

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA



Dispensador inteligente para mejorar el cumplimiento
farmacológico en adultos mayores hipertensos

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

- Bach. Calderón Pérez Joselito
- Bach. Díaz Esquén César Anthony Ricardo

ASESORA:

Dra. Lucía Isabel Chamán Cabrera

Lambayeque, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS, MATEMÁTICAS Y COMPUTACIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Dispensador inteligente para mejorar el cumplimiento farmacológico en
adultos mayores hipertensos

Autores:



Bach. Calderón Pérez Joselito



Bach. Díaz Esquén César Anthony Ricardo

Asesor:



Dra. Chamán Cabrera Lucía Isabel

Lambayeque, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS, MATEMÁTICAS Y COMPUTACIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Dispensador inteligente para mejorar el cumplimiento farmacológico en adultos
mayores hipertensos

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

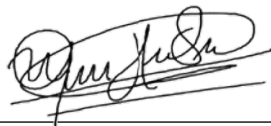
Aprobada por el siguiente jurado:



Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
PRESIDENTE



M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos
SECRETARIO



M.Sc. Ing. Wilson Dennis Reyes Vásquez
VOCAL

Lambayeque, 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Díaz Esquén César Anthony Ricardo, junto a mi compañero, Calderón Pérez Joselito, investigadores principales, y la Dra. Chamán Cabrera Lucía Isabel, asesora de nuestro trabajo de investigación denominado “Dispensador Inteligente para mejorar el Cumplimiento Farmacológico en adultos mayores hipertensos”, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrara lo contrario, asumimos responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 17 de Febrero del 2023

Investigadores:

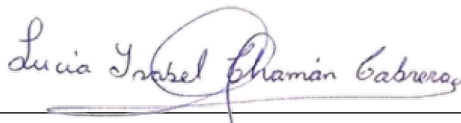


Bach. Díaz Esquén César Anthony Ricardo



Bach. Calderón Pérez Joselito

Asesora:



Dra. Chamán Cabrera Lucía Isabel

DEDICATORIA

Principalmente se lo dedico a DIOS por darme la sabiduría y ayudarme a cumplir mis objetivos al culminar mi carrera; a mi esposa e hijas que me han dado la fortaleza junto con mi madre y hermanos en el desarrollo y termino de este proyecto, por la confianza puesta en mí.

Calderón Pérez Joselito

Dedico esta tesis a mis padres, quienes sembraron en mí el hábito de la lectura y las ansias por conocimiento, por saber el funcionamiento de las cosas, y también por permitirme explorar durante mi niñez un sinfín de actividades.

A mi abuela Orfelinda Serrano Castañeda, por seguir cuidándome, aunque ya no sea un niño.

Díaz Esquén César Anthony Ricardo

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, mi agradecimiento a la Ingeniera Lucía Chamán por sus invaluable consejos y asesoría para la mejora y ejecución de este proyecto.

Agradezco a cada uno de mis docentes que durante el transcurso de la carrera me forjaron y brindaron conocimientos necesarios para lograr ser el profesional que soy actualmente.

A mis padres, Justino y Fidelia, que me encaminaron por el buen sendero de la vida.

Calderón Pérez Joselito

A mi madre Luisa Aurora y mi padre César Augusto, por el apoyo incondicional y la confianza que tuve para poder dedicarme a este proyecto.

A mis amigos, David, por motivarme a iniciar este proyecto, a Julio, por sus ideas brindadas, a Anabel, José Eduardo, Miluska, Maryhori y Frank, quienes por el simple de hecho de tenerlos a mi lado han significado un apoyo gigantesco.

A la profesora Lucía Chamán, por acompañarnos desde el inicio de esta travesía, por sus consejos y paciencia durante este largo camino, lo que nos permitió culminar orgullosamente este trabajo.

Finalmente, a la Obstetra Vanessa Flores Alvarado, quién nos ayudó en la gestión de permisos y la recopilación de información en el C.S. Manuel Sánchez Villegas – La Victoria I.

Díaz Esquén César Anthony Ricardo

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
INDICE DE CONTENIDO	VI
INDICE DE TABLAS	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XII
I. INTRODUCCION.....	1
II. DISEÑO TEÓRICO	4
III. MÉTODOS Y MATERIALES	14
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	14
3.2. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	14
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	14
IV. DISEÑO DE INGENIERÍA.....	15
4.1. DISEÑO DEL DISPENSADOR INTELIGENTE	15
4.1.1. Diagnóstico general	15
4.1.2. Evaluación de las plataformas de bases de datos en la nube	16
4.1.3. Evaluación de tarjetas de desarrollo electrónicas	17
4.1.4. Selección de plataformas de bases de datos en la nube y componentes electrónicos .	18
4.1.5. Diseño de la base de datos.....	20
4.1.6. Sistema electrónico del Dispensador Inteligente.....	21
4.1.7. Conexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 con el Módulo SIM800L	22
4.1.8. Conexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 con el Módulo Reproductor de MP3 DFR0299	25
4.1.9. Conexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 con la pantalla LCD 128x64 YB12864ZB	26
4.1.10. Conexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 con el Módulo RTC DS3231	27
4.1.11. Conexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 con el Módulo Driver ULN2003	28
4.1.12. Diagrama de flujo del Dispensador Inteligente	29
4.1.13. Diseño de la Placa de Circuito Impreso (PCB)	31
4.1.14. Diseño del modelo 3D del Dispensador Inteligente	34
4.1.15. Desarrollo de la Aplicación Móvil	40
V. RESULTADOS	46
5.1. ENSAMBLAJE FINAL DEL DISPENSADOR INTELIGENTE.....	46
5.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBAS REALIZADAS EN EL DISPENSADOR INTELIGENTE	51

5.2.1. Resultados obtenidos de pruebas de activación de alarma sonora	51
5.2.2. Resultados obtenidos de pruebas de alerta de reposición de medicamento mediante mensaje SMS	51
5.2.3. Resultados obtenidos de pruebas de visualización del nombre del medicamento a tomar en pantalla	52
5.2.4. Resultados obtenidos de pruebas de alerta de toma de medicamento mediante mensaje SMS	53
5.2.5. Resultados obtenidos de pruebas de bloqueo del Dispensador	54
5.2.6. Resultados obtenidos de pruebas de desbloqueo del Dispensador	54
5.2.7. Resultados obtenidos de pruebas de dispensación de medicamentos.....	55
5.2.8. Resultados obtenidos de pruebas de envío de datos a la base de datos en la nube.....	56
5.2.9. Resultados obtenidos de pruebas de reposición de medicamentos.....	56
5.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBAS REALIZADAS EN LA APLICACIÓN MÓVIL	57
5.3.1. Resultados obtenidos de pruebas de autenticación.....	57
5.3.2. Resultados obtenidos de pruebas de visualización de dosis tomadas.....	58
5.3.3. Resultados obtenidos de pruebas de visualización de dosis omitidas	58
5.3.4. Resultados obtenidos de pruebas de cálculo de Cumplimiento Farmacológico Total.....	59
5.4. RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBAS REALIZADAS EN LA BASE DE DATOS EN LA NUBE....	60
5.4.1. Resultados obtenidos de visualización de datos subidos por el Dispensador Inteligente.....	60
5.5. CÁLCULO DE LA EFICACIA TOTAL DEL DISPENSADOR INTELIGENTE	60
5.6. PRESUPUESTO.....	61
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS.....	64
ANEXOS	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Pacientes adultos mayores atendidos con HTA durante el año 2021	15
Tabla 2	Resultados de pruebas de activación de alarma sonora.....	51
Tabla 3	Resultados de pruebas de alerta de reposición mediante mensaje SMS	52
Tabla 4	Resultados de pruebas de visualización de nombre de medicamento en pantalla	53
Tabla 5	Resultados de pruebas de alerta de toma mediante mensaje SMS.....	53
Tabla 6	Resultados de pruebas de bloqueo del Dispensador	54
Tabla 7	Resultados de pruebas de desbloqueo del Dispensador	55
Tabla 8	Resultados de pruebas de dispensación de medicamentos	55
Tabla 9	Resultados de pruebas de envío de datos a la base de datos en la nube	56
Tabla 10	Resultados de pruebas de reposición de medicamentos	57
Tabla 11	Resultados de pruebas de autenticación.....	57
Tabla 12	Resultados de pruebas de visualización de dosis tomadas.....	58
Tabla 13	Resultados de pruebas de visualización de dosis omitidas	59
Tabla 14	Resultados de pruebas de cálculo de Cumplimiento Farmacológico Total	59
Tabla 15	Resultados de visualización de datos subidos por el Dispensador Inteligente	60
Tabla 16	Tabla general de gastos en el Diseño y Fabricación del Dispensador Inteligente	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Arquitectura de un Sistema de Dispositivos Inteligentes	8
Figura 2 Tarjeta electrónica NodeMCU ESP32	10
Figura 3 Sistema de capas del S.O. Android	12
Figura 4 Diagrama entidad-relación de nuestra base de datos.....	20
Figura 5 Diagrama de bloques del sistema electrónico del Dispensador Inteligente	21
Figura 6 Medición con un Multímetro del voltaje de salida del Módulo LM2596	22
Figura 7 Módulo SIM800L alimentado eléctricamente por un Módulo LM2596.....	23
Figura 8 Interconexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 y Módulo SIM800L.....	24
Figura 9 Interconexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 y Módulo DFR0299.....	25
Figura 10 Interconexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 y Pantalla LCD YB12864ZB	26
Figura 11 Interconexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 y Módulo RTC DS3231	27
Figura 12 Interconexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 y Módulo Driver ULN2003.....	28
Figura 13 Diagrama de flujo de la rutina principal del Dispensador Inteligente.....	29
Figura 14 Diagrama de flujo de la rutina de recarga del Dispensador Inteligente	30
Figura 15 Capa superior de la Placa de Circuito Impreso	31
Figura 16 Capa inferior de la Placa de Circuito Impreso	32
Figura 17 Capa superior de la Placa de Circuito Impreso manufacturado	32
Figura 18 Capa inferior de la Placa de Circuito Impreso manufacturado	33
Figura 19 Placa PCB ensamblada.....	33
Figura 20 Vista anterior del modelo 3D de la carcasa del Dispensador Inteligente.....	34
Figura 21 Vista posterior del modelo 3D de la carcasa del Dispensador Inteligente	35
Figura 22 Vista inferior del modelo 3D de la plataforma de soporte	35
Figura 23 Vista inferior del modelo 3D del disco giratorio.....	36
Figura 24 Proceso de impresión 3D de la plataforma de soporte	37
Figura 25 Proceso de impresión 3D del disco giratorio.....	38
Figura 26 Proceso de impresión 3D de la carcasa	38
Figura 27 Vista externa del Dispensador Inteligente ensamblado.....	39
Figura 28 Vista interna del Dispensador Inteligente ensamblado	39
Figura 29 Código en lenguaje Kotlin de la Aplicación Móvil en IDE Android Studio	40
Figura 30 Pantalla Login.....	41
Figura 31 Pantalla Pacientes	42
Figura 32 Pantalla Medicamentos.....	43
Figura 33 Pantalla Dosis	44
Figura 34 Pantalla Adherencia.....	45
Figura 35 Vista exterior delantera del Dispensador Inteligente	46
Figura 36 Vista exterior superior del Dispensador Inteligente	47
Figura 37 Vista exterior trasera del Dispensador Inteligente	47
Figura 38 Vista exterior trasera del Dispensador Inteligente sin tapa inferior	48
Figura 39 Vista exterior del compartimiento inferior del Dispensador Inteligente.....	48
Figura 40 Vista interior del compartimiento inferior del Dispensador Inteligente.....	49
Figura 41 Vista interior superior del Dispensador Inteligente.....	49

Figura 42 Vista interior superior del Dispensador Inteligente.....	50
Figura 43 Distribución de Pines de la tarjeta NodeMcu ESP32	67
Figura 44 Distribución de Pines del módulo DFR0299.....	68
Figura 45 Distribución de Pines del módulo DS3231	68
Figura 46 Distribución de Pines del módulo SIM800L.....	68
Figura 47 Hoja de datos de la pantalla LCD YB12864ZB	68

Resumen

Las enfermedades cardiovasculares generan millones de muertes anuales, entre estas una de las mayores afecciones es la hipertensión arterial. Esta enfermedad está altamente correlacionada con la edad, afectando mayormente a adultos mayores de 65 años. Asimismo, según estudios realizados a nivel nacional encontramos un bajo cumplimiento farmacológico, estando entre las causas principales el olvido de las tomas de los medicamentos prescritos, siendo esto alarmante, ya que una baja adherencia al cumplimiento farmacológico en esta enfermedad tiene consecuencias mortales para los adultos mayores. Para combatir este problema, mediante la recolección de datos sobre los fármacos prescritos en el Centro de Salud Manuel Sánchez Villegas y el estudio de herramientas para mejorar el cumplimiento farmacológico, se desarrolló un dispensador inteligente. Utilizando tecnologías innovadoras como lo son la tarjeta de desarrollo Node Mcu ESP32, para el control principal del sistema y la impresión 3D, para el desarrollo de la carcasa y el sistema mecánico, proporcionando las funciones de emitir alertas sonoras y brindar los medicamentos a la hora prescrita, siendo capaz de almacenar hasta 32 pastillas, además de enviar SMS al cuidador en caso este se olvide de tomarlos, monitoreando los datos de las dosis tomadas y omitidas, enviándolos a la nube para ser visualizadas en una aplicación móvil para el monitoreo del médico a cargo. Finalmente, se logró comprobar el funcionamiento adecuado de este dispositivo mediante las pruebas realizadas obteniendo un porcentaje de 99.65% de eficacia.

Palabras Claves: Cumplimiento farmacológico, Dispensador inteligente, Esp32, Hipertensión arterial.

Abstract

Cardiovascular diseases generate millions of deaths annually, among these one of the biggest conditions is arterial hypertension. This disease is highly correlated with age, mostly affecting adults over 65 years of age. Likewise, according to studies carried out at the national level, low pharmacological compliance is found, being among the main causes forgetting to take the prescribed medications, this being alarming, since low adherence to pharmacological compliance in this disease has fatal consequences for older adults. To combat this problem, by collecting data on the drugs prescribed at the Manuel Sánchez Villegas Health Center and studying tools to improve drug compliance, an intelligent dispenser was developed. Using innovative technologies such as Node Mcu ESP32 development board, for main control of the system and 3D printing, for the development of the casing and the mechanical system, providing the functions of issuing sound alerts and providing medications at the prescribed time, being able to store up to 32 pills, in addition to sending SMS to the caregiver in case he forgets to take them, monitoring the data of the doses taken and omitted, sending them to the cloud to be viewed in a mobile application for monitoring by the doctor in charge. After conducting several tests, we finally managed to verify that this device functions correctly, with a 99.65% effectiveness rate.

Key Words: Pharmacological compliance, Intelligent dispenser, Esp32, Arterial hypertension.

I. INTRODUCCION

Actualmente las enfermedades cardiovasculares generan muertes aproximadamente de 17 millones de personas al año, casi la mitad estas (9,4 millones) son causadas por la hipertensión arterial. En un alto porcentaje están causadas por accidente cerebrovascular (51%) y la otra mayoría por cardiopatías (45%) (OMS, 2013).

También se conoce que, entre las enfermedades crónicas, la hipertensión arterial es la que posee mayor incidencia mundialmente (Rivas & Delgado, 2017) yendo estas en aumento, siendo ya 250 millones de personas que sufren de hipertensión arterial en las Américas (OPS, 2015); y en el Perú son más de 4 millones de afectados con esta enfermedad (Ministerio de Salud del Perú, 2019).

Para dar solución, la medicina ha mejorado tanto en el diagnóstico como en el tratamiento, reduciendo la mortalidad cardiovascular en países desarrollados a la mitad en los últimos 20 años, debido al tratamiento farmacológico (Castellano et al., 2014).

Así como, la probabilidad de que alguien padezca de Hipertensión Arterial se correlaciona con la edad, oscilando en adultos de 65 años o más, entre 60% y 70%. Asimismo, la mitad de los pacientes nuevos no sigue el tratamiento de forma adecuada, y el restante dejan el tratamiento pasado un año (Becerra, 2015).

Si nos enfocamos en Perú encontramos una tasa de adherencia del 37.9%, además el monitoreo correcto de la presión arterial y la toma constante de los fármacos prescritos se encuentran fuertemente relacionados (Rivas & Pino, 2017). En el plano local, un estudio realizado en el 2015 evaluó la “Cartera de Servicios de Salud del Policlínico Chiclayo Oeste” encontrando una adherencia total de solo el 11% de pacientes hipertensos, con casi la mitad poseyendo un grado de instrucción superior (Torres et al., 2016), siendo esta cifra alarmante sabiendo las terribles consecuencias que produce esta enfermedad.

En esta misma línea, podemos mencionar estos antecedentes sobre los problemas cardiovasculares que generan una deficiencia a la adherencia al tratamiento antihipertensivo, las soluciones ahora son el uso de pastilleros electrónicos, centrándose solo en el recordatorio de toma de medicamentos y aplicaciones móviles, encontrándose la mayoría en inglés y sin certificación alguna, siendo estas de difícil uso para personas mayores, que no cuenten con un dispositivo móvil, no existiendo en Perú antecedentes de equipos electrónicos dedicados exclusivamente a mejorar la adherencia terapéutica. Ya existiendo a nivel internacional

dispensadores médicos inteligentes de alto precio como Pria, desarrollado por la empresa PilloHealth, llegando a costar aproximadamente \$600 además de una suscripción mensual para el servicio de monitoreo (Stanley & Decker, 2021) o MedaCube, el cual cuesta \$1800 (PharmAdva, 2022), los cuales no se adaptan a la realidad peruana, además de otros productos como RebiSmart, el cual es un dispositivo de inyección que permite controlar la adherencia al tratamiento específicamente en Esclerosis múltiple, almacenando un historial con las dosis administradas las cuales son reportadas al Neurólogo (Zecca et al., 2017).

Mencionado arriba consideramos estos avances insuficientes si nos referimos a la deficiencia de esta adherencia al tratamiento, debido a que estos generan consecuencias negativas como el empeoramiento de los síntomas y descontrol de la enfermedad, el detrimento de la necesidad de cambiar de fármacos y calidad de vida, además del consumo de recursos sanitarios y gastos innecesarios por parte de los prestadores de salud y del paciente (Castro et al., 2009).

La investigación es aplicada en la Posta Manuel Sánchez Villegas - La Victoria Sector I, la cual cuenta con 153 pacientes y el 90% son de bajos recursos, siendo incapaces de comprar algún dispositivo inteligente o pagar una suscripción a algún servicio de control de Adherencia Farmacológica.

Debido a lo expuesto anteriormente formulamos el siguiente problema de investigación: ¿De qué manera un Dispensador Inteligente basado en un Microcontrolador ESP32, que realice recordatorios de la medicación prescrita, permita el registro de la hora de toma de medicamentos en la nube y envíe mensajes SMS para recordar la toma al cuidador, permitirá la mejora del cumplimiento farmacológico en adultos mayores hipertensos?

Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación es implementar un Dispensador Inteligente basado en un Microcontrolador ESP32, que realice recordatorios de la medicación prescrita, permita el registro de la hora de toma de medicamentos en la nube y envíe mensajes SMS para recordar la toma al cuidador, para mejorar el cumplimiento farmacológico en adultos mayores hipertensos.

Además, planteamos los siguientes objetivos específicos a cumplir en esta investigación: evaluar las herramientas en la adherencia al tratamiento farmacológico en adultos mayores hipertensos para justificar la necesidad; además, estudiar las tecnologías para la mejora del cumplimiento de la medicación en la Hipertensión Arterial; así como, los distintos tipos de Microcontroladores y pantallas para adquirir conocimientos actuales, dimensionar el dispensador inteligente para

seleccionar los distintos dispositivos y software requeridos, y finalmente, realizar las pruebas necesarias del dispensador inteligente para comprobar su efectividad.

Por ello, la hipótesis tratada en esta investigación fue que, si se implementa un Dispensador Inteligente basado en un Microcontrolador ESP32, que realice recordatorios de la medicación prescrita, permita el registro de la hora de toma de medicamentos en la nube y envíe mensajes SMS para recordar la toma al cuidador entonces se mejorará el cumplimiento farmacológico en adultos mayores hipertensos.

Finalmente, planteamos la elaboración de una Dispensador Inteligente de fácil uso que no solo se limite al recordatorio de la toma de medicamentos, sino también al envío de mensajes de texto al cuidador cuando estos no son tomados, realice el registro de la hora de toma de medicamentos en la nube y que este pueda ser observado por el médico a cargo a través de una aplicación móvil para mejorar el hábito de toma de medicamentos en adultos mayores con Hipertensión Arterial y llevar un seguimiento de la evolución de sus enfermedades.

II. DISEÑO TEÓRICO

A nivel internacional, Moscoso y Villacres (2020) desarrollaron un prototipo de máquina no portable dispensadora de pastillas dedicada al suministro de medicamentos con una pantalla amigable y de buena visibilidad para el uso del adulto mayor o su cuidador, para lograr este fin se diseñó en un software de diseño 3D la carcasa, se hizo uso de un módulo GSM para poder enviar mensajes a su cuidador, la programación del dispositivo se realizó en una tarjeta de desarrollo Arduino Mega apoyado por un módulo de reloj en tiempo real RTC DS321, la interfaz gráfica se realizó en una pantalla táctil HMI Nextion NX4827T04_011. Se logró desarrollar el prototipo del Dispensador de Medicamentos, sin embargo, se recomendó agregarle un banco de baterías para que el dispositivo funcione independientemente del suministro de energía eléctrica, además de un aplicativo móvil para la supervisión del consumo de medicamentos del paciente.

Además, Muñoz (2016) diseñó una máquina dosificadora para permitir el control del tratamiento a pacientes polimedicados con alguna discapacidad visual, auditiva o cognitiva con el fin de evitar errores y olvidos al momento de la toma de píldoras. Entre los principales componentes utilizados en este proyecto se encuentra la placa electrónica Arduino, una pulsera con sistema NFC para permitir la comunicación entre el paciente y la máquina, la interfaz gráfica se desarrolló en una pantalla táctil de 6" en donde se visualiza el menú de pastillas además de las citas del paciente, la máquina se puede comunicar con una aplicación móvil para informar de los problemas con el paciente. Se logró implementar la máquina dosificadora permitiendo la administración de pastillas, la toma de pastillas al día y la recarga mensual debido a su tamaño de compartimento, sin embargo, eso dificulta su movilidad. El precio de construir un prototipo está en aproximadamente 325 euros.

También, Huertas (2016) diseñó un sistema que les permite a los pacientes estudiar su salud desde sus hogares a través de distintos sensores, visualizando estos datos en un dispositivo móvil y teniendo la posibilidad de subirlos en línea para ser representados remotamente. Con el fin de descongestionar los establecimientos médicos y ayudar a pacientes que no pueden asistir a un centro hospitalario. Los sensores de temperatura corporal, presión arterial, saturación de Oxígeno, Glucosa, GSR (Respuesta Galvánica de la piel), señales ECG y EMG (ciclo cardiaco), y flujo de aire están conectados a un módulo eHealth Sensor Shield el cual normaliza las distintas señales de estos y a través de un dispositivo Arduino Uno, estos datos son enviados

mediante una conexión Bluetooth a un dispositivo móvil Android, siendo visualizados en un Aplicativo Móvil. Se logró implementar un sistema de captura de datos fisiológicos y visualizar a través de una aplicación móvil fácil de usar, lo cual fue comprobado por las personas que participaron en las pruebas.

Del mismo modo, Gutiérrez y Toala (2015) diseñaron un módulo cliente el cual permite capturar datos clínicos como Glucosa, Temperatura, Oxígeno y Presión Arterial mediante cuatro sensores conectados a un minicomputador Raspberry Pi, guardados en una base de datos MySQL y enviados a una sistema web la cuál puede ser revisada por el médico, además se implementó un sistema de Voz sobre Ip para que el paciente pueda comunicarse con su médico, todo esto con el fin de agilizar un diagnóstico médico en zonas rurales. Se logró diseñar, administrar y controlar un sistema telemático de bajo costo enfocado hacia la mejora de consultas médicas en pacientes pertenecientes a sectores rurales del país, además de reducir el tiempo de espera de cada paciente y la revisión por parte de un especialista médico.

A nivel nacional, Reyes (2018) diseñó un dispositivo móvil que permitió monitorear los signos vitales en pacientes en emergencia, este dispositivo está basado en un placa Arduino Mega 2560, toma la medición de temperatura corporal, saturación de oxígeno en la sangre, presión arterial y frecuencia cardíaca de los pacientes mediante sensores, los procesa y luego almacena en una memoria microSD, además mediante un módulo Bluetooth envía estos datos hacia una aplicación móvil y mediante un módulo Wi-Fi hacia Internet. La aplicación móvil permite visualizarlos por el personal médico en el transcurso del traslado del paciente al centro de salud. Se concluyó que las lecturas del dispositivo diseñado fueron estadísticamente similares a los de dispositivos de adquisición de datos médicos comerciales ubicados en los centros médicos de la zona además se logró la interacción entre el médico y el paciente a través de la representación visual de estos datos durante situaciones de emergencias manejadas por la Compañía de Bomberos Salvadora Trujillo N° 26 mediante la aplicación móvil.

Es importante definir cumplimiento farmacológico, para ello como para Cramer como para muchos (2008), es el grado en el que el paciente se adhiere a los intervalos, horarios y dosis de la medicación prescrita por el médico.

Un bajo cumplimiento farmacológico, genera el empeoramiento de los síntomas, progreso de la enfermedad, pérdida de habilidades funcionales e incluso la muerte (Jimmy & Jose, 2011).

Según Benna y Jimmy (2011), la no adherencia o no cumplimiento farmacológico puede ser categorizado en no adherencia primaria, cuando el médico prescribe los medicamentos, pero el paciente no consigue los medicamentos o nunca inicia el tratamiento, el segundo tipo es la adherencia no persistente, en la cual el paciente detiene la toma de medicamentos sin que el médico lo indique, finalmente está la adherencia no conforme, en esta el paciente no toma los medicamentos de la forma indicada por el personal médico, ya sea saltándose ciertas dosis, tomando más o menos de las prescritas, o en un horario que no corresponden.

En el origen de un mal cumplimiento farmacológico pueden intervenir distintos factores entre estos los relacionados al paciente, desinformación sobre su enfermedad, falta de participación en la elección de su tratamiento, bajo status socioeconómico que no permite adquirir la medicación prescrita. También pueden existir factores asociados a su personal médico, un complejo tratamiento de medicamentos, mala o nula sensibilización sobre su enfermedad, falta de comunicación con el paciente para explicar los beneficios y efectos adversos de la medicación, y una elección de prescripción demasiado cara de acuerdo al status socioeconómico del paciente. Y por último factores relacionados al sistema de salud, medicamentos que no cubre el seguro de salud, un sistema de salud fragmentado que limite el acceso del paciente y la coordinación del personal médico, falta de control en el monitoreo de la adquisición de medicina periódica, historia clínica no universal, lo cual no permite al personal médico acceder la información del paciente en otros centros de salud (Brown & Bussell, 2011).

También es importante conocer sobre la Hipertensión Arterial, MINSA (2017), la conceptualiza como una enfermedad crónica, como la persistencia y el aumento anormal de la presión arterial, mientras más aumente esta, le costará mayor trabajo al corazón lograr que la sangre sea transportada a través de las arterias y venas, lo cual puede ocasionarles daño.

Por lo tanto, en adultos, si la medida de la presión sistólica sobrepasa o es 140 mm Hg y/o la medida presión diastólica da un valor de 90 mm Hg o los supera, se considera hipertensión arterial.

Entre los excitadores que aumentan el riesgo de padecer esta enfermedad están los modificables y no modificables. Los primeros se encuentran relacionados con las dietas y hábitos, tales como ingesta excesiva de sal, consumo abundante de grasas saturadas y trans, poco consumo de verduras y frutas, consumo de tabaco y bebidas alcohólicas, inactividad física, sobrepeso u obesidad. Y entre los últimos están principalmente ser adulto mayor de 65 años, tener

antecedentes familiares de hipertensión y padecer de otra enfermedad como diabetes o nefropatías.

Generalmente los pacientes hipertensos no presentan síntomas, lo que hace difícil que ellos sean conscientes de su enfermedad, sin embargo, algunos pueden presentar sangrado nasal, dolores de cabeza, ritmo cardíaco irregular, alteraciones en la visión, silbidos o zumbidos en el oído. Y en un estado más grave, vómitos, ansiedad, cansancio, náuseas, confusión, dolor en el pecho y temblor muscular. Solo puede ser detectada mediante la medición de la presión arterial a través de un Tensiómetro, lo cual dura menos de 5 minutos (OMS, 2021).

Una Hipertensión Arterial no controlada puede generar a la larga otras complicaciones poniendo en riesgo la vida, afectando a las arterias mediante generación de daño arterial y aneurismas, al corazón tal como infarto de miocardio e insuficiencia cardíaca, al cerebro provocando accidente cerebrovascular, a los riñones mediante insuficiencia renal y glomeruloesclerosis (Mayo Foundation for Medical Education and Research, 2019).

Al mismo tiempo, MINSA (2016) define a los adultos mayores, como todas las personas pertenecientes al rango de edad de 60 años a más.

Además, es necesario definir Dispositivos Inteligentes, para Silverio-Fernández (2018) como para muchos, son dispositivos electrónicos que tienen la capacidad de realizar actividades como la computación autónoma, así como conectarse a diferentes dispositivos, mediante la transmisión alámbrica e inalámbrica, lo que le permitirá el intercambio de datos entre estos.

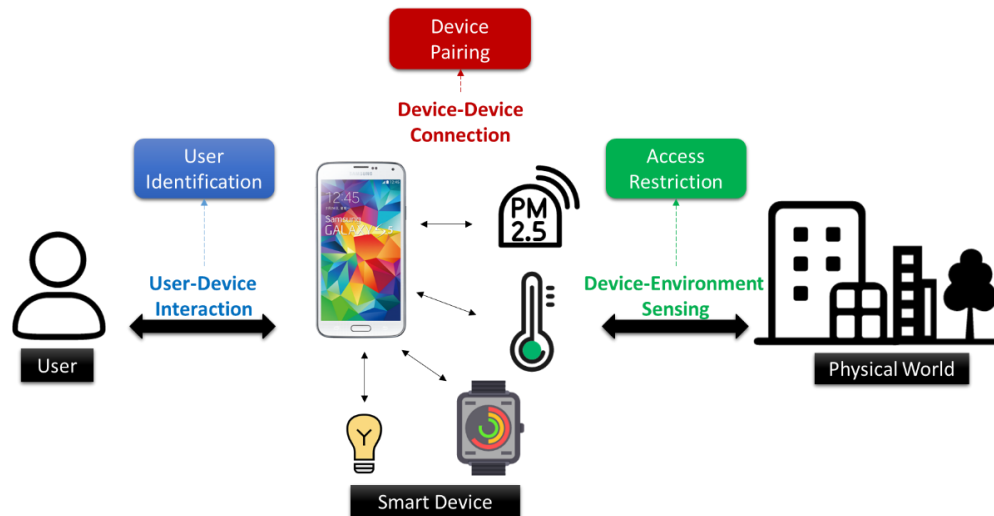
Según, Zhang (2018) propone la siguiente arquitectura para describir un sistema de dispositivos inteligentes, dividiéndose en 3 partes: Interacción Usuario-Dispositivo, define cómo el usuario accede al dispositivo inteligente. Esta interacción puede restringirse a ciertos usuarios mediante el uso de dispositivos biométricos, tarjetas de RFID, claves de acceso, etc.

También la Conexión Dispositivo-Dispositivo, el cual permite entre dos o más dispositivos la conmutación de datos y la cooperación, en donde se debe tener en cuenta la seguridad de la conexión entre estos para proteger los datos de los usuarios.

Finalmente, la interacción Dispositivo – Detección ambiental, permite la recolección de datos del contexto ambiental en el que se encuentra el dispositivo inteligente, si es que este cuenta con los sensores adecuados.

Figura 1

Arquitectura de un Sistema de Dispositivos Inteligentes



Nota. Tomado de ZHANG (2018)

Al mismo tiempo, Bannatyne y Viot (1998), definen a un microcontrolador, como un circuito que integra una unidad central de procesos (CPU), un reloj oscilador, una memoria, además de entradas y salidas. Entre las aplicaciones de estos están las de controlar motores, instrumentos médicos, sistemas de IoT, electrodomésticos, televisores, impresoras, sistemas de audio y voz, entre otras (Departamento de Electrónica y Automática, 2017).

La estructura básica de un microcontrolador se compone de: una Unidad de Procesos, que consta de un Procesador, encargado de realizar las tareas para la cuál ha sido programado el microcontrolador, valiéndose de su Unidad de Control lee las instrucciones almacenadas en la Memoria de Instrucciones para después ejecutarlas a través de su ALU (Unidad Aritmética y Lógica), guardando el resultado en la Memoria de Datos; así como la Memoria de Instrucciones, en la cual las instrucciones programadas por el usuario son almacenadas. Es implementado mediante el uso de memorias no volátiles como EEPROM, EPROM, PROM, ROM; además, la Memoria de Datos, cuya función es almacenar las variables del programa. Debido a que en este se realizan operaciones de escritura y lectura constantemente son implementadas mediante el uso de memorias volátiles como SRAM (Memoria Estática de Acceso Aleatorio) y por último los Buses de Datos, que interconectan todos los componentes de la Unidad de Procesos.

También de Dispositivos de E/S: Temporizadores, dedicado a llevar a cabo las operaciones de conteo o sincronización. Pudiendo ser el conteo de pulsos externos, o también la generación de pulsos, medición de frecuencias, modulación de ondas, entre otros; también, el ADC o Conversor Analógico a Digital: son empleados para convertir señales de entrada analógicas a digitales; además, el DAC o Conversor Digital a Analógico: ejecuta la función opuesta a un ADC. Generalmente empleado para aplicaciones analógicas como el control de un motor DC, etc; también, Comparadores Analógicos y finalmente los Puertos de Comunicación: estos puertos se utilizan para conectar un microcontrolador con otros dispositivos, ya sean otros microcontroladores o periféricos, mediante distintos protocolos de comunicación. Ejemplos: SPI, I2C, UART, etc. Y de Recursos Auxiliares como el Temporizador de vigilancia, el cual, si ocurre algún fallo en la ejecución del programa provoca el reinicio del microcontrolador.

Además, los Microcontroladores pueden estar divididos en distintas categorías, dependiendo de su memoria, arquitectura, números de bits y sets de instrucciones.

De acuerdo al tamaño de palabra de memoria: siendo estos los máximos números de bits que puede acceder desde su memoria en un ciclo de reloj, pudiendo ser de 8 bits, 16 bits o 32 bits.

De acuerdo a su memoria: Microcontroladores de memoria externa: Cuando un microcontrolador embebido no posee de algún componente de memoria. Además, Microcontrolador de memoria embebida: cuando un microcontrolador posee todos los bloques funcionales en un chip.

De acuerdo al set de instrucciones: CISC: permite al usuario aplicar una instrucción como alternativa a múltiples instrucciones. Así como, RISC: acorta el tiempo de operación mediante la reducción del ciclo de reloj por instrucción.

Por su tipo de Arquitectura de Memoria: Harvard y Princeton (Orenga & Manonellas, 2011).

De la misma manera, es importante definir Node Mcu ESP-32. Es una tarjeta electrónica de desarrollo basado en el microcontrolador ESP32-WROOM-32. El microcontrolador ESP32-WROOM-32 fue diseñado y viene siendo fabricado por la empresa Espressif Systems. Puede ser programada mediante el programa Arduino IDE con lenguaje C, C++ y Micropython, además se puede acceder a la conectividad Wi-Fi mediante comandos AT. Cuenta con dos núcleos de 32 bits y permite alcanzar velocidades de procesamiento de hasta 240 MHz, posee 24 pines GPIO digitales, 16 de estos pines digitales pueden configurarse para emitir PWM, incorpora un ADC de 12 bits, también posee interfaces UART, I2C, I2S y SPI. En cuanto a la alimentación esta debe ser de 5V DC, sin embargo, los niveles de voltaje de entrada/salida de los pines son de 3.3V

DC. Finalmente, esta tarjeta posee conectividad Wi-Fi soportando 802.11 b/g/n/e/i (2.4GHz) (Espressif Inc., 2022).

Figura 2

Tarjeta electrónica NodeMCU ESP32

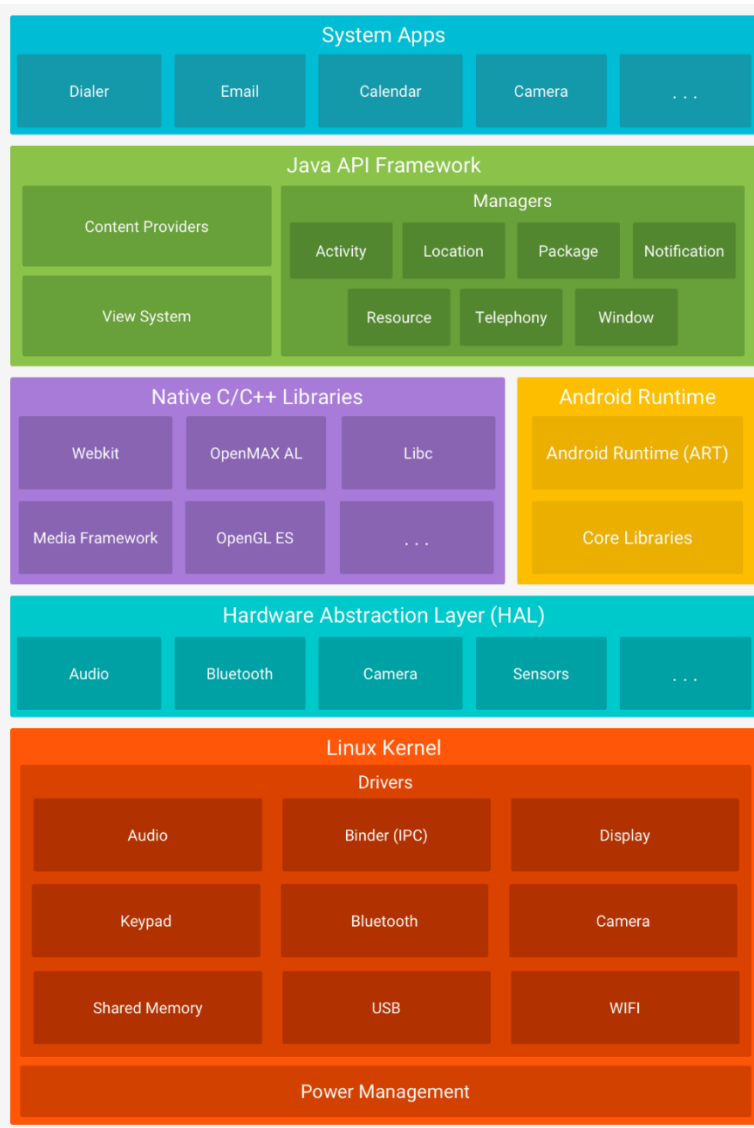


También, el Sistema Operativo Android, el cual utiliza como base el Kernel de Linux, fue creado inicialmente solo para dispositivos móviles inteligentes, aunque también puede ser utilizado en dispositivos de IoT como Raspberry Pi y laptops (Android, 2020). Está compuesto por las siguientes capas: Kernel de Linux, permite al sistema operativo Android aprovechar las características de seguridad de Linux, el manejo de hilos y administración de memoria, además de estandarizar el desarrollo de drivers permitiendo a los fabricantes de Teléfonos Inteligentes desarrollarlos para sus propios dispositivos móviles en específico. Además, Hardware Abstraction Layer (HAL), se encarga de exponer hacia las APIs de alto nivel de la capa de Aplicación las distintas funcionalidades del Hardware específico de cada dispositivo móvil. Está compuesta de múltiples bibliotecas escritas en lenguaje Java, por cada componente de Hardware es implementada una interfaz, para la cámara, el módulo GPS, el sensor de huellas, etc. Cuando una API de la capa de Aplicación hace una solicitud de acceso a algún componente de Hardware del dispositivo, el sistema operativo carga el módulo de la librería (HAL) correspondiente a ese componente. Así como, Android Runtime (ART), desde la Versión 5.0 de Android cada aplicación en el sistema operativo Android corre su propia instancia de Android Runtime. Android Runtime está diseñado para correr múltiples máquinas virtuales en dispositivos móviles.

Entre las funciones que tiene este están las de optimizar el Garbage Collector, compilar las aplicaciones, brindar soporte para debuggeo y reporte de fallas en aplicaciones, entre otros. Además, las Bibliotecas C/C++, varios de los principales componentes del sistema operativo Android, se encuentran escritas o requieren bibliotecas escritas en lenguaje C y C++. También, Java API Framework, se encuentran disponibles a través de APIs escrita en Java, las cuales brindan funcionalidades como controlar o modificar la interfaz gráfica, navegar en Internet, reproducir música, enviar notificaciones, etc. Estas APIs conforman los bloques con los que se crean las aplicaciones móviles, simplificando el código a escribir por los desarrolladores. Finalmente, Aplicaciones del Sistema, por defecto como SMS, correo electrónico, calendario, navegador web, etc. Estas aplicaciones además de servir directamente al usuario, también sirven para que los Desarrolladores Móviles no deban programar estas funcionalidades y simplemente puedan acceder a ellas desde su Aplicaciones.

Figura 3

Sistema de capas del S.O. Android



Nota. Obtenido de Android (2021).

Finalmente, debemos mencionar a los productos para la adherencia farmacológica.

Para Faisal (2021) como para muchos, son considerados cualquier producto o dispositivo que ayuda y administra la toma de medicamentos del paciente, además puede proveer datos sobre las horas y número de dosis tomadas de forma automática y permitir la exportación de estos fuera del dispositivo, permitiendo el monitoreo del paciente.

Estos se pueden clasificar en los siguientes productos: Dispensador automático, permite al paciente obtener el medicamento a la hora y dosis establecida mediante una o pocas acciones.

Estos dispositivos pueden almacenar más de un tipo de medicamento hasta un mes, y son dispensados cuando el paciente presiona un botón.

Caja de píldoras electrónica, este dispositivo posee sensores para almacenar la hora en la cual el medicamento es tomado, algunos de estos permiten saber exactamente cuál de sus compartimientos ha sido abierto.

Viales inteligentes, estos dispositivos cuenta con sensores que detectan y almacenan cuál vial ha sido abierto, estos datos son enviados a la nube, para ser accedidos a través de sus portales web.

Soportes electrónicos para blíster, poseen sensores embebidos que permiten detectar cuál blíster ha sido perforado.

Cajas de almacenamiento, permiten almacenar varias dosis de distintos medicamentos y transmiten las horas en las que estas han sido abiertas a la nube.

Inhaladores electrónicos, permiten grabar cuándo han sido usados.

Inyectores electrónicos, poseen una alarma que avisa cuándo es el momento de usarlos, además de almacenar más de una dosis del medicamento a inyectar. Registra el tratamiento hasta 4 semanas las dosis inyectadas, las dosis parciales y las dosis omitidas, estos datos pueden cargarse desde el dispositivo a un computador. Entre estos productos el más representativo es RebiSmart (Devonshire et al., 2016).

III.MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. Tipo y Diseño de la investigación

Esta investigación es del tipo aplicada con un enfoque tecnológico

Primero se evaluará las herramientas existentes para el cumplimiento farmacológico, además de los medicamentos que se brindan localmente para controlar la Hipertensión Arterial consultando directamente con sus prestadores médicos.

Después se realizará la selección de los componentes de acuerdo a las bases teóricas y a los requerimientos en consideración a las necesidades del paciente adulto mayor.

Finalmente se realizará la implementación del dispensador inteligente.

3.2. Definición y Operacionalización de las variables

La variable independiente en este estudio es: Dispensador Inteligente.

Definición conceptual:

Dispositivo que recuerda y brinda el medicamento del paciente en horas específicas (Cao, 2010).

Definición operacional:

El dispensador inteligente envía mensajes al cuidador cuando no es tomado el medicamento, además registra los medicamentos tomados y omitidos en una aplicación móvil.

La variable dependiente en este estudio es: Cumplimiento farmacológico en adultos mayores hipertensos.

Definición conceptual:

Para Cramer como muchos (2008), es el grado en el que el paciente se adhiere a los intervalos, horarios y dosis de la medicación prescrita por el médico.

Definición operacional:

Para calcular el cumplimiento farmacológico se cuenta el número total de pastillas dispensadas y se divide entre el número total de pastillas que puede almacenar el dispensador inteligente, ese resultado es multiplicado por 100. (Corbalan et al., 2013).

3.3. Población y muestra

La población de este estudio está compuesta por 153 pacientes adultos mayores hipertensos pertenecientes al Programa de Diagnóstico de Hipertensión Arterial y Diabetes 2021 del Centro de Salud “MIGUEL SANCHEZ VILLEGAS” - LA VICTORIA, SECTOR I.

IV. DISEÑO DE INGENIERÍA

4.1. Diseño del Dispensador Inteligente

4.1.1. Diagnóstico general

Se realizó una visita al Centro de Salud “MIGUEL SANCHEZ VILLEGAS” - LA VICTORIA, SECTOR I, en el área de Control y Monitoreo de pacientes adultos mayores con Hipertensión Arterial y Diabetes, con el fin de recolectar datos sobre las medidas que llevan a cabo para tratar la Hipertensión Arterial en estos pacientes.

Entre los medicamentos brindados por el Centro de Salud para el tratamiento de la HTA se encuentran principalmente los siguientes: Enalapril, Losartan y Captopril. Los cuales son brindados en formato de tabletas mensualmente a los asegurados, estos son tomados por los pacientes diariamente, cada 12 horas o 24 horas, dependiendo de las dosis y horarios prescritos por el personal médico.

Además, se nos brindó el número de pacientes que llegaban mensualmente al Área Especializada con HTA para recoger sus medicamentos y controlar su Tensión Arterial, durante el año 2021.

Tabla 1

Pacientes adultos mayores atendidos con HTA durante el año 2021

Mes	Pacientes
Enero	40
Febrero	47
Marzo	42
Abril	54
Mayo	47
Junio	36
Julio	57
Agosto	44
Setiembre	48
Octubre	50
Noviembre	57

Fuente: Centro de Salud “MIGUEL SANCHEZ VILLEGAS”

4.1.2. Evaluación de las plataformas de bases de datos en la nube

Para permitir la comunicación entre la Aplicación Móvil y el Dispensador Inteligente, además de almacenar los datos generados por este último es necesario utilizar un servicio de almacenamiento de bases de datos en la nube.

Entre los principales candidatos se encuentran:

Firebase, es un servicio de Google que brinda múltiples herramientas en la nube, desde autenticación de usuarios, hasta servicios de almacenamiento de bases de datos no relacionales como Cloud Firestore y Firebase Realtime Database. En sus planes gratuitos en el servicio Cloud Firestore un máximo de almacenamiento de datos de 1Gb, 20 000 operaciones de escritura de datos y 50 000 de lectura de datos al mes.

Backendless, ofrece servicios en la nube enfocados en autenticación de usuarios, persistencia de datos y almacenamiento de bases de datos. En su plan gratuito brinda 1Gb de almacenamiento de datos, 200 tablas de datos como máximo y 400 000 objetos por tabla, este plan posee un límite de un mes como prueba.

Back4App, es un servicio en la nube de código abierto basado en el proyecto Parse, ofrece servicios bases de datos relacionales, almacenamiento de archivos, verificación de emails, etc. En su servicio gratuito permite la creación de un solo proyecto, el almacenamiento de 1Gb de archivos y un máximo de 25 000 solicitudes de escritura o lectura por mes.

4.1.3. Evaluación de tarjetas de desarrollo electrónicas

El dispositivo central que se encargará del procesamiento y envío de datos, generación de alarmas, dispensación de los medicamentos dentro del dispensador será la tarjeta electrónica, la cuál es el cerebro del sistema.

Entre las principales tarjetas de desarrollo electrónicas que podemos encontrar en el mercado tenemos las siguientes:

Raspberry Pi Zero W, es un ordenador de dimensiones comparables a una tarjeta de crédito. El Sistema Operativo que utiliza se encuentra basado en Linux, lo que permite el uso de software de código abierto y la programación en una infinidad de lenguajes informáticos, aunque el principal es Python. Posee pines de propósito general, lo que permite la interacción con sensores y actuadores, además de conectividad inalámbrica a través de Wi-Fi, Bluetooth y alámbrica mediante interfaces estándares como SPI, I2C, UART, etc. (Molloy, 2016)

Arduino Nano, es una placa de desarrollo electrónica de código libre que tiene como núcleo el microcontrolador ATmega328, puede ser programado en C/C++, posee pines de propósito general digitales y analógicos, además de permitir la generación de señales PWM en 6 de sus pines, posee comunicación serial mediante los protocolos UART, I2C y SPI, el nivel de voltaje de sus pines es de 5V DC. (Arduino, 2022)

NodeMcu ESP32, es una placa de desarrollo electrónica basada en el microprocesador ESP32-WROOM-32, posee 30 pines de propósito general los cuáles trabajan a un nivel de voltaje de 3.3V DC, de estos, 16 permiten generación de señales PWM, también posee comunicación a internet mediante Wi-Fi, un reloj en tiempo real (RTC), y permite comunicación serial a través de los protocolos UART, I2C y SPI. (Espressif Systems Co., 2022)

4.1.4. Selección de plataformas de bases de datos en la nube y componentes electrónicos

Se optó por elegir el servicio Back4App, debido a que este permite la creación de bases de datos de forma relacional en la nube y servicio de autenticación con correo electrónico para la administración de los usuarios de nuestra Aplicación Android, además de brindar una API REST para poder conectarnos mediante nuestra Aplicación Android y placa de desarrollo electrónica NodeMcu ESP32 mediante el formato de archivos JSON, y así crear, leer o modificar objetos de nuestra base de datos en la nube.

En comparación con el servicio que ofrece Firebase, el cual es bastante similar, sin embargo, no permite en sus planes gratuitos almacenar los datos en el dispositivo móvil en el que se encuentra instalada nuestra aplicación, lo que obliga a realizar una petición al servidor cada vez que estos deban ser consultados.

Para la salida de audio se estudió la posibilidad de usar un Módulo MP3 MH3028M o un Módulo DFPlayer Mini, decantándonos por este último, ya que, aunque ambos se comuniquen mediante comunicación serial UART y posean lector de tarjetas de memoria microSD, el último posee salida directa de audio, siendo más fácil conectarlo directamente con el parlante, mientras que el primero, posee una salida de audio tipo Conector Jack de 3.5mm, dificultando la conexión a un parlante.

En cuanto a la elección de la placa de desarrollo electrónica, se decidió utilizar un NodeMcu ESP32, debido a su alta capacidad de memoria RAM y ROM, de 520 kB y 448kB, comparada con la de la placa Arduino Nano, la cual solo posee 2kB de RAM y 32kB de ROM, lo que permite incluir y ejecutar muchas más bibliotecas durante la programación y funcionamiento de la placa NodeMcu ESP32, además el número de periféricos que se pueden conectar a través de sus pines es mayor, ya que NodeMcu ESP32 posee 2 interfaces UART disponibles, mientras que Arduino Nano solo posee 1 disponible, lo cual hace imposible la conexión del módulo de sonido DFPlayer Mini y el módulo GSM/GPRS SIM800 simultáneamente, ya que ambos se comunican mediante el protocolo de comunicación serial UART.

Además, se eligió el módulo GSM/GPRS SIM800, debido al reducido tamaño que posee, el cual es de 25mm x 23mm, permitiendo su fácil integración en la placa de circuito impresa del Dispensador Inteligente, y su capacidad de realizar conexiones GSM, para poder enviar mensajes de texto y conectividad GPRS, para poder enviar datos hacia la nube, como también el nivel de voltaje de sus pines de comunicación UART es 3.3V DC coincidiendo con el de nuestra placa de

desarrollo electrónica NodeMcu ESP32. Realiza todas estas funciones mediante el uso de un Micro SIM, el cual debe soportar tecnologías de telefonía móvil 2G, siendo compatible con los operadores de telefonía móvil actuales en el Perú.

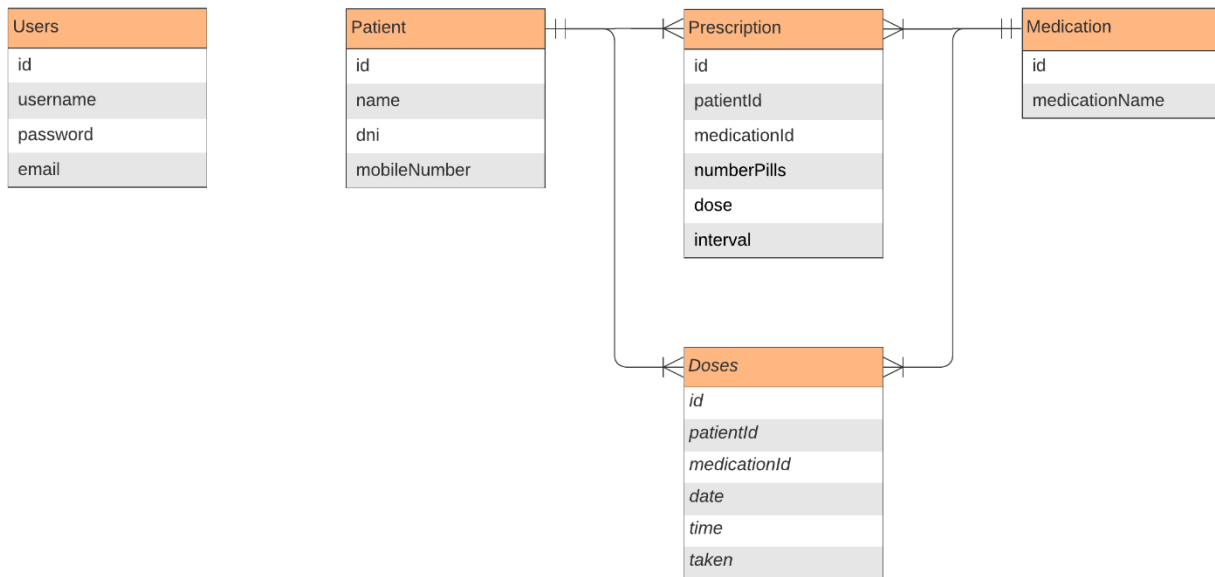
Finalmente, para mostrar las alertas, hora y datos a los usuarios del Dispensador Inteligente, se optó por una pantalla gráfica LCD YB12864ZB, debido a que los usuarios serán adultos mayores, estos necesitan un tamaño de letra bastante grande, poseyendo una resolución de 128 x 64 píxeles además de un área activa de 66.52 mm x 33.24 mm. Esta pantalla cuenta con comunicación SPI, lo cual permite reducir significativamente la cantidad de pines a usar en el NodeMcu ESP32 para controlar esta pantalla, pasando de 7 a solo 3 pines, dejando disponibles muchos más pines para el control de los demás componentes.

4.1.5. Diseño de la base de datos

Antes de realizar la configuración de nuestra base de datos virtual en Back4App se debe realizar el diseño de la base de datos relacional que se usará no solo en la nube, sino también en nuestra aplicación móvil.

Figura 4

Diagrama entidad-relación de nuestra base de datos



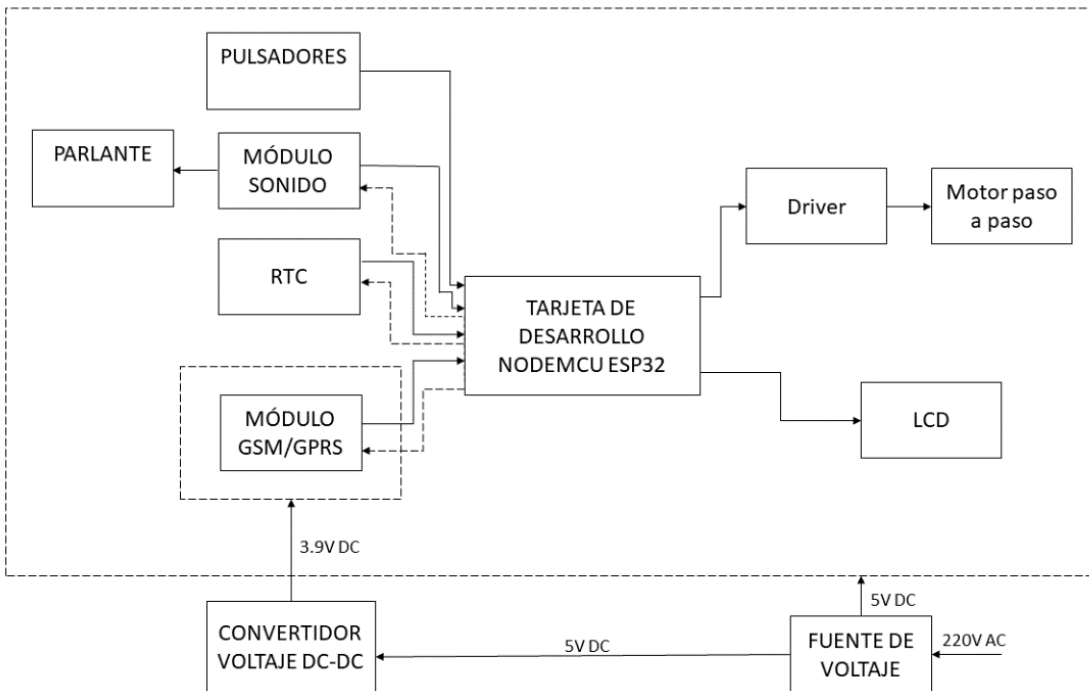
En la figura anterior se propone el diseño de 5 tablas: Users, donde se almacenarán los usuarios de la aplicación móvil, Patient, donde se almacenarán los datos de los pacientes, Medication, donde se ubicarán todos los medicamentos prescritos a los pacientes, Prescription, esta tabla se encargará de representar la prescripción de un solo medicamento por cada paciente, almacenando la dosis prescrita, el intervalo de tiempo y el número de píldoras que debe tomar, y finalmente Doses, donde se almacenarán las dosis tomadas y omitidas de medicamentos por cada paciente, guardando la hora y la fecha, siendo estos datos generados por el Dispensador Inteligente.

4.1.6. Sistema electrónico del Dispensador Inteligente

El Dispensador Inteligente de Medicamentos es alimentado eléctricamente por una Fuente de Voltaje de 5V/4A DC, esto alimenta la mayoría de componentes entre ellos la Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32, Módulo RTC DS3231, Drivers PaP ULN2003, Motores PaP 28BYJ-48 y Pantalla LCD 128x64, a excepción del Módulo GSM/GPRS SIM800, que requiere un Voltaje de Alimentación de 4.5V DC para lo cual se hace uso de un Convertidor de Voltaje DC-DC Step-Down LM2596, el cual nos permite obtener el nivel de voltaje deseado para alimentar nuestro Módulo GSM/GPRS SIM800.

Figura 5

Diagrama de bloques del sistema electrónico del Dispensador Inteligente



4.1.7. Conexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 con el Módulo SIM800L

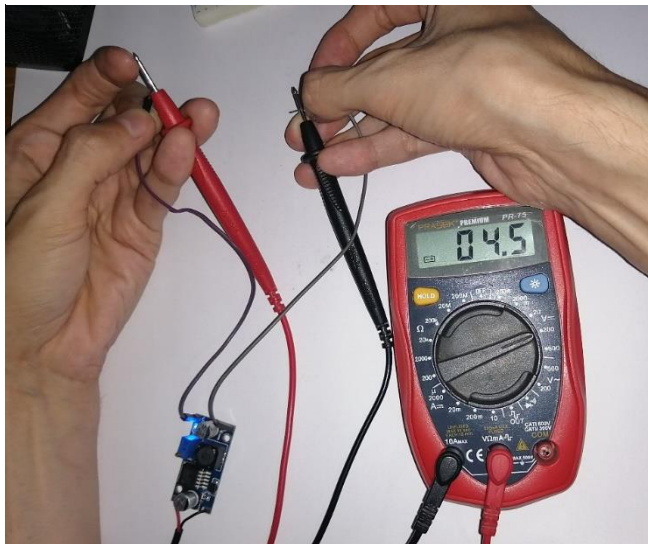
La Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32 posee salidas digitales de un nivel lógico de 3.3V DC, por lo que puede comunicarse directamente con el Módulo SIM800 mediante la interfaz serial UART, sin embargo, para comunicarse con los demás componentes, los cuales trabajan a un nivel lógico de voltaje de 5V DC, debe hacer uso de conversores de nivel lógico 3.3V-5V DC.

Además, el Módulo SIM800L durante la etapa de transmisión de datos es capaz de alcanzar un pico de corriente de hasta 2A, por lo que la fuente de voltaje debe ser capaz de brindar la suficiente corriente. También se recomienda por el fabricante utilizar un capacitor de 100uF para mantener una baja impedancia. (Williams, 2011)

Como ya se mencionó anteriormente, para obtener el voltaje adecuado para alimentar el módulo SIM800L, se hizo uso de un módulo LM2596, el cual permite reducir voltajes de entrada de 4.5V DC hasta 40V DC, a 1.23V DC hasta 37V DC, para las pruebas se utilizó una fuente de voltaje de 5V/3A DC, obteniendo una salida de 4.5V DC, la cual se regula mediante el potenciómetro ubicado en la placa, una vez establecido en una posición el voltaje de salida será el mismo sin importar si cambiamos el voltaje de entrada a uno mayor.

Figura 6

Medición con un Multímetro del voltaje de salida del Módulo LM2596

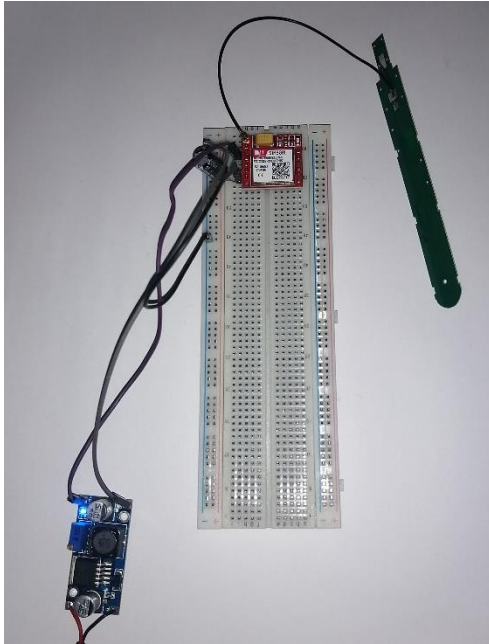


Una vez obtenemos el voltaje de salida adecuado para nuestro módulo SIM800L, podemos alimentarlo, no sin antes haber insertado primero un chip de telefonía móvil con línea para datos

móviles, ubicado con la cara metálica hacia arriba y con la muesca hacia el lado derecho, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

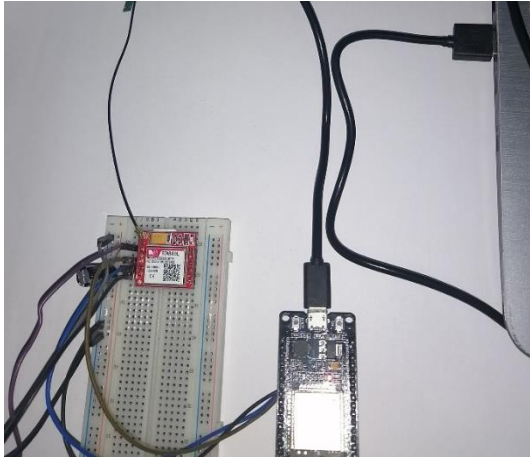
Módulo SIM800L alimentado eléctricamente por un Módulo LM2596



Alimentado eléctricamente el Módulo SIM800, podemos hacer la conexión con nuestra Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32, conectamos ambos pines de referencia GND, y los pines de la Tarjeta NodeMcu ESP32, GPIO17 y GPIO16, hacia los pines TX y RX del Módulo SIM800L correspondientemente. Luego de esto ya podemos comenzar a programar la Tarjeta NodeMcu ESP32, para que pueda comunicarse con el Módulo SIM800L mediante comandos AT.

Figura 8

Interconexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 y Módulo SIM800L



4.1.8. Conexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 con el Módulo Reproductor de MP3 DFR0299

La Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32 se comunica con el Módulo Reproductor de MP3 DFR0299 mediante la interfaz serial UART, específicamente al puerto UART1, el cual es el único disponible debido a que los dos restantes están ocupados con el Módulo SIM800 y la conexión USB, debe ser asignado en la programación los pines para su funcionamiento, estableciendo el pin GPIO 2 y GPIO 4, como TX y RX respectivamente, y conectándolos a los pines 2 y 3 del Módulo DFR0299 respectivamente.

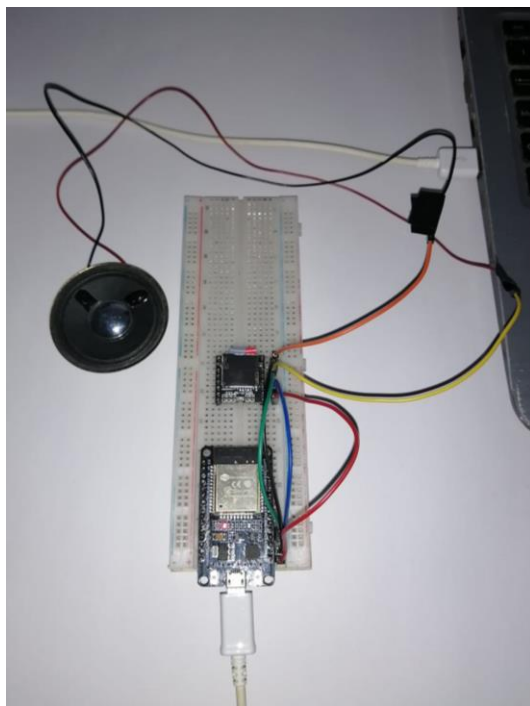
El Módulo DFR0299 se alimenta eléctricamente mediante un voltaje de entre 3.3V DC o 5V DC, por lo que puede ser conectado directamente a la salida de 3.3V DC de la Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32.

Además, el módulo posee un lector de tarjeta MicroSD, en el cual se colocan las pistas de audio en formato MP3 a reproducir.

Finalmente, este módulo también cuenta con salidas de audio Mono y Stereo, en este proyecto se hizo uso de la salida Mono, conectando los Pines 6 y 8 a un parlante de 8 Ohmios 0.5 W.

Figura 9

Interconexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 y Módulo DFR0299



4.1.9. Conexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 con la pantalla LCD 128x64 YB12864ZB

La Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32 transmite a la pantalla LCD 128x64 YB12864ZB a través de la interfaz serial SPI, los cuales trabajan a un nivel lógico de voltaje de 5V DC, debe hacer uso del conversor de nivel lógico TXS0108E, para transformar los niveles de voltaje de 3.3V DC a 5V DC y viceversa.

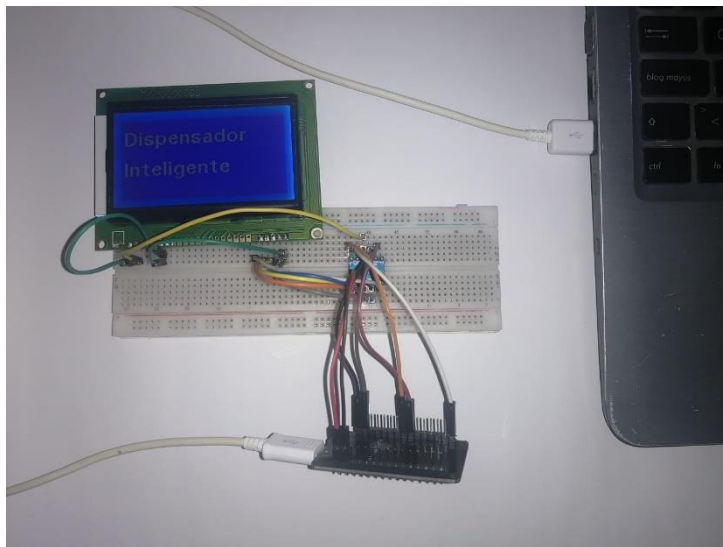
La pantalla LCD se alimenta eléctricamente mediante un voltaje de 5V DC, por lo que hace uso de la fuente de alimentación externa.

Los pines del LCD, CS, SCLK Y SD son conectados a la interfaz serial SPI de la Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32, específicamente los pines GPIO 5, GPIO 18 y GPIO 23, respectivamente, todo esto con el Conversor de nivel lógico TXS0108E actuando de intermediario. Además, los pines del LCD BLK, PSB y GND se conectan a GND de la Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32, mientras que BLA y VCC, se conectan a 3.3V DC y 5V DC respectivamente.

Finalmente, ya conectados todos los pines de la pantalla LCD, se puede proceder a programar la Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32, y comenzar a enviar datos que requieran ser mostrados en pantalla.

Figura 10

Interconexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 y Pantalla LCD YB12864ZB



4.1.10. Conexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 con el Módulo RTC DS3231

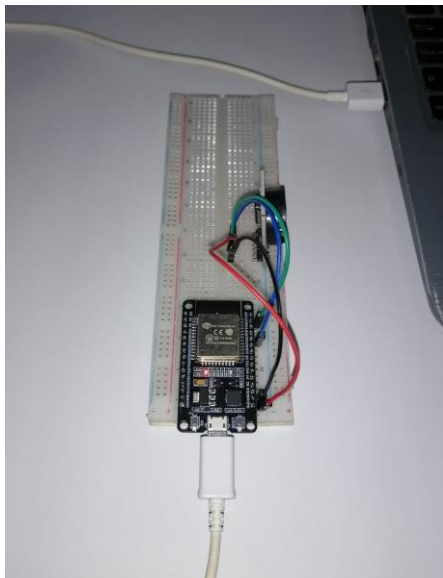
El Módulo RTC DS3231 es alimentado con un nivel de voltaje de 3.3V DC, y se comunica a través del protocolo I2C con la Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32, enviando los datos solicitados por la última, en este caso la hora y fecha actuales.

Los pines SCL y SDA del Módulo RTC se conectan directamente a los pines de la Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32, GPIO 21 y GPIO 22, respectivamente.

Una vez conectado y alimentado el módulo RTC, se puede programar la Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32.

Figura 11

Interconexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 y Módulo RTC DS3231



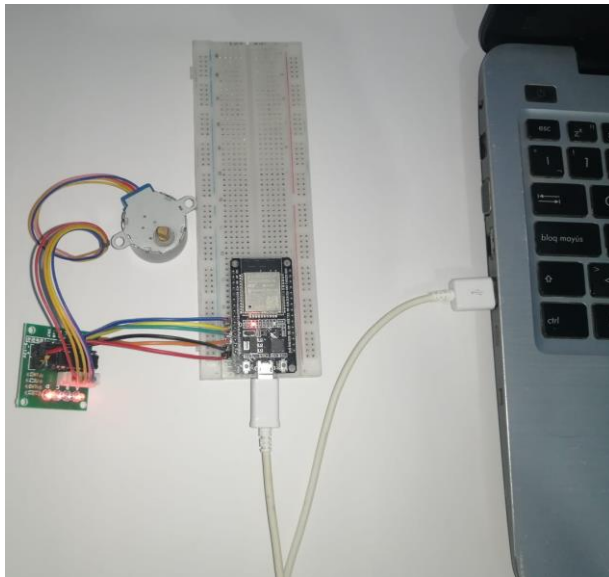
4.1.11. Conexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 con el Módulo Driver ULN2003

La Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32 controla el motor paso a paso a través del Módulo Driver ULN2003, enviando un tren de pulsos hacia los pines del módulo Driver IN1, IN2, IN3 e IN4, los cuales son conectados directamente a los pines GPIO 13, GPIO 12, GPIO 14 y GPIO 27, ya que puede recibir niveles de voltaje de 3.3V DC o 5V DC no es necesario usar un Conversor de Nivel Lógico. Sin embargo, la alimentación del módulo y del motor debe hacerse con un voltaje de operación de 5V DC o 12V DC, en este caso se optó por alimentarlo con 5V DC de una fuente externa debido a las especificaciones del motor elegido.

Una vez conectados todos los pines, se comienza a programar la Tarjeta de Desarrollo NodeMcu ESP32, indicándole la velocidad y el número de pasos requeridos para recorrer el ángulo deseado de giro del motor.

Figura 12

Interconexión entre la tarjeta NodeMcu ESP32 y Módulo Driver ULN2003

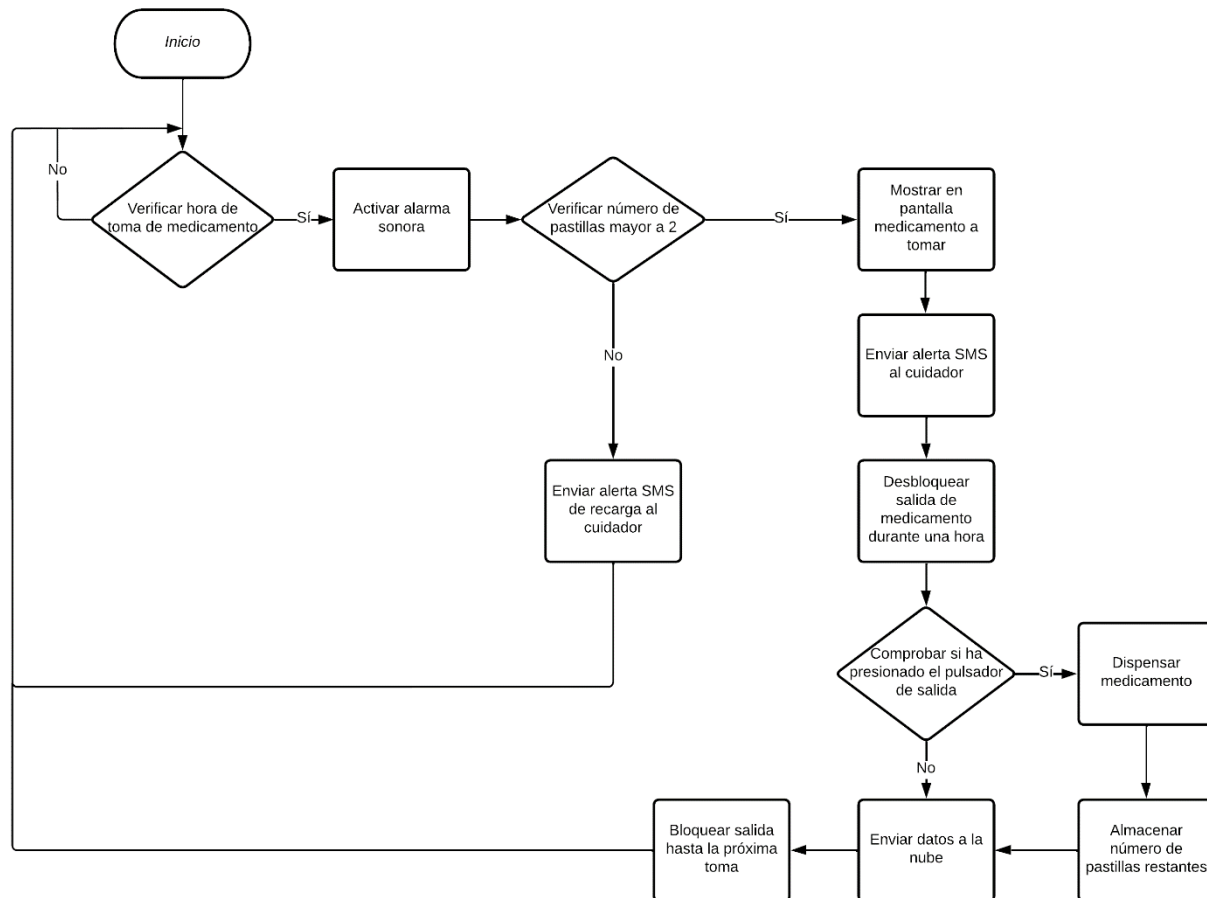


4.1.12. Diagrama de flujo del Dispensador Inteligente

El diagrama de flujo mostrado en la Figura 13, detalla el funcionamiento de la rutina principal del Dispensador Inteligente. A su vez, esto se encuentra implementado en lenguaje Arduino en la placa de desarrollo NodeMcu ESP32.

Figura 13

Diagrama de flujo de la rutina principal del Dispensador Inteligente



Una vez se inicia el dispositivo, realiza la verificación de la hora, si esta coincide con alguna de las alarmas previamente configuradas da lugar al siguiente caso, activará la alarma sonora, luego verificará si aún tiene pastillas almacenadas en el Dispensador Inteligente, en caso la hora no coincida termina el programa.

Si aún tiene pastillas almacenadas entonces mostrará en la pantalla LCD el nombre del medicamento a tomar, luego enviará un mensaje SMS al cuidador del paciente para que le recuerde la toma de la pastilla al paciente. En caso queden dos o menos pastillas almacenadas,

enviará una alerta SMS al cuidador avisándole que ya es momento de recargar el Dispensador Inteligente.

Al finalizar estos pasos, desbloqueará la salida de la pastilla durante una hora, permitiendo accionar un botón pulsador externo, si este botón pulsador es presionado, la pastilla será expulsada por el orificio de salida del Dispensador Inteligente, permitiendo la toma de esta, además se actualizará el número de pastillas restantes en el Dispensador Inteligente, en caso contrario, se bloqueará hasta la siguiente toma.

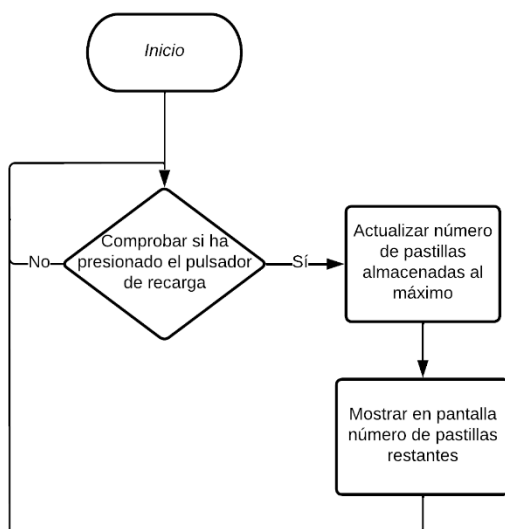
Finalmente, se enviará la hora y nombre de la pastilla al servidor en la nube, indicando si esta ha sido dispensada u omitida, permitiendo llevar a cabo el control del Cumplimiento Farmacológico del paciente en la Aplicación Móvil.

La rutina de recarga de pastillas del Dispensador Inteligente se ejecuta en paralelo a la rutina principal.

En la siguiente figura se muestra el funcionamiento de la rutina de recarga. Ya inicializado el dispositivo, realiza la verificación del estado del pulsador interno de recarga, si este ha sido presionado, se actualizará al máximo el número de pastillas almacenadas en el Dispensador Inteligente, siendo estas 32 pastillas, luego mostrará en la pantalla LCD el número actual de pastillas, confirmando así la recarga correcta del Dispensador. En caso no haya sido presionado el pulsador, volverá a ejecutar la rutina.

Figura 14

Diagrama de flujo de la rutina de recarga del Dispensador Inteligente



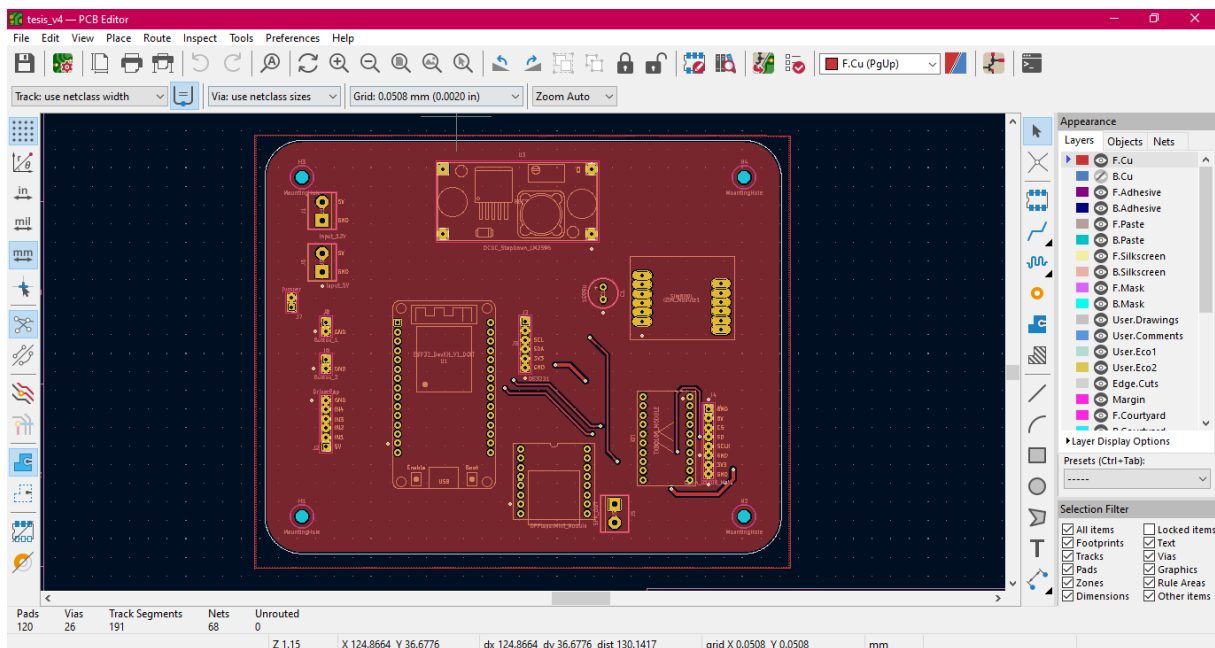
4.1.13. Diseño de la Placa de Circuito Impreso (PCB)

La Placa de Circuito Impreso (PCB) del Dispensador Inteligente, se diseñó íntegramente en el software libre KiCad versión 6.

Se implementó el circuito electrónico previamente desarrollado y testeado para el funcionamiento del Dispensador Inteligente, conectando todos los componentes seleccionados, además de conectores para facilitar la integración de los componentes externos, como lo son la pantalla LCD, los pulsadores, el parlante y el módulo de control del motor paso a paso, los cuales no se encuentran directamente en la PCB, además de la alimentación eléctrica.

Figura 15

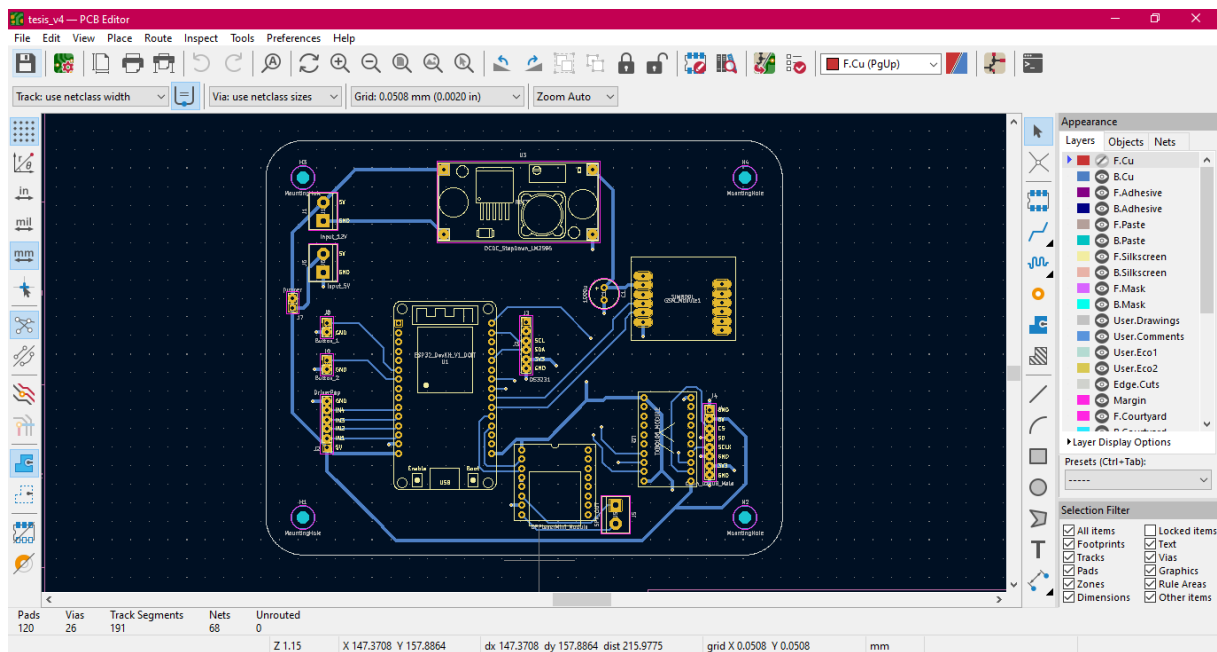
Capa superior de la Placa de Circuito Impreso



La capa superior se utilizó para crear el plano a tierra (GND) y algunas conexiones puente entre pistas, mientras que en la inferior se interconectaron y alimentaron los componentes, además se hizo uso de vías para la comunicación de ambas capas debido a que el fabricante no manufactura placas de circuito impreso con agujeros metalizados.

Figura 16

Capa inferior de la Placa de Circuito Impreso



Posteriormente se envió el diseño al fabricante, obteniendo la placa impresa en fibra de vidrio, como se ve en la figura 17 y 18.

Figura 17

Capa superior de la Placa de Circuito Impreso manufacturado

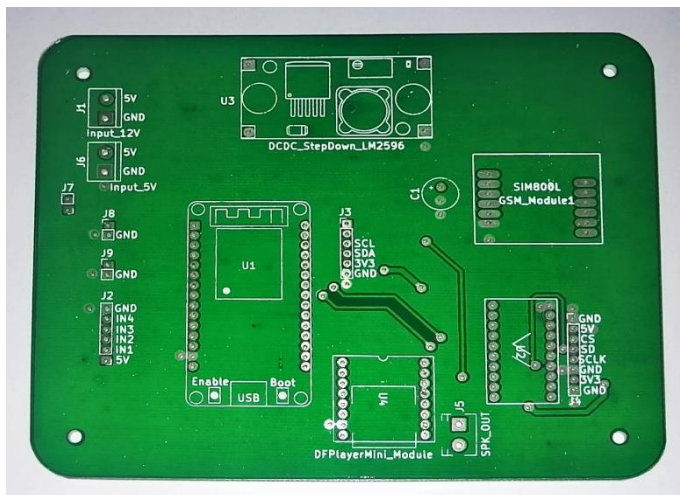
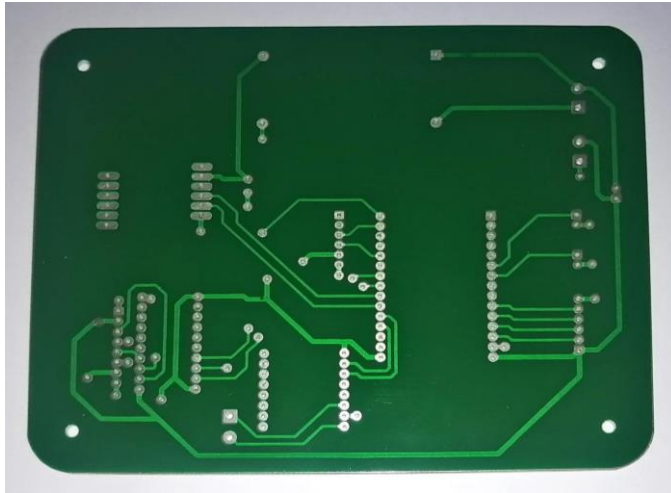


Figura 18

Capa inferior de la Placa de Circuito Impreso manufacturado

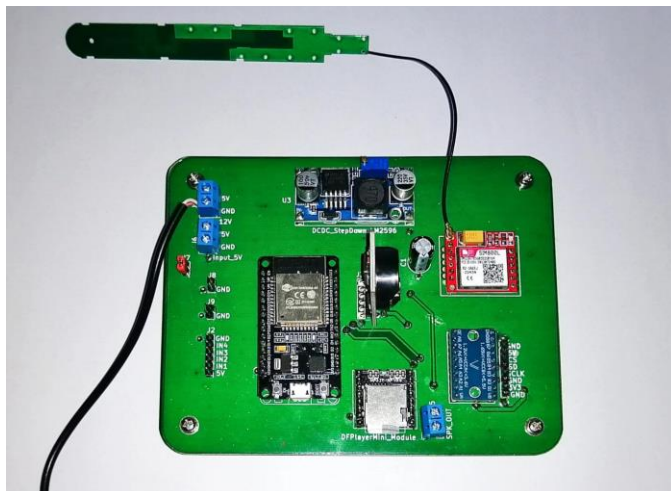


Luego se procedió a verificar las conexiones y errores que podría tener dicha placa, tales como cortocircuito o errores de manufactura en las pistas.

Finalmente, se soldó con estaño todos los componentes electrónicos además de las vías o puentes entre placas y conectores tipo bornera, quedando ensamblada como se ve en la siguiente figura.

Figura 19

Placa PCB ensamblada



4.1.14. Diseño del modelo 3D del Dispensador Inteligente

El modelo 3D fue desarrollado en el software de diseño CAD 3D SolidWorks 2020.

Se imprimió haciendo de una impresora 3D Ender 3 y Ender 3 versión 2, con material PLA (Ácido Poliláctico).

El modelo 3D cuenta con dos partes principales: la carcasa y el sistema mecánico.

La carcasa se encarga de proteger al sistema mecánico y a la Placa de Circuito Impreso, además de sostener la pantalla LCD, los botones pulsadores, el parlante, y permitir la salida de la pastilla.

Figura 20

Vista anterior del modelo 3D de la carcasa del Dispensador Inteligente

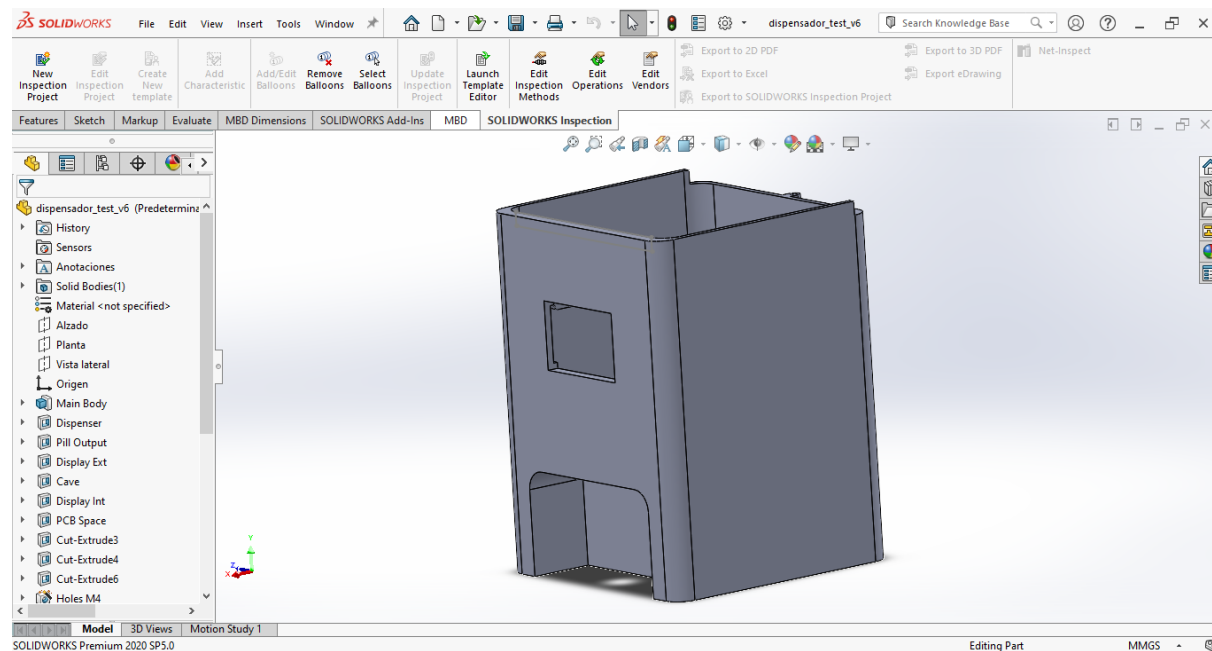


Figura 21

Vista posterior del modelo 3D de la carcasa del Dispensador Inteligente

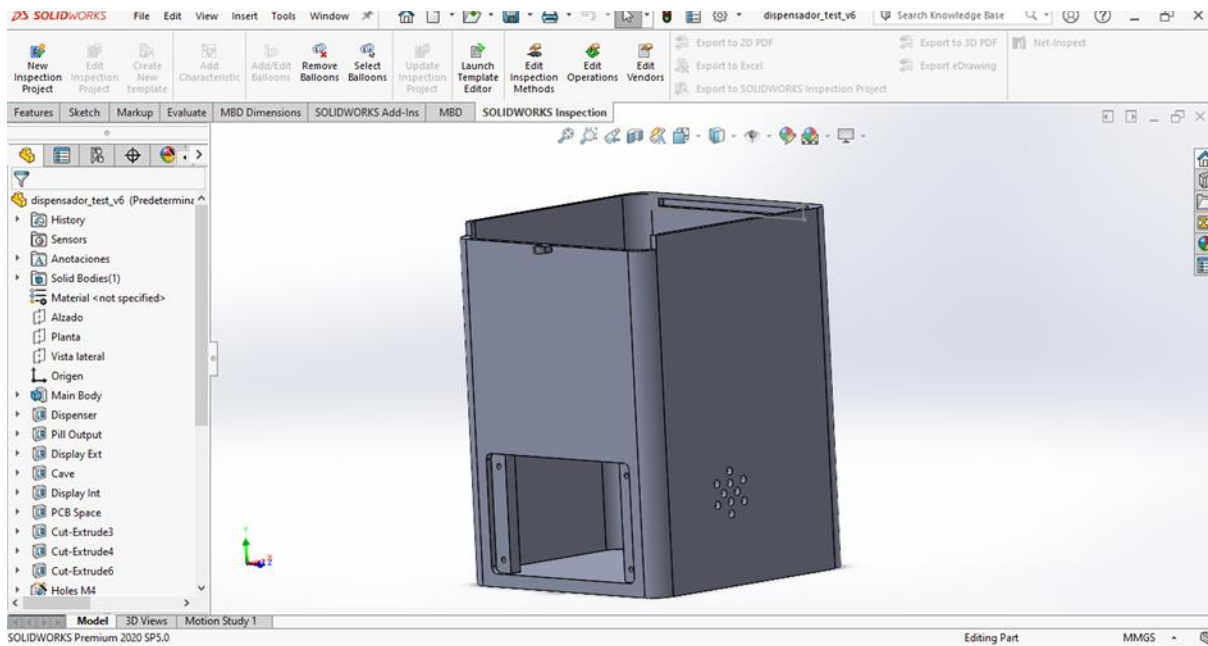
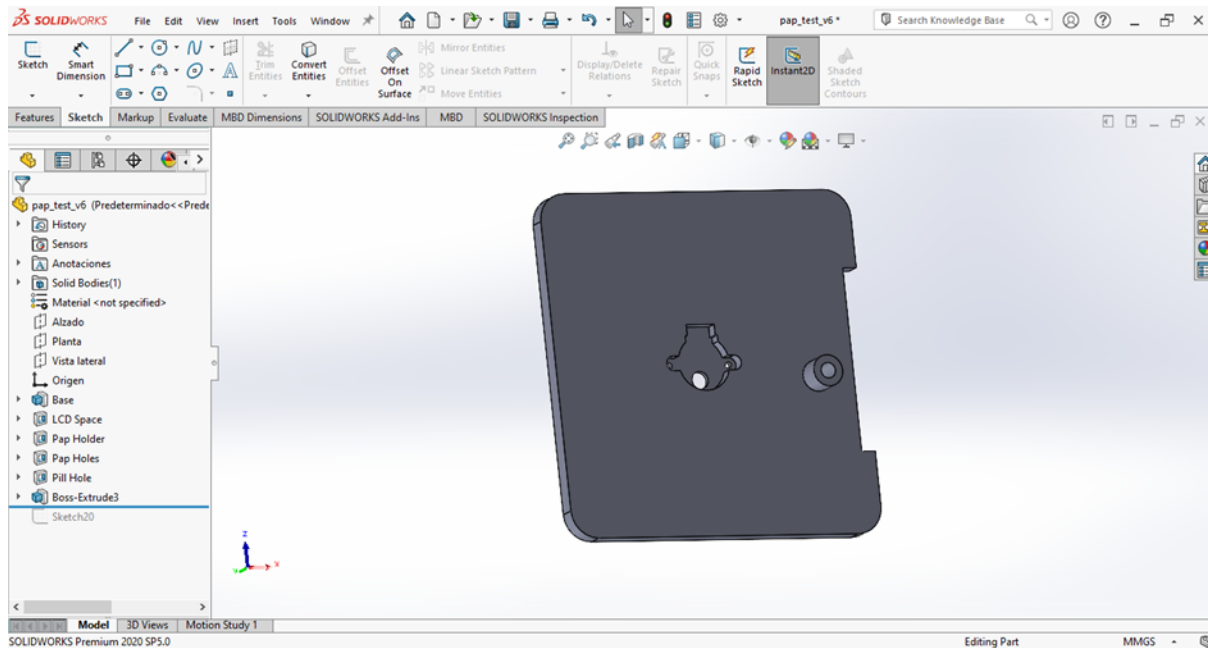


Figura 22

Vista inferior del modelo 3D de la plataforma de soporte

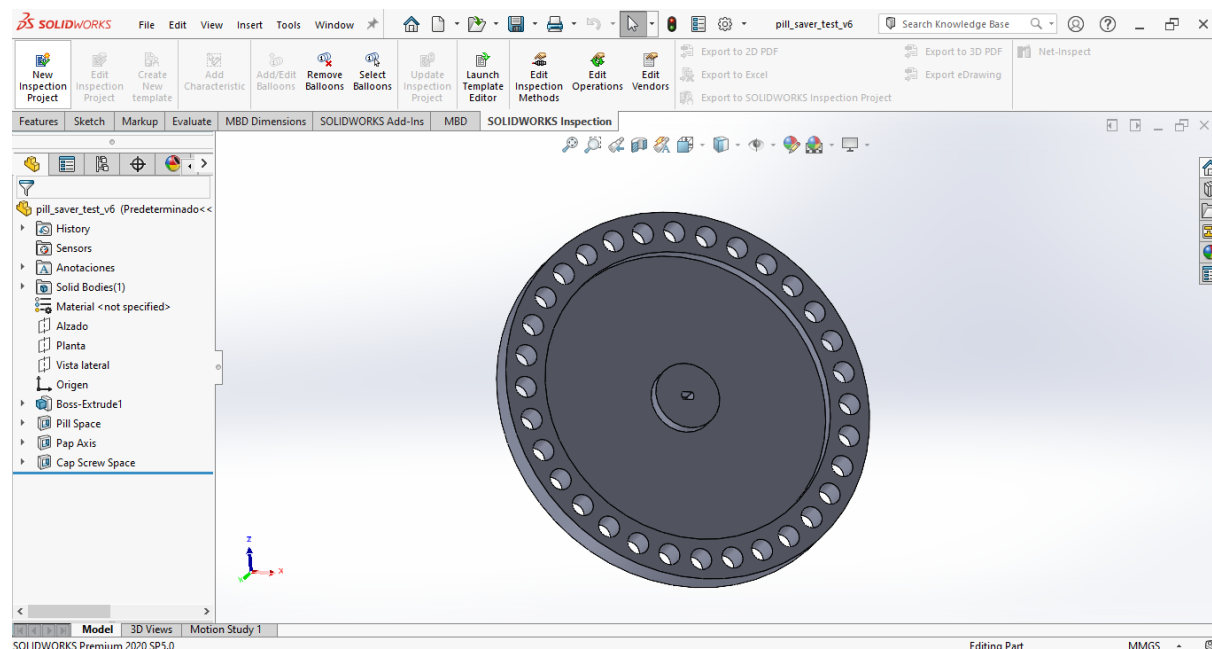


El sistema mecánico está compuesto por dos partes, la primera es una plataforma de soporte rectangular que permite sostener y mantener fijo al motor paso a paso mediante un par de pernos y tornillos, para que su eje rotativo pueda girar, además de tres agujeros, el primero para que el eje movable del motor se conecte al disco giratorio, el segundo permite insertar el pulsador de llenado de pastillas y el último permite la liberación de la pastilla, alrededor de este último, en la cara inferior se agregó una protuberancia cilíndrica hueca con el objetivo de servir de soporte a la manguera que conectará este agujero con el de la carcasa, para que la pastilla sea transportada hacia el exterior, como se puede observar en la Figura 22.

También cuenta con una parte movable, la cual es un disco giratorio con 32 compartimentos para el almacenamiento de las pastillas, diseñado basándonos en el tamaño de las siguientes pastillas: Enalapril 10 mg de Farminindustria, Losartan 50 mg de Igfarma y Captopril 25 mg de Laboratorios Portugal, además posee un agujero ubicado en el centro que permite introducir el eje rotativo del motor paso a paso, para girar el disco liberando la pastilla por el agujero de la plataforma de soporte rectangular.

Figura 23

Vista inferior del modelo 3D del disco giratorio



Una vez enviado los modelos CAD 3D exportados en formato STL, el fabricante procedió a imprimirlos, parte del proceso de impresión 3D se puede observar en las Figuras 24, 25 y 26.

Figura 24

Proceso de impresión 3D de la plataforma de soporte



Figura 25

Proceso de impresión 3D del disco giratorio

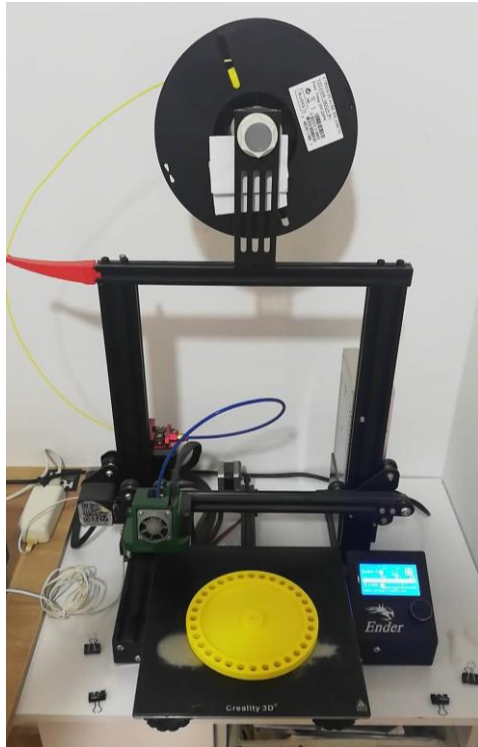


Figura 26

Proceso de impresión 3D de la carcasa



Finalmente, impresas las piezas se procedió a ensamblar todo el Dispensador Inteligente.

Figura 27

Vista externa del Dispensador Inteligente ensamblado



Figura 28

Vista interna del Dispensador Inteligente ensamblado



4.1.15. Desarrollo de la Aplicación Móvil

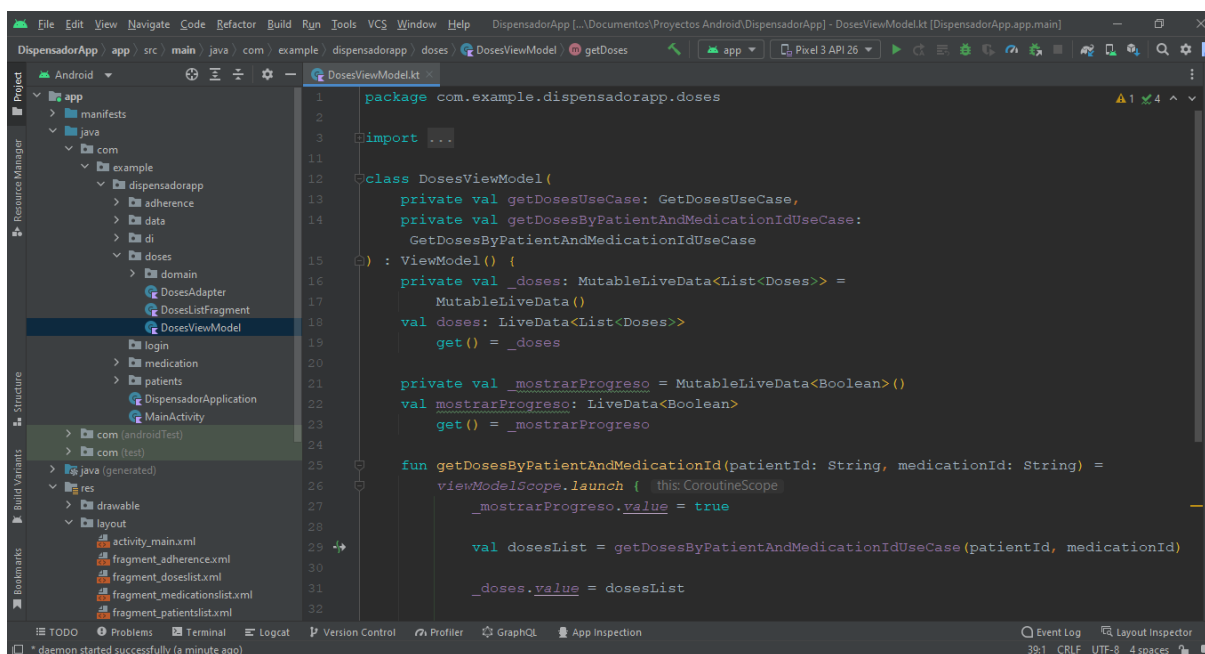
Fue implementada en el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) Android Studio, el cual es la herramienta oficial brindada por Google para programar en el Sistema Operativo Móvil Android.

La aplicación se escribió en lenguaje de programación Kotlin, las funcionalidades de la aplicación, y en lenguaje XML, la interfaz de usuario.

Debido a las diferentes versiones de Android que existen para los dispositivos móviles, esta aplicación está diseñada para funcionar en dispositivos con Sistema Android desde la versión 8.0 hasta la más actual.

Figura 29

Código en lenguaje Kotlin de la Aplicación Móvil en IDE Android Studio



La aplicación móvil se divide en 5 pantallas, las cuales van en el siguiente orden: Login, Pacientes, Medicamentos, Dosis y Adherencia.

En la pantalla Login, se realiza la autenticación del usuario, en este caso personal médico previamente registrado, permitiendo el acceso a los datos de la aplicación solo a estos mediante un nombre de usuario y contraseña.

Figura 30

Pantalla Login



Una vez autenticados, nos dirigirá a la pantalla Pacientes, la cual muestra la lista total de pacientes registrados que se encuentran utilizando un Dispensador Inteligente, si se presiona una de las celdas que contiene su nombre se podrá acceder a la siguiente pantalla la cual es Medicamentos.

Figura 31

Pantalla Pacientes



Cuando se accede a la pantalla Medicamentos, se muestra el nombre de la pastilla que está tomando cada paciente, la dosis prescrita, el número de pastillas y cada cuántas horas debe ser administrada.

Figura 32

Pantalla Medicamentos



La siguiente pantalla, Dosis, muestra una lista de todas las dosis tomadas y omitidas, respectivamente, la hora y fecha de estas. Si estas han sido dosis tomadas, el fondo del recuadro con los datos es mostrado de color púrpura, si en cambio han sido omitidas, es mostrado de color rojo. También, en la parte inferior de la interfaz se encuentra un botón con la etiqueta “Calcular Cumplimiento Farmacológico”, el cual permite realizar el cálculo del Cumplimiento Farmacológico total, con los datos que se tienen hasta ese momento.

Figura 33

Pantalla Dosis



La pantalla Adherencia posee una barra de progreso circular la cual muestra el Cumplimiento Farmacológico total del paciente seleccionado, calculado en base a los datos que se poseen, además del número total de dosis tomadas y omitidas, de esta manera se puede realizar un seguimiento y control de los hábitos del paciente con respecto a la toma de medicamentos.

Figura 34

Pantalla Adherencia



V. RESULTADOS

5.1. Ensamblaje Final del Dispensador Inteligente

Habiendo finalizado la manufactura y soldadura de todos los componentes, se procedió a realizar el ensamblaje final del Dispensador Inteligente.

A continuación, se observa la vista delantera del Dispensador Inteligente, donde se muestra la pantalla LCD y en la parte inferior el compartimento donde se recogen los medicamentos dispensados.

Figura 35

Vista exterior delantera del Dispensador Inteligente



Vista desde la parte superior, en la tapa exterior, se encuentra el botón de dispensado, el cual debe ser presionado después de haberse activado algún recordatorio de toma del medicamento.

Figura 36

Vista exterior superior del Dispensador Inteligente



En la parte trasera, se encuentra el soporte para bloquear la manipulación manual de las pastillas, la tapa que cubre el compartimiento interno inferior y la salida del cable de alimentación eléctrica.

Figura 37

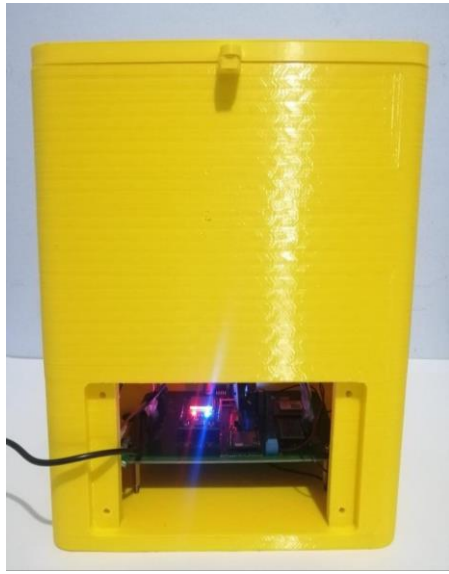
Vista exterior trasera del Dispensador Inteligente



Debajo de la tapa trasera, se encuentran los componentes internos del Dispensador Inteligente, en esta imagen se puede observar la placa de circuito impreso, donde están integrados los componentes electrónicos.

Figura 38

Vista exterior trasera del Dispensador Inteligente sin tapa inferior



En el compartimiento inferior se puede observar la placa de circuito impreso, el parlante, y los cables que conectan a los pulsadores externos, el controlador del motor paso a paso y a la pantalla LCD.

Figura 39

Vista exterior del compartimiento inferior del Dispensador Inteligente



Desde el interior del compartimiento inferior se puede observar, en la plataforma de soporte roja, desde la izquierda, el pulsador de reposición de medicamentos, en medio, el motor paso a paso, en la cara frontal del Dispensador, la pantalla LCD, justo detrás de esta, la manguera de salida del medicamento, la cual lo dirige al exterior.

Figura 40

Vista interior del compartimiento inferior del Dispensador Inteligente



Retirada la tapa superior del Dispensador, se puede observar el disco giratorio, donde se almacenan y distribuyen las pastillas, además del botón de reposición de medicamentos.

Figura 41

Vista interior superior del Dispensador Inteligente



Finalmente, si se extrae la plataforma de soporte del disco giratorio, pueden ser hallados los componentes interiores del Dispensador, los cuales son, la pantalla LCD, el parlante, la placa de circuito impreso y el controlador del motor paso a paso.

Figura 42

Vista interior superior del Dispensador Inteligente



5.2. Resultados obtenidos de pruebas realizadas en el Dispensador Inteligente

5.2.1. Resultados obtenidos de pruebas de activación de alarma sonora

- Se evaluó la activación de la alarma sonora en la hora fijada para la toma del medicamento.
- Las pruebas se realizaron en un día, simulando la toma de 8 dosis en un intervalo de hora y media por dosis, a las 10:30 am, 12:00 pm, 1:30 pm, 3:00 pm, 4:30 pm. 6:00 pm, 7:30 pm y 9:00 pm.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se activó la alarma sonora del Dispensador Inteligente durante la hora correspondiente, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se activó la alarma sonora del Dispensador Inteligente durante la hora correspondiente.

Tabla 2

Resultados de pruebas de activación de alarma sonora

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	8	0
Eficacia parcial	100 %	

5.2.2. Resultados obtenidos de pruebas de alerta de reposición de medicamento mediante mensaje SMS

- Se evaluó la llegada del mensaje de texto al número registrado alertando la baja o nula cantidad de pastillas restantes en el Dispensador Inteligente.
- Las pruebas se realizaron en dos días simulando la toma de 8 dosis diarias en un intervalo de hora y media por dosis, a las 10:30 am, 12:00 pm, 1:30 pm, 3:00 pm, 4:30 pm. 6:00 pm, 7:30 pm y 9:00 pm.

- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se logró enviar una alerta de reposición mediante mensaje SMS al número registrado, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se logró enviar una alerta de reposición mediante mensaje SMS al número registrado.

Tabla 3

Resultados de pruebas de alerta de reposición mediante mensaje SMS

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	16	0
Eficacia parcial	100 %	

5.2.3. Resultados obtenidos de pruebas de visualización del nombre del medicamento a tomar en pantalla

- Se evaluó la visualización del recordatorio y nombre del medicamento en la pantalla LCD del Dispensador Inteligente durante la hora correspondiente.
- Las pruebas se realizaron en dos días simulando la toma de 8 dosis diarias en un intervalo de hora y media por dosis, a las 10:30 am, 12:00 pm, 1:30 pm, 3:00 pm, 4:30 pm. 6:00 pm, 7:30 pm y 9:00 pm.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se logró visualizar en la pantalla LCD el nombre del medicamento a tomar durante la hora configurada, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se logró visualizar en la pantalla LCD el nombre del medicamento a tomar durante la hora configurada.

Tabla 4*Resultados de pruebas de visualización de nombre de medicamento en pantalla*

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	16	0
Eficacia parcial	100 %	

5.2.4. Resultados obtenidos de pruebas de alerta de toma de medicamento mediante mensaje SMS

- Se evaluó la llegada del mensaje de texto al número registrado recordando la toma del medicamento a la hora correspondiente.
- Las pruebas se realizaron en dos días simulando la toma de 8 dosis diarias en un intervalo de hora y media por dosis, a las 10:30 am, 12:00 pm, 1:30 pm, 3:00 pm, 4:30 pm. 6:00 pm, 7:30 pm y 9:00 pm.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se logró enviar un recordatorio de la toma del medicamento mediante mensaje SMS al número registrado a la hora configurada, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se logró enviar un recordatorio de la toma del medicamento mediante mensaje SMS al número registrado a la hora configurada.

Tabla 5*Resultados de pruebas de alerta de toma mediante mensaje SMS*

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	16	0
Eficacia parcial	100 %	

5.2.5. Resultados obtenidos de pruebas de bloqueo del Dispensador

- Se evaluó el bloqueo de dispensación de los medicamentos durante intervalos en los que no corresponde expulsar la pastilla, mediante la pulsación del botón de dispensado.
- Las pruebas se realizaron en dos días simulando la toma de 8 dosis diarias en un intervalo de hora y media por dosis, a las 10:30 am, 12:00 pm, 1:30 pm, 3:00 pm, 4:30 pm. 6:00 pm, 7:30 pm y 9:00 pm.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando no se logró dispensar el medicamento durante horas que no correspondía o cuando ya se había dispensado, y *prueba con resultado erróneo* cuando se logró dispensar el medicamento durante horas que no correspondía o cuando ya se había dispensado.

Tabla 6

Resultados de pruebas de bloqueo del Dispensador

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	16	0
Eficacia parcial	100 %	

5.2.6. Resultados obtenidos de pruebas de desbloqueo del Dispensador

- Se evaluó la dispensación de los medicamentos en el intervalo de una hora desde que suena la alarma solo cuando haya sido presionado el botón de dispensado.
- Las pruebas se realizaron en dos días simulando la toma de 8 dosis diarias en un intervalo de hora y media por dosis, a las 10:30 am, 12:00 pm, 1:30 pm, 3:00 pm, 4:30 pm. 6:00 pm, 7:30 pm y 9:00 pm.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se logró dispensar el medicamento durante las horas que correspondía, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se logró dispensar el medicamento durante las horas que correspondía.

Tabla 7*Resultados de pruebas de desbloqueo del Dispensador*

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	16	0
Eficacia parcial	100 %	

5.2.7. Resultados obtenidos de pruebas de dispensación de medicamentos

- Se evaluó la dispensación total de los medicamentos que puede almacenar el Dispensador Inteligente, siendo su capacidad máxima de 32 pastillas, solo cuando haya sido presionado el botón de dispensado y durante las horas de toma.
- Las pruebas se realizaron en cuatro días simulando la toma de 8 dosis diarias en un intervalo de hora y media por dosis, a las 10:30 am, 12:00 pm, 1:30 pm, 3:00 pm, 4:30 pm, 6:00 pm, 7:30 pm y 9:00 pm.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se logró expulsar desde el Dispensador Inteligente el medicamento, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se logró expulsar desde el Dispensador Inteligente el medicamento.

Tabla 8*Resultados de pruebas de dispensación de medicamentos*

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	31	1
Eficacia parcial	96.87 %	

5.2.8. Resultados obtenidos de pruebas de envío de datos a la base de datos en la nube

- Se evaluó el registro de datos realizado por el Dispensador Inteligente en la base de datos en la nube cuando el medicamento ha sido dispensado y cuando este ha sido omitido. Entre los datos recibidos se encuentra el Id del paciente, el Id del medicamento, el número de medicamentos y la hora en la que ha sido tomado u omitido.
- Las pruebas se realizaron en un día simulando la toma de 8 dosis en un intervalo de hora y media por dosis, a las 10:30 am, 12:00 pm, 1:30 pm, 3:00 pm, 4:30 pm. 6:00 pm, 7:30 pm y 9:00 pm.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se logró visualizar en la base de datos en la nube los datos enviados por el Dispensador Inteligente de las dosis tomadas y omitidas de los medicamentos, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se logró visualizar en la base de datos en la nube los datos enviados por el Dispensador Inteligente de las dosis tomadas y omitidas de los medicamentos.

Tabla 9

Resultados de pruebas de envío de datos a la base de datos en la nube

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	8	0
Eficacia parcial	100 %	

5.2.9. Resultados obtenidos de pruebas de reposición de medicamentos

- Se evaluó la reposición total de medicamentos en el Dispensador Inteligente solo cuando se haya presionado el botón de reposición, recibiendo la confirmación en un mensaje en la pantalla LCD del Dispensador Inteligente.
- Las pruebas se realizaron en un día simulando la reposición total en un intervalo de hora y media por dosis, a las 10:30 am, 12:00 pm, 1:30 pm, 3:00 pm, 4:30 pm. 6:00 pm, 7:30 pm y 9:00 pm.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se logró visualizar la confirmación de reposición de medicamentos en la pantalla del Dispensador Inteligente, y *prueba con*

resultado erróneo cuando no se logró visualizar la confirmación de reposición de medicamentos en la pantalla del Dispensador Inteligente.

Tabla 10

Resultados de pruebas de reposición de medicamentos

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	8	0
Eficacia parcial	100 %	

5.3. Resultados obtenidos de pruebas realizadas en la Aplicación Móvil

5.3.1. Resultados obtenidos de pruebas de autenticación

- Se evaluó la autenticación de usuarios en la aplicación móvil del Dispensador Inteligente solo cuando se haya ingresado correctamente el nombre de usuario y contraseña previamente registrada.
- Las pruebas se realizaron en un día, simulando intentos de autenticación en la aplicación 32 veces.
- Las pruebas fueron realizadas en un dispositivo móvil con Sistema Operativo Android versión 10, conectado a Internet mediante el receptor Wi-Fi integrado, asegurándonos previamente que la conexión sea estable.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se haya logrado autenticarse en la aplicación móvil, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se logró autenticarse en la aplicación móvil.

Tabla 11

Resultados de pruebas de autenticación

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	32	0
Eficacia parcial	100 %	

5.3.2. Resultados obtenidos de pruebas de visualización de dosis tomadas

- Se evaluó la visualización de datos de las dosis tomadas de medicamentos en la aplicación móvil del Dispensador Inteligente solo cuando estos hayan sido enviados por el Dispensador Inteligente después de ser dispensado el medicamento.
- Las pruebas se realizaron en dos días simulando la apertura de la aplicación 16 veces.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se haya visualizado los datos de las dosis tomadas en la aplicación móvil, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se haya visualizado los datos de las dosis tomadas en la aplicación móvil.

Tabla 12

Resultados de pruebas de visualización de dosis tomadas

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	16	0
Eficacia parcial	100 %	

5.3.3. Resultados obtenidos de pruebas de visualización de dosis omitidas

- Se evaluó la visualización de datos de las dosis omitidas de medicamentos en la aplicación móvil del Dispensador Inteligente solo cuando estos hayan sido enviados por el Dispensador Inteligente después de ser dispensado el medicamento.
- Las pruebas se realizaron en un día simulando la apertura de la aplicación 10 veces.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se haya visualizado los datos de las dosis omitidas en la aplicación móvil, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se haya visualizado los datos de las dosis omitidas en la aplicación móvil.

Tabla 13*Resultados de pruebas de visualización de dosis omitidas*

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	10	0
Eficacia parcial	100 %	

5.3.4. Resultados obtenidos de pruebas de cálculo de Cumplimiento Farmacológico Total

- Se evaluó el cálculo del Cumplimiento Farmacológico en base a los datos de las dosis dispensadas del medicamento, en la aplicación móvil.
- Para determinar el porcentaje de cumplimiento farmacológico total de las pruebas realizadas, utilizamos la siguiente fórmula:

$$\% \text{Cumplimiento Farmacológico} = \left(\frac{\text{Dosis Dispensadas}}{\text{Dosis que debieron haberse dispensado}} \right) * 100\%$$

- Las pruebas se realizaron en dos días simulando la dispensación y omisión de los medicamentos al azar.
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se haya calculado el cumplimiento farmacológico en la aplicación móvil, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se haya calculado el cumplimiento farmacológico en la aplicación móvil.

Tabla 14*Resultados de pruebas de cálculo de Cumplimiento Farmacológico Total*

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	16	0
Eficacia parcial	100 %	

5.4. Resultados obtenidos de pruebas realizadas en la Base de Datos en la nube

5.4.1. Resultados obtenidos de visualización de datos subidos por el Dispensador Inteligente

- Se evaluó la visualización de datos de las dosis tomadas y omitidas de medicamentos en la base de datos en la nube solo cuando estos hayan sido enviados por el Dispensador Inteligente después de ser dispensado el medicamento.
- Las pruebas realizadas fueron hechas en dos días simulando 8 alarmas diarias, la dispensación y omisión de los medicamentos fue decidida de manera aleatoria
- Se consideró *prueba con resultado correcto* cuando se haya visualizado los datos de las dosis tomadas y omitidas en la base de datos en la nube, y *prueba con resultado erróneo* cuando no se haya visualizado los datos de las dosis tomadas y omitidas en la base de datos en la nube.

Tabla 15

Resultados de visualización de datos subidos por el Dispensador Inteligente

	Resultados	
	Correctas	Erróneas
Pruebas realizadas	16	0
Eficacia parcial	100 %	

5.5. Cálculo de la eficacia total del Dispensador Inteligente

Para realizar el cálculo de la eficacia total del Dispensador Inteligente se realizó el promedio aritmético de la eficacia parcial de las pruebas realizadas en este, las cuales son las siguientes: prueba de activación de alarma sonora, alerta de reposición de medicamento mediante mensaje SMS, visualización del nombre del medicamento a tomar en pantalla, alerta de toma de medicamento mediante mensaje SMS, bloqueo del Dispensador, desbloqueo del Dispensador, dispensación de medicamentos, envío de datos a la base de datos en la nube y reposición de medicamentos.

%Eficacia total del Dispensador Inteligente

$$= \frac{100\% + 100\% + 100\% + 100\% + 100\% + 100\% + 96.87\% + 100\% + 100\%}{9}$$

$$\%Eficacia\ total\ del\ Dispensador\ Inteligente = 99.65\%$$

De esta manera se obtiene la eficacia total del Dispensador Inteligente, habiendo realizado pruebas de todas sus funcionalidades.

5.6. Presupuesto

Tabla 16

Tabla general de gastos en el Diseño y Fabricación del Dispensador Inteligente

Ítems	Monto (Nuevos Soles)
Cursos Online	83
Componentes Electrónicos	290
Manufactura PCB	75
Impresión 3D	543
Costo de Ingeniería	500
Costo Total (Nuevos Soles)	1491

VI. CONCLUSIONES

1. Se implementó un Dispensador Inteligente basado en un Microcontrolador ESP32, que realiza recordatorios de la medicación prescrita, permitiendo el registro de la hora de toma de medicamentos en la nube y enviando mensajes SMS para recordar la toma al cuidador, por ello, mejorando el cumplimiento farmacológico en adultos mayores hipertensos.
2. Existen otras herramientas de alto costo para mejorar el cumplimiento farmacológico, mi muestra son pacientes adultos mayores de bajos recursos de la Centro de Salud “MIGUEL SANCHEZ VILLEGAS” - LA VICTORIA, SECTOR I y necesitan tener este tipo de dispositivos.
3. Se estudiaron los diferentes microcontroladores y microcomputadoras: Arduino Nano, Raspberry Pi Zero W, ESP32, las tecnologías actuales de almacenamiento en la nube como: Firebase, Backendless y Back4App.
4. Se eligió la tarjeta de desarrollo NodeMcu ESP32, el software de modelamiento 3D SolidWorks y el software de diseño de PCB KiCad y el costo del prototipo ascendió a 1500 soles.
5. Se verificó el funcionamiento del Dispensador Inteligente, a través de la implementación la implementación y de las pruebas correspondientes, obteniendo un porcentaje de eficacia del 99.65%, se demostró que cumple con todas las características y objetivos planteados.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda agregar la funcionalidad de actualizar las horas de toma de los medicamentos desde la aplicación móvil, ya que actualmente estos valores deben ser modificados directamente en la tarjeta de desarrollo NodeMcu ESP32.
2. Si se modifica el diseño 3D del Dispensador Inteligente es posible utilizarlo para almacenar otros tipos de pastillas (variedad y cantidad).
3. Para agregar autonomía al Dispensador Inteligente en caso de falla del suministro eléctrico, se recomienda agregar una batería de respaldo.
4. Se recomienda añadir sensores para saber exactamente cuántas pastillas se están recargando, ya que en el prototipo sólo se puede recargar completamente, sin tener una forma de confirmación.
5. Se sugiere evaluar el modelo impreso 3D de las partes móviles, sus bordes, puesto que nos generó un margen de error de 3.12 %, debido al error entre el modelo impreso y el modelo CAD.

REFERENCIAS

- Android. (2020). *Android Architecture*. <https://source.android.com/devices/architecture>
- Android. (2021). *Platform Architecture*. <https://developer.android.com/guide/platform>
- Arduino. (2022). *Arduino Nano*. <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>
- Bannatyne, R., & Viot, G. (1998). Introduction to microcontrollers. I. *Wescon/98. Conference Proceedings (Cat. No.98CH36265)*, 350–360.
<https://doi.org/10.1109/WESCON.1998.716623>
- Becerra Mondragón, Y. L. (2015). *Grado de adherencia terapéutica en pacientes hipertensos atendidos en la Cartera del Adulto/Adulto Mayor del Policlínico EsSalud “Agustín Gavidia Salcedo” - Lambayeque - 2015*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Brown, M. T., & Bussell, J. K. (2011). Medication Adherence: WHO Cares? *Mayo Clinic Proceedings*, 86(4), 304–314. <https://doi.org/10.4065/mcp.2010.0575>
- Cao, T. (2010). *Designing an assistive technology for a transgenerational population: the product development process*. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Castellano, J. M., Narula, J., Castillo, J., & Fuster, V. (2014). Promoción de la salud cardiovascular global: estrategias, retos y oportunidades. *Revista Española de Cardiología*, 724–730. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2014.01.024>
- Castro, A., Barrero, J. I., Pascual, F. J. G., Cruz, E., Soto, J., Álvarez, J., Trill, M. D., García, M., & Siso, J. (2009). *La adherencia al tratamiento: cumplimiento y constancia para mejorar la calidad de vida. III Foro Diálogos Pfizer-Pacientes*.
https://www.pfizer.es/docs/pdf/asociaciones_pacientes/2009/FOROpfizer_2009.pdf
- Corbalan Carrillo, M. G., Alonso Fernández, S., Ros Elvira, M. . T., Moya Moya, A., Colominas Borrull, M., & Hernández Vian, B. (2013). Evaluación del cumplimiento farmacológico en adultos mayores con hipertensión arterial. *Gerokomos*, 24(4), 164–167.
<https://doi.org/10.4321/S1134-928X2013000400004>
- Cramer, J. A., Roy, A., Burrell, A., Fairchild, C. J., Fuldeore, M. J., Ollendorf, D. A., & Wong, P. K. (2008). Medication compliance and persistence: terminology and definitions. *Value in Health*, 11(1), 44–47. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4733.2007.00213.x>
- Departamento de Electrónica y Automática. (2017). *Introducción a los Microprocesadores*. Universidad Nacional de San Juan. <http://dea.unsj.edu.ar/mp1/APUNTES/Catedra Introducion.pdf>
- Devonshire, V. A., Feinstein, A., & Moriarty, P. (2016). Adherence to interferon β -1a therapy using an electronic self-injector in multiple sclerosis: a multicentre, single-arm, observational, phase IV study. *BMC Research Notes*, 9(1), 148.
<https://doi.org/10.1186/s13104-016-1948-z>
- DFROBOT. (2016). *SKU:DFR0299*. https://wiki.dfrobot.com/DFPlayer_Mini_SKU_DFR0299
- Espressif Inc. (2022). *ESP32 Series Datasheet*.
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- Espressif Systems Co. (2022). *ESP-IDF Programming Guide*.
<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/get->

started/index.html#introduction

- Faisal, S., Ivo, J., & Patel, T. (2021). A review of features and characteristics of smart medication adherence products. *Canadian Pharmacists Journal / Revue Des Pharmaciens Du Canada*, 154(5), 312–323. <https://doi.org/10.1177/17151635211034198>
- Gutiérrez Peralta, J. A., & Toala Morán, C. I. (2015). *Módulo cliente de captura de datos clínicos para aplicaciones de telemedicina*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Huertas Medina, T. C. (2016). *Dispositivo de monitoreo médico para visualizar en casa*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Jimmy, B., & Jose, J. (2011). Patient Medication Adherence: Measures in Daily Practice. *Oman Medical Journal*, 26(3), 155–159. <https://doi.org/10.5001/omj.2011.38>
- LastMinuteEngineers. (2022a). *Interface DS3231 Precision RTC Module with Arduino*. <https://lastminuteengineers.com/ds3231-rtc-arduino-tutorial/>
- LastMinuteEngineers. (2022b). *Send Receive SMS & Call with SIM800L GSM Module & Arduino*. <https://lastminuteengineers.com/sim800l-gsm-module-arduino-tutorial/>
- Mayo Foundation for Medical Education and Research. (2019). *Peligros sobre la hipertensión: Efectos de la hipertensión sobre tu cuerpo*. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/high-blood-pressure/in-depth/high-blood-pressure/art-20045868>
- Ministerio de Salud del Perú. (n.d.). *En el Perú cuatro millones de personas tienen hipertensión arterial*. 2019. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/28476-en-el-peru-cuatro-millones-de-personas-tienen-hipertension-arterial>
- MINSa. (2016). *Perú: Porcentaje de población por etapas de vida*. <http://www.minsa.gob.pe/estadisticas/estadisticas/indicadoresSalud/demograficos/poblacion-total/POBVIDMacros.asp>
- MINSa. (2017). *Mide tu Presión y ayuda a tu Corazón*. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/campañas/361-mide-tu-presion-y-ayuda-a-tu-corazon>
- Mischianti, R. (2020). *ESP32: pinout, specs and Arduino IDE configuration – Part 1*. <https://www.mischianti.org/2020/05/30/esp32-pinout-specs-and-arduino-ide-configuration-part-1/>
- Molloy, D. (2016). *EXPLORING RASPBERRY PI*. John Wiley & Sons, Inc.
- Moscoso Nogra, S. X., & Villacrés Miranda, K. F. (2020). *Diseño e Implementación de un prototipo de máquina dispensadora de medicamentos en forma de pastillas para personas de tercera edad que padecen enfermedades no transmisibles*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Muñoz González, M. T. (2016). *Proyecto de dosificador de pastillas para personas con autonomía reducida*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Orenga, M. A., & Manonellas, G. E. (2011). *Estructura de Computadores* (1st ed.).
- Organización Mundial de la Salud. (2013). Información general sobre la hipertensión en el mundo. In *Oms*. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/87679/1/WHO_DCO_WHD_2013.2_spa.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Hipertensión*. <https://www.who.int/es/news->

room/fact-sheets/detail/hypertension

Organización Panamericana de la Salud. (2015). *La OPS/OMS pide dar más atención al control de la hipertensión.*

https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10957:2015-paho-urges-more-attention-to-blood-pressure-control&Itemid=1926&lang=es#:~:text=- En el marco del Día,la presión arterial para prevenir

PharmAdva. (2022). *MedaCube™ Automatic Pill Dispenser.*

<https://www.medacube.com/collections/frontpage/products/medacube>

Reyes Rengifo, B. E. Y. (2018). *Diseño de sistema de monitoreo de signos vitales de pacientes en emergencias de la cía. de bomberos salvadora trujillo n° 26.* Universidad Nacional de Trujillo.

Rivas Torres, G. M., & Pino Delgado, M. E. (2017). *Evaluación del efecto del uso de dispositivos móviles en la Adherencia al Tratamiento de Hipertensión Arterial.* Universidad Santo Toribio de Mogrovejo.

Silverio-Fernández, M., Renukappa, S., & Suresh, S. (2018). What is a smart device? - a conceptualisation within the paradigm of the internet of things. *Visualization in Engineering*, 6(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40327-018-0063-8>

Stanley Black & Decker, I. (2021). *Pria by BLACK+DECKER.*

<https://www.okpria.com/Cart?buynow=true>

Torres, G. M. R., Delgado, M. E. P., & Liy, J. E. O. (2016). Programas de hipertensión arterial: gran asistencia y baja adherencia. *Revista Colombiana de Cardiología*, 23, 578–579.

<https://doi.org/10.1016/j.rccar.2016.03.020>

Williams, J. (2011). High speed amplifier techniques: A designer's companion for wideband circuitry. *Analog Circuit Design. A Tutorial Guide to Applications and Solutions*, 679–801.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385185-7.00033-0>

WINSTAR Display Co., L. (2022). *128x64 LCD Graphic Displays.*

<https://www.winstar.com.tw/products/graphic-lcd-display-module/wg12864j5.html>

Zecca, C., Disanto, G., Mühl, S., & Gobbi, C. (2017). Subjective patient-reported versus objective adherence to subcutaneous interferon β -1a in multiple sclerosis using RebiSmart®: the CORE study. *BMC Neurology*, 17(1), 171.

<https://doi.org/10.1186/s12883-017-0952-9>

ZHANG, Q. (2018). *Securing Smart Devices.*

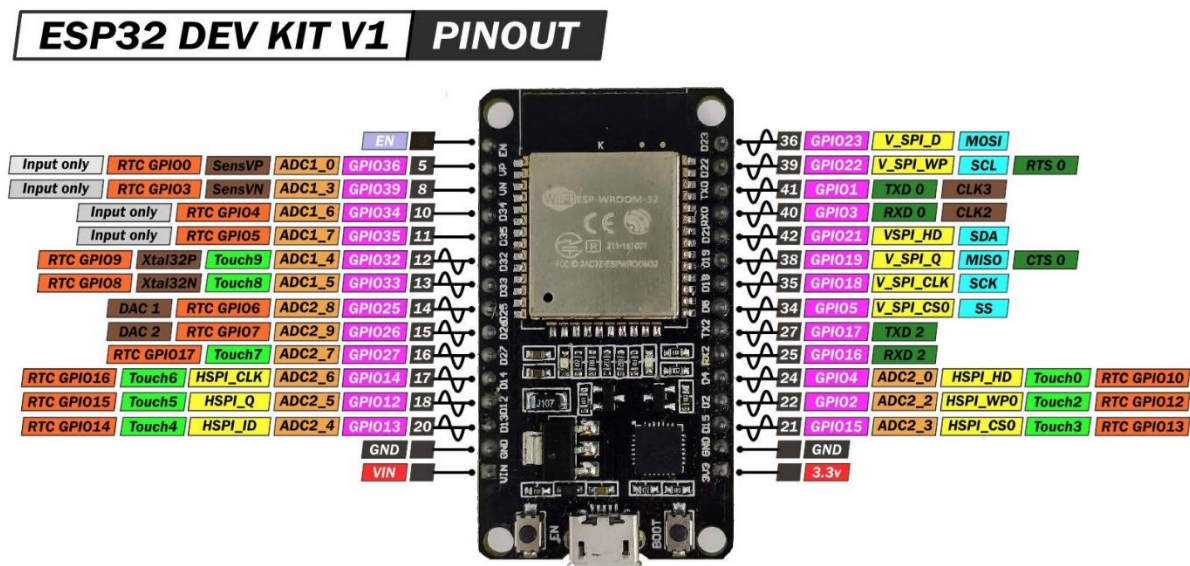
<https://cse.hkust.edu.hk/pg/research/projects/qianzh/sds/>

ANEXOS

Distribución de Pines de la tarjeta electrónica de desarrollo NodeMcu ESP32

Figura 43

Distribución de Pines de la tarjeta NodeMcu ESP32

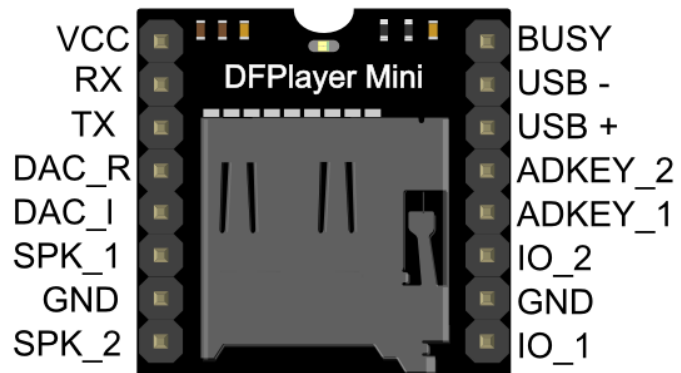


Nota. Obtenido de Mischianti (2020).

Distribución de Pines del módulo reproductor de MP3 DFR0299

Figura 44

Distribución de Pines del módulo DFR0299

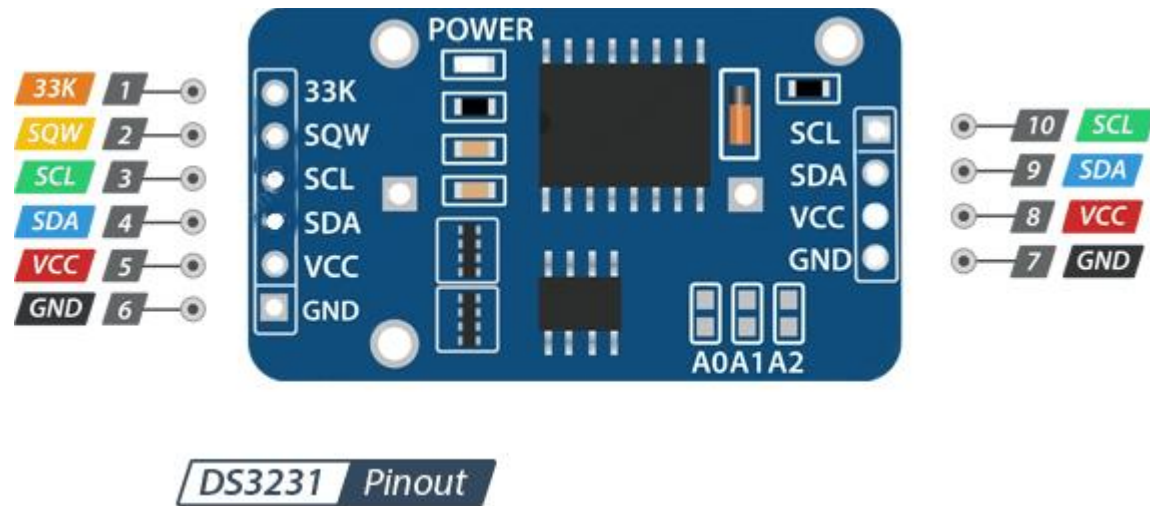


Nota. Obtenido de DFROBOT (2016).

Distribución de Pines del Módulo RTC DS3231

Figura 45

Distribución de Pines del módulo DS3231



Nota. Obtenido de LastMinuteEngineers (2022).

Distribución de Pines del Módulo SIM800L

Figura 46

Distribución de Pines del módulo SIM800L



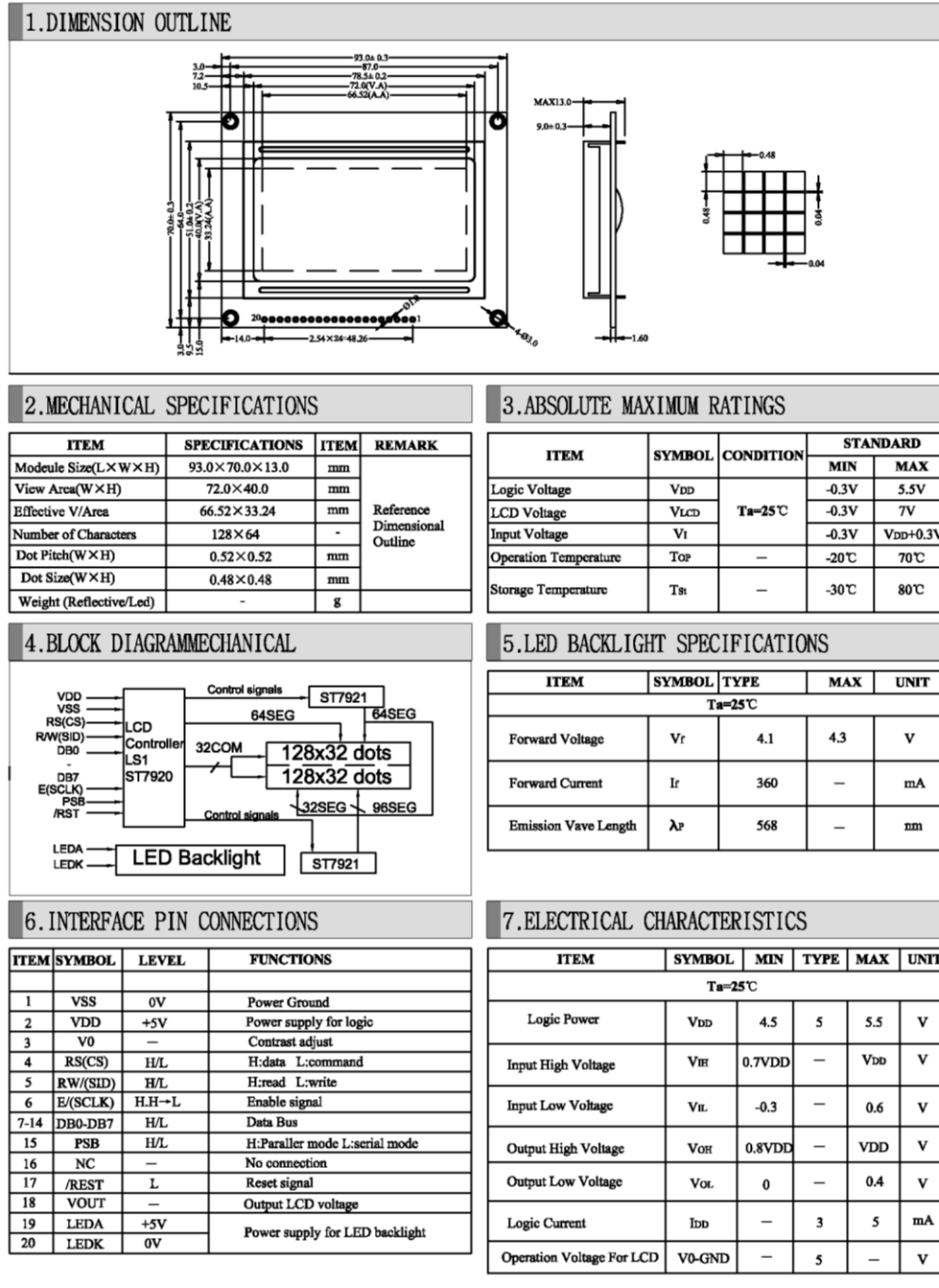
Nota. Obtenido de LastMinuteEngineers.com (2022).

Hoja de datos de la pantalla LCD YB12864ZB

Figura 47

Hoja de datos de la pantalla LCD YB12864ZB

YB12864ZB (128x64 DOTS) **1/32DUTY, 1/6BIAS**



Nota. Obtenido de WINSTAR Display Co. (2022) .

Autorización de ejecución de proyecto de investigación en C.S. MIGUEL SANCHEZ VILLEGAS – LA VICTORIA, SECTOR I



GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE
UNIDAD EJECUTORA 400 SALUD LAMBAYEQUE
GERENCIA REGIONAL DE SALUD



Firmado digitalmente por GAITAN VELASQUEZ Luz Catherine FIR
40617420 hard
Unidad: GERENCIA REGIONAL DE SALUD
Cargo: GERENTE REGIONAL DE SALUD - LAMBAYEQUE(e)
Fecha y hora de proceso: 10/11/2021 - 14:00:35

Id seguridad: 5629510

Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia

Chiclayo 10 noviembre 2021

OFICIO N° 003351-2021-GR.LAMB/GERESA-L [3994393 - 1]

**CESAR ANTHONY RICARDO DIAZ ESQUEN Y JOSELITO CALDERON PEREZ
BACHILLERES DE INGENIERIA ELECTRONICA.
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO - LAMBAYEQUE.**

ASUNTO: AUTORIZACION EJECUCION PROYECTO DE INVESTIGACION

REFERENCIA: SOLICITUD S/N 3994393-0

Mediante el presente me dirijo a ustedes y atendiendo a lo requerido mediante expediente de la referencia, comunicarles que esta Gerencia Regional de Salud Lambayeque les concede la autorización para realizar el proyecto de investigación denominado **“DISPENSADOR INTELIGENTE PARA MEJORAR EL CUMPLIMIENTO FARMACOLOGICO EN ADULTOS MAYORES HIPERTENSOS”**. Cuya fecha de inicio es del **12/11/2021 al 02/12/2021** del presente año.

Por lo expuesto se **AUTORIZA** al **C.S. MIGUEL SANCHEZ VILLEGAS - LA VICTORIA, SECTOR I**, brindarles las facilidades para proyecto de investigación. Debiendo ustedes contar con su equipo de protección personal, que se viene exigiendo por motivo de la pandemia COVID19 y/o recopilación de datos de manera virtual.

El resultado de dicha investigación deberá ser alcanzado en un ejemplar a la Oficina de Capacitación al email: **capacitacion.geresal@gmail.com**

Sin otro particular es propicia la oportunidad para manifestarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal

Atentamente.

Firmado digitalmente
LUZ CATHERINE GAITAN VELASQUEZ
GERENTE REGIONAL DE SALUD - LAMBAYEQUE(e)
Fecha y hora de proceso: 10/11/2021 - 14:00:35

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Gobierno Regional Lambayeque, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://sisgado3.regionlambayeque.gob.pe/verifica/>

VoBo electrónico de:
- OFICINA DE RECURSOS HUMANOS
JOSE HECTOR LLUEN CUMPA
JEFE OFICINA DE RECURSOS HUMANOS
2021-11-09 09:57:30-05



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 011-2023-D/FACFyM

Siendo las 10:00 am del día 03 de marzo del 2023, se reunieron vía plataforma virtual, <https://meet.google.com/duo-ymrs-jqd> los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

“DISPENSADOR INTELIGENTE PARA MEJORAR EL CUMPLIMIENTO FARMACOLÓGICO EN ADULTOS MAYORES HIPERTENSOS”, Designados por Resolución N° 529-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 11 de agosto 2021.

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro	Presidente
M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos	Secretario
M.Sc. Ing. Wilson Dennis Reyes Vásquez	Vocal

La tesis fue asesorada por la Dra. Ing. Lucía Isabel Chamán Cabrera, nombrado por Resolución N° 529-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 11 de agosto 2021.

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 147-2023-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 20 de febrero de 2023.

La Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: Díaz Esquén César Anthony Ricardo y Calderón Pérez Joselito, y tuvo una duración de 25 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de 17 (Diecisiete) en la escala vigesimal, mención Bueno.

Por lo que quedan aptos para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico**, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 10:50 am se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
Presidente

M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos
Secretario

M.Sc. Ing. Wilson Dennis Reyes Vásquez
Vocal

Dra. Ing. Lucía Isabel Chamán Cabrera
Asesora

ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD (RESOLUCIÓN N° 626-2021-CU DEL 30 DE DICIEMBRE 2021)

Yo, **Lucía Isabel Chamán Cabrera**, Asesor de la Tesis, Revisor del trabajo de Investigación titulado **“DISPENSADOR INTELIGENTE PARA MEJORAR EL CUMPLIMIENTO FARMACOLÓGICO EN ADULTOS MAYORES HIPERTENSOS”**.

Cuyos autores son: **César Anthony Ricardo Díaz Esquén**, identificado con Documento de Identidad 70059905 y **Joselito Calderón Pérez**, identificado con Documento de Identidad 48365110; declaro que la evaluación realizada por el Programa Informático Turnitin, ha arrojado un porcentaje de similitud de **8 %**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 10 de mayo de 2023



DRA. LUCÍA ISABEL CHAMÁN CABRERA
DNI: 40866057
ASESORA

RESUMEN DEL REPORTE DE TURNITIN

DISPENSADOR INTELIGENTE PARA MEJORAR EL
CUMPLIMIENTO FARMACOLÓGICO EN ADULTOS MAYORES
HIPERTENSOS

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.brantford.ca

Fuente de Internet

2%

2

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.espe.edu.ec

Fuente de Internet

1%

4

Carlos Afranio Vargas Salgado. "Estudio comparativo de la utilización de las tecnologías de gasificación Downdraft y lecho fluidizado burbujeante para la generación de energía eléctrica en aplicaciones de baja potencia", Universitat Politecnica de Valencia, 2012

Publicación

<1%

5

doku.pub

Fuente de Internet

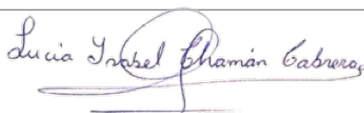
<1%

6

openwebinars.net

Fuente de Internet

<1%



DRA. LUCÍA ISABEL CHAMÁN CABRERA

DNI: 40866057

ASESORA

7	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	<1 %
8	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
9	empiezoinformatica.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
10	searchdatacenter.techtarget.com Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Rey Juan Carlos Trabajo del estudiante	<1 %
12	Alvarado, Faviola Mirella Diaz Barba, Jorge Andrés Escudero Guevara, Juan Carlos Piaggio de León Palomino et al. "Petimas, Una Solución para Acceder a Servicios Desde un Solo Lugar", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2022 Publicación	<1 %
13	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %



DRA. LUCÍA ISABEL CHAMÁN CABRERA
DNI: 40866057
ASESORA

16	cloud.google.com Fuente de Internet	<1 %
17	revistas.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	<1 %
20	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to 53250 Trabajo del estudiante	<1 %
23	Submitted to Consorcio CIXUG Trabajo del estudiante	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
25	Pereira, Rui Humberto Ribeiro. "Transactions and Schema Evolution in a Persistent Object-Oriented Programming System.", Instituto Politecnico do Porto (Portugal) Publicación	<1 %

www.hsph.harvard.edu



DRA. LUCÍA ISABEL CHAMÁN CABRERA
DNI: 40866057
ASESORA

26	Fuente de Internet	<1 %
27	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Universidad Catolica San Antonio de Murcia Trabajo del estudiante	<1 %
29	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
30	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo



DRA. LUCÍA ISABEL CHAMÁN CABRERA
DNI: 40866057
ASESORA

RECIBO TURNITIN

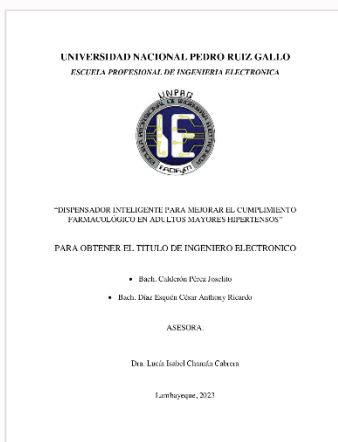


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: César&joselito Diaz - Calderon
Título del ejercicio: BORRADOR DE TESIS
Título de la entrega: DISPENSADOR INTELIGENTE PARA MEJORAR EL CUMPLIMIEN...
Nombre del archivo: me_Final_Tesis_D_az_Esqu_n_C_sar_Calder_n_P_rez_Joselito_...
Tamaño del archivo: 3.38M
Total páginas: 84
Total de palabras: 14,834
Total de caracteres: 86,161
Fecha de entrega: 07-feb.-2023 11:09a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2008569932



Derechos de autor 2023 Turnitin. Todos los derechos reservados.

DRA. LUCÍA ISABEL CHAMÁN CABRERA
DNI: 40866057
ASESORA