

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

VICERRECTORÍA ACADÉMICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO IOT PARA
TRANSMITIR NIVELES DE SATURACIÓN DE OXÍGENO EN
SANGRE PARA UN CENTRO DE SALUD”**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE BACHILLERATO EN
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTOR: PHILLIP ANDRÉ BOLTON GUTIÉRREZ

TUTOR: ING. ADOLFO JOSE ARIAS ECHANDI

SEDE ARANJUEZ

AGOSTO, 2023

CONTENIDO

TABLAS	7
DEDICATORIA	10
AGRADECIMIENTOS	11
RESUMEN EJECUTIVO	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
OBJETIVOS.....	14
<i>Objetivo general</i>	14
<i>Objetivos específicos</i>	14
JUSTIFICACIÓN.....	15
LIMITACIONES.....	16
ANTECEDENTES.....	17
<i>Antecedente 1)</i>	17
<i>Antecedente 2)</i>	18
<i>Antecedente 3)</i>	19
<i>Antecedente 4)</i>	20
<i>Antecedente 5)</i>	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
RESEÑA HISTÓRICA.....	22
LEYES.....	24
<i>Ley de Beer-Lambert</i>	24
CONCEPTOS Y DEFINICIONES FISIOLÓGICAS.....	24
<i>El oxígeno</i>	24
<i>La sangre</i>	25
<i>Frecuencia Cardíaca</i>	26
<i>Presión Arterial</i>	27
<i>La Hemoglobina</i>	27
Estructura de la Hemoglobina.....	28
<i>La Saturación de Oxígeno</i>	28
Hipopexemia.....	29
Causas de la Hipoxemia.....	29
Tipos de Hipoxemia.....	30
<i>La Oximetría</i>	30
La Pulsioximetría.....	31
Funcionamiento del Pulsoxímetro o Oxímetro de pulso.....	31
Tipos de Oxímetros de Pulso.....	34
Oxímetro de dedo.....	34
Oxímetro de muñeca.....	34
Oxímetros de mesa.....	35
EQUIPOS MÉDICOS.....	36
<i>Plástico ABS en equipos médicos</i>	36
<i>Mantenimiento de Equipos Médicos</i>	37
Mantenimiento preventivo.....	37

Procedimiento general de las rutinas de mantenimiento preventivo.	38
Frecuencia del mantenimiento preventivo de un oxímetro.	39
CONCEPTOS Y DEFINICIONES INFORMÁTICAS.	39
<i>Internet</i>	39
<i>Wifi</i>	39
Tecnología inalámbrica IEEE 802.11.	40
Protocolos inalámbricos.	40
<i>Hardware</i>	41
<i>Software</i>	41
<i>Protocolo de Comunicación</i>	41
<i>Protocolo de Control de Transmisión</i>	42
<i>Protocolo de Internet</i>	42
INTERNET DE LAS COSAS (IOT).	42
<i>Funcionamiento del IoT</i>	43
<i>IoT Industrial</i>	44
<i>Tecnologías IoT</i>	45
<i>IoT en el campo de la salud</i>	46
El Internet de las cosas es el futuro de la atención sanitaria.	47
El IoT en los hospitales.	47
El IoT y los seguros médicos.	48
El IoT y tú como paciente.	48
El IoT ayuda a los médicos tratantes.	48
Beneficios del IoT en el sistema de atención sanitaria.	48
<i>Plataformas IoT</i>	49
Propiedades de una plataforma IoT.	49
Ubidots.	50
Adafruit IO.	51
PROTOCOLO MQTT.	53
<i>Arquitectura MQTT</i>	53
<i>Funcionamiento del MQTT</i>	54
Beneficios del MQTT.	54
<i>Protocolo HTTP</i>	55
FUNCIONAMIENTO DEL HTTP.	56
ARDUINO.	57
<i>Origen</i>	57
Lenguaje de programación.	57
COMPONENTES ELECTRÓNICOS.	58
<i>Características de los componentes electrónicos</i>	58
Estructura física.	59
Material de fabricación.	59
Funcionamiento.	59
Tipo de energía.	59
<i>Modelos de componentes electrónicos</i>	60
PCB.	60
Módulo NodeMCU ESP8266.	60
MAX30100.	62
MAX30102.	63
<i>Dispositivos de visualización</i>	63
Pantalla SSD1306 OLED.	63
Pantalla LCD.	64

LA ENERGÍA.....	65
<i>Fuente de alimentación.....</i>	65
Clasificaciones de las fuentes de alimentación.....	66
Tipos de fuentes de alimentación.....	66
Cargador USB.....	66
Adaptador AC.....	67
Batería.....	68
Funcionamiento de una batería.....	69
Vida útil de una batería.....	69
Factores de diseño para elegir una batería.....	71
Tipos de batería.....	73
Baterías de iones de litio (Li-ION).....	73
Baterías de polímero de litio (LiPo).....	74
Módulo de alimentación MB-102.....	76
Módulo de carga de baterías de iones de litio lineales TP4056.....	77
Reguladores de voltaje.....	78
Regulador de voltaje AMS1117.....	79
Regulador de voltaje MCP1700.....	79
Interruptor.....	80
SPST.....	80
SPDT.....	81
DPDT.....	81
XPYT.....	82
CONSUMO ELÉCTRICO.....	82
<i>Cálculo del consumo eléctrico.....</i>	83
Cálculo de amperios CC a kilovatios.....	83
Fórmula de cálculo de kilovatios a kilovatios-hora.....	84
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	85
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	88
CENTRO DE SALUD.....	88
<i>Necesidades del centro de salud.....</i>	89
SISTEMA ELECTRÓNICO.....	91
<i>Batería de ion de litio.....</i>	92
Análisis de las especificaciones técnicas.....	93
Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266.....	93
Sensor de oximetría MAX30100.....	94
Pantalla de visualización SSD 1306 Oled.....	95
<i>Demanda energética del sistema de monitoreo en estado activo y suspendido.....</i>	95
<i>Demanda energética máxima del sistema de monitoreo.....</i>	100
<i>Módulo de carga.....</i>	107
<i>Cargador USB.....</i>	108
<i>Pérdidas de eficiencia de la batería respecto al cargador USB.....</i>	109
Sin pérdida de eficiencia.....	109
Pérdida de eficiencia al 10 %.....	109
Pérdida de eficiencia al 20%.....	110
Pérdida de eficiencia al 30%.....	111
Pérdida de eficiencia al 40%.....	111
<i>Análisis financiero del consumo eléctrico del sistema de monitoreo.....</i>	113
Carga eléctrica en KW del cargador USB.....	113
<i>Regulador de Voltaje.....</i>	116

<i>Interruptor SPST.</i>	118
DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE MONITOREO.	119
DISEÑO DEL SISTEMA DE CONECTIVIDAD Y PROCESAMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO.	123
<i>Etapa 1: Adquisición de señales.</i>	124
<i>Etapa 2: Recibimiento, procesamiento y envío de datos.</i>	124
Implementación del protocolo MQTT.....	125
Conectividad inalámbrica Wifi.	126
<i>Etapa 3: Visualización y almacenamiento de datos.</i>	127
Costo de la implementación de la plataforma IoT al sistema de monitoreo.	128
<i>Efectividad del sistema de monitoreo para el centro de salud.</i>	129
<i>Diseño del sistema mecánico del sistema de monitoreo.</i>	131
Carcasa.....	132
Parte superior de la carcasa.....	132
Parte inferior de la carcasa.	133
Elementos exteriores que constituyen a la carcasa del sistema de monitoreo.	135
<i>Rutinas de mantenimiento preventivo.</i>	137
<i>Análisis financiero para el diseño del sistema de monitoreo.</i>	138
se multiplicarán por este número para obtener una perspectiva financiera completa.....	138
Costo de componentes y materiales requeridos para el diseño del sistema de monitoreo IoT.....	139
Costo del montaje del sistema de monitoreo IoT.....	140
Costo de la implementación de la programación, plataforma IoT y su mantenimiento.....	140
Costos del mantenimiento del sistema de monitoreo.....	141
Costos finales del diseño de cada sistema de monitoreo.	143
Costos del mantenimiento del sistema de monitoreo.....	143
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	144
RECOMENDACIONES.	145
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	146
REFERENCIAS	148
APÉNDICES	156
APÉNDICE A. FICHA TÉCNICA DEL SENSOR MAX30100.	156
APÉNDICE B. FICHA TÉCNICA DEL MÓDULO DE CARGA DE BATERÍAS DE ION-LITIO TP4056.	160
APÉNDICE C. FICHA TÉCNICA DEL NODE MCU Esp8266.	163
APÉNDICE D. FICHA TÉCNICA DEL REGULADOR DE VOLTAJE MCP1700.....	165
APÉNDICE E. FICHA TÉCNICA DEL DISPLAY SSD1306.....	166
APÉNDICE F. FICHA TÉCNICA DEL INTERRUPTOR DE PALANCA SPST.	168
APÉNDICE G. TARIFA T-CO (ICE).	168
APÉNDICE H. DIAGRAMA ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE MONITOREO IOT.	169
APÉNDICE I. PLACA PCB DEL SISTEMA DE MONITOREO IOT.	170
APÉNDICE I. CARGADOR USB 5V, 1A TIPO C.....	171
APÉNDICE J. PLÁSTICO ABS.	172
APÉNDICE K. FICHA TÉCNICA DE LOS SUJETADORES TORNILLOS PHILLIPS.....	173
APÉNDICE L. PLANOS DEL DISEÑO EN 2D DEL SISTEMA MECÁNICO.....	174
APÉNDICE M. RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE MONITOREO IOT.	177
APÉNDICE N. FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DE MONITOREO IOT.....	178

Figuras

Figura 1. La sangre.....	25
Figura 2. Estructura de la hemoglobina.....	28
Figura 3. Relación entre el coeficiente de extinción y la longitud de onda, en nanómetros (nm), con detección de la luz roja e infrarroja, a 600 nm y 905-940 nm.....	32
Figura 4. Absorción de la luz de acuerdo a los niveles de oxígeno presente en la hemoglobina.	33
Figura 5. Oxímetro de dedo.....	34
Figura 6. Oxímetro de muñeca.....	35
Figura 7. Oxímetro de mesa.....	35
Figura 8. Plástico ABS.....	37
Figura 9. Mantenimiento preventivo de equipos médicos.....	38
Figura 10. Componentes que conforman IoT.....	44
Figura 11. El Internet de las cosas es el futuro de la atención sanitaria.....	47
Figura 12. Beneficios del IoT en el sistema de atención sanitaria.....	49
Figura 13. Ubidots.....	51
Figura 14. Adafruit IO.....	52
Figura 15. Arquitectura MQTT.....	54
Figura 16. Arduino.....	57
Figura 17. Módulo NodeMCU ESP8266.....	62
Figura 18. MAX30100.....	62
Figura 19. MAX30102.....	63
Figura 20. Pantalla SSD1306 OLED.....	64
Figura 21. Pantalla LCD.....	65
Figura 22. Cargador USB.....	67
Figura 23. Adaptador AC.....	68
Figura 24. Guía para elección de una batería.....	73
Figura 25. Baterías de iones de litio (Li-ION).....	74
Figura 26. Baterías de polímero de litio (LiPo).....	76
Figura 27. Módulo de alimentación MB-102.....	77
Figura 28. Módulo de carga de baterías de iones de litio lineales TP4056.....	78
Figura 29. Regulador de voltaje AMS1117.....	79
Figura 30. Regulador de voltaje MCP1700.....	80
Figura 31. Interruptor SPST.....	81
Figura 32. Interruptor SPDT.....	81
Figura 33. Interruptor DPDT.....	82
Figura 34. Interruptor XPYT.....	82
Figura 35. VISMO NIHON KOHDEN PVM-2701.....	88
Figura 36. Diagrama en bloques del sistema electrónico general.....	91
Figura 37. Diagrama de bloques de las etapas de diseño del sistema electrónico general.....	92
Figura 38. Diagrama unifilar de los componentes centrales y auxiliares.....	93
Figura 39. Gestión de energía de la placa de desarrollo Node Mcu Esp8266.....	96
Figura 40. Diagrama de flujo de selección y capacidad de la batería Ion-Litio a partir de la demanda energética máxima del sistema de monitoreo.....	100

Figura 41. Batería de Li-Ion KeepPower 14500.	104
Figura 42. Diagrama unifilar de conexión del módulo de carga con la batería seleccionada.	107
Figura 43. Diagrama unifilar de conexión del cargador USB hacia el módulo de carga con la batería seleccionada.	108
Figura 44. Gráfico ilustrativo del tiempo de carga de una batería considerando los porcentajes de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.	112
Figura 45. Regulador de voltaje MCP1700.	116
Figura 46. Interruptor de palanca SPST.	118
Figura 47. Diagrama del circuito electrónico del sistema de monitoreo.	120
Figura 48. Tarjeta PCB del sistema de monitoreo IoT con vista frontal modelado en 2D.	120
Figura 49. Tarjeta PCB del sistema de monitoreo IoT con vista trasera modelado en 2D.	121
Figura 50. Tarjeta PCB del sistema de monitoreo IoT con vista frontal modelado en 3D.	121
Figura 51. Tarjeta PCB del sistema de monitoreo IoT con vista trasera modelado en 3D.	122
Figura 52. Diagrama de flujo de las etapas de conectividad y procesamiento.	123
Figura 53. Diagrama unifilar de la conectividad y procesamiento de del sistema de monitoreo.	124
Figura 54. Diagrama de flujo de la implementación del protocolo MQTT.	125
Figura 55. Conectividad inalámbrica Wifi.	126
Figura 56. Tablero de instrumentos de visualización.	127
Figura 57. Pantalla de visualización SSD 1306 OLED.	128
Figura 58. Factores que logran una mejor efectividad del sistema de monitoreo IoT para el centro de salud.	129
Figura 59. Diagrama general del sistema mecánico.	131
Figura 60. Modelado en 3D de la parte superior de la carcasa.	133
Figura 61. Sujetadores de acero inoxidable.	134
Figura 62. Modelado en 3D de la parte inferior de la carcasa.	134
Figura 63. Elementos exteriores que constituyen a la carcasa del sistema de monitoreo.	135

Tablas

Tabla 1. Categorías de la presión arterial	27
Tabla 2. Matriz de Conceptualización, Investigación de Enfoque Cuantitativo.	87
Tabla 3. Especificaciones técnicas placa de desarrollo Node Mcu ESP8266 V2.	94
Tabla 4. Especificaciones técnicas del sensor de oximetría MAX30100.	95
Tabla 5. Especificaciones técnicas de la pantalla de visualización SSD 1306.	95
Tabla 6. Tabla resumen del cálculo de la demanda energética del sistema de monitoreo en estado activo.	98
Tabla 7. Tabla resumen del cálculo de la demanda energética del sistema de monitoreo en estado suspendido.	99
Tabla 8. Tabla resumen del cálculo de la demanda máxima del sistema de monitoreo.	102
Tabla 9. Tabla resumen del cálculo de la corriente máxima de consumo del sistema electrónico.	103
Tabla 10. Demandas energéticas de los consumos del sistema de monitoreo en diferentes estados respecto a su gestión de energía.	103
Tabla 11. Especificaciones técnicas de la batería KeepPower 14500.	104
Tabla 12. Especificaciones técnicas del módulo de carga TP4056.	107

Tabla 13. Tabla resumen del tiempo de carga de una batería al sin pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.	109
Tabla 14. Tabla resumen del tiempo de carga de una batería al 10% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.....	110
Tabla 15. Tabla resumen del tiempo de carga de una batería al 20% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.....	111
Tabla 16. Tabla resumen de tiempo de carga de una batería al 30% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.....	111
Tabla 17. Tiempo de carga de una batería al 40% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.	112
Tabla 18. Cálculo de los kWh respecto al porcentaje de pérdida de eficiencia de la batería respecto al cargador USB tomando en cuenta los MTFC.....	115
Tabla 19. Costo del kWh con respecto al tiempo de carga del cargador USB basado en la pérdida de eficiencia de la batería.	116
Tabla 20. Especificaciones técnicas del regulador de voltaje MCP1700.	117
Tabla 21. Especificaciones técnicas del interruptor de palanca SPST.	118
Tabla 22. Requerimientos y limitaciones de la conectividad inalámbrica Wifi.	126
Tabla 23. Costo de implementación de la plataforma IoT considerando sus diversos tipos de licencias.	128
Tabla 24. Propiedades mecánicas del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).	131
Tabla 25. Medidas de la parte superior de la carcasa.	132
Tabla 26. Longitudes de los sujetadores.....	133
Tabla 27. Funciones de los elementos exteriores que constituyen a la carcasa del sistema de monitoreo.	136
Tabla 28. Costo de componentes y materiales requeridos para el diseño del sistema de monitoreo IoT.	139
Tabla 29. Costo del montaje del sistema de monitoreo IoT.	140
Tabla 30. Costo de la implementación de la programación, plataforma IoT y mantenimiento.	141
Tabla 31. Costos del mantenimiento del sistema de monitoreo.	142
Tabla 32. Costos finales del diseño de cada sistema de monitoreo.	143

Ecuaciones

Ecuación 1. Fórmula para obtener SpO2 arterial.	34
Ecuación 2. Cálculo de la vida útil de una batería.	69
Ecuación 3. Tiempo de carga de una batería al 10% de pérdida de eficiencia.....	70
Ecuación 4. Tiempo de carga de una batería al 20% de pérdida de eficiencia.....	70
Ecuación 5. Tiempo de carga de una batería al 30% de pérdida de eficiencia.....	71
Ecuación 6. Tiempo de carga de una batería al 40% de pérdida de eficiencia.....	71
Ecuación 7. Tiempo de carga de una batería sin de pérdida de eficiencia.	71
Ecuación 8. Cálculo de potencia.	83
Ecuación 9. Cálculo del consumo eléctrico.....	83
Ecuación 10. Conversión de Wh a kWh.....	83
Ecuación 11. Cálculo de amperios CC a kilovatios.	84

Ecuación 12. Fórmula de cálculo de kilovatios a kilovatios-hora.	84
Ecuación 13. Cálculo de potencia.	96
Ecuación 14. Cálculo de potencia de Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266 en estado activo.	96
Ecuación 15. Cálculo de potencia de Pantalla de visualización SSD 1306 en estado activo.	97
Ecuación 16. Cálculo de potencia del Sensor Sp02 MAX30100 en estado activo.	97
Ecuación 17. Potencia nominal total del sistema de monitoreo en estado activo.	97
Ecuación 18. Cálculo de potencia.	98
Ecuación 19. Cálculo de potencia de Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266 en estado suspendido.	98
Ecuación 20. Cálculo de potencia de Pantalla de visualización SSD 1306 en estado suspendido.	98
Ecuación 21. Cálculo de potencia del Sensor Sp02 MAX30100 en suspendido.	99
Ecuación 22. Potencia nominal total del sistema de monitoreo en estado suspendido.	99
Ecuación 23. Cálculo de potencia.	100
Ecuación 24. Cálculo de potencia de Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266 en estado de máximo de operación.	101
Ecuación 25. Cálculo de potencia de Pantalla de visualización SSD 1306 en estado de máximo de operación.	101
Ecuación 26. Cálculo de potencia del Sensor Sp02 MAX30100 en estado de máximo de operación.	101
Ecuación 27. Potencia nominal total del sistema de monitoreo en estado de máximo de operación.	101
Ecuación 28. Cálculo de la corriente máxima de consumo del sistema de monitoreo.	103
Ecuación 29. Cálculo de la vida útil de una batería.	105
Ecuación 30. Formula de la vida útil final del sistema de monitoreo.	106
Ecuación 30. Vida útil final del sistema de monitoreo en horas.	106
Ecuación 31. Tiempo de carga de una batería sin de pérdida de eficiencia.	109
Ecuación 32. Cálculo del tiempo de carga de la batería seleccionada sin de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.	109
Ecuación 33. Tiempo de carga de una batería al 10% de pérdida de eficiencia.	109
Ecuación 34. Cálculo del tiempo de carga de la batería seleccionada con 10% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.	110
Ecuación 35. Tiempo de carga de una batería al 20% de pérdida de eficiencia.	110
Ecuación 36. Cálculo del tiempo de carga de la batería seleccionada con 20% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.	110
Ecuación 37. Tiempo de carga de una batería al 30% de pérdida de eficiencia.	111
Ecuación 38. Cálculo del tiempo de carga de la batería seleccionada con 30% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.	111
Ecuación 39. Tiempo de carga de una batería al 40% de pérdida de eficiencia.	111
Ecuación 40. Cálculo del tiempo de carga de la batería seleccionada con 40% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.	112
Ecuación 41. Fórmula de cálculo de kilovatios a kilovatios-hora.	113
Ecuación 42. Cálculo de la potencia suministrada por el cargador USB.	114

Dedicatoria.

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado el regalo de la vida y permitido desarrollar los conocimientos necesarios para llegar a este paso tan importante de mi vida profesional. Por los triunfos y las adversidades que me han enseñado a valorar la importancia de mis esfuerzos.

A mi madre, con todo mi amor y cariño, que ha sido un pilar en mi vida y me guía día a día para cumplir mis sueños y metas.

A mi padre, por el apoyo y amor incondicional.

A mis abuelos por parte de madre y padre, que siempre dieron los valores necesarios para formarme como mejor persona en la vida.

A mis hermanas, que siempre están a mi lado brindándome apoyo, ayudándome incondicionalmente en todas las decisiones de mi vida, por estar presentes aún en esta etapa y aconsejarme y orientarme para dar siempre un poco más.

Agradecimientos.

Agradezco infinitamente a Dios, brindarme fuerza y valor para finalizar esta etapa de mi formación académica.

A mis padres por brindarme siempre su amor, apoyo y fe para cumplir mis sueños.

A mis hermanas por sus consejos, cariño y confianza para afrontar todos los desafíos y retos que se han presentado a lo largo de mi vida.

Un agradecimiento especial al Ing. Adolfo José Arias Echandi quien me brindo su ayuda y guía profesional para afrontar este reto y culminarlo de la mejor manera.

Mi profundo agradecimiento a todas las personas involucradas en este proyecto, las cuales aportaron significativamente de alguna manera su granito de arena y formando parte del cumplimiento de mis metas.

Resumen Ejecutivo.

El objetivo de la oximetría es medir los niveles de saturación de oxígeno en sangre, así como ritmo cardíaco, ya que puede analizar de manera eficiente con la cual el oxígeno es enviado hacia las demás partes del cuerpo humano. Por lo tanto, se puede decir que la oximetría cumple un alto papel en la vigilancia del estado de las personas que corren el riesgo de sufrir pérdida de oxígeno como lo son cierto tipo de enfermedades o padecimientos cardiopulmonares.

Cabe mencionar que el Internet de las Cosas formará parte de un rol importante para el diseño de dicho sistema de monitoreo, pues comprende en la agrupación y e interconexión de dispositivos ya sean mecánicos, eléctricos, electrónicos y a través de una red como lo es Internet capaces de ser visibles e interaccionar con el fin de facilitar procesos de manera más automatizada relacionados con la intervención humana.

Por lo tanto, la finalidad del siguiente proyecto, es proveer un diseño de un sistema de monitoreo con tecnología IoT hacia un centro de salud necesaria, para así, de esta manera, conseguir y facilitar el control y estudio para los pacientes de un centro de salud.

Así que el presente proyecto abarca y comprende el estudio y análisis de los módulos inteligentes, sistemas de alimentación, tipo de sensores, circuitos integrados y tipo de plataforma IoT a utilizar para el diseño del sistema de monitoreo IoT requerido para dicho objetivo que comprenderán las necesidades de dicho centro de salud.

Además, se realizará su respectiva estimación económica correspondiente a los costos de adquisición de componentes y materiales para dicho diseño respectivamente.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema.

Hoy en día en los centros de salud existen pocos dispositivos electromecánicos inteligentes de un bajo costo en los cuales pueden medir niveles de saturación de oxígeno en sangre y el ritmo cardíaco de una manera correcta y adecuada.

Esto es de gran importancia si se considera que muchos pacientes con problemas cardíacos y pulmonares deben de llevar un control de su nivel del ritmo del corazón, así como los niveles de oxígeno en sangre, como sucede mucho en la actualidad con el SARS-CoV-2, ya que, por lo general, este virus provoca una bajada en el nivel de oxígeno del cuerpo.

Es por esta razón que muchos médicos recomiendan el uso del oxímetro de pulso en casa y en centros de salud para que en un caso de emergencia se pueda solicitar ayuda y así prevenir algún tipo de enfermedad o algún otro tipo de situación.

Lamentablemente muchos de estos dispositivos de alto costo vienen con lecturas de información muy escasas además de que impide que otras personas a largas o cortas distancias se logre realizar un monitoreo constante del paciente para, así como se mencionó anteriormente llevar un mejor estudio y control del mismo, así como también evitar un trastorno a futuro. Es por eso que, gracias a las tecnologías Internet de las Cosas (IoT: Internet of the Things), tendrán un papel muy importante en la solución de esta problemática para así tener un sistema más automatizado de medición.

¿Cuál debe ser el diseño de un sistema de monitoreo IoT para que se adapte a las necesidades de un centro de salud dirigido hacia pacientes en donde requieran un mejor control y monitoreo de enfermedades o padecimientos?

Objetivos.**Objetivo general.**

1. Realizar el diseño de un sistema de monitoreo IoT que se adapte a las necesidades de los pacientes de un centro de salud para la transmisión de niveles de oxígeno en sangre para estudio y control de enfermedades.

Objetivos específicos.

- 1) Seleccionar los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que van a componer la estructura del sistema de monitoreo.
- 2) Determinar el protocolo de comunicación que dispondrá el sistema para comunicarse con el servidor de la plataforma IoT.
- 3) Definir el tipo de plataforma IoT que utilizará el sistema de monitoreo para suplir los datos suficientes para su procesamiento y representación gráfica mediante un tablero de instrumentos de visualización.
- 4) Establecer rutinas de mantenimiento preventivo que fomenten alargar la vida útil del equipo.
- 5) Llevar a cabo el análisis financiero en el cual se identifiquen los costos de adquisición de componentes y materiales, mano de obra, mantenimientos y programación requeridos para el diseño del sistema de monitoreo.

Justificación.

El objetivo de este proyecto es realizar un estudio tanto técnico y económico, con el fin de determinar el diseño, que contribuya y favorezca un estudio y control, tanto como eficaz y eficiente de padecimientos o enfermedades de los pacientes de un centro de salud con el fin brindar un sistema de monitoreo más automatizado e inteligente tomando en cuenta los costos de adquisición y necesidades del centro de salud respectivamente.

De esta forma, el uso de tecnología IoT permitirá la recolección de datos en tiempo real a través de sensores conectados a la red, lo que da una monitorización constante y precisa de los niveles de saturación de oxígeno. Además, esta tecnología permite la transmisión de los datos a un sistema centralizado, lo cual facilita la toma de decisiones rápidas y efectivas por parte del personal médico.

Esto es un aspecto de alta relevancia, ya que muchos de estos dispositivos forman un papel de alta importancia por lo cual esto permite que los médicos tengan un mejor control del estado del individuo y así tener la capacidad de realizar un seguimiento apropiado con el fin de prevenir trastornos a futuro.

De este modo, se realizará el diseño para un centro de salud ubicado Costa Rica, San José, Paseo Colón, que se especializa en el cuidado de niños y atención pediátrica. Por lo que el mismo respectivamente, brinde un gran conocimiento profesional en una de las áreas importantes de la carrera de ingeniería electromecánica, y difunde el aprendizaje en el campo de nuevas tecnologías inteligentes y más automatizadas que cada vez más están evolucionando el mundo.

Limitaciones.

- 1) No se cuenta con el presupuesto por parte del centro de salud para el desarrollo del diseño.
- 2) No es parte del alcance de este trabajo final de graduación, la programación de software del procesamiento para los datos emitidos por los oxímetros.

Antecedentes.**Antecedente 1)**

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Título: Sistema de control y monitoreo hídrico, basado en LoRaWAN, para el acueducto principal de la Asociación Administradora del Acueducto rural de Playa Samara de Nicoya.

Autor: Sergio Solórzano Alfaro

Año: 2021

Dicho trabajo realizó un sistema de control y monitoreo hídrico para el acueducto principal de la asociación administradora del Acueducto rural de Playa Samara de Nicoya basado en LoraWAN, con la finalidad que brindar un sistema más automatizado del sistema con el objetivo de evitar el vaciamiento de un tanque principal de abastecimiento con visualización y recopilación de datos con la operación en el acueducto desde cualquier dispositivo.

De este proyecto, se cita textualmente: “El protocolo de mensajería MQTT (por sus siglas en inglés, Message Queue Telemetry Transport), es el protocolo estándar de comunicación en aplicaciones de IoT”. De esta manera, este protocolo de comunicación servirá como referencia para dicha implementación en el diseño del sistema de monitoreo.

Antecedente 2)

Institución: Universidad de Ciencias y Humanidades, Perú

Título: Implementación de un oxímetro de pulsos para monitorizar la desaturación del paciente a distancia.

Autor: Jaime Calderón Quispe

Año: 2019

Esta tesis se fundamentó en la implementación de un oxímetro de pulsos para monitorizar la desaturación del paciente a distancia, con la problemática inicial de que muchos pacientes, posterior a una condición de cirugía o en cuidados intensivos, no pueden realizar el gasto económico de hospitalización.

El proyecto indica en la conclusión: “Este oxímetro podrá leer la saturación de oxígeno del paciente desde su domicilio a un centro de monitoreo de cualquier distancia esto se debido a la implementación de una tarjeta Ethernet ESP8266 quien nos permite conectarnos para una transmisión inalámbrica.”

Se hace énfasis en esta conclusión, pues va a tomar como referencia el uso del módulo ESP8266, ya que es uno de los resultados que se esperan obtener al momento de implementar dicho módulo al diseño de mi sistema.

Antecedente 3)

Institución: Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

Título: Diseño y desarrollo de un prototipo de red de sensores IoT utilizando tecnología LORAWAN para el monitoreo de parámetros ambientales en interiores y exteriores.

Autor: Karen Stefany Narváez Narváez y Víctor Andrés Contreras Pérez

Año: 2020

Esta tesis se basó en el diseño y desarrollo de un de un prototipo de red de sensores IoT utilizando tecnología LORAWAN para el monitoreo de parámetros ambientales en interiores y exteriores con el fin de llevar un registro histórico a fin de evitar efectos negativos que se puedan presentar. Indica que: “Las interacciones entre dispositivos y los humanos son el núcleo IoT, lo que hace posible estas conexiones es la tecnología de la comunicación”

De este proyecto, se puede reflejar la innovación de la implementación IoT con el fin de brindar soluciones más automatizadas con muchas más facilidades en campos donde más se necesiten, por lo que es un aspecto de clara importancia que se quiere reflejar en el diseño de mi proyecto.

Antecedente 4)

Institución: Instituto Politécnico Nacional, México

Título: Prototipo de pulsioxímetro con transmisión inalámbrica.

Autor: Delfino García Angón

Año: 2019

Esta tesis se basó en la creación de un prototipo de un pulsioxímetro con transmisión inalámbrica con el fin de brindar un sistema de mediciones de signos vitales hacia personas hospitalizadas para lograr un mejor monitoreo de aquellas que lo necesiten.

Se realiza la lectura de la tesis y se encuentra relevante el apartado “**2.1 Funcionamiento del pulsioxímetro.**”, este explica el principio base de operación de un pulsioxímetro en donde el mismo servirá como referencia para estructurar el diseño de mi proyecto.

Antecedente 5)

Institución: Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

Título: Diseño e implementación de un sistema bifrecuencial basado en láseres de baja potencia.

Autor: Santiago Javier Matango Gutiérrez

Año: 2020

Esta tesis se fundamentó en diseño e implementación de un sistema modular basado en un sistema basado en láseres de baja potencia.

Se realiza la lectura de la tesis y se encuentra relevante el apartado “**2.3.2 Baterías de iones de litio.**”, este explica el cálculo y selección de una batería para un dispositivo portátil, tomando las condiciones máximas de demanda energética. Por lo tanto, será de gran utilidad este cálculo para determinar la batería requerida para el diseño.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

El presente capítulo corresponde a la investigación teórica y consiste en detallar, teóricamente, los temas que se van a presentar a lo largo del proyecto, para lograr una mejor comprensión del lector. De modo que es de suma importancia conocer el significado, el origen y la utilidad de los términos más importantes y mencionados en la investigación, ya que esto permitirá un mejor entendimiento de lo que es el análisis y la solución del problema planteado.

Este capítulo se realiza mediante la recopilación de información, con las respectivas referencias, de diferentes autores en libros, artículos, revistas, documentos de fabricantes y sitios web, que esté relacionados al tema en cuestión.

A continuación, se van a desarrollar las herramientas y los conceptos importantes que se van a utilizar en el proyecto.

Reseña Histórica.

El doctor alemán Karl Matthes (1905-1962) propuso medir la concentración de oxígeno en sangre en la oreja con dos filtros —rojo y verde— ya en 1935. Aunque se diseñó un método para ejecutar la propuesta de Matthes, no llegó a generalizarse porque requería procedimientos molestos para el paciente como presionar la oreja antes de la medición y calentarla durante el proceso (Mahito, 2020).

Aoyagi Takuo (1936-2020) fue quien descubrió los principios para medir la concentración de oxígeno en sangre. Tras graduarse en ingeniería en la Universidad de Niigata en 1958, primero trabajó para Shimadzu Corporation y en 1971 entró en Nihon Kohden, fabricante y distribuidor de equipos médicos, donde se topó con el tema de la medición del oxígeno en sangre por casualidad (Mahito, 2020).

“Aoyagi se consagró al importante reto de desarrollar métodos de medición continua no invasivos para acercarse al ideal de la monitorización del paciente: la automatización del tratamiento” (Mahito, 2020).

En 1972, cuando trabajaba en mejorar un dispositivo para medir la sangre arterial que bombea el corazón, Aoyagi descubrió que era posible utilizar el pulso cardíaco para medir la

saturación del oxígeno en la sangre arterial, aquel fue el gran hallazgo que sentó la base teórica del oxímetro de pulso e hizo posible el desarrollo de los dispositivos actuales (Mahito, 2020).

Aoyagi presentó los resultados de sus investigaciones y un prototipo creado a partir de los principios que había descubierto en un congreso en 1974, pero el hallazgo no captó especialmente la atención del sector médico y quedó aparcado, sin ver reconocido su valor, durante un largo tiempo (Mahito, 2020).

Nihon Kohden lanzó a la venta un oxímetro de oreja basado en la investigación de Aoyagi en 1975, pero el sensor, iluminado con una minibombilla, funcionaba mal y necesitaba muchas mejoras, por lo que su desarrollo terminó interrumpiéndose por falta de demanda (Mahito, 2020).

A pesar de todo, el investigador del Laboratorio de Electricidad Aplicada de la Universidad de Hokkaidō Nakajima Susumu (actualmente, director del Moriyama Memorial Hospital), a quien se había cedido el prototipo de Aoyagi en 1974, presentó el primer artículo sobre el oxímetro de pulso, que se tradujo al inglés (Mahito, 2020).

“Minolta Camera (actual Konica Minolta), que había estado investigando por su cuenta, lanzó al mercado en 1977 el primer oxímetro de pulso de dedo del mundo, OXIMET MET-1471, que obtuvo una excelente acogida en Estados Unidos” (Mahito, 2020).

Con ello, se descubrió que las muertes hospitalarias por falta de oxígeno eran sorprendentemente comunes, que la deficiencia de oxígeno influía en la recuperación de los pacientes y que el oxímetro de pulso permitía detectar al instante signos peligrosos al mostrar las fluctuaciones en la concentración de oxígeno de la sangre de forma continua. Todo indicaba que el nuevo dispositivo iba a tener un gran impacto en la práctica médica (Mahito, 2020).

Aoyagi Takuo publicó sus resultados en artículos en japonés, pero no en inglés, como es el caso de muchas otras ideas geniales que se descubren o se inventan en Japón. Antaño solía pasar que, cuando el inventor carecía de medios para anunciar al resto del mundo sus ingenios y descubrimientos pioneros, alguien de otro país se le adelantaba o bien copiaba su idea exacta y le arrebató el reconocimiento por sus logros (Mahito, 2020).

En el caso del oxímetro de pulso, hubo una persona que ayudó a restaurar el reconocimiento al autor de la idea original: el profesor estadounidense John W. Severinghaus

(1922), una autoridad mundial en fisiología respiratoria que supo de la existencia de Aoyagi gracias a los crecientes rumores sobre su genialidad (Mahito, 2020).

“Severinghaus viajó a Japón para reunirse con Aoyagi en 1987 y luego difundió sus hallazgos en un artículo en inglés gracias al cual el científico nipón pasó a ser conocido mundialmente como el inventor del oxímetro de pulso” (Mahito, 2020).

Leyes

Ley de Beer-Lambert

Ley de Beer, también llamada ley de Lambert-Beer o ley de Beer-Lambert, en espectroscopia, relación relativa a la absorción de energía radiante por un medio absorbente. Formulada por el matemático y químico alemán August Beer en 1852, establece que la capacidad de absorción de una sustancia disuelta es directamente proporcional a su concentración en una solución (Rafferty, 2009).

La relación se puede expresar como $A = \epsilon lc$ donde A es la absorbancia, ϵ es el coeficiente de extinción molar (que depende de la naturaleza del químico y la longitud de onda de la luz utilizada), l es la longitud del camino que la luz debe recorrer en solución en centímetros, y c es la concentración de una solución dada (Rafferty, 2009).

Conceptos y definiciones fisiológicas.

El oxígeno.

El oxígeno (O) es un elemento químico no metálico, normalmente gaseoso, sumamente abundante en nuestra atmósfera (integra el 20,8% de su volumen actual) en su forma molecular (O₂) y el tercero más abundante del universo (luego del hidrógeno y el helio). Es indispensable para la vida tal y como se conoce, en especial por su capacidad para formar junto al hidrógeno la molécula de agua (H₂O) (Equipo editorial, Etecé, 2023).

La sangre.

La sangre es en realidad un tejido. Es espesa porque está compuesta de una variedad de células, cada una de las cuales tiene una función diferente. La sangre consiste en un 80 % de agua y un 20 % de sustancias sólida (The Texas Heart Institute, 2021).

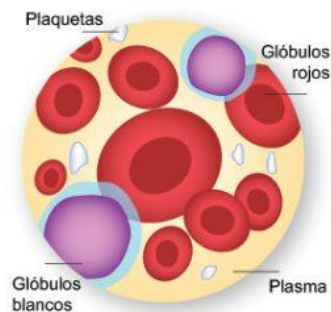


Figura 1. La sangre

Fuente: Obtenido de (The Texas Heart Institute, 2021).

Se sabe que la sangre está compuesta principalmente de plasma. Pero hay 3 tipos principales de células sanguíneas que circulan con el plasma (The Texas Heart Institute, 2021):

- Plaquetas, que intervienen en el proceso de coagulación sanguínea. La coagulación detiene el flujo de sangre fuera del cuerpo cuando se rompe una vena o una arteria. Las plaquetas también se denominan trombocitos.
- Glóbulos rojos, que transportan oxígeno. De los 3 tipos de células sanguíneas, los glóbulos rojos son las más numerosas. Un adulto sano tiene alrededor de 35 billones de estas células. El organismo crea alrededor de 2,4 millones de estas células por segundo y cada una vive unos 120 días. Los glóbulos rojos también se denominan eritrocitos.
- Glóbulos blancos, que combaten las infecciones. Estas células, que tienen muchas formas y tamaños diferentes, son vitales para el sistema inmunitario. Cuando el organismo combate una infección, aumenta su producción de estas células. Aun así, comparado con el número de glóbulos rojos, el número de glóbulos blancos es bajo. La mayoría de los adultos sanos tiene alrededor de 700 veces más glóbulos rojos que blancos. Los glóbulos blancos también se denominan leucocitos.

Frecuencia Cardiaca.

La frecuencia cardiaca o pulso es el número de veces que el corazón late o se contrae durante cierto periodo de tiempo, generalmente un minuto. Este dato, contabilizado en número de pulsaciones o latidos, proporciona importante información sobre el estado de salud de una persona. Con cada latido, el corazón bombea la sangre necesaria para suministrar a todo el organismo el oxígeno y los nutrientes que le permiten funcionar correctamente (Maset, 2020).

Frecuencia cardíaca normal en reposo según la edad (Maset, 2020):

- Recién nacidos de 0 a 1 mes de edad: de 70 a 190 latidos por minuto.
- Bebés de 1 a 11 meses de edad: de 80 a 160 latidos por minuto.
- Niños de 1 a 2 años de edad: de 80 a 130 latidos por minuto.
- Niños de 3 a 4 años de edad: de 80 a 120 latidos por minuto.
- Niños de 5 a 6 años de edad: de 75 a 115 latidos por minuto.
- Niños de 7 a 9 años de edad: de 70 a 110 latidos por minuto.
- Niños de 10 años o más y adultos (incluso ancianos): de 60 a 100 latidos por minuto.

Presión Arterial.

“La presión arterial es la fuerza de la sangre contra las paredes de los vasos sanguíneos. Se mide en milímetros de mercurio (mm Hg)” (American Heart Association, 2021).

CATEGORÍA DE LA PRESIÓN ARTERIAL	SISTÓLICA mm Hg (número de arriba)		DIASTÓLICA mm Hg (número de abajo)
NORMAL	MENOS DE 120	Y	MENOS DE 80
ELEVADA	120-129	Y	MENOS DE 80
PRESIÓN ARTERIAL ALTA (HIPERTENSIÓN) NIVEL 1	130-139	O	80-89
PRESIÓN ARTERIAL ALTA (HIPERTENSIÓN) NIVEL 2	149 O MÁS ALTA	O	90 O MÁS ALTA
CRISIS DE HIPERTENSIÓN (Consulte a su médico de inmediato)	MÁS ALTA DE 180	Y/O	MÁS ALTA DE 120

Tabla 1. Categorías de la presión arterial

Fuente: Obtenido de (American Heart Association, 2021).

La Hemoglobina.

“Se denomina hemoglobina a la proteína presente en el torrente sanguíneo que permite que el oxígeno sea llevado desde los órganos del sistema respiratorio hasta todas las regiones y tejidos” (Perez Porto & Gardey, 2011).

Cabe destacar que la hemoglobina es un pigmento de tonalidad rojiza que, al entrar en contacto con el oxígeno, se torna de tono rojo escarlata (el color típico de la sangre de las

arterias). Al perder oxígeno, en cambio, la hemoglobina se vuelve rojo oscuro, que es el color que caracteriza a la sangre de las venas (Perez Porto & Gardey, 2011).

Dos pares de cadenas polipeptídicas componen la hemoglobina y cada una de ellas está unida a un grupo hemo. Los átomos de hierro de estos conjuntos les permiten enlazarse, de manera fácil de revertir, a una molécula de O₂. Al quedar unida con oxígeno, la hemoglobina recibe el nombre de hemoglobina oxigenada u oxihemoglobina. En cambio, si pierde oxígeno, se habla de hemoglobina reducida (Perez Porto & Gardey, 2011).

Estructura de la Hemoglobina.

La hemoglobina es una proteína con estructura cuaternaria, es decir, está constituida por cuatro cadenas polipeptídicas (fig. 1): dos α y dos β (hemoglobina adulta- HbA); dos α y dos δ (forma minoritaria de hemoglobina adulta- HbA₂- normal 2%); dos α y dos γ (hemoglobina fetal- HbF) (Brandan et al., 2009).

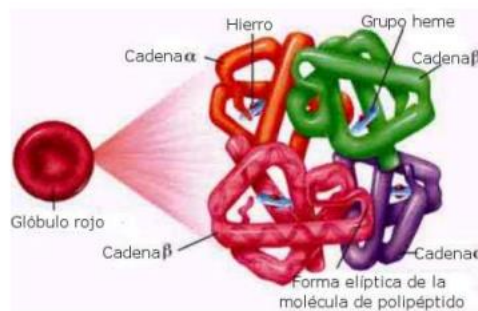


Figura 2. Estructura de la hemoglobina.

Fuente: Obtenido de (Brandan et al., 2009).

La Saturación de Oxígeno.

La saturación de oxígeno es la medida que indica la cantidad que hay en nuestra sangre de este elemento respecto a la que podría llevar. Es decir, cuando se observa que se tiene un nivel del 95% de SpO₂, significa que el porcentaje de oxígeno que hay en la hemoglobina en comparación al total que podría llevar (95% de hemoglobina oxigenada y un 5% sin oxigenar) (Rodríguez, 2022).

Se trata, entonces, de un indicador de cuán bien se está distribuyendo el oxígeno desde los pulmones a las células y, por tanto, al resto de órganos. Este valor puede cambiar a lo largo

del día, ya que depende de las actividades que estemos realizando y no es preocupante mientras esté dentro del rango habitual (Rodríguez, 2022).

Hipoxemia.

“La hipoxemia es un nivel de oxígeno en sangre inferior al normal, específicamente en las arterias. La hipoxemia es signo de un problema relacionado con la respiración o la circulación, y puede provocar diversos síntomas, como dificultad para respirar” (*Hipoxemia (bajo nivel de oxígeno en la sangre)*, 2022).

Para evaluar la presencia de hipoxemia, se mide el nivel de oxígeno en una muestra de sangre extraída de una arteria (gasometría arterial). También se puede determinar su presencia midiendo la saturación de oxígeno en sangre por medio de un pulsioxímetro (un dispositivo pequeño que se coloca en un dedo) (*Hipoxemia (bajo nivel de oxígeno en la sangre)*, 2022).

El nivel de oxígeno en sangre normal es de 75 a 100 milímetros de mercurio (mm Hg). Los valores inferiores a 60 mm Hg generalmente indican la necesidad de oxígeno complementario. Los valores normales arrojados por un pulsioxímetro suelen oscilar entre 95 y 100 por ciento. Los valores inferiores a 90 por ciento se consideran bajos (*Hipoxemia (bajo nivel de oxígeno en la sangre)*, 2022).

Causas de la Hipoxemia.

Las causas frecuentes de la hipoxemia comprenden las siguientes (*Hipoxemia (bajo nivel de oxígeno en la sangre)*, 2022):

- Anemia.
- Síndrome de dificultad respiratoria aguda (síndrome de dificultad respiratoria aguda).
- Asma.
- Defectos cardíacos congénitos en los niños.
- Enfermedad cardíaca congénita en adultos.
- EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica) síntomas que empeoran.
- Enfisema.
- Enfermedad pulmonar intersticial.

- Medicamentos, como determinados narcóticos y anestésicos, que debilitan la respiración.
- Neumonía
- Neumotórax (colapso pulmonar).
- Edema pulmonar (exceso de líquido en los pulmones).
- Embolia pulmonar (coágulo de sangre en una arteria del pulmón).
- Fibrosis pulmonar (pulmones cicatrizados y dañados).
- Apnea del sueño.

Tipos de Hipoxemia.

Existen diferentes tipos de Hipoxemia, varían según la gravedad de la misma, y se miden con base en los valores mencionados, estas son (*Hipoxemia: qué es, tipos, signos y causas*, 2022):

- Hiperoxia: Se presenta cuando existe más de 100 mmHg de oxígeno en la sangre, es decir, exceso de oxígeno en los pulmones y en los tejidos corporales
- Hipoxemia Leve: Se habla de Hipoxemia Leve cuando los valores de oxígeno en la sangre están entre 60 y 80 (mm Hg).
- Hipoxemia moderada: En la Hipoxemia Moderada se manejan valores entre 40 y 59 (mm Hg).
- Hipoxemia severa: La Hipoxemia Severa se da tras un valor menor a 40 mm Hg de oxígeno en la sangre.

La Oximetría.

La oximetría es el procedimiento mediante el cual se mide la saturación de oxígeno, que es el porcentaje de oxígeno que está siendo transportado en la circulación sanguínea, siendo un signo importante que ayuda al médico a evaluar el estado de salud de la persona. Este parámetro puede medirse por medio de aparatos, como el oxímetro o por medio del análisis directo de la sangre, siendo esta una técnica invasiva (Reis, 2022).

“La saturación de oxígeno suele ser necesaria cuando se sospecha de enfermedades que perjudican o interfieren con el funcionamiento de los pulmones, como por ejemplo asma,

enfisema, neumonía, cáncer de pulmón, congestión pulmonar o enfermedades neurológicas” (Reis, 2022).

La Pulsioximetría.

La pulsioximetría es una técnica médica no invasiva que permite medir de forma inmediata la saturación de oxígeno en sangre. Los valores normales de la saturación de oxígeno (se mide en %) oscilan entre 96%-100%. Algunos tipos de pacientes (por ejemplo, aquellos con enfermedades respiratorias o cardíacas crónicas) pueden tener de forma habitual una saturación de oxígeno basal más baja de lo normal, dado que su cuerpo, por su enfermedad, “se ha adaptado” a estos valores (Ormaechea, 2022).

Así, en estos pacientes, la pulsioximetría serviría para valorar agravamiento de su enfermedad puesto que descendería de sus valores bajos habituales. La aparición de una saturación de oxígeno baja (<96%) de forma aguda (pacientes sin una enfermedad crónica que lo justifique) requiere una asistencia médica urgente (Ormaechea, 2022).

Funcionamiento del Pulsoxímetro o Oxímetro de pulso.

“El pulso oxímetro es un equipo que proporciona una medición no invasiva y continúa del porcentaje de hemoglobina oxigenada. Debido a la técnica de medición, esta también proporciona la frecuencia de pulso” (Cotilla, 2007).

La hemoglobina oxigenada (HbO₂) y la hemoglobina desoxigenada o reducida (Hb) absorben y transmiten determinadas longitudes de onda del espectro luminoso: para la luz roja, en torno a 660 nm, y para la luz infrarroja, en torno a 940 nm. Esto corresponde a una propiedad física peculiar de cada especie molecular, denominada coeficiente de extinción (Sola et al., 2005).

La física de la oximetría de pulso se ha basado en la ley de Beer-Lambert, en la que intervienen el coeficiente de extinción, la concentración y la longitud de la vía óptica. Ello se expone en la figura 2, que muestra la relación entre el coeficiente de extinción y la longitud de onda en nanómetros (nm), con detección de la luz roja e infrarroja a 600 y 905-940 nm, respectivamente (Sola et al., 2005).

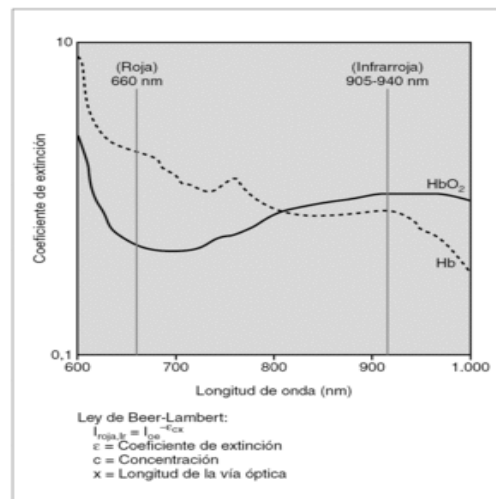


Figura 3. Relación entre el coeficiente de extinción y la longitud de onda, en nanómetros (nm), con detección de la luz roja e infrarroja, a 600 nm y 905-940 nm.

Fuente: Obtenido de (Sola et al., 2005).

El sensor o sonda del oxímetro de pulso consiste en dos diodos emisores de luz (DEL), uno para la luz roja y otro para la infrarroja, y un fotodiodo detector. Para mejorar el rendimiento, los DEL y el detector deben colocarse en puntos opuestos de un lugar perfundido que sea translúcido. El fotodiodo mide tres niveles lumínicos diferentes: la luz roja, la luz infrarroja y también la luz ambiente (Sola et al., 2005).

El principio que permite que el oxímetro transcutáneo sea un oxímetro arterial o "de pulso" es que registra solo los valores lumínicos transmitidos del volumen adicional de sangre arterial que atraviesa los tejidos con cada pulsación arterial. Sobre la base del trabajo original de Aoyagi, se asumió que solo la sangre arterial pulsa en el lugar de medición, lo que se denomina el componente arterial (CA) pulsátil (Sola et al., 2005).

La luz absorbida cambia al variar la cantidad de sangre en el lecho tisular y al modificarse las cantidades relativas de HbO₂ y Hb. La medición de los cambios en la absorción de la luz permite estimar la SatO₂ arterial y la frecuencia cardíaca (Sola et al., 2005).

Además, existe el componente estático (CE), formado por los tejidos, el hueso, los vasos sanguíneos, los líquidos, la piel y también la intensidad de los DEL, la respuesta del detector y la frecuencia de la sangre venosa, relativamente baja. Si se dividen los componentes pulsátiles (CA) por los componentes no pulsátiles (CE) para cada DEL, se normaliza la transmisión lumínica y no sería necesaria la calibración. Al pasar la luz a través de los tejidos humanos, esta es absorbida en diversos grados (Sola et al., 2005).



Figura 4. Absorción de la luz de acuerdo a los niveles de oxígeno presente en la hemoglobina.

Fuente. Obtenido de (Ventura, 2015).

Así pues, por métodos espectrofotométricos, los monitores de SpO₂ miden la HbO₂ y la Hb, por absorción de la luz roja e infrarroja. Dado que la HbO₂ y la Hb absorben en diferentes cuantías la luz roja y la infrarroja, los oxímetros de dos longitudes de onda no pueden medir las hemoglobinas anómalas (Sola et al., 2005).

Los monitores de SpO₂ detectan las proporciones relativas de HbO₂ y Hb, según el cociente normalizado de luz transmitida, entre la luz roja y la infrarroja, o R/Ir. Ello significa esencialmente que el cociente entre las longitudes de onda de la luz roja e infrarroja (R/Ir) en el fotodetector está relacionado con la SpO₂, como lo muestra la fórmula (Sola et al., 2005):

$$\frac{(CA \text{ luz roja}/CE \text{ luz roja})}{(CA \text{ luz infrarroja}/CE \text{ luz infrarroja})} = SpO_2 \text{ arterial}$$

Ecuación 1. Fórmula para obtener SpO2 arterial.

Fuente. Obtenido de (Sola et al., 2005).

Tipos de Oxímetros de Pulso.

Oxímetro de dedo.

Es el tipo de oxímetros que más se adquiere en el mercado, funciona al colocar el dedo directamente dentro de una sonda en forma de clip, la cual tiene un monitor. Esta pantalla permite observar la gráfica o el nivel de oxígeno del paciente a través de un porcentaje dado por el aparato (*Qué son los oxímetros de pulso, tipos y funciones, 2021*).

Estos modelos destacan por ser los más portátiles, ya que son pequeños y ligeros, pueden transportarse dentro de un bolso o mochila, incluso en un bolsillo sin problema alguno. Su utilización es el de monitoreo intermitente, de tal forma que pueda mantener en constante uso (*Qué son los oxímetros de pulso, tipos y funciones, 2021*).



Figura 5. Oxímetro de dedo.

Fuente: Obtenido de (Qué son los oxímetros de pulso, tipos y funciones, 2021).

Oxímetro de muñeca.

Estos oxímetros son muy parecidos a los relojes inteligentes. Tienen con un cable que llega hasta el dedo, a una sonda, la cual posibilita tener un control constante sobre el paciente.

También se pueden encontrar modelos que van directamente en la muñeca y llevan a cabo la medición sin la necesidad de un cable (*Qué son los oxímetros de pulso, tipos y funciones, 2021*).



Figura 6. Oxímetro de muñeca.

Fuente: Obtenido de (*Qué son los oxímetros de pulso, tipos y funciones, 2021*).

Oxímetros de mesa.

Son los únicos aparatos de este tipo que no son portátiles, por ello se hallan generalmente en consultorios de hospitales o clínicas, ya que tienen funciones mucho más avanzadas. Además, cuentan con una pantalla amplia dentro de una caja, que conecta la sonda al paciente y permite realizar el monitoreo (*Qué son los oxímetros de pulso, tipos y funciones, 2021*).

Cuentan con más sensores de oximetría que otro tipo de oxímetros, por lo que pueden realizar un seguimiento exacto del nivel de oxígeno. Asimismo, son capaces de medir la presión arterial, que necesita ser tomada continuamente en pacientes de alto riesgo. De igual forma, cuenta con un sonido constante y en cuanto este comienza a acelerarse pone en alerta a las enfermeras o personal médico (*Qué son los oxímetros de pulso, tipos y funciones, 2021*).



Figura 7. Oxímetro de mesa.

Fuente: Obtenido de (Qué son los oxímetros de pulso, tipos y funciones, 2021).

Equipos Médicos.

“Los dispositivos médicos se consideran un componente fundamental de los sistemas de salud; los beneficios que pueden proporcionar continúan aumentando ya que son esenciales para prevenir, diagnosticar, tratar y rehabilitar enfermedades de una manera segura y efectiva” (Organización Panamericana de la Salud, s. f.)

Plástico ABS en equipos médicos.

El plástico es un material que forma parte de una amplia gama de productos industriales. Se trata de un material muy introducido en las diferentes industrias por sus cualidades, como la maleabilidad y la asepsia. Por este motivo, es muy adecuado para material destinado a la industria médica (*Piezas de plástico para el sector de la medicina*, s. f.).

El acrilonitrilo butadieno estireno, conocido comúnmente como ABS, es un polímero opaco, termoplástico y amorfo de Reciclado de Plásticos. Termoplástico (en oposición a termoestable) se relaciona que ver con la forma en que el material responde al calor. Los termoplásticos se vuelven líquidos (es decir, tienen una «transición vítrea») a cierta temperatura. Los materiales termoplásticos como el ABS se pueden calentar hasta su punto de fusión, enfriar y volver a calentar sin degradación significativa (Valades, 2020).

En lugar de quemarse, los termoplásticos como el ABS se licúan, lo que les permite moldearse por inyección fácilmente y luego reciclarse. Por el contrario, los plásticos termoestables solo se pueden calentar una vez (generalmente durante el proceso de moldeo por inyección). Reciclado de Plásticos. El primer calentamiento hace que los materiales termoendurecibles se fijen, lo que resulta en un cambio químico que no se puede revertir (Valades, 2020).

El ABS es rígido, duro, resistente a los impactos, a los productos químicos, a la radiación y a la desinfección por óxido de etileno hasta cierto punto. En la industria médica, el ABS se utiliza principalmente para fabricar herramientas quirúrgicas, abrazaderas de rodillo, agujas de plástico, cajas de herramientas, dispositivos de diagnóstico y carcasas de audífonos, especialmente las carcasas de grandes equipos médicos (*Los plásticos médicos respaldan la innovación de la industria de dispositivos médicos*, 2020).

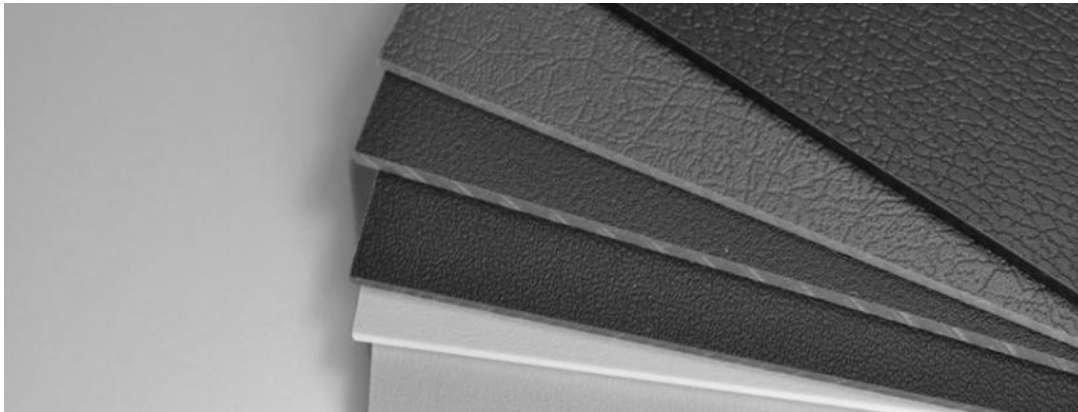


Figura 8. Plástico ABS.

Fuente: Obtenido de (Tovar, 2021).

Mantenimiento de Equipos Médicos.

Los equipos médicos especializados cumplen una labor fundamental en nuestra sociedad, no solo para el tratamiento de diversas complicaciones de salud, también para su prevención. En ese sentido, su debido mantenimiento debe ser una prioridad para los prestadores de servicios de salud (Promedco, 2019).

Estar preparado para atender las situaciones de emergencias médicas, prevenir resultados erróneos, proteger a los pacientes, son algunos de los beneficios que recibirá al mandar a realizar mantenimientos a los equipos médicos. También, extenderá su vida útil: el hecho de que se conserven ajustados y calibrados contribuirá a que se evite el deterioro en el rendimiento y funcionamiento (Promedco, 2019).

El no realizar mantenimiento oportuno puede acarrear pérdidas de dinero por implicaciones de cambio de piezas o arreglos complejos. La intención es que estos equipos cumplan las expectativas necesarias para que los médicos realicen una labor impecable en el tratamiento de enfermedades o de diagnóstico (Promedco, 2019).

Mantenimiento preventivo.

Se considera un proceso donde se busca mantener en buenas condiciones el funcionamiento de los equipos o instrumentos que utilizan en un centro médico. También, sirve

para cuidar e inspeccionar con el propósito de que no ocurran fallas y que estas se vuelvan mayores (Promedco, 2019).

Con lo descrito hasta aquí, el programa de mantenimiento preventivo se basa básicamente en las ejecuciones periódicas de actividades como revisión semanal, diaria, cambio de accesorios, repuestos, componentes que permita el correcto y eficiente manejo de los dispositivos médicos (Promedco, 2019).

Procedimiento general de las rutinas de mantenimiento preventivo.

El procedimiento general de las rutinas de mantenimiento preventivo de equipos médicos según lo menciona (David, 2015) son:

1. Se empieza por la inspección de las condiciones ambientales de los equipos.
2. Se evalúan áreas como la humedad, las vibraciones, el polvo, la seguridad de la instalación y la temperatura del entorno donde operan los equipos.
3. Se hace la limpieza integral externa, seguido por la inspección externa del equipo, y la limpieza integral interna.
4. Luego de dejar las piezas lubricadas y limpias, se procede con el reemplazo de ciertas piezas que se consideran vulnerables, si bien no están averiadas son piezas que se han gastado durante el funcionamiento del equipo de modo que se previene el desgaste y se extiende la vida útil del mismo.

“De este modo, el contar con un mantenimiento preventivo de equipos médicos, hace la diferencia, reduce costo y hace que su entidad de salud se destaque por la calidad de su infraestructura” (David, 2015).



Figura 9. Mantenimiento preventivo de equipos médicos.

Fuente: *Obtenido de (David, 2015).*

Frecuencia del mantenimiento preventivo de un oxímetro.

“El mantenimiento preventivo del pulsioxímetro se realiza cada 6 meses para verificar funcionamiento y realizar cambio de baterías” (Oxímetro de pulso sencillo, s. f.).

Conceptos y definiciones informáticas.

Internet.

Internet es un neologismo del inglés que significa red informática descentralizada de alcance global. Se trata de un sistema de redes interconectadas mediante distintos protocolos que ofrece una gran diversidad de servicios y recursos, como, por ejemplo, el acceso a archivos de hipertexto a través de la web (Significados, 2022).

“Internet es un anglicismo que se forma por la abreviación del término *International Network of Computers*, que en español se podría traducir como ‘Red Internacional de Computadoras’, o también como ‘Red de redes’” (Significados, 2022).

En español, la palabra internet está considerada como un nombre propio. La Real Academia Española (RAE), en su diccionario, admite que se escriba con o sin mayúscula inicial. De allí que, preferentemente, se utilice sin artículo, aunque en caso de usarlo, se recomienda el uso femenino (la), ya que el nombre equivalente en español vendría a ser ‘red’, que es femenino (Significados, 2022).

Wifi.

“Wifi es una tecnología de comunicación inalámbrica que permite conectar a internet equipos electrónicos, como computadoras, tablets, smartphones o celulares, etc., mediante el uso de radiofrecuencias o infrarrojos para la transmisión de la información” (Significados, 2019).

Wifi o Wi-Fi es originalmente una abreviación de la marca comercial *Wireless Fidelity*, que en inglés significa ‘fidelidad sin cables o inalámbrica’. En español, lo aconsejable es escribir wifi sin guion, en minúscula y sin cursivas. Además, se puede emplear de igual modo en masculino o femenino, dependiendo de la preferencia y del contexto: la (zona) wifi, el (sistema) wifi (Significados, 2019).

“En este sentido, la tecnología wifi es una solución informática que comprende un conjunto de estándares para redes inalámbricas basados en las especificaciones IEEE 802.11, lo cual asegura la compatibilidad e interoperabilidad en los equipos certificados bajo esta denominación” (Significados, 2019).

Tecnología inalámbrica IEEE 802.11.

La tecnología inalámbrica IEEE 802.11 es el estándar de funcionalidad de red de área local inalámbrica (WLAN) de computadoras, tabletas, teléfonos inteligentes y otros dispositivos compatibles con Wi-Fi. IEEE es el Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos) y es una de las organizaciones profesionales técnicas más grandes del mundo que lideran estándares a nivel mundial (Dell, 2021).

Protocolos inalámbricos.

- **802.11a:** Establecido en 1999. Utiliza la banda de frecuencia de 5 GHz en un ancho de banda de 20 MHz. Rango de 35 Mbps en interiores, 119 Mbps de 11 a 54 Mbps en exteriores.
- **802.11b:** Establecido en 1999. Utiliza la banda de frecuencia de 2,4 GHz en un ancho de banda de 20 MHz. Rango de 35 Mbps en interiores, 140 Mbps en exteriores 140 Mbps de velocidad.
- **802.11g:** Establecido en 2003. Utiliza la banda de frecuencia de 2,4 GHz en un ancho de banda de 20 MHz. Rango de 38 en interiores, 140 Mbps de velocidad en exteriores 54 Mbps.
- **802.11n:** Establecido en 2009. Utiliza la banda de frecuencia de 2,4/5 GHz en un ancho de banda de 20/40 MHz. Rango de 70 en interiores, 250 Mbps en exteriores y 150 Mbps de velocidad.
- **802.11ac (versión preliminar):** Establecida en 2012. Utiliza la banda de frecuencia de 5 GHz en un ancho de banda de 160 MHz. Rango de 70 Mbps en interiores, 250 En exteriores, 250 Mbps Velocidad máxima de 866 Mbps a 6,93 Gbps (basado en hasta 8 flujos de datos).

- **802.11ad (WiGig):** Establecida en 2013. Utiliza la banda de frecuencia de 2,4/5/60 GHz. Rango de 1 a 10 velocidades de 6,75 Gbps (transmisión de video inalámbrico de calidad HD).

Hardware.

En computación e informática, se conoce como hardware (del inglés hard, rígido, y ware, producto, mercancía) al conjunto de los componentes materiales, tangibles, de un computador o un sistema informático. Incluye todas las partes mecánicas, eléctricas y electrónicas, sin considerar los programas y otros elementos digitales que forman parte del software (Equipo editorial, Etecé, 2022).

Software.

Software es un término informático que hace referencia a un programa o conjunto de programas de cómputo, así como datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático. Comúnmente se utiliza este término para referirse de una forma muy genérica a los programas de un dispositivo informático, sin embargo, el *software* abarca todo aquello que es intangible en un sistema computacional (Significados, 2019).

“Software es un término procedente del idioma inglés, que es aceptado por la RAE y que no posee una traducción que se ajuste al español” (Significados, 2019).

Protocolo de Comunicación

Los protocolos de comunicación instituyen los parámetros que determinan cuál es la semántica y cuál es la sintaxis que deben emplearse en el proceso comunicativo en cuestión. Las reglas fijadas por el protocolo también permiten recuperar los eventuales datos que se pierdan en el intercambio (Pérez Porto & Gardey, 2019).

Los protocolos de comunicación en Internet más importantes son TCP (cuyas siglas pueden traducirse como Protocolo de Control de Transmisión) e IP (Protocolo de Internet). Su acción conjunta (TCP/IP) posibilita el enlace entre todos los equipos que acceden a la red (Pérez Porto & Gardey, 2019).

Protocolo de Control de Transmisión

El Protocolo de Control de Transmisión es, como se explica anteriormente, uno de los elementos básicos de Internet. Entre las utilidades de este protocolo de comunicación se encuentra la creación de conexiones entre diversos programas presentes en una red de datos para llevar a cabo un flujo de información (Pérez Porto & Gardey, 2019).

Protocolo de Internet

Este protocolo de comunicación es mucho más conocido por los usuarios de Internet, aunque sólo los expertos sepan en profundidad de qué se trata realmente. La función del IP, que se encuentra en la capa de red, es permitir la comunicación en dos direcciones, en destino u origen, para que sea posible la transmisión de datos a través de un protocolo no orientado a conexión que envía paquetes conmutados por medio de diferentes redes físicas que han sido enlazadas con anterioridad siguiendo la norma OSI (Pérez Porto & Gardey, 2019).

Internet de las Cosas (IoT)

“El término IoT, o Internet de las cosas, se refiere a la red colectiva de dispositivos conectados y a la tecnología que facilita la comunicación entre los dispositivos y la nube, así como entre los propios dispositivos” (*¿Qué es IoT?*, s. f.).

Gracias a la llegada de los chips de ordenador de bajo coste y a las telecomunicaciones de gran ancho de banda, ahora se tienen miles de millones de dispositivos conectados a Internet. Esto significa que los dispositivos de uso diario, como los cepillos de dientes, las aspiradoras, los coches y las máquinas, pueden utilizar sensores para recopilar datos y responder de forma inteligente a los usuarios (*¿Qué es IoT?*, s. f.).

El Internet integra las “cosas” de uso diario con Internet. Los ingenieros en informática llevan agregando sensores y procesadores a los objetos cotidianos desde los años 90. Sin embargo, el progreso fue inicialmente lento porque los chips eran grandes y voluminosos (*¿Qué es IoT?*, s. f.).

Los chips de ordenador de baja potencia llamados etiquetas RFID se utilizaron por primera vez para el seguimiento de equipos caros. A medida que se reducía el tamaño de los

dispositivos informáticos, estos chips también se hacían más pequeños, más rápidos y más inteligentes (*¿Qué es IoT?*, s. f.).

Funcionamiento del IoT.

Un sistema común de IoT funciona mediante la recopilación y el intercambio de datos en tiempo real. Un sistema del IoT tiene tres componentes (*¿Qué es IoT?*, s. f.):

- **Dispositivos inteligentes**

Se trata de dispositivos, como un televisor, una cámara de seguridad o un equipo de ejercicio, a los que se les dotó de capacidades de computación. Recopila datos de su entorno, de las entradas de los usuarios o de los patrones de uso y comunica los datos a través de Internet hacia y desde su aplicación de IoT.

- **Aplicación de IoT**

Una aplicación de IoT es un conjunto de servicios y software que integra los datos recibidos de varios dispositivos de IoT. Utiliza tecnología de machine learning o inteligencia artificial (IA) para analizar estos datos y tomar decisiones informadas. Estas decisiones se comunican al dispositivo de IoT y este responde de forma inteligente a las entradas.

- **Una interfaz de usuario gráfica**

El dispositivo de IoT o la flota de dispositivos pueden administrarse a través de una interfaz de usuario gráfica. Algunos ejemplos comunes son una aplicación móvil o un sitio web que pueden utilizarse para registrar y controlar dispositivos inteligentes.

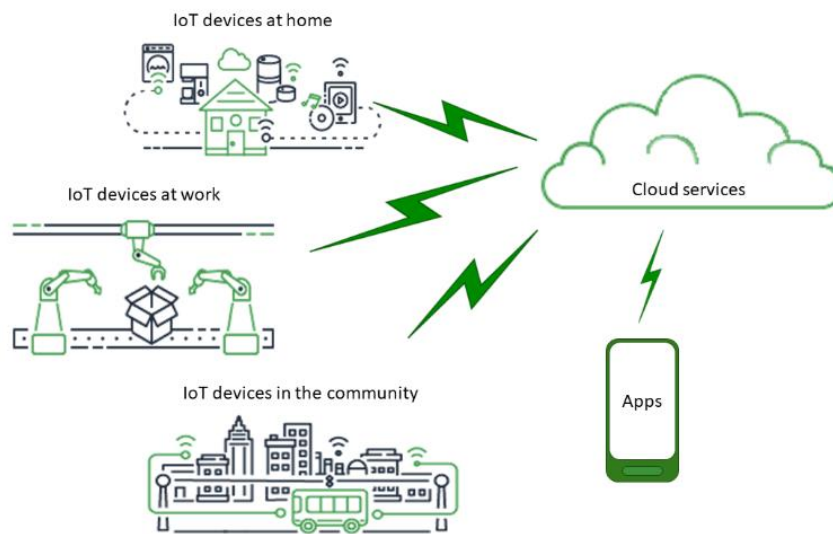


Figura 10. Componentes que conforman IoT.

Fuente: Obtenido de (*¿Qué es IoT?*, s. f.).

IoT Industrial.

IoT industrial (IIoT) se refiere a los dispositivos inteligentes utilizados en la fabricación, el comercio minorista, el sector de la salud y otras empresas para generar eficiencias empresariales. Los dispositivos industriales, que van desde los sensores hasta los equipos, proporcionan a los empresarios datos detallados y en tiempo real que pueden utilizarse para mejorar los procesos empresariales (*¿Qué es IoT?*, s. f.).

Proporcionan información sobre la administración de la cadena de suministro, la logística, los recursos humanos y la producción, lo cual reduce los costes y aumenta los flujos de ingresos (*¿Qué es IoT?*, s. f.).

A continuación, se presentan sistemas industriales inteligentes existentes en diferentes verticales (*¿Qué es IoT?*, s. f.):

- **Fabricación**

El IoT empresarial en la fabricación utiliza el mantenimiento predictivo para reducir el tiempo de inactividad no planificado y la tecnología de dispositivos que forman parte de la ropa para mejorar la seguridad de los trabajadores.

Las aplicaciones de IoT pueden predecir los errores de las máquinas antes de que se produzcan, lo que reduce el tiempo de inactividad de la producción. Los dispositivos ponibles en cascos y muñequeras, así como las cámaras de visión artificial, se utilizan para advertir a los empleados de posibles peligros.

- **Automóviles**

Los análisis y la robótica controlados por sensores aumentan la eficiencia en la fabricación y el mantenimiento de automóviles. Por ejemplo, los sensores industriales se utilizan para proporcionar imágenes 3D en tiempo real de los componentes internos del vehículo. Los diagnósticos y la resolución de problemas pueden llevarse a cabo mucho más rápido, mientras que el sistema de IoT pide los repuestos automáticamente.

- **Logística y transporte**

Los dispositivos de IoT comerciales e industriales son útiles para administrar la cadena de suministro, incluida la gestión de inventarios, las relaciones con los proveedores, la gestión de flotas y el mantenimiento programado. Las empresas navieras utilizan aplicaciones de IoT industrial para hacer un seguimiento de los recursos y optimizar el consumo de combustible en las rutas marítimas.

Esta tecnología es especialmente útil para el control estricto de la temperatura en contenedores refrigerados. Los administradores de la cadena de suministro hacen predicciones informadas a través de algoritmos inteligentes de enrutamiento y reenrutamiento.

Tecnologías IoT.

Entre las tecnologías utilizadas en los sistemas del IoT se pueden incluir las siguientes (*¿Qué es IoT?*, s. f.):

- **Computación de borde**

La computación de borde se refiere a la tecnología utilizada para que los dispositivos inteligentes hagan algo más que solo enviar o recibir datos a su plataforma de IoT. Aumenta la potencia de computación en los bordes de una red de IoT, lo cual reduce la latencia de las comunicaciones y mejora el tiempo de respuesta.

- **Computación en la nube**

La tecnología en la nube se utiliza para el almacenamiento remoto de datos y la administración de dispositivos de IoT, lo que hace que los datos sean accesibles en múltiples dispositivos en la red.

- **Machine learning**

El machine learning se refiere al software y los algoritmos utilizados para procesar datos y tomar decisiones en tiempo real en función de esos datos. Estos algoritmos del machine learning pueden implementarse en la nube o en el borde.

IoT en el campo de la salud.

La pandemia ha dejado una cosa muy en claro: brindar atención médica a los pacientes no siempre es tarea fácil. Los pacientes con condiciones graves, en particular, necesitan el mejor tratamiento posible y recopilar la mayor cantidad posible de datos médicos sobre ellos es vital. Pero recopilar estos datos de la manera habitual es complejo y requiere de mucho tiempo. La medicina tiene una larga historia de lucha contra el tiempo para salvar pacientes. En la actualidad, la cantidad de datos médicos que se pueda recolectar también aumenta enormemente y cada vez es más difícil procesar y analizar estos paquetes de datos (Henze, 2022).

“En comparación con los métodos tradicionales, la TI moderna, con sus innumerables posibilidades, ofrecen soluciones mucho más efectivas para este problema. Gracias a la atención sanitaria digital, es mucho más fácil recopilar, procesar y analizar estos datos” (Henze, 2022).

La digitalización hará que la atención sanitaria sea más sencilla y eficiente en el futuro. Esto permitirá ofrecer un alto nivel de atención a todos y cada uno de los ciudadanos, en algunos casos incluso sin importar la ubicación. Por ello, la atención sanitaria digital es un modelo de gestión sanitaria interesante tanto para los pacientes como para los médicos y las clínicas (Henze, 2022).

El Internet de las cosas es el futuro de la atención sanitaria.

Los dispositivos habilitados para el Internet de las cosas (IoT) desempeñan un rol fundamental en el monitoreo médico remoto. Estos les permiten a los médicos diagnosticar y atender a sus pacientes de manera óptima, lo que aumenta la satisfacción de ambas partes y facilita las interacciones con el médico tratante (Henze, 2022).

Además de mejorar los resultados de los tratamientos, la atención sanitaria digital se enfoca cada vez más en reducir los costos de brindar el servicio. No obstante, puede decirse que la atención sanitaria digital beneficia a todo el sistema de salud, incluidos los pacientes, los médicos, los hospitales y las empresas de seguros médicos (Henze, 2022).



Figura 11. El Internet de las cosas es el futuro de la atención sanitaria.

Fuente: Obtenido de (Henze, 2022).

El IoT en los hospitales.

El IoT es un facilitador crucial en los hospitales: puede utilizarse para monitorear a los pacientes o localizar equipos médicos en tiempo real. Incluso el personal médico puede ser localizado de manera más rápida, por lo que los médicos y las enfermeras pueden actuar con mayor rapidez y eficiencia (Henze, 2022).

El IoT y los seguros médicos.

Las numerosas posibilidades técnicas de la atención sanitaria digital facilitan el trabajo de las empresas de seguros: los procesos de aseguramiento y reclamación pueden aplicarse de forma más sencilla y los riesgos del estado de salud pueden evaluarse con mayor facilidad. En específico, pueden comprobar, por ejemplo, si los pacientes cumplen realmente sus planes de tratamiento y cómo afectan a su salud (Henze, 2022).

El IoT y tú como paciente.

Como paciente, puede beneficiarse con los dispositivos avanzados que te pueden ayudar a mejorar tu salud. Gracias al IoT y las numerosas tecnologías vestibles, los pacientes pueden monitorear activamente su estado de salud. Las capacidades tecnológicas les permiten configurar mecanismos de alerta para sus familiares, por ejemplo, cuando se detectan desviaciones peligrosas en los niveles de azúcar en sangre, la presión arterial o el ritmo cardíaco (Henze, 2022).

El IoT ayuda a los médicos tratantes.

Los médicos tienen la oportunidad de monitorear permanentemente los datos de salud de los pacientes a través de tecnologías vestibles prácticas. Esta forma de controles remotos les permite brindar atención sanitaria de la forma más eficiente posible. Si sus lecturas de salud muestran que es necesario ajustar un plan de tratamiento, los médicos tratantes pueden responder de inmediato (Henze, 2022).

Beneficios del IoT en el sistema de atención sanitaria.

La atención sanitaria digital y el IoT en el sector de la salud traen numerosos beneficios. Los principales beneficios del IoT para la atención sanitaria son los siguientes:

- Reducción de los costos: se eliminan las visitas médicas y las hospitalizaciones innecesarias gracias al monitoreo en tiempo real.
- Mejor tratamiento: los datos integrales les permiten a los médicos tomar decisiones informadas con total transparencia.
- Diagnóstico rápido: el constante monitoreo del paciente les permite a los médicos diagnosticar las enfermedades de manera más rápida.

- Gestión de la medicación y de los dispositivos: los dispositivos en red son más rentables y eficientes con la atención sanitaria digital, al igual que la gestión de los medicamentos que se deben administrar.
- Tratamiento proactivo: el constante monitoreo del estado de salud de los pacientes a través de la atención sanitaria digital permite un tratamiento médico proactivo.
- Menos errores: las aplicaciones del IoT en el sector de la salud pueden reducir el número de errores, ya que la toma de decisiones es mucho más eficiente.



Figura 12. Beneficios del IoT en el sistema de atención sanitaria.

Fuente: Obtenido de (Henze, 2022).

Plataformas IoT.

Una plataforma IoT es la base para que dispositivos estén interconectados y se genere un ecosistema propio. Dicho de otra forma y según Link-labs, una plataforma web integrada al Internet of Things (IoT) es el software que conecta hardware, puntos de acceso y redes de datos a lo que generalmente suele ser la aplicación de la que disfruta el usuario (Cárdenas, 2016).

Propiedades de una plataforma IoT

En este punto hay dos matices: el primero, por el cual, de una manera simple, una plataforma IoT puede consistir en una plataforma de software, una plataforma de desarrollo de

aplicaciones y una plataforma de análisis o segundo, ser en una forma más sofisticada, una verdadera plataforma IoT consta de 8 importantes bloques. Estos son (Cárdenas, 2016):

1. Conectividad y normalización: con diferentes protocolos y diferentes formatos de datos en una interfaz de «software» garantiza la precisa transmisión de datos y la interacción con todos los dispositivos.
2. La gestión de dispositivos: asegura que todas las «cosas» conectadas están funcionando correctamente.
3. Base de datos: almacenamiento escalable de datos del dispositivo basados en la nube a un nuevo nivel en términos de volumen de datos, variedad, velocidad y veracidad.
4. Procesamiento y gestión de la acción: aporta datos basados en reglas de acción de evento-disparadores que permitan la ejecución de las acciones inteligentes basados en datos específicos del sensor.
5. Analítica: lleva a cabo una serie de análisis complejo de la agrupación de datos básicos y de aprendizaje automático.
6. Visualización: permite a los seres humanos observar las tendencias de cuadros de mando de visualización de datos, donde se retrata vívidamente a través de gráficos.
7. Herramientas adicionales: la IoT permiten a los desarrolladores de prototipos, probar y comercializar para visualizar, gestionar y controlar los dispositivos conectados.
8. Interfaces externas: se integran con los sistemas de 3ª parte y el resto del ancho de TI en los ecosistemas a través de una función de interfaces de programación de aplicaciones (API), kits de desarrollo de software (SDK) y puertas de enlace.

Ubidots.

Ubidots es un creador de aplicaciones de Internet de las cosas (IoT) con visualización y análisis de datos. Convertimos los datos de los sensores en información importante para las decisiones comerciales, las interacciones entre máquinas, la investigación educativa y una mayor economización de los recursos globales (UbiDots IoT Application Development Platform | SigFox Partner Network | The IoT Solution Book, s. f.)

Ubidots existe como un medio fácil y asequible para integrar el poder y el valor del IoT en las empresas y la investigación. Fundada en 2013, Ubidots es una startup respaldada por inversores que ofrece una plataforma de habilitación de aplicaciones de IoT para expertos, educadores y profesionales (UbiDots IoT Application Development Platform | SigFox Partner Network | The IoT Solution Book, s. f.)

La pila de ingeniería de Ubidots ofrece una experiencia segura y exclusiva para nuestros usuarios con API amigables para dispositivos (a las que se accede a través de protocolos HTTP/MQTT/TCP/UDP) que proporcionan una conexión simple y segura para enviar y recuperar datos hacia/desde nuestro rendimiento de datos de IoT optimizado. backend de series temporales (nube). La plataforma de habilitación de aplicaciones de Ubidots admite visualización de datos interactiva en tiempo real (widgets) y un generador de aplicaciones IoT que permite a los desarrolladores ampliar la plataforma con su propio código HTML/JS para una personalización privada cuando sea apropiado. Los Ubidots existen para que empresas e investigadores conecten dispositivos de manera eficiente, administren datos y ahorren un entorno (UbiDots IoT Application Development Platform | SigFox Partner Network | The IoT Solution Book, s. f.)



Figura 13. Ubidots.

Fuente: Obtenido de (Klotz, 2019).

Adafruit IO.

Adafruit IO es un servicio en la nube para alojar proyectos de IoT (Internet de las cosas). Su base de datos admite varios tipos de hardware, incluidos Arduino, Raspberry Pi, Adafruit Feather Huzzah, ESP8266 y muchos otros. Una característica importante de la plataforma es la presencia de una potente API con soporte para varios lenguajes de programación populares.

Gracias a esto, los usuarios pueden crear sus propias bibliotecas de datos o utilizar soluciones listas para usar (Apix-Drive, s. f.).

El panel de Adafruit IO proporciona una amplia gama de herramientas para administrar, monitorear y controlar datos. Los gráficos, tablas, registros y otras herramientas lo ayudan a rastrear y coordinar datos de manera efectiva en tiempo real. Otra característica clave de Adafruit IO es el sistema de activación, que ayuda al sistema y al hardware a responder automáticamente a cualquier cambio. Con activadores, los usuarios pueden recibir rápidamente notificaciones cuando el sensor táctil se sobrecalienta, el sistema de seguridad está desactivado o en otras situaciones similares (Apix-Drive, s. f.).

Los desarrolladores de Adafruit IO afirman que todos los datos de los usuarios están protegidos por potentes algoritmos criptográficos y pueden usarse no solo a través de la nube, sino también descargarse a un dispositivo local. El servicio brinda la capacidad de integrar software con plataformas de terceros, incluidos Twitter, fuente RSS, servicios de pronóstico del tiempo y más. Los usuarios tienen acceso a un sistema de capacitación con una extensa lista de proyectos y guías, así como a una gran comunidad, que incluye foros, transmisiones, chat de Discord y un canal de YouTube (Apix-Drive, s. f.).



Figura 14. Adafruit IO.

Fuente: Obtenido de (Apix-Drive, s. f.).

Protocolo MQTT.

MQTT es un protocolo de mensajería basado en estándares, o un conjunto de reglas, que se utiliza para la comunicación de un equipo a otro. Los sensores inteligentes, los dispositivos portátiles y otros dispositivos de Internet de las cosas (IoT) generalmente tienen que transmitir y recibir datos a través de una red con recursos restringidos y un ancho de banda limitado (*¿Qué es el MQTT?*, s. f.).

“Estos dispositivos IoT utilizan MQTT para la transmisión de datos, ya que resulta fácil de implementar y puede comunicar datos IoT de manera eficiente. MQTT admite la mensajería entre dispositivos a la nube y la nube al dispositivo” (*¿Qué es el MQTT?*, s. f.).

Arquitectura MQTT.

MQTT se ejecuta sobre TCP/IP utilizando una topología PUSH/SUBSCRIBE. En la arquitectura MQTT, existen dos tipos de sistemas: clientes y brókeres. Un bróker es el servidor con el que se comunican los clientes: recibe comunicaciones de unos y se las envía a otros. Los clientes no se comunican directamente entre sí, sino que se conectan con el bróker. Cada cliente puede ser un editor, un suscriptor o ambos (*¿Qué es MQTT? Definición y detalles*, s. f.).

MQTT es un protocolo controlado por eventos, donde no hay transmisión de datos periódica o continua. Así se mantiene el volumen de transmisión al mínimo. Un cliente solo

publica cuando hay información para enviar y un bróker solo envía información a los suscriptores cuando llegan nuevos datos (*¿Qué es MQTT? Definición y detalles*, s. f.).

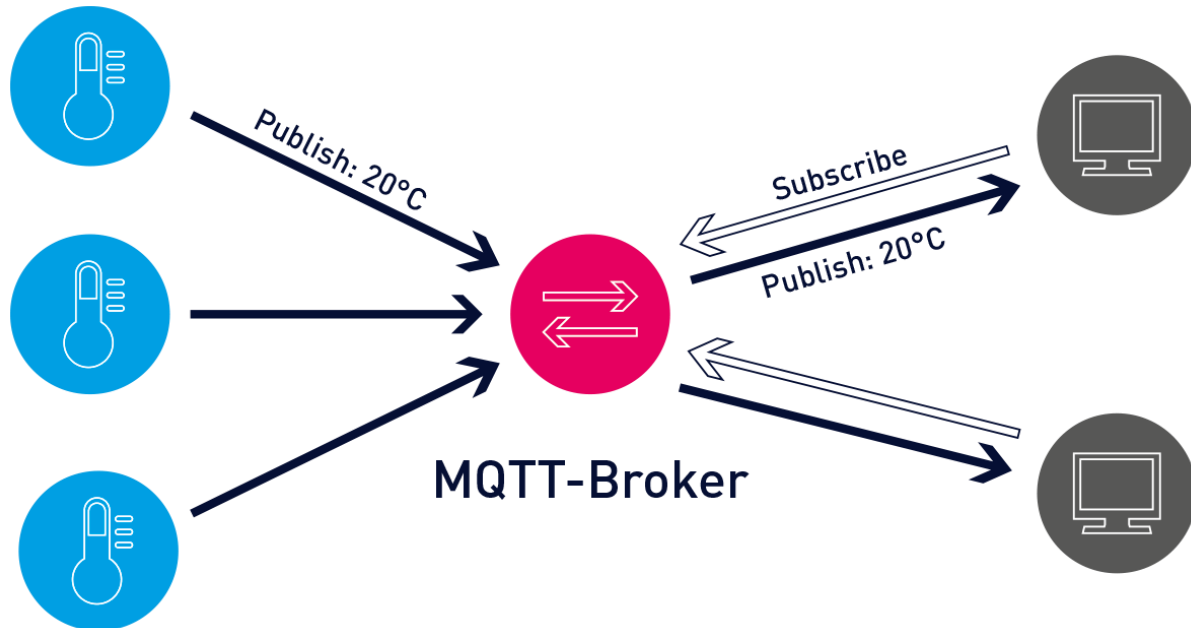


Figura 15. Arquitectura MQTT.

Fuente: Obtenido de (*¿Qué es MQTT? Definición y detalles*, s. f.).

Funcionamiento del MQTT.

A continuación, se proporciona una descripción general del funcionamiento de MQTT (*¿Qué es el MQTT?*, s. f.).

1. Un cliente MQTT establecer una conexión con el agente MQTT.
2. Una vez conectado, el cliente puede publicar mensajes, suscribirse a mensajes específicos o hacer ambas cosas.
3. Cuando el agente MQTT recibe un mensaje, lo reenvía a los suscriptores que están interesados.

Beneficios del MQTT.

El protocolo MQTT se ha convertido en un estándar para la transmisión de datos de IoT, pues ofrece los siguientes beneficios (*¿Qué es el MQTT?*, s. f.):

- **Ligero y eficiente**

La implementación de MQTT en el dispositivo IoT requiere recursos mínimos, por lo que se puede usar incluso en pequeños microcontroladores. Por ejemplo, un mensaje de control MQTT mínimo puede tener tan solo dos bytes de datos. Los encabezados de los mensajes MQTT también son pequeños para poder optimizar el ancho de banda de la red.

- **Escalable**

La implementación de MQTT requiere una cantidad mínima de código que consume muy poca energía en las operaciones. El protocolo también tiene funciones integradas para admitir la comunicación con una gran cantidad de dispositivos IoT. Por tanto, puede implementar el protocolo MQTT para conectarse con millones de estos dispositivos.

- **Fiable**

Muchos dispositivos IoT se conectan a través de redes celulares poco fiables con bajo ancho de banda y alta latencia. MQTT tiene funciones integradas que reducen el tiempo que tarda el dispositivo IoT en volver a conectarse con la nube.

- **Seguro**

MQTT facilita a los desarrolladores el cifrado de mensajes y la autenticación de dispositivos y usuarios mediante protocolos de autenticación modernos, como OAuth, TLS1.3, certificados administrados por el cliente, etc.

- **Admitido**

Varios lenguajes, como Python, tienen un amplio soporte para la implementación del protocolo MQTT. Por lo tanto, los desarrolladores pueden implementarlo rápidamente con una codificación mínima en cualquier tipo de aplicación.

Protocolo HTTP.

El http (del inglés HyperText Transfer Protocol o Protocolo de Transferencia de Hiper Textos) es el protocolo de transmisión de información de la World Wide Web, es decir, el código que se establece para que el computador solicitante y el que contiene la información solicitada puedan “hablar” un mismo idioma a la hora de transmitir información por la red.

Con el http, se establecen criterios de sintaxis y semántica informática (forma y significado) para el establecimiento de la comunicación entre los diferentes elementos que constituyen la arquitectura web: servidores, clientes, proxies. Fue creado en 1999 por el World Wide Web Consortium en colaboración con la Internet Engineering Task Force.

Se trata de un protocolo “sin estado”, vale decir, que no lleva registro de visitas anteriores, sino que siempre empieza de nuevo. La información relativa a visitas previas se almacena en estos sistemas en las llamadas “cookies”, almacenadas en el sistema cliente.

El http, como se ha dicho, es un lenguaje que media entre las peticiones del cliente y las respuestas del servidor en la Internet, para permitir una comunicación fluida y en un mismo “lenguaje”. Este protocolo establece las pautas a seguir, los métodos de petición (llamados “verbos”) y cuenta con cierta flexibilidad para incorporar nuevas peticiones y funcionalidades, en especial a medida que se avanza en sus versiones.

Considerando que la Internet es poco más que una compleja red de intercambio de información entre computadores a distancia, este tipo de herramientas digitales son clave en establecer las bases para ordenar y facilitar la transmisión de la información.

Fuente: (*HTTP*, s. f.).

Funcionamiento del HTTP.

El funcionamiento del http se basa en un esquema de petición-respuesta entre el servidor web y el “agente usuario” (del inglés user agent) o cliente que realiza la solicitud de transmisión de datos. Un cliente puede ser un explorador determinado, cuando intentamos abrir una página web, o los rastreadores web (webcrawlers o arañas web) que las inspeccionan.

A ellos, el servidor brinda una respuesta estructurada de modo puntual y dotada de una serie de metadatos, que establecen las pautas para el inicio, desarrollo y cierre de la transmisión de la información. Estos son los “métodos de petición”, es decir, los comandos que disparan la ejecución de recursos determinados, cuyos archivos residen en el servidor.

Arduino.

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables dupont) (Aguayo, 2022).



Figura 16. Arduino.

Fuente: Obtenido de (Aguayo, 2022).

Origen.

Arduino nació en el año 2005 en el Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea (Italia). Arduino apareció por la necesidad de contar con un dispositivo para utilizar en aulas que fuera de bajo coste. La idea original fue, fabricar una placa para uso interno de la escuela (Aguayo, 2022).

Sin embargo, el instituto se vio obligado a cerrar sus puertas precisamente en 2005. Ante la perspectiva de perder todo el proyecto Arduino en el proceso, se decidió liberarlo y abrirlo al público para que todo el mundo pudiese participar en la evolución del proyecto, proponer mejoras y sugerencias (Aguayo, 2022).

Lenguaje de programación.

“Aunque Arduino utiliza un lenguaje de programación propio, este está basado en C++. Por lo tanto, comparte las principales ventajas de este lenguaje de programación” (Velasco, 2023).

C++ es un lenguaje de programación que proviene de la extensión del lenguaje C para que pudiese manipular objetos. A pesar de ser un lenguaje con muchos años, su gran potencia lo convierte en uno de los lenguajes de programación más demandados (Robledano, 2019).

Fue diseñado a mediados de los años 80 por el danés Bjarne Stroustrup. Su intención fue la de extender el lenguaje de programación C (con mucho éxito en ese momento) para que tuviese los mecanismos necesarios para manipular objetos. Por lo tanto, C++ contiene los paradigmas de la programación estructurada y orientada a objetos, por lo que se le conoce como un lenguaje de programación multiparadigma (Robledano, 2019).

Componentes Electrónicos.

Un componente electrónico es una entidad física en un sistema electrónico cuya intención es afectar los electrones (o sus campos asociados) en una forma consistente con la función esperada del sistema electrónico. En otras palabras, es aquel dispositivo que forma parte de un circuito electrónico. En inglés: electronic component (Alegsa, 2019).

Los componentes de un sistema electrónico generalmente están conectados entre sí en un contacto electromecánico, usualmente soldados a un PCB (circuito impreso), para crear un circuito electrónico con una función particular (por ejemplo, un amplificador, un receptor de radio, etc.) (Alegsa, 2019).

“Algunos componentes electrónicos simples son los capacitores, resistencias, diodos, transistores, etc. Aunque también puede haber más complejos como circuitos integrados (amplificadores, puertas lógicas, etc.)” (Alegsa, 2019).

Características de los componentes electrónicos.

“A menudo los componentes electrónicos son estabilizados mecánicamente y protegidos de la influencia del ambiente siendo encapsulados en una resina sintética, cerámica, metálica o plástica” (Alegsa, 2019).

Los componentes electrónicos pueden clasificarse según diferentes criterios (Alegsa, 2019):

Estructura física.

- Discretos: son los más simples, estando encapsulados uno a uno. Por ejemplo: capacitores, resistencias, diodos, transistores, etc.
- Integrados: son un grupo de componentes simples que forman uno complejo (circuito integrado). Por ejemplo: amplificadores, puertas lógicas, etc.

Material de fabricación.

- Semiconductores o componentes de estado sólido: Se obtienen a partir de materiales semiconductores, especialmente del silicio, aunque para determinadas aplicaciones aún se usa germanio.
- No semiconductores.

Funcionamiento.

- Activos: proporcionan excitación eléctrica, ganancia o control. Por ejemplo: diodos, biestables, puertas lógicas, transistores, triac, etc.
- Pasivos: se encargan de conectar los diferentes componentes activos, asegurando la transmisión de las señales eléctricas o modificando su nivel. Por ejemplo: cables, interruptores, conmutadores, fusibles, etc.

Tipo de energía.

- Electromagnéticos: son aquellos que aprovechan las propiedades electromagnéticas de los materiales. Fundamentalmente transformadores e inductores.
- Electroacústicos: son aquellos que transforman la energía acústica en eléctrica y viceversa. Ej: altavoces, micrófono, auriculares, etc.
- Optoelectrónicos: son aquellos que transforman la energía luminosa en eléctrica y viceversa. Ej: diodos LED, células fotoeléctricas, etc.

Modelos de componentes electrónicos

PCB

“Una placa de circuito impreso o PCB es esencialmente una placa que conecta componentes electrónicos. Es el componente básico de cualquier diseño electrónico y se ha desarrollado a lo largo de los años en un componente muy sofisticado” (*PCB: ¿Qué es una placa de circuito impreso?*, 2019).

“En 1925, Charles Dukas, de EE. UU., creó y patentó una forma de electrochapar una trayectoria eléctrica sobre una superficie aislada. La placa de circuito impreso nació, abriendo la puerta a diseños más pequeños, más simples y menos engorrosos” (*PCB: ¿Qué es una placa de circuito impreso?*, 2019).

Paul Eisler, un refugiado austriaco a Gran Bretaña en 1936, es considerado el verdadero fundador de la PCB. Desarrolló y patentó una serie de aplicaciones que finalmente atrajeron la atención de los militares estadounidenses. El resto, como ellos dicen, es historia (*PCB: ¿Qué es una placa de circuito impreso?*, 2019).

Módulo NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 es una plataforma de desarrollo similar a Arduino especialmente orientada al Internet de las cosas (IoT). La placa NodeMcu v2 ESP8266 tiene como núcleo al SoM ESP-12E que, a su vez, está basado en el SoC Wi-Fi ESP8266, integra además el conversor USB-Serial TTL CP2102 y conector micro-USB necesario para la programación y comunicación a PC.

NodeMcu v2 ESP8266 está diseñado especialmente para trabajar montado en protoboard o soldado sobre una placa. Posee un regulador de voltaje de 3.3V en placa, esto permite alimentar la placa directamente del puerto micro-USB o por los pines 5V y GND. Los pines de entradas/salidas (GPIO) trabajan a 3.3V por lo que para conexión a sistemas de 5V es necesario utilizar conversores de nivel.

NodeMCU viene con un firmware pre-instalado el cual nos permite trabajar con el lenguaje interpretado LUA, enviándole comandos mediante el puerto serial (CP2102). Las

tarjetas NodeMCU y Wemos D1 mini son las plataformas más usadas en proyectos de Internet de las cosas (IoT). No compite con Arduino, pues cubren objetivos distintos.

El SoC (System On a Chip) ESP8266 de Espressif Systems es un chip especialmente diseñado para las necesidades de un mundo conectado, integra un potente microcontrolador con arquitectura de 32 bits (más potente que el Arduino Due) y conectividad Wi-Fi. El SoM (System on Module) ESP-12E fabricado por Ai-Thinker integra en un módulo el SoC ESP8266, memoria FLASH, cristal oscilador y antena WiFi en PCB.

La plataforma ESP8266 permite el desarrollo de aplicaciones en diferentes lenguajes como: Arduino, Lua, MicroPython, C/C++, Scratch. Al trabajar dentro del entorno Arduino podremos utilizar un lenguaje de programación conocido y hacer uso de un IDE sencillo de utilizar, además de hacer uso de toda la información sobre proyectos y librerías disponibles en internet.

La comunidad de usuarios de Arduino es muy activa y da soporte a plataformas como el ESP8266. Dentro de las principales placas de desarrollo o módulos basados en el ESP8266 tenemos: ESP-01, ESP-12E, Wemos D1 mini y NodeMCU v2.

Fuente: (NodeMCU v2 ESP8266 WiFi, s. f.)

Gestión de energía del ESP8266.

“El ESP8266 fue diseñado con un sistema de gestión de energía avanzado que opera en diferentes modos de consumo” (Del Valle Hernández, 2022):

- Modo activo: el módulo WiFi está encendido y puede recibir, transmitir y escuchar.
- Modo modem suspendido o modem sleep: es el modo predeterminado del ESP8266, aunque solo se habilita cuando está conectado a un punto de acceso. Cuando entra en este modo la CPU está en funcionamiento, pero el módulo WiFi se desactiva. Es posible activarlo y desactivarlo de forma automática.
- Modo sueño ligero o light sleep: en este modo se realizan las mismas funciones que en el modo modem suspendido, pero también apaga el reloj del sistema y suspende la CPU.
- Modo sueño profundo o deep sleep: en este modo solo el RTC está activo y esto permite al ESP8266 mantener la hora y contar el tiempo. El resto de componentes están

apagados. Es el modo en el que menos energía se consume.

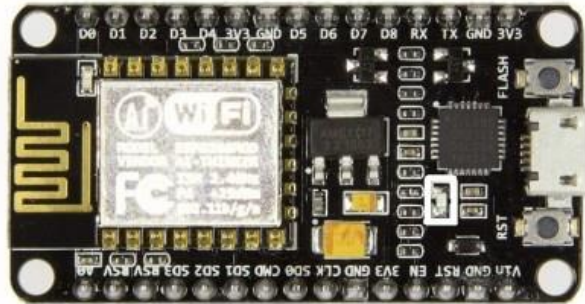


Figura 17. Módulo NodeMCU ESP8266.

Fuente: Obtenido de (Punetha, 2020).

MAX30100.

El sensor es una solución de sensor de monitor de frecuencia cardíaca y oximetría de pulso integrada. Combina dos LED, un fotodetector, óptica optimizada y procesamiento de señales analógicas de bajo ruido para detectar señales de pulso y frecuencia cardíaca. Funciona con fuentes de alimentación de 1,8 V y 3,3 V y se puede apagar a través del software con una corriente de reserva insignificante, lo cual permite que la fuente de alimentación permanezca conectada en todo momento (*Interfacing MAX30100 Pulse Oximeter Sensor with Arduino*, 2022).



Figura 18. MAX30100.

Fuente: Obtenido de (*Interfacing MAX30100 Pulse Oximeter Sensor with Arduino*, 2022).

MAX30102.

Esta es una placa de conexión de monitor de frecuencia cardíaca y oximetría de pulso basada en MAX30102. Incluye LED internos, fotodetectores, elementos ópticos y electrónica de bajo ruido con rechazo de luz ambiental. El MAX30102 proporciona una solución de sistema completa para facilitar el proceso de diseño para dispositivos portátiles y portátiles.

El MAX30102 funciona con una sola fuente de alimentación de 1,8 V y una fuente de alimentación independiente de 3,3 V para los LED internos. La comunicación se realiza a través de una interfaz estándar compatible con I2C. El módulo se puede apagar a través del software con cero corriente de espera, lo cual permite que los rieles de alimentación permanezcan encendidos en todo momento (*Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor (MAX30102)*, s. f.).



Figura 19. MAX30102.

Fuente: Obtenido de (*Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor (MAX30102)*, s. f.).

Dispositivos de visualización.

Pantalla SSD1306 OLED.

El SSD1306 es un visualizador gráfico OLED monocromo de un solo chip. Su pantalla tiene 128 píxeles de ancho y 64 píxeles de profundidad (128x64). Como es una pantalla monocroma, todos estos píxeles individuales son blancos. Como puede suponer, la pantalla del SSD1306 es diminuta. Mide algo menos de 3 centímetros en diagonal. A pesar de su tamaño, es fácil de leer. Esto se debe a su pantalla OLED brillante y de alto contraste.

El chip controlador SSD1306 gobierna cada píxel de la pantalla, encendiéndolo o apagándolo. Muchas pantallas gráficas requieren una retroiluminación para que su salida sea más visible. Sin embargo, como el SSD1306 utiliza una pantalla OLED, produce su propia luz. Por lo tanto, no requiere ninguna iluminación de fondo adicional.

Una ventaja vital de esta faceta es que consume menos energía. Además, permite que el SSD1306 tenga un alto contraste. Se puede interconectar el SSD1306 con un protocolo SPI o i2C. Podemos conseguirlo utilizando los puentes de la parte posterior de la unidad.

El SSD1306 tiene un convertidor boost integrado y un regulador a bordo. Por lo tanto, el SSD1306 es directamente compatible con microcontroladores de 3V y 5V (sin necesidad de desplazador de nivel) (Wang, s. f.).

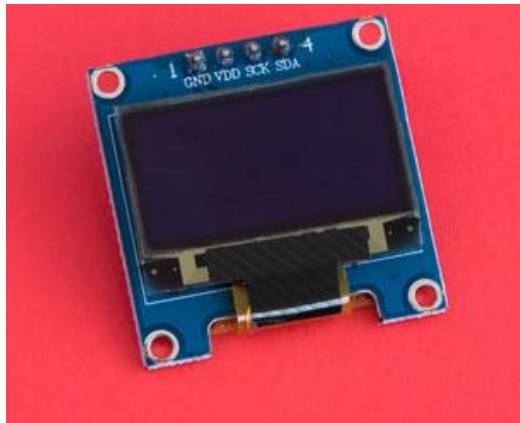


Figura 20. Pantalla SSD1306 OLED.

Fuente: Obtenido de (Wang, s. f.).

Pantalla LCD.

El 16x2 es el módulo de pantalla LCD más utilizado. Puede mostrar 16 caracteres en una columna para 2 filas, por lo tanto, un total de 32 caracteres. Los caracteres pueden ser números, alfabetos o símbolos. También es posible crear su propio personaje personalizado y mostrarlo si es necesario. La pantalla LCD tiene el controlador de pantalla IC HD44780U que es responsable de mostrar los caracteres en la pantalla LCD (*16x2 LCD Display (Blue Backlight)*, s. f.).

Esta pantalla LCD de 16x2 tiene un fondo azul y luz de fondo que la hace única y más visible que el color verde de uso común. Si necesita la luz de fondo verde, puede usar esta pantalla LCD de luz de fondo verde. El voltaje de suministro requerido es de 4,7 V a 5,3 V y la pantalla LCD puede funcionar en modo de 8 bits o en modo de 4 bits, lo cual le permite guardar más pines GPIO en el lado del controlador. El consumo de corriente es de aproximadamente 1 mA sin la luz de fondo (*16x2 LCD Display (Blue Backlight)*, s. f.).

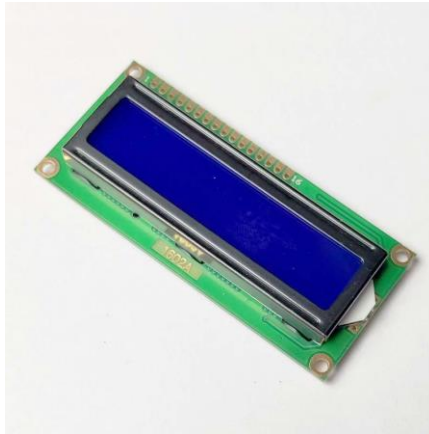


Figura 21. Pantalla LCD.

Fuente: Obtenido de (16x2 LCD Display (Blue Backlight), s. f.).

La Energía.

La energía constituye un tema central para los seres humanos no sólo por ser fuente de vida, sino también de trabajo y producción. Según lo menciona (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, s. f.) el concepto físico de energía se puede definir como “Capacidad que tiene un sistema para realizar un trabajo, y que se mide en julios”.

Fuente de alimentación.

“Una fuente de alimentación sirve para dar energía a un dispositivo electrónico” (López, 2020).

“Una fuente de alimentación convierte la corriente alterna (AC) en una forma continua de energía que los componentes del ordenador necesitan para funcionar, llamada corriente continua (DC)” (Navaz, 2017).

Una fuente de alimentación es un componente esencial de cualquier dispositivo electrónico ya que es ella quien se encarga de darle vida. En cualquier equipo, por pequeño que sea, siempre hay una fuente de alimentación, aunque no la veamos. Desde smartphones, hasta televisores y ordenadores, todos tienen un componente que se encarga de hacer lo que una fuente de alimentación hace, que es gestionar la entrada de energía desde la red y adaptarla para darle energía al equipo. Una fuente de alimentación, por lo tanto, es un dispositivo que se encarga proporcionar la corriente justa y necesaria a un equipo electrónico (López, 2020).

Clasificaciones de las fuentes de alimentación.

A continuación, se presentan la clasificación las fuentes de alimentación según lo refiere (*Qué fuente de alimentación eléctrica elegir, s. f.*):

- **Fuente de alimentación AC/DC:** Es la fuente de alimentación utilizada en la mayoría de los dispositivos que utilizamos diaramente, como los cargadores de los teléfonos móviles. La fuente de alimentación convierte la corriente alterna de la red en corriente continua y ajusta la tensión a las necesidades del dispositivo.
- **Fuente de alimentación DC/DC:** Es la fuente de alimentación utilizada en electrónica. Cambia la tensión de la corriente y puede, si es necesario, cambiar la forma de onda.
- **Fuente de alimentación AC/AC:** Se utiliza en aplicaciones muy específicas, como en algunos amplificadores de audio. Permite reducir la tensión de red.
- **Fuente de alimentación de laboratorio:** Permite alterar los diferentes parámetros de corriente eléctrica para testar los equipos eléctricos.

Tipos de fuentes de alimentación.

Cargador USB.

Es un componente eléctrico con forma de clavija. Posee en un extremo un enchufe para poder conectarlo a la red y en el otro extremo tiene uno o varios puertos de conexión de salida. Aunque este es el modelo más común, actualmente también existen cargadores que pueden ir enchufados al mechero del coche e incluso los hay de carga solar (*leroymerlin.es, s. f.*).

Se conecta mediante un cable USB a un dispositivo externo, como puede ser un teléfono móvil, una tableta o una cámara digital, entre otros. Su función es alimentar la batería interna de dicho dispositivo y dependiendo del modelo de USB, en algunos casos, también puede transmitir información (*leroymerlin.es, s. f.*).

“La electricidad que transmite un USB tiene una tensión de 5V, pero la velocidad de carga de la batería del dispositivo dependerá de la corriente de salida, que puede ir desde los 500mah a los 10.000mah” (*leroymerlin.es, s. f.*).



Figura 22. Cargador USB.

Fuente: Obtenido de (leroymerlin.es, s. f.)

Adaptador AC.

Los adaptadores de corriente alterna (CA) se utilizan para alimentar o cargar muchos dispositivos electrónicos comunes, como teléfonos móviles, computadoras portátiles o discos duros externos. Un adaptador de CA cambia la alimentación de CA de una toma de corriente al tipo de alimentación o voltaje que un dispositivo electrónico necesita para funcionar (*¿Qué es un adaptador de CA?*, s. f.).

Si un dispositivo no tiene su propio suministro de energía, es probable que tenga que usar un adaptador de CA para obtener energía de la red eléctrica de un edificio. Un adaptador es un tipo de fuente de alimentación, un dispositivo que proporciona energía a otro dispositivo, y se usa con cargadores de teléfonos celulares o cables de alimentación para sistemas de juegos, por ejemplo (*¿Qué es un adaptador de CA?*, s. f.).

Tener un adaptador para alimentar un dispositivo ofrece varias ventajas para el dispositivo y su fabricante. Por ejemplo, el calor y las interferencias electrónicas se mantienen alejados del dispositivo que se está alimentando. El dispositivo también puede obtener la energía que necesita sin tener que generar su propia electricidad (*¿Qué es un adaptador de CA?*, s. f.).

Uno de los inconvenientes de un adaptador de CA es que, a menudo, puede ser difícil reemplazarlos. Si el adaptador de una computadora portátil se pierde, por ejemplo, un adaptador de otro tipo de computadora portátil generalmente no se puede usar para reemplazarlo. Para

compensar esta dificultad, algunos fabricantes han desarrollado adaptadores universales. Vienen con un interruptor para que una persona pueda elegir el voltaje apropiado, así como puntas intercambiables para que pueda elegir el correcto para su dispositivo (*¿Qué es un adaptador de CA?*, s. f.).



Figura 23. Adaptador AC.

Fuente: Obtenido de (*AC Adapter | Working, Types & Applications.*, s. f.)

Batería.

Una batería eléctrica, también llamada pila o acumulador eléctrico, es un artefacto compuesto por celdas electroquímicas capaces de convertir la energía química en su interior en energía eléctrica. Así, las baterías generan corriente continua y, de esta manera, sirven para alimentar distintos circuitos eléctricos, dependiendo de su tamaño y potencia (Álvarez, 2021).

Las baterías están plenamente incorporadas a nuestra vida cotidiana desde su invención en el siglo XIX y su comercialización masiva en el XX. El desarrollo de las baterías va de la mano con el avance tecnológico de la electrónica. Controles remotos, relojes, computadores de todo tipo, teléfonos celulares y un enorme grupo de artefactos contemporáneos utilizan pilas como fuente de alimentación eléctrica, por lo que se fabrican con diversas potencias (Álvarez, 2021).

Funcionamiento de una batería.

El principio fundamental de una batería consiste en las reacciones de oxidación-reducción (redox) de ciertas sustancias químicas, una de las cuales pierde electrones (se oxida) mientras la otra gana electrones (se reduce), pudiendo retornar a su configuración inicial dadas las condiciones necesarias: la aplicación de electricidad (carga) o el cierre del circuito (descarga) (Álvarez, 2021).

Las baterías contienen celdas químicas que presentan un polo positivo (ánodo) y otro negativo (cátodo), así como electrolitos que permiten el flujo eléctrico hacia el exterior. Dichas celdas convierten la energía química en eléctrica, mediante un proceso reversible o irreversible, según el tipo de batería, que una vez completo, agota su capacidad para recibir energía. En eso se distinguen dos tipos de celdas (Álvarez, 2021):

- **Primarias:** Aquellas que, una vez producida la reacción, no pueden volver a su estado original, agotando así su capacidad de almacenar corriente eléctrica. También se les llaman pilas no recargables.
- **Secundarias:** Aquellas que pueden recibir una aplicación de energía eléctrica para restaurar su composición química original, y pueden ser empleadas numerosas veces antes de agotarse del todo. También se les llaman pilas recargables.

Vida útil de una batería.

En general, la vida útil de la batería se determina en función de la clasificación actual en miliamperios (mA) y el límite de la batería en miliamperios horas (mAh). La duración de la batería se puede calcular a partir de la clasificación de corriente de entrada de la batería y la corriente del montón del circuito. La vida útil de la batería será alta cuando la corriente del montón sea baja y viceversa. La capacidad de la batería se puede obtener numéricamente de la siguiente ecuación:

$$\text{Duración de la batería}_{(\text{horas})} = \frac{\text{capacidad de la batería en mAh}}{\text{corriente de carga en mA}} * 0.70$$

Ecuación 2. Cálculo de la vida útil de una batería.

Fuente: Obtenido de (Cálculo del ciclo de vida de la batería: cálculo y duración de la batería-battery-knowledge, 2021).

El factor de 0,7 ofrece tolerancias (temperaturas, envejecimiento, etc.) para elementos externos que pueden influir en la duración de la batería.

Criterios de selección del cargador de una batería.

- **Potencia del cargador:** debes comprar un cargador con una potencia equivalente a la de tu batería. Tienes que mirar que número acompaña a los Amperios por Hora (Ah), información que aparecerá indicada en tu batería. El cargador que comprar debes ser de la misma cifra de Ah (Infotaller, 2019).
- **Tipo de batería:** tienes que conocer el tipo de batería que utiliza tu coche pues existen baterías de litio, de aleación de calcio, de celdas húmedas, de plomo ácido, de gel, de AGM... muchos más tipos de los que podrías imaginar. Debes conocer cómo es la de tu coche para comprar un cargador compatible (Infotaller, 2019).
- **Necesidad de estar enchufado o no:** hay cargadores que necesitan la corriente eléctrica continua y otros que cuentan con una batería para que pueda usarse fuera de casa. Estos segundos aportan una autonomía mayor ya que podría cargarse en cualquier lugar (Infotaller, 2019).
- **Diseño:** aunque no influya mucho en su uso principal, será mucho más cómodo tener un cargador de batería que podemos guardar o llevar en cualquier sitio. Los modelos más antiguos son bastante robustos y grandes, pero actualmente los nuevos modelos suelen ser mucho más reducidos (Infotaller, 2019).

Cálculo del tiempo de carga de una batería.

$$\text{MTFC} = (\text{10\% de pérdida de eficiencia}) = \left(\left(\frac{\text{BC}}{\text{CRC}} \right) * 11 \right) / 10$$

Ecuación 3. Tiempo de carga de una batería al 10% de pérdida de eficiencia.

Fuente: Obtenido de (Cargue las baterías Tiempo de cálculo, s. f.).

$$\text{MTFC} = (\text{20\% de pérdida de eficiencia}) = \left(\left(\frac{\text{BC}}{\text{CRC}} \right) * 12 \right) / 10$$

Ecuación 4. Tiempo de carga de una batería al 20% de pérdida de eficiencia.

Fuente: Obtenido de (Cargue las baterías Tiempo de cálculo, s. f.).

$$\text{MTFC} = (\text{30\% de pérdida de eficiencia}) = \left(\left(\frac{\text{BC}}{\text{CRC}} \right) * 13 \right) / 10$$

Ecuación 5. Tiempo de carga de una batería al 30% de pérdida de eficiencia.

Fuente: Obtenido de (Cargue las baterías Tiempo de cálculo, s. f.).

$$\text{MTFC} = (\text{40\% de pérdida de eficiencia}) = \left(\left(\frac{\text{BC}}{\text{CRC}} \right) * 14 \right) / 10$$

Ecuación 6. Tiempo de carga de una batería al 40% de pérdida de eficiencia.

Fuente: Obtenido de (Cargue las baterías Tiempo de cálculo, s. f.).

$$\text{MTFC} = (\text{no hay de pérdida de eficiencia}) = \left(\left(\frac{\text{BC}}{\text{CRC}} \right) * 10 \right) / 10$$

Ecuación 7. Tiempo de carga de una batería sin de pérdida de eficiencia.

Fuente: Obtenido de (Cargue las baterías Tiempo de cálculo, s. f.).

Simbología:

MTFC = Tiempo máximo para carga completa

BC = Capacidad de la batería

CRC = Índice de carga actual

Fuente: (Cargue las baterías Tiempo de cálculo, s. f.)

Factores de diseño para elegir una batería.

1. Densidad de energía: La densidad de energía se determina al comparar la energía potencial disponible con el peso total del sistema. Es decir, si su aplicación tiene una alta densidad de energía, su aplicación tiene alto potencial de energía para una poca cantidad de peso. Por el contrario, baja densidad de energía significa que su batería será más pesada y tendrá menos energía disponible.
2. Disponibilidad de corriente (Densidad de potencia): Cuando un dispositivo tiene alta densidad de potencia, quiere decir que puede sostener altas extracciones de corriente por "largos" periodos de tiempo (unos cuantos milisegundos).
3. Durabilidad: Los factores físicos externos pueden afectar en gran medida el rendimiento

de su batería. La química de algunas baterías es más susceptible a factores tales como impacto, temperatura, humedad, vibraciones, campos magnéticos, etc.

4. Vida útil: Hay dos factores principales relacionados con la vida útil de la batería: vida de la carga y vida total. La vida de la carga es la cantidad de tiempo que la energía potencial permanecerá en la batería sin fugarse. La vida total es la cantidad de ciclos de carga que la batería soportará.

5. Memoria de la batería: Las baterías pueden "entrenarse" (a falta de un mejor término) para contener menos carga que la total disponible nominal. Por ejemplo, si continuamente utiliza una batería de níquel-metal hidruro de carga completa hasta el 40 % de su capacidad de carga, eventualmente solo podrá contener el 60 % de su capacidad de carga nominal.

Fuente: (Wendt, 2022)

A Quick Guide for Common Battery Chemistries			
	PROS	CONS	COMMON APPLICATION
LEAD ACID	Rechargeable, Extremely Common, High Power Density, Durable, Wide Temperature Range	Low Energy Density, Very Heavy, Large in Size	High Current Demand Applications, Car Batteries, Large Scale Battery Banks
ALKALINE	Extremely Common, Cheap, Decent Power Density, Low cost	Susceptible to Natural Rupture, Generally Non-Rechargeable, Short Lifetime	Non-Rechargeable Consumer Electronics, Flashlights, Toys, Household Items
NICKEL-METAL HYDRIDE	High Current Ability, Less Susceptible to Memory Issues, Lower Cost	Short Storage Life, Susceptible to Overcharge	Power Tools, RC Airplanes and Drones, Portable Systems
LITHIUM ION	Very High Energy Density, Limited Memory Effect, Long Life, Low Maintenance, Rechargeable	High cost, Vulnerable to Stress (and Exploding!), Require Lots of Protection	Space Constrained Products, Weight Constrained Products, Cell Phones, IoT Devices, Electronic Watches

Figura 24. Guía para elección de una batería.

Fuente: Obtenido de (Wendt, 2022).

Tipos de batería.

Baterías de iones de litio (Li-ION).

Una batería de ion de litio o batería Li-Ion es un tipo de batería recargable que utiliza compuestos de litio como uno de los electrodos. En 1985, Akira Yoshino desarrolló el primer prototipo basándose en las investigaciones anteriores de John Goodenough y otros expertos durante la década de los 70. Posteriormente, un equipo de Sony desarrolló la primera batería comercial de ion de litio en 1991. Con el paso de los años se incorporaron otros avances, especialmente en el uso de cátodos de óxido níquel, manganeso y cobalto (NMC), que mejoraron la densidad de carga, el rendimiento y la seguridad (Iberdrola, 2021).

Ventajas y desventajas de las baterías de ion litio.

En comparación con la tecnología tradicional de baterías recargables de hidruro de níquel o níquel-cadmio, las baterías de ion de litio cuentan con diversas ventajas: principalmente, se cargan en menos tiempo y tardan más tiempo en descargarse, pero, además, tienen una densidad de energía superior, no tienen efecto memoria y prácticamente no pierden carga cuando no se usan, etc (Iberdrola, 2021).

Sin embargo, como cualquier tecnología, presentan ciertas desventajas relacionadas principalmente con la protección (deben incorporar sistemas para evitar las sobrecargas y el sobrecalentamiento) y el coste (a pesar del abaratamiento comentado, su fabricación continúa siendo alrededor de un 40 % más cara que el de las de níquel-cadmio) (Iberdrola, 2021).



Figura 25. Baterías de iones de litio (Li-ION).

Fuente: Obtenido de (Keppower 14500 - 1000 mAh, 3.6 - 3.7V Li-Ion Battery PCB Protected, s. f.)

Baterías de polímero de litio (LiPo).

Una batería de polímero de litio es un acumulador de energía recargable que se caracteriza por utilizar como electrolito un polímero semisólido de alta conductividad en lugar de electrolito líquido, lo que permite construir baterías mucho más planas, livianas, de pequeño tamaño y formas variadas. Las propiedades de las baterías de polímero de litio las hacen ideales para ser utilizadas en aparatos pequeños que disponen de poco espacio en su interior, tales como los teléfonos inteligentes, tabletas o reproductores de MP3.

Las baterías de polímero de litio son acumuladores de energía recargables, que tienen entre sus principales características el uso de un electrolito de iones de litio en gel semisólido en vez de líquido, lo que les impide derramarse y las hace ideales para aparatos electrónicos de pequeño tamaño.

El diseño y funcionamiento de las baterías de polímero de litio es muy similar a las conocidas baterías de iones de litio, pero con algunas importantes ventajas. Ambos tipos de batería tienen electrolitos, pero mientras que los de las baterías de iones de litio son líquidos y pueden derramarse, los de las baterías de polímero de litio son semisólidos de tipo gel, por lo que no pueden derramarse. Por dicho motivo, las baterías de polímero de litio pueden fabricarse mucho más planas y con cualquier forma.

Además de que no pueden derramarse, a estas baterías de polímero de litio no les afecta ni la auto descarga ni el efecto memoria, aunque sí son sensibles a la temperatura, por lo que no deberían utilizarse ni almacenarse con temperaturas superiores a los 60°C ni inferiores a los 0°C.

Fuente: (Baterías de polímero de litio, 2017)

Ventajas y desventajas de las baterías polímeros de litio.

Las principales ventajas que presentan las baterías de polímero de litio con respecto a otras son las siguientes:

- Acumulan una gran cantidad de energía, teniendo en cuenta su volumen y peso.
- Su poco espesor las hace ideales para dispositivos portátiles, como teléfonos móviles.
- Tienen un alto voltaje, una batería de polímero de litio proporciona un voltaje de 3.7 V, hasta tres veces más que otras baterías similares.
- Presenta poco efecto de memoria. El efecto de memoria se presenta cuando la batería no se carga de forma adecuada, provocando daños y mal funcionamiento.
- No se descargan por sí solas. Normalmente una batería de litio puede almacenar energía por varios días sin descargarse, mientras no se encuentra en uso.

Respecto a las desventajas de las baterías de polímero de litio, podemos citar las siguientes:

- Son muy sensibles a las altas temperaturas, ya sean muy bajas o muy altas, pueden sufrir daños irreparables si se expone a más de 60°C o a temperaturas inferiores a los 0°C.
- Tienden a sobrecargarse o sufrir de descarga completa en pocos minutos, por ello, requieren de un circuito protector para su uso.



Figura 26. Baterías de polímero de litio (LiPo).

Fuente: Obtenido de (Luis R., 2019).

Módulo de alimentación MB-102

“MB102 Breadboard es un módulo de fuente de alimentación de 3,3 V/5 V que proporciona rieles de alimentación duales de 5 V y 3,3 V y tiene un enchufe USB hembra multipropósito” (*MB102 Breadboard Power Supply module*, 2021).

El módulo de fuente de alimentación de la placa de pruebas MB102 de 3,3 V/5 V encaja de forma segura en una placa de pruebas estándar de 400 u 800 puntos de conexión, también cuenta con protección contra polaridad inversa, el módulo puede tomar una entrada de 6,5 V a 12 V y puede producir 3,3 V y +5 V (*MB102 Breadboard Power Supply module*, 2021).

Este es uno de los componentes esenciales y de bajo costo disponibles para alimentar dispositivos y placas de 5 V y 3,3 V como Arduino Uno, placa ESP32 externamente. El módulo pequeño y compacto tiene un consumo eficiente de energía y puede funcionar con un rango de voltaje de entrada de 6,5 voltios a 12 voltios (*MB102 Breadboard Power Supply module*, 2021).

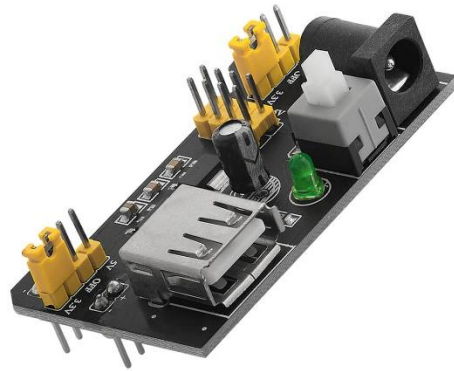


Figura 27. Módulo de alimentación MB-102.

Fuente: Obtenido de (MB102 Breadboard Power Supply module, 2021).

Módulo de carga de baterías de iones de litio lineales TP4056.

Este módulo utiliza un puerto mini USB de 5V para cargar una batería de iones de litio. Cuenta con indicación LED y utiliza IC TP4056. Basado en el chip TP4056 y el chip de protección de batería DW01 este módulo mostrará una corriente de carga de 1A y luego se cortará cuando haya terminado. Además, cuando el voltaje de la batería cae por debajo de 2.4 V, el chip de protección desconectará la carga para proteger la celda de funcionar a una tensión demasiado baja y también protege contra la conexión de sobre tensión, compruebe por favor que la conexión sea correcta la primera vez que se use. Este módulo se utiliza para cargar una batería de litio o múltiples baterías en secciones paralelas, se puede alimentar con cables soldados o por el puerto Micro-USB para poder utilizar un cargador convencional o el puerto de un PC.

Un cargador de baterías es un dispositivo utilizado para suministrar la corriente eléctrica o tensión eléctrica que almacenará una o varias simultáneamente- pila recargable o una batería.

El TP4056 es un controlador de carga y descarga de batería de iones de litio que se utiliza comúnmente en dispositivos portátiles y dispositivos de alimentación móvil. Es un componente electrónico que se encarga de controlar el proceso de carga y descarga de una batería de iones de litio, protegiéndola de daños y prolongando su vida útil.

El TP4056 incluye una protección contra sobretensión, sobre temperatura y cortocircuitos, así como una función de carga constante y una función de descarga constante.

También tiene un indicador LED para mostrar el estado de carga de la batería. El TP4056 es un componente compacto y eficiente que se utiliza ampliamente en aplicaciones de alimentación móvil, como cargadores de teléfonos móviles y dispositivos de alimentación portátil.

Hay dos maneras de alimentar el módulo, una es a través del puerto micro USB y la otra es alimentándolo con una fuente externa de 5V directamente a la placa (IN+ a positivo) y (IN- a negativo). Posteriormente, para la conexión de la batería en las terminales (B- a negativo) y (B+ a positivo). Las terminales (OUT+ a positivo) y (OUT- a negativo) son utilizadas para alimentar proyectos.

Fuente: (Módulo Cargador Batería de Litio 1 A Micro USB-B 5 V TP4056, s. f)

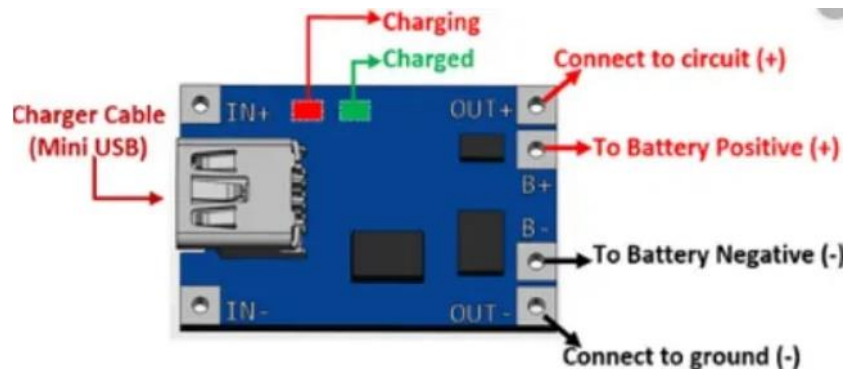


Figura 28. Módulo de carga de baterías de iones de litio lineales TP4056.

Fuente: Obtenido de (TP4056, Todo lo que necesitas saber, 2021).

Reguladores de voltaje.

El regulador de voltaje también conocido como estabilizador de voltaje es un dispositivo de protección eléctrica que se encarga de controlar el voltaje que reciben tus aparatos, impidiendo el paso de variaciones de tensión dañinas y suministrando un voltaje en un rango de operación seguro (*Reguladores de voltaje: ¿Qué son y para qué sirven? Aprende a elegir el correcto*, s. f.).

Regulador de voltaje AMS1117.

El Regulador de Voltaje AMS1117 3.3V 1A es un dispositivo electrónico excelente para proyectos o controladores que requieran un suministro de voltaje estable, como lo pueden ser fuentes de alimentación, Pícs, controladores de la línea Arduino e inclusive Raspberry Pi, evitando variaciones que pudieran generar un mal funcionamiento del circuito, así como minimizar que se dañen los componentes que lo conforman; trabaja como regulador lineal generando una salida constante de Voltaje (3.3V).

Este dispositivo viene presentado en tamaño micro, de montaje superficial, puede utilizarse en protoboard, pero por su tamaño es recomendable utilizarlo ya soldado en placas fenólicas o PCB, sus dimensiones son 36mm * 17mm * 14mm (AMS1117-3.3 Regulador de voltaje 3.3 V 1 A, 2023).

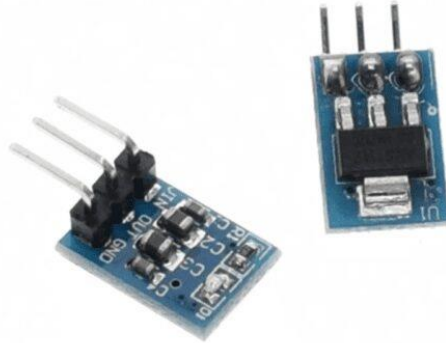


Figura 29. Regulador de voltaje AMS1117.

Fuente: Obtenido de (AMS1117-3.3 Regulador de voltaje 3.3 V 1 A, 2023).

Regulador de voltaje MCP1700.

El MCP1700 es un regulador de voltaje positivo de caída baja CMOS que puede generar hasta 250 mA de corriente con un diferencial de voltaje de entrada-salida extremadamente bajo de 178 mV a 250 mA. El bajo voltaje de caída combinado con el bajo consumo de corriente de solo 1,6 μ A hace que esta pieza sea ideal para el funcionamiento con batería. El diferencial de bajo voltaje (caída de voltaje) prolonga la vida útil de la batería (MCP1700, s. f.).

El MCP1700 es estable con un condensador de salida cerámico de 1,0 μ F. También

permite altas corrientes en paquetes pequeños cuando se opera con diferenciales mínimos VIN - VOUT. El circuito también incorpora protección contra cortocircuitos y protección contra sobretensión para garantizar la máxima confiabilidad (MCP1700, s. f.).

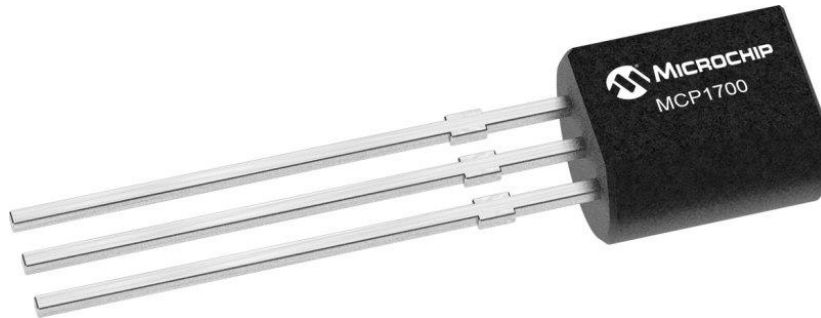


Figura 30. Regulador de voltaje MCP1700.

Fuente: Obtenido de (MCP1700, s. f.).

Interruptor.

Un interruptor es un componente que controla la apertura o el cierre de un circuito eléctrico. Permiten controlar el flujo de corriente en un circuito (sin tener que entrar allí y cortar o empalmar los cables manualmente). Los interruptores son componentes críticos en cualquier circuito que requiera interacción o control del usuario (Button and Switch Basics, s. f.).

“Un interruptor solo puede existir en uno de dos estados: abierto o cerrado. Cuando está apagado, un interruptor parece un espacio abierto en el circuito. Esto, en efecto, parece un circuito abierto, lo que impide que fluya la corriente” (Button and Switch Basics, s. f.).

“En el estado de encendido, un interruptor actúa como un trozo de cable perfectamente conductor. Un corto. Esto cierra el circuito, "enciende" el sistema y permite que la corriente fluya sin obstáculos por el resto del sistema” (Button and Switch Basics, s. f.).

Fuente: (Button and Switch Basics, s. f.)

Tipos de interruptores:

SPST.

Un interruptor unipolar de un solo tiro (SPST) es tan simple como parece. Tiene una salida y una entrada. El interruptor estará cerrado o completamente desconectado. Los SPST son perfectos para el encendido y apagado. También son una forma muy común de interruptores momentáneos. Los interruptores SPST solo deben requerir dos terminales (Button and Switch Basics, s. f.).



Figura 31. Interruptor SPST.

Fuente: Obtenido de (Button and Switch Basics, s. f.)

SPDT.

Otro tipo de interruptor común es el SPDT. Los SPDT tienen tres terminales: un pin común y dos pines que compiten por la conexión al común. Los SPDT son excelentes para seleccionar entre dos fuentes de alimentación, intercambiar entradas o lo que sea que haga con dos circuitos que intentan ir a un lugar. La mayoría de los interruptores deslizantes simples son de la variedad SPDT. Los interruptores SPDT generalmente deben tener tres terminales. (Nota al margen: en un apuro, un SPDT puede convertirse en un SPST simplemente dejando uno de los interruptores desconectados) (Button and Switch Basics, s. f.).

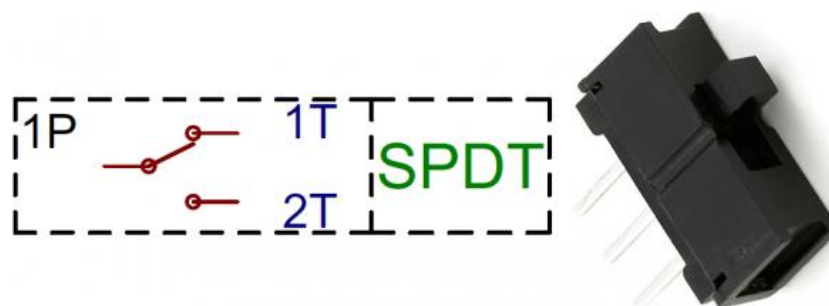


Figura 32. Interruptor SPDT.

Fuente: Obtenido de (Button and Switch Basics, s. f.)

DPDT.

“Agregar otro polo al SPDT crea un interruptor de dos polos y dos tiros (DPDT). Básicamente, dos interruptores SPDT, que pueden controlar dos circuitos separados, pero siempre se conectan juntos mediante un solo actuador. Los DPDT deben tener seis terminales”

(Button and Switch Basics, s. f.).

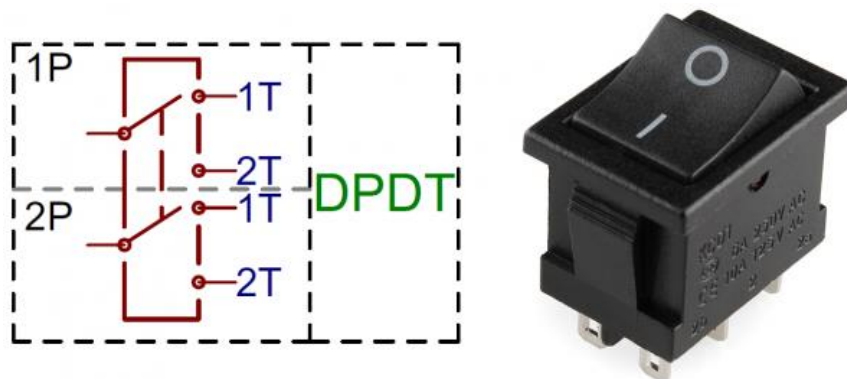


Figura 33. Interruptor DPDT.

Fuente: Obtenido de (Button and Switch Basics, s. f.)

XPYT.

Los interruptores con más de dos polos o tiros no son demasiado comunes, pero están disponibles (en todo su esplendor de formas extrañas y difíciles de conectar). Una vez que se pasa uno o dos postes/lanzamientos, comenzamos a pegar números en la abreviatura. Aquí hay un interruptor 4PDT, por ejemplo, puede controlar cuatro circuitos separados, 2 posiciones por circuito (Button and Switch Basics, s. f.):



Figura 34. Interruptor XPYT.

Fuente: Obtenido de (Button and Switch Basics, s. f.)

Consumo Eléctrico.

El consumo eléctrico es aquella cantidad de energía consumida en un determinado periodo de facturación por el usuario. El consumo eléctrico se mide en kilovatios hora (kWh) y se corresponde con varios factores que influyen en la cantidad de consumo a pagar: desde las

dimensiones de la propiedad hasta el número de personas que coexisten en un mismo espacio, pasando por el uso de electrodomésticos y los hábitos de consumo (Pepeenergy, 2021).

Cálculo del consumo eléctrico.

A continuación, se presenta la primera la ecuación para calcular la potencia:

$$P \cong V \times I$$

$$POTENCIA ELÉCTRICA (W) \cong VOLTAJE (V) \times CORRIENTE ELÉCTRICA (A)$$

Ecuación 8. Cálculo de potencia.

Fuente: Obtenido de (Instituto Costarricense de Electricidad, s. f., p.33).

Donde:

$$P = \text{Potencia eléctrica (W)}$$

$$V = \text{Voltaje en voltios (V)}$$

$$I = \text{Corriente eléctrica en amperios (A)}$$

Seguidamente, se presenta la segunda ecuación para calcular el consumo eléctrico:

$$\text{Energía Eléctrica} = \text{Potencia Eléctrica (W)} \times \text{tiempo uso en horas (h/día)}$$

Ecuación 9. Cálculo del consumo eléctrico.

Fuente: Obtenido de (Instituto Costarricense de Electricidad, s. f., p.34).

$$\text{Energía Eléctrica} = Wh/h$$

$$1000 Wh = 1kWh$$

Ecuación 10. Conversión de Wh a kWh.

Fuente: Obtenido de (Instituto Costarricense de Electricidad, s. f., p.34).

Cálculo de amperios CC a kilovatios.

La potencia P en kilovatios (kW) es igual a la corriente I en amperios (A), multiplicada por el voltaje V en voltios (V) dividido por 1000:

$$P_{(kW)} = I_{(A)} \times V_{(V)} / 1000$$

Ecuación 11. Cálculo de amperios CC a kilovatios.

Fuente: Obtenido de (Amps to Kilowatts (kW) conversión calculator, s. f.).

Fórmula de cálculo de kilovatios a kilovatios-hora.

La energía E en kilovatios-hora (kWh) es igual a la potencia P en kilovatios (kW), multiplicada por el período de tiempo t en horas (hr):

$$E_{(kWh)} = P_{(kW)} \times t_{(h)} / 1000$$

Ecuación 12. Fórmula de cálculo de kilovatios a kilovatios-hora.

Fuente: Obtenido de (¿Cómo convertir kW a kWh?, s. f.).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta el marco metodológico, el cual se desarrolla la parte teórica de las metodologías que se van a utilizar a lo largo del proyecto de tesis donde se define cada uno de los pasos por utilizar de la investigación.

Enfoque de la investigación.

A continuación, se explica el tipo de enfoque que se utilizara en esta investigación.

Enfoque cuantitativo.

Según lo menciona (Hernández, 2014, p. 4), el enfoque cuantitativo (que representa, como se dijo, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no se puede “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis.

Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición operacional	Definición instrumental
Realizar el diseño de un sistema de monitoreo IoT que se adapte a las necesidades de los pacientes de un centro de salud para la transmisión de niveles de oxígeno en sangre para estudio y control de enfermedades.	Diseño de un sistema de monitoreo de transmisión.	Transmisión de niveles de oxígeno en sangre.	El sistema de monitoreo para diseñar es capaz de transmitir niveles de oxígeno en sangre en tiempo real y se conecta de manera satisfactoria a los demás servicios para operar de manera adecuada.	Se utilizarán herramientas de diferentes arquitecturas en computadora para la elaboración del diseño.	Utilización de programas, módulos y software especializados.
Seleccionar los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que van a componer la estructura del sistema de monitoreo.	Elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos.	Aspectos técnicos de los elementos seleccionados.	Establecer la selección adecuada de los elementos que van formar parte del estructura de del sistema.	Se utilizarán herramientas de simulación.	Programas de simulación.
Determinar el protocolo de comunicación que dispondrá el sistema para comunicarse con el servidor de la plataforma IoT.	Protocolo de comunicación.	Comunicación al servidor de la plataforma IoT.	Protocolo de comunicación encargado de establecer conexión al servidor de la plataforma IoT.	Protocolo de comunicación sencillo y ligero capaz de interconectarse servidor de la plataforma IoT.	Programación en Arduino.
Definir el tipo de plataforma IoT que utilizará el sistema de monitoreo para suplir los datos suficientes para su procesamiento y representación gráfica mediante un tablero de	Plataforma IoT.	Datos para su procesamiento y representación.	La plataforma IoT procesa los parámetros de medición de dicho sistema y establece la adecuada conexión respectivamente.	Elaborar un tablero de instrumentos de visualización.	Métodos de visualización de datos.

instrumentos de visualización.					
Establecer rutinas de mantenimiento preventivo que fomenten alargar la vida útil del equipo.	Rutinas de mantenimiento.	Manual de rutinas de mantenimiento del equipo.	Se elaborará un manual el cual incluya un listado de actividades preventivas que se deben de realizar para la correcta operación del equipo.	Se creará una lista de guía sencilla para la adecuada ejecución de los mantenimientos.	Guía para el usuario que efectúe las rutinas de mantenimiento.
Llevar a cabo la estimación económica en el cual se identifiquen los costos de adquisición de componentes y materiales requeridos para el diseño del sistema de monitoreo.	Análisis financiero	Determinar costos asociados al diseño final.	Se desarrollara una evaluación y una estimación económica correspondiente a las cotizaciones y los cálculos de consumo energéticos del sistema así como sus materiales y herramientas requeridas respectivamente.	Establecer el método que corresponda para calcular dichos costos.	Hoja de datos y cálculos elaborada en Excel.

Tabla 2. Matriz de Conceptualización, Investigación de Enfoque Cuantitativo.

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta parte del capítulo, será la fase de diseño del sistema de monitoreo, donde se dará la descripción del sistema electrónico, hardware, procesamiento y su sistema mecánico tomando en cuenta las necesidades del centro de salud respectivamente.

Centro de Salud.

El centro de salud cuenta con 200 unidades de un modelo VISMO NIHON KOHDEN PVM-2701 (sistema de monitoreo) con un precio unitario de \$1200, por lo que el costo total por dichas 200 unidades es de \$240 000.

Dicho sistema cuenta con las siguientes características.

- Cuenta con medición de SpO2, impedancia de la respiración y medición de la temperatura corporal
- Duración de la batería: 3 horas.
- Panel táctil.
- Sistema de alertas.



Figura 35. VISMO NIHON KOHDEN PVM-2701

Fuente: Elaboración propia.

Necesidades del centro de salud.

El centro de salud necesita un sistema que logre monitorear SpO₂ ya que es uno de los parámetros más importantes para determinar dichos padecimientos o enfermedades de los pacientes, ya que como se mencionó anteriormente, las unidades VISMO NIHON KOHDEN PVM-2701 tienen un alto coste por unidad lo que supone una alta inversión por parte del centro de salud.

Por lo tanto, el sistema de monitoreo IoT SpO₂ que se estará diseñando se destaca en varios aspectos clave, lo que lo convierte en una solución superior tanto desde la perspectiva económica como en términos de innovación, monitoreo en tiempo real y remoto, toma de decisiones eficientes y efectivas, y escalabilidad proporcionada por la plataforma IoT.

Cada uno de estos puntos se explica de manera clara:

- Desde el punto de vista económico, el sistema de monitoreo IoT SpO₂ ofrece una solución rentable para el centro de salud ya que en relación a los costos como se verá más adelante en este trabajo, dicho centro se estará ahorrando \$1,036.47 por costo de unitario. Al aprovechar tecnologías avanzadas, automatización y análisis de datos, el sistema ayuda a reducir los costos operativos a largo plazo. Esto se logra mediante una mayor eficiencia en el monitoreo de los pacientes, optimizando así los recursos disponibles y permitiendo una mejor asignación de los presupuestos de salud.
- El sistema se basa en la innovación continua, lo que garantiza que esté a la vanguardia de los avances tecnológicos más recientes. Al aprovechar las últimas tendencias y desarrollos en el campo de la salud, se ofrece una solución actualizada y de vanguardia para el monitoreo del SpO₂. Esto asegura que el centro de salud cuente con una herramienta avanzada y eficiente para el cuidado de los pacientes.
- El sistema permite el monitoreo en tiempo real y remoto de los pacientes. Los profesionales de la salud pueden acceder a los datos de los pacientes de forma remota, en cualquier momento y desde cualquier ubicación. Esto mejora la eficiencia en la atención médica, ya que los médicos pueden supervisar y realizar un seguimiento continuo de los pacientes sin necesidad de estar físicamente presentes en todo momento.

Además, esto brinda mayor comodidad y flexibilidad tanto para el cuerpo médico como para los pacientes.

- Gracias al monitoreo en tiempo real y al análisis de datos automatizados, el sistema proporciona información precisa y actualizada sobre el estado de los pacientes. Esto permite a los profesionales de la salud tomar decisiones informadas y oportunas en cuanto al diagnóstico, tratamiento y seguimiento. La disponibilidad de datos en tiempo real y análisis automatizados mejora la calidad de la atención médica al facilitar una toma de decisiones más eficiente y efectiva.
- El sistema se basa en una plataforma IoT escalable, lo que significa que puede adaptarse y crecer de acuerdo con las necesidades cambiantes tanto del cuerpo médico como de los pacientes. Ya sea que se requiera ampliar el monitoreo a más pacientes o agregar nuevas funcionalidades, la plataforma IoT proporciona la flexibilidad necesaria para escalar el sistema de manera eficiente y sin interrupciones, permitiendo así una atención médica de calidad y personalizada.

Sistema Electrónico.

El principal objetivo del sistema electrónico del sistema de monitoreo es que permita la medición de los niveles de saturación de oxígeno en sangre de una manera no invasiva permitiendo visualizar los parámetros requeridos para después ser procesados mediante diferentes módulos que facilitaran este desarrollo. Este sistema electrónico se conforma del sistema de potencia y de control, los cuales están aislados para evitar fallos y seguridad del sistema en general.

En la Figura 35, se esquematiza el sistema electrónico general y los elementos que lo conforman.

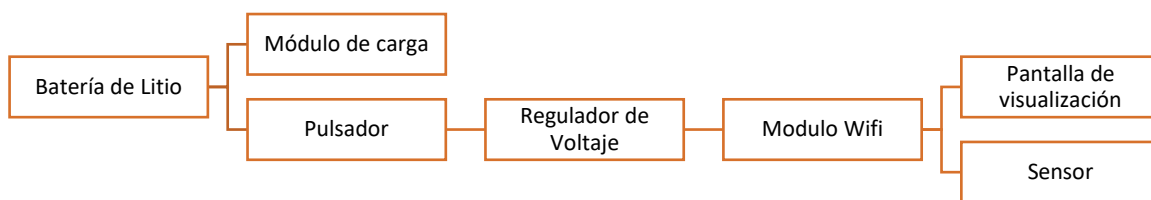


Figura 36. Diagrama en bloques del sistema electrónico general.

Fuente: Elaboración propia.

El sistema electrónico de potencia inicia con el módulo de carga, el cual es utilizado para carga y protección de la batería en donde la batería de litio tendrá un pulsador y será la encargada de suministrar energía a todo el sistema, por lo tanto, la energía almacenada por la batería es tomada directamente por el regulador de voltaje para reducirla a un voltaje menor al de la batería para poder energizar los demás elementos como la pantalla de visualización, sensor y tarjeta de desarrollo.

El sistema electrónico de control está conformado por una placa de desarrollo cual integra un microcontrolador en su estructura como elemento central de control, el cual es el encargado de controlar y procesar las señales analógicas y digitales.

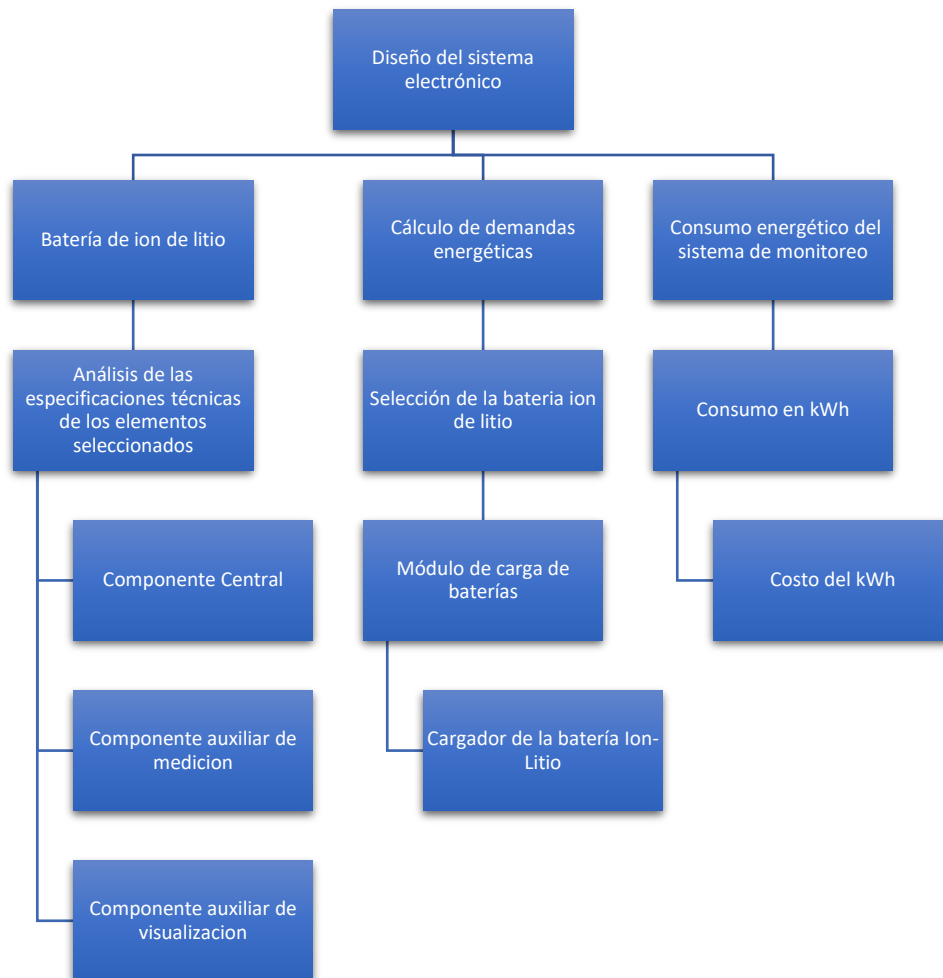


Figura 37. Diagrama de bloques de las etapas de diseño del sistema electrónico general.

Fuente: Elaboración propia.

Batería de ion de litio.

Al ser un diseño que servirá como alternativa en el control de parámetros respecto los niveles oxigenación en sangre, se plantea que mismo respectivamente debe ser portátil por facilidad y comodidad a la mano del usuario, por lo tanto, se elige una batería de ion de litio para energizar el equipo por las siguientes razones que se mencionaron en el marco teórico:

- Se cargan en menos tiempo.
- Tardan más tiempo en descargarse.
- Tienen una densidad de energía superior.
- No tienen efecto memoria.
- No pierden carga cuando no se usan.

Además de las razones planteadas, el diseño se requiere el respectivo análisis de la demanda energética que tendrá el sistema de monitoreo para determinar la autonomía de la batería respectivamente. Para ello, se analizarán las especificaciones técnicas primero del componente central y de los auxiliares del sistema para así determinar lo propuesto.

Análisis de las especificaciones técnicas.

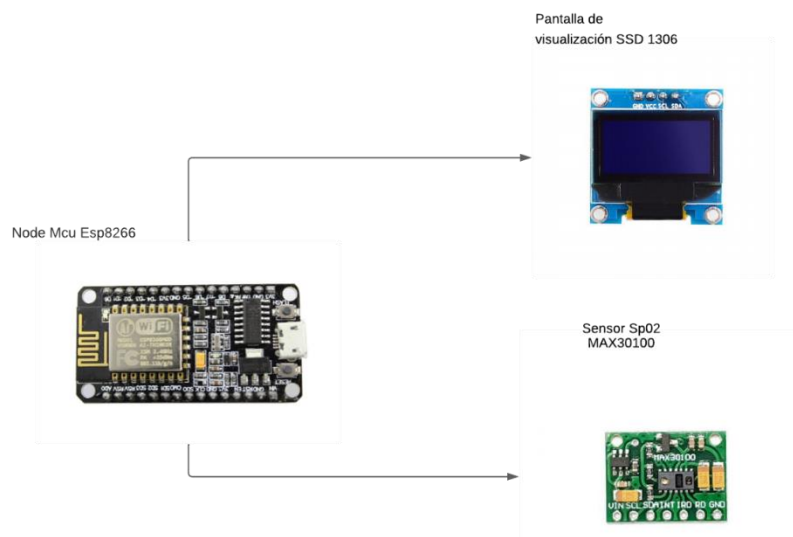


Figura 38. Diagrama unifilar de los componentes centrales y auxiliares.

Fuente: Elaboración propia en Lucidart.

Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266.

Características	Descripción
Compatibilidad	802.11 b/g/n
Voltaje de alimentación	2.5 – 3.6 Voltios

Rango de temperatura mínima	-40°C
Rango de temperatura máxima	+125°C
Corriente máxima de operación	170 mA
Corriente típica de operación/activo	80 mA
Corriente de suministro en modem suspendido	15 mA
Corriente de suministro en sueño ligero	0.9 mA
Corriente de suministro en sueño profundo	10 mA
Corriente de suministro en suspendido	0.5µA
Dimensiones	49 mm x 26 mm x 12 mm

Tabla 3. Especificaciones técnicas placa de desarrollo Node Mcu ESP8266 V2.

Fuente: Elaboración propia

Sensor de oximetría MAX30100.

Características	Descripción
Voltaje de alimentación	3.3 V
Corriente de suministro típica (durante mediciones)	600µA
Corriente de suministro máxima (durante mediciones)	1200µA
Corriente de suministro máxima en parada (durante el modo espera)	0.7µA
Rango de temperatura mínima	-40°C
Rango de temperatura máxima	+85°C
Aplicación	Dispositivos de monitoreo médico
Dimensiones	14mm x 13mm x 14 mm

Tabla 4. Especificaciones técnicas del sensor de oximetría MAX30100.

Fuente: Obtenido de (MAX30100 Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health, s. f.).

Elaboración propia.

Pantalla de visualización SSD 1306 Oled.

Características	Descripción
Voltaje de alimentación	2.8 – 5.2 V
Típico voltaje de alimentación	3.3V
Corriente de suministro máxima	20 mA
Corriente de suministro típica	12.0 mA
Rango de temperatura mínima	-40°C
Rango de temperatura máxima	+85°C
Aplicación	Dispositivos de monitoreo médico
Dimensiones	27.3 mm x 27.3 mm x 2.37 mm

Tabla 5. Especificaciones técnicas de la pantalla de visualización SSD 1306.

Fuente: Obtenido de (OLED SSD 1306, s. f.).

Elaboración propia.

Demanda energética del sistema de monitoreo en estado activo y suspendido.

Para el diseño del sistema de monitoreo, la placa de desarrollo Node Mcu Esp8266 que es el elemento central, posee un sistema de gestión de energía, por lo que para el diseño solo estará configurado en modo activo y modo suspendido ya que para la aplicación que se le quiere dar es necesario este tipo de configuración. Por lo tanto, el sistema presentará un poco más de demanda energética cuando estará en activo y tendrá mucho menos cuando está suspendido (no en uso).

Así mismo, se harán los cálculos necesarios para saber su consumo en estado activo como suspendido considerando los valores nominales de los elementos principales del sistema de monitoreo.

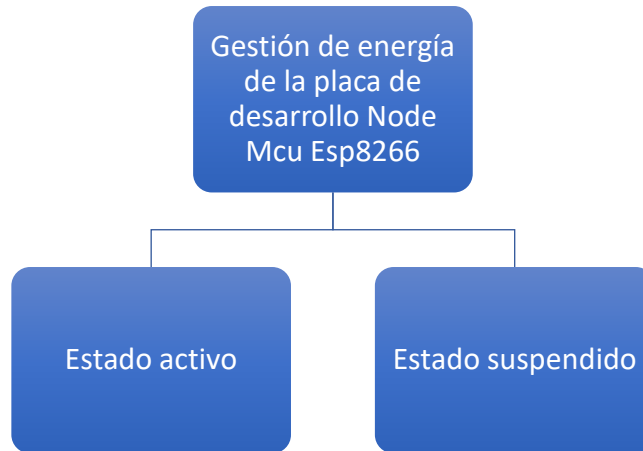


Figura 39. Gestión de energía de la placa de desarrollo Node Mcu Esp8266.

Fuente: Elaboración propia.

Demanda energética del sistema de monitoreo en estado activo.

Partiendo con la ecuación #8 del cálculo de potencia se procederá a tomar el voltaje y corriente nominal o típico de operación para determinar la potencia de cada componente y así determinar la potencia nominal total en estado activo del sistema de monitoreo.

$$P \cong V \times I$$

$$POTENCIA\ ELÉCTRICA\ (W) \cong VOLTAJE\ (V) \times CORRIENTE\ ELÉCTRICA\ (A)$$

Ecuación 13. Cálculo de potencia.

Para el cálculo de la Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266 se utilizará 3.3 V de voltaje nominal y 80 mA de corriente nominal extraídos de la Tabla #3.

$$P = V \times I = 3.3\ V \times 80\ mA = 0.264\ W$$

Ecuación 14. Cálculo de potencia de Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266 en estado activo.

Seguidamente, para el cálculo de la Pantalla de visualización SSD 1306 se utilizará 3.3 V de voltaje típico de alimentación y una corriente típica de operación de 12 mA extraídos de la Tabla #5.

$$P = V \times I = 3.3 \text{ V} \times 12 \text{ mA} = 0.0396 \text{ W}$$

Ecuación 15. Cálculo de potencia de Pantalla de visualización SSD 1306 en estado activo.

Posteriormente, para el cálculo del Sensor SpO2 MAX30100 se utilizará 3.3 V y una corriente de suministro típica (durante mediciones) de 0.6 mA extraídos de la Tabla #4.

$$P = V \times I = 3.3 \text{ V} \times 0.6 = 0.00198 \text{ W}$$

Ecuación 16. Cálculo de potencia del Sensor SpO2 MAX30100 en estado activo.

Finalmente, se procede a realizar el cálculo de la potencia nominal del sistema de monitoreo, que es considerando la suma de las potencias de cada componente para así determinar su potencial total típica en estado activo.

$$P_{(nominal\ total)} = 0.264 \text{ W} + 0.0396 \text{ W} + 0.00198 \text{ W} = 0.30558 \text{ W}$$

Ecuación 17. Potencia nominal total del sistema de monitoreo en estado activo.

Componente	Voltaje nominal (V)	Corriente nominal (mA o uA)	Potencia nominal (W)
Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266	3.3 V	80 mA	0.264 W
Pantalla de visualización SSD 1306	3.3 V	12 mA	0.0396 W

Sensor SpO2 MAX30100	3.3 V	0.6 mA	0.00198 W
Potencia total			0.30558 W

Tabla 6. Tabla resumen del cálculo de la demanda energética del sistema de monitoreo en estado activo.

Fuente: Elaboración propia.

Demanda energética del sistema de monitoreo en estado suspendido.

Partiendo de la misma forma con la ecuación #8 del cálculo de potencia, se procederá a tomar el voltaje y corriente nominal o típico de operación para determinar la potencia de cada componente y así determinar la potencia nominal total en el estado suspendido del sistema de monitoreo.

$$P \cong V \times I$$

$$POTENCIA\ ELÉCTRICA\ (W) \cong VOLTAJE\ (V) \times CORRIENTE\ ELÉCTRICA\ (A)$$

Ecuación 18. Cálculo de potencia.

Para el cálculo de la Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266 se utilizará 3.3 V de voltaje nominal y una corriente de suministro en suspendido 0.5 uA extraídos de la Tabla #3.

$$P = V \times I = 3.3\ V \times 0.5\ \mu A = 0.00000165\ W$$

Ecuación 19. Cálculo de potencia de Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266 en estado suspendido.

Seguidamente, para el cálculo de la Pantalla de visualización SSD 1306 se utilizará 3.3 V de voltaje típico de alimentación y una corriente típica de operación de 12 mA extraídos de la Tabla #5.

$$P = V \times I = 3.3\ V \times 12\ mA = 0.0396\ W$$

Ecuación 20. Cálculo de potencia de Pantalla de visualización SSD 1306 en estado suspendido.

Posteriormente, para el cálculo del Sensor SpO2 MAX30100 se utilizará 3.3 V y una corriente de suministro máxima en parada (durante el modo espera) 0.7 uA extraídos de la Tabla #4.

$$P = V \times I = 3.3 \text{ V} \times 0.7 \text{ uA} = 0.00000231 \text{ W}$$

Ecuación 21. Cálculo de potencia del Sensor SpO2 MAX30100 en suspendido.

Finalmente, se procede a realizar el cálculo de la potencia nominal del sistema de monitoreo, que es considerando la suma de las potencias de cada componente para así determinar su potencial total típica en estado suspendido.

$$P_{(nominal\ total)} = 0.00000165 \text{ W} + 0.0396 \text{ W} + 0.00000231 \text{ W} = 0.0396 \text{ W}$$

Ecuación 22. Potencia nominal total del sistema de monitoreo en estado suspendido.

Componente	Voltaje nominal (V)	Corriente nominal (mA o uA)	Potencia nominal (W)
Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266	3.3 V	0.5 uA	0.00000165 W
Pantalla de visualización SSD 1306	3.3 V	12	0.0396 W
Sensor SpO2 MAX30100	3.3 V	0.7 uA	0.00000231
Potencia total			0.0396 W

Tabla 7. Tabla resumen del cálculo de la demanda energética del sistema de monitoreo en estado suspendido.

Fuente: Elaboración propia.

Demanda energética máxima del sistema de monitoreo.

No obstante, también es importante determinar para el diseño, la demanda energética máxima del sistema, ya que es importante para la selección del tipo y la capacidad de la batería para proveer dicha alimentación al sistema de monitoreo. Por lo tanto, partiendo con la ecuación #8 del cálculo de potencia, así como se toma de referencia del antecedente #5 (Matango, 2020), se procederá a tomar el voltaje máximo y corriente máxima de operación para determinar lo propuesto:

$$P \cong V \times I$$

$$POTENCIA ELÉCTRICA (W) \cong VOLTAJE (V) \times CORRIENTE ELÉCTRICA (A)$$

Ecuación 23. Cálculo de potencia.

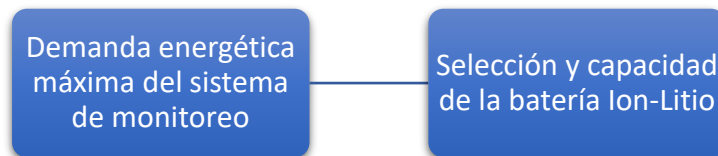


Figura 40. Diagrama de flujo de selección y capacidad de la batería Ion-Litio a partir de la demanda energética máxima del sistema de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266, se utilizará 3.3 V de voltaje máximo de 3.6 V y una corriente máxima de operación de suministro de 170 mA extraídos de la Tabla #3.

$$P = V \times I = 3.6 \text{ V} \times 170 \text{ mA} = 0.612 \text{ W}$$

Ecuación 24. Cálculo de potencia de Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266 en estado de máximo de operación.

Seguidamente, para el cálculo de la Pantalla de visualización SSD 1306 se utilizará 3.3 V de voltaje máximo de alimentación y una corriente de suministro máxima de operación de 20 mA extraídos de la Tabla #5.

$$P = V \times I = 3.3 \text{ V} \times 20 \text{ mA} = 0.066 \text{ W}$$

Ecuación 25. Cálculo de potencia de Pantalla de visualización SSD 1306 en estado de máximo de operación.

Posteriormente, para el cálculo del Sensor Sp02 MAX30100 se utilizará 3.3 V como voltaje máximo y una corriente de suministro máxima de 1.2 mA extraídos de la Tabla #4.

$$P = V \times I = 3.3 \text{ V} \times 1.2 \text{ mA} = 0.00396 \text{ W}$$

Ecuación 26. Cálculo de potencia del Sensor Sp02 MAX30100 en estado de máximo de operación.

Finalmente, se procede a realizar el cálculo de la potencia nominal del sistema de monitoreo, que es considerando la suma de las potencias de cada componente para así determinar su potencial total máxima.

$$P_{(nominal\ total)} = 0.612 \text{ W} + 0.066 \text{ W} + 0.00396 \text{ W} = 0.68196 \text{ W}$$

Ecuación 27. Potencia nominal total del sistema de monitoreo en estado de máximo de operación.

Componente	Voltaje Máximo (V)	Corriente Máxima (mA)	Potencia Máxima (W)
Placa de desarrollo Node Mcu ESP8266	3.6 V	170 mA	0.612 W
Pantalla de visualización SSD 1306	3.3 V	20 mA	0.066 W
Sensor Sp02 MAX30100	3.3 V	1.2 mA	0.00396 W
Potencia total			0.68196 W

Tabla 8. Tabla resumen del cálculo de la demanda máxima del sistema de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de la ecuación #8 y despejando, se calcula la corriente máxima de consumo del sistema electrónico.

$$P \cong V \times I$$

$$I \cong \frac{P}{V}$$

Donde P es la potencia de consumo máxima del sistema de monitoreo igual 0.68196 W extraída de la tabla #8 y V es el voltaje nominal promedio que entrega la batería Li-Ion, que para en este caso del diseño se necesita dicha batería es un voltaje nominal de 3.7 V.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{0.68196 \text{ W}}{3.7 \text{ V}} = 0.1843 \text{ A}$$

$$I_{(A)} = \frac{\text{mA}}{\text{A}} = 0.1843 \text{ A} = \frac{1000}{1 \text{ A}} = 184.3134 \text{ mA}$$

Ecuación 28. Cálculo de la corriente máxima de consumo del sistema de monitoreo.

Potencia Máxima (W)	Voltaje nominal promedio de la batería (V)	Corriente máxima (A)	Corriente máxima (mA)
0.68196 W	3.7 V	0.1843 A	184,3134 mA

Tabla 9. Tabla resumen del cálculo de la corriente máxima de consumo del sistema electrónico.

Fuente: Elaboración Propia.

Demanda Energética	Potencia (W)	Corriente
Estado Activo	0.30558 W	82.69 mA
Estado Suspendido	0.0396 W	10.70 mA
Estado Máximo	0.68196 W	184,3134 mA

Tabla 10. Demandas energéticas de los consumos del sistema de monitoreo en diferentes estados respecto a su gestión de energía.

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de la corriente determinada de 184.3134 mA de la ecuación #25, además de la guía mencionada en el (marco teórico) en relación con factores para la elección de una batería, se elige una batería de Li-Ion KeepPower 14500, la cual tiene una capacidad de 1000 mAh con protección y un voltaje nominal de 3.7 V, pues también este tipo de baterías es usado en aplicaciones IoT además de que son muy eficientes para dispositivos portátiles, lo cual viene muy bien para nuestro diseño del sistema. Así mismo, las especificaciones técnicas de dicha batería se encuentran en la Tabla #11.

Especificaciones	Descripción
Tipo	Ion de Litio
Capacidad mínima	950 mAh
Capacidad típica	1000 mAh
Voltaje nominal	3.7 V
Voltaje máximo de carga	4.2 V
Corriente de carga	500 mA
Corte de corriente de carga	20 mA
Voltaje final de descarga	2.75
Peso	20 gramos
Tamaño	52 mm*14.33mm
Ciclos de vida	300

Tabla 11. Especificaciones técnicas de la batería KeepPower 14500.

Fuente: Obtenido de (KeepPower 14500 - 1000 mAh, 3.6 - 3.7V Li-Ion Battery PCB Protected, s. f.)

Elaboración propia.



Figura 41. Batería de Li-Ion KeepPower 14500.

Fuente: Obtenido de (KeepPower 14500 - 1000 mAh, 3.6 - 3.7V Li-Ion Battery PCB Protected, s. f.)

No solamente es importante la selección de la batería, sino que también es importante hacer el cálculo de su vida útil con la siguiente ecuación, considerando los efectos externos que pueden llegar a influir en la duración de la batería respectivamente.

Para ello, es importante saber la capacidad de la batería en mAh que son los 1000 mAh y la corriente de carga en estado máximo, suspendido y activo extraído de la tabla 10 mediante la ecuación #25.

$$\text{Duración de la batería}_{(\text{horas})} = \frac{\text{capacidad de la batería en mAh}}{\text{corriente de carga en mA}} * 0.70$$

Ecuación 29. Cálculo de la vida útil de una batería.

Fuente: Obtenido de (Cálculo del ciclo de vida de la batería: cálculo y duración de la batería-battery-knowledge, 2021).

Estado máximo.

$$\text{Duración de la batería}_{(\text{horas})} = \frac{1000 \text{ mAh}}{184,3134 \text{ mA}} * 0.70 = 3.798 \text{ horas}$$

Ecuación 27. Cálculo de la vida útil de la batería seleccionada en horas de su estado máximo.

Elaboración Propia

Estado suspendido.

$$\text{Duración de la batería}_{(\text{horas})} = \frac{1000 \text{ mAh}}{10.70 \text{ mA}} * 0.70 = 65.42 \text{ horas}$$

Ecuación 28. Cálculo de la vida útil de la batería seleccionada en horas de su estado suspendido.

Elaboración Propia

Estado activo.

$$\text{Duración de la batería}_{(\text{horas})} = \frac{1000 \text{ mAh}}{82.69 \text{ mA}} * 0.70 = 8.46 \text{ horas}$$

Ecuación 29. Cálculo de la vida útil de la batería seleccionada en horas de su estado activo.

Elaboración Propia

Vida útil final del sistema de monitoreo.

Finalmente, se suman las tres duraciones para obtener la vida útil total del sistema de monitoreo IoT:

$$\text{Vida útil total} = \text{Vida útil en modo activo} + \text{Vida útil en modo suspendido} \\ + \text{Vida útil en modo de demanda máxima}$$

Ecuación 30. Formula de la vida útil final del sistema de monitoreo.

Elaboración Propia

$$\text{Vida útil total} = 8.46 \text{ horas} + 65.42 \text{ horas} + 3.798 \text{ horas} = 77.678 \text{ horas}$$

Ecuación 31. Vida útil final del sistema de monitoreo en horas.

Elaboración Propia

Por lo tanto, la vida útil estimada del sistema de monitoreo IoT con la batería Li-Ion KeepPower 14500, considerando el factor de eficiencia del 0.7, es de aproximadamente 77.678 horas.

Módulo de carga.

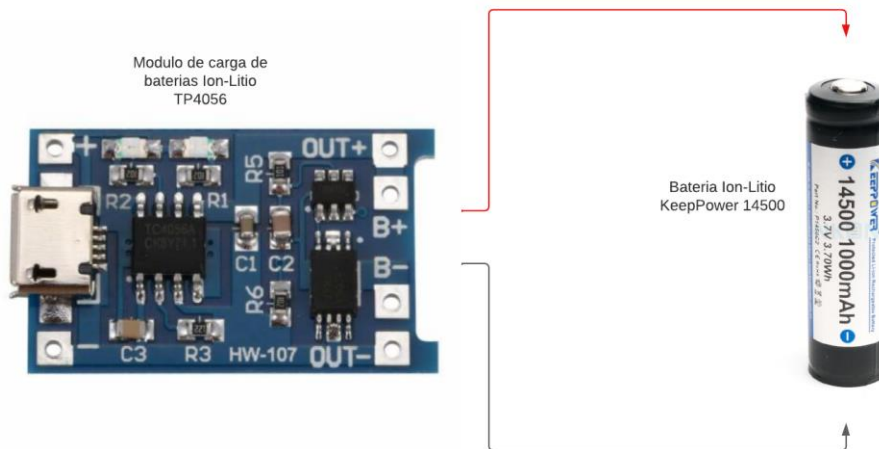


Figura 42. Diagrama unifilar de conexión del módulo de carga con la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia en Lucidart.

Para este diseño, al seleccionar la batería Li-Ion KeepPower 14500 que es recargable, es necesario utilizar un módulo de carga que permita cargar la batería de manera más eficiente y efectiva posible también pensando en la comodidad del usuario. Por lo tanto, para este diseño se hará uso del módulo TP4056 que como se mencionó en el apartado del marco teórico, este módulo utiliza un puerto mini USB que cuenta con un sistema de protección que cuando el voltaje decae a una muy baja cantidad, el sistema desconecta la carga para proteger la celda de funcionar a una tensión demasiado baja y también protege contra la conexión de sobre tensión.

Por lo que es indispensable para el diseño de este sistema de monitoreo, que sea muy útil, pues brinda portabilidad y también que controle el proceso de carga y descarga de una batería de iones de litio, protegiéndola de daños y prolongando su vida útil.

Especificaciones	Descripción
Voltaje de operación	5 V
Voltaje de carga	4.2 V
Corriente de la batería	1000 mA

Tabla 12. Especificaciones técnicas del módulo de carga TP4056.

Fuente: Obtenido de (TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8, s. f.).

Elaboración propia.

Cargador USB.

Una vez ya seleccionado el módulo de carga de baterías para el diseño del sistema de monitoreo, es importante seleccionar el cargador, por lo tanto, es importante que por criterios de selección y tomando en cuenta las especificaciones técnicas de la batería es gran importancia que la potencia suministrada por el cargador sea igual a la potencia suministrada por la batería.

Por lo tanto, el cargador USB debe de ser de 5V tipo C para poder alimentarse al módulo de cargas con un amperaje de un 1A, ya que la batería seleccionada Ion-Litio KeepPower 14500 su capacidad nominal es de 1000 mAh.

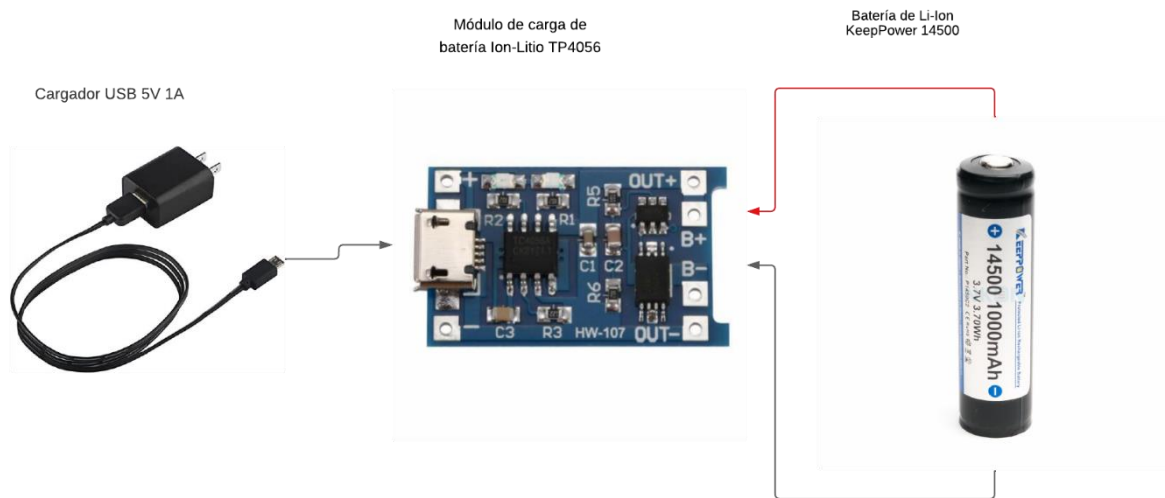


Figura 43. Diagrama unifilar de conexión del cargador USB hacia el módulo de carga con la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia en Lucidart.

Es importante también que una vez seleccionado el cargador USB para el diseño, es necesario calcular el tiempo de carga de la batería y también determinar cómo la misma pierde eficiencia a lo largo del tiempo respecto a su uso.

Pérdidas de eficiencia de la batería respecto al cargador USB.

Sin pérdida de eficiencia.

$$\text{MTFC} = (\text{no hay de pérdida de eficiencia}) = \left(\left(\frac{\text{BC}}{\text{CRC}} \right) * 10 \right) / 10$$

Ecuación 32. Tiempo de carga de una batería sin de pérdida de eficiencia.

Fuente: Obtenido de (Cargue las baterías Tiempo de cálculo, s. f.).

$$\text{MTFC} = \left(\left(\frac{1000 \text{ mAh}}{1 \text{ A}} \right) * 10 \right) / 10 = 1 \text{ hora}$$

Ecuación 33. Cálculo del tiempo de carga de la batería seleccionada sin de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.

Elaboración Propia.

BC	CRC	Factor sin pérdida de eficiencia	MTFC _(horas)
1000 mAh	1 A	1	1

Tabla 13. Tabla resumen del tiempo de carga de una batería al sin pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

Pérdida de eficiencia al 10 %.

$$\text{MTFC} = (10\% \text{ de pérdida de eficiencia}) = \left(\left(\frac{\text{BC}}{\text{CRC}} \right) * 11 \right) / 10$$

Ecuación 34. Tiempo de carga de una batería al 10% de pérdida de eficiencia.

Fuente: Obtenido de (Cargue las baterías Tiempo de cálculo, s. f.).

$$\text{MTFC} = \left(\left(\frac{1000 \text{ mAh}}{1 \text{ A}} \right) * 11 \right) / 10 = 1.1 \text{ horas}$$

Ecuación 35. Cálculo del tiempo de carga de la batería seleccionada con 10% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

BC	CRC	Factor de pérdida de eficiencia al 10 %	MTFC _(horas)
1000 mAh	1 A	11	1.1

Tabla 14. Tabla resumen del tiempo de carga de una batería al 10% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

Pérdida de eficiencia al 20%.

$$\text{MTFC} = (20\% \text{ de pérdida de eficiencia}) = \left(\left(\frac{\text{BC}}{\text{CRC}} \right) * 12 \right) / 10$$

Ecuación 36. Tiempo de carga de una batería al 20% de pérdida de eficiencia.

Fuente: Obtenido de (Cargue las baterías Tiempo de cálculo, s. f.).

$$\text{MTFC} = \left(\left(\frac{1000 \text{ mAh}}{1 \text{ A}} \right) * 12 \right) / 10 = 1.2 \text{ horas}$$

Ecuación 37. Cálculo del tiempo de carga de la batería seleccionada con 20% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

BC	CRC	Factor de pérdida de eficiencia al 20 %	MTFC _(horas)
1000 mAh	1 A	12	1.2

Tabla 15. Tabla resumen del tiempo de carga de una batería al 20% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

Pérdida de eficiencia al 30%.

$$\text{MTFC} = (\text{30\% de pérdida de eficiencia}) = \left(\left(\frac{\text{BC}}{\text{CRC}} \right) * 13 \right) / 10$$

Ecuación 38. Tiempo de carga de una batería al 30% de pérdida de eficiencia.

Fuente: Obtenido de (Cargue las baterías Tiempo de cálculo, s. f.).

$$\text{MTFC} = \left(\left(\frac{1000 \text{ mAh}}{1 \text{ A}} \right) * 13 \right) / 10 = 1.3 \text{ horas}$$

Ecuación 39. Cálculo del tiempo de carga de la batería seleccionada con 30% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

BC	CRC	Factor de pérdida de eficiencia al 30 %	MTFC _(horas)
1000 mAh	1 A	13	1.3

Tabla 16. Tabla resumen de tiempo de carga de una batería al 30% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

Pérdida de eficiencia al 40%.

$$\text{MTFC} = (\text{40\% de pérdida de eficiencia}) = \left(\left(\frac{\text{BC}}{\text{CRC}} \right) * 14 \right) / 10$$

Ecuación 40. Tiempo de carga de una batería al 40% de pérdida de eficiencia.

Fuente: Obtenido de (Cargue las baterías Tiempo de cálculo, s. f.).

$$\text{MTFC} = \left(\left(\frac{1000 \text{ mAh}}{1 \text{ A}} \right) * 14 \right) / 10 = 1.4 \text{ horas}$$

Ecuación 41. Cálculo del tiempo de carga de la batería seleccionada con 40% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

BC	CRC	Factor de pérdida de eficiencia al 40 %	MTFC _(horas)
1000 mAh	1 A	14	1.4

Tabla 17. Tiempo de carga de una batería al 40% de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

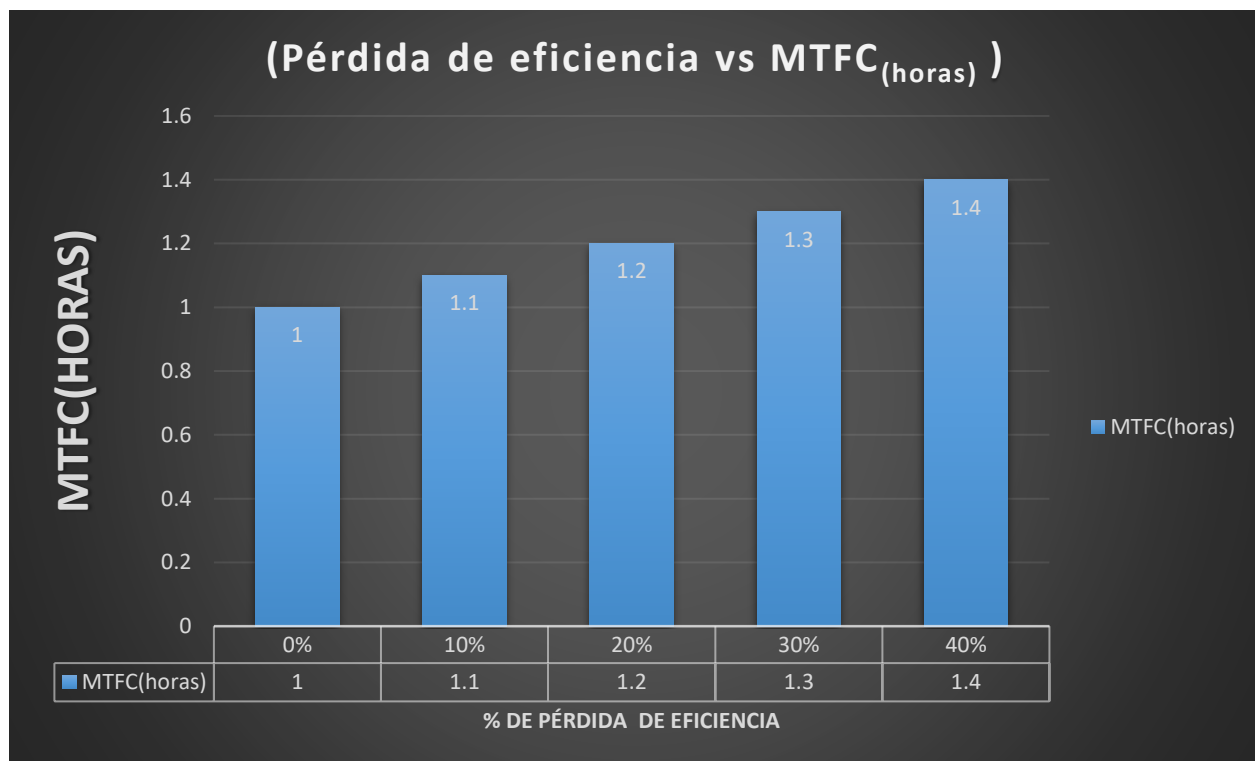


Figura 44. Gráfico ilustrativo del tiempo de carga de una batería considerando los porcentajes de pérdida de eficiencia de la batería seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis financiero del consumo eléctrico del sistema de monitoreo.

Al ser un diseño que utiliza una batería Ion-Litio mediante un módulo de carga de baterías, el único consumo eléctrico que requiere el usuario es de cargar la batería mediante un cargador USB, ya que la autonomía del sistema de monitoreo es ser portátil y recargable.

Carga eléctrica en KW del cargador USB.

Para realizar el cálculo de consumos eléctricos que se aplicaran al sistema de monitoreo, primero debemos de conocer su demanda en KW, su tiempo de carga, así como de las tarifas de la compañía eléctrica; para este caso específico la Compañía Nacional de Fuerza y Luz.

Se va a seleccionar los datos obtenidos de la página web de la compañía y nos da como referencia para la tarifa de comercios y Servicios (T-CO) un monto de ₡ 120.42 por hora. (CNFL,2023). Para ello, se utiliza la tarifa para comercios y servicios, la cual es una tarifa única durante todo el día.

Para consumos menores o iguales que 3 000 kWh	
Por cada kWh	₡ 120.42
Para consumos mayores de 3 000 kWh	
Cargo por energía, por cada kWh	₡ 72.06
Cargo por potencia, por cada kW	₡ 11 910.00

Figura 44. Tarifa de consumo eléctrico

Fuente: Obtenido por (INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD ICE, 2023).

También es importante indicar que, para este diseño, conforme la batería pierde eficiencia el tiempo de carga será mayor, por lo tanto, los costos de consumo eléctrico ascenderán a lo largo del tiempo.

Partiendo de la ecuación, donde I que es la corriente suministrada por el cargador USB igual a 1 A y donde V es respectivamente su voltaje igual a 5V, se procede a determinar la potencia en kW.

$$P_{(kW)} = I_{(A)} \times V_{(V)} / 1000$$

Ecuación 42. Fórmula de cálculo de kilovatios a kilovatios-hora.

$$P_{(kW)} = 1 A \times 5 V / 1000$$

$$P_{(kW)} = 0.005 kW$$

Ecuación 43. Cálculo de la potencia suministrada por el cargador USB.

Una vez obtenida la potencia del cargador del sistema de monitoreo, se procede a determinar los kWh con la ecuación de manera que se pueda visualizar como el cargador consume cada vez más conforme la batería pierde eficiencia de carga tomando en cuenta los MTFC en horas de la figura #43, por lo tanto, en la tabla 19# se podrá visualizar lo propuesto.

$$E_{(kWh)} = P_{(kW)} \times t_{(h)}$$

Porcentaje de pérdida de eficiencia de la batería respecto al cargador USB	Tiempo de Carga (MTFC en horas)	Cálculo	Consumo en (kWh)
0%	1 hora	$E_{(kWh)} = P_{(kW)} \times t_{(h)}$ $E_{(kWh)} = 0.005 kW \times 1 hr$	0.005 kWh
10%	1.1 horas	$E_{(kWh)} = P_{(kW)} \times t_{(h)}$ $E_{(kWh)} = 0.005 kW \times 1.1 hr$	0.0055 kWh
20%	1.2 horas	$E_{(kWh)} = P_{(kW)} \times t_{(h)}$ $E_{(kWh)} = 0.005 kW \times 1.2 hr$	0.006 kWh
30%	1.3 horas	$E_{(kWh)} = P_{(kW)} \times t_{(h)}$ $E_{(kWh)} = 0.005 kW \times 1.3 hr$	0.0065 kWh

40%	1.4 horas	$E_{(kWh)} = P_{(kW)} \times t_{(h)}$ $E_{(kWh)} = 0.005 \text{ kW} \times 1.4 \text{ hr}$	0.007 kWh
------------	-----------	--	-----------

Tabla 18. Cálculo de los kWh respecto al porcentaje de pérdida de eficiencia de la batería respecto al cargador USB tomando en cuenta los MTFC.

Elaboración propia

Ahora bien, se procede a determinar el costo de kWh con respecto al tiempo de carga de la batería y su relación con su pérdida de eficiencia tomando en cuenta para cada unidad y para las 200 unidades.

Consumo del cargador del sistema de monitoreo								
T-CO ((INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD ICE, 2023).		₡ 120.42						
	Horas de carga	Consumo estimado en kWh por cada unidad	Costo del kWh por cada unidad	Costo del kWh por las 200 unidades	Costo del kWh diario por las 200 unidades	Costo del kWh semanal por las 200 unidades	Costo del kWh mensual por las 200 unidades	Costo del kWh anual por las 200 unidades
0% de pérdida de eficiencia.	1	0.005	₡ 0.6021	₡ 120.42	₡ 2,890.08	₡ 20,230.56	₡ 80,922.24	₡ 971,066.88
10% de pérdida de eficiencia.	1.1	0.0055	₡ 0.7285	₡ 145.71	₡ 3,497.00	₡ 24,478.98	₡ 97,915.91	₡ 1,174,990.92
20% de pérdida de eficiencia.	1.2	0.006	₡ 0.8670	₡ 173.40	₡ 4,161.72	₡ 29,132.01	₡ 116,528.03	₡ 1,398,336.31
30% de pérdida de eficiencia.	1.3	0.0065	₡ 1.018	₡ 203.51	₡ 4,884.24	₡ 34,189.65	₡ 136,758.59	₡ 1,641,103.03
40% de pérdida de eficiencia.	1.4	0.007	₡ 1.180	₡ 236.02	₡ 5,664.56	₡ 39,651.90	₡ 158,607.59	₡ 1,903,291.08

Tabla 19. Costo del kWh con respecto al tiempo de carga del cargador USB basado en la pérdida de eficiencia de la batería.

Fuente: Elaboración propia en Excel.

Regulador de Voltaje

El diseño del sistema de monitoreo al tener los módulos principales: Node Mcu Esp8266, la pantalla de visualización SSD 1306 y el Sensor SpO2 MAX30100, necesitan una tensión nominal constante a 3,3 voltios y como el voltaje nominal de la batería seleccionada es de 3.7 voltios y más aún cuando la batería se encuentra en su máxima carga en 4.2 voltios, es necesario utilizar un regulador de voltaje para que los módulos principales logren operar de manera adecuada.

Para ello, se va a utilizar el regulador de voltaje MCP1700 que permite regular ese voltaje de una manera estable y controlada para poder alimentar el componente central y los auxiliares. Así mismo, se presentarán las especificaciones técnicas necesarias para este diseño.

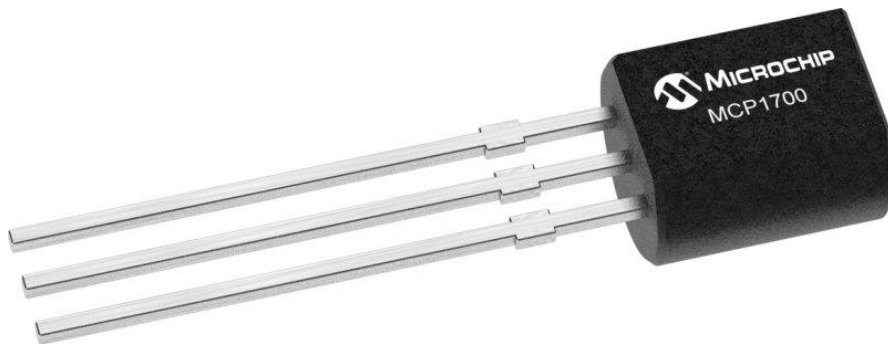


Figura 45. Regulador de voltaje MCP1700.

Fuente: Obtenido de (MCP1700, s. f.).

Especificaciones técnicas	Descripción
Rango de voltaje de entrada	2.3-6 V
Voltaje de salida	3.3 V
Máxima corriente de salida	250 mA
Temperatura de operación máxima	+125°C
Temperatura de operación mínima	-40°C
Encapsulado	TO-92

Tabla 20. Especificaciones técnicas del regulador de voltaje MCP1700.

Fuente: Obtenido de (MCP1700, s. f.)

Elaboración propia.

Interruptor SPST.

Al ser un diseño simple que deberá brindar portabilidad y facilidad al usuario, y al considerar que es un dispositivo que solo estará en uso en momentos de medición deberá incluir un interruptor. Para ello, se hace la selección de un interruptor SPST de tipo palanca de dos pines el cual brindará la función de encendido y apagado simple y momentáneo propiamente del sistema de monitoreo, ya que el circuito funciona en DC (corriente directa). A continuando



se presentan las especificaciones técnicas.

Figura 46. Interruptor de palanca SPST.

Fuente: Obtenido de (Toggle Switch SPST ON-OFF 5A 120VAC/28VDC PCB Mount, s. f.)

Especificaciones técnicas	Descripción
Forma de contacto	ON/OFF
Cantidad de pines	2
Máxima corriente	100 mA
Máximo Voltaje DC	28 V
Temperatura de operación	-30°C~130°C
Dimensiones	12.7 mm x 7.11 mm x 8.9 mm

Tabla 21. Especificaciones técnicas del interruptor de palanca SPST.

Fuente: Obtenido de (Toggle Switch SPST ON-OFF 5A 120VAC/28VDC PCB Mount, s. f.)

Elaboración propia.

Diseño del hardware del sistema electrónico del sistema de monitoreo.

El diseño del sistema electrónico se hace en EasyEDA, el cual es un software que permite de manera interactiva la simulación de circuitos electrónicos y diseño de pistas PCB en donde su paquete de instalación se encuentran librerías de componentes electrónicos pasivos o activos de los fabricantes que existen en el mercado. Además, permite visualizar en 2D y 3D lo que permite tener una idea más clara del diseño respectivamente.

En la Figura se muestra todos los elementos utilizados en la implementación del circuito electrónico como: módulo de carga de baterías ion-litio, interruptor SPST, regulador de voltaje, sensor de oximetría, tarjeta de desarrollo, pantalla de visualización y batería ion-lito.

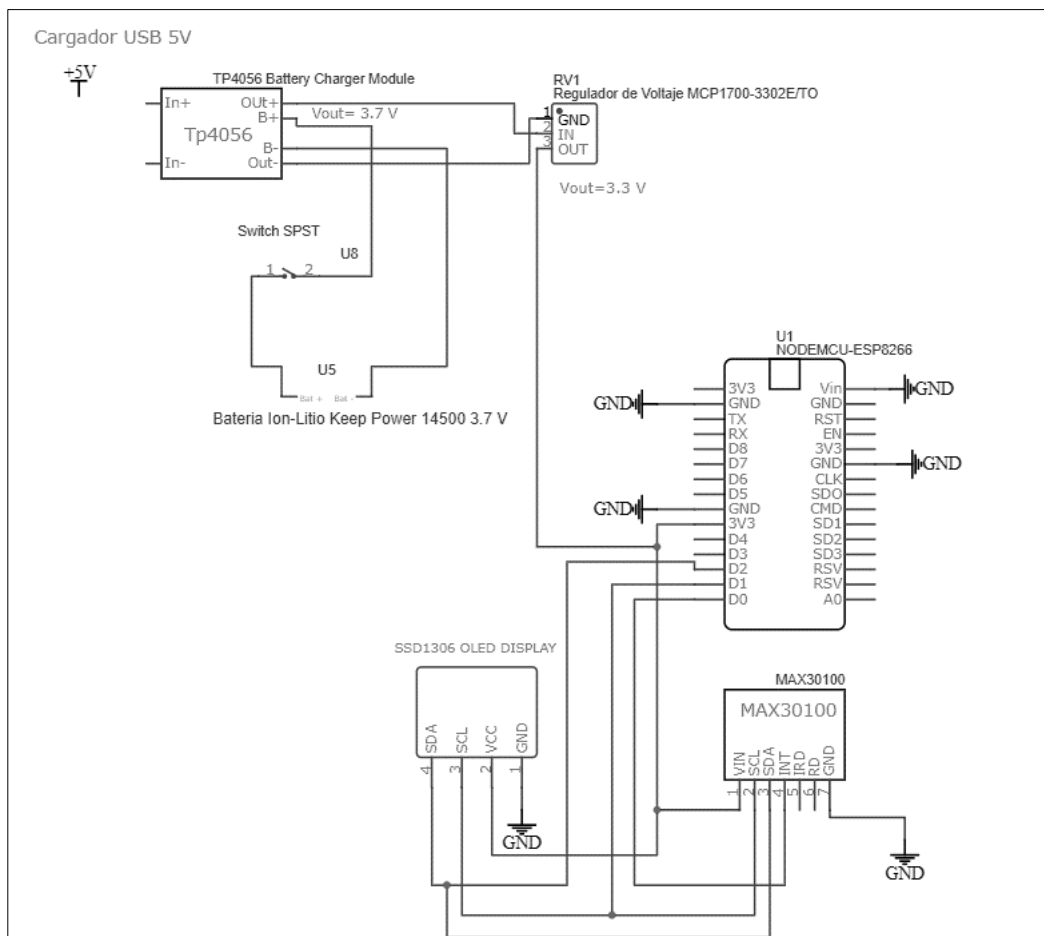


Figura 47. Diagrama del circuito electrónico del sistema de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia en EasyEDA.

El sistema de monitoreo al ser compacto y portátil, la placa PCB se la realiza a doble lado para de esta manera reducir su tamaño de conexión y aprovechar mejor el espacio, por lo tanto, todos los módulos, regulador de voltaje, sensor y pantalla de visualización irán instalados con soldadura. La placa, por lo tanto, tiene unas dimensiones para el diseño de 85 mm x 85 mm y un grosor 1.6 mm.

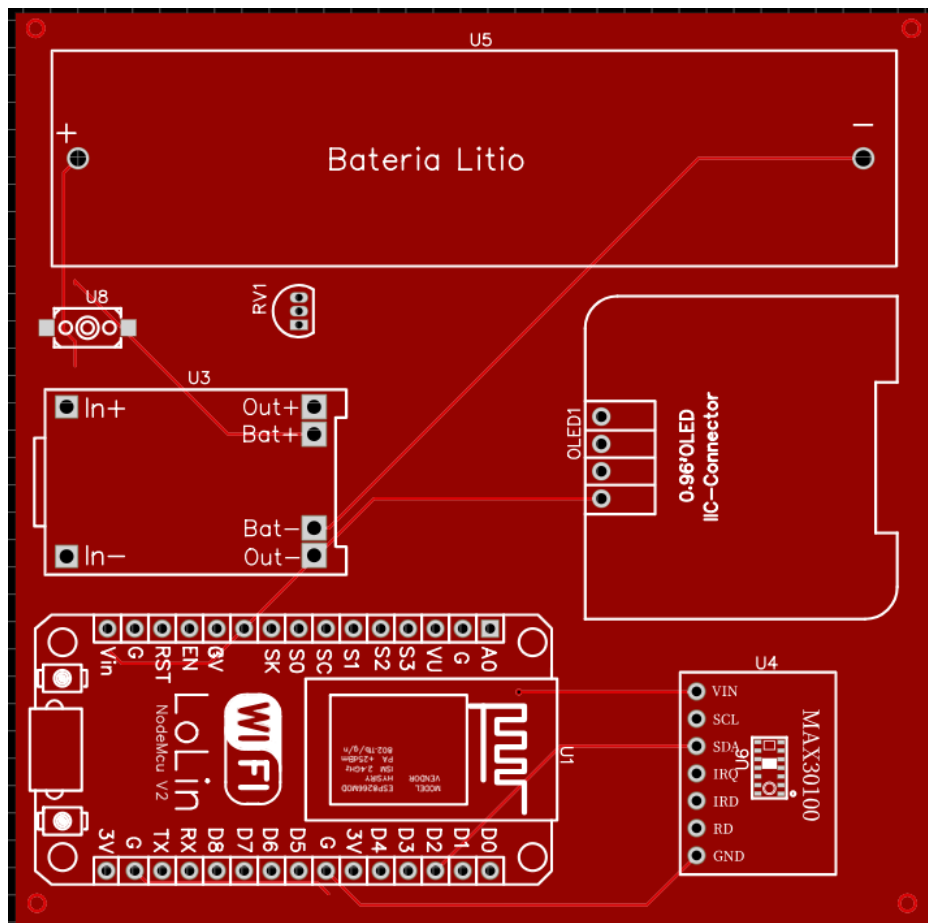


Figura 48. Tarjeta PCB del sistema de monitoreo IoT con vista frontal modelado en 2D.

Fuente: Elaboración propia en EasyEDA.

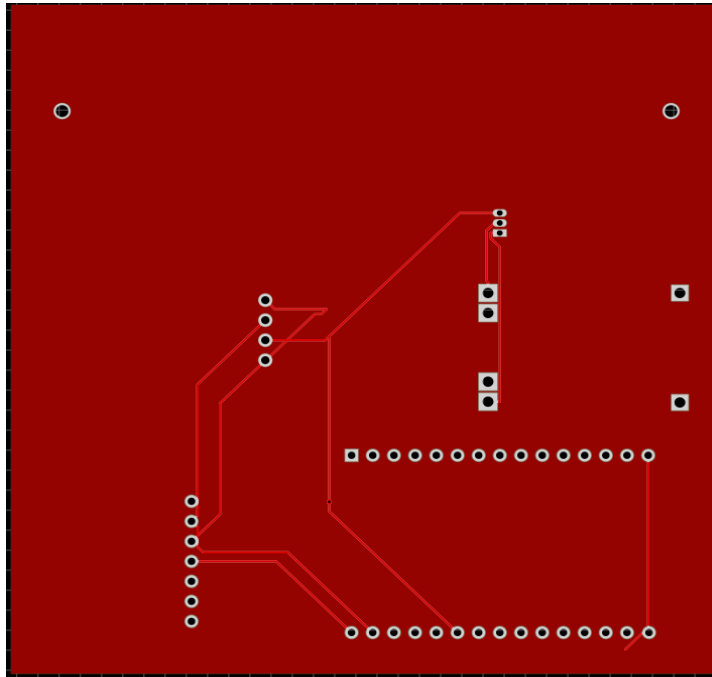


Figura 49. Tarjeta PCB del sistema de monitoreo IoT con vista trasera modelado en 2D.

Fuente: Elaboración propia en EasyEDA.

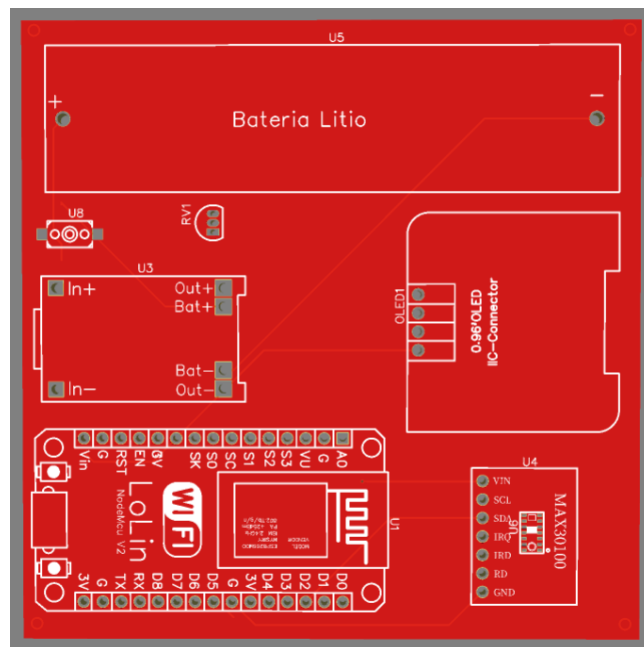


Figura 50. Tarjeta PCB del sistema de monitoreo IoT con vista frontal modelado en 3D.

Fuente: Elaboración propia en EasyEDA.

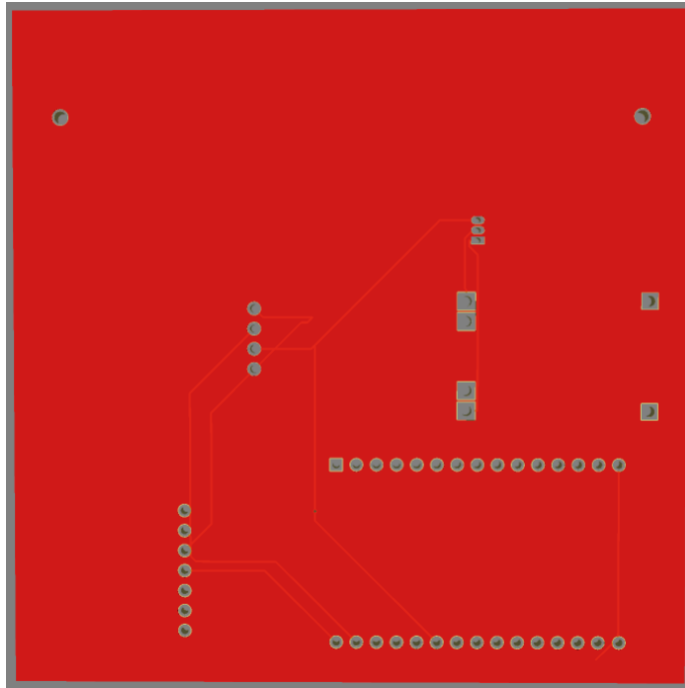


Figura 51. Tarjeta PCB del sistema de monitoreo IoT con vista trasera modelado en 3D.

Fuente: Elaboración propia en EasyEDA.

Diseño del sistema de conectividad y procesamiento del sistema de monitoreo.

En esta parte del diseño del sistema de monitoreo se delimitará su conectividad y procesamiento IoT. Para ello se establece una arquitectura básica el cual consistirá de tres etapas que se definirán a continuación:

- Etapa 1: Adquisición de señales.
- Etapa 2: Recibimiento, procesamiento y envío de datos.
- Etapa 3: Visualización y almacenamiento de datos.

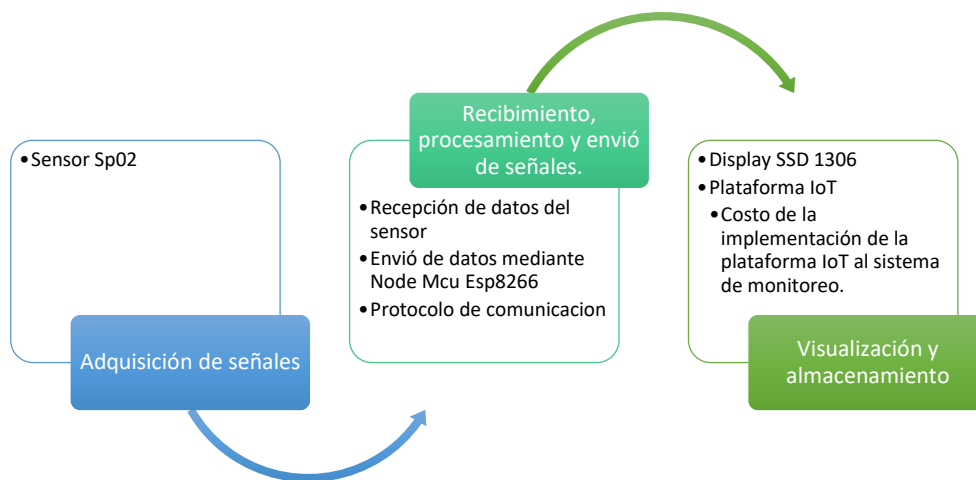


Figura 52. Diagrama de flujo de las etapas de conectividad y procesamiento.

Fuente: Elaboración propia.

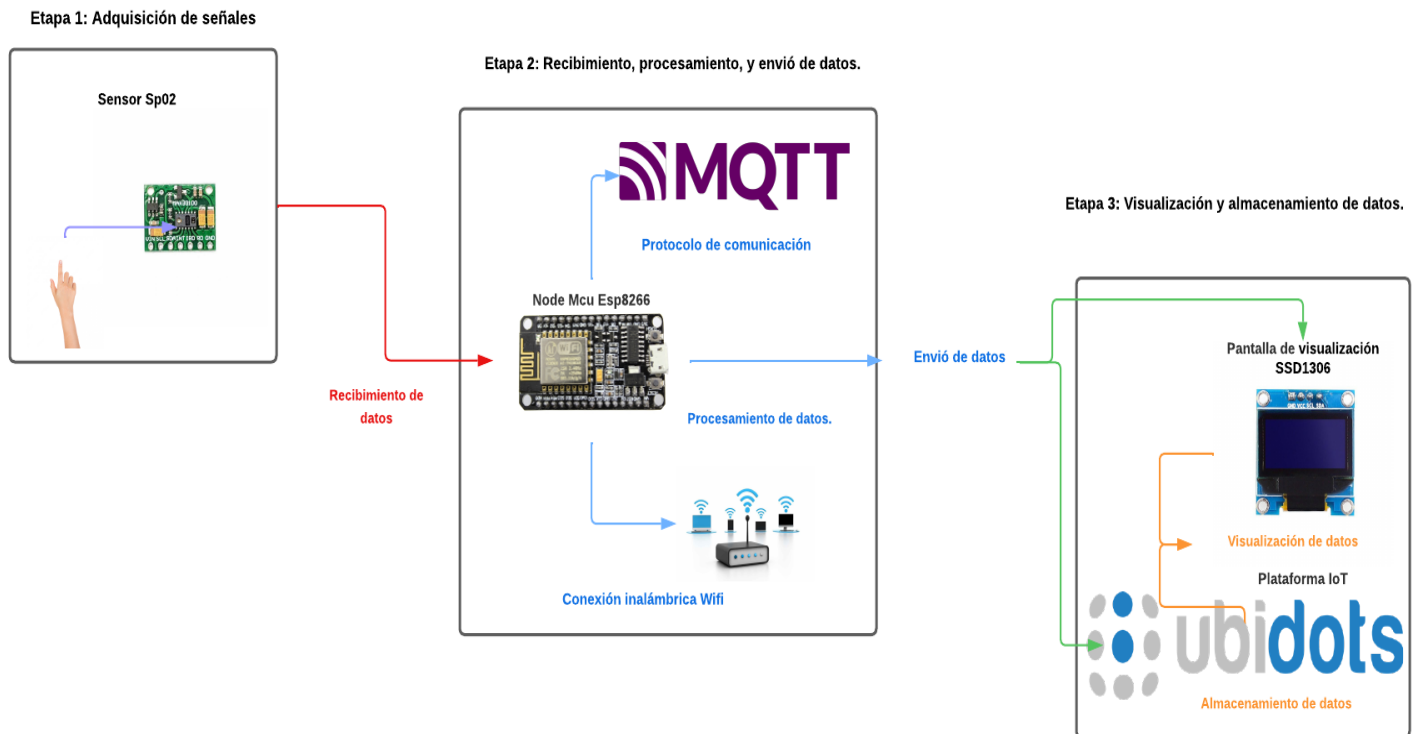


Figura 53. Diagrama unifilar de la conectividad y procesamiento de del sistema de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia en Lucidart.

Etapa 1: Adquisición de señales.

En esta etapa de adquisición de señales, el sensor Sp02 MAX30100 se encarga de medir los valores de saturación de oxígeno en sangre en el momento que el usuario coloque su dedo índice y que, a su vez, dicho sensor logra tener una comunicación serial con el Node Mcu Esp8266 para que estos valores que son datos, sean recibidos por este módulo respectivamente.

Para ello, este sensor tendrá la programación en lenguaje c++ determinado por las librerías de Arduino para realizar dicha acción.

Etapa 2: Recibimiento, procesamiento y envío de datos.

En esta etapa se encarga del entrelazado de datos de la etapa de adquisición de señales con la etapa de recibimiento, procesamiento y envío de datos. Para lograrlo se utiliza como se mencionó anteriormente el hardware IoT Node Mcu Esp8266, la cual cuenta con comunicación serial para la recepción de datos provenientes del sensor MAX30100.

Implementación del protocolo MQTT.

Para que la comunicación sea IoT se requiere la utilización de un protocolo de comunicación para procesar esos datos para después ser enviados hacia un destino, por lo tanto, para este diseño se utilizará el protocolo de comunicación MQTT. El protocolo MQTT se caracteriza por ser un protocolo de comunicación ligero y eficiente, además de que posee una excelente seguridad y escalabilidad.

El protocolo MQTT al ejecutarse sobre TCP/IP deberá de poseer dos tipos de sistemas: el cliente y el bróker

- El cliente: el cliente MQTT será el sensor Sp02 quien se encarga de transmitir los datos para después ser publicados y procesados mediante el Node Mcu Esp8266.
- El bróker: el bróker MQTT será en este caso la plataforma IoT quien tendrá la función de recibir esos datos publicados para después ser visualizados y almacenados.

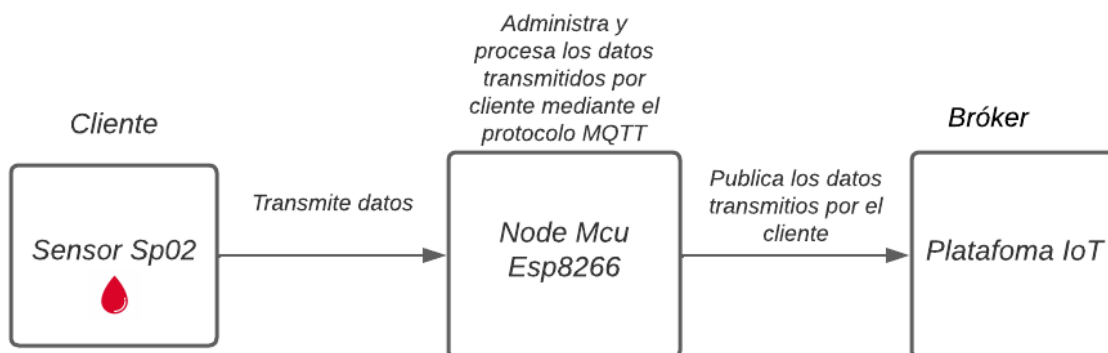


Figura 54. Diagrama de flujo de la implementación del protocolo MQTT.

Fuente: Elaboración propia en Lucidart.

Es importante indicar que, para establecer comunicación entre el cliente y el bróker, se deberá de realizar con la programación con las librerías de Arduino en lenguaje c++ con la clave suministrada por la plataforma IoT.

Conectividad inalámbrica Wifi.

Respectivamente al utilizar el protocolo de comunicación MQTT se requiere conectividad inalámbrica Wifi. Por lo tanto, el módulo Node Mcu Esp8266 al contar con conectividad WiFi 802.11 b/g/n con velocidades de hasta 54 Mbit/s permite la comunicación hacia un punto de acceso a internet para la actualización de los datos. Es importante indicar que para que la comunicación sea IoT, dicho sistema se debe de tener siempre cobertura a una red Wifi, ya que, si no se tiene dicho sistema, solo funcionara de manera estacionaria y no se podrán visualizar esos datos de manera remota.

No obstante, para que se logre cumplir esta función, la placa Node Mcu Esp8266 deberá de estar configurada mediante la programación de Arduino de igual manera con lenguaje c++. Para conectarse a una red Wifi dicha placa deberá estar configurada en modo estación (STA, station) para conectarse al punto de acceso de la red deseada (AP, Access point).



Figura 55. Conectividad inalámbrica Wifi.

Fuente: Elaboración propia en Lucidart.

Requerimientos	Limitaciones
SSID de la red	Cobertura siempre con una red Wifi fija
Contraseña de la red	

Tabla 22. Requerimientos y limitaciones de la conectividad inalámbrica Wifi.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 3: Visualización y almacenamiento de datos.

Para esta etapa de diseño se hace la selección de la plataforma IoT: Ubidots, ya que será el servidor del sistema de monitoreo por lo que permite almacenar y visualizar los datos de la etapa de recibimiento, procesamiento y envío de datos, pues tiene la capacidad de ejecutar esta acción con gran facilidad por medio canales creados para su interpretación respectivamente y también al ser una plataforma que permite la integración de hardware IoT es adecuada para el enlace con la placa Node Mcu Esp8266.

Dentro de la plataforma Ubidots tendrá un tablero de instrumentos de visualización más conocido como el dashboard donde se encontrarán los siguientes parámetros:

- Niveles de saturación de oxígeno en sangre.
- Sistema de alertas cuando existan niveles fuera de rango.
- Gráfico estadístico con las mediciones realizadas por el usuario.
- Carga restante en % de la batería del sistema de monitoreo.
- Sistema de compartido para que usuarios externos puedan tener acceso a esta información.



Figura 56. Tablero de instrumentos de visualización.

Fuente: Elaboración propia en Ubidots.

Por otra parte, se podrán visualizar la información obtenida por la placa Node Mcu Esp8266 a través de la pantalla de visualización SSD1306 OLED, además del porcentaje restante de la batería del sistema de monitoreo, por lo que toda su programación para realizar dicha función se hará en lenguaje c++ con las librerías de Arduino.



Figura 57. Pantalla de visualización SSD 1306 OLED.

Fuente: Elaboración propia en Lucidart.

Costo de la implementación de la plataforma IoT al sistema de monitoreo.

Como se mencionó anteriormente, como plataforma IoT se está utilizando Ubidots que es la que está vinculada con la biblioteca de Arduino por lo que esta plataforma cuenta con una versión de licencia gratuita y una de paga. Por lo tanto, se debe considerar el tamaño del sistema de monitoreo deseado para evaluar la adquisición de la versión necesaria además de que dicho sistema será para un centro de salud.

Versión	Cantidad de Dispositivos	Frecuencia de pago	Costo (€)	Costo (\$)
IoT Entrepreneur	25	Mensual	26362	49
Professional	200	Mensual	107062	199
Industrial	1000	Mensual	268462	499

Tabla 23. Costo de implementación de la plataforma IoT considerando sus diversos tipos de licencias.

Elaboración propia en Excel.

Por lo tanto, como se puede visualizar, la versión de paga brinda la oportunidad de instalar una cantidad limitada de dispositivos y variables al sistema de monitoreo en tiempo real, lo que, a una gran escala, es recomendable adquirir esta versión por lo que para este diseño se escoge la versión Professional, ya que es una versión muy completa para el tipo de función que se le quiere dar respectivamente.

Efectividad del sistema de monitoreo para el centro de salud.

Tomar en cuenta las necesidades y condiciones del centro de salud es de suma importancia, pues deja claro en qué aspectos podría haber posibilidad de mejora en procesos realizados por el cuerpo médico, ya sea de estudio, medición o control de factores relacionados a la saturación de oxígeno en sangre de los pacientes.

Por consiguiente, la idea de brindar un diseño de un sistema de monitoreo IoT puede causar un gran impacto al cuerpo médico, ya que les deja tener un mayor panorama con mayor claridad de la situación de atención de los pacientes y qué medidas tomar al respecto con mucha mayor efectividad. Por lo tanto, mencionar factores de como este diseño puede ser beneficioso para dicho centro de salud es de alto valor.

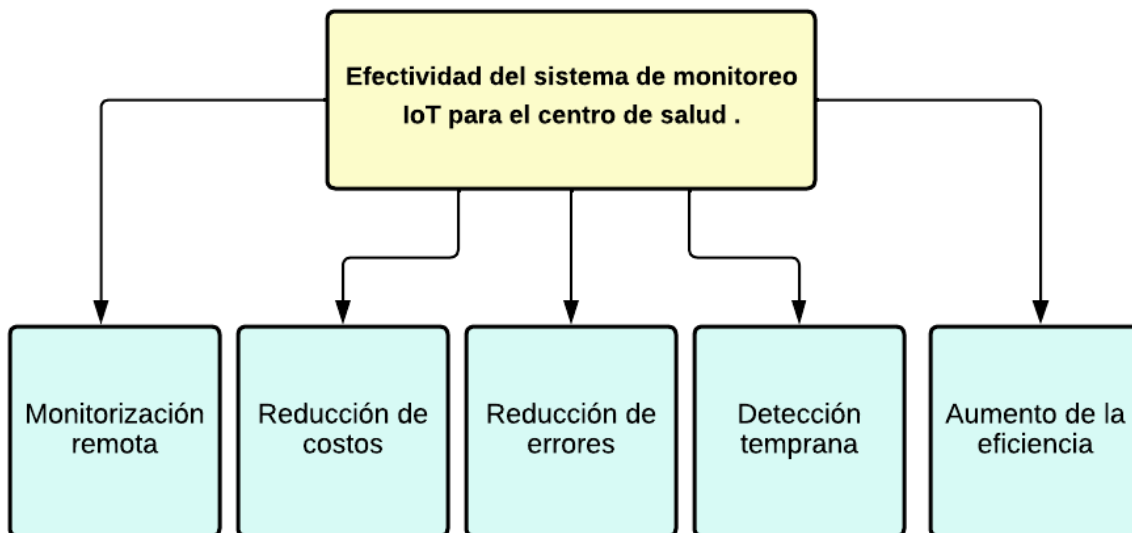


Figura 58. Factores que logran una mejor efectividad del sistema de monitoreo IoT para el centro de salud.

Fuente: Lucidart

Elaboración propia.

1. **Monitorización remota:** El hacer posible que el diseño de este sistema permita la monitorización remota de los pacientes es de gran utilidad, ya que en situaciones en las que se requiere una atención continua, como en unidades de cuidados intensivos o en pacientes en aislamiento.
2. **Reducción de costos:** Adaptar el diseño a las necesidades particulares de un centro de salud, se puede disminuir los costos en la atención al paciente al posibilitar una atención más eficiente, reducir el período de hospitalización y prevenir la aparición de complicaciones.
3. **Reducción de errores:** Lograr que el diseño del sistema logre automatizar la recopilación de datos, reduce la posibilidad de errores humanos en la medición y registro de los datos.
4. **Detección temprana:** La implementación de este diseño para la medición continua de los niveles de saturación de oxígeno en sangre puede detectar de manera temprana cualquier cambio en los niveles, lo que posibilita una intervención inmediata y previene la aparición de complicaciones en los pacientes.
5. **Aumento de la eficiencia:** La eficiencia en la atención al paciente puede incrementarse al ajustar el diseño de un sistema de monitoreo IoT a las necesidades específicas del centro de salud, permitiendo recopilar datos en tiempo real y enviar alertas automáticas en caso de que se detecte alguna anomalía, lo que permite a los profesionales de la salud tomar decisiones más informadas y eficientes.

Diseño del sistema mecánico del sistema de monitoreo.

La función del sistema mecánico es almacenar la placa PCB y brindar protección hacia el sistema de monitoreo. Por lo tanto, para el diseño se hace la selección del material acrilonitrilo butadieno estireno más conocido como plástico ABS, ya que es utilizado en muchos dispositivos médicos y también brinda ciertas propiedades mecánicas muy importantes para este diseño.

Propiedades mecánicas del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	
1	Resistencia al impacto templado extremadamente alta.
2	Resistencia al impacto templado extremadamente baja.
3	Resistencia a la tracción
4	Resistencia a la alta deflexión templada
5	Resistencia al módulo de flexión

Tabla 24. Propiedades mecánicas del acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).

Fuente: Obtenido de (Duco ABS Plastic Sheet 1/8 Inch Thick 12" x 36" - Two-Sided Rigid ABS Sheet (Textured Plastic Front & Smooth Back) - DIY Home Decor and Robotics Competitions Use - Black Plastic Sheet (Pack of 1) : Industrial & Scientific, s. f.)

Elaboración propia.

También para este diseño se Autocad para realizar los diseños en 2D y 3D a partir de la importación de la placa PCB simulada en EasyEda para verificar que las dimensiones sean las correctas para el diseño respectivamente.

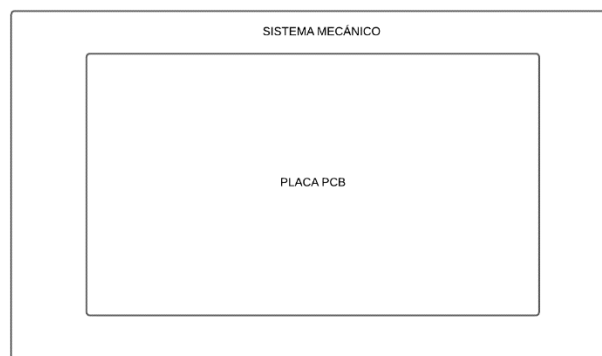


Figura 59. Diagrama general del sistema mecánico.

Fuente: Elaboración propia en Lucidart.

Carcasa.

La carcasa o soporte principal mecánico tiene como objetivo como se mencionó anteriormente brindar protección a los elementos eléctricos y electrónicos, por lo tanto, para este diseño la misma se divide en parte superior e inferior.

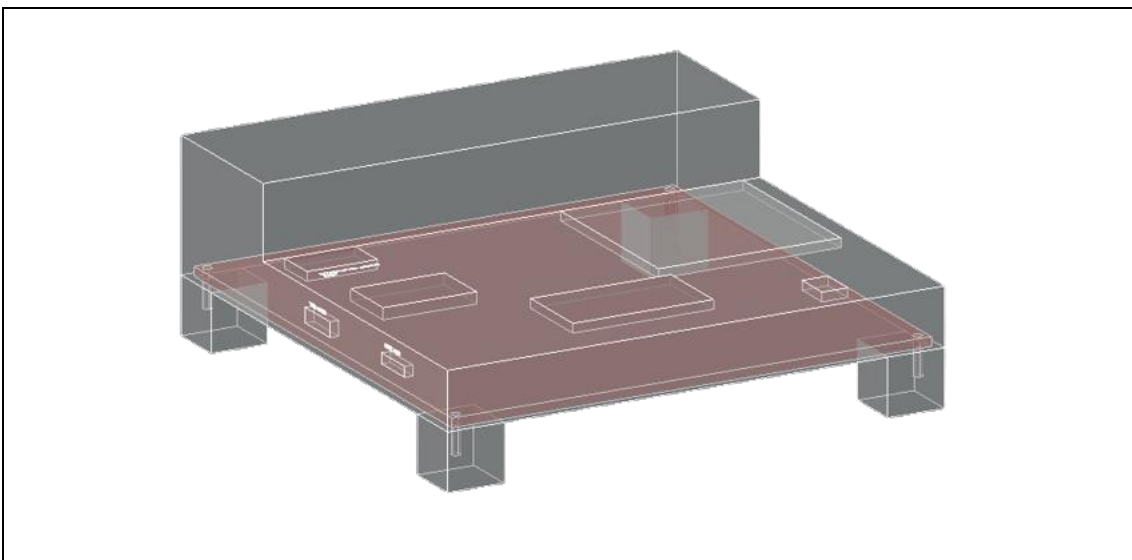
Parte superior de la carcasa.

En esta parte superior es donde se encuentra el sistema de alimentación y se encuentran principalmente los componentes donde dicho usuario podrá hacer uso de la función principal del sistema de monitoreo. Dicha carcasa tendrá las medidas que se presentarán en la tabla

Largo	Ancho	Altura
88.04 mm	88.04 mm	23 mm

Tabla 25. Medidas de la parte superior de la carcasa.

Fuente: Elaboración Propia



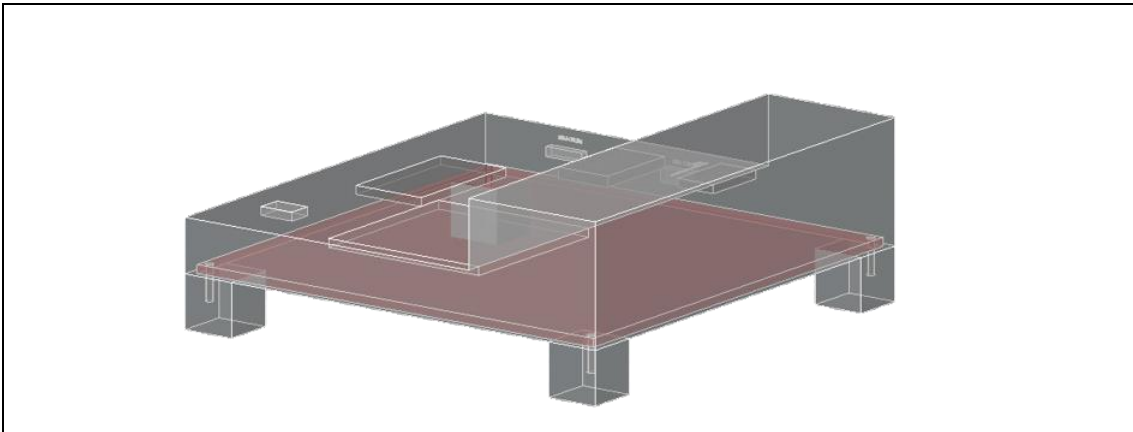


Figura 60. Modelado en 3D de la parte superior de la carcasa.

Fuente: Elaboración propia en AutoCad.

Parte inferior de la carcasa.

En esta parte estarán los apoyos principales de la carcasa que tendrán unas medidas de 10 mm x 10 mm x 10 mm, que unirán con la parte superior mediante sujetadores de fijación de un material de acero inoxidable con buena resistencia a la corrosión.

Los sujetadores tendrán las siguientes medidas para ser acoplados en los apoyos principales que se presentan en la siguiente tabla:

Longitud del tornillo	Diámetro del paso
8 mm	0.8 mm

Tabla 26. Longitudes de los sujetadores.

Fuente: Obtenido de (M5 x 12mm Machine Screws Phillips Cross Round Head Screw 304 Stainless Steel Fasteners Bolts30Pcs, Aicosineg: Amazon.com: Industrial & Scientific, s. f.)

Elaboración propia.



Figura 61. Sujetadores de acero inoxidable.

Fuente: Obtenido de (M5 x 12mm Machine Screws Phillips Cross Round Head Screw 304 Stainless Steel Fasteners Bolts30Pcs,Aicosineg: Amazon.com: Industrial & Scientific, s. f.)

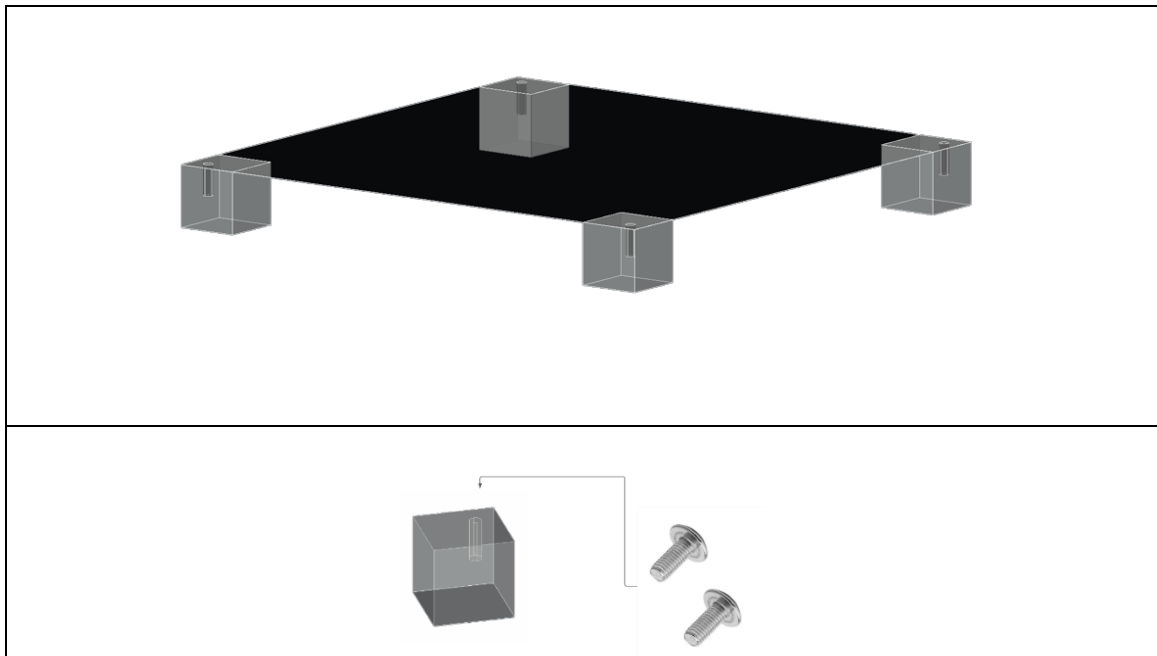


Figura 62. Modelado en 3D de la parte inferior de la carcasa.

Fuente: Elaboración propia en AutoCad.

Elementos exteriores que constituyen a la carcasa del sistema de monitoreo.

En este apartado se describirá los elementos principales que tendrá presente dicho usuario al momento que utilice el sistema de monitoreo, por lo tanto, se mostrará cada elemento con su respectiva función.

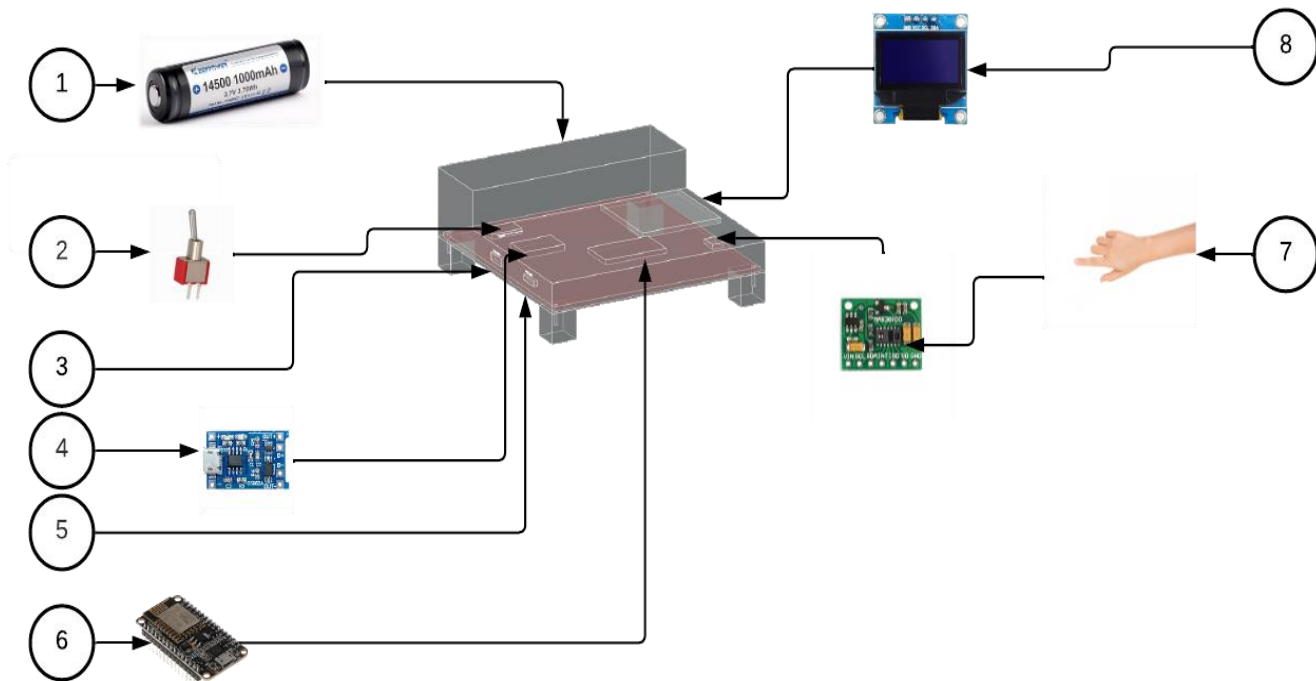


Figura 63. Elementos exteriores que constituyen a la carcasa del sistema de monitoreo.

Fuente: Lucidart

Elaboración Propia.

Ítem	Función
1	La batería Ion-Litio es la alimentación de todo el sistema de monitoreo ya que energiza todos los componentes de dicho sistema respectivamente.
2	El interruptor SPST de palanca se encarga de dar la función de apagado y encendido (ON/OFF) del sistema de monitoreo.
3	Esta primera entrada auxiliar de USB posee la función de cargar a la batería Ion-Litio mediante el cargador USB Tipo C.
4	En esta primer cubierta, se podrá visualizar cuando el módulo de carga TP4056 está cargando a la batería mediante un indicador de luz (LED) roja y cuando la batería está totalmente cargada mediante un indicador de luz (LED) azul.
5	Esta segunda entrada auxiliar de USB posee la función de poder configurar el módulo Node Mcu Esp8266 para la conexión vía Wifi.
6	En esta segunda cubierta, se podrá visualizar cuando el módulo Node Mcu Esp8266 del sistema de monitoreo está conectado o no a la red Wifi mediante una luz (LED) azul.
7	En esta tercera cubierta, se podrá visualizar del sensor SpO2 MAX30100 donde el usuario realizara su respectiva medición mediante el dedo índice de la mano.
8	Finalmente, en esta cuarta cubierta, se podrá ver a plena vista el display de visualización donde el usuario podrá determinar sus niveles de SpO2 además del porcentaje restante de la batería

Tabla 27. Funciones de los elementos exteriores que constituyen a la carcasa del sistema de monitoreo.

Elaboración Propia.

Rutinas de mantenimiento preventivo.

En este apartado, una vez analizado las especificaciones técnicas de cada componente que integrará el sistema de monitoreo y de cómo funcionarán en conjunto, se establecerán protocolo de rutinas de mantenimiento preventivo elaboradas respectivamente de una forma que sea amigable con el usuario y, a su vez, muy intuitiva, la cual permite que sea fácil de completar y que no demore mucho tiempo llenando sus casillas, por lo que respectivo mantenimiento preventivo se realizara semestralmente en estos dispositivos.

Para ver con más detalle se puede visualizar el protocolo en el Apéndice M.

APÉNDICE M. Rutinas de mantenimiento preventivo del sistema de monitoreo IoT.

Análisis financiero para el diseño del sistema de monitoreo.

Al llevar a cabo el análisis financiero para el diseño del sistema de monitoreo, se tendrán en cuenta diversos aspectos que abarcan desde los costos de adquisición de los componentes y materiales necesarios hasta el montaje y mantenimiento del sistema en su totalidad. Además, se considerarán los gastos asociados a la licencia de la plataforma IoT, así como la programación y el mantenimiento adecuado de la misma.

Es importante destacar que el sistema de monitoreo se implementará individualmente para cada uno de los pacientes, teniendo en cuenta que en total se requiere cubrir a 200 pacientes. Por lo tanto, los costos involucrados se multiplicarán por este número para obtener una perspectiva financiera completa.

Costo de componentes y materiales requeridos para el diseño del sistema de monitoreo IoT.

La información recopilada en la tabla 29 revela los costos detallados de cada componente y material, así como las diferentes opciones de proveedores y sus respectivas cotizaciones. Según los datos presentados, el costo total por unidad se estima en \$83.22 dólares y ₡44,571.80.

A partir de este análisis individual, se puede calcular el monto total requerido para las 200 unidades necesarias. En consecuencia, el costo total para este pedido específico se estima en \$16,644.00 dólares y ₡8,914,359.96.

Costo de componentes y materiales requeridos para el diseño del sistema de monitoreo IoT

Dispositivo	Cantidad	Proveedor	Precio unitario (\$)	Precio unitario (₡)
Sensor de oximetría SpO2 MAX3100	1	MicroJPM	\$11.95	₡6,400.30
Pantalla de visualización SDD 1306 OLED	1	MicroJPM	\$11.95	₡6,400.30
Módulo Node Mcu Esp8266	1	MicroJPM	\$10.95	₡5,864.71
Regulador de voltaje MCP1700	1	Digikey Electronics	\$0.50	₡267.80
Cargador USB 5V 1A Tipo C	1	Amazon	\$8.99	₡4,814.95
Soporte de Batería	1	Amazon	\$3.75	₡2,008.46
Batería de Ion-litio KeepPower14500 de 1000 mAh	1	Illumn	\$6.99	₡3,743.77
Interruptor de palanca SPST ON/OFF	1	Jameco Electronics	\$1.15	₡615.93
Fabricación de Tarjeta PCB	1	PCBway	\$5.00	₡2,677.95
Tornillos Phillips de cabeza redonda	1	Amazon	\$2.00	₡1,071.18
Plástico ABS	1	Amazon	\$19.99	₡10,706.44
Total			\$83.22	₡44,571.80
	Precio (\$)	Precio (₡)		
Precio Total por las 200 unidades	\$ 16,644.00	₡ 8,914,359.96		

Tabla 28. Costo de componentes y materiales requeridos para el diseño del sistema de monitoreo IoT.

Elaboración propia en Excel.

Costo del montaje del sistema de monitoreo IoT.

Con el propósito de determinar el costo del montaje del sistema de monitoreo, se ha solicitado una cotización a PCBway, un fabricante especializado en prototipado de PCB y servicios de montaje con sede en Shenzhen, China. La tabla 30 presenta los costos correspondientes tanto para las 200 unidades en total como el costo unitario.

La colaboración con PCBway nos ha permitido obtener una estimación precisa de los gastos de montaje requeridos para cada unidad del sistema de monitoreo. Su experiencia y especialización en este campo garantizan la calidad y confiabilidad del servicio.

Costo del montaje del sistema de monitoreo IoT					
	Proveedor	Precio unitario (\$)	Precio total por las 200 unidades (\$)	Precio unitario (₡)	Precio total por las 200 unidades (₡)
Sistema de monitoreo	PCBway	\$ 19.07	\$ 3,813.15	₡ 10,211.43	₡ 2,042,285.01

Tabla 29. Costo del montaje del sistema de monitoreo IoT.

Elaboración propia en Excel.

Costo de la implementación de la programación, plataforma IoT y su mantenimiento.

Con el objetivo de obtener una estimación precisa y detallada de los costos involucrados en la programación de cada unidad, la implementación de la plataforma IoT y el mantenimiento correspondiente, se ha recurrido a la experiencia y conocimientos de un ingeniero especializado en software. Este profesional ha realizado una cotización, en la cual se ha asignado un valor específico a cada elemento mencionado.

En este apartado es importante aclarar que el costo de la licencia para cada unidad es de un \$1 mensual, pero que anual serán \$12. También para que el sistema pueda realizar sus debidas funciones, su programación será en Arduino con un costo único para cada unidad y finalmente el costo del mantenimiento de dicha plataforma y software que será de un costo de \$5 por cada 6 meses, anual serán \$10 por unidad.

Costo de la implementación de la programación, plataforma IoT y su mantenimiento.

	Proveedor	Precio unitario (\$)	Precio total por las 200 unidades (\$)	Precio unitario (₡)	Precio total por las 200 unidades (₡)
Programación (Arduino)	Ingeniero en Software	\$20.00	\$4,000.00	₡10,711.80	₡2,142,360.00
Licencia (Plataforma IoT)	Ubidots	\$12.00	\$2,400.00	₡6,427.08	₡1,285,416.00
Mantenimiento de la plataforma y software	Ingeniero en Software	\$10.00	\$2,000.00	₡5,355.90	₡1,071,180.00
Total		\$42.00	\$8,400.00	₡22,494.78	₡4,498,956.00

Tabla 30. Costo de la implementación de la programación, plataforma IoT y mantenimiento.

Elaboración propia en Excel.

Costos del mantenimiento del sistema de monitoreo.

En lo que respecta a los costos del mantenimiento del sistema de monitoreo, se ha llevado a cabo una evaluación en conjunto con el servicio técnico para determinar los gastos unitarios y el costo total para las 200 unidades.

También se ha determinado que para los costos de cambio de batería de este sistema de monitoreo, se ha tomado como referencia que los sistemas que existen en el mercado, la vida útil corresponde a 5 años, por lo tanto, se ha utilizado este valor para dicho cálculo.

Costos del mantenimiento del sistema de monitoreo					
	Tipo de servicio	Precio unitario (\$)	Precio unitario (₡)	Precio total de las 200 unidades (\$)	Precio total de las 200 unidades (₡)
Mantenimiento del sistema de monitoreo	Técnico	\$	₡	\$	₡
	Electrónico	19.24	10,305.88	3,848.42	2,061,176.61
Costo de Cambio de batería respecto a su vida útil					
Vida útil (Horas) de cada sistema de monitoreo	77.678				
Cantidad en horas de uso por día	0.5				
Vida útil en días de la batería	155.36				
Cantidad de meses	5				
Cambios de batería en un año	2				
Vida útil 5 años	5				
Total de cambio de baterías	302.08				
Costo total por cada cambio de baterías del equipo	\$7.00				
	\$2,114.57				

Tabla 31. Costos del mantenimiento del sistema de monitoreo.

Elaboración propia en Excel.

Costos finales del diseño de cada sistema de monitoreo.

Después de análisis de todos los costos relacionados con el diseño del sistema de monitoreo, se ha llegado a determinar el costo final tanto por unidad como para las 200 unidades requeridas. Estos datos se presentan de manera clara y detallada en la tabla 32.

Costos finales del diseño de cada sistema de monitoreo.

	Precio unitario (\$)	Precio unitario (₡)	Precio total de las 200 unidades (\$)	Precio total de las 200 unidades (₡)
Costo de componentes y materiales requeridos para el diseño del sistema de monitoreo IoT	\$ 83.22	₡ 44,571.80	\$ 16,644.00	₡ 8,914,359.96
Costo del montaje del sistema de monitoreo IoT	\$ 19.07	₡ 10,211.43	\$ 3,813.15	₡ 2,042,285.01
Costo de la implementación de la programación, plataforma IoT y mantenimiento.	\$ 26.00	₡ 13,922.66	\$ 5,199.00	₡ 2,784,532.41
Costos del mantenimiento del sistema de monitoreo.	\$ 19.24	₡ 10,305.88	\$ 3,848.42	₡ 2,061,176.61
Total	\$163.53	₡87,583.89	\$32,705.57	₡17,516,777.58

Tabla 32. Costos finales del diseño de cada sistema de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia en Excel.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En conclusión, el sistema de monitoreo diseñado específicamente para la transmisión de niveles de oxígeno en sangre puede mejorar la calidad de la atención médica y el monitoreo de enfermedades respiratorias, además de que puede aumentar la eficiencia del centro de salud al permitir una transmisión rápida y efectiva de los datos de los pacientes, lo que puede mejorar la toma de decisiones médicas y la atención oportuna y efectiva para los pacientes.
- En definitiva, la elección adecuada de los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que conformaron la estructura del sistema de monitoreo fue un paso importante para el diseño de la misma, ya que la selección de los componentes debe basarse en las necesidades de los pacientes y del personal médico, así como en los requisitos técnicos y de seguridad, ya que una selección cuidadosa puede mejorar significativamente la calidad de la atención médica y monitoreo esto con el fin de evitar un sistema de monitoreo poco confiable y peligrosa para los pacientes.
- En síntesis, la determinación del protocolo de comunicación para el sistema de monitoreo que se conectará con el servidor de la plataforma IoT debe ser considerado, ya que esto garantizara una transmisión de datos eficiente y confiable por lo tanto se ha determinado que MQTT es la opción más adecuada debido a sus ventajas en términos de bajo consumo de ancho de banda y facilidad de implementación, además de que MQTT es compatible con una amplia gama de dispositivos y plataformas, lo que lo convierte en una opción excelente para el desarrollo de soluciones IoT.
- Con base en lo expuesto anteriormente, seleccionar una plataforma IoT adecuada es esencial para garantizar una representación gráfica precisa y efectiva de los datos en el sistema de monitoreo y en el tablero de instrumentos. En este caso, después de una evaluación detallada, se ha elegido Ubidots como la plataforma IoT más apropiada debido a su eficiente capacidad de visualización de datos y su facilidad de uso ya que dicha utilización asegura que los datos sean representados de manera clara y concisa, lo que facilita el análisis y la toma de decisiones informadas.
- De acuerdo con el objetivo planteado, se ha realizado la documentación donde contiene el protocolo de rutinas de mantenimiento preventivo elaborado como una lista de

chequeo (Check List) y se encuentran adjunta en el apartado de “Rutinas de mantenimiento preventivo” del proyecto con el fin de ayudar a mantener el sistema de monitoreo en óptimas condiciones de funcionamiento, lo que reduce el riesgo de errores en la medición y garantiza una lectura precisa y confiable de los niveles de saturación de oxígeno en la sangre lo que consigo mismo contribuye a una atención médica más efectiva y de alta calidad.

- Se concluye que el diseño realizado para el centro que reduce el costo por unidad en \$1,036.47 y por las 200 unidades en \$207,294.43 con el tipo de cambio de ₡535.59 lo que representa una viabilidad significativa en comparación a las unidades instaladas previamente.

Recomendaciones.

- En caso de diseñar este sistema de monitoreo como un prototipo es importante tener en cuenta los beneficios que se obtendrán, como la mejora de la eficiencia de los procesos, la reducción de errores médicos, la optimización de la atención al paciente y la mejora en la calidad de los resultados médicos.
- Se recomienda incluir a futuro al sistema de monitoreo funciones adicionales como la medición del flujo sanguíneo, ritmo cardíaco, temperatura corporal, presión arterial para una atención médica más completa y efectiva.
- Se propone que la carrera de ingeniería informática pueda desarrollar otro tipo de plataforma IoT como alternativa con el fin de reducir aún más los costos de implementación.
- Se propone la utilización de otro tipo de baterías de menor tamaño con mucho mayor duración para su uso constante durante un período prolongado de tiempo y que no requiere de un constante cambio de la misma.
- Se propone diseñar este tipo de proyectos que soporten cambios con nuevas tecnologías en desarrollo como lo es el 5G.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

El objetivo de esta propuesta es implementar un sistema de monitoreo IoT SpO2 en un centro de salud, que cuenta con 200 unidades, utilizando la plataforma Ubidots y el protocolo MQTT. Este sistema permitirá el monitoreo remoto y en tiempo real de los niveles de saturación de oxígeno en la sangre de los pacientes, brindando una atención médica más eficiente y oportuna. Además, se incluirá el mantenimiento de la plataforma Ubidots para garantizar su funcionamiento óptimo y una guía tipo Check List de mantenimiento preventivo con frecuencia semestral fácil para el usuario

Descripción del sistema:

El sistema de monitoreo IoT SpO2 propuesto constará de los siguientes componentes:

- Unidades de monitoreo SpO2: Se utilizarán 200 unidades de monitoreo SpO2 con un costo unitario ₡87,583.89, lo que suma un total de ₡17,516,777.58. Estas unidades estarán equipadas con sensores de saturación de oxígeno y pantallas OLED.
- Dispositivos IoT: Cada unidad de monitoreo SpO2 se encargará de recopilar los datos de saturación de oxígeno y enviarlos a la plataforma Ubidots. Estos dispositivos utilizarán el protocolo MQTT para la comunicación con el servidor.
- Plataforma Ubidots: Se utilizará la plataforma Ubidots para recibir, almacenar y visualizar los datos de saturación de oxígeno en tiempo real. Además, se incluirá el mantenimiento de la plataforma para asegurar su funcionamiento óptimo. Ubidots ofrece una interfaz intuitiva y fácil de usar, lo que permitirá al personal médico monitorear los datos de forma efectiva y recibir alertas en caso de valores anormales.
- Vida útil de la batería recargable: Las unidades de monitoreo propuestas en nuestra solución están equipadas con baterías recargables de larga duración, con una vida útil de 77,678 horas, lo que permite un uso prolongado de las unidades sin la necesidad de reemplazar las baterías con frecuencia, lo que reduce los costos operativos y garantiza un monitoreo continuo y sin interrupciones, no obstante, para una vida útil a un plazo de 5 años, el costo por cambio de baterías es de \$2,114.57 para las 200 unidades.

Propuesta				
	Costo unitario (\$)	Costo unitario (€)	Costo total de las 200 unidades (\$)	Costo total de las 200 unidades (€)
Sistema de monitoreo IoT SpO2	\$163.53	€87,583.89	\$32,705.57	€17,516,777.58

REFERENCIAS

- ¿Cómo convertir kW a kWh?* (s. f.).
https://www.rapidtables.org/convert/electric/kW_to_kWh.html
- ¿Qué es el MQTT?* (s. f.). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/mqtt/>
- ¿Qué es IoT?* (s. f.). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/iot/>
- ¿Qué es MQTT? Definición y detalles.* (s. f.). <https://www.paessler.com/es/it-explained/mqtt>
- ¿Qué es un adaptador de CA?* (s. f.). Spiegato. <https://spiegato.com/es/que-es-un-adaptador-de-ca>
- 16x2 LCD Display (Blue Backlight).* (s. f.). QuartzComponents.
[https://quartzcomponents.com/products/16x2-lcd-display-module-blue#:~:text=16x2%20LCD%20Display%20Module%20Specifications,Operating%20Current%201mA%20\(without%20backlight\)](https://quartzcomponents.com/products/16x2-lcd-display-module-blue#:~:text=16x2%20LCD%20Display%20Module%20Specifications,Operating%20Current%201mA%20(without%20backlight))
- AC Adapter | Working, Types & Applications.* (s. f.). Electrical Volt.
<https://www.electricalvolt.com/2022/01/what-is-ac-adapter-its-working-types-and-applications/>
- Aguayo, P. (8 de julio de 2022). *¿Qué es Arduino?* Arduino.cl. <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Alegsa, L. (4 junio de 2019). *Definición de Componente electrónico.*
https://www.alegsa.com.ar/Dic/componente_electronico.php
- Álvarez, D. (15 de julio de 2021). *Batería.* Concepto. <https://concepto.de/bateria/>
- American Heart Association. (2021). *¿Qué es la presión arterial alta?* https://www.heart.org/-/media/files/health-topics/answers-by-heart/answers-by-heart-spanish/what-is-highbloodpressure_span.pdf
- Amps to Kilowatts (kW) conversion calculator.* (s. f.).
https://www.rapidtables.org/calc/electric/Amp_to_kW_Calculator.html
- AMS1117-3.3 Regulador de voltaje 3.3 V 1 A.* (25 marzo de 2023). Geek Factory.
<https://www.geekfactory.mx/tienda/componentes/reguladores-de-voltaje/ams1117-3-3-regulador-de-voltaje-3-3-v-1-a/>
- Apix-Drive. (s. f.). *Integración con Adafruit IO.* Apix-Drive. <https://apix-drive.com/es/adafruit>

- Baterías de polímero de litio. (2017). *Guías Prácticas*.
<https://www.guiaspracticas.com/computadoras-portatiles/baterias-de-polimero-de-litio>
- Brandan, N., Aguirre, M., & Giménez, C. (2009). *HEMOGLOBINA*.
https://docs.moodle.org/all/es/images_es/5/5b/Hemoglobina.pdf
- Button and Switch Basics*. (s. f.). Sparkfun. <https://learn.sparkfun.com/tutorials/button-and-switch-basics/all>
- Cálculo del ciclo de vida de la batería: cálculo y duración de la batería-battery-knowledge*. (11 junio de 2021). LARGE. <https://es.large.net/news/8hu43pb.html>
- Cárdenas, Á. (28 de noviembre de 2016). *¿Qué es una plataforma IoT?* Secmotic.
<https://secmotic.com/plataforma-iot/>
- Cargue las baterías Tiempo de cálculo*. (s. f.). EasyCalculation.
<https://www.easycalculation.com/es/physics/classical-physics/battery-charge.php>
- Cotilla, E. (2007). *Pulso Oximetría*. Online Courses: Medical Equipment Technology, Support and Management. http://its.uvm.edu/medtech/module_es.html
- David, N. (15 de enero de 2020) *¿Por qué es importante el Mantenimiento preventivo de equipos médicos?* Profesionales en Gestión de Tecnológica Hospitalaria.
<https://procesosbiomedicos.com/mantenimiento-preventivo-de-equipos-medicos/>
- Del Valle Hernández, L. (13 enero de 2022). ESP8266 Deep Sleep, cuánto consumen NodeMCU y Wemos D1 Mini. *Programar fácil con Arduino*.
<https://programarfácil.com/esp8266/esp8266-deep-sleep-nodemcu-wemos-d1-mini/>
- Dell. (21 de febrero de 2021). *IEEE 802.11 Wireless Terminology and Explanations*.
<https://www.dell.com/support/kbdoc/es-cr/000150398/ieee-802-11-wireless-terminology-and-explanations>
- Drive. (s. f.). *Oxímetro de pulso*. DeVilBissHealthcare. https://www.drivedevilbiss-int.com/media/pdf/ec/d9/48/HbO-Smart_ohne_ES.pdf
- Duco ABS Plastic Sheet 1/8 Inch Thick 12" x 36" - Two-Sided Rigid ABS Sheet (Textured Plastic Front & Smooth Back) - DIY Home Decor and Robotics Competitions Use - Black Plastic Sheet (Pack of 1): Industrial & Scientific*. (s. f.). Amazon.
https://www.amazon.com/gp/product/B0B79JJ7WL/ref=ox_sc_act_title_3?smid=A37FRF5AURRF9M&th=1

- Equipo editorial, Etecé. (2022, 11 marzo). *Hardware*. Concepto. <https://concepto.de/hardware/>
- Equipo editorial, Etecé. (24 de enero de 2023). *Oxígeno: qué es, propiedades, usos, riesgos y características*. Enciclopedia Humanidades. <https://humanidades.com/oxigeno/ESP8266EX>. (s. f.). Espressif. https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/ESP8266-NodeMCU-Datasheet.pdf
- Henze, A. (8 febrero de 2022). *El IoT en la atención sanitaria: los beneficios en la industria digital*. TeamViewer. <https://www.teamviewer.com/es-mx/iot-atencion-sanitaria/>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw hill.
- Hipoxemia (bajo nivel de oxígeno en la sangre)*. (26 de octubre de 2022). Middlesex Health. <https://middlesexhealth.org/learning-center/espanol/sintomas/hipoxemia-bajo-nivel-de-ox-geno-en-la-sangre>
- Hipoxemia: qué es, tipos, signos y causas*. (25 de julio de 2022). DoctorAkí. <https://www.doctoraki.com/blog/diccionario-medico/sintomas/hipoxemia/>
- HTTP*. (s. f.). Concepto. Recuperado 19 de abril de 2023, de <https://concepto.de/http/>
- Iberdrola. (2021). BATERÍAS DE ION DE LITIO. *Iberdrola*. <https://www.iberdrola.com/innovacion/baterias-ion-litio>
- Infotaller. (2019, 30 enero). Cómo elegir un cargador de batería para el coche. *infotaller*. https://www.infotaller.tv/especiales/remitidas/cargador-bateria-coche_0_1296470343.html#:~:text=Potencia%20del%20cargador%3A%20debes%20comprar,la%20misma%20cifra%20de%20Ah.
- INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD ICE. (2023). *Consumos energéticos*. GrupoIce. <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/Tarifas+enero+2023+Alcance+N%C2%B0276+Gaceta+N%C2%B0242.pdf?MOD=AJPERES&CVID=omDgthL>
- Instituto Costarricense de Electricidad. (s. f.). *Guía de uso eficiente de electricidad en el hogar y guía para calcular el consumo de electricidad*. ICE. <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/09cc09a5-2776-421c-b1bf-b84c0fb77e4e/Guia+de+ahorro+en+el+hogar.pdf?MOD=AJPERES&CVID=11DoRxh>

- Interfacing MAX30100 Pulse Oximeter Sensor with Arduino.* (19 de noviembre de 2022). How To Electronics. <https://how2electronics.com/interfacing-max30100-pulse-oximeter-sensor-arduino/>
- Keppower 14500 - 1000 mAh, 3.6 - 3.7V Li-Ion Battery PCB Protected.* (s. f.). akkuteile. https://www.akkuteile.de/en/keppower-14500-1000-mah-3-6-3-7v-li-ion-battery-pcb-protected_12013_2538
- Klotz, C. (22 de marzo de 2019). *Ubidots y NxtIoT se asocian para darle vida a los objetos.* Ubidots Blog. <https://ubidots.com/blog/ubidots-y-nxtiot-se-asocian-para-darle-vida-a-los-objetos/>
- leroymerlin.es.* (s. f.). <https://www.leroymerlin.es/bricopedia/cargador-usb>
- López, P. (1 de octubre de 2020). *¿Qué es una Fuente De Alimentación y para qué sirve? - Definición.* GEEKNETIC. <https://www.geeknetic.es/Fuente-De-Alimentacion/que-es-y-para-que-sirve>
- Los plásticos médicos respaldan la innovación de la industria de dispositivos médicos.* (4 diciembre de 2020). <https://www.fcs.com.tw/es/news-Medical-plastics-provide-innovation-supporting-for-the-medical-device-industry.html>
- Luis R., J. (16 mayo de 2019). *TIPOS DE BATERIAS.* 247 Tecno. <https://247tecno.com/tipos-de-baterias-electricas/>
- M5 x 12mm Machine Screws Phillips Cross Round Head Screw 304 Stainless Steel Fasteners Bolts30Pcs,Aicosineg: Amazon.com: Industrial & Scientific.* (s. f.). <https://www.amazon.com/Phillips-Stainless-Fasteners-Bolts30Pcs-Aicosineg/dp/B09SKVN1SX>
- Mahito, F. (30 de octubre 2020). *El oxímetro de pulso, un dispositivo médico japonés que vuelve a brillar en la pandemia.* nippon.com. <https://www.nippon.com/es/japan-topics/g00960/>
- Maset, J. (10 de mayo de 2020). *Frecuencia cardíaca.* Cinfasalud. <https://cinfasalud.cinfa.com/p/frecuencia-cardiaca/>
- MAX30100 Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health.* (s. f.). Maxim Integrated.
- MB102 Breadboard Power Supply module.* (7 de agosto de 2021). Microdigisoft. <https://microdigisoft.com/mb102-breadboard-power-supply-module/>

- Módulo Cargador Batería de Litio 1 A Micro USB-B 5 V TP4056.* (s. f.). Carrod. <https://www.carrod.mx/products/modulo-cargador-bateria-de-litio-1-a-micro-usb-b-5-v-tp4056#:~:text=El%20TP4056%20es%20un%20controlador,y%20dispositivos%20de%20alimentaci%C3%B3n%20m%C3%B3vil.>
- Navaz, M. (2017, 19 noviembre). *¿Qué es una fuente de alimentación? ¿Y cómo funciona?* Profesional Review. <https://www.profesionalreview.com/2017/11/19/una-fuente-alimentacion-funciona/>
- NodeMCU v2 ESP8266 WiFi.* (s. f.). Naylamp Mechatronics. <https://naylampmechatronics.com/esp8266-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html>
- OLED SSD 1306.* (s. f.). Rajguru Electronics. https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/ESP8266-NodeMCU-Datasheet.pdf
- Organización Panamericana de la Salud. (s. f.). *Dispositivos médicos.* OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/temas/dispositivos-medicos>
- Ormaechea, E. (8 septiembre de 2022). *Pulsioximetría: ¿en qué consiste y cuándo se realiza?* Blog Salud MAPFRE. <https://www.salud.mapfre.es/pruebas- diagnosticas/respiratorias-pruebas/pulsioximetria/>
- Oxímetro de pulso sencillo.* (s. f.). Oxiayuda. <https://oxiayuda.net/linea-respiratoria/equipo-oximetro-de-pulso-sencillo/#:~:text=El%20mantenimiento%20preventivo%20del%20pulsiox%C3%ADmetro,y%20realizar%20cambio%20de%20bater%C3%ADas.>
- PCB: ¿Qué es una placa de circuito impreso?* (15 de noviembre de 2019). ANTALA SPECIALITY CHEMICALS. <https://www.antala.es/pcb-que-es-placa-circuito-impreso/>
- Pepeenergy. (26 de octubre de 2021). *¿QUÉ ES LA CONSTANTE DE FACTURACIÓN?* Blog Pepeenergy. <https://www.pepeenergy.com/blog/glosario/definicion-consumo-electrico/>
- Pérez Porto, J., Gardey, A. (3 de noviembre de 2011). *Definición de hemoglobina - Qué es, Significado y Concepto.* Definicion.de. Recuperado el 7 de febrero de 2023 de <https://definicion.de/hemoglobina/>

- Pérez Porto, J., Gardey, A. (30 de agosto de 2013). *Definición de protocolo de comunicación - Qué es, Significado y Concepto*. Definicion.de. Última actualización el 31 de mayo de 2022. Recuperado el 8 de febrero de 2023 de <https://definicion.de/protocolo-de-comunicacion/>
- Piezas de plástico para el sector de la medicina*. (s. f.). Plastic 85. <https://plastic85.com/piezas-de-plastico-para-el-sector-de-la-medicina/>
- Promedco. (2019, 14 mayo). *Importancia de realizar mantenimiento a sus equipos médicos*. <https://www.promedco.com/noticias/importancia-mantenimiento-de-equipos-medicos>
- Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor (MAX30102)*. (s. f.-b). Smart Prototyping. <https://www.smart-prototyping.com/Pulse-Oximeter-and-Heart-Rate-Sensor-MAX30102>
- Punetha, A. (28 de marzo de 2020). *Introduction to NodeMCU ESP8266*. IoTEDU. https://iot4beginners.com/introduction-to-nodemcu_esp8266/
- Qué es IoT Platform y su importancia en la Industria*. (11 de marzo de 2021). Oasys. <https://oasys-sw.com/que-es-iot-platform-industria/>
- Qué fuente de alimentación eléctrica elegir*. (s. f.). DirectIndustry by VIRTUALEXPO GROUP. <https://guide.directindustry.com/es/que-fuente-de-alimentacion-electrica-elegir/>
- Qué son los oxímetros de pulso, tipos y funciones*. (5 de enero de 2021). Servicios Hospitalarios. <https://servicios-hospitalarios.com/2021/01/05/que-son-los-oximetros-de-pulso-tipos-y-funciones/>
- Rafferty, J. (23 de julio de 2009). *Beer's Law*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/Beers-law>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s. f.). *Energía*. <https://dle.rae.es/energ%C3%ADa>
- Reguladores de voltaje: ¿Qué son y para qué sirven? Aprende a elegir el correcto*. (s. f.). <https://www.avtek.com/pag/reguladores-de-voltaje>
- Reis, M. (12 de abril de 2022). *Oximetría: qué es y valores normales*. Tua Saúde. <https://www.tuasaude.com/es/oximetria/>
- Robledano, A. (22 de julio del 2019). *Qué es C++: Características y aplicaciones*. OpenWebinars.net. <https://openwebinars.net/blog/que-es-cpp/>

- Rodríguez, L. (2 de febrero de 2022). *Saturación de oxígeno en sangre: qué es y cómo medirla en casa*. elDiario.es. https://www.eldiario.es/consumoclaro/compra_muestra/que-es-saturacion-oxigeno-sangre-como-medirla-casa_1_8130915.html
- Significados. (01 de agosto de 2019). *Software*. <https://www.significados.com/software/>
- Significados. (7 de agosto de 2019). *Qué es el Wifi*. <https://www.significados.com/wifi/>
- Sola, A., Chow, L., & Rogido, M. (1 de marzo de 2005). *Oximetría de pulso en la asistencia neonatal en 2005. Revisión de los conocimientos actuales*. Anales de Pediatría, Asociación Española de Pediatría. <https://www.analesdepediatría.org/es-oximetria-pulso-asistencia-neonatal-2005--articulo-13071843>
- The Texas Heart Institute. (9 enero de 2021). *La sangre*. <https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/la-sangre/>
- Toggle Switch SPST ON-OFF 5A 120VAC/28VDC PCB Mount*. (s. f.). JAMECO ELECTRONICS. https://www.jameco.com/z/T100T1B4A2-Jameco-ValuePro-Toggle-Switch-SPST-ON-OFF-5A-120VAC-28VDC-PCB-Mount_2135478.html
- Tovar, D. (2 de agosto de 2021). *¿Qué es el plástico ABS? ¿Es reciclable?* Globa Plast. <https://globaplast.com.mx/que-es-el-plastico-abs/>
- TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8*. (s. f.). ALLDATASHEET. <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>
- TP4056, Todo lo que necesitas saber. (2021b, diciembre 19). *Describe Arduino*. <https://descubrearduino.com/tp4056/>
- Valades, B. (13 de marzo de 2020). *Plástico ABS*. Globa Plast. <https://globaplast.com.mx/todo-saber-sobre-plastico-abs/>
- Velasco, R. (31 de enero de 2023). *¿Vas a programar en Arduino? Todo lo que debes saber*. SoftZone. <https://www.softzone.es/programas/lenguajes/programar-arduino/>
- Ventura, V. (7 de marzo de 2015). *Principio de funcionamiento del oxímetro para monitorización del pulso*. <https://polaridad.es/monitorizacion-sensor-pulso-oximetro-frecuencia-cardiaca/>
- Wang, J. (s. f.). *SSD1306: What Is It and How Do You Use It*. PCB Assembly, PCB Manufacturing, PCB design - OURPCB. <https://www.ourpcb.com/ssd1306.html>

Wendt, Z. (2022). 5 factores esenciales para elegir la batería correcta. *Arrow.com*.
<https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/choosing-the-right-battery-for-your-internet-of-things-application>

UbiDots IoT Application Development Platform | SigFox Partner Network | The IoT Solution
Book. (s. f.). <https://partners.sigfox.com/products/ubidots-for-business>

APÉNDICES

APÉNDICE A. Ficha técnica del Sensor MAX30100.

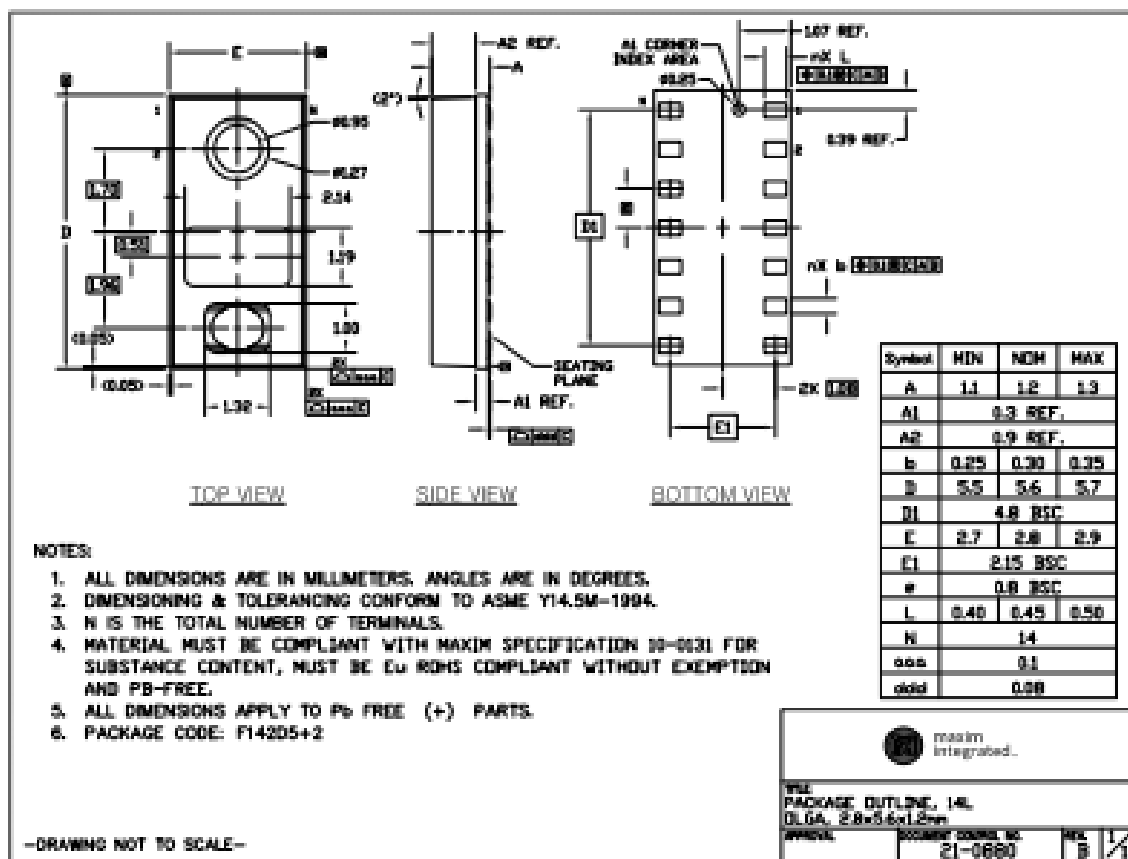
MAX30100

Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC
for Wearable Health

Package Information

For the latest package outline information and land patterns (footprints), go to www.maximintegrated.com/packages. Note that a "M", "F", or "P" in the package code indicates RoHS status only. Package drawings may show a different suffix character, but the drawing pertains to the package regardless of RoHS status.

PACKAGE TYPE	PACKAGE CODE	OUTLINE NO.	LAND PATTERN NO.
14 QESIP	F142D5+2	21-0880	90-0451



MAX30100

Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC
for Wearable Health

Absolute Maximum Ratings

V _{DD} to GND	-0.3V to +2.2V	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)
GND to PGND	-0.3V to +0.3V	OESIP (derate 5.8mW/°C above +70°C)
x_DRV, x_LED+ to PGND	-0.3V to +6.0V	Operating Temperature Range
All Other Pins to GND	-0.3V to +6.0V	Soldering Temperature (reflow)
Output Short-Circuit Current Duration	Continuous	Storage Temperature Range
Continuous Input Current Into Any Terminal	±20mA	

Package Thermal Characteristics (Note 1)

OESIP	
Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ _{JA})	150°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ _{JC})	170°C/W

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to www.maximintegrated.com/thermal-tutorial.

Electrical Characteristics

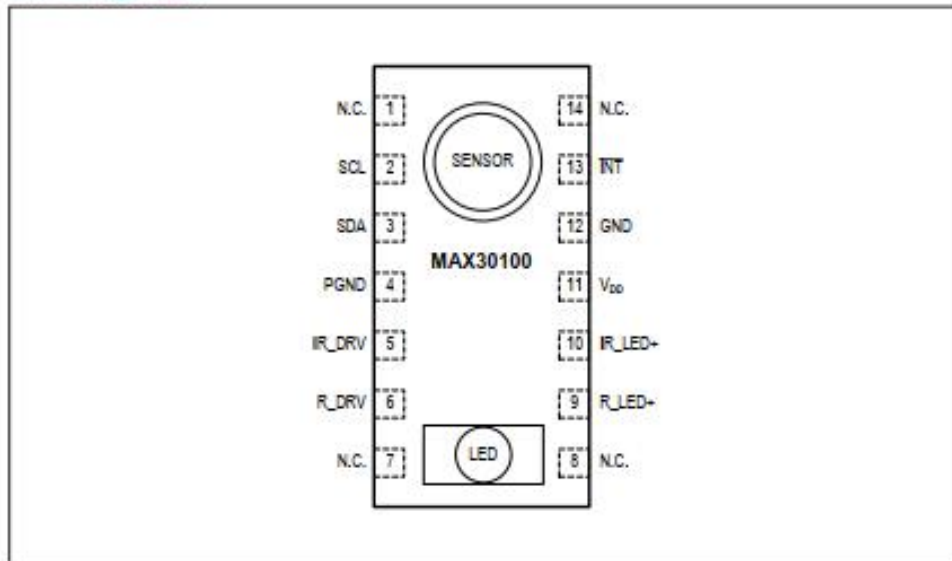
(V_{DD} = 1.8V, V_{IR_LED+} = V_{IR_LED+} = 3.3V, T_A = +25°C, min/max are from T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY						
Power-Supply Voltage	V _{DD}	Guaranteed by RED and IR count tolerance	1.7	1.8	2.0	V
LED Supply Voltage (R_LED+ or IR_LED+ to PGND)	V _{LED+}	Guaranteed by PORR of LED Driver	3.1	3.3	5.0	V
Supply Current	I _{DD}	SpO ₂ and heart rate modes, PW = 200μs, 50sps		600	1200	μA
		Heart rate only mode, PW = 200μs, 50sps		600	1200	
Supply Current in Shutdown	I _{SHDN}	T _A = +25°C, MODE = 0x80		0.7	10	μA
SENSOR CHARACTERISTICS						
ADC Resolution				14		bits
Red ADC Count (Note 3)	RED _C	Propriety ATE setup RED_PA = 0x05, LED_PW = 0x00, SPO2_SR = 0x07, T _A = +25°C	23,000	26,000	29,000	Counts
IR ADC Count (Note 3)	IR _C	Propriety ATE setup IR_PA = 0x09, LED_PW = 0x00, SPO2_SR = 0x07, T _A = +25°C	23,000	26,000	29,000	Counts
Dark Current Count	DC _C	RED_PA = IR_PA = 0x00, LED_PW = 0x03, SPO2_SR = 0x01		0	3	Counts
DC Ambient Light Rejection (Note 4)	ALR	Number of ADC counts with finger on sensor under direct sunlight (100K lux) LED_PW = 0x03, SPO2_SR = 0x01	RED LED		0	Counts
			IR LED		0	

MAX30100

Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC
for Wearable Health

Pin Configuration



Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1, 7, 8, 14	N.C.	No Connection. Connect to PCB Pad for Mechanical Stability.
2	SCL	I ² C Clock Input
3	SDA	I ² C Clock Data, Bidirectional (Open-Drain)
4	PGND	Power Ground of the LED Driver Blocks
5	IR_DRV	IR LED Cathode and LED Driver Connection Point. Leave floating in circuit.
6	R_DRV	Red LED Cathode and LED Driver Connection Point. Leave floating in circuit.
9	R_LED+	Power Supply (Anode Connection) for Red LED. Bypass to PGND for best performance. Connected to IR_LED+ Internally.
10	IR_LED+	Power Supply (Anode Connection) for IR LED. Bypass to PGND for best performance. Connected to R_LED+ Internally.
11	VDD	Analog Power Supply Input. Bypass to GND for best performance.
12	GND	Analog Ground
13	INT	Active-Low Interrupt (Open-Drain)

EVALUATION KIT AVAILABLE

MAX30100**Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC
for Wearable Health****General Description**

The MAX30100 is an integrated pulse oximetry and heart-rate monitor sensor solution. It combines two LEDs, a photodetector, optimized optics, and low-noise analog signal processing to detect pulse oximetry and heart-rate signals.

The MAX30100 operates from 1.8V and 3.3V power supplies and can be powered down through software with negligible standby current, permitting the power supply to remain connected at all times.

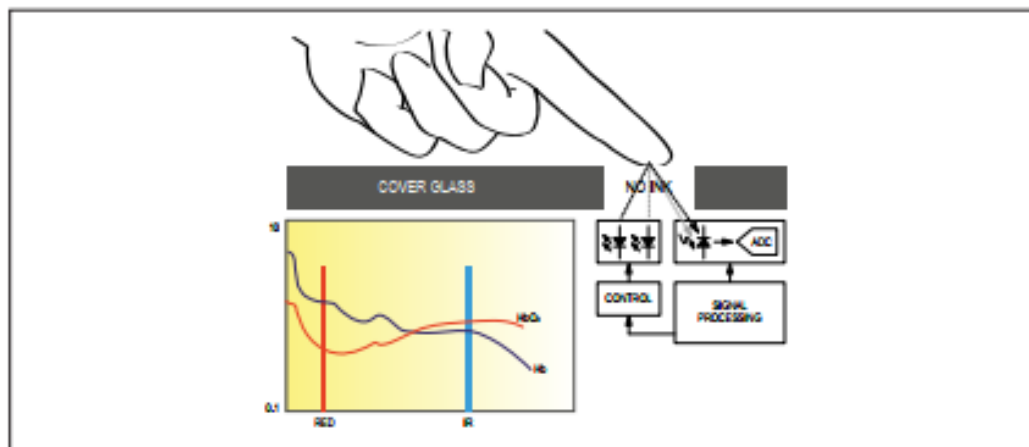
Applications

- Wearable Devices
- Fitness Assistant Devices
- Medical Monitoring Devices

Benefits and Features

- Complete Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor Solution Simplifies Design
 - Integrated LEDs, Photo Sensor, and High-Performance Analog Front-End
 - Tiny 5.6mm x 2.8mm x 1.2mm 14-Pin Optically Enhanced System-In-Package
- Ultra-Low-Power Operation Increases Battery Life for Wearable Devices
 - Programmable Sample Rate and LED Current for Power Savings
 - Ultra-Low Shutdown Current (0.7 μ A, typ)
- Advanced Functionality Improves Measurement Performance
 - High SNR Provides Robust Motion Artifact Resilience
 - Integrated Ambient Light Cancellation
 - High Sample Rate Capability
 - Fast Data Output Capability

[Ordering Information](#) appears at end of data sheet.

System Block Diagram

APÉNDICE B. Ficha técnica del Módulo de carga de baterías de Ion-Litio TP4056.



南京拓微集成电路有限公司
Nanjing Top Power ASIC Corp.

TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8

DESCRIPTION

The TP4056 is a complete constant-current/constant-voltage linear charger for single cell lithium-ion batteries. Its SOP package and low external component count make the TP4056 ideally suited for portable applications. Furthermore, the TP4056 can work within USB and wall adapter.

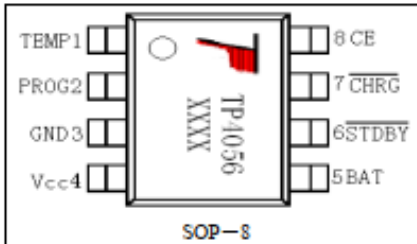
No blocking diode is required due to the internal PMOSFET architecture and have prevent to negative Charge Current Circuit. Thermal feedback regulates the charge current to limit the die temperature during high power operation or high ambient temperature. The charge voltage is fixed at 4.2V, and the charge current can be programmed externally with a single resistor. The TP4056 automatically terminates the charge cycle when the charge current drops to 1/10th the programmed value after the final float voltage is reached.

TP4056 Other features include current monitor, under voltage lockout, automatic recharge and two status pin to indicate charge termination and the presence of an input voltage.

FEATURES

- Programmable Charge Current Up to 1000mA
- No MOSFET, Sense Resistor or Blocking Diode Required
- Complete Linear Charger in SOP-8 Package for Single Cell Lithium-Ion Batteries
- Constant-Current/Constant-Voltage
- Charges Single Cell Li-Ion Batteries Directly from USB Port
- Preset 4.2V Charge Voltage with 1.5% Accuracy
- Automatic Recharge
- two Charge **Status** Output Pins
- C/10 Charge Termination
- 2.9V Trickle Charge Threshold (TP4056)
- Soft-Start Limits Inrush Current
- Available Radiator in 8-Lead SOP Package, the Radiator need connect GND or impending

PACKAGE/ORDER INFORMATION

 <p style="text-align: center;">SOP-8</p>	
photo	ORDER PART NUMBER TP4056-42-SOP8-PP
PART MARKING TP4056	

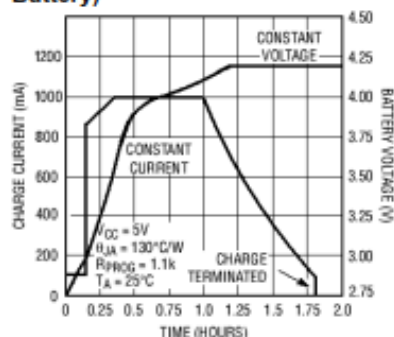
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

- Input Supply Voltage(V_{CC}): $-0.3V \sim 8V$
- TEMP: $-0.3V \sim 10V$
- CE: $-0.3V \sim 10V$
- BAT Short-Circuit Duration: Continuous
- BAT Pin Current: 1200mA
- PROG Pin Current: 1200uA
- Maximum Junction Temperature: 145°C
- Operating Ambient Temperature Range: $-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$
- Lead Temp.(Soldering, 10sec): 260°C

APPLICATIONS

- Cellular Telephones, PDAs, GPS
- Charging Docks and Cradles
- Digital Still Cameras, Portable Devices
- USB Bus-Powered Chargers,Chargers

Complete Charge Cycle (1000mA Battery)





南京拓微集成电路有限公司
Nanjing Top Power ASIC Corp.

TEMP(Pin 1): Temperature Sense Input Connecting TEMP pin to NTC thermistor's output in Lithium ion battery pack. If TEMP pin's voltage is below 45% or above 80% of supply voltage V_{IN} for more than 0.15S, this means that battery's temperature is too high or too low, charging is suspended. The temperature sense function can be disabled by grounding the TEMP pin.

PROG(Pin 2): Constant Charge Current Setting and Charge Current Monitor Pin charge current is set by connecting a resistor R_{ISET} from this pin to GND. When in precharge mode, the ISET pin's voltage is regulated to 0.2V. When in constant charge current mode, the ISET pin's voltage is regulated to 2V. In all modes during charging, the voltage on ISET pin can be used to measure the charge current as follows:

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \times 1200 \quad (V_{PROG}=1V)$$

GND(Pin3): Ground Terminal

Vcc(Pin 4): Positive Input Supply Voltage V_{IN} is the power supply to the internal circuit. When V_{IN} drops to within 30mv of the BAT pin voltage, TP4056 enters low power sleep mode, dropping BAT pin's current to less than 2uA.

BAT(Pin5): Battery Connection Pin. Connect the positive terminal of the battery to BAT pin. BAT pin draws less than 2uA current in chip disable mode or in sleep mode. BAT pin provides charge current to the battery and provides regulation voltage of 4.2V.

STDBY(Pin6): Open Drain Charge Status Output When the battery Charge Termination, the STDBY pin is pulled low by an internal switch, otherwise STDBY pin is in high impedance state.

CHRG(Pin7): Open Drain Charge Status Output When the battery is being charged, the CHRG pin is pulled low by an internal switch, otherwise CHRG pin is in high impedance state.

CE(Pin8): Chip Enable Input. A high input will put the device in the normal operating mode.

Pulling the CE pin to low level will put the YP4056 into disable mode. The CE pin can be driven by TTL or CMOS logic level.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=5V$, unless otherwise noted.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{CC}	Input Supply Voltage		● 4.0	5	8.0	V	
I_{CC}	Input Supply Current	Charge Mode, $R_{PROG} = 1.2k$	●	150	500	μA	
		StandbyMode(Charge Terminated)	●	55	100	μA	
		Shutdown Mode (R_{PROG} Not Connected, $V_{CC} < V_{BAT}$, or $V_{CC} < V_{UV}$)	●	55	100	μA	
V_{FLOAL}	Regulated Output (Float) Voltage	$0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 85^{\circ}\text{C}$, $I_{BAT}=40\text{mA}$	4.137	4.2	4.263	V	
I_{BAT}	BAT Pin Current Test condition: $V_{BAT}=4.0V$	$R_{PROG} = 2.4k$, Current Mode	●	450	500	550	mA
		$R_{PROG} = 1.2k$, Current Mode	●	950	1000	1050	mA
		Standby Mode, $V_{BAT} = 4.2V$	●	0	-2.5	-6	μA
I_{TRKL}	Trickle Charge Current	$V_{BAT} < V_{TRKL}$, $R_{PROG}=1.2K$	●	120	130	140	mA
V_{TRKL}	Trickle Charge Threshold Voltage	$R_{PROG}=1.2K$, V_{BAT} Rising		2.8	2.9	3.0	V
V_{TRHYS}	Trickle Charge Hysteresis Voltage	$R_{PROG}=1.2K$		60	80	100	mV
T_{LM}	Junction Temperature In Constant Temperature Mode			145		$^{\circ}\text{C}$	



南京拓微集成电路有限公司
Nanjing Top Power ASIC Corp.

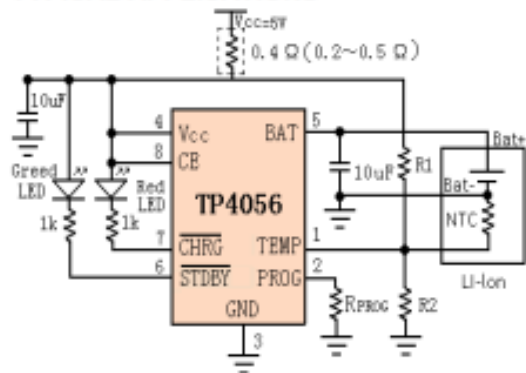
indicator light state

Charge state	Red LED CHRG	Green LED STDBY
charging	bright	extinguish
Charge Termination	extinguish	bright
Vin too low; Temperature of battery too low or too high; no battery	extinguish	extinguish
BAT PIN Connect 10u Capacitance; No battery	Green LED bright, Red LED Coruscate T=1-4 S	

Rprog Current Setting

R _{PROG} (k)	I _{BAT} (mA)
10	130
5	250
4	300
3	400
2	580
1.66	690
1.5	780
1.33	900
1.2	1000

TYPICAL APPLICATIONS



APÉNDICE C. Ficha técnica del Node Mcu Esp8266.



Espressif Systems

ESP8266 Datasheet

Note: GPIO2, GPIO0, MTDO can be configurable as 3-bit SDIO mode.

2.2. Electrical Characteristics

Table 3 ESP8266EX Electrical Characteristics

Parameters		Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Storage Temperature Range			-40	Normal	125	°C
Maximum Soldering Temperature		IPC/JEDEC J-STD-020			260	°C
Working Voltage Value			3.0	3.3	3.6	V
I/O	V_L/V_{IH}		-0.3/0.75 V_{IO}		0.25 V_{IO} /3.6	V
	V_{OL}/V_{OH}		N/0.8 V_{IO}	0.1 V_{IO} /N		
	I_{MAX}				12	mA
Electrostatic Discharge (HBM)		TAMB=25°C			2	KV
Electrostatic Discharge (CDM)		TAMB=25°C			0.5	KV

2.3. Power Consumption

The following current consumption is based on 3.3V supply, and 25°C ambient, using internal regulators. Measurements are done at antenna port without SAW filter. All the transmitter's measurements are based on 90% duty cycle, continuous transmit mode.

Table 4 Description on Power Consumption

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Tx 802.11b, CCK 11Mbps, P OUT = +17dBm		170		mA
Tx 802.11g, OFDM 54Mbps, P OUT = +15dBm		140		mA
Tx 802.11n, MCS7, P OUT = +13dBm		120		mA
Rx 802.11b, 1024 bytes packet length, -80dBm		50		mA
Rx 802.11g, 1024 bytes packet length, -70dBm		56		mA
Rx 802.11n, 1024 bytes packet length, -65dBm		56		mA
Modem-Sleep①		15		mA
Light-Sleep②		0.9		mA
Deep-Sleep③		10		uA
Power Off		0.5		uA



Categories	Items	Values
WiFi Parameters	Certificates	FCC/CE/TELEC/SRRC
	WiFi Protocols	802.11 b/g/n
	Frequency Range	2.4G-2.5G (2400M-2483.5M)
	Tx Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)		
802.11 n: -72 dbm (MCS7)		
Types of Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware Parameters	Peripheral Bus	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
		GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0~3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA
	Operating Temperature Range	-40°~125°
	Ambient Temperature Range	Normal temperature
	Package Size	5x5mm
	External Interface	N/A
Software Parameters	WiFi mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Software Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP

APÉNDICE D. Ficha técnica del regulador de voltaje MCP1700.



MCP1700

Low Quiescent Current LDO

Features

- AEC-Q100 Qualified and PPAP Capable
- 1.6 μA Typical Quiescent Current
- Input Operating Voltage Range: 2.3V to 6.0V
- Output Voltage Range: 1.2V to 5.0V
- 250 mA Output Current for Output Voltages $\geq 2.5\text{V}$
- 200 mA Output Current for Output Voltages $< 2.5\text{V}$
- Low Dropout (LDO) Voltage
 - 178 mV Typical @ 250 mA for $V_{\text{OUT}} = 2.8\text{V}$
- 0.4% Typical Output Voltage Tolerance
- Standard Output Voltage Options:
 - 1.2V, 1.8V, 2.5V, 2.8V, 2.9V, 3.0V, 3.3V, 5.0V
- Stable with 1.0 μF Ceramic Output Capacitor
- Short Circuit Protection
- Overtemperature Protection

Applications

- Battery-Powered Devices
- Battery-Powered Alarm Circuits
- Smoke Detectors
- CO₂ Detectors
- Pagers and Cellular Phones
- Smart Battery Packs
- Low Quiescent Current Voltage Reference
- PDAs
- Digital Cameras
- Microcontroller Power

Related Literature

- AN765, "Using Microchip's Micropower LDOs" (DS00765), Microchip Technology Inc., 2002
- AN766, "Pin-Compatible CMOS Upgrades to BiPolar LDOs" (DS00766), Microchip Technology Inc., 2002
- AN792, "A Method to Determine How Much Power a SOT23 Can Dissipate in an Application" (DS00792), Microchip Technology Inc., 2001

General Description

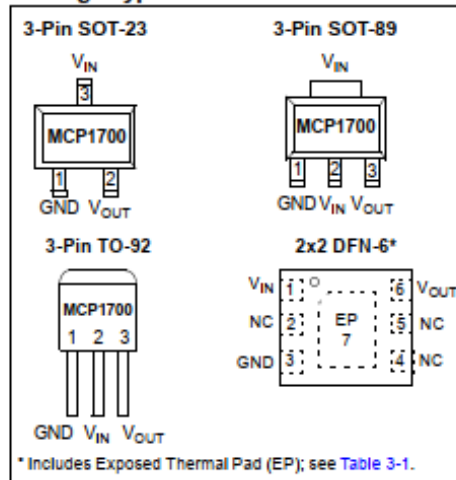
The MCP1700 is a family of CMOS low dropout (LDO) voltage regulators that can deliver up to 250 mA of current while consuming only 1.6 μA of quiescent current (typical). The input operating range is specified from 2.3V to 6.0V, making it an ideal choice for two and three primary cell battery-powered applications, as well as single cell Li-Ion-powered applications.

The MCP1700 is capable of delivering 250 mA with only 178 mV of input to output voltage differential ($V_{\text{OUT}} = 2.8\text{V}$). The output voltage tolerance of the MCP1700 is typically $\pm 0.4\%$ at $+25^\circ\text{C}$ and $\pm 3\%$ maximum over the operating junction temperature range of -40°C to $+125^\circ\text{C}$.

Output voltages available for the MCP1700 range from 1.2V to 5.0V. The LDO output is stable when using only 1 μF output capacitance. Ceramic, tantalum or aluminum electrolytic capacitors can all be used for input and output. Overcurrent limit and overtemperature shutdown provide a robust solution for any application.

Package options include SOT-23, SOT-89, TO-92 and 2x2 DFN-6.

Package Types



MCP1700

TEMPERATURE SPECIFICATIONS (CONTINUED)

Electrical Characteristics: Unless otherwise specified, all limits are established for $V_{IN} = V_R + 1V$, $I_{LOAD} = 100 \mu A$, $C_{OUT} = 1 \mu F$ (X7R), $C_{IN} = 1 \mu F$ (X7R), $T_A = +25^\circ C$.
Boldface type applies for junction temperatures, T_J (Note 1) of $-40^\circ C$ to $+125^\circ C$.

Parameters	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Thermal Resistance, TO-92	θ_{JA}	—	92	—	$^\circ C/W$	EIA/JEDEC JESD51-7
	$\theta_{JC(TOP)}$	—	74	—	$^\circ C/W$	FR-4 4-Layer Board

Note 1: The maximum allowable power dissipation is a function of ambient temperature, the maximum allowable junction temperature and the thermal resistance from junction to air (i.e. T_A , T_J , θ_{JA}). Exceeding the maximum allowable power dissipation will cause the device operating junction temperature to exceed the maximum $150^\circ C$ rating. Sustained junction temperatures above $150^\circ C$ can impact the device reliability.

APÉNDICE E. Ficha técnica del display SSD1306.

RG Rajguru Electronics (I) Pvt. Ltd.

- Operating temperature range: $-40^\circ C$ - $+80^\circ C$
- Use I2C Interface
- Chip No: SSD1306
- Color: Blue
- Drive Duty: 1/64 Duty
- Only need 2 I/O port to control
- Supported platforms: For Arduino, 51 series, MSP430 series, STM32/2, SCR chips
- Super high contrast and brightness (adjustable)
- Low power consumption
- High contrast, thus supporting clear display with no need of backlight
- For OLED SSD1306, a more elaborate and beautiful screen than LCD with more functions

PIN DESCRIPTION:

Pin No.	Pin Name	Description
1.	Supply Voltage (V_{CC} , 5V)	Can be powered by either 3.3V or 5V
2.	Ground (GND)	Pin Ground
3.	Serial Clock (SCL)	Pin SCL of I2C interface
4.	Serial Data (SDA)	Pin SDA of I2C interface

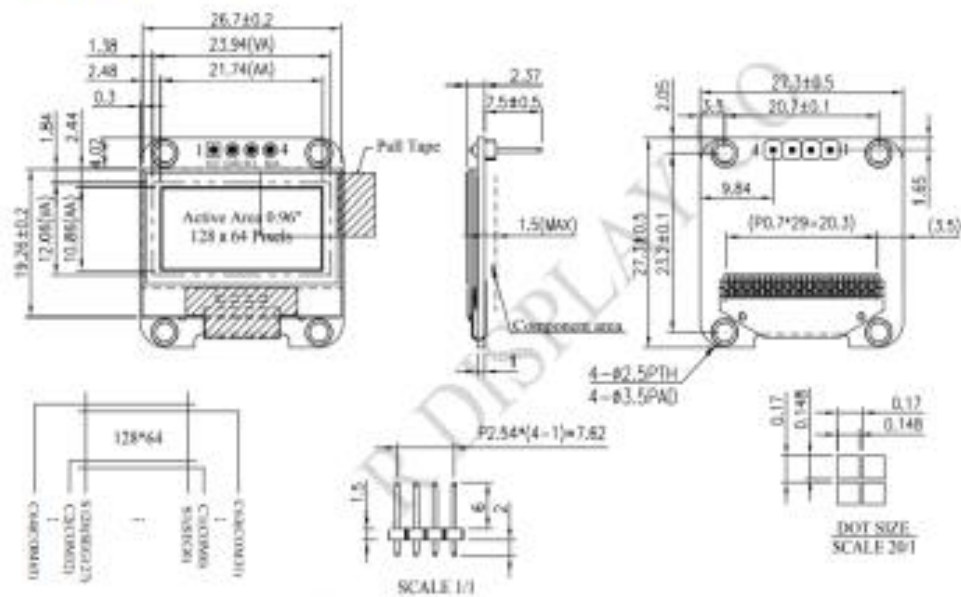
MECHANICAL SPECIFICATIONS:

ITEM	NORMAL DIMENSION
Module Dimension	27.30*27.30*2.37
Active Area	21.74*10.86
Pixel Size	0.148*0.148
Pixel Pitch	0.17*0.17

ABSOLUTE MAXIMUM RATING:

PARAMETER	SYMBOL	MIN	MAX	UNIT
Supply voltage for logic	VCC	1.65	5.5	V
Operating temperature	TOP	-40	+80	$^\circ C$
Storage temperature	TSTG	-40	+80	$^\circ C$

OUTER DIMENSION:



APPLICATIONS:

Due to its capability in displaying, it is often used in various application for instances, smart watch, MP3, function cellphone, portable health device and many others.

ELECTRONICAL CHARACTERISTICS:

ITEM	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNIT
Supply voltage for logic	VCC	-----	2.8	3.3	5.2	V
Input high voltage	VIH	-----	$0.8 \times VCC$	-----	VCC	V
Input low voltage	VIL	-----	0	-----	$0.2 \times VCC$	V
Output high voltage	VOH	-----	$0.9 \times VCC$	-----	VCC	V
Output low voltage	VOL	-----	0	-----	$0.1 \times VCC$	V
50% check board operating current	ICC	VCC=3.3	-----	12.0	20.0	mA

APÉNDICE F. Ficha técnica del interruptor de palanca SPST.

Date	Rev.	Description

Model No. / Switching Position

Model No.	Switching Position
T100	ON OFF

P.C. MOUNTING

Schematic

SPECIFICATIONS:
 CONTACT RATING : 5 AMPS @ 120 V AC or 28 V DC.
 2 AMPS @ 250 V AC or 0.4VA AMPS @20 V AC or DC.
 ELECTRICAL LIFE : 50,000 make-and-break cycles at full load.
 CONTACT RESISTANCE : 10 mΩ max. Initial @ 2-4 V DC.
 100 mA, for both silver and gold plated contacts.
 INSULATION RESISTANCE : 1,000 MΩ min.
 DIELECTRIC STRENGTH : 1,000 V RMS @ sea level.
 OPERATING TEMPERATURE : -30 °C to 130 °C

MATERIALS:
 CASE : Diallyl phthalate (DAP)(UL-94V-0).
 ACTUATOR : Brass, chrome plated.
 BUSHING : Brass, nickel plated.
 HOUSING : Stainless steel.
 TERMINAL/CONTACT : Brass, with silver or gold plated.
 or gold over silver.
 SWITCH SUPPORT : Brass, tin plated.

DCC. NO.	MATERIAL
A4 DRAWING NO.	GOLDSUN ELECTRONICS CO., LTD.

JAMECO NO.		GOLDSUN NO.	
DRAWN: Ivan Wang		T100T1B4A2	
VERIFY PEOPLE: Jenny		Description	Rev.
UNIT: mm		TOGGLE SWITCH, SPST, ON-OFF.	1
SCALE:	SHEET 1 OF 1	CAS No:	ERN No:

APÉNDICE G. Tarifa T-CO (ICE).

Publicado en el Alcance N°56 Gaceta N°60 del 31 de marzo del 2023

Tarifa T-CO Comercio y Servicios

A. Aplicación: Para el suministro de energía y potencia a servicios eléctricos servidos a media o baja tensión clasificados en el sector comercio o sector servicios, según la clasificación de actividades económicas (código CIU) utilizada por el Banco Central de Costa Rica (BCCR)

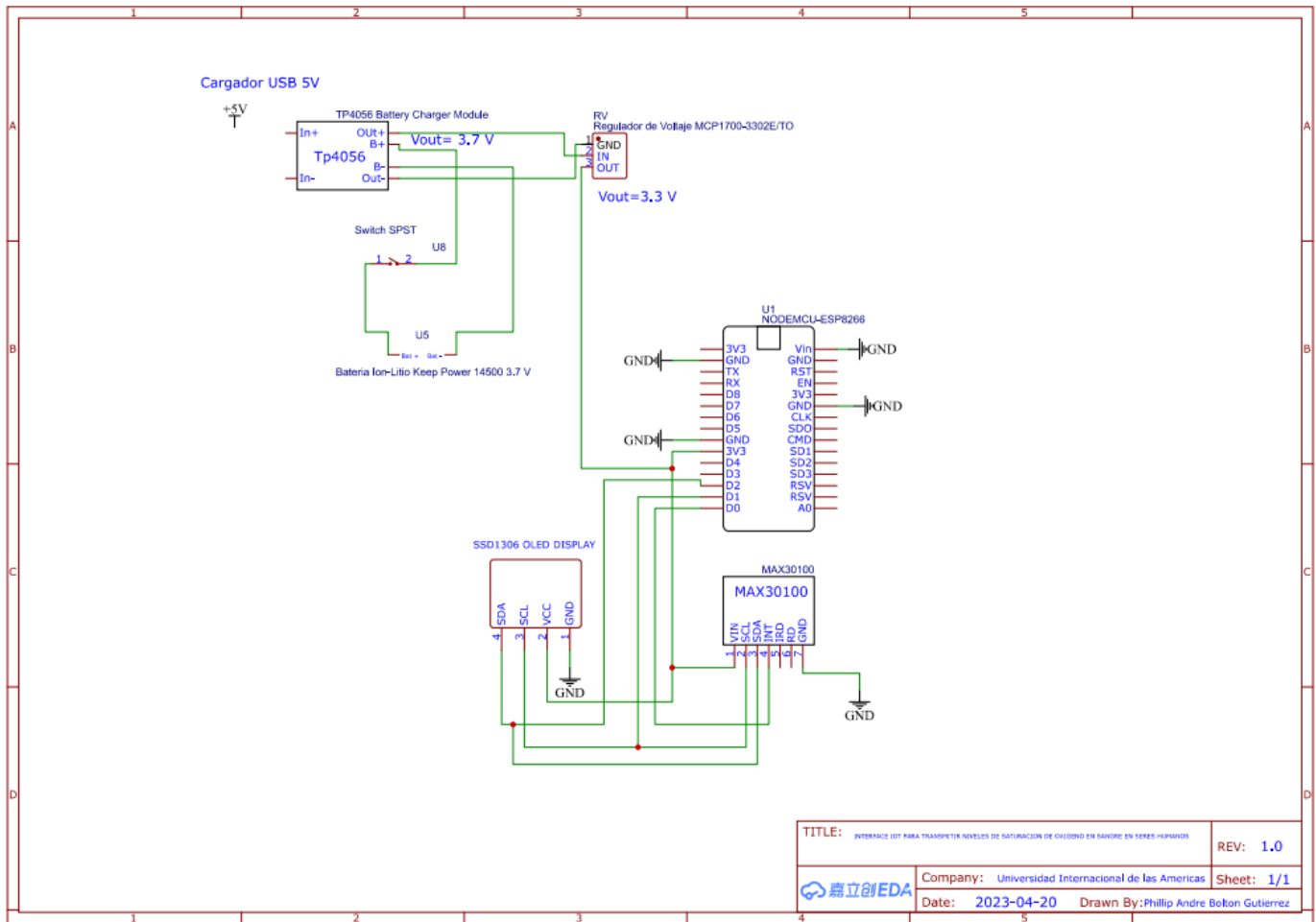
B.- Características de servicio:

Suministro de energía y potencia a servicios eléctricos servidos en baja tensión clasificados como B1, B2, B3, B4, B5, B6 y B7. o a servicios eléctricos servidos a media tensión y clasificados como M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 o M8, conforme a los especificado en el artículo 26 de la norma técnica regulatoria AR-NT-SUCOM "Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión".

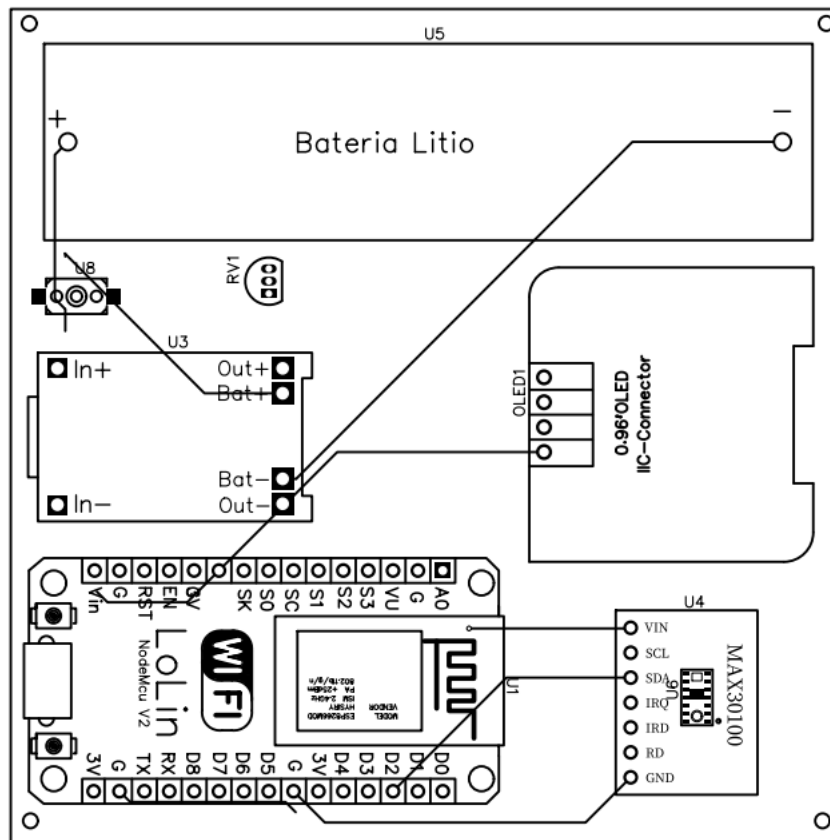
C. Precios mensuales:

Para consumos menores o iguales que 3 000 kWh	
Por cada kWh	¢ 120.42
Para consumos mayores de 3 000 kWh	
Cargo por energía, por cada kWh	¢ 72.06
Cargo por potencia, por cada kW	¢ 11 910.00

APÉNDICE H. Diagrama Electrónico del sistema de monitoreo IoT.



APÉNDICE I. Placa PCB del sistema de monitoreo IoT.



APÉNDICE I. Cargador USB 5V, 1A Tipo C.

PRODUCTS PARAMETER



2 Pack USB Wall Chargers

Charging Port: One USB Port
 Output DC 5V 1Amp
 Input: 100-240 (Board Voltage)
 Dimension: 1.2*1.2*1.3inches

+



2 Pack 6Ft USB Type C Cables

Material: Nylon Braided Cord
 Chare Speed: Max 2.4Amp
 Connetor Type: USB C Connector
 Data/Sync Speed: Max 480Mbps
 Bending times: 10000
 Cables Length: 6ft

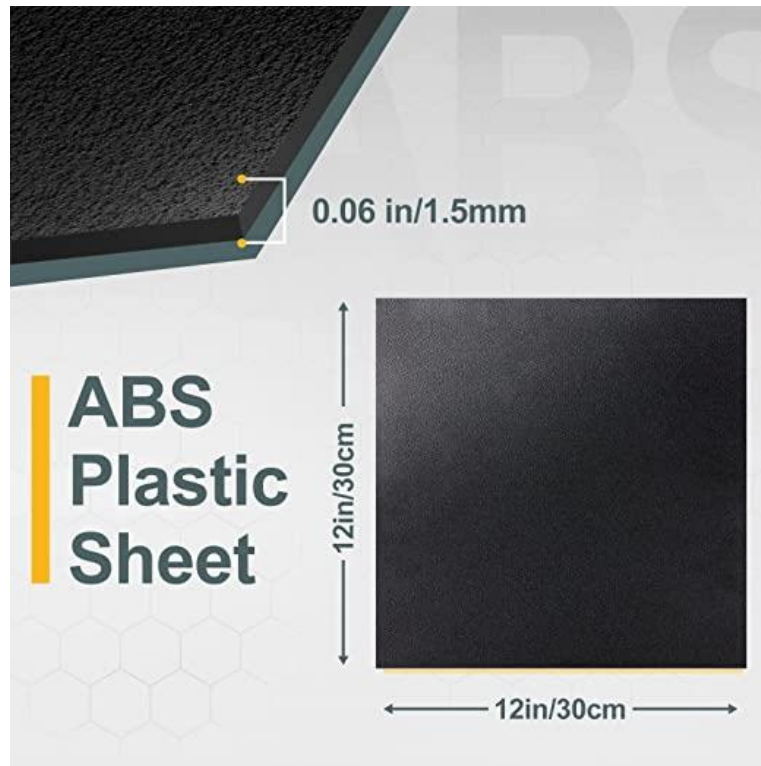
2 Pack Charger cables Sets makes it possible to share them with family members or travel partners.

MULTIPLE SAFETY PROTECTION

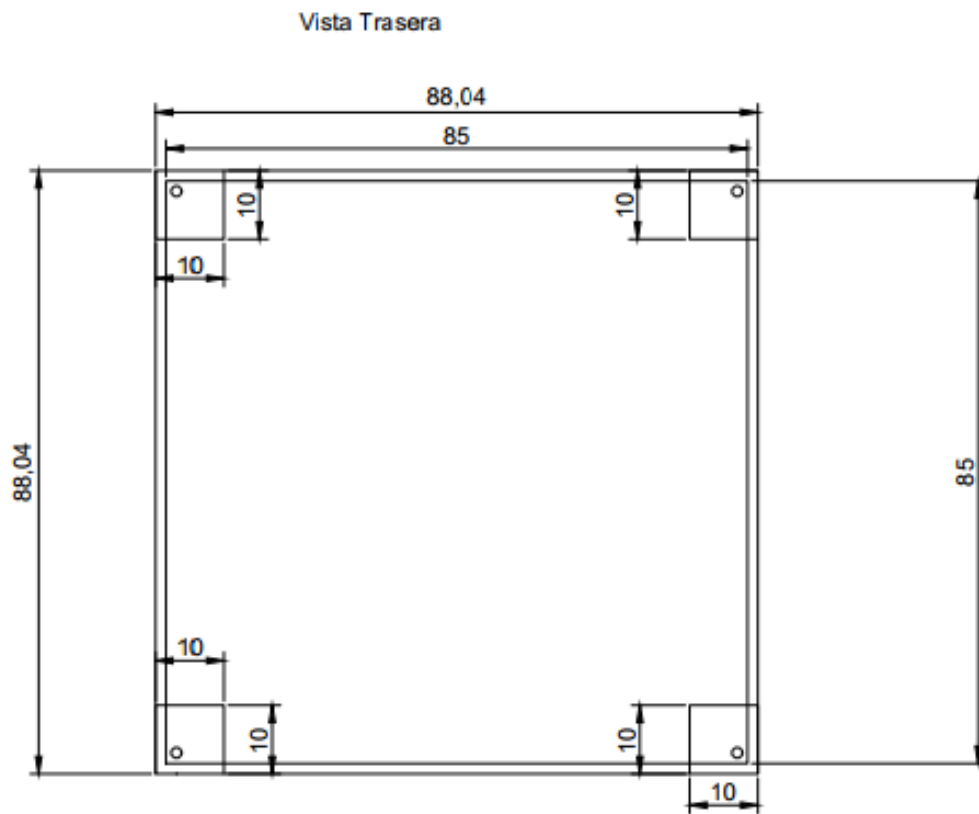
Fireproof Materials, Superior safety.
 Keep you and your devices safe when charging

Mini in Size, Easy to Store and Carry
 You can take them with you anywhere

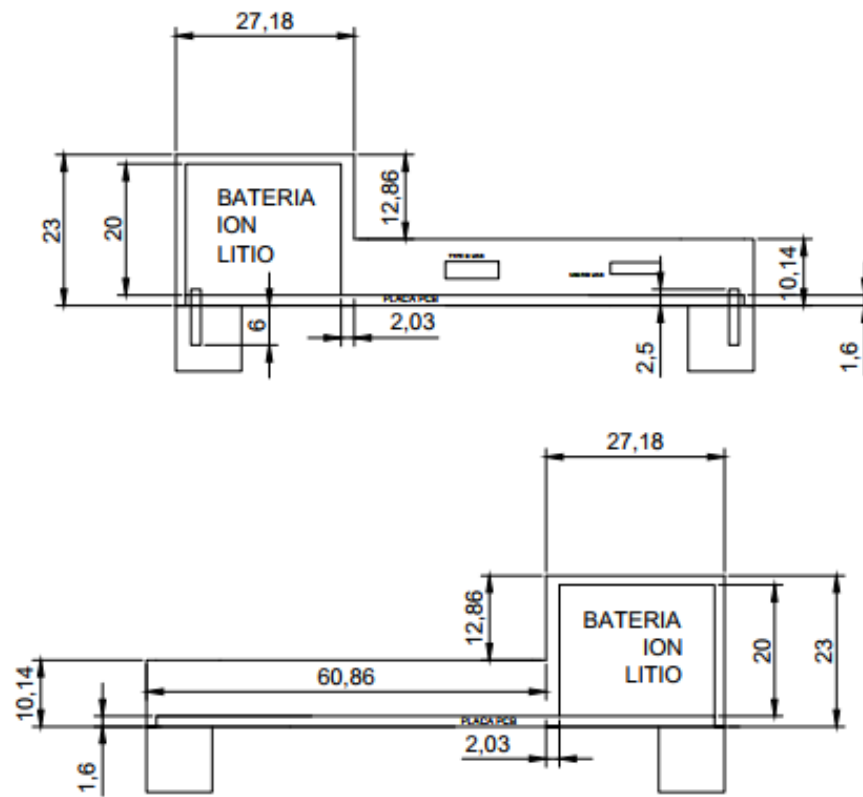


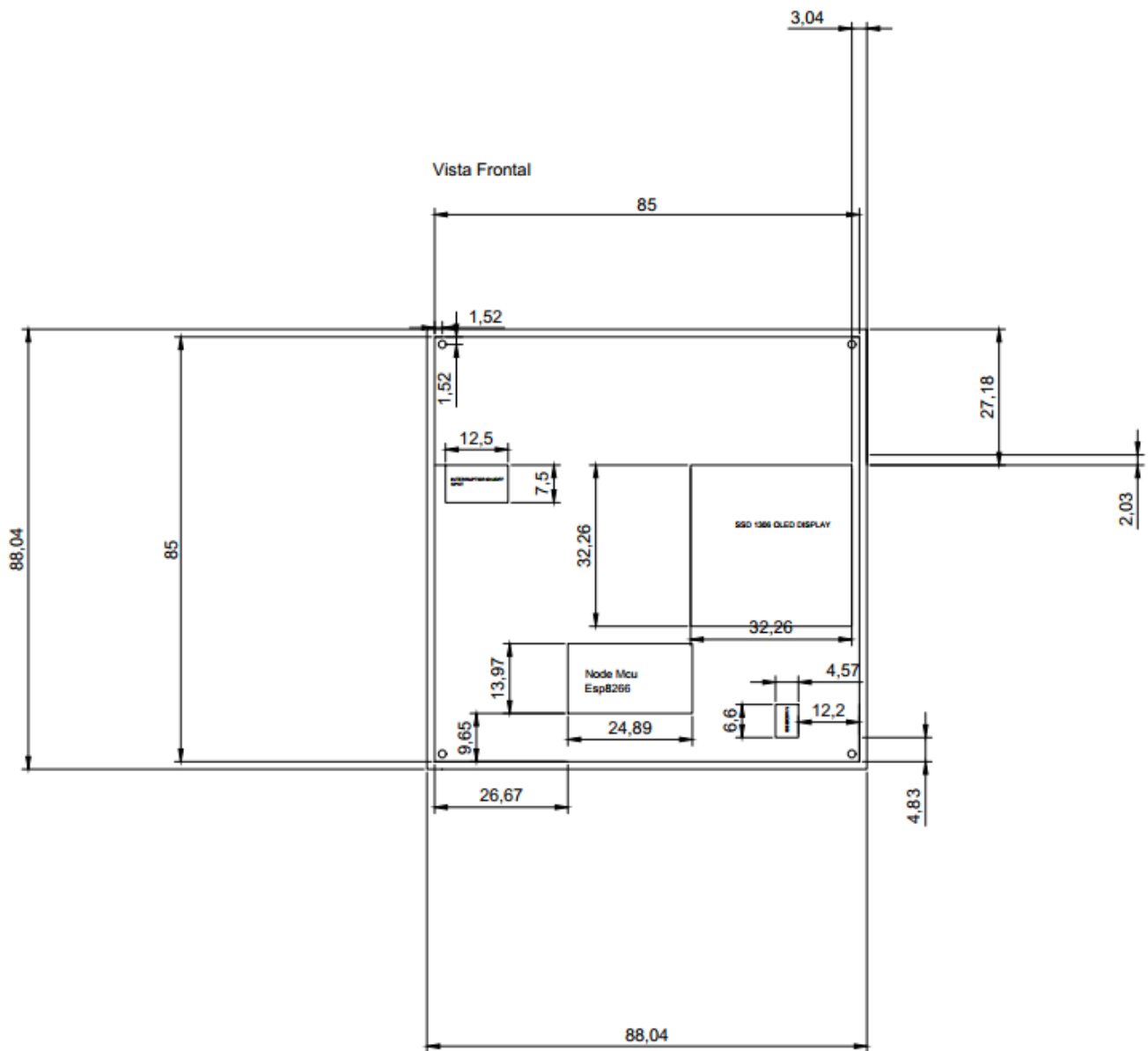
APÉNDICE J. Plástico ABS.

APÉNDICE K. Ficha técnica de los sujetadores Tornillos Phillips.**Features****Product Size**

APÉNDICE L. Planos del diseño en 2D del sistema mecánico.

Vistas Laterales





APÉNDICE M. Rutinas de mantenimiento preventivo del sistema de monitoreo IoT.

PROTOCOLO DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

CENTRO DE SALUD:	
DISPOSITIVO	SISTEMA DE MONITOREO IOT DE TRANSMISIÓN DE NIVELES SP02
FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	(6 meses)

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	RESULTADO DE LA PRUEBA	
		PASÓ	FALLÓ
1	Limpiar periódicamente las entradas USB con un paño seco y limpio con el fin de evitar el polvo.		
2	Retirar la batería si el sistema de monitoreo no funciona durante un periodo prolongado de tiempo.		
3	Almacenar el sistema de monitoreo en un sitio seco, debido a que la humedad puede reducir la durabilidad del dispositivo y afectar el correcto funcionamiento.		
4	Limpiar la superficie del sistema con alcohol médico antes de utilizarlo, y posteriormente secarlo con un paño seco y limpio.		
5	Evitar exponer el sistema a temperaturas extremas ya que podría dañar algunos de los componentes.		
6	Evitar exponer el dispositivo a luz solar ya que podría dañar el sensor de medición de niveles de Sp02 por los rayos ultravioleta.		
7	Reemplazar la batería del sistema según las instrucciones del fabricante ya que si la batería está agotada o dañada puede afectar con la precisión de la mediciones.		
8	No utilizar químicos abrasivos o corrosivos al momento de limpiar el sistema ya que puede dañar el sensor, las entradas USB o la pantalla de visualización del sistema de monitoreo.		

9	Realizar una inspección interna del sistema para detectar posibles daños, como rasgaduras o aberturas en los componentes, y en caso de encontrar algún problema, reemplazar el componente o material afectado.		
10	Evite descargar completamente la batería de iones de litio, ya que esto puede reducir su vida útil y afectar el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo.		
11	Inspeccionar la batería de iones de litio para detectar posibles daños o señales de desgaste, como lo son las deformaciones o abultamientos. En caso de detectar algún inconveniente, se recomienda sustituir la batería.		
12	Evite golpear o dejar caer el sistema, ya que esto puede dañar la pantalla y el sensor y afectar la lectura de la saturación de oxígeno.		

APÉNDICE N. Ficha técnica del sistema de monitoreo IoT.

FICHA TÉCNICA	
SISTEMA DE MONITOREO IOT DE TRANSMISIÓN DE NIVELES DE SATURACIÓN DE OXÍGENO EN SANGRE	
Especificaciones Técnicas	
Voltaje de trabajo	3.3 V (DC)
Voltaje máximo de carga de la batería	4.2 V (DC)
Voltaje de trabajo de la batería	3.7 V (DC)
Voltaje del módulo de carga	5 V (DC)
Carcasa	Plástico ABS
Conectividad	WiFi 802.11 b/g/n
Velocidad máxima de conectividad	54 Mbit/s
Descripción	El sistema de monitoreo IoT para la transmisión de niveles de saturación de oxígeno en sangre opera mediante la captación de la medición de la saturación de oxígeno en la sangre a través de un sensor de oximetría de pulso, el cual puede realizar mediciones de forma continua o programada para que después los datos de medición sean procesados y enviados mediante un protocolo de comunicación para su visualización y almacenamiento en una plataforma IoT.