistema

En este apartado se da a conocer dos aspectos importantes y sobresalientes para la realización del sistema que son: el alcance y las limitaciones para cumplir con las expectativas del proyecto.

3.1.1. Alcance del sistema

El sistema permite automatizar el proceso de medición y toma de lectura del consumo de energía de medidores domiciliarios, optimizando y contribuyendo a la empresa a disminuir la estimación de toma de lecturas de consumo en la ciudad de El Ángel y en consecuencia mejorando la calidad del servicio que se brinda al usuario, además, mediante la implementación de una plataforma con una interfaz web se verificará las estadísticas periódicas del consumo eléctrico del domicilio.

Dentro de las limitaciones, la fuente eléctrica del prototipo depende de la red pública ya que el sistema no tiene autonomía propia de energía. La señal 4G del módulo dependerá del sector donde se encuentre ubicado el prototipo de medición. Finalmente, la velocidad de información obtenida y almacenada en el servidor de la base de datos dependerá de la conexión a internet.

3.2. Situación actual

3.2.1. Empresa de distribución Eléctrica Regional Del Norte (EMELNORTE)

En la ciudad de El Ángel, la empresa de distribución que tiene concesión para brindar los servicios de energía eléctrica es, la Empresa Eléctrica Regional del Norte

(EMELNORTE), es por ello que se describe y se detalla más adelante el estado actual en lo que respecta al sistema o proceso de toma de lecturas de consumo eléctrico.

3.2.2. Empresa Eléctrica Regional Del Norte (EMELNORTE)

La Empresa Eléctrica Regional Norte, es una de las 19 empresas eléctricas nacionales, cuya misión fundamental consiste en la distribución y comercialización de energía eléctrica, en un mercado cautivo, conformado por consumidores industriales, comerciales y residenciales, asentados en las áreas urbanas y rurales de las provincias de Imbabura y Carchi, así como en los cantones de Cayambe y Pedro Moncayo de la provincia de Pichincha. En la figura 15 se observa el mapa de las provincias a las cuales pertenece EMELNORTE.



Figura 15. Área de concesión de EMELNORTE

Fuente: (EMELNORTE.2016)

La ARCONEL, en conformidad a las atribuciones otorgadas en la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, es la entidad responsable de controlar, de manera eficiente y eficaz, los servicios públicos de distribución y comercialización de energía eléctrica, en los ámbitos de la expansión y operación, precautelando la prestación de dichos servicios con alta calidad, confiabilidad y seguridad, en beneficio de los consumidores o usuarios finales. (ARCONEL, 2021)

En el apartado del subsistema de distribución en el plan maestro de electrificación para el periodo 2018-2027, se detalla como principal objetivo el establecer proyectos para la expansión y la mejora de dicho subsistema para asegurar la calidad y confiabilidad del servicio eléctrico. Se menciona que se debe continuar con la modernización del modelo de la gestión y los sistemas de información, así como también, con la automatización de la distribución, para lograr incrementar el nivel de satisfacción del cliente, ampliando los canales de comunicación entre las empresas eléctricas y sus clientes, utilizando tecnología de punta. Otro objetivo es erradicar la pérdida de energía, implementando sistemas de medición inteligente a nivel de red de distribución, centros de transformación y usuario.

3.2.3. Toma de lecturas

Para el caso de consumidores pospago, la empresa distribuidora tiene la obligación de tomar lecturas de los parámetros de consumo facturables. Las mediciones serán mensuales, y corresponderán a periodos de lectura mayor o igual a veintiocho (28) días y menor o igual a treinta y tres (33) días, procurando emitir como máximo doce (12) facturas al año.

Teniendo en cuenta a (ARCONEL, 2019), la distribuidora, de forma excepcional, podrá determinar un consumo estimado de energía de los consumidores, la misma deberá realizar lecturas directas al menos una vez cada tres (3) meses, en los siguientes casos:

- Consumidores rurales que no dispongan de sistemas de medición.
- Cuando el sistema de medición resulte manipulado, dañado o perdido.
- Por imposibilidad física para acceder al sistema de medición.

- Cuando el consumidor considere que la facturación es excesiva, y haya realizado el procedimiento indicado en el numeral sobre facturación excesiva de la presente regulación.
- A consumidores rurales que cuenten con sistema de medición y que por su ubicación geográfica la distribuidora sustente, ante ARCONEL, que económicamente no es viable la toma de lecturas directas de forma mensual.

3.3. Metodología del diseño

Para la presente investigación se utilizará la metodología “Modelo en V” o Modelo de Cuatro Niveles, el cual describe las actividades y los resultados que se producen durante el desarrollo del software. Este método está representado por la letra V, la cual significa Verificación y Validación. El lado izquierdo de la V representa la descomposición de las necesidades, y la creación de las especificaciones del sistema. El lado derecho de la V representa la integración de las piezas y su verificación. En la figura 16 se observa el ciclo de vida de este modelo el cual cuenta con cuatro niveles, los cuales se van a describir a continuación. (Herrera, 2018)

- Nivel 1 está orientado al “cliente”. Se compone del análisis de requerimientos y especificaciones.
- Nivel 2 se dedica a las características funcionales del sistema propuesto.
- Nivel 3 define los componentes hardware y software del sistema final, a cuyo conjunto se denomina arquitectura del sistema.
- Nivel 4 es la fase de implementación, en la que se desarrollan los elementos unitarios o módulos del programa.

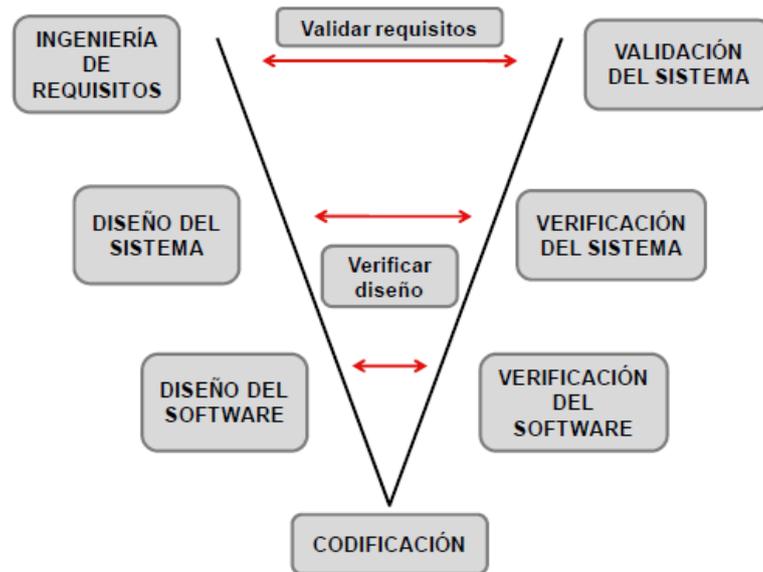


Figura 16. Niveles del modelo en V

Fuente: (Herrera, 2018)

3.4. Requerimientos

Para el análisis de los requerimientos del sistema se tiene como apoyo el estándar ISO/IEC/IEEE 29148:2018, el cual especifica los procesos que se requirieren implementar en las actividades del diseño de sistemas y productos de software a lo largo del ciclo de vida, el estándar proporcionará pautas a seguir para definir cada función que necesita el proyecto y dará a conocer las posibles restricciones del mismo.

En las siguientes tablas se muestra el diseño que se ha considerado, así como también el estudio referente a el estándar ISO/IEC/IEEE 29148:2018, el cual tiene los requerimientos claves del sistema, estos son los requerimientos de arquitectura y de stakeholders. El propósito es indicar la información de una manera clara y concisa, ya que esta permitirá seleccionar el hardware, software y demás requerimientos específicos del sistema. En la tabla 6 se da a conocer las abreviaturas empleadas para referirse a cada uno de los requerimientos.

Tabla 6. Acrónimos y descripción de abreviaturas para stakeholders

| Acrónimos y abreviados | Descripción |
|-------------------------------|--------------------------------|
| RRec | Requerimientos de Recursos |
| RSiS | Requerimientos del Sistema |
| RSaS | Requerimientos de Arquitectura |

Fuente: Autoría

En desarrollo de las tablas propuestas se establece una columna para detallar la prioridad que tiene cada requerimiento la cual se subdivide en tres índices de medición: Alta, Media y Baja. En la tabla 7 se muestra la descripción de cada una de estas prioridades.

Tabla 7. Descripción de las prioridades de cada requerimiento

| Prioridad | Descripción |
|------------------|---|
| Alta | Es un requerimiento muy importante y crítico que obligatoriamente debe encontrarse dentro del sistema, ya que si no se lo implementa afectara la funcionalidad de este. |
| Media | Al no incluir este requerimiento puede afectar la decisión final del sistema, sin embargo, este se lo puede omitir en condiciones de fuerza mayor. |
| Baja | La implementación o no de este requerimiento no posee un impacto significativo en la decisión final del sistema. |

Fuente: Autoría

3.4.1. Recursos Humanos

Los recursos humanos son un individuo o grupo de individuos los cuales se encuentran implicados directa o indirectamente en el desarrollo del sistema. La tabla 8

evidencia los stakeholders establecidos quienes se verán envueltos dentro de distintas etapas del proceso.

Tabla 8. Stakeholders.

| USUARIOS | FUNCIÓN |
|-----------------------|---|
| Emelnorte | Entidad de respaldo. |
| PhD. Marcelo Zambrano | Director del presente trabajo de titulación |
| MsC. Daniel Jaramillo | Asesor del presente trabajo de titulación |
| Srta. Nataly Obando | Desarrollador del proyecto de titulación |

Fuente: Autoría

3.4.2. Requerimientos de Recursos

Los requerimientos de recursos hacen referencia a todos los parámetros donde se establecen características específicas y se obtiene información de las necesidades de los usuarios y las partes involucradas, en la tabla 9 se puede evidenciar estos requerimientos.

Tabla 9. Requerimiento de recursos

3.4.3.

| RRec REQUERIMIENTOS DE RECURSOS | | | | |
|--|--|-----------|------|---------------|
| # | REQUERIMIENTO | PRIORIDAD | | RELACION |
| | | ALTA | BAJA | |
| REQUERIMIENTOS DE USUARIO | | | | |
| RRec 1 | El sistema de adquisición de datos (módulo raspberry + interfaz óptica) debe ubicarse cerca del contador de energía. | X | | |
| RRec 2 | La información que se muestra en la interfaz web debe ser clara y concisa para el usuario. | X | | |
| RRec 3 | El sistema deberá tener un indicador en el que el usuario compruebe que se encuentra operativo | X | | |
| REQUERIMIENTOS OPERACIONALES | | | | |
| RRec 4 | El sistema necesita una Fuente de alimentación de energía de 5V a 4A para un funcionamiento optimo | | X | |
| RRec 5 | Es necesario una página Web que evidencie la adquisición de datos. | X | | RRec 2 |
| RRec 6 | El sistema debe mantenerse activo las 24 horas del día | X | | |
| RRec 7 | Se requiere transmitir datos hacia el servidor por lo cual el dispositivo debe estar conectado a Internet. | X | | |

Fuente: Autoría

3.4.4. **Requerimientos del Sistema**

Los requerimientos del sistema permiten especificar todas las funcionalidades que debe cumplir el sistema de medición, además de aspectos técnicos que debe cumplir

el hardware, los detalles a tomar en cuenta son: rendimiento, estructura, estados y requerimientos físicos. En la tabla 10 se describen los requerimientos del sistema.

Tabla 10. Requerimientos del sistema

| RSiS | | | | | |
|--------------------------------------|---|-----------|-------|------|---------------|
| REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA | | | | | |
| # | REQUERIMIENTO | PRIORIDAD | | | RELACION |
| | | ALTA | MEDIA | BAJA | |
| REQUERIMIENTOS DE USO | | | | | |
| RSiS 1 | La interfaz óptica IEC 62056 debe estar instalado de forma adecuada en el contador de medición eléctrico | X | | | |
| RSiS 2 | Debe existir cobertura de señal de la red LTE 4G en la zona para la transmisión de los datos al servidor | X | | | |
| RSiS 3 | La placa de desarrollo debe permitir, conexión de módulos inalámbricos | X | | | |
| RSiS 4 | La fuente de alimentación de conexión del módulo CPU debe ser, de 3 a 5 voltios (V) y de 3500 a 4000 mili amperios (mA) | X | | | |
| RSiS 5 | Los datos recolectados por el sistema de medición deben ser presentados en una página Web. | X | | | RRec 5 |
| REQUERIMIENTOS DE RENDIMIENTO | | | | | |
| RSiS 6 | La lectura de los datos se realiza a través de señales de luz infrarroja | X | | | |
| RSiS7 | Envío y recepción de datos por medio del | X | | | |

| | | | |
|----------------|--|---|---|
| | módulo conexión inalámbrico | | |
| RSiS 8 | El modulo SIM de la placa de conexión inalámbrica debe ser compatible con las operadoras que trabajan en el país | X | |
| RSiS 9 | El procesador de la placa de adquisición de datos debe ser aceptable para el correcto funcionamiento del sistema | | |
| RSiS 10 | El sistema de almacenamiento por Micro SD debe tener 32gb de espacio como mínimo | | X |

**REQUERIMIENTOS
DE
MODOS/ESTADOS**

| | | | |
|----------------|--|---|---------------|
| RSiS 11 | El envío de datos hacia el servidor se realizará en los tiempos previamente establecidos | X | |
| RSiS12 | El sistema debe permanecer en modo activo de forma continua | X | RRec 6 |

**REQUERIMIENTOS
FISICOS**

| | | | |
|----------------|---|---|---------------|
| RSiS 13 | El sistema debe ser implementado junto al contador de energía para validar la medición. | X | RRec 1 |
|----------------|---|---|---------------|

Fuente: Autoría

3.4.5. Requerimientos de Arquitectura

En este apartado se define los requerimientos de arquitectura, los cuales contribuyen específicamente al desarrollo tanto del software como del hardware de los elementos electrónicos en el sistema de medición y estos pueden identificarse en la tabla 11.

Tabla 11. Requerimientos de arquitectura

| RSaS | | | | |
|---------------------------------------|--|-----------|-------|------|
| REQUERIMIENTOS DE ARQUITECTURA | | | | |
| # | REQUERIMIENTO | PRIORIDAD | | |
| | | ALTA | MEDIA | BAJA |
| REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE | | | | |
| RSaS 1 | El sistema solicita de una base de datos compatible con el módulo de procesamiento y con posibilidad de almacenamiento en la nube. | X | | |
| RSaS 2 | Software de adquisición de datos debe poseer las librerías compatibles con la interfaz óptica | X | | |
| RSaS 3 | Para la comprobación de funcionamiento del módulo inalámbrico se debe usar un software compatible con comandos AT | X | | |
| RSaS 4 | La placa de desarrollo deberá utilizar software libre. | X | | |
| RSaS 5 | Software de desarrollo para la aplicación web debe ser open source | X | | |

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| RSaS 6 | El software de desarrollo para la aplicación web debe permitir laborar con Bases de Datos, Servidores FTP, servidores MQTT etc. | X |
| RSaS 7 | Se precisa de un software que contenga las librerías que permitan programar la placa de procesamiento | |
| REQUERIMIENTOS DE HARDWARE | | |
| RSaS 8 | El sistema debe ser de fácil implementación en el contador de medición eléctrica | X |
| RSaS9 | La interfaz óptica de adquisición de datos debe ser compatible con la placa de desarrollo programable | X |
| RSaS 10 | El módulo de comunicación inalámbrica debe ser compatible con la placa de procesamiento | X |
| RSaS 11 | La placa de procesamiento debe contar con puertos de entrada USB para su conexión con la interfaz óptica | X |
| RSaS 12 | Las dimensiones del cabezal óptico deben estar diseñadas de acuerdo a la norma IEC 62056-21 | |
| RSaS 13 | La fuente de energía del sistema debe alimentar la interfaz de adquisición de datos, placa programable, y el módulo inalámbrico | X |

3.5. Selección del Hardware y Software

La selección tanto del Hardware como del Software para el sistema de medición se lo establece tomando como referencia los requerimientos imprescindibles del sistema y de arquitectura analizados anteriormente, bajo esa premisa se garantizará la funcionalidad del sistema a implementarse.

3.5.1. Selección del Hardware

La elección del Hardware se realiza en función de los requerimientos de arquitectura establecidos en la tabla 10, de manera específica se seleccionará la placa de procesamiento, el módulo de comunicación inalámbrica, y la interfaz óptica infrarroja.

3.5.1.1. Elección de placa de procesamiento

Para la elección de la placa de procesamiento se debe tomar en cuenta el cumplimiento de los requerimientos de compatibilidad con el módulo inalámbrico escogido, y con la conexión a la interfaz óptica vía USB. Además, la elección de esta placa dependerá su capacidad de procesamiento para transformar la información a valores comprensibles para el usuario. La tabla 12 contiene las comparativa de las diferentes placas de procesamiento en base a los requerimientos establecidos con anterioridad.

Tabla 12. Placas de procesamiento

| Placa de Procesamiento | Requerimientos | | | | | Valoración |
|---------------------------|----------------|--------|---------|--------|--------|------------|
| | RSaS 11 | RSaS 9 | RSaS 10 | RSiS 9 | RSiS 3 | |
| Raspberry pi 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Arduino Uno | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |

| | | | | | | |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Seeeduino XIAO | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| <i>Cumple=1 No cumple = 0</i> | | | | | | |

Se ha seleccionado la placa de procesamiento Raspberry Pi 4 la cual se adapta a los requerimientos establecidos que debe presentar el sistema de medición, su compatibilidad de interfaces de salida e interfaces de almacenamiento las cuales están implementadas dentro de la misma placa la convierten en la opción ideal para su aplicación. Además, su capacidad de procesamiento mejora la rapidez de envío y tratamiento de datos.

3.5.1.1.1. Raspberry PI

Raspberry PI, es una fundación la cual desde su aparición en el año 2012 en Reino Unido tiene como objetivo dar accesibilidad informática o computacional a todas las personas alrededor del mundo. Todo esto es posible por medio de la creación de un ordenador de bajo coste y de tamaño reducido que logre ser accesible a todas las personas, por lo general este dispositivo es usado para el aprendizaje de programación e investigación ya que su placa contiene distintos puertos y pines de comunicación permitiendo el uso de lenguajes de programación como Java, Python o C ++. (Raspberry pi , 2021)

RASPBERRY PI 4 Modelo B

Como plantea (Raspberry pi , 2021), la placa Raspberry Pi 4 Modelo B es la cuarta generación de raspberry modelo B en la cual destaca su velocidad y rendimiento con respecto a sus placas antecesoras. Entre sus mayores cambios es la incorporación de un nuevo procesador de cuatro núcleos, además del cambio de puertos a microHDMI y la inclusión de USB 3.0. La figura 17 visualiza la placa de procesamiento Raspberry Pi 4, modelo B, y la tabla 13 indica las especificaciones técnicas de la misma.

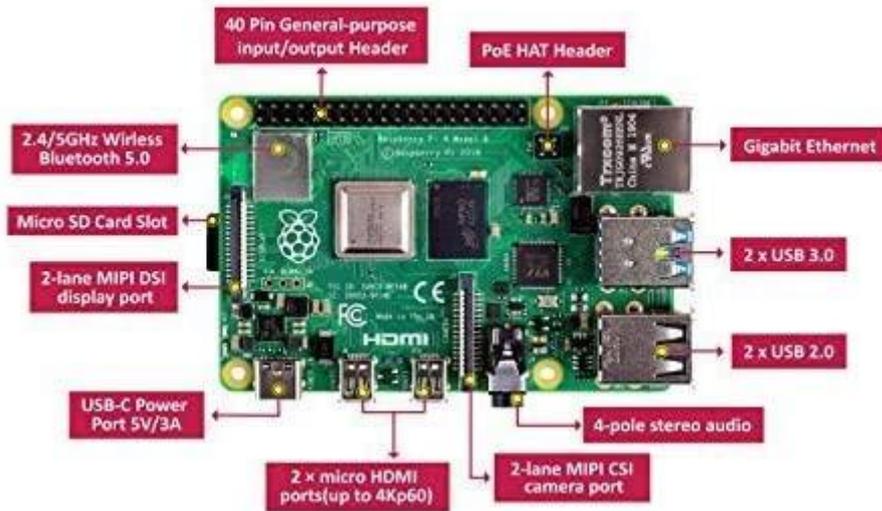


Figura 17. Raspberry Pi 4B

Fuente: (Amazon, 2021)

Tabla 13. Especificaciones técnicas del Raspberry Pi 4 modelo B

| RASPBERRY PI 4 MODELO B | |
|---------------------------------|--|
| ESPECIFICACIONES | DESCRIPCION |
| SOCKET | Broadcom BCM2711 |
| CPU | Quad-Core Cortex-A72 |
| GPU | Broadcom Video Core VI, OpenGL ES 3.0, 1080p30 H.264/MPEG-4 AVC, 4kp60 H.265 |
| RAM | 2 GB (compartidos con GPU) |
| USB | 2 PUERTOS USB 3.0 2 PUERTOS USB 2.0 |
| VIDEO | 2 Puertos Micro HDMI (soporta hasta 4KP60) |
| AUDIO | Jack de 3.5 mm, 2 puertos microHDMI |
| MEMORIA | tarjeta micro-SD |
| PUERTO ETHERNET | Gigabit Ethernet |
| COMUNICACIÓN INALÁMBRICA | 2.4 GHz y 5.0 GHz IEEE 802.11ac inalámbrica, Bluetooth 5.0, BLE |

CONSUMO

5V/3A entrada USB Tipo C

*Fuente: (RASPBERRY PI, ORG, 2021)***3.5.1.2. Módulo de Comunicación Inalámbrica**

La comunicación del sistema es primordial ya que permite transmitir los datos hacia un servidor de base de datos, además de la tecnología que mejor se adapte a la realidad de la zona y la cobertura que tenga. La tabla 14 muestra la comparativa de requerimiento cumplidos de los módulos 4G LTE.

Tabla 14. Comparativa de módulos 4G

| Módulo de Comunicación | Requerimientos | | | Valoración |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | RSiS 8 | RSaS 10 | RSaS 3 | |
| BJ-EPower Cubie 4G LTE USB | 0 | 1 | 1 | 2 |
| SIM7100A 4G LTE | 0 | 1 | 1 | 2 |
| SIM7600SA-H 4G LTE | 1 | 1 | 1 | 3 |

Cumple=1 No cumple = 0

De acuerdo a los requerimientos, el módulo de comunicación SIM7600SA-H 4G LTE cumple con todo lo establecido, para así poder establecer la comunicación del sistema de forma adecuada, como principal característica es su compatibilidad de módulo SIM con las operadoras del país, cabe recalcar que este módulo es considerado Shield o sombrero y es compatible con la placa de adquisición Raspberry escogida anteriormente.

3.5.1.2.1. MODULO SIM7600SA-H 4G

El SIM7600A 4G HAT es un módulo de posicionamiento GNSS y comunicación 4G, que admite LTE CAT4 hasta 150 Mbps para transferencia de datos de enlace descendente. Tiene un consumo de energía bastante bajo y se puede conectar a una Raspberry Pi para potenciar la conectividad para aplicaciones de IoT, en la figura 18 se puede observar el módulo SIM7600SA-H 4G.



Figura 18. Módulo SIM7600SA-H 4G

Fuente: (WAVESHARE, 2021)

También se puede conectar este módulo 4G con una computadora para navegar por Internet, además de funcionalidad para enviar SMS, posicionamiento global y conexiones a Internet de alta velocidad a través de 4G. (AN AVNET COMMUNITY, 2020). Se muestra la especificación de uso de banda de comunicaciones de este módulo en la tabla 15

Tabla 15. Especificaciones de banda del módulo SIM7600A-H

| MODULO SIM7600SA-H | | | | |
|-------------------------------------|---|-------------|---|--|
| BANDA | DESCRIPCION | GENERACION | PODER DE EMISION | VELOCIDAD DE TX |
| LTE | LTE-FDD B1 / B3 / B5 / B7 / B8 / B20 LTE-TDD B38 / B40 / B41 | 4G | 0,25 W | Enlace ascendente LTE CAT 4≤50 Mbps Enlace descendente≤15 0 Mbps |
| WCDMA / TD-SCDMA / CDMA 2000 | UMTS / HSPA + B1 / B5 / B8 | 3G | 0,25 W | UMTS Uplink≤384Kbps Downlink≤384Kbps |
| GSM / GPRS | GSM / GPRS / EDGE 850/900/1800/ 1900 MHz | 2G/2. 5G | 0.5W EGSM900(2. .5G) 0.4W DCS1800(2. 5G) 2 W a GSM900 (2G) 1W a DCS1800 (2G) | EDGE Uplink≤236.8kbps Downlink≤236.8kbps GPRS Uplink≤85.6kbps Downlink≤85.6kbps |

Fuente: (WAVESHARE, 2021)

3.5.1.3. Interfaz óptica Infrarroja

La interfaz óptica es el principal elemento del sistema de medición ya que por medio de este se logrará obtener una conexión directa entre el contador y la placa de procesamiento para su adquisición de datos y posterior procesamiento de los mismos. En la tabla 16 se muestra una comparativa entre distintas interfaces ópticas con relación a los requerimientos planteados

Tabla 16. Comparativa de interfaz óptica

| Interfaz óptica infrarroja | Requerimientos | | | Valoración |
|-------------------------------|----------------|-----------|------------|------------|
| | RSiS 6 | RSaS 9 | RSaS 12 | |
| RJ-OPUSB-IEC | 1 | 1 | 1 | 3 |
| RJ-OP232-IEC-C | 1 | 0 | 1 | 2 |
| REDZ KMK117 | 1 | 0 | 1 | 2 |

Cumple=1 No cumple = 0

La interfaz óptica cumple con todos los requerimientos, uno a los que se enfatiza es la compatibilidad con la placa de desarrollo elegida que hace referencia a tener como salida de conexión de interfaz USB, en la figura 19 se puede observar la interfaz óptica.



Figura 19. Interfaz óptica

Fuente: (GERMAN METERING, 2006)

3.5.2. Selección del Software

La elección del software está condicionado a los componentes de hardware que conforman nuestro sistema, bajo esta premisa se deben elegir entornos de programación, programas de adquisición, procesamiento y visualización de los parámetros a mostrar y que serán interconectados ejecutando las acciones requeridas en distintas etapas.

3.5.2.1. Elección de entorno de programación para la placa de procesamiento

El entorno de programación es el software que se encarga de almacenar de manera ordenada toda las instrucciones programadas para poder llevar a cabo el conjunto de acciones dentro del sistema de medición ,se ejecutara la conversión de los códigos de obtención de parámetros de objetos OBIS para convertirlos en información, la misma que será programada y transmitida al módulo de comunicación, finalmente esta información será almacenada en el servidor de base datos para la posterior visualización de los mismos en una plataforma web. La tabla 17 muestra la selección de IDE para realizar todas estas etapas antes mencionadas de acuerdo a los requerimientos establecidos

Tabla 17. Selección de IDE.

| Entorno de programación | Requerimientos | | Valoración |
|-------------------------|----------------|--------|------------|
| | RSaS 2 | RSaS 7 | |
| IDLE Python | 1 | 1 | 2 |
| CodeBug | 1 | 0 | 1 |

Cumple=1 No cumple = 0

El software que cumple con los requerimientos seleccionado es IDLE Python, el cual es compatible con el sistema de adquisición de datos y el de transmisión de datos hacia el módulo ya que proporciona librerías para poder integrar este hardware

3.5.2.2. Elección de software de gestión de base de datos

Para que toda la información previamente procesada sea almacenada para su posterior visualización se necesita de un software de gestión de base de datos el cual mantenga todos los parámetros de lectura ordenados. En la tabla 18 se muestra la

elección software de gestión de base de datos de acuerdo con los requerimientos presentados anteriormente.

Tabla 18. Selección de software de gestión de base de datos

| Software gestión base de datos | Requerimientos | | Valoración |
|-----------------------------------|----------------|-----------|------------|
| | RSaS 1 | RSaS 6 | |
| Firestore | 0 | 1 | 1 |
| Mysql | 1 | 1 | 0 |

Cumple=1 No cumple = 0

El software con el cual se gestionará los datos seleccionados es Mysql ya que logra cumplir con los parámetros requeridos para el sistema.

MySQL es un sistema gestor de bases de datos, además que es un sistema de libre distribución y de código abierto. Lo primero significa que se puede descargar libremente de Internet; lo segundo (código abierto) significa que cualquier programador puede remodelar el código de la aplicación para mejorarlo. Esa es también la base del funcionamiento del sistema Linux, por eso MySQL se distribuye fundamentalmente para Linux, aunque también hay versiones para Windows. (Sánchez, 2004) .

3.6. Elección de la operadora móvil

Para la transmisión de datos mediante el módulo 4G con SIM7600A-H es necesario contar con un chip móvil, es por ello que se debe realizar un análisis de cobertura de la tecnología 4G, y los costos de operación que proporcionan las diferentes operadoras en la ciudad de El Ángel.

3.6.1. Cobertura de operadoras móviles

El módulo de comunicación 4G LTE con SIM 7600, de acuerdo a sus características técnicas trabaja en las bandas de frecuencia de LTE-FDD B1 / B3 / B5 / B7 / B8 / B20, LTE-TDD B38 / B40 / B41, lo que implica que tiene relación directa con las redes de cuarta generación 4G. Dicho esto es necesario verificar la cobertura de telefonía móvil en la zona a implementar el sistema.

En el Ecuador actualmente se tiene el servicio de telefonía móvil de cuatro operadoras, de las cuales se va a realizar el estudio de dos, las cuales son: La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT y del Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones, S.A. Claro, mismas que se usarán para realizar un mapeo de cobertura.

El primer mapeo representado en la figura 20 corresponde a la operadora móvil Claro, donde se observa las zonas de cobertura de la tecnología 4G, en la ciudad de El Ángel.

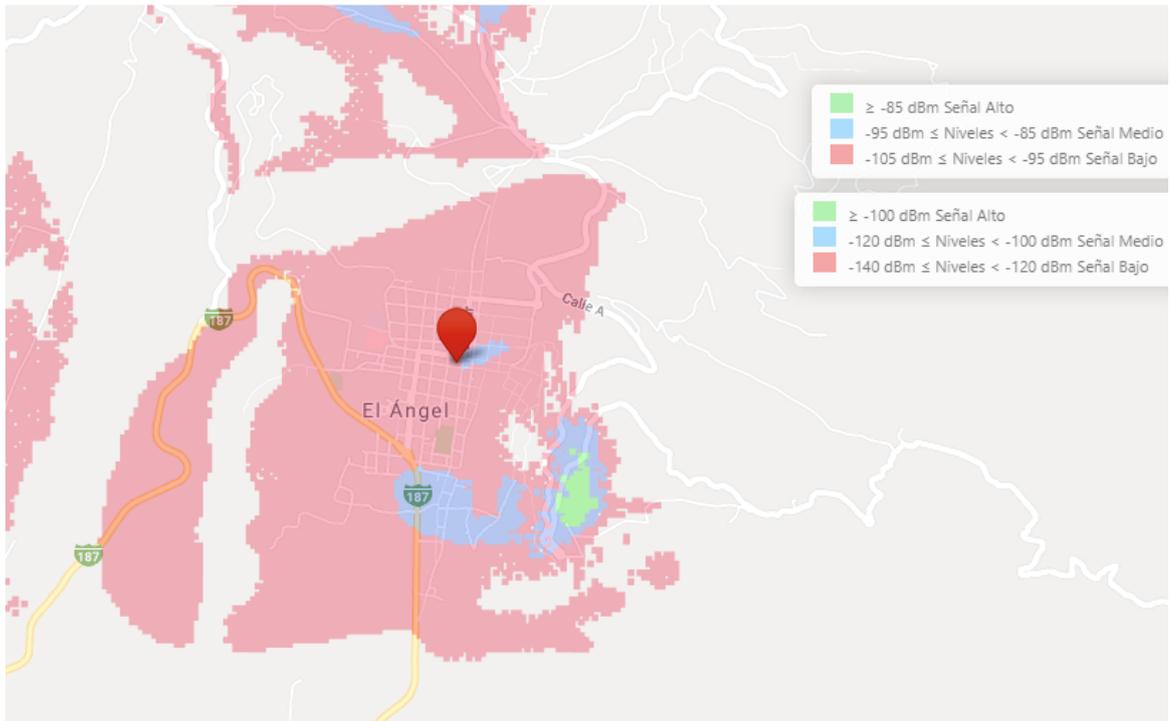


Figura 20. Zona de cobertura 4G de Claro

Fuente: (Claro, 2021)

El segundo mapeo corresponde a la operadora móvil de CNT, donde se observa en la figura 21 las zonas de cobertura de la tecnología 4G, en la ciudad de El Ángel.

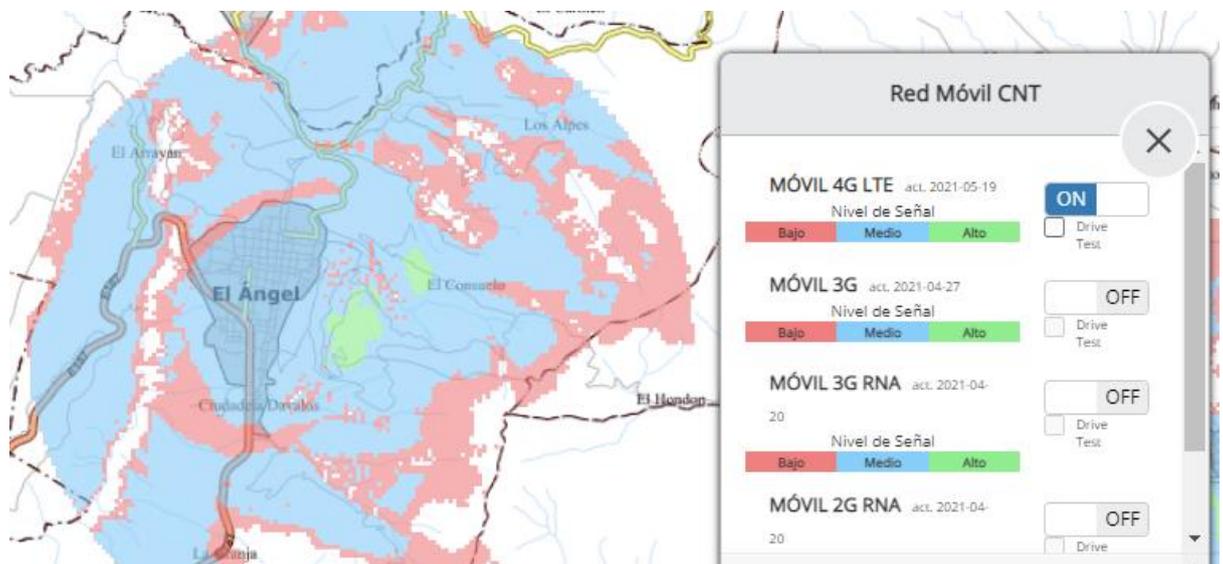


Figura 21. Mapa de cobertura 4G de CNT

Fuente: (CNT, 2021)

3.6.2. Costo por el servicio de mensajería SMS

Entre los servicios que brindan las operadoras móviles se tiene el de mensajería SMS, este puede ser en prepago o pospago y sus costos varían dependiendo de la operadora. En la tabla 19 se observa los precios de las dos operadoras móviles, estos costos se obtuvieron de la información oficial publicada en las páginas web de; Claro y CNT.

Tabla 19. Costo de operadoras móviles por el servicio de SMS.

| Costo de operadoras móviles | |
|------------------------------------|------------------|
| Operadora móvil | Costo SMS |
| Claro | \$0.0672 |
| CNT | \$0.0672 |

Fuente: Autoría

De acuerdo a la tabla 19 que indica los costos del servicio las dos operadoras seleccionadas operan con el mismo precio en el servicio de mensajería SMS, sin embargo, en los mapeos registrados en las figuras 19 y 20, nos podemos dar cuenta que la operadora móvil CNT cuenta con mayor cobertura que Claro, por consiguiente, la operadora móvil elegida para el diseño del sistema es CNT.

3.7. Diseño del sistema

Una vez realizado el proceso de selección de todos los elementos que forman parte el sistema de medición, se considerara las limitantes y requerimientos que resultaran en la implementación final del proyecto. De acuerdo a la metodología aplicada referente al modelo en V se presenta el diseño del sistema conjuntamente con la determinación de los procesos a seguir de forma detallada y su integración en el diseño.

3.7.1. Diagrama de bloques

El desarrollo de las distintas etapas de sistema se resume mediante un diagrama de bloques en el cual se presenta el funcionamiento y la conexión, estos se dividen en 4 bloques para la respectiva identificación de los procesos. La figura 22 muestra el diagrama de bloques para el diseño del sistema.

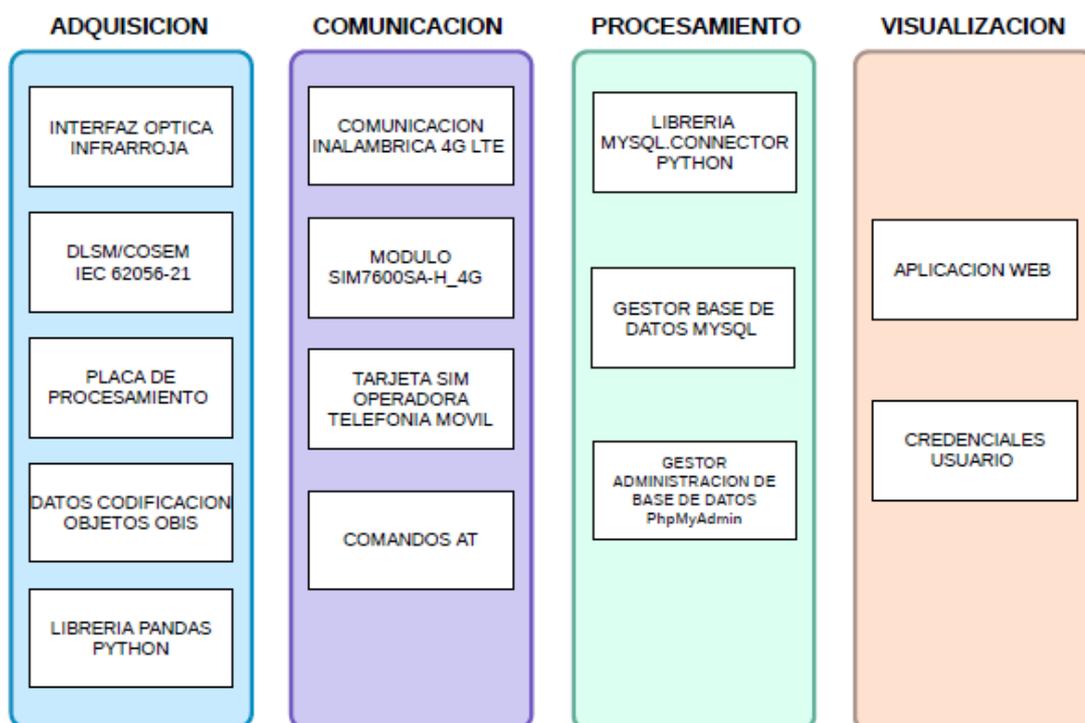


Figura 22. Diagrama de bloques

Fuente: Autoría

En el primer bloque se ejecuta el proceso de adquisición de datos, esto se realiza mediante la conexión directa de la interfaz de sonda óptica, la comunicación se hace por medio de un cable USB a la placa de procesamiento raspberry pi 4, utilizando señales de luz infrarroja para este proceso, a continuación, por medio del IDE de Python se procede a realizar la programación del sistema que involucra la transformación de los objetos OBIS a datos identificables para el usuario. Esta transformación de los datos se realiza a través de la librería serial y pandas que provee Python, las cuales serán previamente cargadas en la placa de procesamiento, de esta forma se logra la obtención

de objetos OBIS que contiene: información de consumo actual en KWH de cliente y el consumo histórico de hasta tres meses anteriores, así mismo, consulta de consumo acumulado en KWH y el histórico de hasta tres meses anteriores, finalmente se obtiene, la fecha y hora de máxima demanda del consumo de energía eléctrica en cada mes.

El bloque de envío de datos, se lo realiza mediante el módulo de comunicación inalámbrica SIM7600SA-H 4G conectado a la placa de procesamiento raspberry pi 4 que por medio de la Tarjeta SIM de una operadora móvil compatible se procederá a enviar vía internet la información hacia el servidor remoto.

En el bloque de procesamiento de la información se realiza los cálculos de consumo de servicio de acuerdo a los días establecidos y almacenamiento de la misma, por medio de la base de datos en MySQL para su posterior uso, este procedimiento de conexión se lo realiza con la librería mysql.connector la cual permite que Python acceda a las bases de datos MySQL

Por último, en el bloque de visualización la información almacenada en la base de datos del bloque de procesamiento será mostrada mediante una página web en la cual cada usuario podrá ingresar con la creación de una cuenta personal, para la respectiva visualización detallada del consumo del servicio de acuerdo a los días establecidos

3.7.2. Diagrama de flujos

3.7.2.1. Bloque de Adquisición

Esta etapa está dirigida a adquirir señales del contador de energía mediante la interfaz óptica de las variables a registrar mediante el sistema de identificación OBIS de objetos como; diferentes periodos de toma de lectura, fecha etc. Dichos valores ingresan a través de la interfaz USB de entrada de la placa de procesamiento Raspberry pi 4.

La figura 23 muestra el diagrama de flujo utilizado en la adquisición de señales por medio de la interfaz óptica, la función que lleva a cabo es inicializar cada cierto tiempo la toma de datos, esto se lo realiza mediante el lenguaje de programación Python con las librerías necesarias, las mismas que se encuentran cargadas en la placa de procesamiento, además de activar la comunicación serial vía USB de Raspberry pi, recibir los datos que envía distintos identificadores de cada variable (demanda máxima de consumo periodo de lectura ,fecha de lectura , consumo total KWh), para posteriormente enviarlos por medio de comunicación inalámbrica

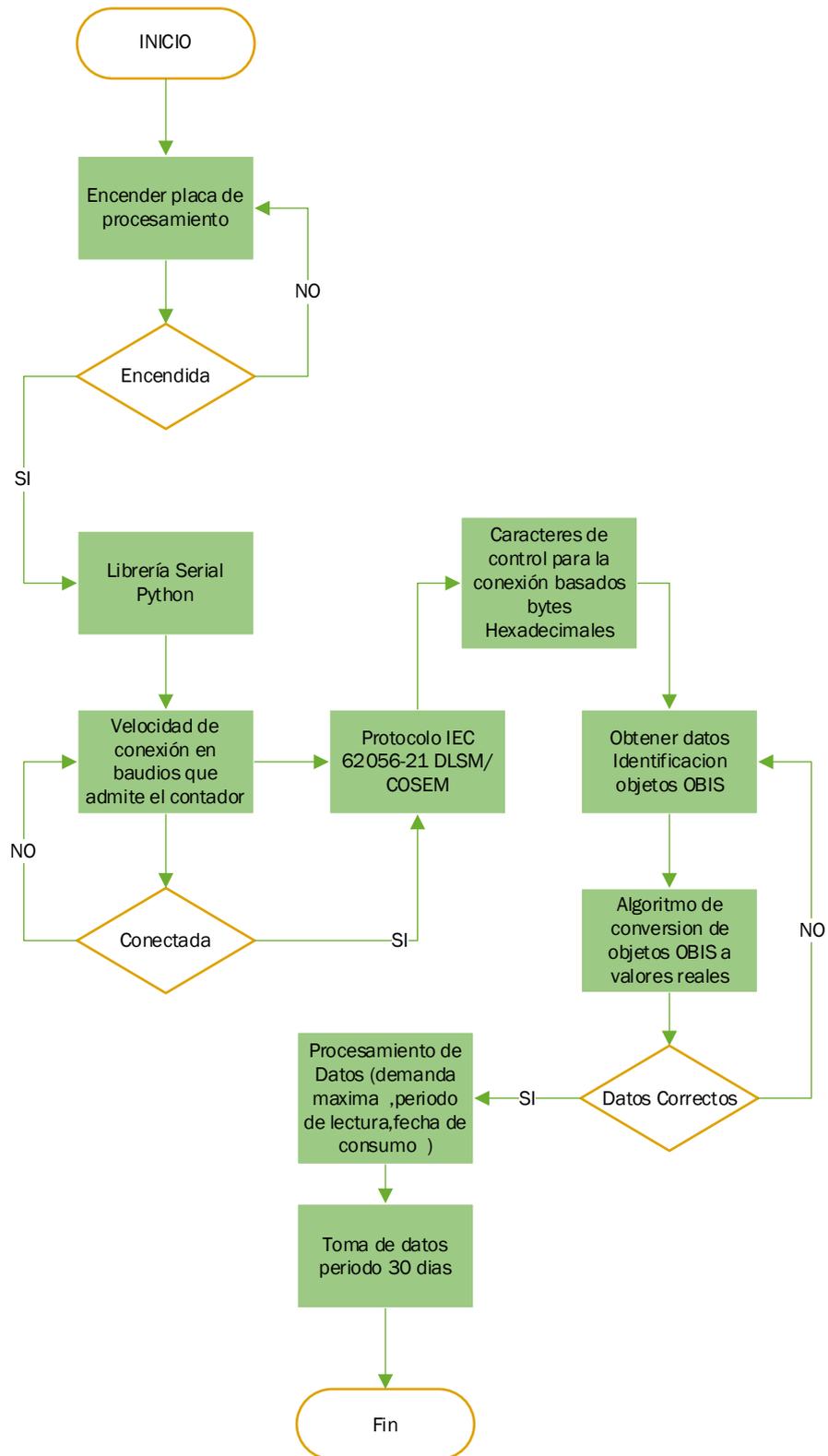


Figure 23. Diagrama de flujo primer bloque.

Fuente: Autoría

3.7.2.2. Bloque de comunicación

Esta etapa representada por el diagrama de flujo de la figura 24, nos permite realizar la transmisión de los valores previamente obtenidos mediante 4G LTE utilizando un servidor creado en la placa de procesamiento y el acoplamiento del módulo SIM 7600X.

Una vez realizada la investigación, sobre el módulo SIM, se determinó que se puede utilizar el SIM7600 SA-H el cual es compatible con cualquier operadora de Latinoamérica y se basa en comandos AT. Para la programación de este módulo, se lo puede realizar mediante SSH permitiéndonos la modificación de comandos preestablecidos AT. Una vez realizado esta configuración el módulo de comunicación realizara la recepción de los datos y los almacenara en una variable para su posterior envío al servidor de base de datos.

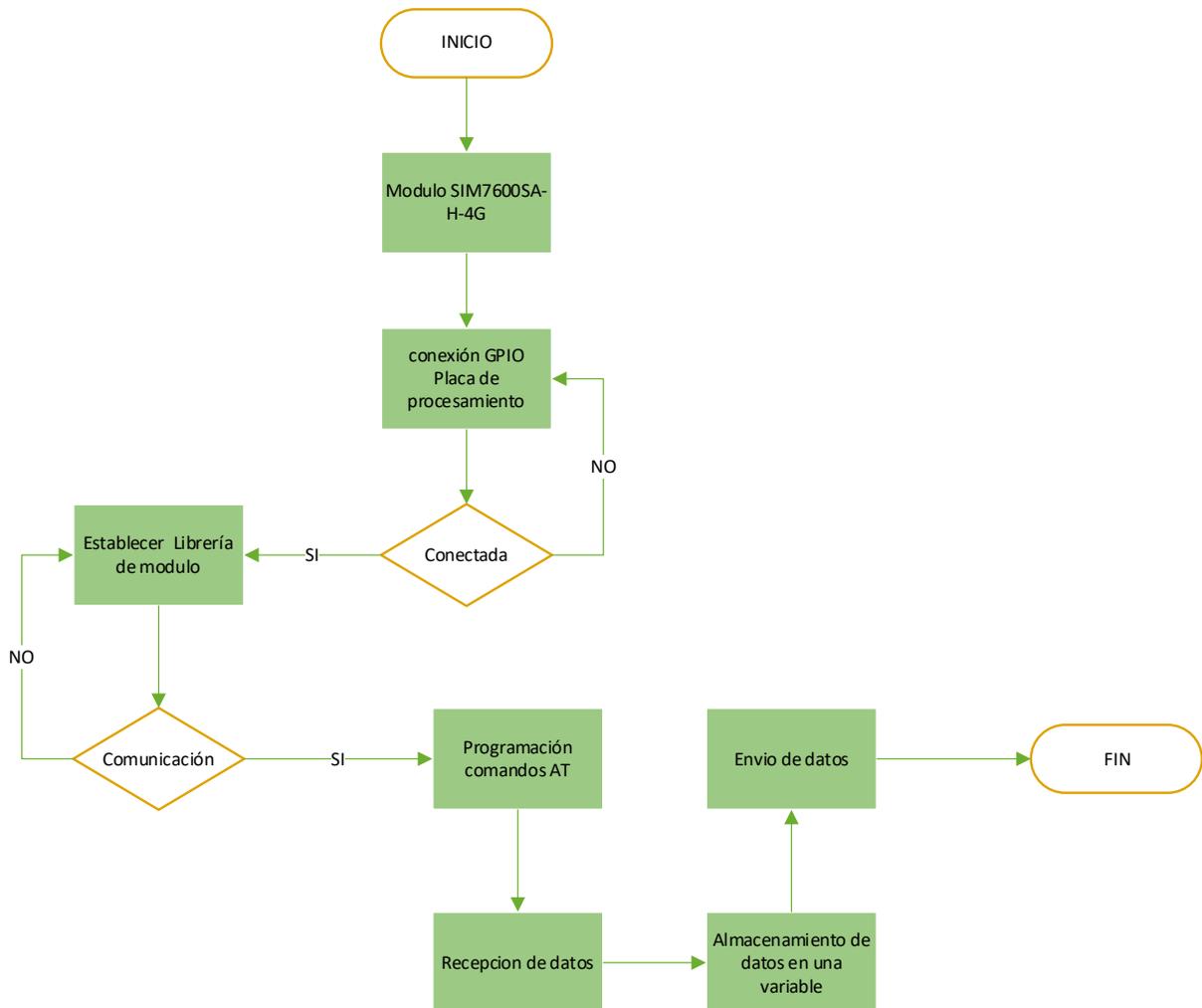


Figure 24. Diagrama de flujo del bloque dos

Fuente: Autoría

3.7.2.3. Bloque de Procesamiento

En la figura 25 se observa el diagrama de bloques de procesamiento, en esta sección se identifica el procesamiento y almacenamiento de la información en forma de la elaboración de una base de datos relacional, la conexión a la base de datos se la realiza mediante la librería *mysql.connector* de Python. Esta base de datos consta de eventos los cuales serán identificados con un número único (ID_Contador) y contiene los datos propios de consumo dependiendo del tipo de objeto y el total de consumo

acumulado. De la misma manera cada objeto tiene una identificación con un ID único el cual al activarse un objeto, verificara si un ID se encuentra asociado a algún usuario. Esto permite un mejor manejo estructural de información.

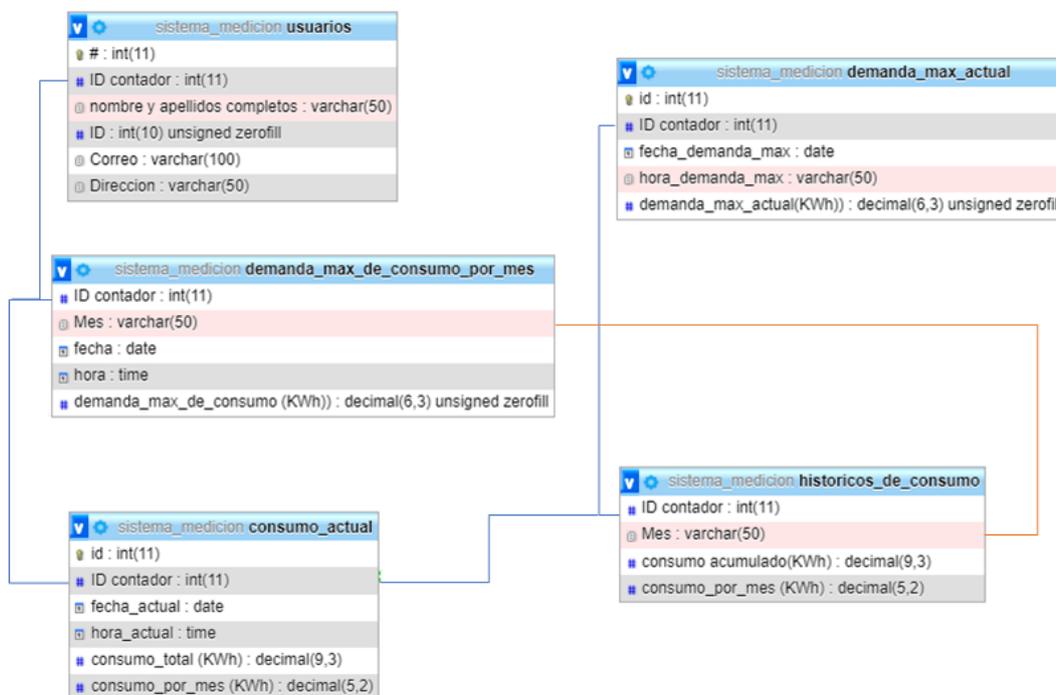


Figura 25. Diagrama de flujo del bloque tres

Fuente: Autoría

3.7.2.4. Bloque de visualización

Una vez que la información es almacenada en la base de datos se necesita que se estén en formato de extensión csv, ya que el objetivo es que se encuentren ordenados para a continuación, ser gestionados por un software para su comprobación y verificación de configuración, una vez hecho esto, se realiza la programación HTML para el almacenamiento y creación web para la visualización de los datos obtenidos y el tiempo de consumo energía eléctrica en el hogar, en la cual cada usuario tendrá su respectiva cuenta de ingreso, en la figura 26 se observa el diagrama de bloques del bloque de visualización correspondiente al bloque cuatro.

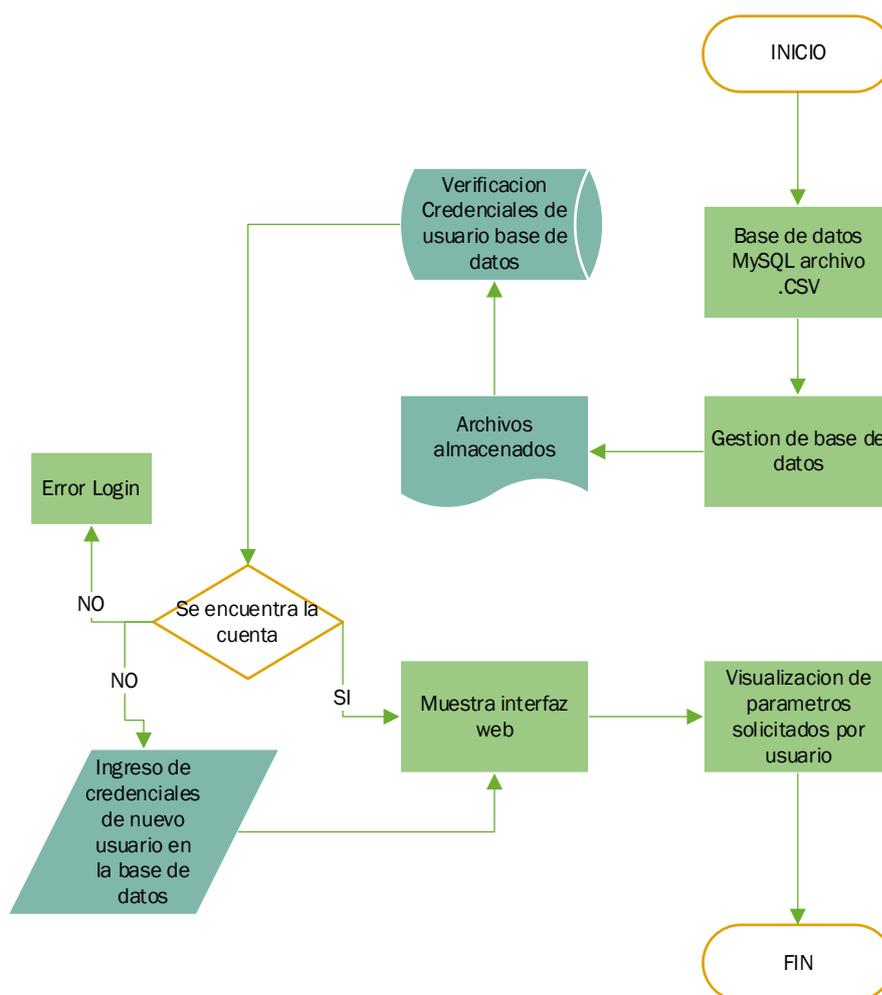


Figura 26. Diagrama de flujo del bloque cuatro

Fuente: Autoría

3.7.3. Arquitectura del sistema

En la Figura 27 se visualiza la arquitectura del sistema, el cual tiene su inicio con el contador de energía eléctrica DDSF51, al cual se le conecta una sonda optica que se basa en el Estándar de medición IEC 62056-21, esta es de ayuda para la adquisición de los datos del contador, los cuales son procesados con la placa Raspberry Pi, una vez que se tengan los datos listos se los envía a una base de datos mediante comunicación inalámbrica utilizando el módulo SIM7600SA-H 4G, para luego poder visualizar los datos identificables para el usuario en una aplicación web.

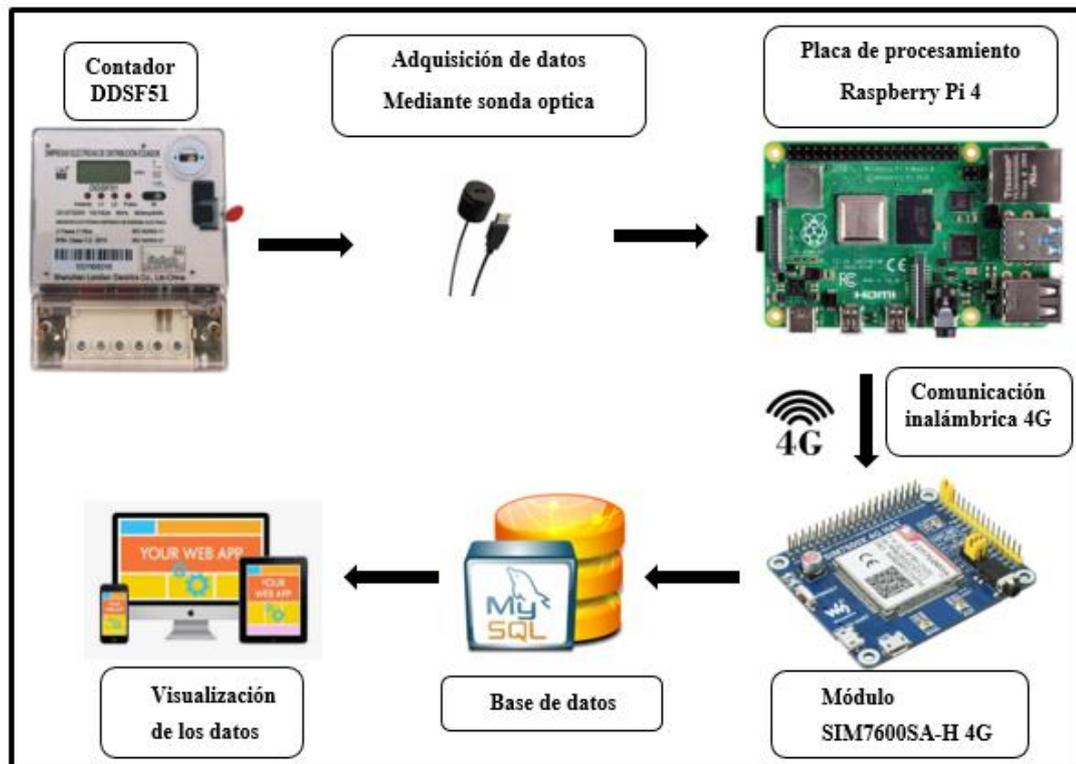


Figura 27.Arquitectura del sistema

Fuente: Autoría

3.7.3.1. Diagrama esquemático

El diagrama esquemático muestra la conexión de las distintas terminales para la adquisición de los datos y el envío de los mismos hacia el servidor de base de datos, consta de tres dispositivos la sonda óptica, placa de procesamiento y el módulo 4G. La figura 28 muestra el diagrama esquemático de la conexión de la placa de procesamiento con los dispositivos de medición y comunicación.

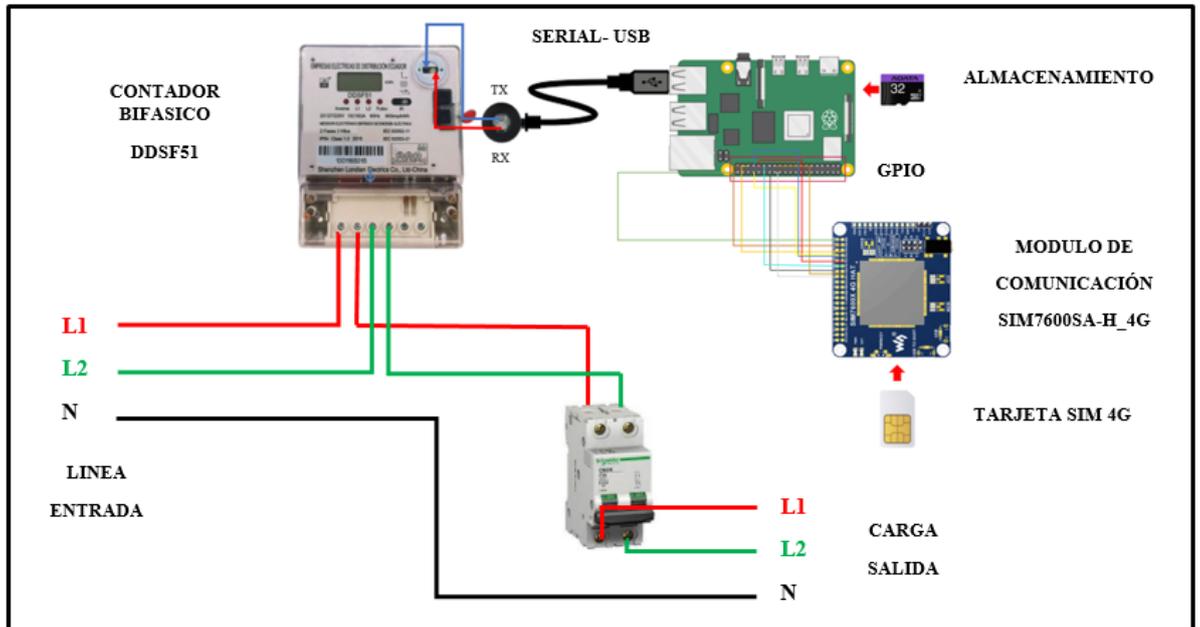


Figura 28. Diagrama esquemático

Fuente: Autoría

3.7.4. Conexión MODULO SIM 7600SA-H con placa de procesamiento Raspberry Pi 4

La ubicación de los pines entre el módulo 7600SA-H y raspberry pi 4 se muestra en la figura 29 y 30. Los pines GPIO de la placa raspberry que se activan con el modulo se los representa en los pines de color azul, los pines de color rojo el voltaje que proporciona la placa de procesamiento al módulo SIM 7600 y por último los pines de color negro las conexiones a tierra GND.

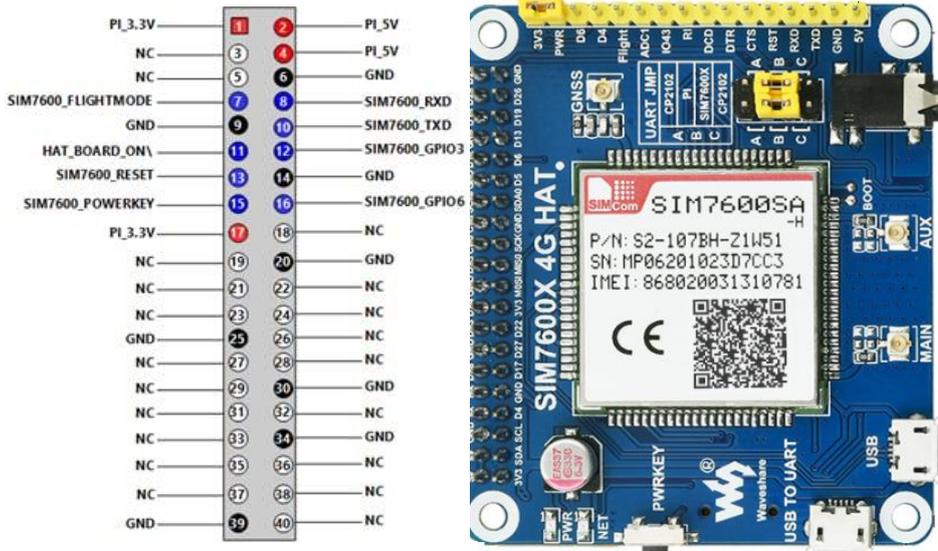


Figura 29. Pines conector Modulo SIM 7600 con Raspberry Pi 4

Fuente: Autoría

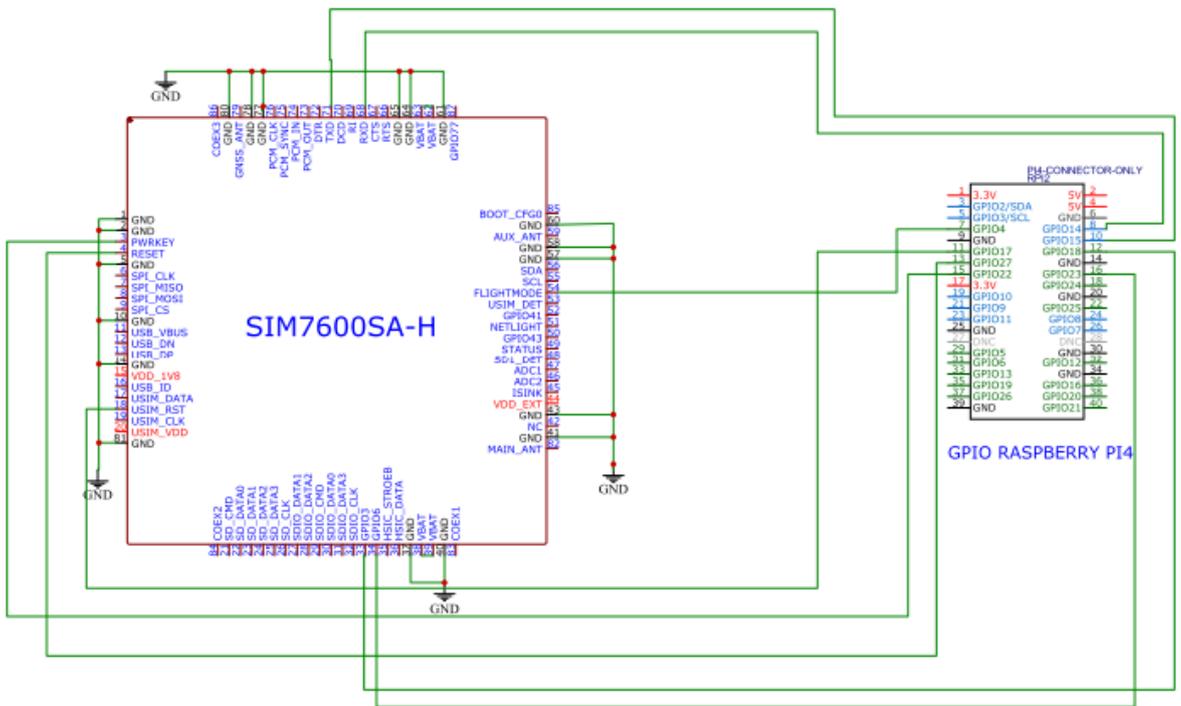


Figura 30. Diagrama Esquemático de conexión Modulo SIM7600 -Raspberry pi 4

Fuente: EasyEDA

3.7.4.1. Pruebas de funcionamiento y compatibilidad de módulo SIM7600 con operadora MOVIL

Para comprobar el funcionamiento del módulo se utiliza los comandos AT, estos comandos permiten comprobar la comunicación entre telefonía móvil 4G y los dispositivos terminales en este caso Modulo SIM 7600SA-H. Se inserta la tarjeta SIM de la operadora elegida en la ranura posterior como se observa en la figura 31 y se conecta la interfaz USB de la placa a la PC como se observa en la figura 32. Verificando que los leds indicadores PWR Y NET se encienden.



Figura 31. Conexión SIM de operadora móvil en módulo

Fuente: Autoría



Figura 32. Conexión USB de modulo a la PC

Fuente: Autoría

Una vez conectado el modulo, la PC debe reconocer los puertos COM y LPT que usa el modem, además del adaptador de red celular que es el modulo como se indica en la figura 33 y figura 34.

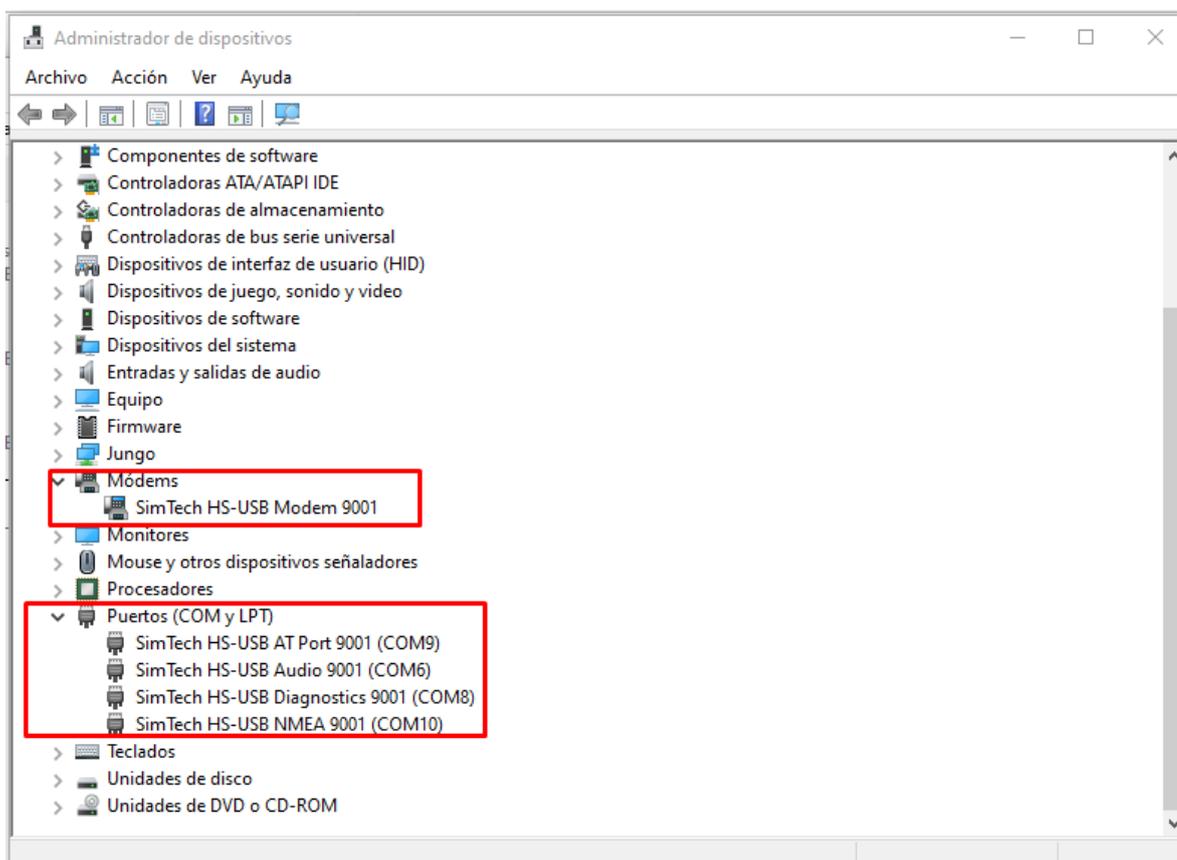


Figura 33.Reconocimiento de red celular operadora CNT y puertos operativos COM

Fuente: Autoría

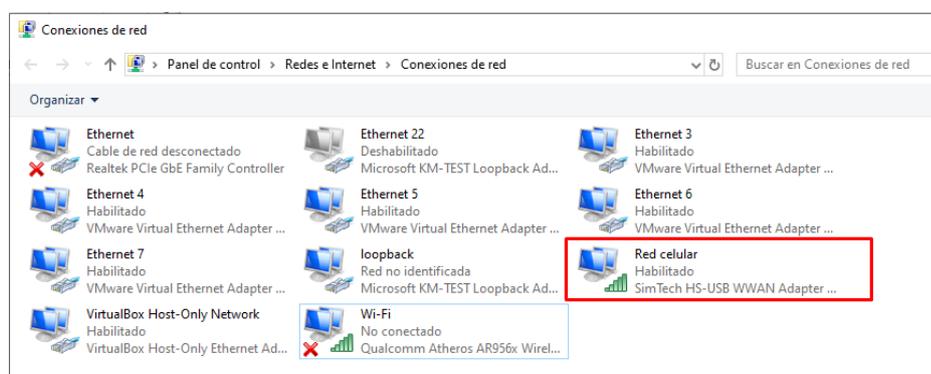


Figura 34.Modulo Conexión de red celular CNT

Fuente: Autoría

Para la verificación mediante comandos AT se usa el software Huawei Modem Terminal. En la Tabla 20 se presenta los comandos AT básicos de comprobación que se usan.

Tabla 20. Comandos AT

| COMANDOS AT | DESCRIPCION | RESPUESTA |
|---------------------|---|--|
| AT +CFUN? | Establece el nivel de funcionalidad completa del módulo. | +CFUN: 1 Recieve: OK La tarjeta SIM funciona normalmente y se puede acceder a la misma. |
| AT +CSQ | Verifica la intensidad de la señal de red en dBm | El valor debe estar entre 0 y 31 (99 significa que no hay señal), cuanto mayor sea el valor, mejor será la calidad de la señal. |
| AT+CIMI | Los primeros cinco dígitos del número IMSI representan al proveedor de la tarjeta SIM. | Los primeros cinco dígitos del número IMSI representan al proveedor de la tarjeta SIM. CNT EP tiene un código de país móvil (MCC) de 740 y un código de red móvil (MNC) de 02 |
| AT+CREG? | El comando AT brinda información sobre el estado de registro y la tecnología de acceso de la celda de servicio. | +CREG: 1,1 Recieve: OK registrado, red celular |
| AT + NETOPEN | Servicio de puesta en marcha de Socket de conexión a internet | Recieve: OK Recieve: +NETOPEN: 0 |
| AT + IPADDR | Verifica si el módulo se le ha asignado una dirección IP | El módulo está, por defecto, en modo multi-IP. |

Fuente: Autoría

En la figura 35 se observa que una vez establecido los comandos a comprobar, procedemos a abrir el puerto serial COM9 el mismo que está asignado para escuchar comandos AT que enviamos.

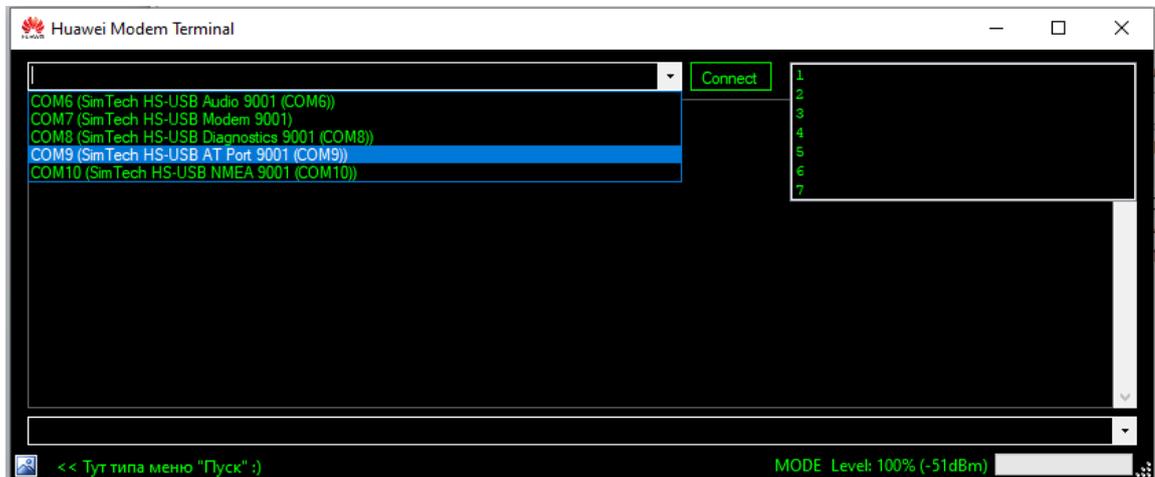


Figura 35. Conexión puerto COM serial AT de módulo SIM 7600

Fuente: Autoría

Una vez conectado, se procede a ingresar los comandos AT establecidos como se indica en la figura 36 y se comprueba la conexión funcionamiento del módulo para la operadora móvil CNT.

The screenshot shows a terminal window titled "Huawei Modem Terminal" connected to "COM9 (SimTech HS-USB AT Port 9001 (COM9))". The terminal displays the following sequence of commands and responses:

```

Send:AT+CFUN?
Recieve: +CPIN: READY
Recieve: SMS DONE
Recieve: PB DONE
Recieve: AT+CFUN?
Recieve: +CFUN: 1
Recieve: OK

Send:AT+CSQ
Recieve: AT+CSQ
Recieve: +CSQ: 30,99
Recieve: OK

Send:AT+CIMI
Recieve: AT+CIMI
Recieve: 740020200176130
Recieve: OK

Send:AT+CREG=1
Recieve: AT+CREG=1
Recieve: OK

Send:AT+CREG?
Recieve: AT+CREG?
Recieve: +CREG: 1,1
Recieve: OK

Send:AT+NETOPEN
Recieve: AT+NETOPEN
Recieve: OK
Recieve: +NETOPEN: 0

Send:AT+IPADDR
Recieve: AT+IPADDR
Recieve: +IPADDR: 10.107.255.85
Recieve: OK

```

The command "AT+IPADDR" is currently entered in the input field at the bottom of the terminal.

Figura 36. Comandos AT de comprobación

Fuente: Autoría

3.7.4.2. Proceso de comunicación de SIM7600 con placa de procesamiento Raspberry

Para que exista la comunicación entre la placa de procesamiento raspberry y la base de datos en la nube es necesario un tipo de comunicación en este caso se usa el módulo SIM 7600SAH 4G. Previamente en el módulo se ingresa la tarjeta SIM de la operadora escogida, y con un plan de contrato de datos para permitir su funcionamiento en el sistema.

Instalación:

apt-get install libqmi-utils udhcpc

Este comando instala dos utilidades principales (qmi-cli tool y qmi-network helper script) los mismos que se usan para la interacción con el módem 4G / LTE (SIM7600) y el paquete udhcp facilitando la configuración para la conexión de la red del sistema operativo. (Raspbian). Una vez realizado se enciende el modem (módulo SIM7600), en la figura 37 se observa la verificación de que la conexión de modo online ha sido satisfactoria.

```
root@raspberrypi:/home/pi# qmicli -d /dev/cdc-wdm0 --dms-set-operating-mode='online'  
[/dev/cdc-wdm0] Operating mode set successfully  
root@raspberrypi:/home/pi#
```

Figura 37. Conexión del modo online

Fuente: Autoría

Posterior a esto, se comprueba la fuerza de la señal del módulo sim 7600 con el fin de verificar que se encuentre en los parámetros mínimos para una comunicación. En la figura 38 se indica las cuatro medidas relevantes a medir. RSSI indica la intensidad de señal recibida, el cual se muestra como un valor negativo y mientras más cercano al cero sea, más fuerte es la señal. El segundo valor a medir es RSRQ, mide la calidad de la señal recibida de un tipo de medición tipo C. SNR indica la capacidad de rendimiento del canal. Por último, RSRP es la potencia de las señales de referencia LTE repartidos por todo el ancho de banda.

```

root@raspberrypi:/home/pi# qmicli -d /dev/cdc-wdm0 --nas-get-signal-strength
[/dev/cdc-wdm0] Successfully got signal strength
Current:
  Network 'lte': '-69 dBm'
RSSI:
  Network 'lte': '-69 dBm'
ECIO:
  Network 'lte': '-2,5 dBm'
IO: '-106 dBm'
SINR (8): '9,0 dB'
RSRQ:
  Network 'lte': '-16 dB'
SNR:
  Network 'lte': '-0,6 dB'
RSRP:
  Network 'lte': '-101 dBm'
root@raspberrypi:/home/pi# █

```

Figura 38. Señal del módulo sim 7600

Fuente: Autoría

Para que el módulo SIM 7600 está listo para proceder a conectarse hacia la red de la operadora móvil CNT, se activa el protocolo raw-ip, el cual mediante su interfaz permite que un programa cliente envíe y reciba paquetes IP arbitrarios, es necesario realizar la configuración de dicho protocolo ya que el módulo de forma nativa está configurado con el controlador qmi-wwan, lo que quiere decir que, al momento de conectarse crea una interfaz que por defecto es wwan0 y cuando el modulo detecta a la placa raspberry pi esta interfaz, estará configurada por el protocolo 802.3 que es IP con encabezados Ethernet, sin embargo para la realización del sistema no se usa encabezados Ethernet, por lo cual, se necesita activar raw-ip, permitiendo que el modulo procese IP sin encabezados Ethernet.

En la figura 39 se indica la activación del protocolo raw-ip, en el que se enumera las interfaces disponibles y confirmamos que es la wwan0 perteneciente a SIM7600, se identifica la interfaz predeterminada y se desactiva, se habilita el protocolo.

```

root@raspberrypi:/home/pi# echo 'Y' | sudo tee /sys/class/net/wwan0/qmi/raw_ip
Y

```

Figura 39. Configuración protocolo raw-ip

Fuente: Autoría

El procedimiento de conexión a la red móvil depende de la señal que tenga el modulo y el lugar de ubicación, como punto de partida debemos conocer el APN de la

operadora, el cual es el punto de acceso a la red e indica al móvil por cual camino virtual debe conectarse a internet. En el caso específico es *internet.cnt.net.ec*.

3.7.5. Conexión Sonda Óptica Infrarroja con módulo Raspberry pi 4

La sonda óptica infrarroja utiliza el estándar IEC 62056-21, esta sonda utiliza un sensor foto reflectante que está compuesto por un led infrarrojo el cual es transmisor y otro fototransistor que es receptor de datos comunicándose a través de ondas infrarrojas hacia el contador. Su conexión hacia la placa de procesamiento Raspberry pi 4 se la realiza por medio de la interfaz USB, como se muestra en el siguiente diagrama esquemático y de conexión, indicado en la figura 40 y 41.

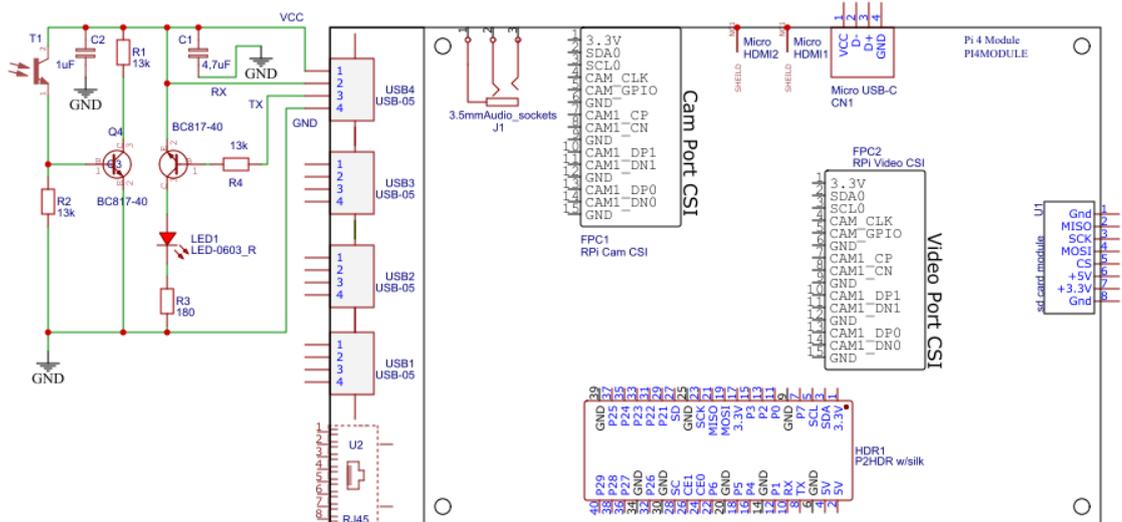


Figura 40. Diagrama Esquemático de conexión sonda óptica -Raspberry pi 4

Fuente: EasyEDA

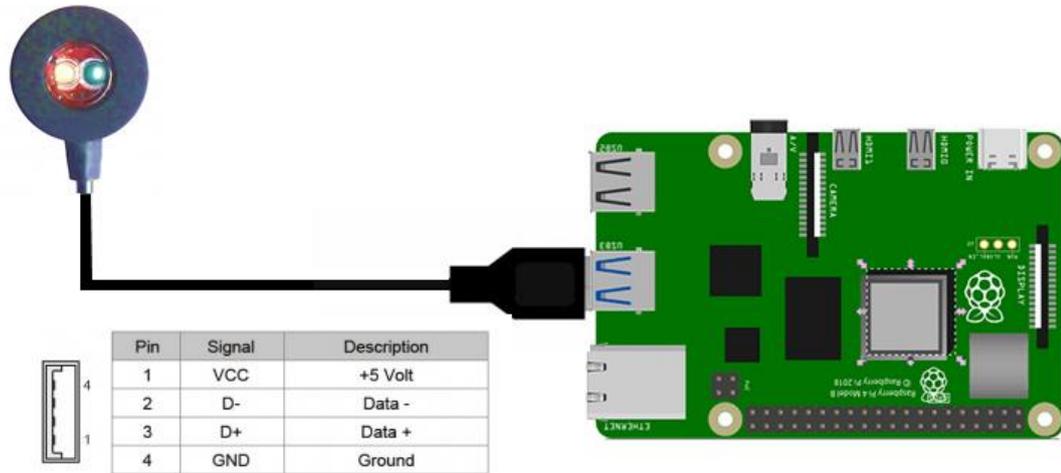


Figura 41. Diagrama de conexión sonda óptica -Raspberry pi 4

Fuente: Autoría

3.7.5.1. Proceso de comunicación contador LDE DDSF1 con sonda óptica 62056-21

El proceso de comunicación entre el contador y la sonda óptica IEC 62056-21 inicia mediante comunicación serial la misma que se realiza mediante la interfaz USB con la siguiente configuración que se indica en la tabla 21.

Tabla 21..Parámetros de configuración serial requeridos por IEC 62056-21

| PARAMETROS DE CONFIGURACION SERIAL PUERTO USB BAJO ESTANDAR 62056-21 | |
|---|---------------------------------------|
| Velocidad de transmisión | Inicio 300 bits Conexión 2400 bits |
| Bits de datos | 7 bits de datos |
| Paridad | Par |
| Bit de parada | 1 bit de parada |
| Control de flujo | Ninguno |

Fuente: Autoría

Una vez establecida la configuración serial, la placa de procesamiento procede hacer la petición de inicio de sesión mediante la sonda hacia el contador utilizando caracteres de control ASCII estándar y hexadecimal definidos en el protocolo 62056-21 para el proceso de comunicación serial. En la tabla 22 se muestra la estructura del telegrama del intercambio de datos para la lectura de contador DDSF1 y la sonda óptica infrarroja IEC 62056, así como también, se detalla la cadena de caracteres de transmisión y recepción de datos que intervienen en los procesos de toma de lectura.

Solicitud de inicio de sesión

Tabla 22. Cadena de caracteres enviada desde placa de procesamiento hacia el contador.

| 2^7 | CARÁCTER ASCII ESTÁNDAR / HEXADECIMAL | 2^0 | DESCRIPCION |
|-------|---------------------------------------|-----------|----------------------------|
| | / | 2F | Carácter de Inicio |
| | ? | 3F | Carácter de solicitud |
| | ! | 21 | Carácter de fin |
| | CR | 0D | Caracteres de finalización |
| | LF | 0A | Caracteres de finalización |

Fuente: Autoría

Mensaje de identificación

El contador debe enviar una línea de datos, que se muestra en la tabla 23, el cual inicia con '/', seguida de una cadena de identificación en la cual se toma en cuenta: los primeros tres caracteres de la cadena de identificación son el ID del proveedor: Ide. El cuarto carácter es el identificador de velocidad en el que trabaja el contador:3 es decir 2400 bits, trabaja en modo D ya que no enviará automáticamente un telegrama de datos después de la identificación, y que la placa de procesamiento deberá enviar una cadena

de caracteres para obtener los datos de lectura del medidor es decir transmisión unidireccional half dúplex.

Tabla 23. Mensaje de identificación

| 2⁷ | CARÁCTER ASCII ESTÁNDAR / HEXADECIMAL | 2⁰ | DESCRIPCION |
|----------------------|--|----------------------|----------------------------|
| | / | 2F | Carácter de Inicio |
| | lde | 6c 64 65 | Identificador fabricante |
| | 3 | 33 | Identificador de velocidad |
| | 1001125844 | ----- | Identificador del contador |
| | CR | 0D | Caracteres de finalización |
| | LF | 0A | Caracteres de finalización |

Fuente: Autoría

Solicitud de selección de opción

La placa de procesamiento envía la cadena de caracteres indicada en la tabla 24, para solicitar la lectura de datos del contador, tomando en cuenta la velocidad en baudios que el contador mostró en la identificación. El contador en modo C espera después de la transmisión de la identificación para la selección de la opción. La placa de procesamiento envía la siguiente cadena de caracteres.

Tabla 24. Solicitud de selección de opción

| 2⁷ | CARÁCTER ASCII ESTÁNDAR / HEX | 2⁰ | DESCRIPCION |
|----------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------|
|----------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------|

| | | |
|------------|-----------|---|
| ACK | 06 | Carácter de reconocimiento |
| 0 | 30 | Carácter control de estándar |
| 3 | 33 | Identificador de velocidad 3=2400 baudios |
| 0 | 30 | Control de modo Lectura |
| CR | 0D | Caracteres de finalización |
| LF | 0A | Caracteres de finalización |

Fuente: Autoría

Mensaje de datos

El contador devuelve lo solicitado por medio de bloque de datos que contiene los valores de energía activa, reactiva etc. En forma de objetos de código OBIS. Un bloque de datos consta de una serie de líneas de datos, completadas siempre con CR / LF, con la información indicada en la tabla 25.

Tabla 25. Mensaje de datos

| 2⁷ | CARÁCTER ASCII ESTÁNDAR / HEX | 2⁰ | DESCRIPCION |
|----------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------------|
| | STX | 02 | Carácter de reconocimiento |
| | “Bloque de Datos “ | | Carácter control de estándar |
| | ! | 21 | Carácter de fin |
| | CR | 0D | Caracteres de finalización |
| | LF | 0A | Caracteres de finalización |
| | ETX | 03 | Fin de texto |

Fuente: Autoría

3.7.5.2. Comprobación de mediciones en el contador

Para la realización de esta etapa se procede a crear la programación que permitirá la comunicación entre el contador y la placa de procesamiento mediante la

sonda óptica IEC 64056-21. En esta etapa se usa el lenguaje de programación Python en su versión 3 ya que contiene las librerías necesarias para este proyecto, toda esta programación se la lleva a cabo en el IDE de programación Thonny Python IDE el cual viene predeterminado dentro del sistema operativo Raspbian.

Proceso de programación

El proceso de programación inicia con la importación de las librerías necesarias para el sistema, entre las que destacan librería serial (definir parámetros de comunicación serial), librería panda (extracción de datos obtenidos y ordenarlos) y librería mysql (envío de datos mediante SQL a una base de datos en la nube).

Para realizar el proceso de conexión serial el estándar especifica cadena de caracteres particulares para cada tipo de conexión de contadores, en el cual se utiliza caracteres ASCII estándar, en la programación definidos los caracteres que utilizaremos además de representarlos en formato hexadecimal para que no exista problemas de compatibilidad con el lenguaje de programación, posterior a esto se verifica el puerto serial al que se conecta el sensor óptico infrarrojo en la aplicación ttyUSB0 y se especifica en la programación. Finalmente, se establece los parámetros de configuración serial puerto USB bajo estándar 62056-21 que se menciona en la tabla 20, velocidad de transmisión expresado en bps bit de paridad, numero de bits, bit de parada.

De acuerdo a los procesos de comunicación establecidos en apartado 3.7.5.1 se inicia con la solicitud de inicio de sesión, en esta instancia es necesario establecer la longitud máxima de la trama de solicitud de inicio de sesión con el contador, antes de que el mismo publique sus datos, para lo cual se definen los caracteres que se usa en la comunicación tanto en formato ASCII como hexadecimal, en la figura 42 se observa

A continuación, se realiza la solicitud de lectura en la cual el contador informa a la unidad sobre los parámetros que tiene disponibles, dependiendo del paquete de seguridad. El código consta de 6 identificadores de grupo, los mismos que están marcados con letras desde la A hasta la F. Para este caso en particular se encuentra presente el modo C en el contador a realizar la prueba, esto significa que, mediante el código OBIS se indica los valores de resultados del cálculo de la cantidad de un algoritmo específico como; el consumo de Kwh en cierto periodo de tiempo. En la figura 44 se indica el envío de la cadena de caracteres para que se realice la solicitud de lectura, la misma que indica los datos que se desea leer del contador de energía eléctrica:

- ASCII: 6\0\3\0 R \ n
- HEX: 0x06,0x30,0x33,0x30,0x0d, 0x0a

```
#DEFINIENDO A LAS FUNCIONES
def modoLectura():
    print("\tModo Lectura")
    v = "0"
    z = "3"
    #z = identificacion[4]
    y = "0"
    b_str = (ack + v + z + y + cr + lf )
    b_str = b_str.encode("utf-8")
    time.sleep(0.30 - (time.time() - star_time2))
    print("Tiempo2:", time.time() - star_time2)
    print("\n\t",b_str)
    opcion = ser.write(b_str)
    star_time3 = time.time()
    if z == "2":
        ser.write(b_str)
        ser.write(b_str)
    #print("Ser Writeee x 2")
    time.sleep(0.29)
    ser.baudrate = velocidad
    print(ser.baudrate)
```

Figura 44. Cadena de caracteres para la solicitud de lectura

Fuente: Autoría


```

2
3     datos = datos.replace(",",".")
4     datos = datos.replace("(",";")
5     datos = datos.replace(")","")
6     datos = datos.replace("\n","")
7     contador = datos.find("*")
8     if contador >= 1:
9         datos = datos.replace("*","#",1)
10        datos = datos.replace("*","")
11        datos = datos.replace("#","*")
12    else:
13        datos = datos.replace("*",";",1)
14    datos = (str(i)+";") + datos
15    #print(datos)
16

```

Figura 46. Parámetros de escritura

Fuente: Autoría

Mediante la librería pandas se extrae los valores relevantes de cada fila de la cadena de caracteres OBIS, como, el valor y fecha esto se hace posible extrayendo la posición de cada carácter como se muestra a continuación en la figura 47.

```

# print(datos)
#####IDENTIFICACION DE ID DEL CONTADOR#####
posicion = datos.rfind("0.0.0,") #serie0
# print(posicion)
if (posicion > 0):
    serie0 = datos[posicion+6:posicion+18]
    # print("ID:", serie0)
    print (serie0)

#####FECHA DE INGRESO#####
posicion = datos.rfind(",0.9.2,")
# print(posicion)
if (posicion > 0):
    serie1 = datos[posicion+7:posicion+15]
    # print("Fecha:", serie1)
    print (serie1)

#####HORA DE INGRESO#####
posicion = datos.rfind(",0.9.1,")
# print(posicion)
if (posicion > 0):
    serie2=0
    serie2 = datos[posicion+7:posicion+15]
    # print("Hora", serie2)
    print (serie2)

#####VALOR DE CONSUMO KWH MES ACTUAL#####
posicion = datos.rfind(",1.8.0,")
# print(posicion)
if (posicion > 0):
    serie3 = datos[posicion+7:posicion+16]

    # print("Consumo KWh Mes actual :", serie3, "kWh")
    print (serie3)

#####VALOR DE CONSUMO KWH ULTIMO MES#####
posicion = datos.rfind(",1.8.0*1,")
# print(posicion)
if (posicion > 0):
    serie4=0

```

Figura 47. Extracción de valores relevantes

Fuente: Autoría

Posteriormente, se almacena los valores de datos extraídos más relevantes en un archivo con extensión .csv en el que consta cada campo en modo de columna clasificándolos de acuerdo al tipo de medición como: consumos históricos, demanda de consumo, consumo actual etc. La figura 48 muestra los archivos .csv creados para almacenar los datos obtenidos

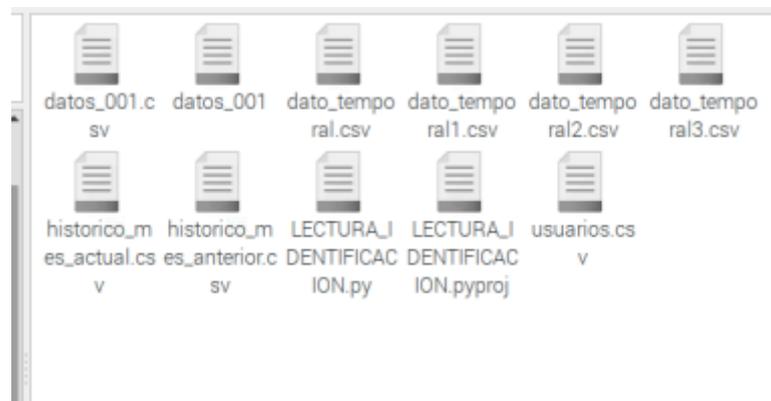


Figura 48.archivos .csv creados para almacenar los datos obtenidos

Fuente: Autoría

Todos los archivos .csv generados se almacenan en el disco local de sistema operativo el cual es una tarjeta micro SD en un directorio previamente creado para esta situación dentro de los cuales se encuentra organizado por: fecha, hora, identificación, consumos mensuales y totales, demanda máxima de consumo, en forma de tabla como se puede observar en la Figura 49.

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|--------------|-------------|----------------|--------------------|----------------------|----------------------------|-------------------|------------------|
| | FECHA ACTUAL | HORA ACTUAL | IDENTIFICACION | CONSUMO TOTAL(KWH) | CONSUMO DEL MES(KWH) | DEMANDA MAXIMA ACTUAL(KWH) | FECHA DEMANDA MAX | HORA DEMANDA MAX |
| 1 | 2021-08-07 | 12:14:40 | 1001125844 | 5355.15 | 0.57 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 2 | 2021-08-07 | 12:18:29 | 1001125844 | 5355.15 | 0.57 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 3 | 2021-08-07 | 12:22:04 | 1001125844 | 5355.15 | 0.57 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 4 | 2021-08-07 | 12:23:24 | 1001125844 | 5355.15 | 0.57 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 5 | 2021-08-08 | 10:21:10 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 6 | 2021-08-08 | 10:28:58 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 7 | 2021-08-08 | 10:30:00 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 8 | 2021-08-08 | 10:32:17 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 9 | 2021-08-08 | 10:35:47 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 10 | 2021-08-08 | 10:37:07 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 11 | 2021-08-08 | 10:41:07 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 12 | 2021-08-08 | 10:42:03 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 13 | 2021-08-08 | 11:41:58 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 14 | 2021-08-08 | 11:44:08 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 15 | 2021-08-08 | 11:46:37 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 16 | 2021-08-08 | 11:47:12 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 17 | 2021-08-08 | 11:50:14 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 18 | 2021-08-08 | 11:50:55 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 19 | 2021-08-08 | 11:52:03 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 20 | 2021-08-08 | 11:53:33 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 21 | 2021-08-08 | 11:54:35 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 22 | 2021-08-08 | 11:55:38 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 23 | 2021-08-08 | 11:56:18 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 24 | 2021-08-08 | 12:02:05 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 25 | 2021-08-08 | 12:03:46 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 26 | 2021-08-10 | 09:34:29 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 27 | 2021-08-10 | 09:44:55 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 28 | 2021-08-10 | 09:45:53 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 29 | 2021-08-10 | 09:51:02 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |
| 30 | 2021-08-10 | 09:53:15 | 1001125844 | 5355.18 | 0.6 | 0.042 | 2021-08-06 | 10:19:00 |

Figura 49. Archivo de consumo de mes actual de un contador.

Fuente: Autoría

Para enviar los datos hacia la base de datos se utilizó la librería mysql connector en la programación En la cual especificamos el nombre de la base de datos, usuario, contraseña, lugar de alojamiento host para la conexión remota. Cada archivo generado con los datos previamente clasificados y ordenados procedemos a enviarlos hacia cada tabla de la base de datos creada como podemos observar en la figura 50.

```

#subir datos de archivo .csv a mysql
conexion=mysql.connector.connect(host="sv76.ifastnet.com", user="sistemad_natalyobando", passwd="sistemademedicion",database="sistemad_medicion")
cursor1=conexion.cursor()
empdata = pd.read_csv('/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal.csv', index_col=False, delimiter = ',')
for w,row in empdata.iterrows():
    sql="insert into sistemad_medicion.consumo actual VALUES (%s,%s,%s,%s,%s,%s)"
    cursor1.execute(sql, tuple(row))
    print("Registro Consumo Actual Insertado")
    conexion1.commit()

empdata1 = pd.read_csv('/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal1.csv', index_col=False, delimiter = ',')
empdata1.head()
for w,row in empdata1.iterrows():
    sql="insert into sistemad_medicion.demanda max actual VALUES (%s,%s,%s,%s,%s)"
    cursor1.execute(sql, tuple(row))
    print("Registro Demanda Consumo Maximo Actual Insertado")
    conexion1.commit()

empdata2 = pd.read_csv('/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal2.csv', index_col=False, delimiter = ',')
empdata2.head()
for w,row in empdata2.iterrows():
    sql="insert into sistemad_medicion.historicos de consumo VALUES (%s,%s,%s,%s)"
    cursor1.execute(sql, tuple(row))
    print("Registro Historico de consumo insertado")
    conexion1.commit()

empdata3 = pd.read_csv('/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal3.csv', index_col=False, delimiter = ',')
empdata3.head()
for w,row in empdata3.iterrows():
    sql="insert into sistemad_medicion.demanda max de consumo por mes VALUES (%s,%s,%s,%s,%s)"
    cursor1.execute(sql, tuple(row))
    print("Registro Demanda de consumo por mes insertado")
    conexion1.commit()

...

```

Figura 50. Creación de base de datos

Fuente: Autoría

Desarrollo de la base de datos

Para la creación de la base de datos SQL se utiliza el software PhpMyAdmin, el mismo que permite la administración de mejor manera por medio de la interfaz web que posee este software. Para la realización de esto se procede a contratar un plan pagado de servicio en la web iFastNet, como se indica en la figura 51 el cual posee administración de base de datos SQL, con el objetivo de tener acceso a conexión remota hacia la base de datos por medio de una ip dinámica, además de obtener una dirección de dominio para la creación de la página web del sistema.

The screenshot shows the iFastNet client area. At the top left is the iFastNet logo. A navigation menu includes: Hogar, Alojamiento Premium, Alojamiento empresarial, Revendedor WHM, Planes VPS, Servidores dedicados, Registrar dominio, and Mi cuenta. A notification box states: 'Usted tiene 1 facturas (s) impaga (s). Pague ahora para evitar su preocupación.' with a 'Pagar Ahora' button. The main heading is 'Sistemademedicacion.info' with a breadcrumb trail: 'Administración / Área del Cliente / Mis Productos y Servicios / Detalles de Productos'. A yellow banner says: 'Tiene una factura impaga. Pague ahora para evitar interrupciones en el servicio.' with a 'Pagar factura' button. The 'Paquete / Dominio' section is highlighted with a red box, showing: 'Alojamiento web premium (cPanel) Super Premium (mensual)' and 'www.sistemademedicacion.info'. Below this are buttons for 'Visitar Sitio Web' and 'Gestionar Dominio'. The 'Estadísticas de uso' section shows two gauges: 'Uso del Disco' (0 M / Ilimitado M) and 'Uso de Transferencia' (0 M / Ilimitado M), with 'Última actualización' below them.

Figura 51. iFastNet

Fuente: <https://ifastnet.com/portal/clientarea.php>

Una vez contratado el servicio en iFastNet se ingresa en la opción cPanel de la plataforma y se realiza la creación de la base de datos, en la figura 52 se evidencia la creación de la base de datos, sistemad_medicion y los usuarios de ingreso.

The screenshot shows the 'Modificar bases de datos' interface. It has three main sections: 'Verificar base de datos' with a dropdown set to 'sistemad_medicion' and a 'Verificar base de datos' button; 'Base de datos de reparación' with a dropdown set to 'sistemad_medicion' and a 'Base de datos de reparación' button; and 'Bases de datos actuales' with a search box containing 'Buscar' and an 'Ir' button. At the bottom is a table with the following data:

| Base de datos | Tamaño | Usuarios privilegiados | Comportamiento |
|-------------------|-----------|------------------------|-----------------------------------|
| sistemad_medicion | 638.88 KB | sistemad_natalyobando | Rebautizar 🗑️ Borrar |

Figura 52. Creación de la base de datos en iFastNet

Fuente: <https://ifastnet.com/portal/clientarea.php?action=productdetails&id=299204>

Una vez creada se ingresa a phpmyadmin para verificar su ubicación, para que el sistema sea óptimo se realiza la creación de 5 tablas en las cuales se coloca los datos

relacionados a cada una de los archivos .csv previamente guardados. En las figuras 53 y 54 se observa que cada tabla tendrá su respectivo campo con el tipo de dato al que pertenece en el cual ira cada dato recolectado.

The image shows two screenshots of the phpMyAdmin interface. The top screenshot displays the structure of the 'consumo_actual' table, and the bottom screenshot displays the structure of the 'demanda_max_actual' table. Both tables have a primary key 'id' and an 'ID contador' field.

| # | Nombre | Tipo | Cotejamiento | Atributos | Nulo | Predeterminado | Comentarios | Extra | Acción |
|---|-----------------------|--------------|--------------|-----------|------|----------------|-------------|----------------|---------|
| 1 | id | int(11) | | | No | Ninguna | | AUTO_INCREMENT | Cambiar |
| 2 | ID contador | int(11) | | | No | Ninguna | | | Cambiar |
| 3 | fecha_actual | date | | | No | Ninguna | | | Cambiar |
| 4 | hora_actual | time | | | No | Ninguna | | | Cambiar |
| 5 | consumo_total (KWh) | decimal(9,3) | | | No | Ninguna | | | Cambiar |
| 6 | consumo_por_mes (KWh) | decimal(5,2) | | | No | Ninguna | | | Cambiar |

| # | Nombre | Tipo | Cotejamiento | Atributos | Nulo | Predeterminado | Comentarios | Extra | Acci |
|---|-------------------------|--------------|--------------------|-------------------|------|----------------|-------------|----------------|------|
| 1 | id | int(11) | | | No | Ninguna | | AUTO_INCREMENT | C |
| 2 | ID contador | int(11) | | | No | Ninguna | | | C |
| 3 | fecha_demanda_max | date | | | No | Ninguna | | | C |
| 4 | hora_demanda_max | varchar(50) | utf8mb4_general_ci | | No | Ninguna | | | C |
| 5 | demanda_max_actual(KWh) | decimal(6,3) | | UNSIGNED ZEROFILL | No | Ninguna | | | C |

Figura 53. Tabla de consumo actual, y consumo máximo actual.

Fuente:

https://sv76.ifastnet.com:2083/cpsess3194919544/3rdparty/phpMyAdmin/db_structure.php?server=1&db=sistemad_medicion

The figure consists of three screenshots from the phpMyAdmin interface, each showing the structure of a different table in the 'sistemad_medicion' database. The top screenshot shows the 'Tabla: demanda_max_de_consumo_por_mes' table with 5 columns. The middle screenshot shows the 'Tabla: historico_de_consumo' table with 4 columns. The bottom screenshot shows the 'Tabla: usuarios' table with 6 columns.

| # | Nombre | Tipo | Cotejamiento | Atributos | Nulo | Predeterminado | Comentarios | Extra | Acción |
|---|------------------------------|--------------|--------------------|-------------------|------|----------------|-------------|-------|--------------|
| 1 | ID contador | int(11) | | | No | Ninguna | | | Cambiar Elim |
| 2 | Mes | varchar(50) | utf8mb4_general_ci | | No | Ninguna | | | Cambiar Elim |
| 3 | fecha | date | | | No | Ninguna | | | Cambiar Elim |
| 4 | hora | time | | | No | Ninguna | | | Cambiar Elim |
| 5 | demanda_max_de_consumo (KWh) | decimal(6,3) | | UNSIGNED ZEROFILL | No | Ninguna | | | Cambiar Elim |

| # | Nombre | Tipo | Cotejamiento | Atributos | Nulo | Predeterminado | Comentarios | Extra | Acción |
|---|------------------------|--------------|--------------------|-----------|------|----------------|-------------|-------|----------------------|
| 1 | ID contador | int(11) | | | No | Ninguna | | | Cambiar Eliminar Más |
| 2 | Mes | varchar(50) | utf8mb4_general_ci | | No | Ninguna | | | Cambiar Eliminar Más |
| 3 | consumo_acumulado(KWh) | decimal(9,3) | | | No | Ninguna | | | Cambiar Eliminar Más |
| 4 | consumo_por_mes (KWh) | decimal(5,2) | | | No | Ninguna | | | Cambiar Eliminar Más |

| # | Nombre | Tipo | Cotejamiento | Atributos | Nulo | Predeterminado | Comentarios | Extra | Acción |
|---|------------------------------|--------------|--------------------|-------------------|------|----------------|-------------|----------------|---------|
| 1 | # | int(11) | | | No | Ninguna | | AUTO_INCREMENT | Cambiar |
| 2 | ID contador | int(11) | | | No | Ninguna | | | Cambiar |
| 3 | nombre y apellidos completos | varchar(50) | utf8mb4_general_ci | | No | Ninguna | | | Cambiar |
| 4 | ID | int(10) | | UNSIGNED ZEROFILL | Sí | NULL | | | Cambiar |
| 5 | Correo | varchar(100) | utf8mb4_general_ci | | No | Ninguna | | | Cambiar |
| 6 | Direccion | varchar(50) | utf8mb4_general_ci | | No | Ninguna | | | Cambiar |

Figura 54. Tablas de la demanda máxima de consumo por mes, del histórico de consumo, y de los usuarios

Fuente:

https://sv76.ifastnet.com:2083/cpsess3194919544/3rdparty/phpMyAdmin/db_structure.php?server=1&db=sistemad_medicion

Los datos tomados del contador se almacenan de forma ordenada en cada tabla según sea el dato perteneciente a cada una. A continuación, se muestra en la figura 55 la tabla consumo actual con los datos almacenados.

Servidor: localhost:3306 » Base de datos: sistemad_medicion » Tabla: consumo_actual

Examinar Estructura SQL Buscar Insertar Exportar Importar Operaciones Dispara

Mostrando filas 0 - 245 (total de 246, La consulta tardó 0.0006 segundos.)

```
SELECT * FROM `consumo_actual`
```

Perfilando [Editar en línea]

Mostrar todo | Número de filas: Todos/as | Filtrar filas: Buscar en esta tabla | Ordenar según la clave: Ninguna

+ Opciones

| | id | ID contador | fecha_actual | hora_actual | consumo_total (KWh) | consumo_por_mes (KWh) |
|---|----|-------------|--------------|-------------|---------------------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 1 | 1001104989 | 2021-10-01 | 07:00:09 | 7217.110 | 0.14 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 2 | 1001104989 | 2021-10-01 | 17:00:10 | 7217.720 | 0.75 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 3 | 1001104989 | 2021-10-02 | 07:00:09 | 7219.520 | 2.55 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 4 | 1001104989 | 2021-10-02 | 17:00:10 | 7221.470 | 4.50 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 5 | 1001104989 | 2021-10-03 | 07:00:09 | 7224.230 | 7.26 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 6 | 1001104989 | 2021-10-03 | 17:00:10 | 7225.570 | 8.60 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 7 | 1001104989 | 2021-10-04 | 07:00:09 | 7227.960 | 10.99 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 8 | 1001104989 | 2021-10-04 | 17:00:10 | 7228.120 | 11.15 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 9 | 1001104989 | 2021-10-05 | 07:00:09 | 7230.670 | 13.70 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 10 | 1001104989 | 2021-10-05 | 17:00:10 | 7231.010 | 14.04 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 11 | 1001104989 | 2021-10-06 | 07:00:09 | 7233.140 | 16.17 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 12 | 1001104989 | 2021-10-06 | 17:00:10 | 7234.350 | 17.38 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 13 | 1001104989 | 2021-10-07 | 07:00:09 | 7234.610 | 17.64 |
| <input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar | 14 | 1001104989 | 2021-10-07 | 17:00:10 | 7236.100 | 19.13 |

Figura 55. Datos almacenados en la tabla de consumo actual

Fuente:

https://sv76.ifastnet.com:2083/cpsess3194919544/3rdparty/phpMyAdmin/sql.php?server=1&db=sistemad_medicion&table=consumo_actual&pos=0

3.7.6. Acoplamiento de los componentes en el sistema

De acuerdo los requerimientos analizados en el apartado 3.4.2 de requerimientos y recursos se incluye un led verificador de funcionamiento del sistema, con el objetivo de mostrar al usuario que se encuentra operativo. En la figura 56 se muestra el código realizado para su verificación.

```

LED1.py ✕
1 import RPi.GPIO as GPIO
2 import time
3 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
4 GPIO.setup(18, GPIO.OUT) ## GPIO 18 como salida
5
6 while True:
7     GPIO.output(18,GPIO.HIGH)
8     time.sleep(0.5)
9     GPIO.output(18,GPIO.LOW)
10    time.sleep(0.5)
11

```

Figura 56. Programación del led

Fuente: Autoría

Por ultima parte, se realiza el proceso de toma de lecturas, se determinó realizar dos tomas de lectura por día, en las horas 07:00 am y 17:00 pm, de forma automática, para realizar este proceso se utiliza la herramienta CRON de Linux, la cual permite crear procesos de tareas a realizarse de forma automática en tiempo, días, y meses.

Para la configuración de cada asignación de tarea se procede a establecer archivos ejecutables con extensión .sh los cuales facilitan la ejecución de las tareas. Se crea archivos ejecutables de apagado de módulo SIM, encendido de módulo SIM, lectura de datos de la sonda óptica, y de inicio de funcionamiento del sistema, como se indica en la figura 57.

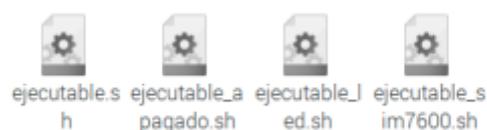


Figura 57. Ejecutables.sh de asignación de tareas

Fuente: Autoría

Para establecer las tareas, se lo realiza según la nomenclatura que usa la herramienta en cuestión, se ingresa al archivo de configuración como se muestra en la figura 58 y se procede a establecer las tareas.

```

Archivo  Editar  Pestañas  Ayuda
GNU nano 3.2 /tmp/crontab.ByqtaI/crontab

# Edit this file to introduce tasks to be run by cron.
#
# Each task to run has to be defined through a single line
# indicating with different fields when the task will be run
# and what command to run for the task
#
# To define the time you can provide concrete values for
# minute (m), hour (h), day of month (dom), month (mon),
# and day of week (dow) or use '*' in these fields (for 'any').
#
# Notice that tasks will be started based on the cron's system
# daemon's notion of time and timezones.
#
# Output of the crontab jobs (including errors) is sent through
# email to the user the crontab file belongs to (unless redirected).
#
# For example, you can run a backup of all your user accounts
# at 5 a.m every week with:
# 0 5 * * 1 tar -zcf /var/backups/home.tgz /home/
#
# For more information see the manual pages of crontab(5) and cron(8)
#
# m h dom mon dow   command
@reboot /home/pi/Desktop/ejecutable_led.sh
*/22 * * * * /home/pi/Desktop/ejecutable_sim7600.sh
*/24 * * * * /home/pi/Desktop/ejecutable.sh
*/26 * * * * /home/pi/Desktop/ejecutable_apagado.sh

^G Ver ayuda  ^O Guardar  ^W Buscar  ^K Cortar txt  ^J Justificar  ^C Posición  M-U Deshacer
^X Salir      ^R Leer fich.  ^\ Reemplazar  ^U Pegar txt  ^T Ortografía  ^_ Ir a línea  M-E Rehacer

```

Figura 58. Tareas ejecutables del sistema

Fuente: Autoría

3.7.7. Seguridad del sistema

Como se mencionó en 2.7.1, al ser información de suma importancia es necesario contar con algún sistema que proporcione seguridad extra y sobretodo proteja los datos de cada usuario de la página web. Esto se lo consigue gracias a los certificados de seguridad con el fin de encriptar la información que fluye en la web.

3.7.7.1. Aplicación de SSL sobre página web del sistema de medición

Se utilizó el gestor de páginas web Infinity Free con el cual asignaremos los certificados SSL disponibles. como primer procedimiento se asignó el dominio a certificar sdmemelnorte.infinityfreeapp.com, como se observa en la Figura 59.

Step 1. Enter the domain name Step 2. Choose the SSL provider

Domain Name

sdmemelnorte.infinityfreeapp.com

The www. subdomain is automatically included.

Check Domain

Figura 59. Dominio a certificar

Fuente: <https://app.infinityfree.net/sslCertificates/create/step1>

Como se observa en la figura 60, se despliega el proveedor de SSL a contratar el más óptimo para objeto de verificación escogido es GoGetSSL, este proveedor SSL permitirá asignar un servicio, con el que se aplica la certificación.

Paso 1. Ingrese el nombre de dominio Paso 2. Elija el proveedor de SSL

Elija un proveedor de SSL para sdmemelnorte.infinityfreeapp.com.

| MEJOR PARA DOMINIOS PERSONALIZADOS | LO MEJOR PARA SUBDOMINIOS GRATUITOS | PROVEEDOR ALTERNATIVO | LO MEJOR PARA CLOUDFLARE |
|--|--|---|---|
| <p>Vamos a cifrar</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Admite dominios personalizados ✗ No para subdominios gratuitos ✗ Válido por 90 días ✓ Confiado por los navegadores ✓ Fácil renovación <p>No soportado</p> | <p>CeroSSL</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Admite dominios personalizados ✓ Admite subdominios gratuitos ✗ Válido por 90 días ✓ Confiado por los navegadores ✓ Fácil renovación | <p>GoGetSSL</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Admite dominios personalizados ✓ Admite subdominios gratuitos ✗ Válido por 90 días ✓ Confiado por los navegadores ✗ Renovación menos fácil | <p>Autofirmado</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Admite dominios personalizados ✓ Admite subdominios gratuitos ✓ Válido por 10 años ✗ No es de confianza para los navegadores ✓ Fácil renovación |

Figura 60. Proveedor de SSL

Fuente: <https://app.infinityfree.net/sslCertificates/create/step2>

A continuación, se agrega al registro el certificado SSL como se indica en la figura 61, no se encuentra listo o validado y se muestra el origen (Nombre de registro) y destino del mismo con el fin de verificar la propiedad del dominio.

✓ ¡Éxito!
¡Se ha agregado su certificado SSL! Consulte la página para obtener más instrucciones.

Configurar registros DNS para `sdmemelnorte.infinityfreeapp.com`

Configure el siguiente registro CNAME en su nombre de dominio. Este registro es necesario para que el proveedor del certificado demuestre que eres el propietario del nombre de dominio.

Su nombre de dominio está utilizando servidores de nombres InfinityFree.
Configure los registros CNAME a través de nuestro panel de control. [Ver instrucciones.](#)

Estos son los servidores de nombres que detectamos en su nombre de dominio: `ns1.byet.org`, `ns3.byet.org`, `ns4.byet.org`, `ns5.byet.org` .

| | |
|--------------------|--|
| Nombre de registro | <code>_acme-reto</code> |
| Dominio | <code>sdmemelnorte.infinityfreeapp.com</code> |
| Destino | <code>be4fb087-351a-46b9-bf8b-953966c38d06.acmedns.infinityfree.net</code> |
| Destino actual | (no se encontró CNAME) No está listo |

Tenga en cuenta que los cambios de DNS pueden tardar algunas horas en surtir efecto.

Complete la verificación de dominio que se muestra arriba.

Figura 61. Registro del certificado SSL

Fuente: <https://app.infinityfree.net/sslCertificates/442312>

La verificación del dominio DNS se la realiza agregando los códigos únicos de los certificados de nombre de registro y destino, el proveedor de certificados genera un código único, los detalles se pueden verificar en la figura 62

Use the options below to add CNAME records for domains on your account such as for Google Apps services

Add CNAME Record

| Record Name | Domain | Destination | Actions |
|-------------------------------------|---|--|------------------------------------|
| <input type="text" value="SOURCE"/> | <input type="text" value="sdmemelnorte.infinityfreeapp.com"/> | <input type="text" value="DESTINATION"/> | <input type="button" value="Add"/> |

Remove CNAME Records

| CNAME Record | Destination | Actions |
|---|--|---------------------------------------|
| _81c3aaf042075a20c71dcc402c17b0fe.sdmemelnorte.infinityfreeapp.com. | bca2e9b5c4847f155e7411c2e3c03037.505e6c39f4119eb0186d07b83bb5ebfft0428176001649291565.sectigo.com. | <input type="button" value="Delete"/> |

Get the latest [cPanel](#), [free domain names](#), [free SSL certificates](#) for all your domain, Softaculous, enhanced PHP, Massive MySQL performance, Perl, Ruby on rails and much much more on Premium

Figura 62. Verificación del dominio

Fuente: <https://cpanel.epizy.com/panel/indexpl.php?option=cnamerecords&ttt=-5298794247701472768>

Una vez agregado, la verificación se realizará en cuestión de minutos y el certificado será enviado inmediatamente. En la figura 63 se muestra de color verde que el certificado SSL ha sido validado.

| Verify Installation | |
|---------------------|--|
| Domain | sdmemelnorte.infinityfreeapp.com |
| Status | Valid SSL certificate is installed |
| Issuer | InfinityFree |
| Expires at | 2032-04-06 |

Figura 63. Verificación del certificado SSL

Fuente: <https://app.infinityfree.net/sslCertificates/442312>

El certificado SSL requiere de una clave privada para funcionar, la misma que arroja el proveedor al momento de su validación con el fin de que funcione el mismo. Esta llave es un dato codificado que se usa en el cifrado/descifrado de los datos enviados entre el servidor y los clientes que se conectan. En el servidor, la información se descifra mediante la clave privada y se transfiere para su posterior procesamiento. Como se

muestra en la figura 64 la llave privada que genera es única conjuntamente con el certificado del proveedor.

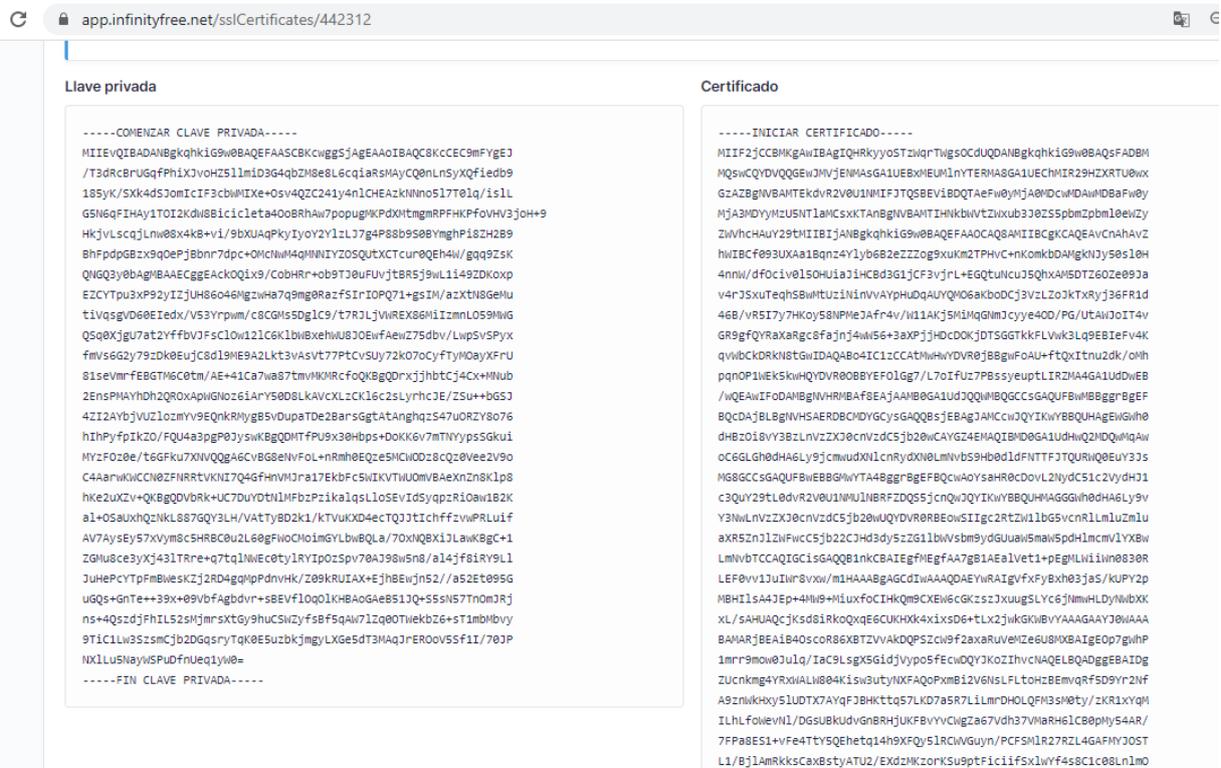


Figure 64. Llave privada y certificado del proveedor

Fuente: <https://app.infinityfree.net/sslCertificates/442312>

Estos valores codificados los cargamos en el cPanel principal tanto de private key como de certificate, en la figura 65 se indican los valores codificados de llaves de certificación en cPanel.

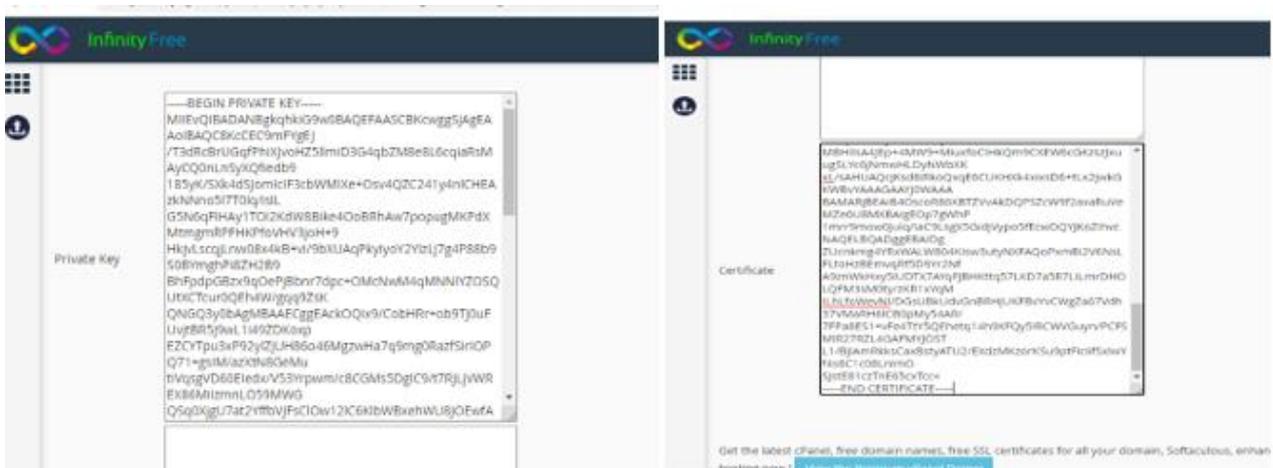
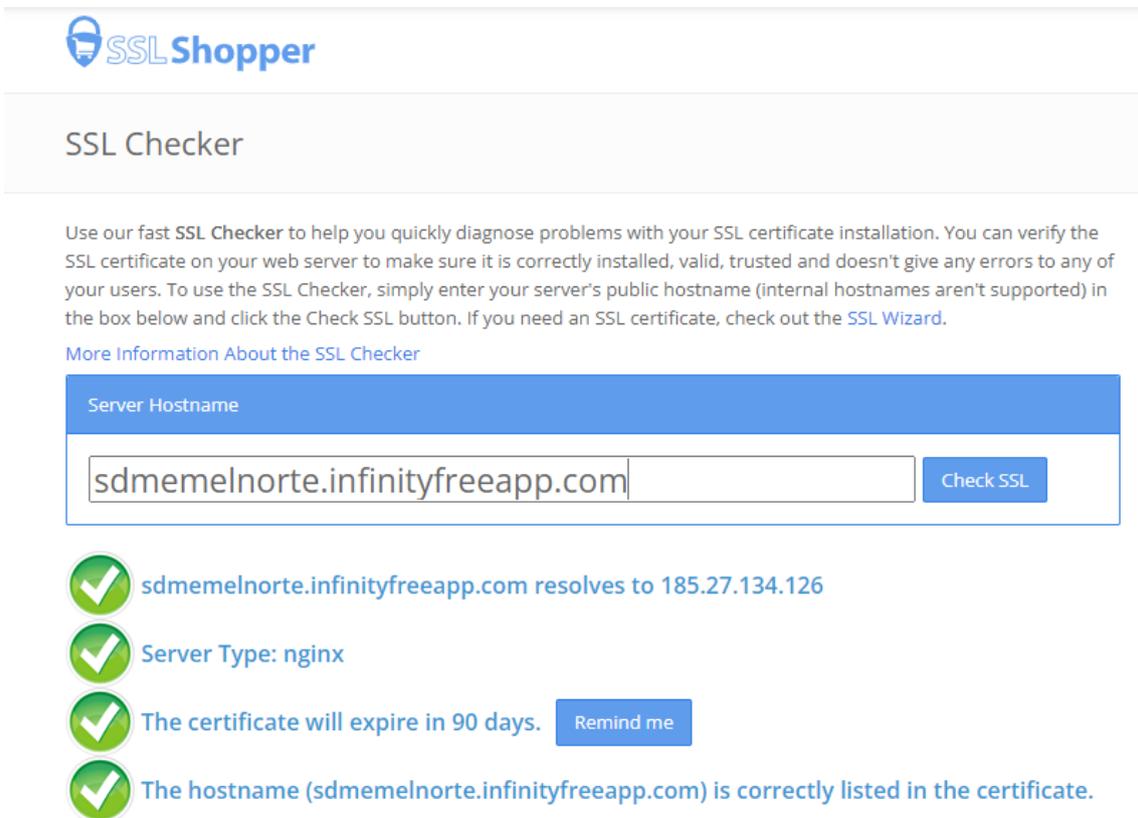


Figure 65. Valores codificados de llaves de certificación en cPanel

Fuente:

https://cpanel.epizy.com/panel/indexpl.php?option=sslconfigure&domain_name=sdmemelnorte.infinityfreeapp.com

Finalmente se procede a realizar la verificación de certificados SSL en la página web como se indica en la figura 66, con el fin de comprobar que la página web posee de manera correcta el certificado SSL, para lo cual se procede a ingresar a la página SSLShopper para confirmar colocando la página web como se puede ver en la imagen el dominio se encuentra certificado por 90 días de SSL sobre la página web



The screenshot displays the SSLShopper website's SSL Checker tool. At the top left is the SSLShopper logo. Below it, the heading "SSL Checker" is shown. A descriptive paragraph explains the tool's purpose: to quickly diagnose SSL certificate installation problems by verifying the certificate's validity, trust, and absence of errors. It instructs users to enter their server's public hostname in a provided input field and click the "Check SSL" button. A link for "More Information About the SSL Checker" is also present. The input field contains the domain "sdmemelnorte.infinityfreeapp.com" and the "Check SSL" button is highlighted. Below the input field, four green checkmarks indicate successful verification results: 1) The domain resolves to the IP address 185.27.134.126. 2) The server type is identified as nginx. 3) The certificate will expire in 90 days, with a "Remind me" button next to it. 4) The hostname is correctly listed in the certificate.

Figura 66. Comprobación

Fuente: <https://www.sslshopper.com/ssl-checker.html>

De la misma manera al ingresar a la página web podemos observar un icono de forma de candado esto confirma que la página web hace uso del certificado de seguridad SSL, en el cual se ve reflejado en protocolo https. Podemos ver información referente

al certificado instalado. En la imagen 67 se muestra el detalle del certificado generado y su ruta de certificación

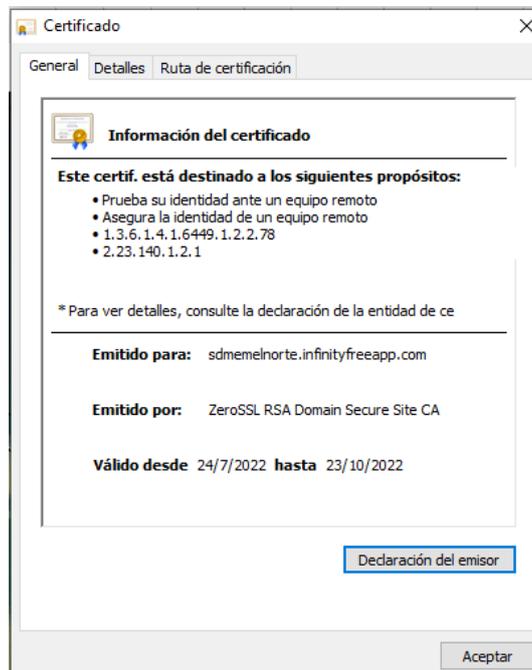


Figura 67. Certificado SSL

Fuente: CPS Repository | Sectigo® Official

En el siguiente apartado se muestra la conexión circuital de todos los componentes acoplados para el diseño del sistema, se muestra la conexión realizada del módulo SIM 7600SA junto con los GPIO de la placa del procesamiento y el circuito verificador de funcionamiento del sistema, además del diagrama circuital de la sonda optica infrarroja conectada vía interfaz USB.

3.7.7.2. Diagrama esquemático de sistema acoplado

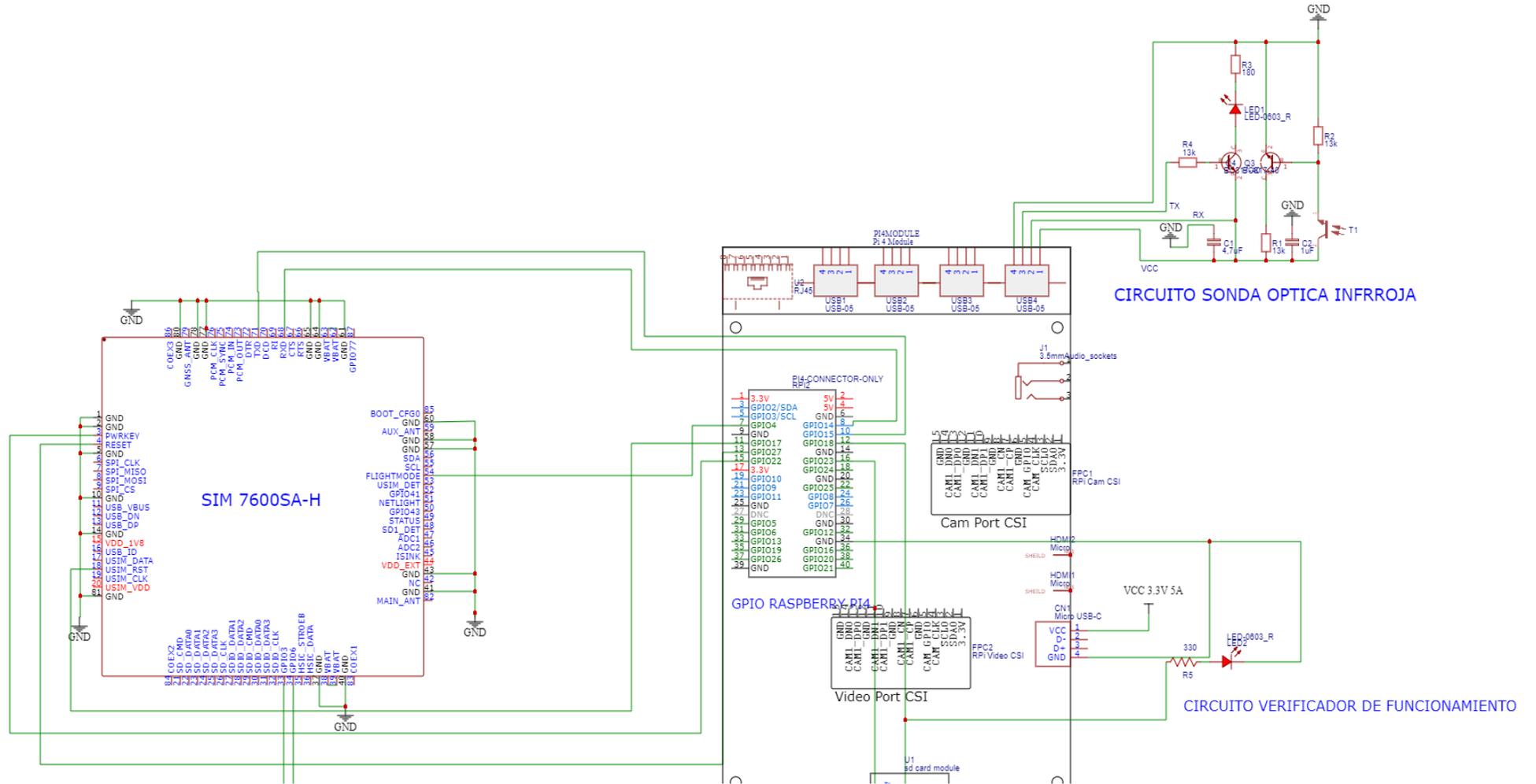


Figura 68. Diagrama circuito dispositivo acoplado

Fuente: Autoría

3.7.8. Diseño de carcasa

El diseño de la carcasa es de suma importancia para el desarrollo del sistema ya que su función es la de aislar los elementos y protegerlos del medio ambiente y deterioro. Este objeto contendrá la placa de desarrollo Raspberry, el módulo 4G y la sonda infrarroja. Por lo tanto, la carcasa tiene aberturas las cuales son colocadas de manera que faciliten las conexiones y la ubicación de los componentes, con protección IP55, en la figura 69 se muestra el diseño.

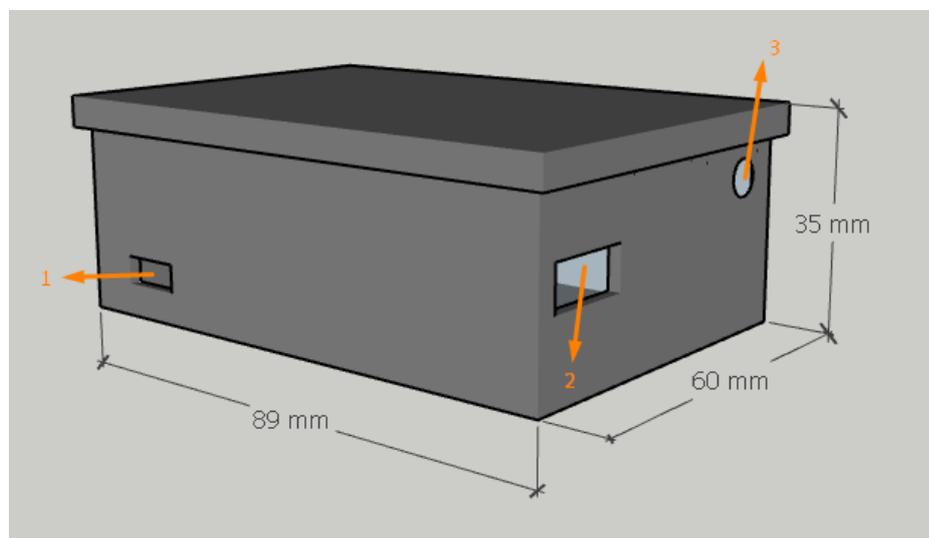


Figura 69. Elementos de la carcasa del sistema

Fuente: SketchUp

En la cara posterior se tiene el orificio de carga (1) de la placa de procesamiento el cual será conectado por medio de un cable con tipo de conector tipo C. En la cara frontal existen dos aberturas una en forma rectangular (2) y otra en forma redonda (3), la primera es para el puerto de entrada serial USB para la sonda óptica infrarroja y la siguiente es la de acoplamiento de antena del módulo 4G al exterior.

4. CAPITULO IV: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En este capítulo se describe los resultados de las pruebas obtenidas. Se ejecutan las pruebas de funcionamiento de los componentes de los sistemas acoplados al contador de energía, la toma de los datos mencionados en el capítulo III, así como su respectivo almacenamiento en servidor de la base de datos previamente creada y su visualización en una interfaz de control del sistema.

4.1. Implementación del Sistema Electrónico de Medición residencial

La implementación del dispositivo de medición, se la realizo en un domicilio de la ciudad de El Ángel ubicado dentro de la zona de cobertura de la operadora móvil escogida, como se indica en la figura 70. Las pruebas de funcionamiento proporcionaran la medición óptima en el domicilio y permitirá la automatización de este proceso.

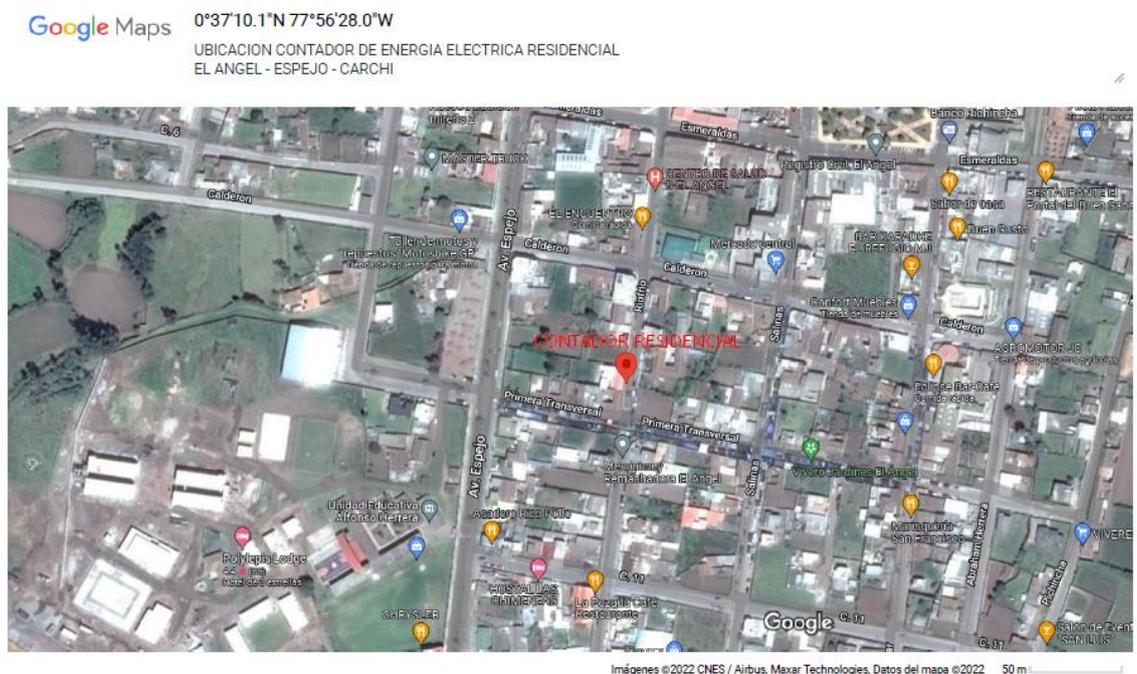


Figura 70. Zona de prueba de la ciudad de El Ángel

Fuente: Google maps

4.1.1. Ubicación del sistema en el domicilio

El contador de prueba se encuentra instalado en domicilio de la zona urbana de la ciudad de El Ángel, en la figura 71 se observa los componentes que forman parte de la instalación del dispositivo final, conectado al contador en los que se visualiza: el sistema, la conexión hacia la fuente de energía del sistema, el contador, y la sonda óptica.



Figura 71. Instalación del dispositivo final con sus componentes

Fuente: Autoría



Figura 72. Dispositivo final

Fuente: Autoría

4.1.2. Registros de usuarios a la base de datos del sistema

Una vez que el sistema esté instalado y funcionando de forma adecuada, se procede a configurar los horarios de toma de lectura que son: 07:00 am y 17:00 pm en un día. Cabe recalcar que el sistema de medición manual que realiza EMELNORTE, lo ejecuta entre los días del 23 al 27 de cada mes, por tal motivo se debe tener en cuenta

este dato para realizar las pruebas comparativas de mediciones entre sistema propuesto y la toma manual por parte de técnicos de la empresa.

Como primer punto se procede a registrar los datos tanto del usuario del domicilio y del contador de energía eléctrica de prueba, esto con la finalidad de que el usuario y administrador del sistema tenga un registro de los datos y lectura del contador para su posterior visualización en la página web, en las figuras 73 y 74 se muestra el registro de clientes al sistema y la comprobación del registro de los mismos.

Sistema de Medicion admin
User
Image

REGISTRO DE NUEVO CLIENTE

DATOS DEL CLIENTE

ID Contador **ID**

Nombres y Apellidos Completos **Correo Electronico**

Direccion

Copyright © 2022 SISTEMA MONITOREO DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA RESIDENCIAL. All rights reserved. Version 1.0.0

Figura 73. Registro de usuarios al sistema

Fuente: Autoría

Sistema de Medicion admin
User
Image

SISTEMA MONITOREO DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA RESIDENCIAL-USUARIOS

Listado de clientes

| Nro | Id Contador | Nombres y Apellidos completos | Cedula | Correo | Direccion |
|-----|-------------|-------------------------------|------------|--------------------------|--|
| 1 | 123456789 | admin | 0000000000 | admin@gmail.com | |
| 2 | 1001104989 | OBANDO LUNA IVAN ARTURO | 0400496832 | ivanobando04@gmail.com | ESPEJO / EL ANGEL / CALLE RIO FRIO SEGUNDA TRANSVE |
| 3 | 1001125844 | LOMAS LOPEZ JOSE ANTONIO | 0401456749 | jjoseantonio76@gmail.com | lbarra |

Copyright © 2022 SISTEMA MONITOREO DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA RESIDENCIAL. All rights reserved. Version 1.0.0

Figura 74. Comprobación del registro de usuarios del sistema de medición

Fuente: Autoría

Las tomas de lectura se realizaron durante los meses de; octubre, noviembre, diciembre y enero, como se mencionó anteriormente, se realizó dos tomas diarias durante estos meses con el fin de tener mayor información de consumo de energía eléctrica diario en el domicilio.

4.1.3. Mediciones realizadas por el sistema propuesto

El tipo de mediciones realizadas por el sistema propuesto dependen principalmente del modelo de contador y el modo de operación, en este caso para el modelo de contador DDSF51 usado para las pruebas, los parámetros que se registraron del contador se ven reflejados en la tabla 26.

Tabla 26. Parámetros de registro de cada contador

| PARAMETROS DE REGISTRO CONTADOR | | | |
|--|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Tabla | Tabla | Tabla | Tabla |
| consumo actual | demanda_max_actual | demanda_max_de_consumo_por mes | historicos_de_consumo |
| ID contador | Fecha de demanda máxima | Demanda max de consumo (KWh) | Mes de Consumo |
| Consumo total (KWh) | Hora de demanda máxima | Fecha de demanda máxima | Consumo Acumulado |
| Consumo por mes (KWh) | Valor de demanda máxima (KWh) | Hora de demanda máxima | |

Fuente: Autoría

Para la obtención del consumo se realizó solo en un mes y se procede a restar el consumo total actual menos el valor del consumo total del mes anterior.

$$VAC - VAM = VCM$$

En donde:

VAC *valor* actual de consumo acumulado

VAM *valor* acumulado mes anterior

VCM *valor* consumo por mes

4.1.3.1. Pruebas de consumo total acumulado

El sistema de medición de consumo total acumulado es tomado de forma exacta cada mes desde el primer día de cada mes hasta el último día de medición del mes, siendo esta medición más precisa e idónea para las comparaciones respectivas realizadas, a continuación, en la tabla 27 se muestra mediciones realizadas dentro de los meses de octubre, noviembre, diciembre del 2021 y enero del 2022 del contador de consumo energético residencial.

Tabla 27. Consumo total

| CONSUMO TOTAL | | | | |
|----------------------|---|---|---|---|
| CONTADOR | LECTURA AUTOMATICA OCTUBRE | LECTURA AUTOMATICA NOVIEMBRE | LECTURA AUTOMATICA DICIEMBRE | LECTURA AUTOMATICA ENERO |
| 1001104989 | 7285.980(KWh) | 7366.020(KWh) | 7424.050(KWh) | 7495.870(KWh) |

Fuente: Autoría

En la toma de datos realizado de forma manual por parte de EMELNORTE se debe tomar en cuenta que existe un desfase ya que por lo general se realiza entre los días 23 al 27 de cada mes determinado en ARCONEL. Se muestra a continuación estos datos de facturación en la tabla 28:

Tabla 28. Consumo total

| CONSUMO TOTAL | | | | |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| CONTADOR | LECTURA MANUAL | LECTURA MANUAL | LECTURA MANUAL | LECTURA MANUAL |

| | CON CIERRE 26 DE OCTUBRE | CON CIERRE 24 NOVIEMBRE | CON CIERRE 27 DICIEMBRE | CON CIERRE 24 ENERO |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1001104989 | 7273 (KWh) | 7352 (KWh) | 7417 (KWh) | 7477 (KWh) |

Fuente: Autoría

Con el fin de realizar la comparación entre las mediciones automáticas y manuales de forma más objetiva en el contador, se obtuvo los valores de medición automáticos del día en que se realizó la medición manual por parte de trabajadores de EMELNORTE, estas mediciones automáticas fueran obtenidas de la toma de datos de las 7:00 am que se muestran a continuación en la tabla 29:

Tabla 29. Consumo total

| CONSUMO TOTAL | | | | |
|----------------------|--|--|---|---|
| CONTADOR | LECTURA AUTOMATICA CON CIERRE 26 DE OCTUBRE (7:00 AM) | LECTURA AUTOMATICA CON CIERRE 24 NOVIEMBRE (7:00 AM) | LECTURA AUTOMATICA CON CIERRE 27 DICIEMBRE (7:00 AM) | LECTURA AUTOMATICA CON CIERRE 24 ENERO (7:00 AM) |
| 1001104989 | 7272.910 (KWh) | 7352.640 (KWh) | 7417.830 (KWh) | 7477.910 (KWh) |

Fuente: Autoría

La comparación fue realizada con respecto a las mediciones manuales y meses de facturación de EMELNORTE es decir con relación a la tabla 30 y con las mediciones automáticas obtenidas en los días especificados en la tabla 29 obteniendo los siguientes porcentajes de error con la respectiva comparación en la tabla 30.

Tabla 30. Porcentaje error Consumo Total

| PORCENTAJE ERROR CONSUMO TOTAL | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| CONTADOR | % DE ERROR OCTUBRE | % DE ERROR NOVIEMBRE | % DE ERROR DICIEMBRE | % DE ERROR ENERO |
| 1001104989 | 0.0012 | 0.008 | 0.01 | 0.012 |

Fuente: Autoría

Como se puede comprobar en la tabla 31 los resultados de medición de consumo total acumulado se establece que tiene un porcentaje de error promedio de 0,0078 % dentro de los 4 meses de medición, este error es debido a que existe diferencia de hora en el día de toma de lectura manual de consumo en el contador por parte de técnicos de la empresa EMELNORTE dentro de la fecha de lectura establecido, es así como se valida que existe una alta eficiencia en la toma de lectura del sistema de medición automático propuesto.

En la Figura 75, se puede apreciar la gráfica del registro de mediciones, tanto de la medición manual como del sistema de medición automático implementado, donde se puede identificar la línea de color azul, que corresponde a las mediciones del sistema implementado y la línea de color rojo a la medición manual, comprobando así que existe una alta eficiencia en la lectura de datos automático propuesto

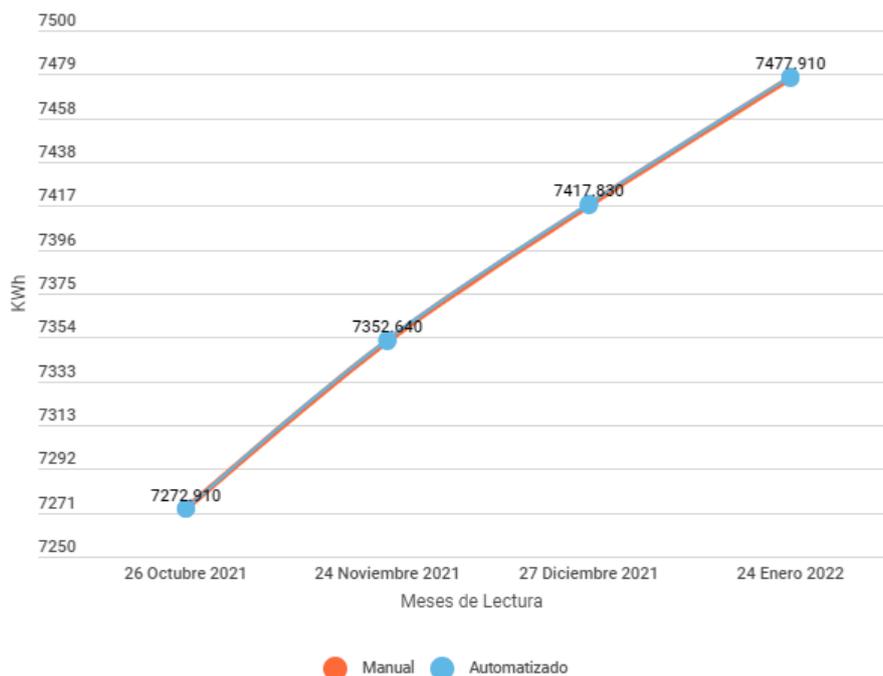


Figura 75.. Grafica comparativa de registro de mediciones de consumo de energía eléctrica

Fuente: Autoría

4.1.3.2. Pruebas de consumo mensual

Para realizar las pruebas de consumo mensual es necesario tomar en cuenta que el consumo mensual tomado de forma manual se la realiza de igual manera en los días finales de cada mes y completando el rango de días de toma de datos de consumo establecidos en ARCONEL que van desde los 28 a 31 días no necesariamente dentro del mismo mes por lo que existe un desfase en comparación con las mediciones automáticas realizadas ya que estas últimas se realizan de forma exacta completando el mes de consumo mensual.

A continuación, se presenta en la tabla 31 los resultados de la lectura automática de consumo mensual de los tres meses mencionados en el contador de prueba.

Tabla 31. Consumo mensual del contador datos tomados automáticamente

| CONSUMO MENSUAL DEL CONTADOR 1001104989 | | | | |
|--|---|---|---|---|
| CONTADOR | LECTURA AUTOMATICA OCTUBRE | LECTURA AUTOMATICA NOVIEMBRE | LECTURA AUTOMATICA DICIEMBRE | LECTURA AUTOMATICA ENERO |
| 1001104989 | 69.01 (KWh) | 80.04 (KWh) | 58.03 (KWh) | 71.82 (KWh) |

Fuente: Autoría

De acuerdo al reporte de consumo proporcionado por la empresa EMELNORTE la toma de datos de mediciones de consumo mensual de forma manual se presentan hasta los últimos días de cierre de consumo de cada mes como se observa en la tabla 32.

Tabla 32. Consumo mensual contador 1001104989 datos tomados manualmente

| CONSUMO MENSUAL DEL CONTADOR 1001104989 | | | | |
|--|---|---|---|---|
| CONTADOR | LECTURA MANUAL DESDE 24/09/21 HASTA 26/10/21 | LECTURA MANUAL DESDE 26/10/21 HASTA 24/11/21 | LECTURA MANUAL DESDE 24/11/21 HASTA 27/12/21 | LECTURA MANUAL DESDE 27/12/21 HASTA 24/01/22 |
| 1001104989 | 66 (KWh) | 79 (KWh) | 65 (KWh) | 60 (KWh) |

Fuente: Autoría

Con el objetivo de realizar la comparación de medición de forma óptima se procedió a recuperar de la base de datos las mediciones de consumo mensual automático del mismo día que los técnicos realizaron las tomas de datos del contador del domicilio, obteniendo los siguientes valores de lectura automática del día establecido en cada mes a las 7:00 am y mostrados en la siguiente tabla 33.

Tabla 33. Consumo mensual contador datos automáticos rectificadas

| CONSUMO MENSUAL DEL CONTADOR 1001104989 | | | | |
|--|---|---|---|---|
| CONTADOR | LECTURA AUTOMATICA DESDE 24/09/21 HASTA 26/10/21 | LECTURA AUTOMATICA DESDE 26/10/21 HASTA 24/11/21 | LECTURA AUTOMATICA DESDE 24/11/21 HASTA 27/12/21 | LECTURA AUTOMATICA DESDE 27/12/21 HASTA 24/01/22 |
| 1001104989 | 65.78 (KWh) | 79.26 (KWh) | 65.19 (KWh) | 60.08 (KWh) |

Fuente: Autoría

Una vez establecidas las mediciones tanto automáticas como manuales basados en los días establecidos para la respectiva facturación se procede a establecer la comparación de las tablas 32 y 33 de estos y se obtuvo los siguientes porcentajes de error en los meses de prueba mostrados en la tabla 34.

Tabla 34. Porcentaje error Consumo Total

| PORCENTAJE ERROR CONSUMO TOTAL | | | | |
|---------------------------------------|---|---|---|---|
| CONTADOR | % DE ERROR LECTURA DESDE 24/09/21 HASTA 26/10/21 | % DE ERROR NOVIEMBRE DESDE 26/10/21 HASTA 24/11/21 | % DE ERROR DICIEMBRE DESDE 24/11/21 HASTA 27/12/21 | % DE ERROR ENERO DESDE 27/12/21 HASTA 24/01/22 |
| 1001104989 | 0.33 | 0.32 | 0.29 | 0.13 |

Fuente: Autoría

Los resultados obtenidos del consumo mensual tienen un rango promedio de porcentaje de error total en los cuatro meses de prueba del 0.26% esto se debe principalmente a que la toma de lecturas manuales por parte de los técnicos de EMELNORTE no se las realizan a una hora fija. Esto demuestra que el sistema de medición automático funciona correctamente y valida los datos tomados manualmente inclusive de una manera más exacta.

En la Figura 76, se puede apreciar la gráfica del registro de mediciones mensuales, tanto de la medición manual como del sistema de medición automático implementado. Donde se puede identificar la línea de color azul, que corresponde a las mediciones del sistema implementado y la línea de color rojo a la medición manual, comprobando así que existe al igual que el parámetro de consumo total acumulado, una alta eficiencia en la lectura de datos tomados de forma automática.

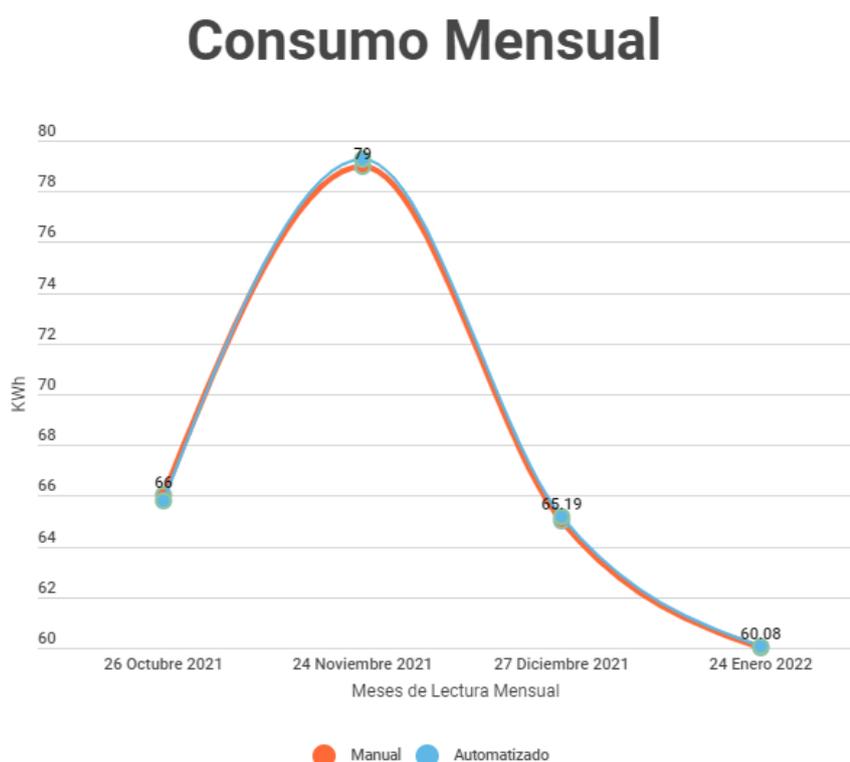


Figura 76. Grafica comparativa de registro de mediciones de consumo de energía eléctrica mensual

Fuente: Autoría

De igual manera, de la obtención de medición automática se pudo obtener los valores de demanda máximos de consumos actuales y de los últimos 4 meses, estos valores se tomaron y almacenaron en el contador de forma automática y precisa mediante DLSSM/COSEM, a diferencia en el proceso de toma de lectura manual esto es complicado por lo que este parámetro no se toma en cuenta y en la facturación no se

ve reflejados, en contraste en el sistema realizado se lo ha tomado en cuenta como un parámetro en el que el usuario pueda verificar su mayor consumo máximo realizado dentro del mes, mediante la página web.

4.2. Estimación de valor de pago de consumo del sistema propuesto, basado en sistema de facturación establecido por arconel.

Con el objetivo de validar el sistema propuesto se realizó el cálculo de pago de facturación de los meses en los que se hizo las pruebas. Según el *PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA* los cargos tarifarios únicos actuales establecidos para categoría residencial y para la empresa regional norte EMELNORTE son los que se muestran en la tabla 35.

Tabla 35. Cargos únicos tarifarios

| CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS | | | |
|--------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| RANGO DE CONSUMO | DEMANDA (USD/Kw-mes) | ENERGÍA (USD/Kwh) | COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor) |
| CATEGORÍA | RESIDENCIAL | | |
| NIVEL TENSIÓN | BAJA Y MEDIA | TENSIÓN | |
| 1-50 | | 0.091 | |
| 51-100 | | 0.093 | |
| 101-150 | | 0.095 | |
| 151-200 | | 0.097 | |
| 201-250 | | 0.099 | |
| 251-300 | | 0.101 | |
| 301-350 | | 0.103 | 1.414 |
| 351-500 | | 0.105 | |
| 501-700 | | 0.1285 | |
| 701-1000 | | 0.1450 | |
| 1001-1500 | | 0.1709 | |
| 1501-2500 | | 0.2752 | |
| 2501-3500 | | 0.4360 | |
| Superior | | 0.6812 | |

Fuente: *PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA*

Para el cálculo de facturación se debe tomar la tarifa establecida en la tabla presentada de pliego tarifaria sobre las mediciones directas y mensuales, correspondientes a periodos de lecturas mayor o igual a 28 días y menor o igual a 33 días, (PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, 2021), además como consecuencia de la aplicación de disposiciones de El Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), Ordenanzas Municipales, Decretos ministeriales, Resoluciones del Directorio, etc., la Empresa Eléctrica Regional Norte C.A.(EMELNORTE), debe incluir en la facturación, varios rubros adicionales que incrementan el valor de la planilla que debería contener únicamente los cargos por venta de energía. Los rubros que se adicionan a la planilla son: Penalización por bajo factor de potencia, Recolección de basura y aseo público, Tasa por alumbrado público, Contribución a los Cuerpos de Bomberos, Contribución para subsidio cruzado, con respecto a categoría residencial.

Bajo esta premisa se procede a realizar el estimado de facturación de los meses evaluados en las pruebas del sistema tomando en cuenta todos los rubros de ordenanza municipal establecidos en el cantón Espejo. Estos valores se muestran a continuación en la tabla 36.

Tabla 36. Facturación de meses evaluados

| FACTURACION ESTIMADA DE MESES EVALUADOS | | | | |
|--|--|--|--|--|
| CONTADOR | FACTURACION DESDE 24/09/21 HASTA 26/10/21 (OCTUBRE) | FACTURACION DESDE 26/10/21 HASTA 24/11/21 (NOVIEMBRE) | FACTURACION DESDE 24/11/21 HASTA 27/12/21 (DICIEMBRE) | FACTURACION DESDE 27/12/21 HASTA 24/01/22 (ENERO) |
| 1001104989 | 8.027 USD | 8.74 USD | 7.97 USD | 7.80 USD |

Fuente: Autoría

Los valores de facturación establecidos por EMELNORTE son similares ya que las mediciones automáticas de consumo mensual se encuentran en el mismo rango de consumo verificando y validando el sistema de medición propuesto, se presenta a continuación en la tabla 37 los valores facturados por parte de EMELNORTE.

Tabla 37. Facturación EMELNORTE meses evaluados

| FACTURACION EMELNORTE DE MESES EVALUADOS | | | | |
|---|--|--|--|--|
| CONTADOR | FACTURACION DESDE 24/09/21 HASTA 26/10/21 (OCTUBRE) | FACTURACION DESDE 26/10/21 HASTA 24/11/21 (NOVIEMBRE) | FACTURACION DESDE 24/11/21 HASTA 27/12/21 (DICIEMBRE) | FACTURACION DESDE 27/12/21 HASTA 24/01/22 (ENERO) |
| 1001104989 | 8.02 USD | 8.75 USD | 7.97 USD | 7.81 USD |

Fuente: Autoría

4.3. Prueba de visualización de información de lectura en la página web.

En esta sección, se verifica los datos obtenidos por medio de la sonda óptica infrarroja, transformándolos a información comprensibles y que los datos sean reales y legibles para que el usuario verifique su consumo. Esta información se puede visualizar en la plataforma web previamente creada y configurada con la base de datos de lectura.

En primer lugar, el usuario ingresará con su nombre completo y el ID del contador de consulta como se muestra en la figura 77.



Figura 77. Ingreso a la página web

Fuente: <https://sdmemelnorte.infinityfreeapp.com/>

Una vez ingresado en la pantalla de inicio el usuario podrá informarse del estado de consumo actual tanto, total como solo del mes de consumo que va en curso como se indica en la figura 78.



Figura 78. Pantalla de inicio

Fuente: <https://sdmemelnorte.infinityfreeapp.com/principal.php>

En la figura 79 referente a la principal se indica la información del medidor, los nombres del usuario, la dirección del domicilio, el número del contador, la tarifa, el consumo en KWh del mes, el acumulado en el contador con la última lectura, y la fecha de la demanda máxima de consumo de dicho contador.

| INFORMACION DEL SUMINISTRO | | | |
|-----------------------------------|--|---|--|
| NOMBRES: | OBANDO LUNA IVAN ARTURO | DIRECCION: | ESPEJO / EL ANGEL / CALLE RIO FRIO SEGUNDA TRANSVE |
| CONTADOR: | 1001104989 | TARIFA: | Residencial |
| CONSUMO MES: | 71.17 (KWh) | ULTIMA LECTURA: | 7495.220 (KWh) |
| DEMANDA MAXIMA DE CONSUMO: | 003.143 (KWh) FECHA: 2021-12-12 HORA: 13:30:00 | PARA VERIFICAR LAS LECTURAS CON EMELNORTE CLICK AQUI. | |

Figura 79. Información del suministro

Fuente: <https://sdmemelnorte.infinityfreeapp.com/principal.php>

También se despliega dos botones los cuales le permite al usuario descargar la información del medidor, en un archivo de Excel, y el segundo botón redirige a la página web oficial de EMELNORTE, para poder comparar los datos de medición del contador, esto se indica en la figura 80.

The image shows two overlapping windows. The top window is an Excel spreadsheet titled 'Lectura_Contador - Excel'. It contains the following data:

| | | | | |
|---|---------------------|-------------------------|----------------------|--|
| 1 | Nombres: | OBANDO LUNA IVAN ARTURO | Direccion: | ESPEJO / EL ANGEL / CALLE RIO FRIO SEGUNDA TRANSVE |
| 2 | Contador: | 1001125303 | Tarifa: | Residencial |
| 3 | Consumo Mes: | 14.97 (KWh) | Ultima Lectur | 5541.050 (KWh) |
| 4 | demanda ma: | 003.181 (KWh) | FECHA: | 2022-02-02 |

The bottom window is a web browser showing the 'CONSULTA DE CONSUMOS DE ENERGÍA - EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE' interface. It includes a search form with the following fields and options:

- Radio buttons for 'APELLIDOS Y NOMBRES' (selected) and 'SUMINISTRO'.
- Text input field containing 'OBANDO LUNA IVAN ARTURO'.
- Buttons for 'CONSULTAR' and 'NUEVA CONSULTA'.

Figure 80. Comprobación de los botones de la pantalla principal.

Fuente: Autoría

Así mismo, el usuario podrá verificar el estado de los reportes de consumos históricos anteriores, con una interfaz de fácil manejo escogiendo el mes en el cual se requiere la consulta, como se muestra en las figuras 81 y 82 respectivamente.

The image shows a web interface for 'Sistema de Monitoreo'. The user is logged in as 'OBANDO LUNA IVAN ARTURO'. The main content area is titled 'HISTORICOS DE CONSUMO' and features a section 'Elija el Mes de Consulta' with a dropdown menu set to 'octubre' and a 'CONSULTAR' button.

Figure 81. Históricos de consumo

Fuente: <https://sdmemelnorte.infinityfreeapp.com//clientes/historicos.php>



Figura 82. Históricos de consumo mes de octubre

Fuente:

https://sdmemelnorte.infinityfreeapp.com//clientes/controller_historicos.php?mes=octubre

4.4. Pruebas de conectividad

Para verificar la existencia de cobertura por parte de la red de telefonía CNT en las zonas que se van a implementar el sistema de medición, es necesario realizar pruebas de conectividad, las mismas que permitan determinar la eficacia que tendrá el sistema cuando se envíe la información obtenida de medición a la base de datos en la nube por medio de la red 4G.

Las pruebas se realizaron en las zonas en que el servicio tiene cobertura celular, las cuales se dividió en tres zonas como se indica la figura 83.

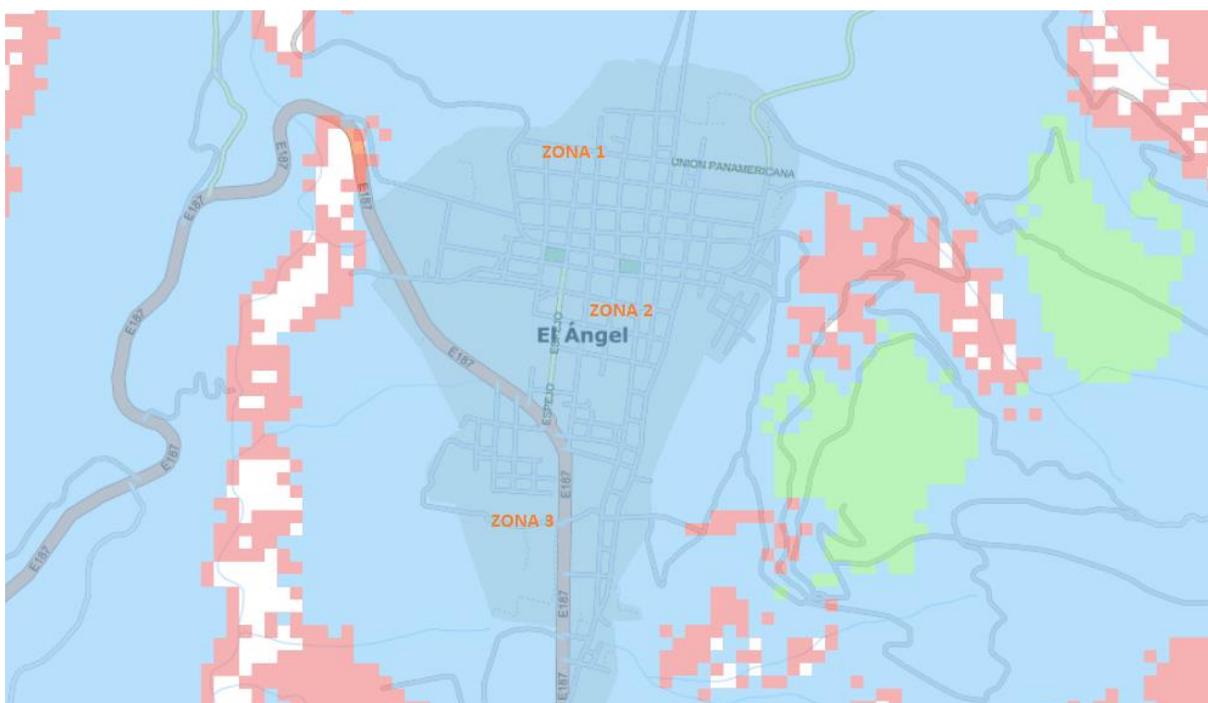


Figura 83. Zonas de prueba de cobertura

Fuente: <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/?u=-77.94018,0.61792,15>

En cada zona se realizó tres pruebas de conectividad cada 30 minutos, las mismas que se basan en realizar petición de ping al DNS de google desde la placa de procesamiento enviando los datos de las mediciones a la base de datos en la nube, estos resultados se indican en la tabla 38.

Tabla 38. Resultados de las pruebas de cobertura

| Cobertura | Conectividad | Error |
|-----------|--------------|-------|
| Zona 1 | OK | 0 % |
| | OK | |
| | OK | |
| Zona 2 | OK | 0 % |
| | OK | |

| | |
|--------|-----|
| OK | |
| OK | |
| Zona 3 | OK |
| | OK |
| | 0 % |

Fuente: Autoría

Como resultado de las pruebas de conectividad se obtuvo, que la zona de la ciudad de El Ángel donde se encuentra ubicado el contador existen las condiciones adecuadas de cobertura de red móvil para el envío de información teniendo una efectividad del 100%

4.5. Resultados de las pruebas de funcionamiento

Finalizadas las pruebas de funcionamiento, se procede a evaluar la confiabilidad de todo el sistema. El sistema de medición cuenta con una confiabilidad total de 99.1% los que comprueba que su aplicación ayuda de forma eficiente al problema identificado de obtención de lectura de contadores de forma automática en la ciudad de El Ángel.

En la tabla 39 se presenta los resultados totales de cada prueba, misma que se obtiene un promedio general, con el objetivo de presentar el porcentaje global de confiabilidad.

Tabla 39. Resultado de las pruebas de funcionamiento

| PRUEBAS | PORCENTAJE DE EFICACIA |
|------------------------|------------------------|
| Prueba de medición | 98.1% |
| Prueba de conectividad | 100% |
| Promedio | 99.05% |

Fuente: Autoría

5. CAPITULO V: ANALISIS DE COSTO-BENEFICIO DEL SISTEMA

En el presente capítulo se lleva a cabo un presupuesto referencial de los dispositivos utilizados en la realización del sistema y de la infraestructura que conforma la conexión analizados en el Capítulo III, también se determina los beneficios que obtendrá la empresa EMELNORTE al desarrollar este tipo de propuesta orientada al mejoramiento y optimización de toma de lectura en la empresa beneficiando tanto a usuarios de la empresa como a la misma empresa.

5.1. Costos

Los costos hacen referencia a todos los gastos que se generan para el proceso de implementación del sistema, se divide en tres aspectos que son hardware, software y gastos operativos involucrados en el desarrollo del proyecto. A continuación, se menciona cada uno de los costos operativos utilizados.

5.1.1. Costos de inversión

En este apartado se muestra el costo que comprende la implementación de un dispositivo para la medición de energía eléctrica consumida en el sector residencial y todo lo referente a hardware y software. Dado que el proyecto se trata del diseño del sistema de medición, se toma en cuenta valores referente a dispositivos que se adaptan a funcionalidades de este proyecto, para lo cual se mostrara dicho análisis empezando con los elementos que conforman el sistema. En la tabla 40 se visualiza el presupuesto de hardware

Tabla 40. Presupuesto de hardware

PRESUPUESTO DE HARDWARE

| ITEM | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|--|-----------------|---------------------------|--------------------|
| Raspberry Pi 4 | 1 | \$ 70 | \$ 70 |
| Módulo SIM7600SA- H_4G | 1 | \$ 65 | \$ 65 |
| Sonda óptica infrarroja RJ-OPUS-IEC | 1 | \$ 24 | \$ 24 |
| Carcasa del Sistema IP55 | 1 | \$ 20 | \$ 20 |
| Cable USB tipo C | 1 | \$ 5 | \$ 5 |
| Memoria micro SD | 1 | \$ 8 | \$ 8 |
| Tarjeta SIM | 1 | \$ 5 | \$ 5 |
| TOTAL | | | \$ 197 |
| 12 % IVA | | | \$ 23.64 |
| VALOR TOTAL | | | \$ 220.64 |

Fuente: Autoría

El costo total para el desarrollo del sistema de medición residencial en el apartado de hardware es de \$ 220.64 cabe aclarar que es una inversión a futuro, dado que, los equipos que intervienen en el sistema de medición se seguirán usando por varios años hasta que la empresa crea convenientes de actualizarlos. Para determinar el presupuesto del software es muy importante determinar la plataforma de almacenamiento de datos SQL en la nube, la misma que permita almacenar de manera ordenada los datos obtenidos de la medición de cada contador. El presupuesto usado para el desarrollo del software se indica en la tabla 41.

Tabla 41. Presupuesto de software

| PRESUPUESTO DEL SOFTWARE | | | |
|---------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| ITEM | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |

| | | | |
|--|---|------------------|----------|
| IDE de programación de la placa de control. | 1 | \$ 0 | \$ 0 |
| Plataforma en la nube para el hosting de dominio. | 1 | \$ 0 | \$ 0 |
| Plataforma en la nube base de datos MySQL | 1 | \$ 4,99(MENSUAL) | \$ 24,95 |
| SUBTOTAL | | | \$ 24,95 |

Fuente: Autoría

En el apartado del software se aprecia que existe un valor de 60,95 correspondiente a la licencia de plataforma en la nube de base de datos MySQL IFastNet y al plan contratado IoT de la operadora CNT.

5.1.2. Costos administrativos

La empresa EMELNORTE debe contar con el personal adecuado para la administración y gestión el cual identifique, visualice y controle el almacenamiento de datos, agregar nuevos usuarios al sistema de medición y proporcionar soporte, el sueldo del personal encargado es remunerado por parte de EMELNORTE lo cual no genera un costo adicional, pero se necesita que el personal que labora en este departamento se encuentre actualizado para el manejo del mismo, el cual se despliega en la tabla 42.

Tabla 42. Costos administrativos

| DESCRIPCION | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|---|----------|----------------|-------------|
| Curso de administración de base de datos | 1 | \$ 250 | \$ 250 |
| TOTAL | | | \$ 250 |

Fuente: Autoría

Los costos administrativos se aprecia un valor de \$ 250.00 correspondiente a la capacitación de un empleado que se encargue del manejo y control del sistema en la base de datos SQL dentro de EMELNORTE.

5.1.3. Costos Financieros

Este costo representa un valor de \$ 0.00 ya que no se establece ningún tipo de préstamo, debido a que cada institución como EMELNORTE ya posee un monto destinado al desarrollo de infraestructuras y activación de planes para el mejoramiento del servicio

5.2. Beneficios

La implementación del sistema de medición para la empresa EMELNORTE generaría ganancias económicas ya que permitirá automatizar el sistema que usa de toma de lectura de manera manual, este proyecto pretende contribuir a la toma de lectura exacta del consumo de servicio eléctrico residencial y así evitar para la empresa inconvenientes de generación de facturas y cobros erróneos a los usuarios de servicio.

Para llevar a cabo el análisis de los beneficios se tiene que tomar muy en cuenta los Stakeholders, en este caso todos los beneficiarios del proyecto como se puede observar en la Tabla 10, con lo cual se obtendrán los beneficios que percibe la población Ciudad de El Ángel.

5.2.1. Beneficios Sociales

En este apartado todas las personas relacionadas al presente proyecto son: la población del El Ángel, personal involucrado en el sistema de lectura y cobros de consumo de EMELNORTE, el director, el administrador y el desarrollador de este

proyecto obtendrán grandes beneficios y así de esta forma analizar la calidad y eficiencia del proyecto.

La principal orientación de este proyecto es la obtención de manera automática y precisa la medición del consumo de energía eléctrica de los usuarios residenciales de la ciudad de El Ángel y así mejorar el servicio de la empresa hacia la población.

5.2.2. Beneficios Económicos

Se puede evidenciar que existe un beneficio monetario dado que este sistema generara varios ingresos económicos a la empresa como automatización de un proceso manual por el cual se contrata personal que realice este trabajo además de capacitaciones periódicas. En el caso de la plataforma de visualización la propia empresa se encarga de dar mantenimiento de la misma para que sus usuarios se encuentren satisfechos con el servicio y puedan visualizar en tiempo real sus consumos.

5.3. Conclusión del análisis Costo-Beneficio

Al ser los beneficiarios, tanto la empresa EMELNORTE como los usuarios de la ciudad de El Ángel, el costo – beneficio a largo plazo sería de gran ayuda, evitaría problemas de consumo y facturación erróneos, además de ahorrar a la empresa el personal que haga ese trabajo, priorizando otras actividades de igual importancia.

Como conclusión se puede establecer que este proyecto es muy viable y debe ser considerado para agregar al sistema de medición que utiliza la empresa ya sea como reemplazo del actual o como ayuda de contingencia para futuro de la misma. Además, el beneficio que obtendría la población de la ciudad de El Ángel al estar en constante conocimiento del consumo exacto de energía eléctrica que realizan en sus hogares.

6. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

El sistema de lectura de contadores implementado en la ciudad de El Ángel es una propuesta y oportunidad de modernizar, mejorar y optimizar el sistema de medición actual que tiene la empresa EMELNORTE encargada de esta zona.

La implementación del sistema de medición de lectura de contadores permitió solucionar problemas identificados en la situación actual, como es la estimación de valor de consumo referenciado a tres meses históricos debido a la ubicación en zonas poco accesibles, toma de lectura errónea por parte de las personas que realizan esta actividad; automatizando estos procesos antes mencionados y reduciendo el tiempo y optimizando el servicio ante la población involucrada.

El sistema de medición de contadores tiene una eficacia del 99.1%, lo que conlleva que su implementación contribuye de manera óptima, en la recolección, procesamiento, almacenamiento y visualización de la información para mejorar el sistema de lectura de la empresa EMELNORTE.

El uso de la placa de procesamiento RASPBERRY PI4 permite reducir y optimizar los pines GPIO en el cual se pudo integrar el módulo de comunicación SIM 7600 esto permitió condensar funcionalidades y facilitar un diseño más compacto del dispositivo final.

La automatización de lectura de energía eléctrica en los contadores residenciales posibilita a los usuarios de este servicio visualizar su consumo de forma digital mediante una página web desarrollada de forma dinámica, a la que podrán acceder fácilmente a esta información para el monitoreo del consumo, y a las personas

administradoras de la empresa EMELNORTE realizar el almacenamiento de información de forma segura y confiable en la base de datos proporcionada.

6.2. RECOMENDACIONES

Es necesario diseñar la plataforma de visualización de una forma intuitiva con el usuario que permita presentar la información válida y oportuna a los usuarios.

Socializar el proyecto con usuarios administradores y clientes involucrados en el desarrollo del mismo enfatizando en las ventajas de mediciones automatizadas de este servicio público y generando el ahorro de recursos, tiempo y dinero.

Comprobar la compatibilidad de la operadora Móvil mediante la tarjeta SIM y el módulo SIM 7600 para el funcionamiento del mismo, además de actualizar los drivers y verificar el APN para el correcto envío de los datos a la nube.

Dada la eficacia del sistema este puede ser replicado a otras empresas del país encargadas del manejo de la energía eléctrica residencial que se encuentren con inconvenientes de lectura de consumos en contadores como la empresa que fue objeto del presente estudio.

Bibliografía

- RASPBERRY PI, ORG. (8 de Mayo de 2021). *Raspberry pi* . Obtenido de Raspberry pi : <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>
- Acosta, A. G. (2016). *MEDICIONES PARA INGENIEROS SÍNTESIS Mel*. Obtenido de MEDICIONES PARA INGENIEROS SÍNTESIS Mel: <https://sites.google.com/site/labmediup/temas-de-la-unidad/pl-7-medicion-de-potencia/7-4-teoria-y-tecnica>
- Alibaba. (29 de Abril de 2021). *Alibaba.com*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/>
- Almagro, C. U. (2011). *Lenguajes de Programación*.
- Amazon. (8 de mayo de 2021). Obtenido de <https://www.amazon.es/RASPBERRY-Placa-Modelo-SDRAM-1822096/dp/B07TC2BK1X>
- AN AVNET COMMUNITY. (9 de octubre de 2020). *HACKSTER.IO*. Obtenido de <https://www.hackster.io/tiger-koo/sim7600-a-raspberry-pi-4g-hat-telnyx-iot-sim-setup-69bd13>
- ARCONEL. (2019). Resolución Nro. ARCONEL-xxx/19. *Resolución Nro. ARCONEL-xxx/19*, 57.
- ARCONEL. (2021). *regulacion electrica* . Obtenido de Agencia de Regulacion y Control de Electricidad : <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/>
- Balapuwaduge, I. (2018). Cellular Networks: An Evolution from 1G to 4G. 2.
- Burgos, J. (2016). La electricidad, el recorrido de la energia. 7.
- Camargo, J. (2009). Modelo de cobertura para redes inalámbricas de interiores.
- Castro, R. (2016). ESTUDIO DE UN CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL Y DIGITAL ANALÓGICO SIGMA. 18.
- CELEC EP TRANSELECTRIC. (2016). Glosario de terminos ,sistema electrico Ecuatoriano. 7.
- CERT. (2017). Guía de Seguridad en Protocolos Industriales Smart Grid. 24.
- Certificados de seguridad para proteger la información que se mueve en tu web*. (21 de Abril de 2022). Obtenido de <https://www.acens.com/comunicacion/white-papers/certificados-seguridad-ssl/>
- Chenche, F. (2016). La convivencia de la tecnología 4G con 3G y 2G en Ecuador. 8.
- CISCO. (30 de 05 de 2021). *Introduccion a la tecnologia inalambrica*. Obtenido de <https://www.sapalomera.cat/moodlecf/RS/3/course/module4/4.1.1.2/4.1.1.2.html>
- CISCO. (2021). Qué es WIFI.
- Claro. (12 de 06 de 2021). *Claro Cobertura*. Obtenido de <https://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>

- CNT. (12 de 06 de 2021). *CNT Mapas*. Obtenido de <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/?u=-77.93237,0.59940,13>
- DLSM. (20 de 05 de 2021). *DLSM/COSEM*. Obtenido de <https://www.dlms.com/dlms-cosem/overview>
- Duplika. (4 de Mayo de 2021). *Que son los servidores web y por son necesarios?* Obtenido de <https://duplika.com/blog/que-son-los-servidores-web-y-por-que-son-necesarios/>
- Energia, S. y. (s.f.). Manual de energia. 1.
- Energy, S. (2006). DDSF51-L Single Phase Static Multi-rate Energy Meter.
- GERMAN METERING. (2006). Optical probe with USB output signal. *Catalogue*, 1.
- Gonzales. (2018). *Antologia de la materia electricidad y electronica industrial*.
- Gonzales, A. (2017). Energia para aprender.
- Gurux. (29 de 4 de 2021). *Gurux Ltd*. Obtenido de Gurux Ltd: <https://www.gurux.fi/>
- Herrera, M. (2018). INGENIERÍA DEL SOFTWARE: METODOLOGÍAS Y CICLOS DE VIDA Laboratorio Nacional de Calidad del Software. 29.
- IEC. (2002). IEC 62056-21. *Medición de electricidad -Intercambio de datos para lectura de contadores, control de tarifas y carga -*, 76.
- IEC. (14 de Abril de 2021). *INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION*. Obtenido de <https://www.iec.ch/homepage>
- IEC-62056. (2006). Electricity metering-data exchange for meter reading, tariff and load control. *Electricity metering-data exchange for meter reading, tariff and load control*.
- INEN. (2010). NTE INEN-IEC 62053-21:2010. *EQUIPOS DE MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA (C.A.) REQUISITOS PARTICULARES. PARTE 21: CONTADORES ESTÁTICOS DE ENERGÍA ACTIVA (CLASES 1 Y 2)*., 8.
- INEN. (2013). NTE INEN-IEC 62052-11. *EQUIPOS DE MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA (C.A.) REQUISITOS GENERALES, ENSAYOS Y CONDICIONES DE ENSAYO, PARTE 11: EQUIPOS DE MEDIDA (IEC 62052-11:2003, IDT)*, 8.
- INEN. (2014). NTE INEN IEC 62053-22. *EQUIPOS PARA MEDIR ENERGÍA ELÉCTRICA (C.A.) - REQUISITOS PARTICULARES - PARTE 22: CONTADORES ESTÁTICOS DE ENERGÍA ACTIVA (CLASES 0,2 S Y 0,5 S) (IEC 62053-22:2003, IDT)*, 10.
- Inga, M. (2016). Telefonía móvil de cuarta generación 4G y Long Term Evolution.
- INTERNACIONAL ESTANDAR IEC. (2006). IEC-62056-61. *Medición de electricidad -Intercambio de datos por medidor-control de lectura, tarifa y carga*, 8.
- ITCA. (30 de 05 de 2021). *Interconexion de redes con medios fisicos e inalambricos*. Obtenido de <https://virtual.itca.edu.sv/Mediadores/irmfi2/index.htm>
- Jaramillo, M. (2015). Implementación de Red Móvil con Tecnología 4G LTE. 2.
- Jimenez, J. (2017). Evaluación comparativa de redes móviles. 13.

- Juarez, J. (2015). *Sistemas de distribución de energía eléctrica*. 12.
- Lad, A. &. (2015). *SSL/TLS SECURITY AND TROUBLESHOOTING*.
- Lad, A. &. (s.f.). *SSL *^6*.
- Lee, Y. (2016). *Redes inteligentes de energía y su implementación en ciudades sostenibles*. 9.
- Leon, C. (2016). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA COMPLEMENTARIO PARA CONTROL Y MONITOREO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA SAN GABRIEL*. 29.
- Londoño, D. M. (2013). *GUÍA ENFOCADA A MEDIDORES DE ENERGÍA Y CONEXIONES DE MEDIDORES*. 55.
- López, F. (2010). *El Estándar IEEE 802.11 Wireless LAN*. Retrieved from *El estándar IEEE 802.11 Wireless LAN*.
- Machuca, F. (20 de Mayo de 2021). *crehana*. Obtenido de *¿Qué es Python? El lenguaje de programación más popular para aprender en 2021:*
<https://www.crehana.com/ec/blog/web/que-es-python/>
- Marques, M. (2011). *Base de datos*. En M. Marques.
- Martil, I. (2 de febrero de 2017). *Diario Público*. Obtenido de *¿Cómo funcionan las redes inalámbricas de telefonía móvil?:* <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2017/02/24/como-funcionan-las-redes-inalambricas-de-telefonía-movil/>
- Martin, J. R., Martin, A. R., & Rodriguez, F. M. (2006). *Sistemas gestores de bases de datos*. Madrid: McGraw.
- MySQL, B. d. (2012). *Base de datos de MySQL*. En B. d. MySQL, *CAPITULO 4*.
- Peñañiel, L. (2016). *La convivencia de la tecnología 4G con 3G y 2G en el Ecuador*.
- Raspberrypi. (10 de 06 de 2021). Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/>
- Rodriguez, J. M. (2020). *Análisis de seguridad del protocolo DLMS/COSEM en el contexto Smart Grids*.
- Role, J. (2019). *Consumer Energy Meter Technician*.
- Salazar, J. (2016). *Redes inalámbricas*.
- Sánchez, J. (2004). *Manual breve para el manejo de la base de datos de código*. En J. Sánchez, *Manual breve para el manejo de la base de datos de código* (pág. 23).
- Sanchez, R. (2016). *Arquitectura LTE*.
- Santos, F. (2015). *Tecnologías inalámbricas para la comunicación*.
- Sohn, J. (2016). *Jeju Island Smart Grid Test-Bed, Developing Next Generation Utility Networks*. 3.
- SPYDER. (26 de Mayo de 2021). *SPYDER*. Obtenido de <http://docs.spyder-ide.org/current/panes/ipythonconsole.html>
- UNAM. (2017). *Lenguajes de Programación*. Obtenido de *Unidad de Apoyo para el Aprendizaje:*
https://programas.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/1023/mod_resource/content/1/contenido/index.html

WAVESHARE. (8 de MAYO de 2021). *SHARE AWESOME HARDWARE*. Obtenido de <https://www.waveshare.com/sim7600sa-h-4g-hat.htm>

Weranga, S. K. (2016). *Smart Metering Design*.

6.3. ANEXOS

6.3.1. Anexo 1: Código de programación

```
from timeit import timeit #modulo que mide el tiempo de ejecución de
pequeños fragmentos de código
from datetime import datetime #dependencia de la hora
from datetime import date #dependencia de la fecha
import calendar
import locale # permite la salida de fecha en formato #locale permite
el cambio de idioma
import time #modulo permite funciones para obtener la fecha y/o hora
de distintos husos horarios
import serial #Nos permite abrir el puerto serie de la pc
import csv#permite lectura y escritura de archivos CSV
import pandas as pd#Pandas es una librería de Python especializada en
el manejo y análisis de estructuras de datos.
import mysql.connector#permite que Python acceda a las bases de datos
MySQL, utilizando una API

###Defino caracteres de control los cuales voy a usar en la conexion
#-----
-----
#ASCII /a /bytes HEXadecimales /FUNCIÓN
nul = '\x00' # Carácter Nulo
soh = '\x01' # (Inicio de encabezado)
stx = '\x02' # (Inicio de texto )
etx = '\x03' # (Fin de texto )
eot = '\x04' # (Fin de transmisión)
enq = '\x05' # (consulta)
ack = '\x06' # (ack, acuse de recibo)
bel = '\x07' # #'\a' (timbre)
bs = '\x08' # '\b' (retroceso)
ht = '\x09' # '\t' (Tab Horozontal)
lf = '\x0a' # '\n' (nueva linea)
vt = '\x0b' # '\v' (Tab Horozontal)
cr = '\x0d' # '\r' (retorno de carro)
so = '\x0e' # (shift out)
si = '\x0f' # (shift in)
nak = '\x15' # (data link escape)
esc = '\x1b' # (Escape)
space = '\x20' # (Espacio)
com = "/dev/ttyUSB0" # creo una variable en la cual especifico el
puerto serial COM por medio del
# cual existe la comunicacion entre el contador-
modulo raspberry
z = "0"
identificacion = ""
velocidad = 300 # creo la variable velocidad con el valor inicial 300
que es el de conexion
# inicial en baudios del contador
star_time2 = 0 #inicializo la variable de tiempo el cual empieza en 0
#### Se define una comunicación Serial a 300 Bd y se abre el puerto
ser = serial.Serial(port=com, baudrate=300, bytesize=serial.SEVENBITS
,
```



```

if (time.time() - star_time3) < 0.31:
    time.sleep(0.31 - (time.time() - star_time3))

serie0 = 0
serie1 = 0
serie2 = 0
serie3 = 0
serie4 = 0
fecha1 = 0
d = 0
i = 0
while i <= 17:
    i = i + 1
    if range(i):
        datos = ser.readline()
        if datos.count(b"\03") != 1:
            datos = datos.decode()
            #print(datos, "\n")
            datos = datos.replace(", ", ".")
            datos = datos.replace("(", ",")
            datos = datos.replace(")", ",")
            datos = datos.replace("\n", "")
            contador = datos.find("#")
            if contador >= 1:
                datos = datos.replace("*", "#", 1)
                datos = datos.replace("*", ",")
                datos = datos.replace("#", "*")
            else:
                datos = datos.replace("*", ", ", 1)
            datos = (str(i) + ",") + datos
            #print(datos)

#####IDENTIFICACION DE ID DEL CONTADOR#####
    posicion = datos.rfind("0.0.0,") #serie0
    #print(posicion)
    if (posicion > 0):
        serie0 = datos[posicion + 6:posicion + 18]
        #print("ID:", serie0)
        print(serie0)

#####FECHA DE INGRESO#####
    posicion = datos.rfind(",0.9.2,")
    #print(posicion)
    if (posicion > 0):
        serie1 = datos[posicion + 7:posicion + 15]
        #print("Fecha:", serie1)
        print(serie1)

#####HORA DE INGRESO#####
    posicion = datos.rfind(",0.9.1,")
    #print(posicion)
    if (posicion > 0):
        serie2 = 0
        serie2 = datos[posicion + 7:posicion + 15]
        #print("Hora:", serie2)
        print(serie2)

```

```

#####VALOR DE CONSUMO KWH MES ACTUAL#####
    posicion = datos.rfind(",1.8.0,")
    #print(posicion)
    if (posicion > 0):
        serie3 = datos[posicion + 7:posicion + 16]

        #print("Consumo KWh Mes actual :",serie3,"kWh")
        print(serie3)
#####VALOR DE CONSUMO KWH ULTIMO MES#####
    posicion = datos.rfind(",1.8.0*1,")
    #print(posicion)
    if (posicion > 0):
        serie4 = 0
        serie4 = datos[posicion + 9:posicion + 18]
        #print("Consumo KWh Ultimo mes :",serie4,"kWh")
        print(serie4)
#####VALOR DE CONSUMO KWH DOS MESES
ANTES#####
    posicion = datos.rfind(",1.8.0*2,")
    #print(posicion)
    if (posicion > 0):
        serie5 = 0
        serie5 = datos[posicion + 9:posicion + 18]
        #print("Consumo KWh Dos meses antes :",serie5,"kWh")
        print(serie5)
#####VALOR DE CONSUMO KWH TRES MESES
ANTES#####
    posicion = datos.rfind(",1.8.0*3,")
    #print(posicion)
    if (posicion > 0):
        serie6 = 0
        serie6 = datos[posicion + 9:posicion + 18]
        #print("Consumo KWh Tres meses antes :",serie6,"kWh")
        print(serie6)
#####VALOR DE CONSUMO KWH CUATRO MESES
ANTES#####
    posicion = datos.rfind(",1.8.0*4,")
    #print(posicion)
    if (posicion > 0):
        serie7 = 0
        serie7 = datos[posicion + 9:posicion + 18]
        #print("Consumo KWh Cuatro meses antes :",serie7,"kWh")
        print(serie7)
#####DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA MAS ALTA ACTUAL#####
    posicion = datos.rfind(",1.6.0,")
    #print(posicion)
    if (posicion > 0):
        serie8 = datos[posicion + 7:posicion + 14]
        serie20 = datos[posicion + 7:posicion + 32]
        #serie1 = datos[posicion+7:posicion+16]
        fecha_demanda = datos[posicion + 16:posicion + 24]
        fecha_demanda = fecha_demanda.replace("-", "/")
        hora_demanda = datos[posicion + 24:posicion + 32]
        #print("Demanda de energía eléctrica más alta mes actual
:",serie1,"a
        #la fecha:",serie3,"hora:",serie4)
        print(serie20)

```

```

#####DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA MAS ALTA MES ANTERIOR#####

    posicion = datos.rfind(",1.6.0*1,")

#print (posicion)
    if (posicion > 0):
        serie9 = datos[posicion + 9:posicion + 16]
        serie21 = datos[posicion + 9:posicion + 34]
        #serie1 = datos[posicion+9:posicion+18]
        fecha_demanda1 = datos[posicion + 18:posicion + 26]
        fecha_demanda1 = fecha_demanda1.replace("-", "/")
        hora_demanda1 = datos[posicion + 26:posicion + 34]
        #print("Demanda de energía eléctrica más alta ultimo mes
:",serie1,"a
        #la fecha:",serie3,"hora:",serie4)
        print(serie21)
#####DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA MAS ALTA DOS MESES
ANTES#####
    posicion = datos.rfind(",1.6.0*2,")

#print (posicion)
    if (posicion > 0):
        serie10 = datos[posicion + 9:posicion + 16]
        serie22 = datos[posicion + 9:posicion + 34]
        serie10 = datos[posicion + 9:posicion + 16]
        fecha_demanda2 = datos[posicion + 18:posicion + 26]
        fecha_demanda2 = fecha_demanda2.replace("-", "/")
        hora_demanda2 = datos[posicion + 26:posicion + 34]
        #print("Demanda de energía eléctrica más alta dos meses
antes
        #:",serie1,"a la fecha:",serie3,"hora:",serie4)
        print(serie22)
#####DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA MAS ALTA TRES MESES
ANTES#####
    posicion = datos.rfind(",1.6.0*3,")

#print (posicion)
    if (posicion > 0):
        serie23 = datos[posicion + 9:posicion + 34]
        serie11 = datos[posicion + 9:posicion + 16]
        fecha_demanda3 = datos[posicion + 18:posicion + 26]
        fecha_demanda3 = fecha_demanda3.replace("-", "/")
        hora_demanda3 = datos[posicion + 26:posicion + 34]
        #print("Demanda de energía eléctrica más alta tres meses
antes
        #:",serie1,"a la fecha:",serie3,"hora:",serie4)
        print(serie23)
#####DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA MAS ALTA CUATRO MESES
ANTES#####
    posicion = datos.rfind(",1.6.0*4,")

#print (posicion)
    if (posicion > 0):
        serie24 = datos[posicion + 9:posicion + 16]
        serie12 = datos[posicion + 9:posicion + 34]
        fecha_demanda4 = datos[posicion + 18:posicion + 26]
        fecha_demanda4 = fecha_demanda4.replace("-", "/")

```



```

consumo_tres_meses_atras = float("{0:.2f}".format(consumo_tres_meses_a
tras))

#meses en español
#CONVIERTO CALENDARIO A idioma ESPAÑOL
locale.setlocale(locale.LC_ALL, 'es_ES.UTF-8')

#muestro el mes al que pertenece el historico
mes_anterior = fecha_dt1.strftime("%B")
dos_meses_anteriores = fecha_dt2.strftime("%B")
tres_meses_anteriores = fecha_dt3.strftime("%B")
cuatro_meses_anteriores = fecha_dt4.strftime("%B")
#print(mes_anterior)

#Almacenar en archivo .csv historicos meses anteriores
list2 = [[mes_anterior, serie0, serie4, serie9, fecha_dt1, hora_dt1, consum
o_mes_anterior],
         [dos_meses_anteriores, serie0, serie5, serie10, fecha_dt2, hora_dt
2, consumo_dos_meses_atras],
         [tres_meses_anteriores, serie0, serie6, serie11, fecha_dt3, hora_d
t3, consumo_tres_meses_atras]]

with open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICA
CION/historico_mes_anterior.csv", "a", encoding='utf-
8', newline="") as f:

    h = csv.writer(f, dialect="excel")

    with open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENT
IFICACION/historico_mes_anterior.csv", "r", encoding='utf-
8', newline="") as f:
        reader = csv.reader(f)
        if not [row for row in reader]:
            h.writerow(["MES", "IDENTIFICACION", "CONSUMO
TOTAL_MES (KWh)", "DEMANDA MAXIMA MES (KWh)", "FECHA DEMANDA MAX
MES", "HORA DEMANDA MAX", "CONSUMO MES (KWh)"])
            h.writerows(list2)
        else:
            h.writerows(list2)

#archivo .csv temporal almacenamiento de registro actual
list4 = [d, serie0, fecha_actual, hora_actual, serie3, consumo_mes]

archivo_temporal = open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECT
URA_IDENTIFICACION/dato_temporal.csv", "w", encoding='utf-
8', newline="")
with archivo_temporal:
    writer = csv.writer(archivo_temporal, dialect="excel")
    writer.writerow(list4)

with open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICA
CION/dato_temporal.csv", "w", encoding='utf-8', newline="") as f:

```

```

e = csv.writer(f, dialect="excel")

with open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal.csv", "r", encoding='utf-8', newline="") as f:
    reader = csv.reader(f)
    if not [row for row in reader]:
        e.writerow(["id", "ID CONTADOR", "FECHA ACTUAL", "HORA ACTUAL", "CONSUMO TOTAL(KWh) ", "CONSUMO DEL MES (KWh)"])
        e.writerow(list4)
    else:
        e.writerow(list4)

#archivo .csv temporal almacenamiento de dwmanda de consumo maxima
list3 = [d,serie0,fecha_dt,hora_dt,serie8]

archivo_temporal1 = open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal1.csv", "w", encoding='utf-8', newline="")
with archivo_temporal1:
    writer = csv.writer(archivo_temporal1, dialect="excel")
    writer.writerow(list3)

with open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal1.csv", "w", encoding='utf-8', newline="") as f:

w = csv.writer(f, dialect="excel")

with open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal1.csv", "r", encoding='utf-8', newline="") as f:
    reader = csv.reader(f)
    if not [row for row in reader]:
        w.writerow(["id", "ID CONTADOR", "FECHA DEMANDA MAX", "HORA DEMANDA MAX", "DEMANDA MAXIMA ACTUAL (KWh)"])
        w.writerow(list3)
    else:
        w.writerow(list3)

#archivo .csv temporal almacenamiento de historico de consumo
list5 = [[serie0,mes_anterior,serie4,consumo_mes_anterior],
[serie0,dos_meses_anteriores,serie5,consumo_dos_meses_atras],
[serie0,tres_meses_anteriores,serie6,consumo_tres_meses_atras],
[serie0,cuatro_meses_anteriores,serie7,0]]

archivo_temporal2 = open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal2.csv", "w", encoding='utf-8', newline="")
with archivo_temporal2:
    writer = csv.writer(archivo_temporal2, dialect="excel")
    writer.writerows(list5)

with open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICA

```

```

CION/dato_temporal2.csv", "w", encoding='utf-8', newline="") as f:

    x = csv.writer(f, dialect="excel")

    with open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal2.csv", "r", encoding='utf-8', newline="") as f:
        reader = csv.reader(f)
        if not [row for row in reader]:
            x.writerow(["ID CONTADOR", "MES", "CONSUMO TOTAL (KWh)", "CONSUMO POR MES (KWh)"])
            x.writerows(list5)
        else:
            x.writerows(list5)

#archivo .csv temporal almacenamiento demanda maxima por mes
list6 = [[serie0,mes_anterior, fecha_dt1, hora_dt1, serie9],
         [serie0,dos_meses_anteriores, fecha_dt2, hora_dt2, serie10],
         [serie0,tres_meses_anteriores, fecha_dt3, hora_dt3, serie11],
         [serie0,cuatro_meses_anteriores, fecha_dt4, hora_dt4, serie24]]

archivo_temporal3 = open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal3.csv", "w", encoding='utf-8', newline="")
with archivo_temporal3:
    writer = csv.writer(archivo_temporal3, dialect="excel")
    writer.writerows(list6)

with open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal3.csv", "w", encoding='utf-8', newline="") as f:

    y = csv.writer(f, dialect="excel")

    with open("/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal3.csv", "r", encoding='utf-8', newline="") as f:
        reader = csv.reader(f)
        if not [row for row in reader]:
            y.writerow(["ID CONTADOR", "MES", "FECHA", "HORA", "DEMANDA MAX CONSUMO POR MES"])
            y.writerows(list6)
        else:
            y.writerows(list6)

#subir datos de archivo .csv a mysql
conexion1 = mysql.connector.connect(host="sv76.ifastnet.com", user="sistemad_nobando", passwd="sistemademedicion", database="sistemad_medicion")
cursor1 = conexion1.cursor()
empdata = pd.read_csv('/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTURA_IDENTIFICACION/dato_temporal.csv', index_col=False, delimiter = ',')
for w,row in empdata.iterrows():
    sql = "insert into sistemad_medicion.consumo_actual VALUES

```

```

(%s,%s,%s,%s,%s,%s)"
    cursor1.execute(sql, tuple(row))
    print("Registro Consumo Actual Insertado")
    conexion1.commit()

empdata1 = pd.read_csv('/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTU
RA_IDENTIFICACION/dato_temporal1.csv', index_col=False, delimiter = ',
')
empdata1.head()
for w,row in empdata1.iterrows():
    sql = "insert into sistemad_medicion.demanda_max_actual VALUES
(%s,%s,%s,%s,%s)"
    cursor1.execute(sql, tuple(row))
    print("Registro Demanda Consumo Maximo Actual Insertado")
    conexion1.commit()

empdata2 = pd.read_csv('/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTU
RA_IDENTIFICACION/dato_temporal2.csv', index_col=False, delimiter = ',
')
empdata2.head()
for w,row in empdata2.iterrows():
    sql = "insert into sistemad_medicion.historicos_de_consumo VALUES
(%s,%s,%s,%s)"
    cursor1.execute(sql, tuple(row))
    print("Registro Historico de consumo insertado")
    conexion1.commit()

empdata3 = pd.read_csv('/home/pi/Desktop/LECTURA_IDENTIFICACION/LECTU
RA_IDENTIFICACION/dato_temporal3.csv', index_col=False, delimiter = ',
')
empdata3.head()
for w,row in empdata3.iterrows():
    sql = "insert into
sistemad_medicion.demanda_max_de_consumo_por_mes VALUES
(%s,%s,%s,%s,%s)"
    cursor1.execute(sql, tuple(row))
    print("Registro Demanda de consumo por mes insertado")
    conexion1.commit()

sys.exit()

```

INTERNATIONAL STANDARD

IEC 62056-21

First edition
2002-05

**Electricity metering –
Data exchange for meter reading, tariff and
load control –**

**Part 21:
Direct local data exchange**

*This **English-language** version is derived from the original **bilingual** publication by leaving out all French-language pages. Missing page numbers correspond to the French-language pages.*



Reference number
IEC 62056-21:2002(E)

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)

- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

CONTENTS

| | |
|---|----|
| FOREWORD..... | 9 |
| INTRODUCTION..... | 13 |
| 1 Scope..... | 15 |
| 2 Normative references..... | 15 |
| 3 Terms, definitions and abbreviations..... | 17 |
| 3.1 Terms and definitions..... | 17 |
| 3.2 Abbreviations..... | 19 |
| 4 Physical properties..... | 19 |
| 4.1 Electrical current loop interface..... | 19 |
| 4.2 Electrical interface V.24/V.28..... | 23 |
| 4.3 Optical interface..... | 25 |
| 4.3.1 Construction of the reading head..... | 25 |
| 4.3.2 Characteristic data of the magnet..... | 25 |
| 4.3.3 Arrangement of components in the tariff device..... | 29 |
| 4.3.4 Alignment..... | 29 |
| 4.3.5 Optical characteristics..... | 29 |
| 5 Character transmission..... | 33 |
| 5.1 Type of transmission..... | 33 |
| 5.2 Transmission speed..... | 33 |
| 5.3 Signal quality..... | 33 |
| 5.4 Character format..... | 33 |
| 5.5 Character code..... | 33 |
| 5.6 Character security..... | 33 |
| 6 Data transmission protocol..... | 35 |
| 6.1 General..... | 35 |
| 6.2 Calculation of the block check character..... | 35 |
| 6.3 Message definitions..... | 37 |
| 6.3.1 Request message..... | 37 |
| 6.3.2 Identification message..... | 37 |
| 6.3.3 Acknowledgement/option select message..... | 37 |
| 6.3.4 Data message (except in programming mode)..... | 37 |
| 6.3.5 Acknowledgement message..... | 37 |
| 6.3.6 Repeat-request message..... | 37 |
| 6.3.7 Programming command message..... | 39 |
| 6.3.8 Programming command message using optional partial blocks..... | 39 |
| 6.3.9 Data message (programming mode)..... | 39 |
| 6.3.10 Data message (programming mode) using optional partial blocks..... | 39 |
| 6.3.11 Error message (programming mode)..... | 39 |
| 6.3.12 Break message (programming mode)..... | 39 |
| 6.3.13 Block message (other protocols)..... | 39 |
| 6.3.14 Explanations of message contents..... | 41 |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICITY METERING –
DATA EXCHANGE FOR METER READING,
TARIFF AND LOAD CONTROL –****Part 21: Direct local data exchange**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this International Standard may involve the use of a maintenance service concerning the stack of protocols on which the present standard IEC 62056-21 is based.

The IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of this maintenance service.

The provider of the maintenance service has assured the IEC that he is willing to provide services under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the provider of the maintenance service is registered with the IEC. Information may be obtained:

Manufacturer's identification, item 12) of 6.3.2: from

The FLAG Association, UK
www.dlms.com/flag

Enhanced identification character, item 24) of 6.3.2: from

DLMS User Association
Geneva / Switzerland
www.dlms.ch

International Standard IEC 62056-21 has been prepared by IEC Technical Committee 13: Equipment for electrical energy measurement and load control.

This first edition IEC 62056-21 cancels and replaces the second edition of IEC 61107 published in 1996 and constitutes a technical revision.

The text of this standard is based on the following documents:

| FDIS | Report on voting |
|--------------|------------------|
| 13/1271/FDIS | 13/1277/RVD |

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

Annexes A, B and E form an integral part of this standard.

Annexes C and D are for information only.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

ELECTRICITY METERING – DATA EXCHANGE FOR METER READING, TARIFF AND LOAD CONTROL –

Part 21: Direct local data exchange

1 Scope

This part of IEC 62056 describes hardware and protocol specifications for local meter data exchange. In such systems, a hand-held unit (HHU) or a unit with equivalent functions is connected to a tariff device or a group of devices.

The connection can be permanent or disconnectable using an optical or electrical coupling. An electrical interface is proposed for use with a permanent connection, or when more than one tariff device needs to be read at one site. The optical coupler should be easily disconnectable to enable data collection via an HHU.

The protocol permits reading and programming of tariff devices. It is designed to be particularly suitable for the environment of electricity metering, especially as regards electrical isolation and data security. While the protocol is well-defined, its use and application are left to the user.

This standard is based on the reference model for communication in open systems. It is enhanced by further elements such as an optical interface, protocol controlled baud rate switchover, data transmission without acknowledgement of receipt. The protocol offers several modes for implementation in the tariff device. The HHU or equivalent unit acts as a master while the tariff device acts as a slave in protocol modes A to D. In protocol mode E, the HHU acts as a client and the tariff device acts as a server.

As several systems are in practical use already, particular care was taken to maintain compatibility with existing systems and/or system components and their relevant protocols.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050-300:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical measurements – Part 313: Types of electrical measuring instruments – Part 314: Specific terms according to the type of instrument*

IEC 62051:1999, *Electricity metering – Glossary of terms*

IEC 62056-42:2002, *Electricity metering – Data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 42: Physical layer services and procedures for connection oriented asynchronous data exchange*

IEC 62056-46:2002, *Electricity metering – Data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 46: Data link layer using HDLC-protocol*

IEC 62056-53:2002, *Electricity metering – Data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 53: COSEM application layer*

ISO/IEC 646:1991, *Information technology – ISO 7-bit coded character set for information interchange*

ISO/IEC 1155:1978, *Information processing – Use of longitudinal parity to detect errors in information messages*

ISO/IEC 1177:1985, *Information processing – Character structure for start/stop and synchronous character-oriented transmission*

ISO/IEC 1745:1975, *Information processing – Basic mode control procedures for data communication systems*

ISO/IEC 7480:1991, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Start-stop transmission signal quality at DTE/DCE interfaces*

ITU-T Recommendation V.24 (2000), *List of definitions for interchange circuits between data terminal equipment (DTE) and data circuit-terminating equipment (DCE)*

ITU-T Recommendation V.28 (1993), *Electrical characteristics for unbalanced double-current interchange circuits*

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purpose of this part of IEC 62056 the terms and definitions given in IEC 60050-300 and IEC 62051, as well as the following apply:

3.1.1

tariff device

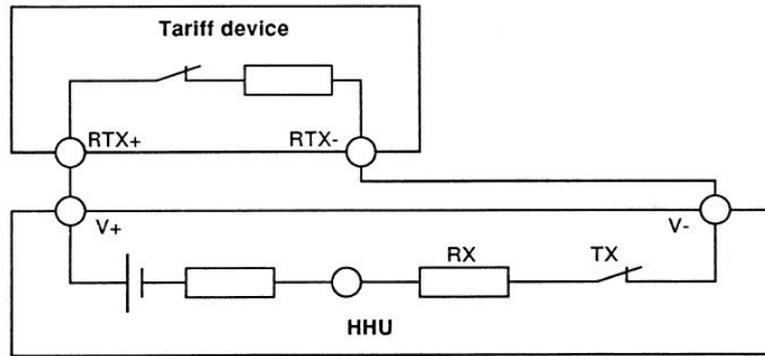
fixed data collection unit, normally linked or combined with an electricity meter, acting as a server

3.1.2

master

central station. Station which takes the initiative and controls the data flow

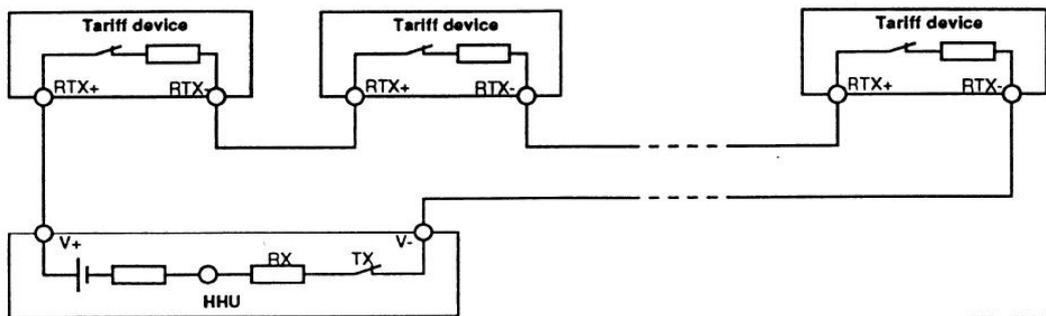
d) Circuit arrangements in two-wire configuration (one slave station)



IEC 722/02

Figure 1a – Circuit diagram of a two-wire single slave configuration

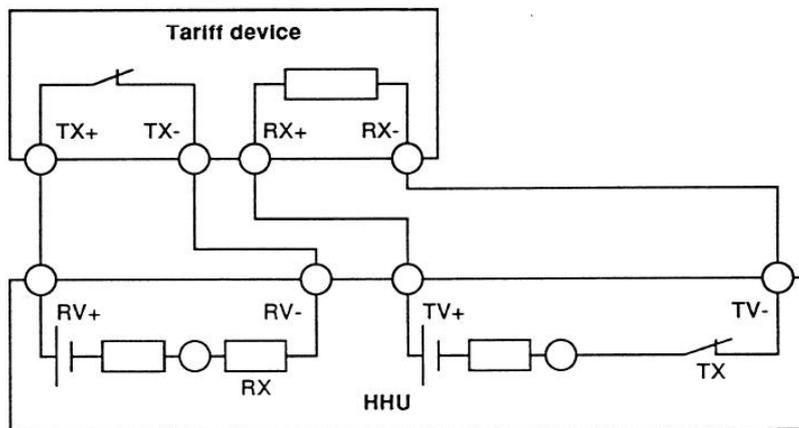
e) Circuit arrangements in two-wire configuration (multiple slave stations)



IEC 723/02

Figure 1b – Circuit diagram of a two-wire multiple slave configuration

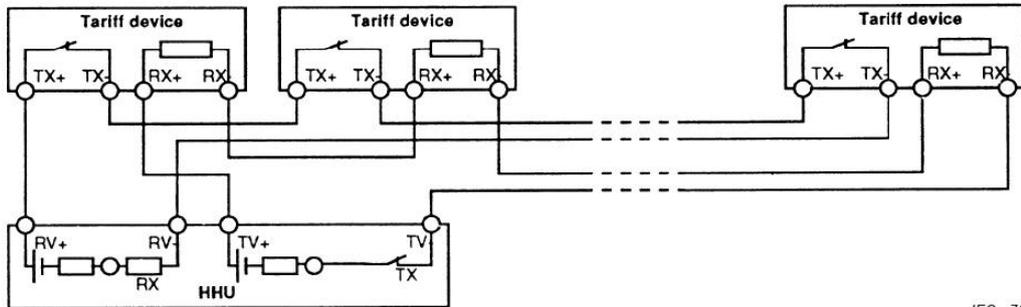
f) Circuit arrangements in four-wire configuration (one slave station)



IEC 724/02

Figure 1c – Circuit diagram of a four-wire single slave configuration

g) Circuit arrangements in four-wire configuration (multiple slave stations)



IEC 725/02

Figure 1d – Circuit diagram of a four-wire multiple slave configuration

Figure 1 – Circuit diagrams

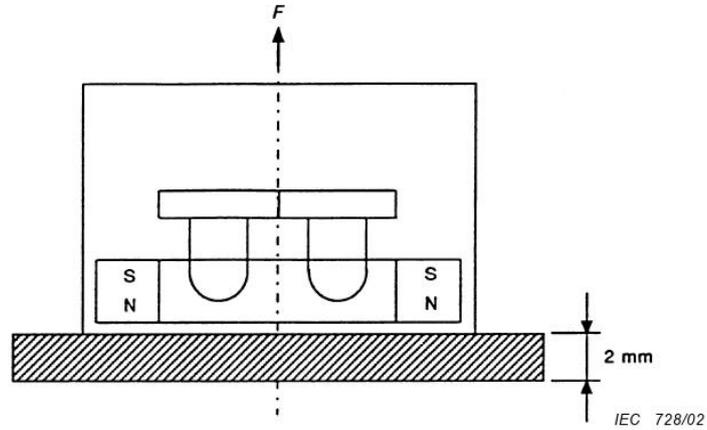
If a nominal voltage of the master station (HHU) of 26 V is assumed, eight slave stations (tariff devices) can be connected in series.

4.2 Electrical interface V.24/V.28

Relevant ITU-T recommendations apply:

ITU-T Recommendation V.24: only circuits No. 102 (Signal ground), 103 (Transmitted data) and 104 (Received data) are used.

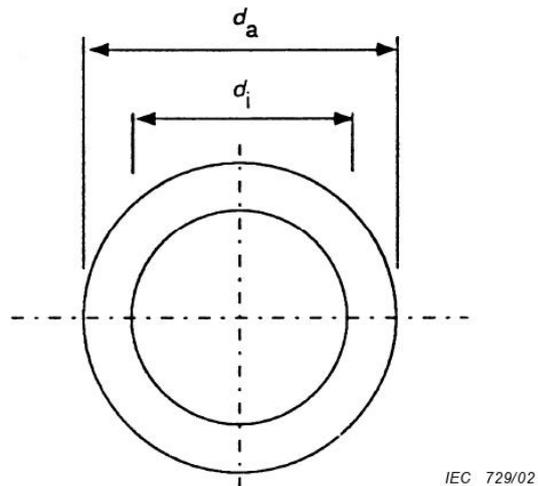
ITU-T Recommendation V.28: The electrical characteristics of the interchange circuits shall be according to the ITU-T V.28 Recommendation. These enable signalling rates up to 20 kbit/s.



Cohesion force

$F \geq 5$ N in contact with the steel plate; $F > 1.5$ N at a distance of 2 mm from the steel plate.

Figure 3a – Cohesion force



Internal diameter $d_i = 13 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$; External diameter $d_a = 28 \text{ mm}$ minimum

Magnetization: axial, north pole directed towards the tariff device.

Figure 3b – Dimensions

Figure 3 – Characteristic data of the magnet

4.3.3 Arrangement of components in the tariff device

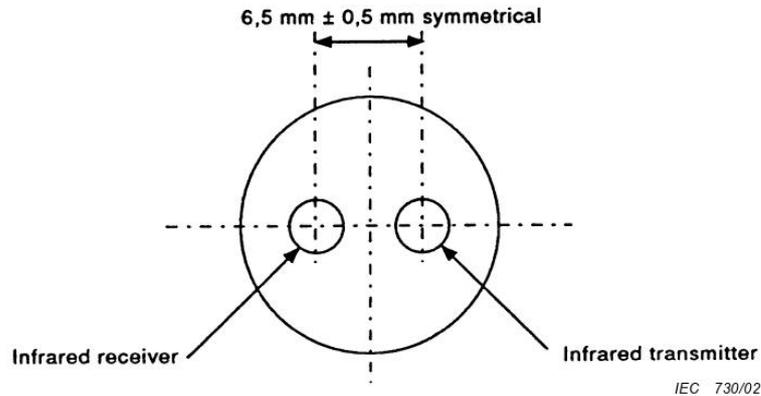


Figure 4 – View into optical port

4.3.4 Alignment

Although no mechanical alignment is specified, optimum data transfer is achieved (under test conditions) when the reading head is in the correct position (cable downwards), the infrared receiver in the tariff device is aligned directly opposite the infrared transmitter in the reading head, and the infrared receiver in the reading head is directly opposite the infrared transmitter in the tariff device.

Slight variations to this position should not affect performance significantly, but for larger variations, degradation of the optical characteristics can occur.

4.3.5 Optical characteristics

4.3.5.1 Wavelength

The wavelength of the radiated signals in both directions is between 800 nm and 1 000 nm (infrared).

4.3.5.2 Transmitter

The transmitter in the tariff device, as well as in the reading head, generates a signal with a radiation strength $E_{e/T}$ over a defined reference surface (optically active area) at a distance of $a_1 = 10 \text{ mm} (\pm 1 \text{ mm})$ from the surface of the tariff device or the reading head.

The following limiting values apply:

ON-condition (ON = SPACE = Binary 0): $500 \leq E_{e/T} \leq 5\,000 \text{ } \mu\text{W}/\text{cm}^2$

OFF-condition (OFF = MARK (quiescent state) = Binary 1): $E_{e/T} \leq 10 \text{ } \mu\text{W}/\text{cm}^2$

4.3.5.4 Environmental lighting condition

The optical path (data transmission) shall not be affected by surrounding light with an intensity of up to 16 000 lux (light composition comparable with daylight, including fluorescent light).

4.3.5.5 Environmental temperature condition

The reference temperature is $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

5 Character transmission

5.1 Type of transmission

Asynchronous serial bit (Start – Stop) transmission according to ISO/IEC 1177:1985, half-duplex.

5.2 Transmission speed

Initial baud rate – 300

Standard baud rates – 300, 600, 1 200, 2 400, 4 800, 9 600, 19 200

Special baud rate – as desired.

NOTE The maximum speed may be limited by the reading head or the optical port or the ITU-T Recommendation V.28 limitations in the tariff device.

5.3 Signal quality

According to ISO/IEC 7480:1991:

- category 1 for the transmitter;
- category A for the receiver.

5.4 Character format

Character format according to ISO/IEC 1177:1985.

(1 start bit, 7 data bits, 1 parity bit, 1 stop bit).

NOTE Protocol mode E (see 6.4.5) may use byte transparency, 1 start bit, 8 data bits, 1 stop bit (e.g. see Annex E).

5.5 Character code

Character code according to ISO/IEC 646:1991, international reference version. For local use, a national replacement code can be used.

NOTE Protocol mode E (see 6.4.5) may use byte transparency.

5.6 Character security

With parity bit, even parity according to ISO/IEC 1177:1985.

NOTE Protocol mode E (see 6.4.5) may use byte transparency, specific security may be used.

6 Data transmission protocol

6.1 General

The protocol offers five alternative protocol modes, which can be used by the tariff device: A, B, C, D and E. Mode selection is a subset of ISO/IEC 1745, basic mode control procedures.

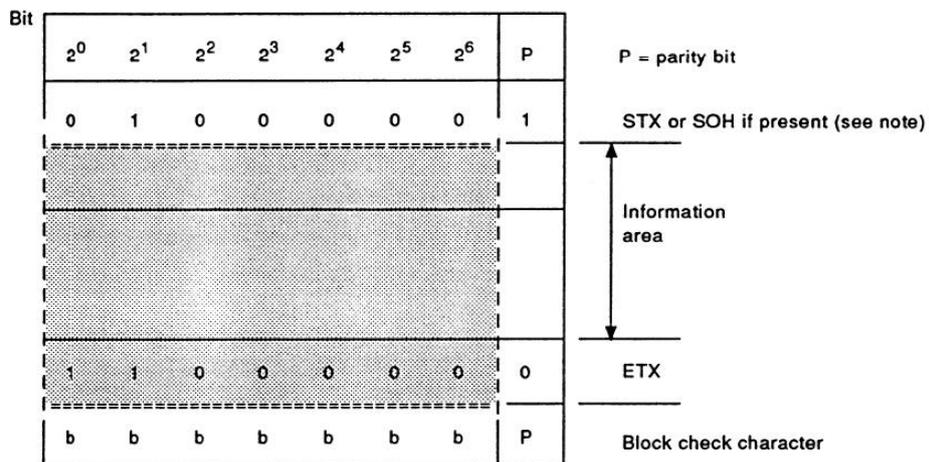
Data exchange is bi-directional in protocol modes A, B, C and E and is always initiated by the HHU with a transmission of a request message. In protocol modes A to C, the HHU acts as a master and the tariff device acts as a slave. In protocol mode E, the HHU acts as a client and the tariff device acts as a server. These protocol modes permit meter reading and programming. Protocol mode E may be a transparent binary mode.

Data exchange is unidirectional in protocol mode D and permits readout only. The information flows from the tariff device to the HHU. Data transmission is initiated, for example by operating a push button or other sensor on the tariff device.

The protocol mode used by the tariff device is indicated to the HHU by the identification message. Protocol modes A to D are identified by the baud rate identification character (see item 13 in 6.3.3) while protocol mode E is identified by an escape sequence (see items 23 and 24 in 6.3.2). Protocol mode E enables to use various protocols, one of them being the METERING HDLC protocol as described in Annex E.

6.2 Calculation of the block check character

The readout of data may be performed without block check character. Whenever used, the block check character shall comply with ISO/IEC 1155:1978.



IEC 733/02

The block check character is calculated within the shaded area.

NOTE The scope of the block check character BCC is as specified in ISO/IEC 1745:1975, and is from the character immediately following the first SOH or STX character detected up to and including the ETX character which terminates the message. The calculated BCC is placed immediately following the ETX.

Figure 7 – Setting up a block check character (example according to ISO/IEC 1155)

6.3.7 Programming command message

Used for programming and block oriented data transfer, see also 6.5.

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|
| SOH | C | D | STX | Data set | ETX | BCC |
| 17) | 18) | 19) | 5) | 20) | 6) | 8) |

6.3.8 Programming command message using optional partial blocks

Used for long messages, see also 6.5 and flow charts in the annexes (only in protocol mode C).

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|----------|-----|-----|
| SOH | C | D | STX | Data set | EOT | BCC |
| 17) | 18) | 19) | 5) | 20) | 7) | 8) |

6.3.9 Data message (programming mode)

Used for block oriented data transfer, see also 6.5 and flow charts in the annexes.

| | | | |
|-----|----------|-----|-----|
| STX | Data set | ETX | BCC |
| 5) | 20) | 6) | 8) |

6.3.10 Data message (programming mode) using optional partial blocks

Used for long messages of block oriented data transfer, see also 6.5 and flow charts in the annexes (only in protocol mode C).

| | | | |
|-----|----------|-----|-----|
| STX | Data set | EOT | BCC |
| 5) | 20) | 7) | 8) |

6.3.11 Error message (programming mode)

Used for block oriented data transfer, see also flow charts in the annexes.

| | | | |
|-----|---------------|-----|-----|
| STX | Error message | ETX | BCC |
| 5) | 21) | 6) | 8) |

6.3.12 Break message (programming mode)

Used for block oriented data transfer, see also flow charts in the annexes.

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| SOH | B | 0 | ETX | BCC |
| 17) | 18) | 19) | 6) | 8) |

6.3.13 Block message (other protocols)

Block messages are used in conformance with the protocol selected, as specified in "other protocol", see 6.4.5 and Annex E.

6.3.14 Explanations of message contents

- 1) Start character "/" (forward oblique, code 2FH).
- 2) End character "!" (exclamation mark, code 21H).
- 3) Completion character (CR, carriage return, code 0DH; LF, line feed, code 0AH).
- 4) Acknowledge character (ACK, acknowledge, code 06H).
- 5) Frame start character (STX, start of text code 02H) indicating where the calculation of BCC shall start from. This character is not required if there is no data set to follow.
- 6) End character in the block (ETX, end of text, code 03H).
- 7) End character in a partial block (EOT, end of text block, code 04H).
- 8) Block check character (BCC), if required, in accordance with the characters 5) and 6). Items 5) and 6) do not apply when the data block is transmitted without check characters.
- 9) Transmission request command "?" (question mark, code 3FH)
- 10) Protocol control character (see 6.4.5.2).
- 11) Mode control character (see 6.4.5.3).
- 12) Manufacturer's identification comprising three upper case letters except as noted below:

If a tariff device transmits the third letter in lower case, the minimum reaction time t_r for the device is 20 ms instead of 200 ms. Even though a tariff device transmits an upper case third letter, this does not preclude supporting a 20 ms reaction time.

These letters shall be registered with the administrator: The FLAG Association (see the foreword).

- 13) Baud rate identification (for baud rate changeover)

The request message, the identification message and the acknowledgement/option select message are transmitted at the initial rate of 300 Bd (except protocol mode D). The baud rate of the data message depends on the baud rate determined by the protocol.

- a) Protocol mode A (without baud rate changeover)

Any desired printable characters except "/", "!" and as long as they are not specified for protocol mode B or protocol mode C.

- b) Protocol mode B (with baud rate changeover, without acknowledgement/option select message)

| | |
|-----|-----------|
| A - | 600 Bd |
| B - | 1 200 Bd |
| C - | 2 400 Bd |
| D - | 4 800 Bd |
| E - | 9 600 Bd |
| F - | 19 200 Bd |

G, H, I - reserved for later extensions.

- c) Protocol mode C and protocol mode E (with baud rate changeover, with acknowledgement / option select message or other protocols)

| | |
|-----|----------|
| 0 - | 300 Bd |
| 1 - | 600 Bd |
| 2 - | 1 200 Bd |
| 3 - | 2 400 Bd |

d) for execute E command

- 0-1 - reserved for future use
- 2 - formatted communication coding method execute (optional, see Annex C)
- 3-9 - reserved for future use.

e) for exit B command

- 0 - complete sign-off
- 1 - complete sign-off for battery operated devices using the fast wake-up method
- 2-9 - reserved for future use.

20) Data set

This provides the address and data for the message (see 6.5).

The following applies to command messages:

a) The password command

The address and unit fields are empty (devoid of any characters).

b) The write command

Where the value represents a data string, the address is the start location to which the data is to be written. The unit field is left empty.

c) The read command

Where a data string is to be read, the address is the start location from which data is read.

The value represents the number of locations to be read including the start location. The unit field is left empty.

d) The execute command

It requests that a device executes a predefined function.

e) The exit command

No data set is required when the command type identifier is 0.

21) Error message

This consists of 32 printable characters maximum with exception of (,), *, / and !. It is bounded by front and rear boundary characters, as in the data set structure. This is manufacturer-specific and should be chosen so that it cannot be confused with data, for example starting all error messages with ER.

22) Device address, optional field, manufacturer-specific, 32 characters maximum. The characters can be digits (0...9), upper-case letters (A...Z), or lower case letters (a...z), or a space (). Upper and lower case letters, and the space character are unique*. Leading zeros shall not be evaluated. This means that all leading zeros in the transmitted address are ignored and all leading zeros in the tariff device address are ignored (i.e. 10203 = 010203 = 000010203). When both the transmitted address and the tariff device address contain only zeros, regardless of their respective lengths, the addresses are considered equivalent. As a missing address field is considered as a general address (/ ? ! CR LF), the tariff device shall respond. The tariff device shall be able to evaluate the complete address as sent by an external device, even if the internal programmed address is shorter or longer in length.

NOTE 1 * Upper and lower case letters, and the space character must match and their combination may be used only once.

NOTE 2 The device identification number can be used as an address to avoid reading of, or writing to, wrong devices.

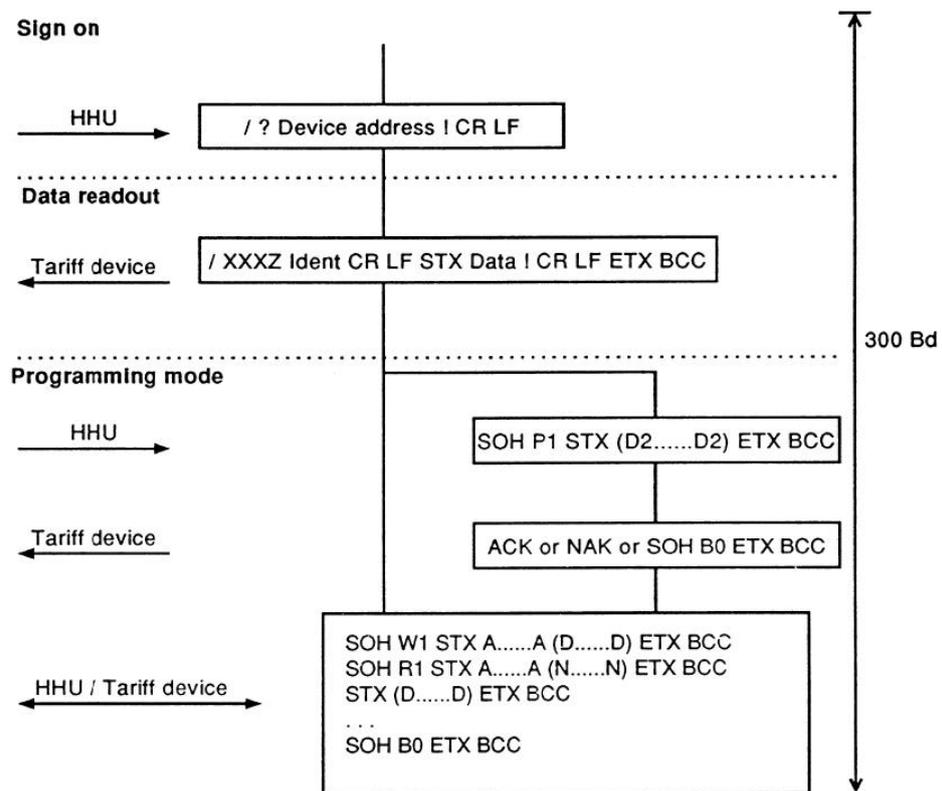
- 23) Sequence delimiter (backslash code 5CH), optional field. This character is always followed by a one character field 24). This field is part of the maximum 16 character wide identification field 14). Multiple pairs 23)/24) are allowed.
- 24) Enhanced baud rate and mode identification character (optional field). This field is part of the 16 character wide identification field 14). *W* must be registered with the administrator: The DLMS User Association (see the foreword). For details see 6.4.5.1.

6.4 Communication modes

6.4.1 Protocol mode A

Protocol mode A supports bidirectional data exchange at 300 baud without baud rate switching. This protocol mode permits data readout and programming with optional password protection.

6.4.1.1 Overview



IEC 734/02

Figure 8 – Diagram protocol mode A

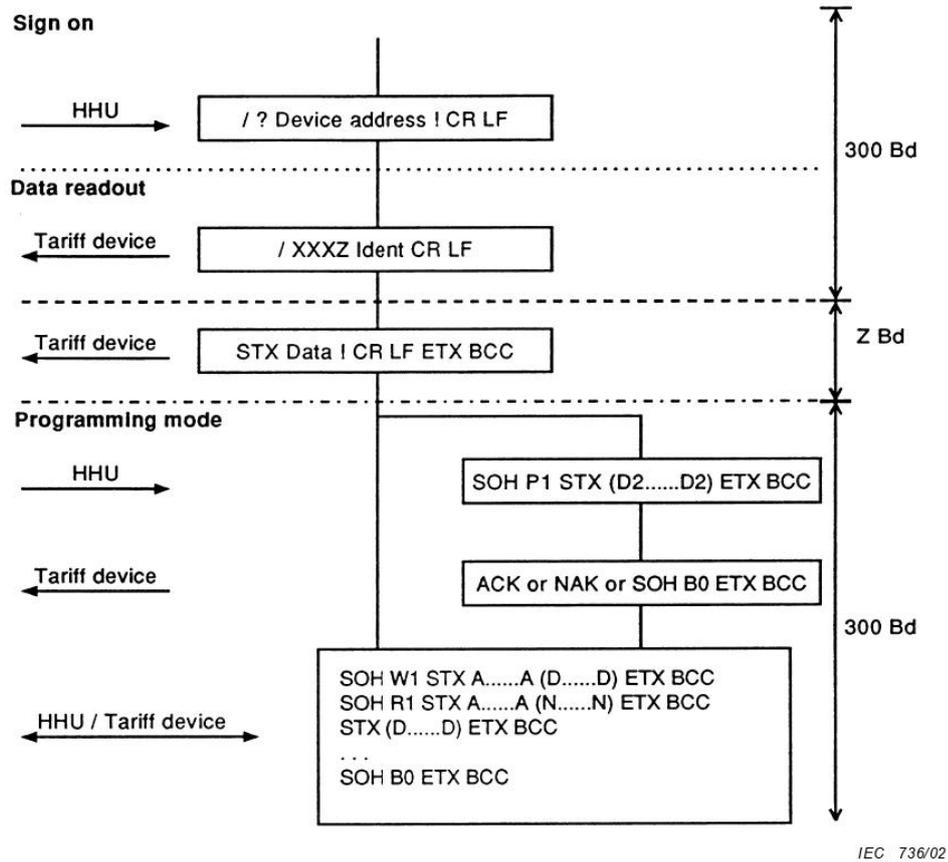
6.4.1.2 Data readout

The tariff device transmits the data message immediately following the identification message.

6.4.1.3 Switch to programming mode

Programming mode can be entered immediately following completion of the data readout by sending any command message, including a password command message.

6.4.2.1 Overview



IEC 736/02

Figure 10 – Diagram protocol mode B

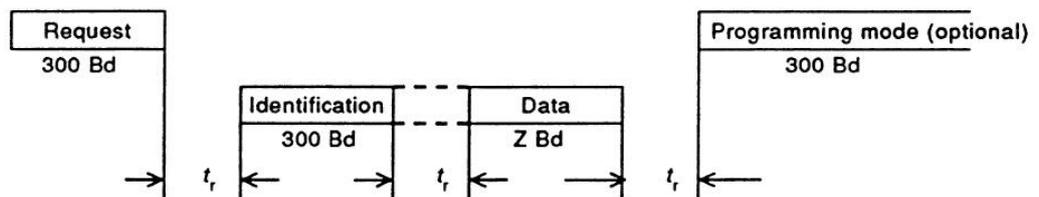
6.4.2.2 Data readout

After transmitting the identification message, the tariff device briefly interrupts the transmission. During the interval the tariff device and the HHU switch over to the baud rate prescribed in the identification message. Following this the tariff device transmits the data message at the new baud rate.

6.4.2.3 Switch to programming mode

Programming mode can be entered immediately following completion of the data readout by sending any command message by the HHU at 300 baud, including a password command message.

6.4.2.4 Data readout with optional switch to programming mode



IEC 737/02

Figure 11 – Transmission protocol for protocol mode B

6.4.2.5 Reaction and monitoring times

The time between the reception of a message and the transmission of an answer is:

$$(20 \text{ ms}) 200 \text{ ms} \leq t_r \leq 1\,500 \text{ ms} \text{ (see item 12) of 6.3.14.}$$

The time between two characters in a character sequence is:

$$t_a < 1\,500 \text{ ms}$$

6.4.2.6 End of data readout transmission

The data transmission is complete after the data message has been transmitted by the tariff device. An acknowledge signal is not provided for.

The HHU can retransmit a request if the transmission was faulty.

6.4.3 Protocol mode C

Protocol mode C supports bidirectional data exchange with baud rate switching and permits data readout, programming with enhanced security and manufacturer-specific modes.

6.4.3.2 Data readout mode

In the case of ACK 0 Z 0 CR LF the tariff device will respond with a predefined data set in the format defined in 6.5 ("Syntax diagrams - Readout mode - Data message"). The data set may be empty for those tariff devices not designed to read data in this manner.

The communication will proceed at 300 Bd (initial baud rate) if:

- the "Z" character in the acknowledgement/option select message is 0; or
- an incorrect or unsupported acknowledgement/option select message is sent or received; or
- no acknowledgement/option select message is sent or received.

The communication will only switch to Z baud if the Z characters in the identification response and the acknowledgement/option select message are identical.

6.4.3.3 Switch to programming mode

In the case of ACK 0 Z 1 CR LF the tariff device will switch to programming mode. Further communication will proceed at 300 Bd (the initial baud rate) if:

- the Z character in the acknowledgement/option select message is 0.

The communication will switch to Z baud if the Z character in the identification response and the acknowledgement/option select message are identical. If the acknowledgement/option select message is inconsistent or determined to be in error by the tariff device, then communication will proceed at 300 Bd in the data readout mode. Programming will not be entered.

6.4.3.4 Switch to manufacturer-specific operation

Manufacturer's own options may be obtained by selecting Y to take values between 6 and 9 in the sequence ACK 0 Z Y CR LF.

Data readout mode (fallback mode, corresponds to protocol mode A, data readout)

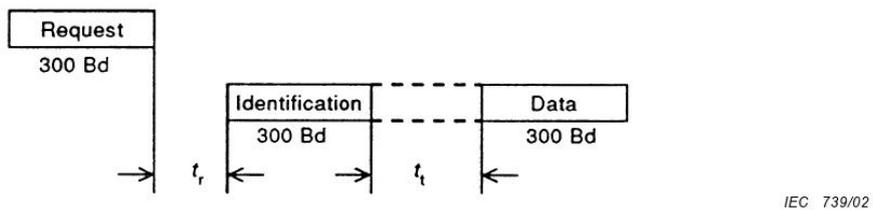


Figure 13 – Transmission protocol for protocol mode C giving data readout without acknowledgement from the HHU

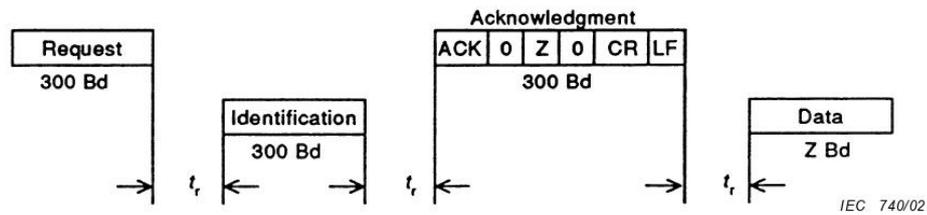


Figure 14 – Transmission protocol for protocol mode C giving data readout with confirmation of the suggested baud rate

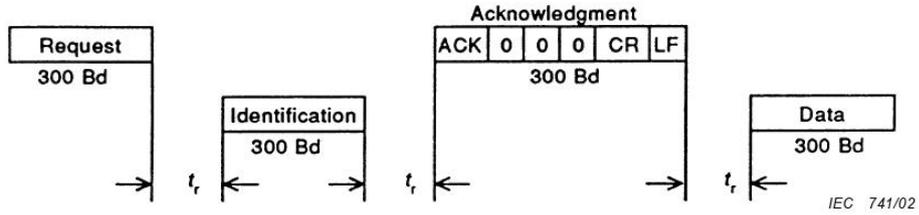


Figure 15 – Transmission protocol for protocol mode C giving data readout with rejection of the suggested baud rate

6.4.3.5 End of data readout transmission

The data transmission is complete after the data message has been transmitted by the tariff device. An acknowledge signal is not provided for. The HHU can transmit a repeat request if the transmission was faulty.

6.4.3.6 Reaction and monitoring times

The time between the reception of a message and the transmission of an answer is:

$$(20 \text{ ms}) \ 200 \text{ ms} \leq t_r \leq 1 \ 500 \text{ ms (see item 12) of 6.3.14}.$$

If a response has not been received, the waiting time of the transmitting equipment after transmission of the identification message, before it continues with the transmission, is:

$$1 \ 500 \text{ ms} < t_t \leq 2 \ 200 \text{ ms}$$

The time between two characters in a character sequence is:

$$t_a < 1 \ 500 \text{ ms}$$

6.4.3.7 Programming mode

This mode is entered as prescribed. In order to permit access, certain security measures may have to be undertaken.

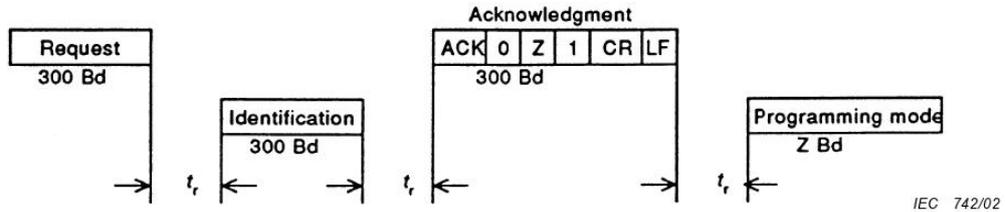


Figure 16 – Transmission protocol for protocol mode C. Switching to programming mode with acceptance of the suggested baud rate

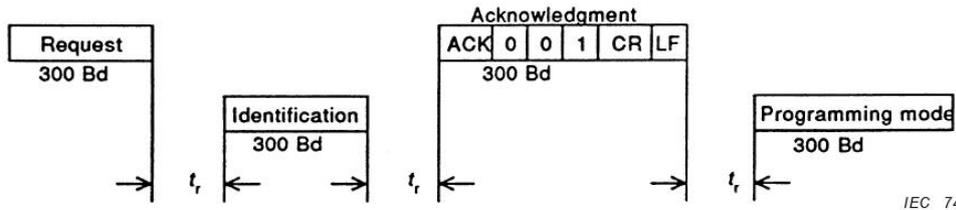


Figure 17 – Transmission protocol for protocol mode C. Switching to programming mode with rejection of the suggested baud rate

6.3.3. Anexo 3: Datasheet sonda óptica

KMK 116

USB OPTICAL PROBE

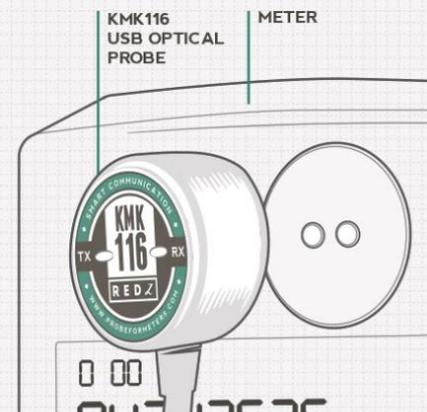
INFO@PROBEFORMETERS.COM

PROBEFORMETERS.COM

REDZ
SMART COMMUNICATION



REDZ KMK116 optical probe is designed in IEC 62056-21 standard and it is compatible with all brands and types of IEC meters. The probe has USB Type-A Male connector thus it can easily be used with Laptops and other compatible devices.



MECHANICAL SPECIFICATIONS

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| Diameter: | 32 mm |
| Height: | ~ 28 mm |
| Magnetic Force: | N38 |
| Body and Back Cover Material: | ABS |
| Transparent Parts: | Transparent Poly Carbonate |
| Weight: | ~ 125 gr |

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

| | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Standard: | IEC 62056-21 (former IEC 1107) |
| Cable Length: | 3 m |
| Data Communication Speed: | Max 19200 baud |
| Operating Voltage: | 5 V (Passive port powered by USB) |
| Electrical Interface: | USB Type-A |
| Wavelength: | ~ 900 nm |

6.3.4. Anexo 4: Datasheet Modulo SIM7600



SIM7600E-H 4G HAT

Overview

The SIM7600E-H 4G HAT is a 4G/3G/2G communication and GNSS positioning module, which supports LTE CAT4 up to 150Mbps for downlink data transfer. it is pretty low power consumption.

You can connect this 4G module with computer to surf the Internet, or attach it onto Raspberry Pi to enable functions like 4G high speed connection, wireless communication, making telephone call, sending SMS, global positioning, etc.

Note: this is a region-specific module, please check the supported bands before placing order.

Features

- Raspberry Pi connectivity, compatible with Raspberry Pi Zero/Zero W/Zero WH/2B/3B/3B+
- Supports dial-up, telephone call, SMS, MMS, mail, TCP, UDP, DTMF, HTTP, FTP, etc.
- Supports GPS, BeiDou, Glonass, LBS base station positioning
- Onboard USB interface, to test AT Commands, get GPS positioning data, and so on
- Onboard CP2102 USB to UART converter, for serial debugging
- Breakout UART control pins, to connect with host boards like Arduino/STM32
- SIM card slot, supports 1.8V/3V SIM card
- TF card slot for storing data like files, messages, etc.
- Onboard audio jack and audio decoder for making telephone call
- 2x LED indicators, easy to monitor the working status
- Onboard voltage translator, operating voltage can be configured to 3.3V or 5V via jumper
- Baudrate: 300bps ~ 4Mbps (default: 115200bps)
- Autobauding baudrate: 9600bps ~ 115200bps
- Control via AT commands (3GPP TS 27.007, 27.005, and V.25TER command set)
- Supports SIM application toolkit: SAT Class 3, GSM 11.14 Release 99, USAT
- Comes with development resources and manual (examples for Raspberry Pi/Arduino/STM32)



Note: Does not contain Raspberry Pi

Communications Specifications

| | LTE | WCDMA / TD-SCDMA / CDMA 2000 | EDGE | GSM/GPRS |
|-------------------|---|---|--|--|
| Band | LTE-FDD B1/B3/B5/B7/B8/B20 LTE-TDD B38/B40/B41 | UMTS/HSPA+ B1/B5/B8 | GSM/GPRS/EDGE 900/1800 MHz | |
| Generation | 4G | 3G | 2.5G | 2G |
| Emitting power | 0.25W | | 0.5W@EGSM900 0.4W@DCS1800 | 2W@GSM900 1W@DCS1800 |
| Data Speed | LTE CAT 4 Uplink≤50 Mbps Downlink≤150 Mbps | UMTS Uplink≤384Kbps Downlink≤384Kbps HSPA+ Uplink≤5.76Mbps Downlink≤42Mbps | EDGE Uplink≤236.8kbps Downlink≤236.8kbps | GPRS Uplink≤85.6kbps Downlink≤85.6kbps |
| SIM Card | Normal SIM (Not Included) | | | |
| Applicable Region | Southeast Asia, West Asia, Europe, Africa | | | |

GNSS Specifications

- Receiver type
 - 16-channel
 - C/A code

- Sensitivity
 - Tracking: -159 dBm (GPS) / -158 dBm (GLONASS) / TBD (BD)
 - Cold starts: -148 dBm
- Time-To-First-Fix (open air)
 - Cold starts: <35s
 - Hot starts: <1s
- Accuracy
 - Position: <2.5m CEP

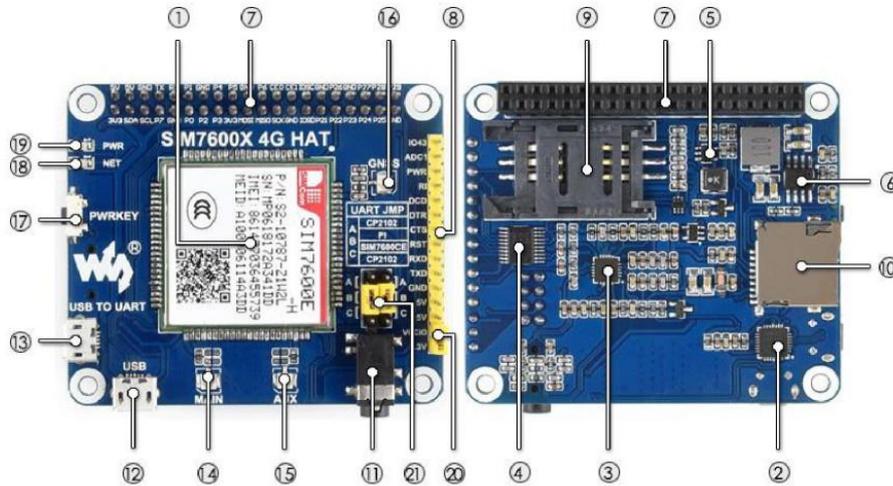
SMS and Audio Specifications

- SMS
 - Supported types: MT, MO, CB, Text, PDU
 - Storage: USIM card and ME (default)
- Audio feature
 - Supports echo cancellation
 - Supports noise reduction

Other Specifications

- Power supply: 5V
- Operating voltage: 5V/3.3V (configured via jumper)
- Operating temperature: -30°C ~ 80°C
- Storage temperature: -45°C ~ 90°C
- Dimension: 56.21mm x 65.15mm

What's on Board



1. SIM7600E-H
2. CP2102 USB to UART converter
3. NAU8810 audio decoder
4. TXS0108EPWR voltage translator: translates 3.3V/5V into 1.8V
5. MP2128DT power chip
6. MP1482 power chip
7. Raspberry Pi GPIO header: for connecting with Raspberry Pi
8. SIM7600 control interface: for connecting with host boards like Arduino/STM32
9. SIM card slot: supports 1.8V/3V SIM card
10. TF card slot: allows file/SMS/... storage
11. 3.5mm earphone/mic jack
12. USB interface: for testing AT Commands, getting GPS positioning data, etc.
13. USB to UART interface: for serial debugging, or login to Raspberry Pi
14. MAIN antenna connector
15. AUX antenna connector
16. GNSS antenna connector
17. Power switch
18. Network status indicator
19. Power indicator
20. Operating voltage selection jumper:
 - VCCIO - 3.3V: set operating voltage as 3.3V
 - VCCIO - 5V: set operating voltage as 5V

1. Hardware configuration

1.1. Hardware configuration

This module comes with GSM antenna, LTE antenna and micro USB cable. Besides these you should prepare a 4G sim card and a microphone cable with microphone:

- 1) Insert the SIM card to the card slot, Insert the headphone cable and connect the LTE antenna.
- 2) Connect the USB interface of SIM7600E-H 4G HAT to PC with a micro USB cable. Then the PWR indicator will keep bright.
- 3) Press the PWRKEY button and hold for 1s, the NET indicator will blink as below. Generally, the NET indicator will fast flash firstly (1 time per second), which means that the module has not logged in the Network. After logging in, the indicator become to flash slowly (1 time every three seconds). Up to the local LTE network, this process that logging in will last several seconds to dozens of seconds.



If you take too much time to log in and failed, please check that whether the LTE antenna is connected correctly, and whether the SIM card is usable and insert correctly.

- 4) Install SIM7600 driver (windows driver: www.waveshare.com/wiki/File:SIM7X00-Driver.7z)
 Open Device Manager to get the corresponding COM port number of SIM7600. For example, the AT Port is COM19 as below. Users need to choose the correct port according to the Manager.

Figure: Devices Manager

-  SimTech HS-USB AT Port 9001 (COM25)
-  SimTech HS-USB Audio 9001 (COM24)
-  SimTech HS-USB Diagnostics 9001 (COM28)
-  SimTech HS-USB NMEA 9001 (COM27)

NOTE:

The default hardware of SIM7600CE 4G HAT needs to be turned on by button. If the hardware needs to be turned on automatically, you can use a connection line to connect the PWR and GND pins on the module pin, so that it can automatically turn on, as shown in the figure below.



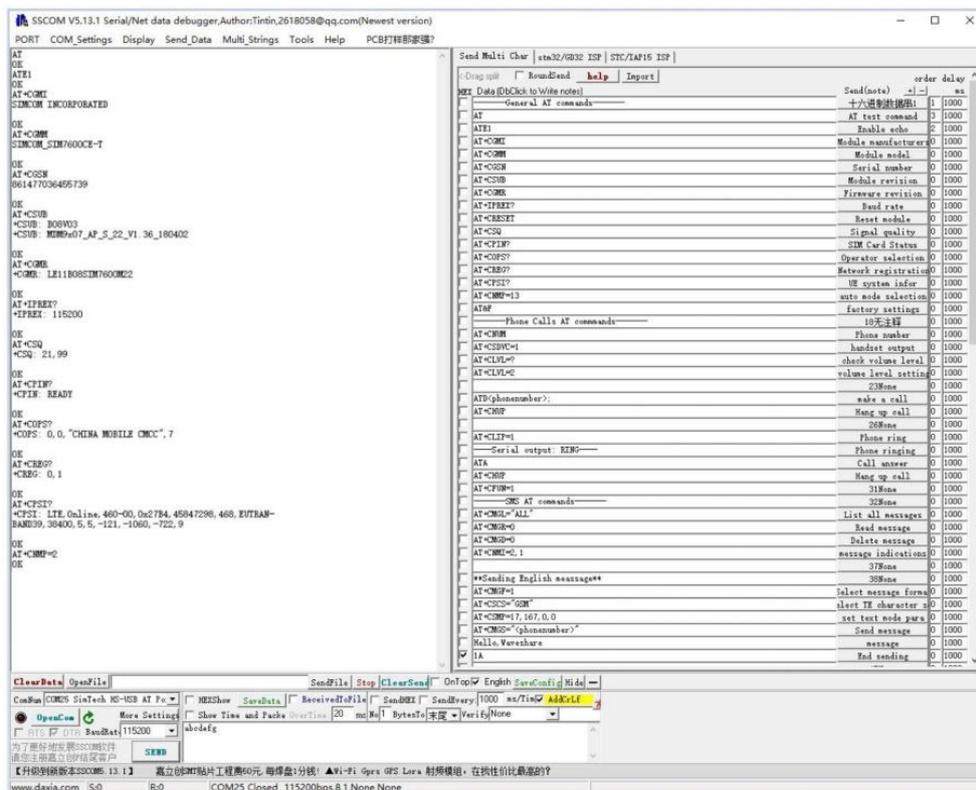
2. At Test Instructions

2.1. General AT commands

| Commands | Description | Return |
|----------|-----------------|--------|
| AT | AT test command | OK |

| | | |
|-----------|---|-------------------|
| ATE | ATE1: Enable echo ATE0: Disable echo | OK |
| AT+CGMI | Module manufacturers | OK |
| AT+CGMM | Module model | OK |
| AT+CGSN | Serial number | OK |
| AT+CSUB | Module revision | OK |
| AT+CGMR | Firmware revision | OK |
| AT+IPREX | Set baud rate | +IPREX: OK |
| AT+CRESET | Reset module | OK |
| AT+CSQ | Check signal quality | +CSQ: 17,99 OK |
| AT+CPIN? | SIM Card Status | +CPIN: READY |
| AT+COPS? | Operator selection | +COPS: OK |
| AT+CREG? | Network registration | +CREG: OK |
| AT+CPSI? | UE system infor | |
| AT+CNMP | Mode selection: 2: Automatic 13: GSM only 38: LTE only 48 : Any modes but LTE | OK |

For more details, please refer to the documentation: [Series_AT Command Manual_V1.07](#)



```

SSCOM V5.13.1 Serial/Net data debugger,Author:Tintin,2618058@qq.com(Newest version)
PORT COM_Settings Display Send_Data Multi_Strings Tools Help PCB打印数据?
Send Multi Char | sta32/G32 ISP | STC/IAP16 ISP
[Drag] [RoundSend] [help] [Input]
Data (Click to Write notes) Send(notice) order delay
AT General AT commands 十六进制数据流 1 1000
AT+ATE1 Enable echo 2 1000
AT+COM1 Module manufacturer 0 1000
AT+CSQ Signal quality 0 1000
AT+CSN Serial number 0 1000
AT+CSIM Module revision 0 1000
AT+CSM Firmware revision 0 1000
AT+IFRST? Band rate 0 1000
AT+RST Reset module 0 1000
AT+CSQ Signal quality 0 1000
AT+CFIP? SIM Card Status 0 1000
AT+OFS? Operator selection 0 1000
AT+RST? Network registration 0 1000
AT+CFST? UE system info 0 1000
AT+CMD=1 auto mode selection 0 1000
ATF Factory settings 0 1000
Phone Calls AT commands: 10元主题 0 1000
AT+CMNR Phone number 0 1000
AT+CDVC=1 handset output 0 1000
AT+CLVL=? check volume level 0 1000
AT+CLVL=2 volume level set to 2 0 1000
23None 0 1000
ATD<phone_number>; make a call 0 1000
AT+CRIP Hang up call 0 1000
20None 0 1000
AT+CLIP=1 Phone ring 0 1000
Serial output: BING Phone ringing 0 1000
ATA Call answer 0 1000
AT+CRIP Hang up call 0 1000
AT+CFIM=1 31None 0 1000
Send AT commands: 22None 0 1000
AT+CMGL="ALL" List all messages 0 1000
AT+CMGR=0 Read message 0 1000
AT+CMGD=0 Delete message 0 1000
AT+CMGL=1 message indications 0 1000
37None 0 1000
**Sending English messages** 30None 0 1000
AT+CMGF=1 select message format 0 1000
AT+CSGS="GSM" select TE character set 0 1000
AT+CMGF=1,167,0,0 set text mode para 0 1000
AT+CMGF="<phone_number>" Send message 0 1000
Kills Waveshare message 0 1000
WA IA End sending 0 1000
  
```

ClearData OpenFile SendFile Stop ClearSend OnTop English SaveConfig Hide

COM5 SinTech RS-485 AT P... [Show] SaveData [ReceiveFile] SendData [SendEvery] 1000 ms/Tx/Rx [AddKey]

OpenCOM [Show] SaveData [ReceiveFile] SendData [SendEvery] 1000 ms/Tx/Rx [AddKey]

RTS DTR BaseRate 115200 [Show] [Hide]

为了更好使用SSCOM软件 请前往论坛查看帮助文档

【升级到新版本SSCOM 13.13 独立包】贴片工程费90元,每博盘1分钟! ▲V1-F1 6pin GND Lora 射频模块,在性价比最高的?

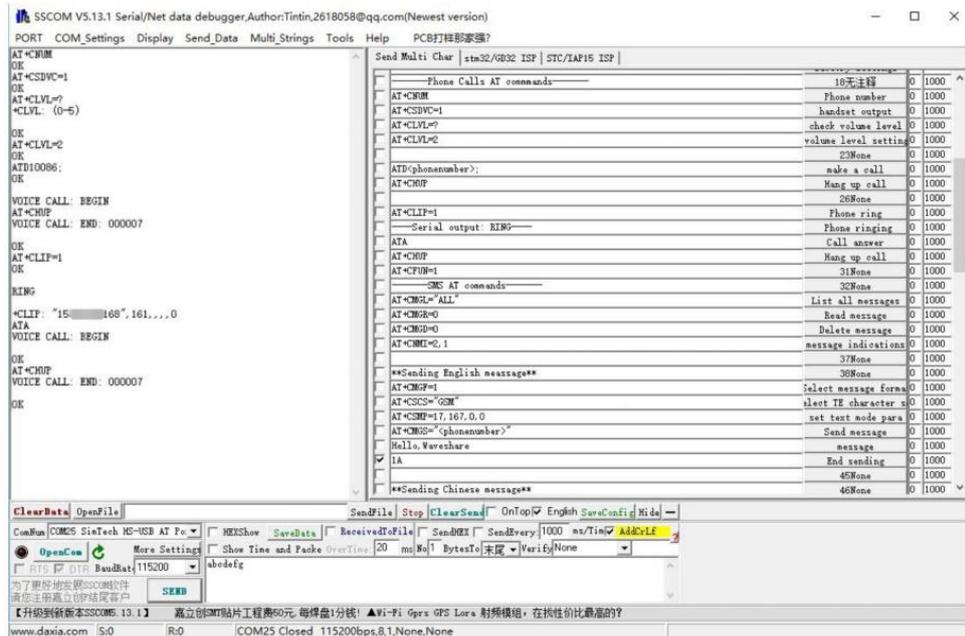
www.waveshare.com S-O R-D COM25 Closed 115200bps,8,1,None,None

2.2. Make calls and answer calls

- 1) Insert the SIM card, connect the LTE antenna and connect the USB interface of SIM7600E-H 4G HAT to PC. Then press the PWRKEY to power on the board;
- 2) Check whether the indicators blink correctly (PWR's and NET's flashes).
- 3) Send AT commands as below:

| Commands | Description | Return |
|--------------------|--|-------------|
| AT+CNUM | Phone number (Not all SIM cards Support) | +CNUM OK |
| AT+CSDVC | AT+CSDVC=1: Handset output AT+CSDVC=3: Speaker output | OK |
| AT+CLVL=? | check volume level | OK |
| AT+CLVL=2 | volume level set to 2 | OK |
| ATD<phone_number>; | Make calls | OK |

| | | |
|-----------|--------------|----|
| AT+CHUP | Hang up call | OK |
| AT+CLIP=1 | Phone ring | OK |
| ATA | Call answer | OK |

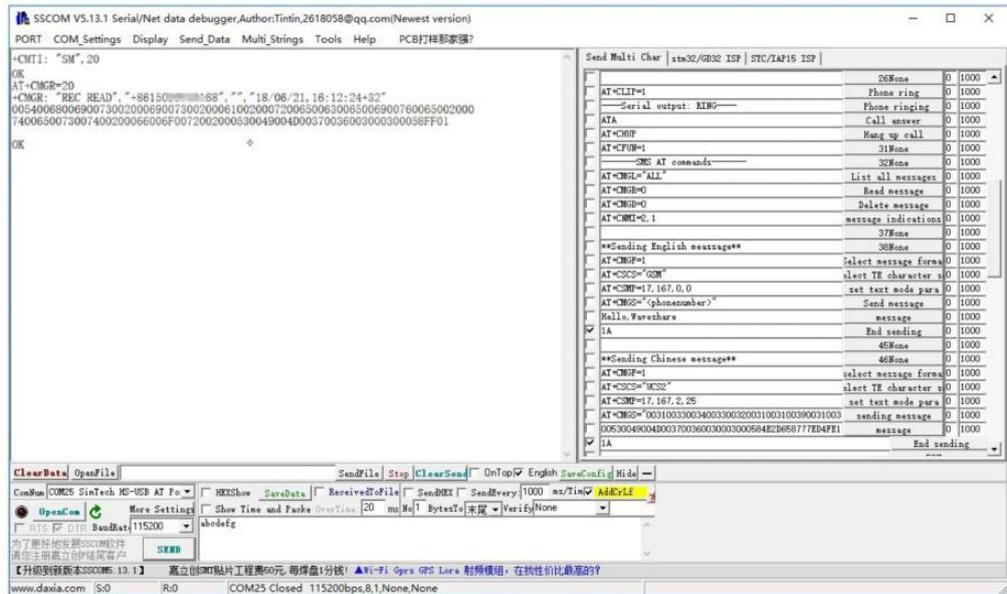
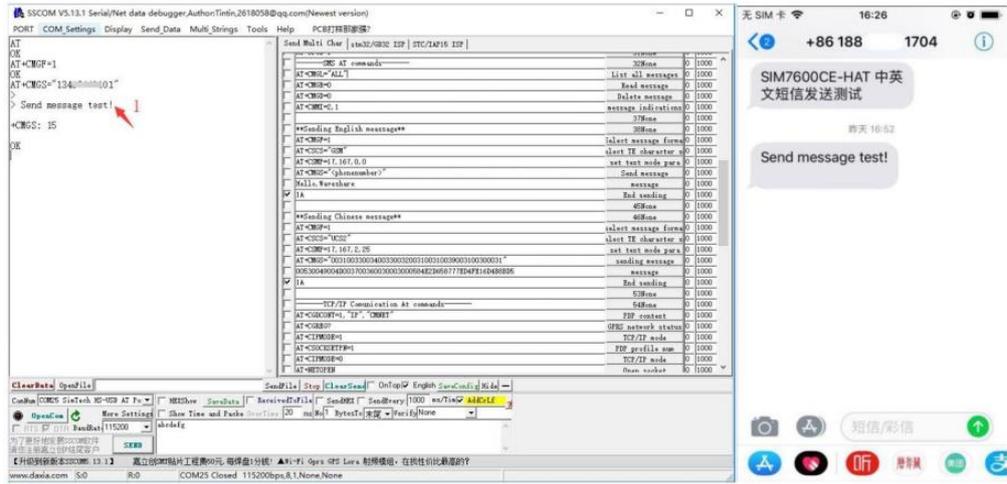


2.3. Send and receive messages

1. Plug the SIM card, connect the LTE antenna and and connect the USB interface of SIM7600E-H 4G HAT to PC. Then press the PWRKEY to power on the board;
2. Check whether the indicators blink correctly (PWR's and NET's flashes).
3. Send AT commands as bellow:

| Commands | Description | Return |
|-----------------------------|------------------------------|--------|
| AT+CMGF=1 | select message format | OK |
| AT+SCS="GSM" | Select TE character set: GSM | OK |
| AT+CSMP | set text mode para | OK |
| AT+CMGS="<phonenu mber>" | Send message | OK |

| | | |
|-------------|---------------------|----|
| AT+CNMI=2,1 | message indications | OK |
| AT+CMGR=1 | Read message 1 | OK |

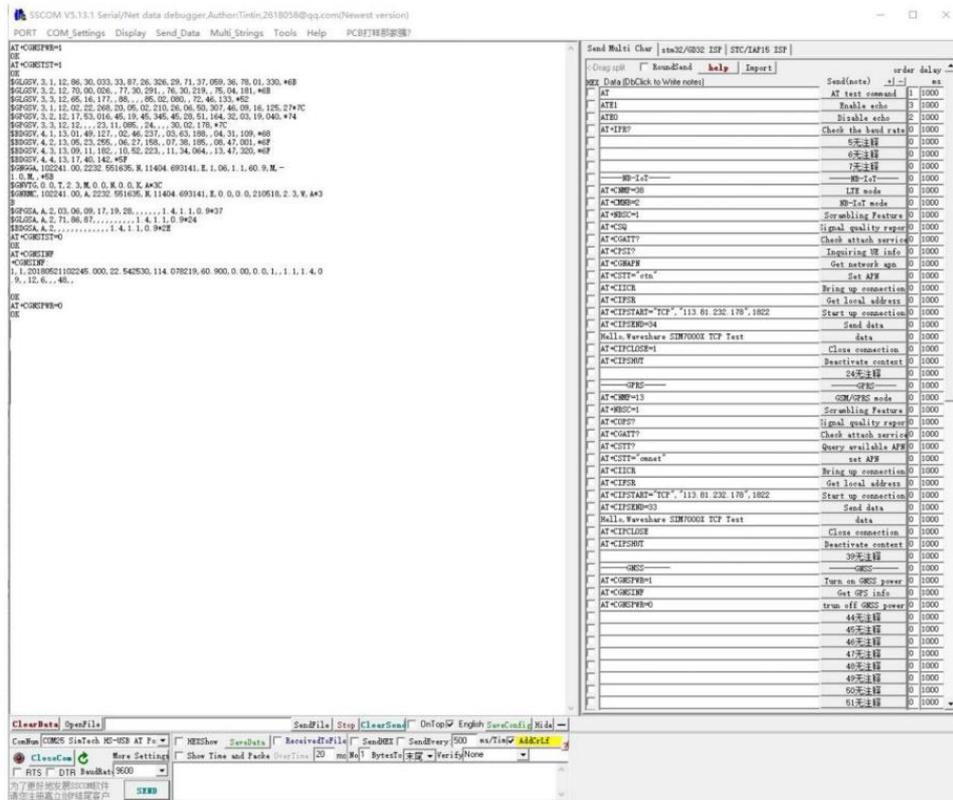


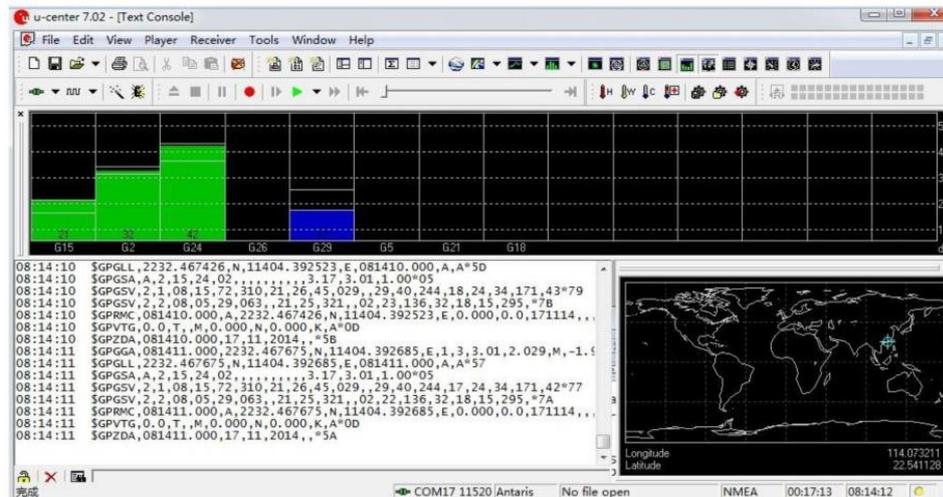
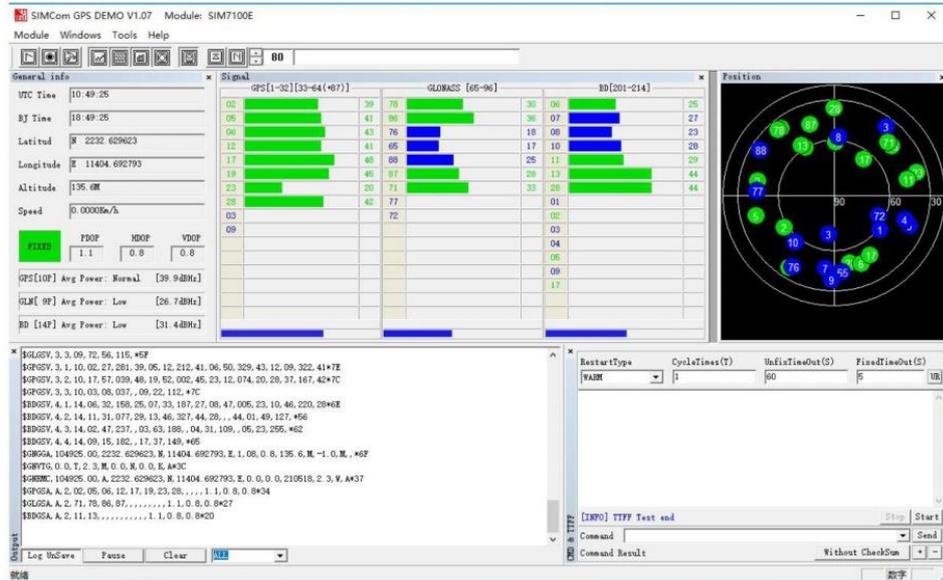
2.4. GPS Debugging

| Commands | Description | Return |
|----------|---------------------|--------|
| AT+CGPS | GNSS Power Control: | OK |

| | | |
|-------------|--|-----------------|
| | <p>AT+CGPS=1:Turn on</p> <p>AT+CGPS=0:Turn off</p> | |
| AT+CGPSINFO | GNSS navigation information parsed from NMEA sentences | +CGNSINF: OK |

- 1) Connecting the GPS antenna, and place the receiver on open area outdoor
- 2) AT+CGPS=1 //Turn on power of GPS
- 3) Open u-center and set the Port and Baudrate (NMEA Port,COM27)
 - SimTech HS-USB AT Port 9001 (COM25)
 - SimTech HS-USB Audio 9001 (COM24)
 - SimTech HS-USB Diagnostics 9001 (COM28)
 - SimTech HS-USB NMEA 9001 (COM27)
- 4) AT+CGNSINF // Print the GPS information
- 5) AT+CGPS=0 //Turn off power of GPS

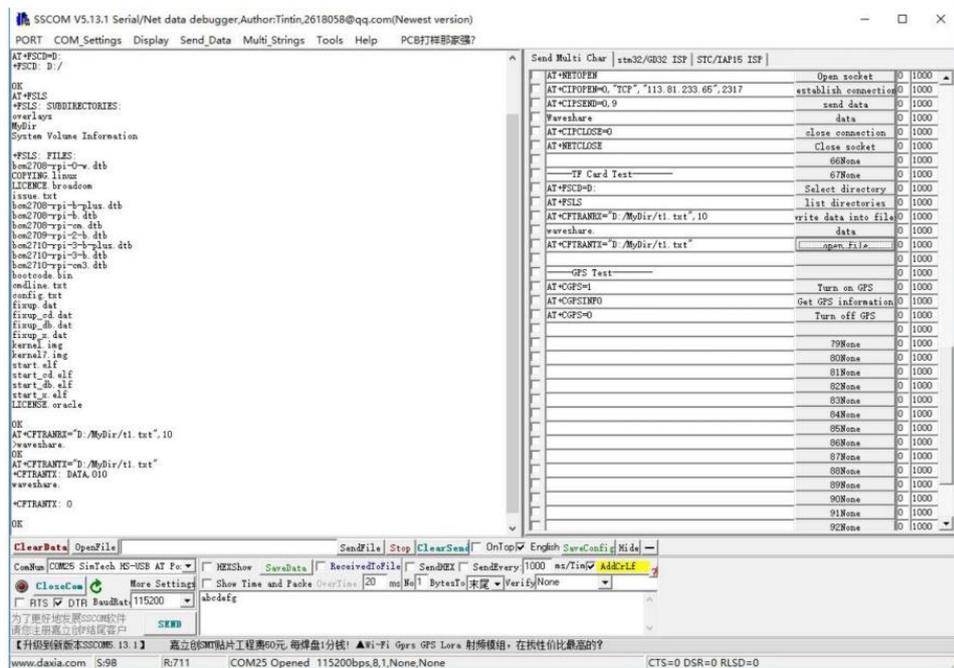




2.5. TF Card Test

1. Plug the SIM card, connect the LTE antenna and and connect the USB interface of SIM7600E-H 4G HAT to PC. Then press the PWRKEY to power on the board;
2. Check whether the indicators blink correctly (PWR's and NET's flashes).
3. Send AT commands as bellow:

| Commands | Description | Return |
|-------------|-----------------------|------------------|
| AT+FSCD=D: | Select directory | OK |
| AT+FSL | list directories | +FSL: OK |
| AT+CFTRANRX | write data into files | > OK |
| AT+CFTRANTX | open file | +CFTRANTX: OK |



2.6. GPRS Debugging

LOCAL VIRTUAL SEVERS SETTINGS

Virtual servers define the mapping between service ports of WAN and web servers of LAN. All requests from Internet to service ports of WAN will be redirected to the computer (web servers of LAN) specified by the server IP. (see your router’s guide manual)

- 4) Log in Management Console of your router with browser (read your router's guide manual for specific address)
- 5) Set Port: 1822 (The Port can't be conflict to other's. Here we set 1822)

Set LAN IP address of your computer (you can run CMD on your computer, and execute command ipconfig to enquiry the address of IPv4), 192.168.6.168 as examples

| | | | | | | | |
|--------------------------|----|--------------|------|-----------|-----------|---------------|-----|
| <input type="checkbox"/> | 12 | SIM7X00 TEST | WAN1 | 2317-2317 | 2317-2317 | 192.168.1.168 | ALL |
|--------------------------|----|--------------|------|-----------|-----------|---------------|-----|

- 6) You can search "IP" on browser to get your WAN IP address.

GPRS TEST

1. Plug the SIM card, connect the LTE antenna and and connect the USB interface of SIM7600E-H 4G HAT to PC. Then press the PWRKEY to power on the board;
2. Check whether the indicators blink correctly (PWR's and NET's flashes).
3. Send AT commands as bellow:

| 命令 | 说明 | 返回值 |
|--|---------------------------------------|---------------|
| AT+CGDCONT=1,"IP","CMNET" | PDP context | OK |
| AT+CGREG? | GPRS network status | +CGREG: OK |
| AT+CIPMODE=1 | TCP/IP mode | OK |
| AT+CSOCKSETPN=1 | PDP profile number | OK |
| AT+NETOPEN | Open socket | +NETOPEN: |
| AT+CIPOPEN=0,"TCP", 113.81.233.65",2317 | establish connection | +CIPOPEN: |
| AT+CIPSEND=0,9 | Send data of a specific size | > |
| AT+CIPSEND=0, | Send data of a fixed size | > |
| 1A | (HEX format) Tell module to send data | +CIPSEND: |
| AT+CIPCLOSE | close connection | +CIPCLOSE: |
| AT+NETCLOSE | Close socket | +NETCLOSE: |

Choose **Advanced Options** -> **Serial** -> **no**, to disable Linux's use of console UART



Open `/boot/config.txt` file, find the below statement and uncomment it to enable the UART. You can directly append it at the end of file as well.

```
enable_uart=1
```

Then reboot.

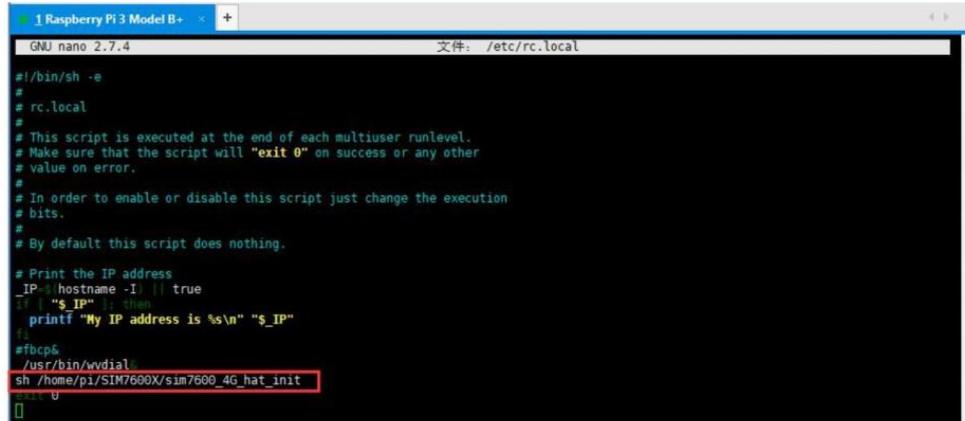
3.3. Init the Raspberry Pi

1、 Download the raspberry pi demo code to `/home/pi/` directory.

```
wget https://www.waveshare.com/w/upload/2/29/SIM7600X-4G-HAT-Demo.7z
sudo apt-get install p7zip-full
7z x SIM7600X-4G-HAT-Demo.7z -r -o/home/pi
sudo chmod 777 -R /home/pi/SIM7600X-4G-HAT-Demo
```

2、 Open the `/etc/rc.local` file, then add the context below:

```
sh /home/pi/SIM7600X-4G-HAT-Demo/Raspberry/c/sim7600_4G_hat_init
```



```
GNU nano 2.7.4 文件: /etc/rc.local
#!/bin/sh -e
#
# rc.local
#
# This script is executed at the end of each multiuser runlevel.
# Make sure that the script will "exit 0" on success or any other
# value on error.
#
# In order to enable or disable this script just change the execution
# bits.
#
# By default this script does nothing.
#
# Print the IP address
_IP=$(hostname -I | true)
if [ "$_IP" ]; then
    printf "My IP address is %s\n" "$_IP"
fi
#fbcp&
/usr/bin/wvdial
sh /home/pi/SIM7600X/sim7600_4g_hat_init
```

3.4. Minicom for UART debugging on Raspberry Pi

Inserting the module to Raspberry Pi and plug the jumper B,

Install minicom, minicom is a text-based modem control and terminal emulation program for Linux:

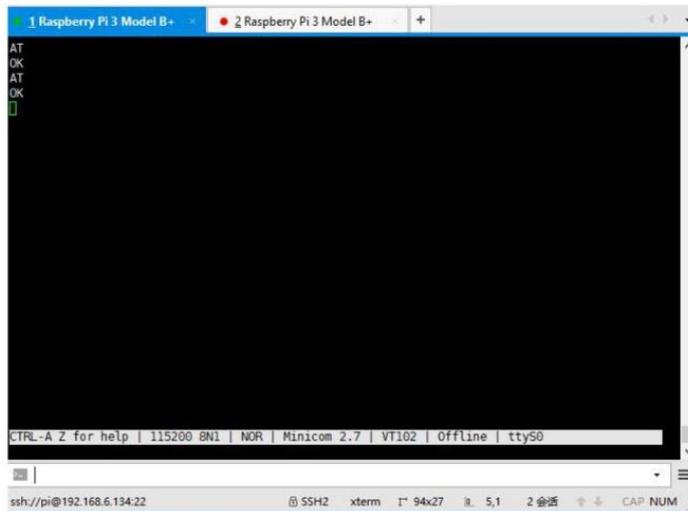
```
sudo apt-get install minicom
```

Execute command: `minicom -D /dev/ttyS0` (ttyS0 is the UART of Raspberry Pi 3B)

Baud rate is 115200 by default. If you need to change the baud rate, for example 9600, you can add the parameter `-b 9600`.

The user UART device of Raspberry Pi 2B/Zero is `ttyAMA0`, and `ttyS0` of Raspberry Pi 3B

Testing Bluetooth function as examples:



3.5. Examples

- 1、 Download the demo code from wiki and copy to the Raspberry Pi (/home/pi/SIM7600X)
- 2、 Enter the bcm2835 directory, compile and install the BCM2835 library:

```
chmod +x configure && ./configure && sudo make && sudo make install
```

- 3、 Compile and run the demo (for example:PhoneCall):

Clean up: `sudo make clean`

Recompile: `sudo make`

Run the program: `sudo ./PhoneCall`

Combination command: `sudo make clean && sudo make && sudo ./PhoneCall`

3.5.1. PHONECALL

```

1 Raspberry Pi 3 Model B+
pi@raspberrypi:~/SIM7600X $ cd PhoneCall/
pi@raspberrypi:~/SIM7600X/PhoneCall $ sudo make
g++ -c -o PhoneCall.o PhoneCall.cpp
g++ -c -o ../arduPi.o ../arduPi.cpp
g++ -c -o ../sim7x00.o ../sim7x00.cpp
g++ -Wall -o PhoneCall PhoneCall.o ../arduPi.o ../sim7x00.o -lbcm2835 -lrt -lpthread
pi@raspberrypi:~/SIM7600X/PhoneCall $ sudo ./PhoneCall
Starting up...

RDY

+CPIN: READY
AT
OK
AT+CREG?
+CREG: 0,2

OK
AT+CREG?
+CREG: 0,2

OK
AT+CREG?
+CREG: 0,1
ATD10086;
OK
Call disconnected
^C

```

3.5.2. SMS

```

1 Raspberry Pi 3 Model B+
pi@raspberrypi:~/SIM7600X $ cd SMS/
pi@raspberrypi:~/SIM7600X/SMS $ ls
Makefile SMS.cpp
pi@raspberrypi:~/SIM7600X/SMS $ sudo make
g++ -c -o SMS.o SMS.cpp
g++ -Wall -o SMS SMS.o ../arduPi.o ../sim7x00.o -lbcm2835 -lrt -lpthread
pi@raspberrypi:~/SIM7600X/SMS $ sudo ./SMS
AT
OK
AT+CREG?
+CREG: 0,1
Sending Short Message Test:
Setting SMS mode...
AT+CMGF=1
OK
Sending Short Message
AT+CMGS="1560000168"
>
+CMSG: 24

OK
Sent successfully
Receiving Short Message Test:
Please send message to phone 1560000168.
Setting SMS mode...
AT+CMGF=1
OK
AT+CPMS="SM","SM","SM"
+CPMS: 6,50,6,50,6,50

OK
AT+CMGR=1
+CMGR:
"REC_READ","106589996400","", "18/06/26,13:48:05+32"7003600320038003230024E2D56FD79FB52A84E0D4F1A4EE54EFB4F5565B95F0F541160A87D2253
D66BE55BC67801FF0C8BF752FF544A7E54ED64EBA3002
OK

```

3.5.3. GPS

```

1 Raspberry Pi 3 Model B+
pi@raspberrypi:~/SIM7600X/GPS $ sudo make clean && sudo make && sudo ./GPS
rm -f *.o GPS
g++ -c -o GPS.o GPS.cpp
g++ -Wall -o GPS GPS.o ../arduPi.o ../sim7x00.o -lbcm2835 -lrt -lpthread
AT
OK
AT+CREG?
+CREG: 0,1
Start GPS session...
AT+CGPS=1,1
OK
AT+CGPSINFO
+CGPSINFO:
*****
OK
AT+CGPSINFO
+CGPSINFO:
*****
OK
AT+CGPSINFO
+CGPSINFO:
2232.643279,N,11404.697531,E,300618,085520.0,96.0,0.0,0.0
OK
Latitude is 22.544054 N
Longitude is 114.078293 E
Day Month Year is 300618
UTC time is 085520
AT+CGPS=0
OK

```

3.5.4. TCP

```

1 Raspberry Pi 3 Model B+
pi@raspberrypi:~/SIM7600X/TCP $ sudo make clean && sudo make && sudo ./TCP
rm -f *.o TCP
g++ -c -o TCP.o TCP.cpp
g++ -Wall -o TCP TCP.o ../arduPi.o ../sim7x00.o -lbcm2835 -lrt -lpthread
AT
OK
AT+CREG?
+CREG: 0,1
AT+CREG?
+CREG: 0,1
AT+CREG?
+CREG: 0,1
AT+CREG?
+CREG: 0,1
AT+CGSOCKCONT=1,"IP","CMNET"
OK
AT+CSOCKSETPN=1
OK
AT+CIPMODE=0
OK
AT+NETOPEN
OK
AT+IPADDR
+IPADDR:
AT+CIPOPEN=0,"TCP","118.190.93.84",2317
OK
AT+CIPSEND=0,
>
OK
Send Message:Waveshare Successfully!
AT+CIPCLOSE=0
OK
+CIPCLOSE: 0,0
AT+NETCLOSE
OK

```

3.5.5. FTP

```

1 Raspberry Pi 3 Model B+
pi@raspberrypi:~/SIM7600X/FTP $ sudo make clean && sudo make && sudo ./FTP
rm -f *.o FTP
g++ -c -o FTP.o FTP.cpp
g++ -Wall -o FTP FTP.o ../arduPi.o ../sim7x00.o -lbcm2835 -lrt -lpthread
AT
OK
AT+CREG?
+CREG: 0,1
AT+CFTPPORT=21
OK
AT+CFTPMODE=1
OK
AT+CFTPTYPE=A
OK
AT+CFTPSERV="113.81.235.52"
OK
AT+CFTPUN="user"
OK
AT+CFTPPW="waveshare"
OK
Downloading file form "113.81.235.52"...
Download file from FTP...
AT+CFTPGETFILE="index.htm",0
OK
Uploading file to "113.81.235.52"...
Upload file to FTP...
AT+CFTPPUTFILE="index.htm",0
OK

```

4. Using with Arduino

4.1. Interface overview

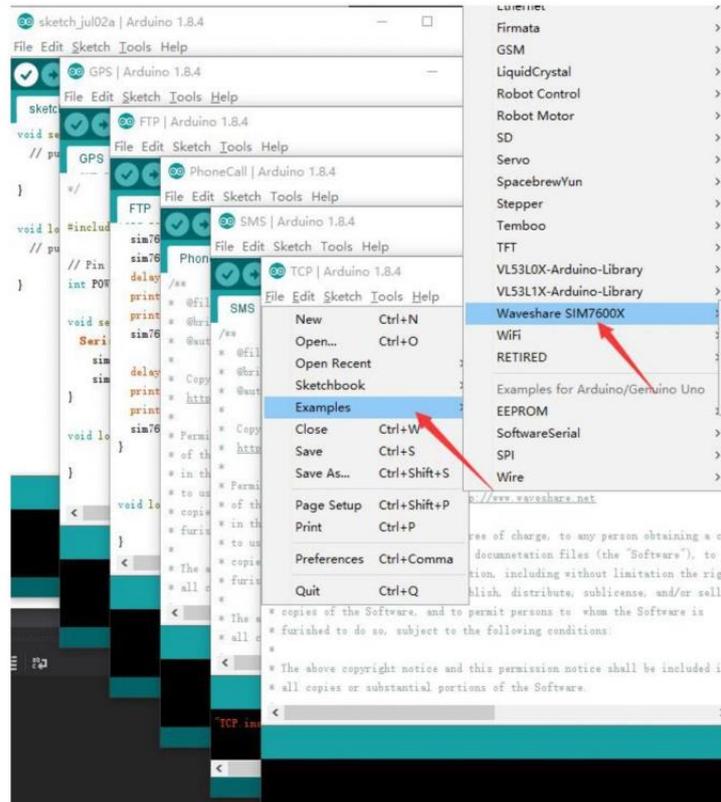
The default relationship between SIM7600 control pins and Arduino is shown in Table 1.

Table 2: The relationship between SIM7600 control pins and Arduino

| SIM7600 | Arduino UNO /UNO PLUS | Description |
|---------|-----------------------|---------------------|
| 5V | 5V | Power supply (5V) |
| GND | GND | Ground |
| TXD | 0 (RX) | UART pin |
| RXD | 1 (TX) | UART pin |
| PWR | 2 | Power up the module |

4.2. Install Arduino Library

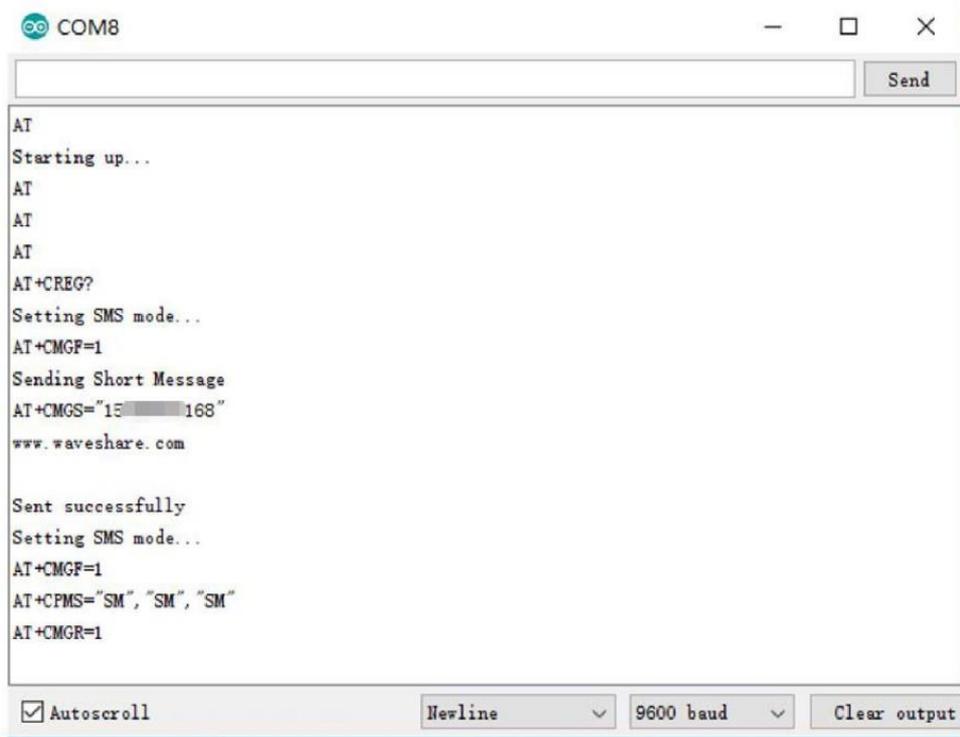
1. Download the Arduino demo code and copy the Waveshare_SIM7600X_Arduino_Library folder to {the Arduino software installation path}/Library/ .
2. Run the Arduino IDE, then select the example code as below:



4.2.1. PHONECALL



4.2.2. SMS



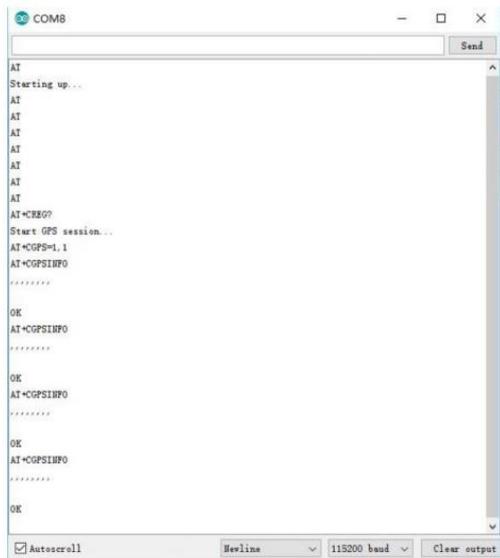
```
COM8
Send

AT
Starting up...
AT
AT
AT
AT+CREG?
Setting SMS mode...
AT+CMGF=1
Sending Short Message
AT+CMGS="15[REDACTED]168"
www.waveshare.com

Sent successfully
Setting SMS mode...
AT+CMGF=1
AT+CPMS="SM", "SM", "SM"
AT+CMGR=1

 Autoscroll  Newline  9600 baud  Clear output
```

4.2.3. GPS



```
COM8
Send

AT
Starting up...
AT
AT
AT
AT
AT
AT
AT
AT+CREG?
Start GPS session...
AT+CGPS=1,1
AT+CGPSINFO
*****
OK
AT+CGPSINFO
*****
OK
AT+CGPSINFO
*****
OK
AT+CGPSINFO
*****
OK

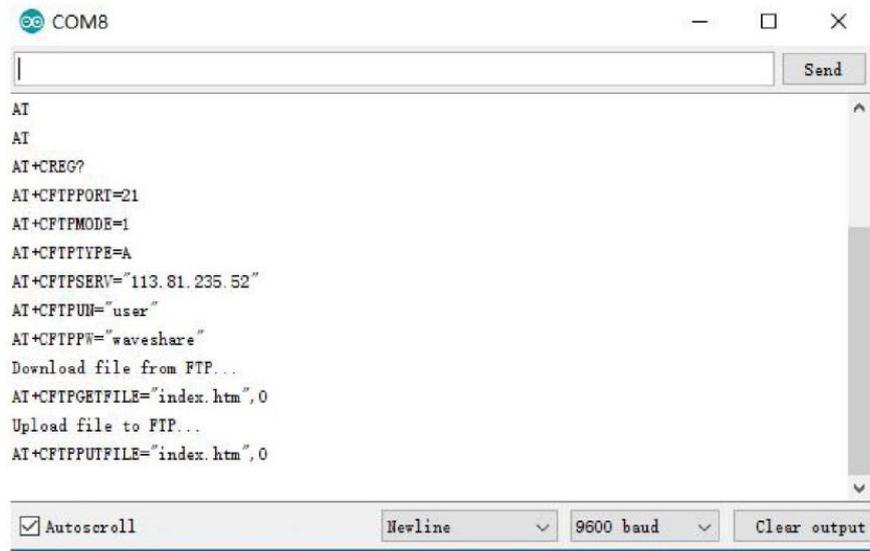
 Autoscroll  Newline  115200 baud  Clear output
```

4.2.4. TCP



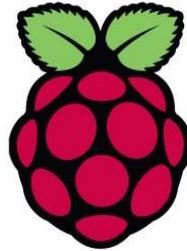
```
AT
AT+CREG?
AT+CSQ
AT+CREG?
AT+CPSI?
AT+CGREG?
AT+CGSOCKCONF=1, "IP", "CMNET"
AT+CSOCKSETPM=1
AT+CIPMODE=0
AT+NETOPEN
AT+IPADDR
AT+CIPOPEN=0, "TCP", "118.190.93.84", 2317
AT+CIPSEND=0,
Waveshare
,
AT+CIPCLOSE=0
```

4.2.5. FTP



Anexo 5: Datasheet Raspberry pi 4

DATASHEET



Raspberry Pi 4 Model B

Release 1

June 2019

Copyright 2019 Raspberry Pi (Trading) Ltd. All rights reserved.



| Symbol | Parameter | Minimum | Maximum | Unit |
|--------|------------------|---------|---------|------|
| VIN | 5V Input Voltage | -0.5 | 6.0 | V |

Table 2: Absolute Maximum Ratings

Please note that VDD_IO is the GPIO bank voltage which is tied to the on-board 3.3V supply rail.

| Symbol | Parameter | Conditions | Minimum | Typical | Maximum | Unit |
|----------|----------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|------|
| V_{IL} | Input low voltage ^a | VDD_IO = 3.3V | - | - | TBD | V |
| V_{IH} | Input high voltage ^a | VDD_IO = 3.3V | TBD | - | - | V |
| I_{IL} | Input leakage current | TA = +85°C | - | - | TBD | μA |
| C_{IN} | Input capacitance | - | - | TBD | - | pF |
| V_{OL} | Output low voltage ^b | VDD_IO = 3.3V, IOL = -2mA | - | - | TBD | V |
| V_{OH} | Output high voltage ^b | VDD_IO = 3.3V, IOH = 2mA | TBD | - | - | V |
| I_{OL} | Output low current ^c | VDD_IO = 3.3V, VO = 0.4V | TBD | - | - | mA |
| I_{OH} | Output high current ^c | VDD_IO = 3.3V, VO = 2.3V | TBD | - | - | mA |
| R_{PU} | Pullup resistor | - | TBD | - | TBD | kΩ |
| R_{PD} | Pulldown resistor | - | TBD | - | TBD | kΩ |

^a Hysteresis enabled

^b Default drive strength (8mA)

^c Maximum drive strength (16mA)

Table 3: DC Characteristics

| Pin Name | Symbol | Parameter | Minimum | Typical | Maximum | Unit |
|-----------------|------------|-------------------------------|---------|---------|---------|------|
| Digital outputs | t_{rise} | 10-90% rise time ^a | - | TBD | - | ns |
| Digital outputs | t_{fall} | 90-10% fall time ^a | - | TBD | - | ns |

^a Default drive strength, CL = 5pF, VDD_IO = 3.3V

Table 4: Digital I/O Pin AC Characteristics



Figure 2: Digital IO Characteristics



4.1 Power Requirements

The Pi4B requires a good quality USB-C power supply capable of delivering 5V at 3A. If attached downstream USB devices consume less than 500mA, a 5V, 2.5A supply may be used.

5 Peripherals

5.1 GPIO Interface

The Pi4B makes 28 BCM2711 GPIOs available via a standard Raspberry Pi 40-pin header. This header is backwards compatible with all previous Raspberry Pi boards with a 40-way header.

5.1.1 GPIO Pin Assignments

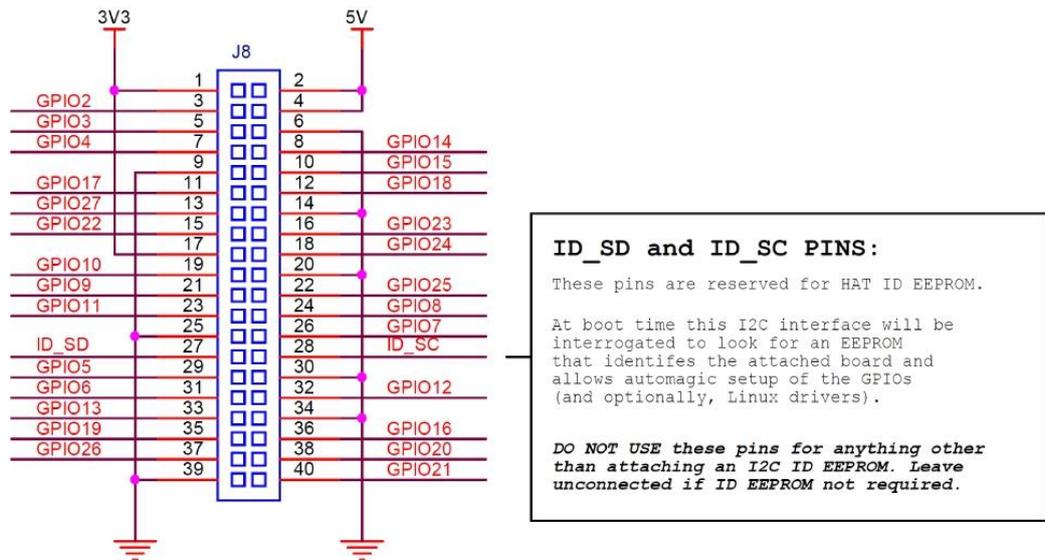


Figure 3: GPIO Connector Pinout

As well as being able to be used as straightforward software controlled input and output (with programmable pulls), GPIO pins can be switched (multiplexed) into various other modes backed by dedicated peripheral blocks such as I2C, UART and SPI.

In addition to the standard peripheral options found on legacy Pis, extra I2C, UART and SPI peripherals have been added to the BCM2711 chip and are available as further mux options on the Pi4. This gives users much more flexibility when attaching add-on hardware as compared to older models.



5.1.2 GPIO Alternate Functions

| GPIO | Default | | | | | | |
|------|---------|------------|-------|-----------|------------|------------|------------|
| | Pull | ALT0 | ALT1 | ALT2 | ALT3 | ALT4 | ALT5 |
| 0 | High | SDA0 | SA5 | PCLK | SPI3_CE0_N | TXD2 | SDA6 |
| 1 | High | SCL0 | SA4 | DE | SPI3_MISO | RXD2 | SCL6 |
| 2 | High | SDA1 | SA3 | LCD_VSYNC | SPI3_MOSI | CTS2 | SDA3 |
| 3 | High | SCL1 | SA2 | LCD_HSYNC | SPI3_SCLK | RTS2 | SCL3 |
| 4 | High | GPCLK0 | SA1 | DPLD0 | SPI4_CE0_N | TXD3 | SDA3 |
| 5 | High | GPCLK1 | SA0 | DPLD1 | SPI4_MISO | RXD3 | SCL3 |
| 6 | High | GPCLK2 | SOE_N | DPLD2 | SPI4_MOSI | CTS3 | SDA4 |
| 7 | High | SPI0_CE1_N | SWE_N | DPLD3 | SPI4_SCLK | RTS3 | SCL4 |
| 8 | High | SPI0_CE0_N | SD0 | DPLD4 | - | TXD4 | SDA4 |
| 9 | Low | SPI0_MISO | SD1 | DPLD5 | - | RXD4 | SCL4 |
| 10 | Low | SPI0_MOSI | SD2 | DPLD6 | - | CTS4 | SDA5 |
| 11 | Low | SPI0_SCLK | SD3 | DPLD7 | - | RTS4 | SCL5 |
| 12 | Low | PWM0 | SD4 | DPLD8 | SPI5_CE0_N | TXD5 | SDA5 |
| 13 | Low | PWM1 | SD5 | DPLD9 | SPI5_MISO | RXD5 | SCL5 |
| 14 | Low | TXD0 | SD6 | DPLD10 | SPI5_MOSI | CTS5 | TXD1 |
| 15 | Low | RXD0 | SD7 | DPLD11 | SPI5_SCLK | RTS5 | RXD1 |
| 16 | Low | FL0 | SD8 | DPLD12 | CTS0 | SPI1_CE2_N | CTS1 |
| 17 | Low | FL1 | SD9 | DPLD13 | RTS0 | SPI1_CE1_N | RTS1 |
| 18 | Low | PCM_CLK | SD10 | DPLD14 | SPI6_CE0_N | SPI1_CE0_N | PWM0 |
| 19 | Low | PCM_FS | SD11 | DPLD15 | SPI6_MISO | SPI1_MISO | PWM1 |
| 20 | Low | PCM_DIN | SD12 | DPLD16 | SPI6_MOSI | SPI1_MOSI | GPCLK0 |
| 21 | Low | PCM_DOUT | SD13 | DPLD17 | SPI6_SCLK | SPI1_SCLK | GPCLK1 |
| 22 | Low | SD0_CLK | SD14 | DPLD18 | SD1_CLK | ARM_TRST | SDA6 |
| 23 | Low | SD0_CMD | SD15 | DPLD19 | SD1_CMD | ARM_RTCK | SCL6 |
| 24 | Low | SD0_DAT0 | SD16 | DPLD20 | SD1_DAT0 | ARM_TDO | SPI3_CE1_N |
| 25 | Low | SD0_DAT1 | SD17 | DPLD21 | SD1_DAT1 | ARM_TCK | SPI4_CE1_N |
| 26 | Low | SD0_DAT2 | TE0 | DPLD22 | SD1_DAT2 | ARM_TDI | SPI5_CE1_N |
| 27 | Low | SD0_DAT3 | TE1 | DPLD23 | SD1_DAT3 | ARM_TMS | SPI6_CE1_N |

Table 5: Raspberry Pi 4 GPIO Alternate Functions

Table 5 details the default pin pull state and available alternate GPIO functions. Most of these alternate peripheral functions are described in detail in the BCM2711 Peripherals Specification document which can be downloaded from the [hardware documentation](#) section of the website.



5.1.3 Display Parallel Interface (DPI)

A standard parallel RGB (DPI) interface is available the GPIOs. This up-to-24-bit parallel interface can support a secondary display.

5.1.4 SD/SDIO Interface

The Pi4B has a dedicated SD card socket which supports 1.8V, DDR50 mode (at a peak bandwidth of 50 Megabytes / sec). In addition, a legacy SDIO interface is available on the GPIO pins.

5.2 Camera and Display Interfaces

The Pi4B has 1x Raspberry Pi 2-lane MIPI CSI Camera and 1x Raspberry Pi 2-lane MIPI DSI Display connector. These connectors are backwards compatible with legacy Raspberry Pi boards, and support all of the available Raspberry Pi camera and display peripherals.

5.3 USB

The Pi4B has 2x USB2 and 2x USB3 type-A sockets. Downstream USB current is limited to approximately 1.1A in aggregate over the four sockets.

5.4 HDMI

The Pi4B has 2x micro-HDMI ports, both of which support CEC and HDMI 2.0 with resolutions up to 4Kp60.

5.5 Audio and Composite (TV Out)

The Pi4B supports near-CD-quality analogue audio output and composite TV-output via a 4-ring TRS 'A/V' jack.

The analog audio output can drive 32 Ohm headphones directly.

5.6 Temperature Range and Thermals

The recommended ambient operating temperature range is 0 to 50 degrees Celcius.

To reduce thermal output when idling or under light load, the Pi4B reduces the CPU clock speed and voltage. During heavier load the speed and voltage (and hence thermal output) are increased. The internal governor will throttle back both the CPU speed and voltage to make sure the CPU temperature never exceeds 85 degrees C.

The Pi4B will operate perfectly well without any extra cooling and is designed for sprint performance - expecting a light use case on average and ramping up the CPU speed when needed (e.g. when loading a webpage). If a user wishes to load the system continually or operate it at a high temperature at full performance, further cooling may be needed.

