

# **UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**



### **TESIS DE GRADO**

#### **PROTOTIPO SILLA DE RUEDAS AUTOMATIZADA CON MONITOREO CARDIACO Y LOCALIZACIÓN GPS BAJO LA PLATAFORMA DE INTERNET DE LAS COSAS**

**Para Optar al Título de Licenciatura en Ingeniería de Sistemas**

**Mención: GESTIÓN Y PRODUCCIÓN**

**Postulantes: Franz Silvano Condori Carrasco**

**Richard Titirico Cutipa**

**Tutor Metodológico: Ing. Maricel Yarari Mamani**

**Tutor Especialista: Ing. Rolando Alarcón Choquehuanca**

**Tutor Revisor: Lic. Katya Maricela Pérez Martínez**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**2020**

## ÍNDICE

1	MARCO PRELIMINAR.....	1
1.1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1.1	Problema Principal.....	2
1.1.2	Problemas Secundarios.....	3
1.2	OBJETIVOS .....	3
1.2.1	Objetivo General.....	3
1.2.2	Objetivos Específicos .....	3
1.3	HIPÓTESIS .....	4
1.3.1	Identificación de Variables.....	4
1.3.2	Operacionalización de Variables .....	5
1.4	JUSTIFICACIONES .....	6
1.4.1	Justificación Científica .....	6
1.4.2	Justificación Técnica.....	6
1.4.3	Justificación Económica .....	7
1.4.4	Justificación Social .....	7
1.5	METODOLOGÍA .....	7
1.5.1	Método Científico.....	7
1.5.2	Método de Ingeniería.....	8
1.5.3	HERRAMIENTAS .....	9
1.6	LIMITES Y ALCANCES.....	12
1.6.1	Alcances .....	12
1.6.2	Límites .....	12
1.7	APORTES .....	13
1.7.1	Institucional.....	13
1.7.2	Académico.....	13
1.8	RECOMENDACIONES .....	13
2	MARCO TEÓRICO .....	14
2.1	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO .....	14
2.1.1	Planteamiento del problema .....	14

2.1.2	Construcción de una hipótesis.....	14
2.1.3	Deducción de consecuencias particulares.....	14
2.1.4	Probar la hipótesis.....	14
2.1.5	Sacar conclusiones.....	15
2.2	METODOLOGÍA DE DISEÑO KARL T. ULRICH.....	15
2.2.1	Desarrollo del concepto.....	15
2.2.2	Diseño a nivel de sistema.....	15
2.2.3	Desarrollo de Detalle.....	16
2.2.4	Prueba y refinamiento.....	16
2.3	Metodología Mobile D.....	16
2.3.1	Fases de desarrollo de Mobile-D.....	17
2.4	Enfermedad Cardiovascular.....	18
2.4.1	Enfermedades Cardiovasculares dependientes de los niveles de frecuencia cardíacas.....	19
2.5	Frecuencia Cardíaca.....	20
2.6	Función Psicológica de la Orientación.....	20
2.6.1	Orientación Alopsíquica.....	20
2.6.2	Alteraciones de la Orientación.....	21
2.7	Silla de ruedas.....	21
2.8	Tipos de silla de ruedas.....	21
2.8.1	Silla de ruedas manuales.....	21
2.8.2	Silla de ruedas eléctrica.....	22
2.8.3	Silla de ruedas de Bipedestación.....	22
2.8.4	Silla de ruedas tipo oruga.....	22
2.9	AUTOMATIZACIÓN.....	23
2.9.1	Objetivos de la automatización.....	23
2.9.2	Clases de automatización.....	24
2.10	ROBÓTICA.....	24
2.10.1	Esquema General de un Robot.....	25
2.11	INTERNET DE LAS COSAS.....	25
2.12	SISTEMA OPERATIVO ANDROID.....	27
2.12.1	Arquitectura y Características.....	28
2.12.2	Versión de Android 4.1: JellyBean.....	29

2.12.3	Librería JPLOT [android(java) - IOS (swift)].....	30
2.13	Coordenadas Geográficas .....	30
2.13.1	Latitud.....	30
2.13.2	Longitud.....	31
2.13.3	Altura .....	31
2.14	Google Maps.....	31
2.15	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS.....	32
2.16	Principios de funcionamiento de GPS.....	33
2.16.1	Arduino MKR GPS.....	33
2.17	ARDUINO.....	34
2.17.1	Software Arduino .....	35
2.18	SENSORES ROBÓTICOS.....	36
2.18.1	Sensor de pulso Cardíaco .....	36
2.19	MOTORES DC.....	37
2.20	GOOGLE FIREBASE.....	37
2.20.1	Características.....	38
3	IMPLEMENTACIÓN METODOLÓGICA.....	40
3.1	Desarrollo de concepto .....	40
3.1.1	Definición de los requerimientos.....	41
3.1.2	Tipología de la estructura .....	44
3.2	Diseño a nivel de sistema .....	50
3.2.1	Análisis del sistema .....	50
3.3	Diseño de detalle .....	54
3.3.1	Sistema de locomoción.....	54
3.3.2	Geometría eléctrica del sistema de locomoción .....	59
3.3.3	. Sistema de monitoreo y localización.....	60
3.3.4	Sistema de control .....	61
4	IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO.....	62
4.1	Estructura Mecánica (Chasis) .....	62
4.1.1	Soporte base .....	62
4.1.2	Modelo cinemático de giro de la silla de ruedas .....	63
4.1.3	Soporte silla .....	66

4.2	Implementación del Sistema de locomoción .....	68
4.2.1	Control de mando .....	68
4.2.2	Control de potencia.....	70
4.2.3	Implementación electrónica del sistema de locomoción .....	71
4.2.4	Etapa de señales del movimiento del joystick en los ejes x y .....	73
4.3	Implementación del sistema de alimentación eléctrica.....	75
4.4	Implementación del sistema de localización, temperatura y monitoreo.....	77
4.4.1	Configuración del controlador ESP32.....	85
4.4.2	Materiales del Controlador.....	85
4.4.3	Programación Arduino .....	86
4.5	Desarrollo de la aplicación Móvil.....	93
4.5.1	Fase de Exploración .....	93
4.5.2	Fase Inicialización .....	96
4.5.3	Fase Producción.....	103
4.5.4	Fase Estabilización.....	103
4.5.5	Fase Prueba del sistema .....	104
5	RESULTADOS .....	114
5.1	RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	114
5.2	DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	118
5.3	Evaluación de resultados .....	119
5.4	COSTO DEL PROTOTIPO .....	122
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	125
6.1	Conclusiones.....	125
6.2	Recomendaciones.....	126
	BIBLIOGRAFÍA .....	127
	GLOSARIO.....	131
	ANEXOS .....	132
	ANEXO A.....	133
	Evaluación para requerimientos del prototipo.....	133
	ANEXO B.....	134
	Diagnóstico de la encuesta.....	134
	ANEXO C.....	135

ANEXO E.....	144
Conexión Armado de la parte Electrónica.....	144
ANEXO F .....	147
Conexiones eléctricas a la fuente de alimentación.....	147
ANEXO G.....	148
Pruebas de locomoción .....	148
ANEXO I .....	150
ÁRBOL DE PROBLEMAS .....	150
ÁRBOL DE OBJETIVOS.....	151
MANUAL DE USUARIO DE LA APLICACIÓN “SILLA DE RUEDAS” .....	155
MANUAL DE USUARIO DE LA SILLA DE RUEDAS.....	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Robot y su interacción con el entorno .....	25
Figura 2.2 El IoT puede considerarse como red de redes.....	26
Figura 2.3 Coordenadas; Latitud y longitud.....	31
Figura 3.1 Sistema de control.....	49
Figura 3.2 Diagrama de Bloques Análisis del sistema .....	50
Figura 3.3 Diagrama de bloques, Subsistema de locomoción .....	51
Figura 3.4 Subsistema de Monitoreo Cardíaco y Localización GPS .....	52
Figura 3.5 Arquitectura del módulo de alimentación Eléctrica.....	53
Figura 3.6 Modulo de Control.....	53
Figura 3.7 Diagrama de Fuerzas en la silla de ruedas .....	55
Figura 3.8 Motorreductor DGM-3491 .....	58
Figura 3.9 Joystick KY023.....	58
Figura 3.10 Conexión Joystick .....	59
Figura 3.11 Plano de conexión puente h con ruedas .....	59
Figura 3.12 Modulo GPS Neo 6 .....	60
Figura 3.13 Sensor de pulso cardíaco.....	60
Figura 3.14 Microcontrolador ESP32 .....	60
Figura 3.15 Esquema de envío de datos.....	61
Figura 3.16 Arduino Uno .....	61
Figura 3.17 Esquema control de locomoción .....	61
Figura 4.1 Diseño estructura base .....	62
Figura 4.2 Estructura base modulo físico .....	63
Figura 4.3 Direccionamiento diferencial silla de ruedas .....	63
Figura 4.4 Medidas Estándar de una silla de ruedas .....	66
Figura 4.5 Diseño silla.....	67
Figura 4.6 Soporte silla .....	68
Figura 4.7 Diseño esquemático del mando principal.....	69
Figura 4.8 Plano de ensamblaje del motorreductor con llantas.....	70
Figura 4.9 Ensamblaje físico motorreductor con las llantas .....	70
Figura 4.10 Modulo puente H BTS7960 .....	71
Figura 4.11 Diseño electrónico, Sistema de locomoción.....	72
Figura 4.12 Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema de locomoción.....	75
Figura 4.13 Diagrama eléctrico del banco de energía.....	76
Figura 4.14 Cableado interno en el banco de baterías.....	76
Figura 4.15 Diagrama eléctrico del regulador de voltaje .....	77
Figura 4.16 Conexión Microcontrolador ESP32 con Modulo GPS NEO 6.....	78
Figura 4.17 Diseño electrónico de conexión Arduino con el GPS .....	78
Figura 4.18 Diseño electrónico del módulo de temperatura .....	79
Figura 4.19 Diagrama de flujo, control de sensores .....	79
Figura 4.20 Conexión a la red Wifi y autenticacion en Firebase.....	80
Figura 4.21 Lectura de pulso cardíaco y su registro en Firebase .....	81
Figura 4.22 Lectura del módulo NEO 6M GPS y registro a Firebase .....	82

Figura 4.23 Lectura de TDH11 temperatura y registro de datos en Firebase. ....	83
Figura 4.24 Lectura de MPU6050 y su registro en Firebase .....	84
Figura 4.25 Diagrama de bloques, proceso de funcionamiento de sensores .....	87
Figura 4.26 Esquema funcional del controlador .....	90
Figura 4.27 Diagrama de flujo correspondiente al controlador .....	92
Figura 4.28 Caso de Uso Interacción usuario con el sistema.....	95
Figura 4.29 Diagrama de actividades del ciclo de la aplicación .....	95
Figura 4.30 Diseño Splash de la App "Silla de ruedas" .....	99
Figura 4.31 Diseño de la interfaz menú Ingreso de la App "Silla de Ruedas" .....	100
Figura 4.32 Diseño de la interfaz menú Principal de la App "Silla de Ruedas.....	100
Figura 4.33 Diseño de la interfaz Ritmo Cardíaco de la App "Silla de Ruedas.....	101
Figura 4.34 Diseño de la interfaz Localización GPS de la App "Silla de Ruedas ....	101
Figura 4.35 Diagrama de base de datos .....	102
Figura 4.36 Vista app Silla de ruedas, menú principal .....	103
Figura 4.37 Caso de Prueba 1 .....	106
Figura 4.38 Caso de prueba 2.....	106
Figura 4.39 Caso de prueba 3.....	107
Figura 4.40 Caso de prueba 4.....	107
Figura 4.41 Caso de uso 5 .....	108
Figura 4.42 Verificación estado login .....	109
Figura 4.43 Verificación silla de ruedas en posición inadecuada.....	111
Figura 4.44 Verificación del módulo pulso cardíaco .....	112
Figura 5.1 Capacitación usuario silla.....	114
Figura 5.2 Capacitación acompañante del usuario .....	115
Figura 5.3 Vista de la aplicación.....	115
Figura 5.4 Vista del panel, estado de baterías .....	116
Figura 5.5 Prueba de locomoción Usuario 1 .....	116
Figura 5.6 Prueba de locomoción usuario 2.....	117
Figura 5.7 Prueba de locomoción usuario 3.....	117
Figura 5.8 Región Crítica zona de Aceptación .....	120
Figura 5.9 Distribución Z para la toma de decisión .....	121
Figura 5.10: Calculo de costos Cocomo II.....	122
Figura A 1:Silla eléctrica Quickie Rumba .....	135
Figura A 2:silla de ruedas eléctrica liviana .....	135
Figura A 3:Silla de ruedas MAIA .....	136
Figura A 4: Pregunta 1 .....	138
Figura A 5: Pregunta 2 .....	138
Figura A 6: Pregunta 3 .....	139
Figura A 7: Pregunta 4 .....	139
Figura A 8: Pregunta 5 .....	140
Figura A 9: Pregunta 6 .....	140
Figura A 10: Pregunta 1, acompañante.....	141
Figura A 11: Pregunta 2, acompañante de usuario .....	141



Figura A 12: Pregunta 3, acompañante de usuario .....	142
Figura A 13: Pregunta 4, acompañante de usuario .....	142
Figura A 14: Pregunta 5, acompañante de usuario .....	143
Figura A 15: Controlador de Silla de Ruedas .....	144
Figura A 16: Vista Controlador GPS.....	144
Figura A 17: Conexión eléctrica del módulo BTS7069 (puente h).....	145
Figura A 18: Sensor Ultrasónico.....	145
Figura A 19: Indicador de estado de Batería.....	146
Figura A 20: Banco de baterías conectadas en serie.....	147
Figura A 21: Control electrónico de la silla de ruedas .....	147
Figura A 22: Prototipo inicial, prueba de movimiento .....	148
Figura A 23: Prototipo final, prueba de movimiento.....	148
Figura A 24: Tabla de distribución normal.....	149

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Operacionalización de variables.....	5
Tabla 3.1	Declaración de la misión y diseño .....	40
Tabla 3.2	Requerimientos técnicos .....	42
Tabla 3.3	Matriz de Tamizaje Material de Chasis.....	45
Tabla 3.4	Matriz de tamizaje, sistema de locomoción .....	46
Tabla 3.5	Matriz de tamizaje, control de locomoción.....	47
Tabla 3.6	Matriz de tamizaje, técnicas de localización.....	48
Tabla 3.7	Análisis aproximado del peso de la silla de ruedas .....	54
Tabla 4.1	Datos técnicos Silla de ruedas .....	67
Tabla 4.2	Rango de voltajes joystick eje x .....	74
Tabla 4.3	Rango de voltaje joystick eje y .....	74
Tabla 4.4	Materiales para Controlador .....	85
Tabla 4.5	Plan de desarrollo de aplicación.....	94
Tabla 4.6	Especificación de Módulos .....	97
Tabla 4.7	Planificación de desarrollo de la aplicación .....	98
Tabla 4.8	Pruebas de la App en diferentes dispositivos.....	104
Tabla 4.9	Verificación estado login .....	110
Tabla 4.10	Verificación silla de ruedas en posición inadecuada.....	111
Tabla 4.11	Verificación de pulso cardíaco.....	113
Tabla 5.1	Datos de evaluación de los casos de prueba .....	118
Tabla 5.2	Valores de aprobación en porcentajes .....	118
Tabla 5.3	Materiales parte Mecánica .....	122
Tabla 5.4	Materiales parte Electrónica .....	123
Tabla 5.5	Costo de Ingeniería .....	124
Tabla 5.6	Costo total .....	124
Tabla A 1:	Resultados, evaluación de paciente.....	137
Tabla A 2:	Evaluación al acompañante del paciente.....	137

# **1 MARCO PRELIMINAR**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

Más de mil millones de personas viven en todo el mundo con alguna forma de discapacidad; de ellas, casi 200 millones experimentan dificultades considerables en su funcionamiento.

En los años futuros, la discapacidad será un motivo de preocupación aún mayor, pues su prevalencia está aumentando. Esto se debe a que la población está envejeciendo y el riesgo de discapacidad es superior entre los adultos mayores y también al aumento mundial de enfermedades crónicas tales como la diabetes, las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y los trastornos de la salud mental (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Alrededor del 15% de la población mundial vive con algún tipo de discapacidad, la más afectada por esta condición es la población vulnerable ya que vive en ambientes poco adecuados para llevar un estilo de vida en el cual pueda desarrollarse y ser más independiente de sus actividades diarias (Organización Mundial de la Salud, 2018).

En Bolivia, 3 de cada 100 personas tienen alguna dificultad permanente, correspondiendo a 50,9% a mujeres y 49,1% a hombres, informó el Instituto Nacional de Estadística (INE), en ocasión de recordarse el Día Internacional de las Personas con Discapacidad.

De 10.059.856 habitantes registrados en el Censo 2012, 3,4% es decir 342.929 personas declararon tener alguna dificultad permanente, de este total 243.298 viven en el área urbana y 99.631 en el área rural (Instituto Nacional de Estadística, 2016).

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En Bolivia 3 de cada 100 personas son discapacitadas según INE del censo 2012 y de ellos el 17% son personas discapacitadas por distintas causas "La discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás"

En los últimos años las personas con capacidades diferentes de Bolivia han adquirido sillas de ruedas convencionales, que operan con la total intervención del ser humano, esto con el objetivo de poder desplazarse y realizar ciertas actividades comunes para la sociedad. Pero para muchos de estos usuarios, este equipo de movilidad no es suficiente para satisfacer sus requerimientos, debido a que su incapacidad limita aún más sus destrezas,

La silla de ruedas convencionales presenta problemas de eficiencia de movimiento, ya que, se logra de forma ineficiente: aprovecha entre el 5%-8% (armazón plegable) y 15%-20% (armazón rígido) del impulso que se da en las ruedas traseras (Verdi, 2016).

Esto conlleva a una gran exigencia en los músculos del pecho y hombro para conseguir el desplazamiento dejando inactivos los músculos de la zona lumbar lo cual ocasiona su debilitamiento progresivo además hay gran cantidad de personas que son de la tercera edad los cuales no disponen de la fuerza necesaria para su traslado constante y necesitan la ayuda de otra persona.

### **1.1.1 Problema Principal**

Existen pocas alternativas de Silla de ruedas que están desarrolladas con la finalidad de conseguir mejoras en la calidad de vida de las personas con discapacidad motora que presentan problemas de orientación y del corazón.

### **1.1.2 Problemas Secundarios**

- Pacientes con discapacidad motora y problemas cardiacos requieren un control de ritmo cardiaco con bastante frecuencia.
- Algunas personas que usan silla de ruedas presentan problemas de orientación espacio temporal, esto ocasiona la preocupación de los familiares por su localización
- Las sillas de ruedas convencionales no disponen con una localización satelital GPS.
- Existen pocas alternativas para realizar el seguimiento del paciente de forma remota para conocer el estado físico del mismo.
- El paciente con discapacidad motora necesita de otra persona para trasladarse a distintos lugares.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar un prototipo de silla de ruedas automatizado con monitoreo cardiaco y localización GPS bajo la plataforma de Internet de las Cosas que mejore el desenvolvimiento de actividades diarias de una persona que sufre de discapacidad motora, con mayor autonomía de manera segura y comfortable

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Investigar sobre las sillas de ruedas para personas con discapacidad motora en la actualidad.
- Analizar las dificultades y requerimientos de personas con discapacidad motora.
- Determinar los elementos necesarios para la construcción y diseño del prototipo automatizado teniendo en cuenta los tipos de sillas de ruedas de bajo costo existentes en el mercado nacional.

- Programar el prototipo para el movimiento en el eje de coordenadas X, Y específicas y necesarias para su funcionamiento, calculando y determinando la potencia y velocidad del motor aplicado al sistema de movilización.
- Emplear software (Api de Google Maps), hardware necesario para conocer la ubicación del usuario de la silla de rueda.
- Diseñar y Desarrollar una aplicación Android para monitorizar en tiempo real, que permita a usuarios determinar el estado de la persona con discapacidad motora, utilizando herramientas de localización GPS y monitorización cardiaca para conocer el ritmo cardiaco en tiempo real del usuario.

### 1.3 HIPÓTESIS

H1: El diseño y la construcción del prototipo de una silla de ruedas automatizada con monitoreo cardiaco y localización GPS (*Global Positioning System*), proporcionará una mayor autonomía en el desarrollo de actividades diarias a una persona con discapacidad motora de manera más segura.

H0: El diseño y la construcción del prototipo de una silla de ruedas automatizada con monitoreo cardiaco y localización GPS (*Global Positioning System*), no mejorara la autonomía del desarrollo de actividades diarias a una persona con discapacidad motora de manera más segura

#### 1.3.1 Identificación de Variables

**Variable independiente:** Construcción del prototipo automatizado y monitorizado de Silla de ruedas.

**Variable dependiente:** Personas con discapacidad motora.

### 1.3.2 Operacionalización de Variables

Tabla 1.1  
Operacionalización de variables

	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Variable Independiente</b> Construcción del prototipo Silla de ruedas	Una silla de ruedas automatizada es una herramienta técnica que ayuda al desplazamiento de personas con problemas motrices debido a problema de locomoción reducida o debido a enfermedades físicas.	Transporte	Traslado a distintos lugares	Encuestas a realizarse
<b>Variable Dependiente</b> Personas con discapacidad motora	Persona con movilidad limitada a causa de una secuela, manifiesta alteraciones generales o específicas, dificultad en el desplazamiento, haciendo lento y difícil en las que requiere aparatos ortopédicos, sillas de ruedas, ortesis o prótesis.	Necesidades Transporte	Realizar distintas actividades para desarrolla una vida cotidiana Deficiencia en el traslado de un sitio a otro	Seguimientos supervisados

Fuente: Elaboración propia

## **1.4 JUSTIFICACIONES**

### **1.4.1 Justificación Científica**

La presente investigación trata de generar un aporte científico al conocimiento, ya contempla estudios sobre: electrónica, informática, comunicación vía internet y recolección de datos.

Por tal motivo, la realización de la investigación permitirá manifestar la destreza en dispositivos electrónicos y el desarrollo de una aplicación móvil de control a través de la implementación de servicios de comunicación propuestos en este trabajo y que procura establecer resultados.

La combinación de más de una tecnología permite ampliar más las posibilidades en las aplicaciones desarrolladas, el presente trabajo incursiona en la combinación de tecnologías para poder lograr una integración que muestre una de las muchas posibilidades de este tipo de estudio.

### **1.4.2 Justificación Técnica**

Las sillas de ruedas autónomas representan una importante área de la robótica móvil aplicada en tareas de asistencia y de servicios, ya que poseen un diseño muy similar a los robots móviles autónomos. La robótica aplicada a la asistencia ha evolucionado en las últimas décadas en las diferentes áreas de rehabilitación debido a que se generan cambios sociales que exigen dispositivos que satisfagan sus necesidades. En el caso puntual de las personas con discapacidades motoras severas tales como personas cuadripléjicas, requieren dispositivos específicos y complejos que satisfagan sus necesidades. Las sillas de ruedas robóticas satisfacen las necesidades de este sector de la sociedad por sus características de navegación autónoma, brindando que estas personas mejoren su calidad de vida.



### **1.4.3 Justificación Económica**

El presente perfil se justifica económicamente puesto que emplearan materiales que se pueden conseguirse fácilmente en el mercado tradicional, los cuales serán adaptados para que lleven tareas específicas, como en la etapa de control y potencia para maniobrar la silla de ruedas y poner al servicio de las personas con discapacidad motora que así lo requieran.

### **1.4.4 Justificación Social**

Una sociedad es verdaderamente democrática cuando ofrece a todos sus miembros las mismas posibilidades de acuerdo a sus capacidades. La falta de acceso a las nuevas tecnologías provoca consecuencias no sólo en las personas con discapacidad sino también en todas las personas en situación de vulnerabilidad (10° Congreso Iberoamericano de Informática Educativa Especial, 2015).

Actualmente las dificultades de integración, inclusión y de acceso a la formación tecnológica, al igual que los desniveles sociales, generan brechas enormes, en cuanto a posibilidades de autorrealización, entre los miembros de las sociedades.

Para que no exista esta desigualdad social, ponemos a disposición de los mismos, que el trabajo de trasladarse de un sitio a otro no sea tan dificultoso, más al contrario sea algo que ellos puedan realizarlo de manera fácil y controlada.

## **1.5 METODOLOGÍA**

### **1.5.1 Método Científico**

Para la investigación y obtención de información respectiva se hace uso de la metodología de investigación Científica, según Mario Bunge (Bunge, 1959) La variedad de habilidades y de información que exige el tratamiento científico de los problemas ayuda a explicar la extremada división del trabajo prevaleciente en la ciencia contemporánea, en la que encuentra lugar toda capacidad natural y toda habilidad adquirida.

- Planteamiento del Problema  
Reconocimiento de los hechos, descubrimiento del problema y formulación del problema.
- Construcción de un Modelo Teórico  
Selección de los factores pertinentes, construcción de la hipótesis.
- Deducción de Consecuencias Particulares  
Búsqueda de soportes racionales, búsqueda de soportes empíricos.
- Prueba de las Hipótesis  
Diseño de la prueba, ejecución de la prueba, elaboración de datos e Inferencia de la conclusión.
- Introducción de las Conclusiones en la Teoría  
Comparación de las conclusiones con las predicciones, reajuste del modelo.

### **1.5.2 Método de Ingeniería**

El método de Karl T. Ulrich abarca todos los campos que intervienen en el desarrollo de un proyecto de diseño. Para el proceso de desarrollo de producto, se emplea una metodología estructurada fundamentada en las fases de:

- Planeación. Desarrollo del concepto
- Diseño de conceptos, Se identifican las necesidades, se generan y evalúan conceptos de productos alternativos.
- Diseño a nivel de sistema, Se define la arquitectura del producto y el desglose de este en subsistemas y componentes.
- Desarrollo de Detalle, Se establece la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancias de todas las partes que sean únicas en el producto, y la identificación de todas las partes estándar que se van a adquirir de los proveedores.
- Prueba y refinamiento, Desarrollar materiales de producción

### 1.5.3 HERRAMIENTAS

**Android Studio versión 3.4** Es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android y se basa en *IntelliJ IDEA* . Además del potente editor de códigos y las herramientas para desarrolladores de *IntelliJ*, Android Studio ofrece aún más funciones que aumentan tu productividad durante la compilación de apps para Android (Google Developers, 2018).

#### **Etapas de Internet de las Cosas**

Según Herrera Ana (2019) la etapa de implementación de *IOT* en procesos productivos son:

- Monitoreo de procesos se incluyen sensores en las partes de producción
- Control Remoto parte los sensores instalados.
- Análisis de datos Para la optimización de procesos productivos
- Automatiza tareas de control el proceso Online
- Optimización de procesos optimiza los puntos de fuga que ha detectado.

**Firestore versión 12**, te da las herramientas para programar apps de alta calidad, aumentar tu base de usuarios y ganar más dinero. Nos encargamos de los aspectos básicos para que puedas monetizar tu negocio y concentrarte en tus usuarios. (GoogleDevelopers, 2018)

**Java** Lenguaje de programación para computadores, Java se introdujo a finales de 1995. La clave fue la incorporación de un intérprete Java en la versión 2.0 del programa *Netscape Navigator*, produciendo una verdadera revolución en Internet. (Garcia, 2000, pág. 1)

Esta se empleará más que todo para la programación en Android Studio para hacerlo de manera nativa.

**Proteus** Aplicación para para la ejecución de proyectos, el entorno de diseño electrónico Proteus de *Labcenter Electronics* ofrece la posibilidad de simular código

microcontrolador de alto y bajo nivel simultáneamente. Esto permite el diseño tanto a nivel hardware como software (Garcia E. , 2009, pág. 1)

**Linux** Sistema Operativo basado en el funcionamiento de un sistema Unix bajo los términos de licencia GPL Este SO es ideal para ordenadores lentos, y se caracteriza por ofrecer toneladas de opciones. (Pons, 2016, pág. 1)

Algunas de las distribuciones más ligeras están especialmente pensadas para Raspberry Pi, el cual se empleará en el presente prototipo.

**Hardware** Para llegar a ver los resultados del software es imprescindible contar con el hardware necesario que interactué con el mismo, en el presente tendremos:

**Arduino** Plataforma electrónica *open source*, compuesta de hardware y software para diseñar, desarrollar, realizar pruebas de productos y sobre todo prototipos electrónicos. El hardware consiste de un microcontrolador con otros componentes electrónicos que pueden ser reprogramados (Casco, 2014, pág. 1).

Con Arduino se puede trabajar en casi todas las plataformas informáticas, por no decir todas, desde Mac OS X a Linux, pasando por Windows. Gracias a que es de código abierto han aparecido múltiples herramientas que hacen fácil su uso, además que su coste es bajo.

## **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, (Mora, 2012, pág. 5).

## **Sensores**

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal traducible que es función de la variable medida (Pallás, 2013, pág. 3).

**Sensor de Localización GPS**, este es un sensor que transmite la posición actual al controlador. También actualiza el reloj Arduino utilizando el tiempo atómico (MySensor, 2019)

**Giroscopio** sensor que añade el registro de la rotación de un dispositivo en todos sus ejes. (Ramirez, 2017)

**Actuadores Eléctricos:** Un actuador es un dispositivo con la capacidad de generar una fuerza que ejerce un cambio de posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico a partir de la transformación energía (Corona y Abarca, 2018, pág. 25).

### **Silla de Ruedas**

La silla de ruedas es un dispositivo técnico utilizado por personas con una discapacidad motriz que implica reducción o pérdida de la locomoción. (Salcedo, 2015, pág. 8).

### **Regulador de Voltaje**

Un regulador de tensión o regulador de voltaje es un dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de tensión constante.

Los reguladores electrónicos de tensión se encuentran en dispositivos como las fuentes de alimentación de los computadores, donde estabilizan las tensiones de Corriente Continua usadas por el procesador y otros elementos. (Robinson, 2017).

### **Indicador de Estado de Batería**

Un indicador del nivel de batería nos permite conocer el estado actual de la batería, así poder conocer con antelación el tiempo de duración del mismo.

## **1.6 LIMITES Y ALCANCES**

### **1.6.1 Alcances**

El prototipo de silla de ruedas automatizada, debe satisfacer la necesidad de los usuarios que lo empleen al momento de transportarse de un sitio a otro, sin un mayor esfuerzo, facilitar a sus familiares para poder hacer seguimiento vía una aplicación Android v 4.3 *Jelly Bean* para conocer la ubicación en tiempo real del usuario.

Consideraremos los siguientes módulos.

- Implementación de modulo GPS para conocer la posición.
- Implementación del sensor Ritmo o pulso cardiaco para conocer los latidos del corazón y hacer una monitorización del mismo.
- Silla de rueda que acceda a espacios donde no requiera la intervención de una ayuda externa.
- Implementación de un sistema de monitoreo y control bajo la plataforma del Internet de las cosas.

### **1.6.2 Límites**

Solo se trabajará para personas que poseen discapacidad motora y quienes requieren una silla de rueda para transportarse de un sitio a otro.

El prototipo diseñado solo recorrerá a una velocidad aceptable para su transporte, y la duración de la batería dependerá del uso intenso que se le dé.

Los eventos climáticos quedan fuera de la tesis.

## **1.7 APORTES**

### **1.7.1 Institucional**

Este prototipo de silla de rueda pretende satisfacer las necesidades de este sector de la sociedad por sus características que se implementará como una navegación autónoma, brindando que estas personas mejoren su calidad de vida.

### **1.7.2 Académico**

Esta investigación pretende ser en un futuro una base de referencia para estudios similares, donde se pueda automatizar y mejorar el diseño que se presenta en la presente tesis.

## **1.8 RECOMENDACIONES**

- Diseña sistemas de control que minimizan el tiempo de respuesta.
- Buscar metodologías de seguridad informática para no exponer los datos que son importantes.
- A medida que pasa el tiempo la tecnología va avanzando de manera significativa, por ello se recomienda actualizar hardware y software.

Realizar ensayos de manipulación y pruebas de usuarios para visualizar los cambios pertinentes que se realizarán en la silla de ruedas

## **2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO**

El método científico es un proceso creativo de resolución de problemas y en general consta de las siguientes partes o etapas según Bunge:

#### **2.1.1 Planteamiento del problema**

Se empezó reconociendo los hechos para esto se necesita observar, clasificar y seleccionar; Una vez identificado es necesario delimitarlo descubriendo el problema para finalmente llegar a una formulación de este, por medio de una formulación de preguntas.

#### **2.1.2 Construcción de una hipótesis**

Una vez se tenga delimitado e identificado el problema se hará la postulación de una hipótesis, es decir las explicaciones tentativas y provisionales de las situaciones problemáticas.

#### **2.1.3 Deducción de consecuencias particulares**

Elaboración de predicciones, buscar soportes empíricos teniendo en cuenta las formas en las cuales se puede demostrar la verificación de este.

#### **2.1.4 Probar la hipótesis**

Primeramente, se diseña la prueba (predicciones, diseños de observaciones) luego se ejecuta la prueba y recolecta los datos de esta; estos datos se analizan, evalúa y se toma de ellos la información necesaria para validar y demostrar la hipótesis. La hipótesis, es necesaria ponerla a prueba, para lo cual se utilizan y diseñan experimentos. Este proporciona evidencias (datos experimentales), que permiten apreciar si se cumplen o no las predicciones derivadas de la hipótesis.



### **2.1.5 Sacar conclusiones**

El análisis y la interpretación de los datos experimentales finalmente llevan a la elaboración de las conclusiones referentes a la validez de la hipótesis. Finalmente se llegará a conclusiones las cuales están basadas en la prueba de la hipótesis. Se tiene que comparar las conclusiones con las predicciones y llegar a una conclusión objetiva en cuanto a confirmación o negación de esta, finalmente creamos unas sugerencias respecto al procedimiento o algunas fallas o errores que se hayan cometido en este proceso. (Libro la ciencia su método y su filosofía Mario Bunge)

## **2.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO KARL T. ULRICH**

El método de Karl T. Ulrich abarca todos los campos que intervienen en el desarrollo de un proyecto de diseño, desde el grupo de diseñadores, hasta mercadeo y finanzas

Karl T. Ulrich (2013) en el proceso de desarrollo de producto, emplea una metodología estructurada fundamentada en fases. Cada fase describe las actividades a desarrollar en los cuatro departamentos que comúnmente existen en una empresa (Mercadeo; diseño; manufactura; departamento de administración, investigación y finanzas).

### **2.2.1 Desarrollo del concepto**

- Identificar necesidad del cliente
- Desarrollo de conceptos de diseño
- Calcular costos y factibilidad de producción

Se identifican las necesidades del mercado objetivo, se generan y evalúan conceptos de productos alternativos, y se seleccionan uno o más conceptos para el desarrollo y para prueba.

### **2.2.2 Diseño a nivel de sistema**

- Generar arquitecturas alternativas del producto
- Identificar proveedores, establecer costos

- Análisis de fabricar contra adquirir (finanzas)

Se define la arquitectura del producto y el desglose de este en subsistemas y componentes. Se define también el esquema de ensamble final para el sistema de producción. Da como resultado una distribución geométrica del producto, una especificación funcional de cada subsistema y un diagrama de flujo de proceso preliminar para la secuencia del ensamble final.

### **2.2.3 Desarrollo de Detalle**

- Definir geometría, materiales y documento de diseño industrial
- Definir procesos de producción y comenzar abastecimiento de herramientas

Se establece la especificación completa de la geometría, materiales y tolerancias de todas las partes que sean únicas en el producto, y la identificación de todas las partes estándar que se van a adquirir de los proveedores.

Se establece un plan del proceso y se designa el herramental para cada parte que se va a fabricar dentro del sistema de producción. Además, se abordan los costos de producción y la confiabilidad

### **2.2.4 Prueba y refinamiento**

Involucra la construcción y evaluación de múltiples versiones de producción previas del producto. Se desarrollan los prototipos alfa y beta

## **2.3 Metodología Mobile D**

Es una metodología de desarrollo, está especialmente diseñada para el desarrollo de aplicaciones móviles, es propuesta por Pekka Abrahamsson y su equipo del VTT (*Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus*, en inglés *Technical Research Centre of Finland*) en Finlandia que lideran una corriente muy importante de desarrollo ágil, está centrada en las plataformas móviles. Las prácticas asociadas a Mobile-D incluyen desarrollo basado en pruebas, la programación en parejas, integración continua y refactorización,

así como las tareas de mejora de procesos de software; según Mobile-D debe ser utilizado por un equipo de no más de diez desarrolladores, trabajando en conjunto para suministrar un producto listo en un plazo máximo de diez semanas.

Según Nossiere (2012), se trata de método basado en soluciones conocidas y consolidadas:

- *Extreme Programming (XP)*, para las prácticas de desarrollo.
- *Crystal Methodologies (Crystal)* para escalar los métodos.
- *Rational Unified Process (RUP)*, como base en el diseño del ciclo de vida.

### **2.3.1 Fases de desarrollo de Mobile-D**

Mobile-D consta de cinco fases: exploración, iniciación, producción, estabilización y prueba del sistema. Cada una de estas fases tiene un número de etapas, tareas y prácticas asociadas

En la primera fase, Explorar, el equipo de desarrollo debe generar un plan y establecer las características del proyecto. Esto se realiza en tres etapas: establecimiento de actores, definición del alcance y el establecimiento de proyectos. Las tareas asociadas a esta fase incluyen el establecimiento del cliente (los clientes que forman parte activan en el proceso de desarrollo), la planificación inicial del proyecto y los requisitos de recogida, y el establecimiento de procesos.

En la siguiente fase, iniciación, los desarrolladores preparan e identifican todos los recursos necesarios. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico como los recursos físicos, tecnológicos y de comunicaciones, incluyendo el entrenamiento del equipo de desarrollo. Esta fase se divide en cuatro etapas: la puesta en marcha del proyecto, la planificación inicial, el día de prueba y día de salida.

En la fase de producción se repite la programación (planificación, trabajo, liberación) se repite iterativamente hasta implementar todas las funcionalidades. Primero se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y tareas a realizar. Se preparan las pruebas de la iteración de antemano. Las tareas se llevarán a cabo durante el día de trabajo, desarrollando e integrando el código con los repositorios existentes. Durante el último día se lleva a cabo la integración del sistema, en caso de que estuvieran trabajando varios equipos de forma independiente, seguida de las pruebas de aceptación.

En la fase de estabilización, se lleva a cabo las últimas acciones de integración para asegurar que el sistema completo funciona correctamente. Esta será la fase más importante del proyecto multi-equipo con diferentes subsistemas desarrollados por equipos distintos. En esta fase los desarrolladores realizan tareas similares a las que debían desplegar en la fase de “producción”, aunque en este caso todo el esfuerzo se dirige a la integración del sistema. Adicionalmente se puede considerar en esta fase la producción de documentación.

La última fase prueba y reparación del sistema tiene como meta la disponibilidad de una versión estable y plenamente funcional del sistema. El producto terminado e integrado se prueba con los requisitos de cliente y se eliminan todos los defectos encontrados

## **2.4 Enfermedad Cardiovascular**

La enfermedad cardiovascular es un término amplio para problemas con el corazón y los vasos sanguíneos. Estos problemas a menudo se deben a la aterosclerosis. Esta afección ocurre cuando la grasa y el colesterol se acumulan en las paredes del vaso sanguíneo (arteria). Esta acumulación se llama placa. Con el tiempo, la placa puede estrechar los vasos sanguíneos y causar problemas en todo el cuerpo. Si una arteria resulta obstruida, esto puede llevar a que se presente un ataque cardíaco o un accidente cerebrovascular (MedlinePlus, 2018).

## **2.4.1 Enfermedades Cardiovasculares dependientes de los niveles de frecuencia cardiacas**

### 2.4.1.1 Arritmias

Las arritmias son latidos anormales del corazón: como latidos del corazón lentos (bradicardia) o latidos del corazón que son muy rápidos (taquicardia)

*“El término arritmia cardíaca implica no sólo una alteración del ritmo cardíaco, sino que también cualquier cambio de lugar en la iniciación o secuencia de la actividad eléctrica del corazón que se aparte de lo normal”.* (Dr Fajuri A., 2014)

Algunas arritmias causan síntomas notorios como: desmayos, mareos, sensación de aturdimiento, debilidad, fatiga, falta de aliento, dolor en el pecho, sensación de que su corazón está latiendo. Todo esto significa que su cerebro o sus músculos no están recibiendo la suficiente sangre debido a que su corazón no está bombeando de manera efectiva. El dolor en el pecho significa que el corazón no está recibiendo suficiente sangre a esto se llama angina

Según el instituto TexasHeart (2011):

La bradicardia es una frecuencia cardíaca algo menos de 60 latidos por minuto esto afecta principalmente a personas mayores, pero puede afectar cualquier persona.

La taquicardia es una frecuencia muy elevada de más de 100 latidos por minuto. Hay, muchos tipos de taquicardia según donde se origine el ritmo acelerado.

### 2.4.1.2 Infarto agudo de Miocardio.

Es la necrosis o muerte de las células de un órgano o parte de el por falta de riego sanguíneo debido a la obstrucción de una arteria. (FundaciondelCorazon, 2011).

### 2.4.1.3 Insuficiencia cardíaca

“La insuficiencia cardíaca se produce cuando hay un desequilibrio entre la capacidad del corazón para bombear sangre y las necesidades del organismo.

Algunos síntomas son, Mareos, Confusión, Dilatación de las venas, del cuello, taquicardia, arritmias, falta de aire, aumenta las ganas nocturnas de orinar, excesiva sudoración en reposo, y extremidades frías”, (FundaciondelCorazon, 2011).

#### 2.4.1.4 Hipertensión vascular

La hipertensión arterial es la elevación de los niveles de presión arterial, sea esta de forma continua o sostenida. Los niveles máximos de presión se obtienen en cada contracción del corazón (sístole). Y los mínimos en cada momento de relajación (diástole)

### 2.5 Frecuencia Cardiaca

La frecuencia cardiaca es el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo. Se mide en condiciones bien determinadas (de reposo o actividad) y se expresa en pulsaciones por minuto a nivel de las arterias periféricas y en latidos por minuto a nivel del corazón (A Practical Guide to Clinical Medicine, 2016)

### 2.6 Función Psicológica de la Orientación

La orientación es la función Psicológica que nos permite conocer nuestra ubicación en las coordenadas de tiempo y espacio e identificarnos como yo unitario ahora bien si hubiera una alteración de la conciencia habrá una alteración en la orientación.

#### 2.6.1 Orientación Alopsíquica

La orientación en el espacio y tiempo, es un rendimiento psíquico complejo en el cual es necesario poner en coordinación varias funciones psicológicas como la conciencia, la atención, la memoria y el pensamiento

##### 2.6.1.1 Orientación Alopsíquica espacial

Es la capacidad que permite saber qué lugar se encuentra, a través de la percepción del mundo y de su propia persona el hombre dimensiona los objetos con los cuales interactúa y los reconoce gracias a su memoria.

## **2.6.2 Alteraciones de la Orientación**

En forma fisiológica, la somnolencia la apatía, pueden modificar la función de orientación

Las lesiones del lóbulo parietal condicionan la pérdida de la orientación espacial, en general la orientación se altera por cualquier causa que afecte al sistema nervioso Central. (Hernandez G, 2013, pág. 107)

## **2.7 Silla de ruedas**

La silla de ruedas es un dispositivo técnico utilizado por personas con una discapacidad motriz que implica reducción o pérdida de la locomoción, son vehículos individuales que favorecen el traslado de personas que han perdido, de forma permanente, total o parcialmente, la capacidad de desplazarse. Hay que tener en cuenta que la silla de ruedas debe ser adecuada de acuerdo al grado de deficiencia del usuario.

## **2.8 Tipos de silla de ruedas**

Ningún modelo ni tamaño de silla de ruedas puede satisfacer las necesidades de todos los usuarios y la diversidad de estos crea la necesidad de diferentes tipos de sillas, ahora bien, es necesario conocer los motivos que explican los distintos tipos de sillas (OMS, 2018). De acuerdo al motivo por el cual desee utilizarse, estas se pueden clasificar por los siguientes criterios;

- Según su accionamiento: manuales o eléctricas
- Según su actividad; para estudiantes deportistas.
- Según el tipo de paciente: para adultos, niños, enfermos convalecientes.

Estos criterios se relacionan unos con otros dando origen a diferentes propuestas

### **2.8.1 Silla de ruedas manuales**

Son aquella que tiene que ser impulsadas por el ocupante o un ayudante, para cumplir su función. Son fabricadas de dos tipos plegadas y rígidas.

La silla de ruedas manual es fácil de manejar, sin embargo, al necesitar impulso físico manual este tiende a desgastar la fuerza física del usuario. Muchas de estas sillas están construidas por distintos tipos de materiales con el objetivo de brindar mayor duración y ligereza.

### **2.8.2 Silla de ruedas eléctrica**

Las sillas de ruedas eléctricas son impulsadas por un motor eléctrico, además que disponen de una batería que le suministra energía, estas sillas son controladas por un dispositivo o unidad de controles, además que estos usualmente son programados y manipulados mediante un joystick o interruptores

Sin embargo, las sillas de ruedas eléctricas son tecnológicamente avanzadas y tienen muchos componentes, y también tiene diferentes costos y diferentes utilidades (ver Anexo C)

### **2.8.3 Silla de ruedas de Bipedestación**

Este tipo de silla de ruedas permite al usuario ponerse de pie en su propia silla, realiza la subida y bajada a través de un mando electrónico que suele encontrarse en el reposabrazos están provistos de artefactos de sujeción como cinturones pélvicos, apoyos de rodillas, los cuales permiten al usuario colocarse de pie

### **2.8.4 Silla de ruedas tipo oruga**

Dispone de un sistema que sujeta de forma fiable la silla de ruedas y a la persona que la utiliza. Gracias a la oruga, un acompañante puede subirlos o bajarlos sin mucho esfuerzo. El principal objetivo de estas es el de poder subir o bajar escaleras.

Para su utilización, tiene un control electrónico fácil de utilizar con sistema "*Start and Stop*". En caso de emergencia o falta de corriente, un sistema auto bloqueante automático detiene la silla de ruedas.



## **2.9 AUTOMATIZACIÓN**

En un contexto industrial se puede definir la automatización como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos-eléctricos basados en computadoras para controlar y monitorear un proceso, maquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana.

Al respecto Velezmoro (2001) define a la automatización como "la mecanización de un sistema de tal forma que puede ser operado, regulado y operado sin la intervención del hombre" a fin de lograr mantenimiento de la calidad del producto, aumento de la seguridad en el proceso, reducción de costos operativos y mejora de la producción.

Según González (2006) describe a la automatización como: "teorías y tecnologías para sustituir el trabajo del hombre por el de la máquina. Mecanismo de *feedback*".

### **2.9.1 Objetivos de la automatización**

Según Almazan (2008) la automatización tiene los siguientes objetivos:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

## 2.9.2 Clases de automatización

De acuerdo a Perez, J (2013) existen tres clases muy amplias de automatización industrial las cuales son: Automatización fija, automatización programable, y automatización flexible.

- La automatización fija, se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, por lo tanto, se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas. Además de esto, otro inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.
- La automatización programable se emplea cuando el volumen de la producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a las variaciones de configuración del producto, esta adaptación se realiza por medio de un programa (software). La automatización flexible, por su parte, es más adecuada para un rango de producción media.

## 2.10 ROBÓTICA

Es una Ciencia o rama de la Tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano o que requieren del uso de inteligencia. Las ciencias y tecnologías de las que deriva podrían ser: el álgebra, el Autómata programable, las máquinas de estados, la mecánica o la informática.

De forma general, la robótica es: El conjunto de conocimientos teóricos y prácticos que permiten concebir, realizar y automatizar sistemas basados en estructuras mecánicas poli articuladas, dotados de un determinado grado de "inteligencia" y destinados a la producción industrial o sustitución del hombre en muy diversas tareas

*La robótica es la ciencia y la técnica que está involucrada en el diseño y la fabricación y la utilización de robots. Un robot es, por otra parte, una máquina que puede*

*programarse para que interactúe con objetos y lograr que imite, en cierta forma, el comportamiento humano o animal (Ollero, 2001, pág. 21).*

### 2.10.1 Esquema General de un Robot

En la figura 2.1 se muestra como es la interacción del robot con su entorno. En ella se identifican un sistema mecánico, actuadores, sensores y el sistema de control como elemento básico necesario para cerrar la cadena de actuación-medidas-actuación.

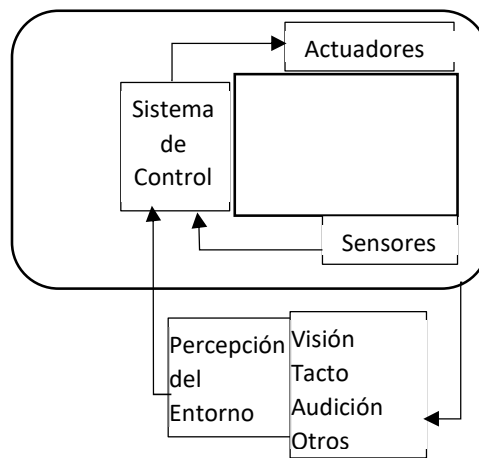


Figura 2.1 Robot y su interacción con el entorno

Fuente (Ollero, 2001)

Desde el punto de vista del procesamiento de la información, en robótica se involucran funciones de control de movimientos, percepción y planificación. En un sentido amplio, el sistema de control involucra tanto bucles de realimentación de la información suministrada por los sensores internos, como del entorno (Ollero, 2001, pág. 4)

### 2.11 INTERNET DE LAS COSAS

Internet de las cosas (*IoT*, por sus siglas en inglés) es un sistema de dispositivos de computación interrelacionados, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas que tienen identificadores únicos y la capacidad de transferir datos a través de una red, sin requerir de interacciones humano a humano.

El término "Internet de las cosas" (IoT) fue utilizado por primera vez en 1999 por el pionero de la tecnología británica Kevin Ashton para describir un sistema en el que los objetos en el mundo físico podrían estar conectados a Internet por sensores. Ashton acuñó el término para ilustrar el poder de conectar las etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID) utilizadas en las cadenas de suministro corporativas a Internet para contar y rastrear mercancías sin necesidad de intervención humana. Hoy en día, Internet de las Cosas se ha convertido en un término popular para describir escenarios en los que la conectividad a Internet y la capacidad de computación se extienden a una variedad de objetos, dispositivos, sensores y elementos cotidianos (Internet Society, 2017).

El IoT como una red de redes se compone de un conjunto disperso de redes dispares diseñadas a medida. Los coches de hoy en día, por ejemplo, cuentan con diversas redes para controlar el funcionamiento del motor, las funciones de seguridad, los sistemas de comunicaciones. Los edificios comerciales y residenciales también tienen varios sistemas de control para la calefacción, la ventilación y el aire acondicionado (HVAC); el servicio telefónico; la seguridad, y la iluminación. A medida que evoluciona el IoT, estas 38 redes y muchas otras, se conectarán y contarán con mayores funciones de seguridad, análisis y gestión (véase la Figura 2.2). Esto permitirá que el IoT pueda contribuir más y mejor a que las personas consigan sus objetivos (STEPHENSON, 2016).

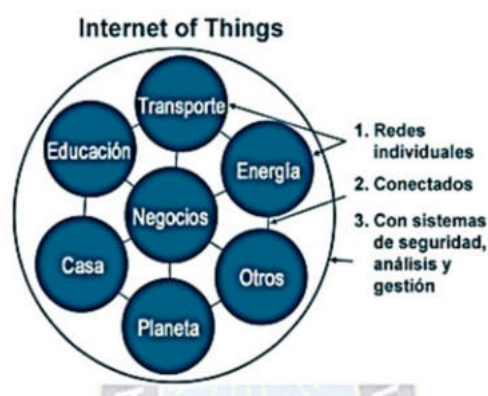


Figura 2.2 El IoT puede considerarse como red de redes

Fuente: (IBSG de Cisco, 2011)

## 2.12 SISTEMA OPERATIVO ANDROID

Android es un sistema operativo con una plataforma abierta para dispositivos móviles adquirido por Google y la *Open Handset Alliance*, su finalidad es satisfacer la necesidad de los operadores móviles y fabricantes de dispositivos, además de fomentar el desarrollo de aplicaciones, cualidad que ningún otro sistema operativo incluye en sus conceptos.

Es un sistema operativo basado en el núcleo Linux. Fue diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil, como teléfonos inteligentes, tablets o tabléfonos; y también para relojes inteligentes, televisores y automóviles. Inicialmente fue desarrollado por Android Inc., empresa que Google respaldó económicamente y más tarde, en 2005, la compró. Android fue presentado en 2007 junto la fundación del *Open Handset Alliance* (un consorcio de compañías de hardware, software y telecomunicaciones) para avanzar en los estándares abiertos de los dispositivos móviles.

El primer móvil con el sistema operativo Android fue el HTC Dream y se vendió en octubre de 2008. Los dispositivos de Android venden más que las ventas combinadas de Windows Phone e IOS. El éxito del sistema operativo se ha convertido en objeto de litigios sobre patentes en el marco de las llamadas «Guerras por patentes de teléfonos inteligentes» (en inglés, Smartphone patent wars) entre las empresas de tecnología. Según documentos secretos filtrados en 2013 y 2014, el sistema operativo es uno de los objetivos de las agencias de inteligencia internacionales. La versión básica de Android es conocida como *Android Open Source Project* (AOSP). El 25 de junio de 2014 en la Conferencia de Desarrolladores Google I/O, Google mostró una evolución de la marca Android, con el fin de unificar tanto el hardware como el software y ampliar mercados.

Android es el sistema operativo con el crecimiento más rápido durante los últimos años originalmente creado para dispositivos móviles, tablet. También puede ser usado en equipos de cómputo, aunque evidentemente fue desarrollado específicamente para dispositivos móviles por lo que muchas funciones no pueden ser utilizadas debido al

hardware; más que nada es de demostración. No es un lenguaje de programación; es un entorno de software donde se puede correr ciertas aplicaciones. La principal característica de este sistema operativo es que está basado en Linux (versión 2.6 del Kernel), es libre, gratuito, multiplataforma, ofrece agilidad y portabilidad para aprovechar las numerosas opciones de hardware de los futuros teléfonos equipados con Android (Dimas, 2014)

### 2.12.1 Arquitectura y Características

Para empezar con el desarrollo de aplicaciones en Android es importante conocer cómo está estructurado este sistema operativo. A esto le llamamos arquitectura y en el caso de Android está formada por varias capas que facilitan al desarrollador la creación de aplicaciones. Además, esta distribución permite acceder a las capas más bajas mediante el uso de librerías para que así el desarrollador no tenga que programar a bajo nivel las funcionalidades necesarias para que una aplicación haga uso de los componentes de hardware de los teléfonos.

Cada una de las capas utiliza elementos de la capa inferior para realizar sus funciones, es por ello que a este tipo de arquitectura se le conoce también como pila.

Los componentes principales del sistema operativo de Android (cada sección se describe en detalle):

- **Aplicaciones:** las aplicaciones base incluyen un cliente de correo electrónico, programa de SMS, calendario, mapas, navegador, contactos y otros. Todas las aplicaciones están escritas en lenguaje de programación Java.
  - **Marco de trabajo de aplicaciones:** los desarrolladores tienen acceso completo a los mismos APIs del *framework* usados por las aplicaciones base. La arquitectura está diseñada para simplificar la reutilización de componentes; cualquier aplicación puede publicar sus capacidades y cualquier otra aplicación puede luego hacer uso de esas capacidades (sujeto a reglas de seguridad del *framework*). Este mismo mecanismo permite que los componentes sean reemplazados por el usuario.
- Bibliotecas:** Android incluye un conjunto de

bibliotecas de C/C++ usadas por varios componentes del sistema. Estas características se exponen a los desarrolladores a través del marco de trabajo de aplicaciones de Android; algunas son: *System C library* (implementación biblioteca C estándar), bibliotecas de medios, bibliotecas de gráficos, 3D y SQLite, entre otras.

- Runtime de Android: Android incluye un set de bibliotecas base que proporcionan la mayor parte de las funciones disponibles en las bibliotecas base del lenguaje Java. Cada aplicación Android corre su propio proceso, con su propia instancia de la máquina virtual Dalvik. Dalvik ha sido escrito de forma que un dispositivo puede correr múltiples máquinas virtuales de forma eficiente. Dalvik ejecutaba hasta la versión 5.0 archivos en el formato *Dalvik Executable* (.dex), el cual está optimizado para memoria mínima. La Máquina Virtual está basada en registros y corre clases compiladas por el compilador de Java que han sido transformadas al formato.dex por la herramienta incluida "dx". Desde la versión 5.0 utiliza el ART, que compila totalmente al momento de instalación de la aplicación.
- Núcleo Linux: Android depende de Linux para los servicios base del sistema como seguridad, gestión de memoria, gestión de procesos, pila de red y modelo de controladores. El núcleo también actúa como una capa de abstracción entre el hardware y el resto de la pila de software.

### **2.12.2 Versión de Android 4.1: JellyBean**

En *Jelly Bean* cada aspecto de la versión se impregnó de inteligencia y se marcó el inicio de la asistencia móvil personalizada con *Google Now*. Además, permitía interactuar aún más con las notificaciones y utilizar varias cuentas de usuario en mismo dispositivo.

Obtén la información que necesitas en el momento preciso con *Google Now*. Este servicio, pionero en ofrecer una nueva forma de asistencia móvil, te ofrece información meteorológica mientras te vistes y te indica cuánto tardarás en llegar a tu destino antes de salir de casa.

Con Jelly Bean, se puede ampliar las notificaciones para ver más información y responder al instante, así como realizar acciones en la misma notificación. (GoogleDeveloper, 2019)

### **2.12.3 Librería JPLOT [android(java) - IOS (swift)]**

JPLOT es una librería jar para graficar Puntos (x, y) ya sea gráficos estáticos o Series de tiempo, gráficos circulares y de barras. Esta librería es para Android y Windows *mobile* 10(cancelada) IOS (en construcción). Es la más simple de usar con 3 líneas ya se tiene un gráfico, Alta personalización en los gráficos y buena estética, además está en español. (johnspice, 2018)

## **2.13 Coordenadas Geográficas**

Para Poder ubicar cualquier punto sobre la superficie terrestre debemos de utilizar valores numéricos que son el resultado de la relación entre los paralelos y los meridianos, así como su cercanía y su lejanía con el nivel medio del mar estos valores se conocen como coordenadas geográficas

Las coordenadas geografías son divididas en tres: Latitud, Longitud, Altura. (Garcia Yahir, 2014, pág. 13)

### **2.13.1 Latitud**

Distancia angular medida en grados de cualquier punto sobre la superficie de la tierra a partir del Ecuador.

La latitud proporciona la localización de un lugar, en dirección Norte o Sur desde el ecuador y se expresa en medidas angulares que varían desde los 0° del Ecuador hasta los 90°N (+90°) del polo Norte o los 90°S (-90°) del polo Sur. Como podemos ver en la Figura 2.3, si se traza una recta que vaya desde el punto P hasta el centro de la esfera O, el ángulo que forma esa recta con el plano ecuatorial expresa la latitud de dicho punto.



### 2.13.2 Longitud

Es la distancia medida en grados de cualquier punto de la superficie de la tierra a partir del meridiano de Greenwich o también llamado meridiano 0°.

Se puede ver en la figura 2.3 que el ángulo b mide la distancia angular del meridiano del lugar P con el meridiano 0° (meridiano de Greenwich). Es lo mismo medir este ángulo sobre el círculo del ecuador que sobre el círculo del paralelo que pasa por el punto P.

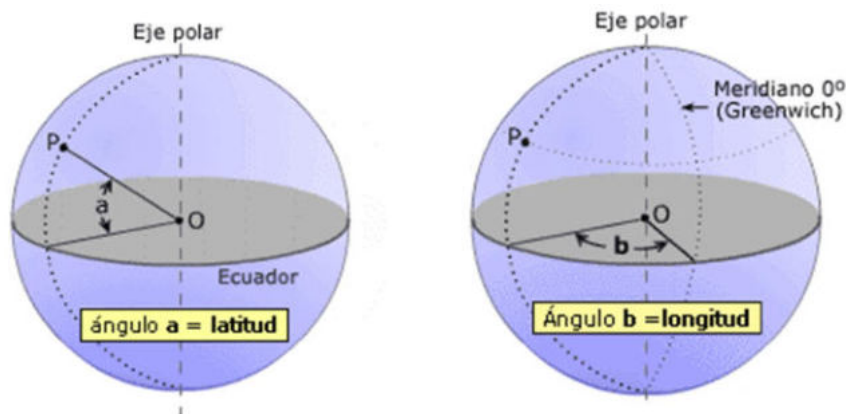


Figura 2.3 Coordenadas; Latitud y longitud

Fuente: Recuperado de <https://www.aristasur.com/contenido/sistema-de-coordenadas-geograficas-longitud-y-latitud>

### 2.13.3 Altura

Es la distancia medida en metros de cualquier punto sobre la superficie de la Tierra al nivel medio sobre el nivel del mar

### 2.14 Google Maps

- Navega por el mundo de manera más fácil y rápida con Google Maps. Hay mapas de más de 220 países y territorios con millones de empresas y lugares señalados. Consigue información sobre el tráfico y el transporte público. Navega con GPS en tiempo real y explora los barrios como si fueras un local gracias a las sugerencias sobre dónde comer, beber y salir en cualquier parte del mundo. Llega más rápidamente gracias a las actualizaciones en tiempo real

- Evita los atascos con información del tráfico en tiempo real y calcula tu hora de llegada.  
Coge el autobús, el tren o un coche con conductor con información de horarios en tiempo real.
- Ahorra tiempo con la modificación automática de la ruta según el tráfico, los incidentes y las carreteras cortadas.
- Descubre lugares y muévete como si fueras de la zona.
- Encuentra restaurantes, eventos y actividades de tu interés.
- Sigue a la última de las tendencias y los lugares de moda en los barrios que más te gustan.
- Con los porcentajes de “Coincidencia” te será más fácil acertar con los lugares que es más probable que te gusten.
- Hacer planes en grupo es fácil. Comparte una lista de opciones y vota en tiempo real. Crea listas de tus lugares favoritos y compártelas con tus amigos.

Sigue las recomendaciones de los expertos locales, de Google y de los editores.  
(Google LLC, 2019)

## **2.15 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS**

El sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación de, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles en todo el mundo. A todo el que cuente con un receptor del GPS, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta en cualesquiera condiciones atmosféricas, de día o de noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite al número de usuarios simultáneos.

El GPS se compone de tres elementos: los satélites en órbita alrededor de la Tierra, las estaciones terrestres de seguimiento y control, y los receptores del GPS propiedad de los usuarios. Desde el espacio, los satélites del GPS transmiten señales que reciben e identifican los receptores de GPS; ellos, a su vez, proporcionan por separado sus coordenadas tridimensionales de latitud, longitud y altitud, así como la hora local precisa.

*“El posicionamiento Global (GPS) es un sistema de satélites usado en navegación que permite determinar la posición las 24 horas del día en cualquier lugar del globo y en cualquier condición climatológica... El posicionamiento Global consiste en un conjunto de satélites que circulan la tierra y envía señales de radio a su superficie”* (Lawrence, 2001, pág. 5)

## **2.16 Principios de funcionamiento de GPS**

Hoy en día, casi todo el mundo hace un uso asiduo del *Global Positioning System* (GPS), y es que se ha convertido en el sustituto oficial de los clásicos mapas de carreteras. En la actualidad, el sistema de GPS está compuesto por conjunto de satélites operativos orbitando a más de 20.000 km de altura, consiguiendo así que, en todo momento, cualquier punto de la superficie terrestre esté siendo observado por uno o más satélites de este tipo.

Cada satélite emite señales en dirección a la tierra, señales gracias a las que un receptor GPS es capaz de calcular la posición exacta (margen de error de unos metros o incluso centímetros), pero para hacer eso, no basta un único satélite, sino que hacen falta al menos recibir la señal de al menos 3 de estos aparatos para así poder triangular la posición del receptor.

Las señales emitidas por los satélites indican la posición del mismo, además de enviar un reloj que permitirá calcular la distancia más adelante.

*“La posición se calcula por triangulación respecto a una nube de satélites., Cada satélite emite una señal repetitiva que permite al GPS conocer la distancia que le separa del satélite, Nuestra posición puede ser cualquier punto de la esfera ..”* (Arnalich,S y Urruela, J., 2012, pág. 31)

### **2.16.1 Arduino MKR GPS**

Esta es una biblioteca que le permite leer la información adquirida a través de cálculos complejos por el receptor en el MKR GPS Shield. La biblioteca almacena y gestiona

las cadenas NMEA generadas por el receptor GPS para que pueda obtener directamente la información relevante que necesita del Sistema de posicionamiento global (GPS).

El GPS en el MKR GPS Shield se puede administrar utilizando la interfaz Serial1 en 9600 8n1. En ese puerto serie, recibe los mensajes sin formato que se pueden leer utilizando la sintaxis especificada por el estándar NMEA. Puede administrar la placa con una conexión I2C o mediante los pines del encabezado a una placa MKR subyacente. La biblioteca admite de forma transparente cada configuración y solo necesita especificar el modo que está utilizando con el parámetro begin () adecuado. (Arduino, 2019)

## **2.17 ARDUINO**

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open- source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar.

*“Arduino puede (sentir) el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el (Arduino Programming Language) (basado en Wiring) y el (Arduino Development Environment) (basado en Processing). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador”.* (Torrente, 2013)

Una placa hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines-hembra (los cuales están unidos internamente a las patillas de E/S del microcontrolador) que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores.

*El dispositivo Arduino, es una plataforma de hardware libre basada en una sencilla tarjeta electrónica, terminado en una placa con puertos de Entradas y Salidas (E/S), analógicos y digitales, se encuentra dentro de un entorno de desarrollo que*

*implementa el lenguaje de programación propio de Arduino. El microcontrolador Atmega328 de la marca ATMEL representa el corazón o el núcleo de la plataforma Arduino, es un circuito integrado y sencillo de bajo costo que permite el desarrollo de múltiples diseños (Crespo, 2015)*

### **2.17.1 Software Arduino**

Arduino una herramienta que incorpora un tanto manejo de hardware y software (circuitos eléctricos y un lenguaje de programación respectivamente) se requiere un nivel de conocimiento básico en estas dos ramas del desarrollo para operarla, lo cual se interpreta de otro modo que personas de tercera edad y niños menores de entre 5 y 11 años no pueden utilizar esta herramienta en el primer momento, pero para su suerte, se encuentran diversidad de manuales en la página oficial e incluso, pueden adquirirse libros donde se explica cómo utilizar esta herramienta didáctica e innovadora

*Como se había mencionado, Arduino no sólo son componentes eléctricos y una placa de circuitos, sino que, además, también es una plataforma que combina esto con un lenguaje de programación que sirve para controlar los distintos sensores que se encuentran conectados a la placa, por medio de instrucciones y parámetros que nosotros establecemos al conectar la placa a un ordenador (Webbly, 2015).*

Arduino soporta varios lenguajes de programación de alto nivel derivados de C, haciendo de esto una ventaja para los diseñadores que trabajan en varios o en un sólo entorno de desarrollo de programación (Esquive, 2010).

Para poder trabajar desde el nivel programación del procesador, debe descargarse el software que incluye las librerías necesarias para poder utilizar el lenguaje de manera completa. Otra ventaja es que este software puede descargarse desde el sitio web oficial de Arduino, ya que opera bajo licencia libre y está disponible a todo público. Su versión más reciente para todos los sistemas operativos es la versión Arduino 1.6.9 (Arduino, 2016).

## **2.18 SENSORES ROBÓTICOS**

Un sensor o captador, como prefiera llamársele, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

*“Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal traducible que es función de la variable medida”* (Pallás, 2013, pág. 3).

### **2.18.1 Sensor de pulso Cardíaco**

El ritmo cardíaco puede ser realmente útil si estás en el proceso de diseñar una rutina de ejercicios, estudiar tu actividad cardíaca, o simplemente hacer una camiseta que cambie colores con el pulso de tu corazón. El problema es que el pulso cardíaco puede ser difícil de medir hasta ahora.

El Sensor de pulso es un sensor de frecuencia cardíaca plug-and-play para Arduino. Puede ser utilizado por estudiantes, artistas, atletas, fabricantes y desarrolladores de juegos y dispositivos móviles que deseen incorporar fácilmente datos de frecuencia cardíaca en vivo en sus proyectos. Combina esencialmente un sensor de frecuencia cardíaca óptico simple con circuitos de cancelación de ruido y amplificación que lo hacen rápido y fácil para obtener lecturas de pulso confiables. Además, consume solo 4mA de corriente a 5V, por lo que es ideal para aplicaciones móviles (ElectronicLab, 2018)

## 2.19 MOTORES DC

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que, con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alternan, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micromotores).

*“El motor de corriente continua (motor DC) es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. En algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales y compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica”* (GEEKBOT, 2015)

## 2.20 GOOGLE FIREBASE

Firestore es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones web y aplicaciones móviles desarrollada por James Tamplin y Andrew Lee en 2011 y adquirida por Google en 2014. Es un claro ejemplo de las posibilidades de desarrollo en la nube. A partir de un servicio web nos ofrecen la posibilidad de programar aplicaciones con datos que se sincronizan en tiempo real a través de múltiples dispositivos, evitando muchas de las tareas engorrosas en las que tendríamos que dedicar tiempo al programar

Según Álvarez Miguel (2016) Firebase es; un servicio capaz de proveernos de un *Backend* en la nube con una fuente de datos en tiempo real y librerías para acceder a ella desde aplicaciones web, iOS y Android

### **2.20.1 Características**

Firebase es una plataforma capaz para el desarrollo de aplicaciones en la nube. Por ello surgió Firebase, para proveer una API para guardar y sincronizar datos en la nube en tiempo real. Sus características fundamentales están divididas en varios grupos, las cuales podemos agrupar en:

- **Desarrollo:** Firebase permite la creación de mejores apps, minimizando el tiempo de optimización y desarrollo, mediante diferentes funciones, entre las que destacan la detección de errores y de testeo, que supone poder dar un salto de calidad a la app. Poder almacenar todo en la nube, testear la app o poder configurarla de manera remota, son características destacables de la plataforma.
- **Infraestructura:** Desarrollar una app puede convertirse en una tediosa tarea debido a la complejidad de su estructura. Con Firebase nos facilita esa tarea, ya que posee su propia infraestructura. Firebase nos proporciona funciones como estadísticas, bases de datos, informes de fallos y mensajería, de manera que podamos trabajar con rapidez y evitar perder tiempo en crear una infraestructura compleja.
- **Agilidad:** Firebase ofrece apps multiplataforma con una APIs integradas a SDK individuales para iOS, Android y Javascript, de tal forma que se puede gestionar diferentes apps sin necesidad de salir de la propia plataforma.
- **Base de Datos en Tiempo Real:** Almacena y sincroniza datos con nuestra base de datos NoSQL alojada en la nube. Los datos se sincronizan con todos los clientes en tiempo real y se mantienen disponibles cuando tu app está sin conexión.
- **Soporte gratuito:** Google también nos ofrece soporte gratuito por correo electrónico a todos los desarrolladores mientras que el equipo de Firebase y



expertos en desarrollo de Google participan activamente en comunidades en línea como Stack Overflow y GitHub.

- **Authentication:** Firebase Authentication proporciona servicios de backend, SDK fáciles de usar y bibliotecas de IU ya elaboradas para autenticar a los usuarios en una aplicación. Admite la autenticación mediante contraseñas, números de teléfono, proveedores de identidad federados populares, como Google, Facebook y Twitter, y mucho más.
- **Almacenamiento:** Cloud Storage para Firebase es un servicio de almacenamiento de objetos potente, simple y rentable construido para la escala de Google. Los SDK de Firebase para Cloud Storage agregan la seguridad de Google a las operaciones de carga y descarga de archivos para tus apps de Firebase,
- **Hosting:** Firebase Hosting es un servicio de hosting de contenido web con nivel de producción orientado a programadores. Con Hosting, puedes implementar apps web y contenido estático en una red de distribución de contenido global (CDN) con un solo comando, en forma rápida y sencilla. (Google, 2018)

### 3 IMPLEMENTACIÓN METODOLÓGICA

En este capítulo se aborda la etapa de diseño del modelo, donde se siguió una metodología basada en el libro “*Diseño y desarrollo de productos*” de Karl T, Ulrich. En mismo abarca 3 funciones principales en el desarrollo de un producto: mercadotecnia, diseño y manufactura. Sin embargo, la orientación de un prototipo de silla de ruedas automatizado con monitoreo cardiaco y localización GPS bajo la plataforma de Internet de las Cosas no contempla una orientación comercial, por lo cual sólo nos guiaremos para la etapa de diseño,

#### 3.1 Desarrollo de concepto

En este primer paso de esta fase es hacer la declaración de la misión del diseño o proyecto, en la cual expongamos los principales motivos, alcances, suposiciones y restricciones del mismo. A continuación, se detalla en la tabla.3.1.

Tabla 3.1  
*Declaración de la misión y diseño*

DESCRIPCIÓN	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Prototipo de silla de ruedas automatizado con monitoreo cardiaco y localización GPS bajo la plataforma de Internet de las Cosas
PROPUESTA DE VALOR	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diseño Movimiento automático</li><li>• Diseño de recepción y envió de datos (monitoreo cardiaco y geo-localización)</li><li>• Diseño de e estructura resistente</li><li>• Diseño de interfaz entendible</li></ul>
SUPOSICIONES Y RESTRICCIONES	<ul style="list-style-type: none"><li>• Facilidad de uso</li><li>• Facilidad de implementación</li><li>• Costos bajos para su construcción</li><li>• Resistente al uso continuo</li></ul>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se realizó una investigación de las necesidades de los clientes

### **3.1.1 Definición de los requerimientos**

Los requerimientos están fundamentados en el hecho de ser una propuesta de prototipo. Principalmente se busca que el dispositivo sea fácil de manejar, lo cual implica que el sistema de locomoción sea automático pueda ser localizado desde cualquier punto en el espacio, facilidad de usarlo, puesto que necesita ser lo bastante claro y simple para el manejo los usuarios. Otro punto que se desea es que su estructura permita armarse y desarmarse fácilmente, así como conectarlo y desconectarlo. Esto debido a que puede existir la necesidad de cambiar algunos componentes. es necesario considerar aspectos como robustez, resistencia, durabilidad, entre otros

Tomando en cuenta las encuestas realizadas (Ver Anexo A) y la descripción de la aplicación del dispositivo, se obtuvieron los siguientes requerimientos técnicos y especificaciones de diseño que servirían para guiar la etapa de conceptualización, análisis y construcción final del prototipo, las cuales se les asigno un valor de importancia de la siguiente forma:

Importancia.

1. Poca Importancia
2. Se podría considerar
3. Se debe considerar
4. Importante
5. Sumamente importante

En la Tabla 3.2 se hace una descripción de los requerimientos técnicos para el diseño del prototipo

Tabla 3.2  
*Requerimientos técnicos*

Elemento	Necesidad	DETALLE	Importancia
DESEMPEÑO	Silla estable	El producto debe presentar un ajuste adecuado	5
	Silla con facilidad de maniobrar	Producto debe de ser automático	5
		Producto debe poder girar sobre su propio eje con facilidad.	5
	Silla durable	El Producto debe de funcionar con total normalidad durante todo su ciclo de vida.	4
	Silla con localización	El producto debe ser capaz de ser ubicado con facilidad	4
Silla con monitoreo cardiaco	El producto debe poseer un mecanismo de monitoreo cardiaco esto servirá para controlar cualquier tipo de irregularidad cardiaca	4	
MATERIALES	Que resista al uso y al abuso normal de la función.	<input type="checkbox"/> Los materiales del producto presentan buenas propiedades mecánicas <input type="checkbox"/> Los materiales del producto se adecuan a su función <input type="checkbox"/> Los materiales del producto son resistentes a los agentes externos a los que se encuentran expuestos	5
		Que la silla sea sencilla	El diseño del producto se concibe con uso de materiales accesibles, tratando de minimizar costos.

ERGONOMÍA	Silla cómoda	<input type="checkbox"/> Las dimensiones del producto garantizan una postura confortable	5
Componentes de la interacción del usuario con el prototipo		<input type="checkbox"/> El producto presenta un asiento que se adapta a la contextura física y al peso de cada usuario	
	movimientos naturales que no exijan mucho esfuerzo	<input type="checkbox"/> El producto involucra para su operación movimientos suaves y normales. <input type="checkbox"/> El producto no genera lesiones en el usuario.	5
		El producto involucra para su operación la mínima acción física del usuario	5
USUARIO	Silla con un alto grado de autonomía	La interacción del usuario con el producto es simple, además que pueda ser usada sin la necesidad de otras personas	5
Requerimientos de la persona que va a operar el producto			

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2 Tipología de la estructura

Se propone una estructura modular para el prototipo, la cual está integrada por los siguientes módulos:

1. Chasis,
2. Sistema de locomoción
3. Sistema de monitoreo y geo-localización
4. Sistema de Control

Este proyecto pretende desarrollar un producto cuyas piezas estén compuestas de la unión de materiales, resistentes y duraderos.

#### 3.1.2.1 Chasis

Los Materiales que comprende la estructura medular del prototipo, son aquellas donde se fijaran los elementos restantes. Los materiales propuestos son;

- Tubos de acero
- PVC
- Aluminio
- Madera
- MODA
- Acrílico

Para seleccionar el material óptimo para su construcción se realizó la siguiente matriz de selección ver tabla 3.3, tomando como aspectos comparativos la facilidad de uso, vida útil, estética del material y costo

Tabla 3.3  
Matriz de Tamizaje Material de Chasis

CRITERIOS DE SELECCIÓN	CONCEPTO						
	tubo de acero	PVC	Aluminio	Madera	MODA	Acrílico	
Facilidad de uso	-	=	-	=	=	+	
Facilidad de manufacturar	=	+	=	=	=	=	
Vida útil	+	=	-	-	-	-	
Resistencia de peso	+	=	+	=	=	-	
Estética	+	+	+	+	+	+	
Resistencia al impacto	+	=	=	-	-	-	
Costo	-	=	-	=	-	-	
suma de +		4	2	2	1	1	2
suma de =		1	4	2	4	3	1
suma de -		2	1	3	2	3	4
evaluación neta		2	1	-1	-1	-2	-2
Posición		1	2	3	3	4	4
		A y					
	A y C	C	NA	NA	NA	NA	NA

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de la anterior tabla, se obtuvo la elección del Acero y PVC como materiales para el chasis.

### 3.1.2.2 Sistema de locomoción

En el prototipo de silla de ruedas automatizada con monitoreo cardíaco y localización GPS bajo la plataforma de internet de las cosas existen diferentes esquemas, los cuales controlan el sistema de locomoción tomando en cuenta valores como: fuerza, posición, velocidad. La relación entre actuadores y sensores están estrechamente relacionados

a) Actuadores

Para fines prácticos se catalogó los siguientes Motores

Motores DC

Alta revolución

Motorreductores

Servomotor

Motor paso a paso

Los criterios de selección para el actuador son: facilidad de control (referente a los aspectos necesarios para ponerlo en movimiento), fácil de encontrar, limitación de movimiento (variación del ángulo para cambio de posición), precisión en movimiento, menor costo, existencia de modelos, facilidad de implementación (ver tabla 3.4).

Tabla 3.4  
*Matriz de tamizaje, sistema de locomoción*

CRITERIOS DE SELECCIÓN	CONCEPTO			
	Alta Revolución	Motor a pasos	Motorreductor	Servomotor
Facilidad de Control	4,5	4	4,5	4
Accesibilidad	4	3	4	5
limitación de movimiento	4,5	3,5	4,5	2
precisión de movimiento	3	4,5	4	5
Existencia de modelos	4	3,5	4	4
Facilidad de implementación	4,5	4	4,5	4
menor costo	4	3,5	4	3,5
total, de puntos	28,5	26	29,5	27,5
posición	2	4	1	3
Evaluación Final	NA	NA	A	NA

Fuente: Elaboración propia



Con la tabla anterior se pudo comprobar que con base en los criterios de evaluación propuestos el tipo de motor más adecuado para nuestro modelo corresponde a un Motorreductor. facilidad de control, fácil de encontrar, limitación de movimiento, precisión en movimiento, menor costo, existencia de modelos, facilidad de implementación.

b) Sensores

En la tabla 3.5 se presenta el matriz de tamizaje, selección de control del sistema de locomoción del prototipo de silla de ruedas automatizada con monitoreo cardiaco y localización GPS bajo la plataforma de internet de las cosas se consideran los siguientes tipos de sensores: Joystick, Pulsadores, Potenciómetro.

Tabla 3.5  
*Matriz de tamizaje, control de locomoción*

CRITERIOS DE SELECCIÓN	CONCEPTO			
	Joystick	Pulsadores	potenciómetro	Giroscopio
Facilidad de Control	4,5	5	4	4
Accesibilidad	4	3	4	4
limitación de movimiento	4,5	2	3	4
precisión de movimiento	4,5	2	3	5
Existencia de modelos	4	2	4	4
Facilidad de implementación	4,5	4	4	4
menor costo	4	3,5	4	3,5
total, de puntos	34	21.5	31	33,5
posición	1	4	3	2
Evaluación Final	NA	NA	A	NA

Fuente: Elaboración propia

Con la tabla anterior se pudo evidenciar que el mejor sensor para el control del prototipo es el Joystick.

### 3.1.2.3 Sistema de Monitoreo cardiaco y localización

Una de las necesidades que el prototipo de silla de ruedas automatizada tendrá que cumplir es la de poder monitorear el pulso cardiaco y el nivel de oxigenación de la sangre, además de poder localizar al prototipo en un punto específico en el espacio. Para lo cual tomaremos en cuenta los siguientes conceptos

#### a) Técnicas de localización

La técnica de localización o posicionamiento más adecuada dependerá en gran medida de la aplicación específica a la que destine el prototipo. A continuación, veremos una clasificación de las técnicas actuales de localización para redes inalámbricas de sensores: GPS (*Global Positioning System*), RFID, Wimax, RADAR.

Tabla 3.6  
*Matriz de tamizaje, técnicas de localización*

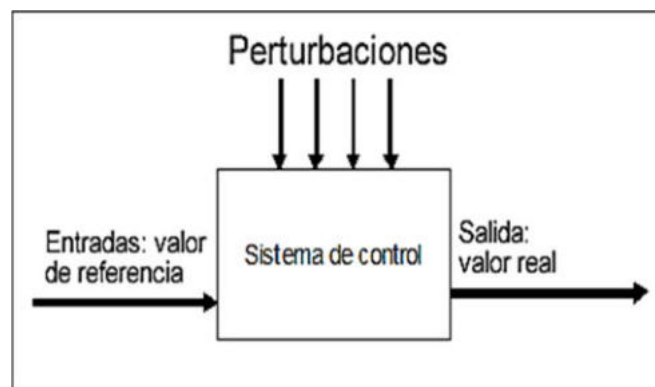
CRITERIOS DE SELECCIÓN	CONCEPTO				
	GPS	RFID	WiMax	Radar	
Facilidad de Control		+	+	=	=
Accesibilidad		+	+	-	=
Precisión de Datos		+	=	+	+
Desarrollo de app con facilidad	+		=	-	=
Localización a distancia		+	-	+	+
eficiencia		=	=	+	+
Facilidad de implementación		-	=	-	-
Suma +		5	2	3	3
Suma =		1	3	31	3
Suma -		1	1	3	1
evaluación		4	1	0	2
Posición		A	NA	NA	NA

Fuente: Elaboración propia

La mejor técnica y la más apropiada para el prototipo es la técnica de localización es la de GPS debido esto a su facilidad de implementación y su precisión en grandes distancias

#### 3.1.2.4 Sistema de control

El sistema de control constituye una de las principales partes para el modelo, se realiza el procesamiento de la información, para que genere las señales de control necesarias. El esquema general para este sistema se puede ver como una de caja negra, en la cual no se conocen los elementos constituyentes, sólo las señales de entrada y salida del sistema.



*Figura 3.1* Sistema de control

Fuente: Elaboración propia

Ahora al tratarse de un prototipo, el sistema de control presenta los siguientes microcontroladores.

Arduino Uno

Modulo puente h

### 3.2 Diseño a nivel de sistema

En esta fase se concibe la silla de ruedas automatizada con monitoreo cardíaco y localización GPS como un sistema y se desglosa con el fin de entender cada uno de sus mecanismos por separado y para comprenderla como un conjunto de funciones que unidas generan lo deseado.

#### 3.2.1 Análisis del sistema

Se puede observar en la figura 3.2 el esquema funcional del prototipo silla de ruedas automatizada con monitoreo cardíaco y localización GPS.

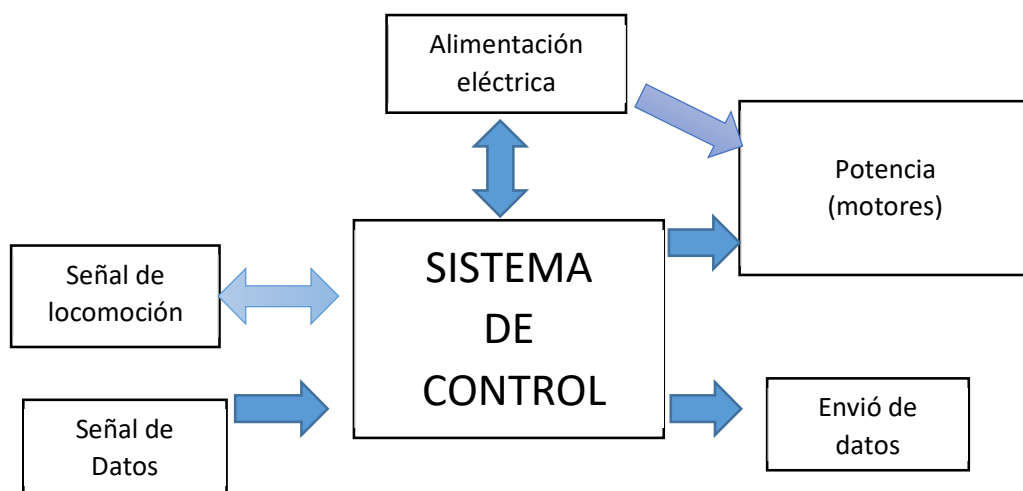


Figura 3.2 Diagrama de Bloques Análisis del sistema

Fuente: Elaboración propia

##### 3.2.1.1 Arquitectura sistema de locomoción

Este subsistema es el encargado de realizar el movimiento del prototipo compuesto las siguientes etapas (véase figura 3,3).

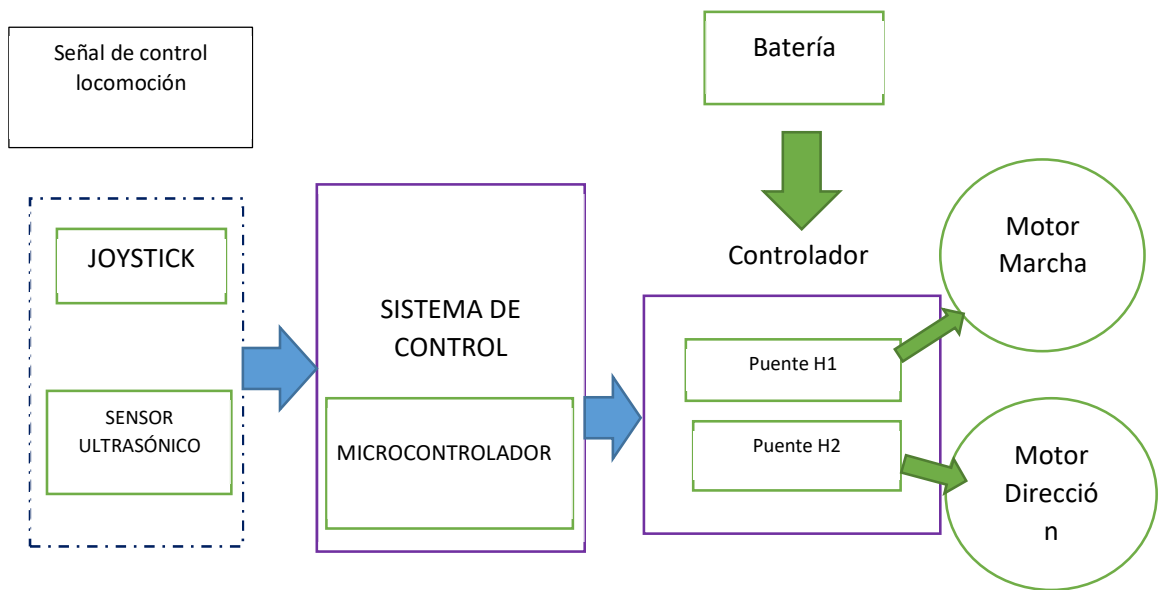


Figura 3.3 Diagrama de bloques, Subsistema de locomoción

Fuente: Elaboración propia

Para su funcionamiento, emite una señal de control de locomoción esta es procesada en el microcontrolador, esta emite una pequeña cantidad de energía, pero no es suficiente para alimentar a un actuador, para esto se necesita de otro módulo controlador que haga de intermediario.

### 3.2.1.2 Arquitectura sistema de monitoreo cardiaco y localización

El subsistema de monitoreo cardiaco y geo localización tiene la siguiente arquitectura como se ve en la figura 3.4.

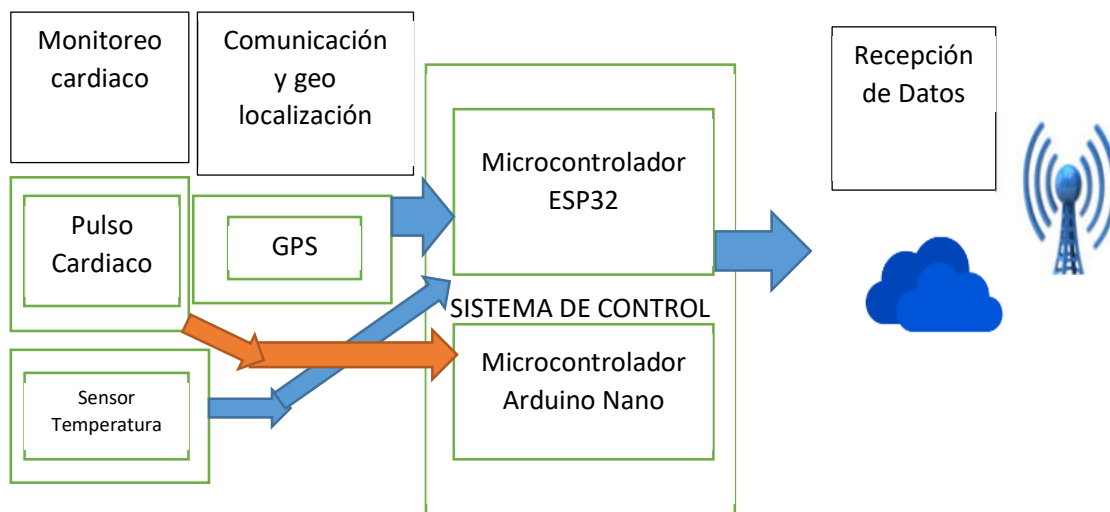


Figura 3.4 Subsistema de Monitoreo Cardiaco y Localización GPS

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, el monitoreo cardiaco y localización GPS de la silla de rueda automatizada, tiene sensores que interactúan con un microcontrolador para poder enviar información desde el prototipo, dicha información debe ser primero leída y procesada por el microcontrolador, luego esta será enviada a la nube desde el microcontrolador principal.

### 3.2.1.3 Arquitectura modulo alimentación eléctrica

La arquitectura del módulo de alimentación tiene la siguiente forma (véase figura 3.5).

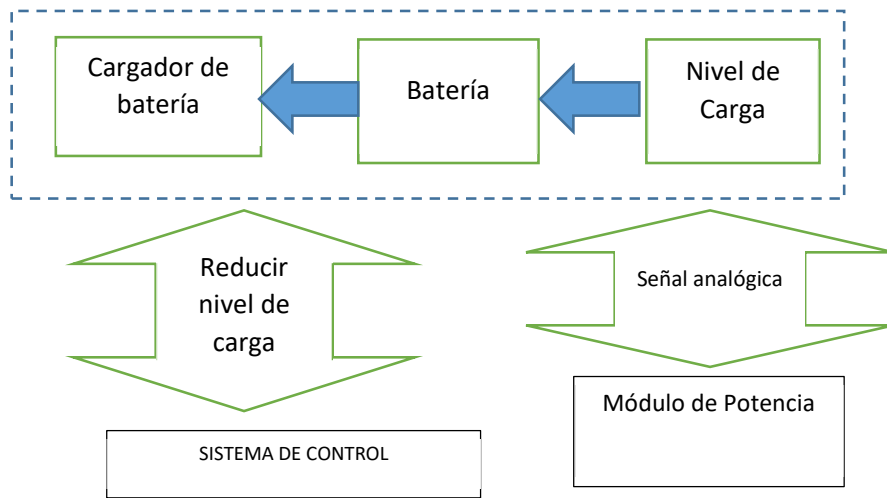


Figura 3.5 Arquitectura del módulo de alimentación Eléctrica

Fuente: Elaboración propia

El módulo de alimentación eléctrica comprende del conjunto de medios y elementos útiles para la generación y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

#### 3.2.1.4 Arquitectura del módulo de control

La arquitectura del módulo de control esta mostrada en la figura 3.6

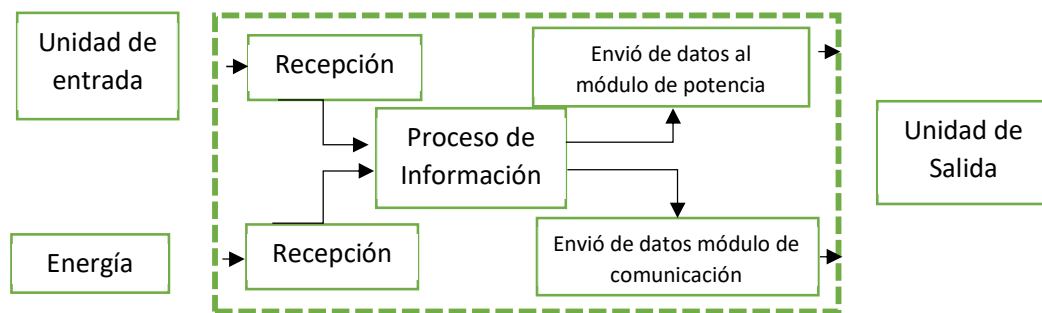


Figura 3.6 Modulo de Control

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Diseño de detalle

En el apartado de tipología de la estructura se presentaron cuatro módulos ahora bien en esta etapa se realizó una identificación y descripción más clara de los componentes del producto.

#### 3.3.1 Sistema de locomoción

En la tabla 3.7 se realizó el análisis general del peso aproximado de los componentes que integran a la silla de ruedas ahora bien el cálculo está dada por la siguiente formula

$$PSM = PEM + PB + PMR + PC \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$PTM = PU + PSM$$

Tabla 3.7  
*Análisis aproximado del peso de la silla de ruedas*

<b>Siglas</b>	<b>Significado</b>	<b>Masa</b>	<b>Peso</b>
PEM	Peso de la estructura mecánica	32.2 kg	315.88 N
PB	Peso baterías	5 kg	68.6 N
PM	Peso motorreductores	4 kg	39.2 N
PC	Peso del sistema de control	0.5Kg	4.7 N
PSM	Peso total del sistema mecatrónico	41.7 Kg	408.66 N
PU	Peso usuario	80 kg	784 N
PTM	Peso total a mover	121,7 kg	1182,38

Fuente: Elaboración propia

#### a) Actuadores

Ahora bien, es necesario tener en claro la potencia que el sistema requiere para su cumplir su función.

Para determinar la fuerza máxima que se emplea, se utiliza las leyes de newton mediante el diagrama de cuerpo libre, se consideró los cálculos para iniciar el movimiento (ver figura 3.7)



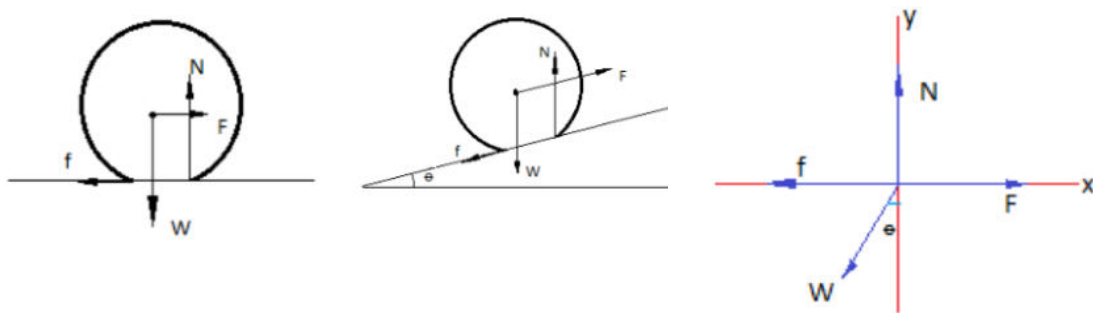


Figura 3.7 Diagrama de Fuerzas en la silla de ruedas

Fuente: Elaboración propia

Sumatoria de fuerzas:

$$\sum F_x = 0$$

$$F = (Fr - Wx) = 0$$

$$F = F r + Wx$$

$$F = \mu_k * N + W * \text{sen}(\phi)$$

$$F = \mu_k * N + m * g * \text{sen}(\phi) \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\sum F_y = 0$$

$$N - Wy = 0$$

$$N = Wy$$

$$N = W * \text{cos}(\phi)$$

$$N = m * g * \text{cos}(\phi) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Reemplazando la ecuación 3 en la ecuación 2:

$$F = \mu_k * m * g * \text{cos}(\phi) + m * g * \text{sen}(\phi) \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$F = m * g * (\mu_k * \text{cos}(\phi) + \text{sen}(\phi)) \quad (\text{Ecuación 5})$$

Luego tenemos como datos:

$$\text{Peso} = \text{PTM} = 1182,38$$

$$\mu_k = 0,7$$

$$\emptyset = 6.84^\circ$$

Remplazando datos en la ecuación 4:

$$F = 1182.38[N](0,7 * \cos(6.84) + \text{sen}(6.84))$$

$$F = 956.66[N]$$

Realizando la transformación a *kg-f tenemos*:

$$F = 97.55[\text{kg} - f]$$

Del análisis anterior se obtiene que la condición crítica corresponde al movimiento de la silla de ruedas es de la carga mínima combinada de las dos llantas  $F = 956,8\text{N}$ . o  $97,55 \text{ Kg-f}$

En base a los cálculos anteriores y consideraciones de diseño podremos obtener la potencia aproximada para el movimiento de la silla de ruedas.

Consideraciones:

- Fuerza máxima para desplazar,  $97,55 \text{ Kg-f}$
- Velocidad promedio de las sillas eléctricas comerciales  $2.5 \text{ m/s}$
- Radio de la rueda.  $0,25\text{m}$

La fórmula de potencia está dada por:

$$P = \frac{W}{t} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:  $P$ =potencia

$W$ =trabajo

$T$ =tiempo

La fórmula de trabajo está dada por:

$$W = F * d \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde: F=Fuerza

d=distancia

Reemplazando la ecuación 6 en la ecuación 7

$$P = F * \frac{d}{t} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

$$\frac{d}{t} = v \text{ (velocidad)}$$

Entonces:

$$P = F * v \quad (\text{Ecuación 9})$$

Reemplazando datos:

$$P = 2.5 \left[ \frac{m}{s} \right] * 97.55 [kf - f]$$

$$P = 243.87 [W]$$

Por lo tanto, se estima que la potencia mínima requerida por cada motor para mover un operador por encima del promedio de peso (100kg), a una velocidad promedio de 2m/s, en un Plano inclinado máximo de 12% será de 0,23Hp.

Se seleccionó motores de 0,3Hp, que está encima de la potencia P anteriormente mencionada, la cual es la mínima admisible solo para sacar al sistema del equilibrio estático A continuación en la figura 3.8 se muestra los motores escogidos



*Figura 3.8* Motorreductor DGM-3491  
Fuente: Elaboración propia

#### b) Sensores

En el caso del sensor para control de locomoción como se vio en un apartado anterior de tomo en cuenta el joystick en el prototipo se usó el modelo KY 023 que brinda un sistema de señal analógico. (véase figura3.9)



*Figura 3.9* Joystick KY023  
Fuente: Elaboración propia

Como se ve en la figura el diagrama de posicionamiento de un Joystick cada eje va de 0 a 1023 y conforme lo movamos su valor ira variando y dando las coordenadas de cada eje, este valor lo podemos imprimir en el monitor serial. Se observa en la figura 3.10 la conexión del joystick



Figura 3.10 Conexión Joystick

Fuente: Recuperado de <https://www.robotica.school/curso/sensores-arduino-01/sensor-arduino-joystick-ky023/>

### 3.3.2 Geometría eléctrica del sistema de locomoción

Una vez definido los parámetros y características de los materiales que se usaran en este sistema podremos diseñar el plano eléctrico.

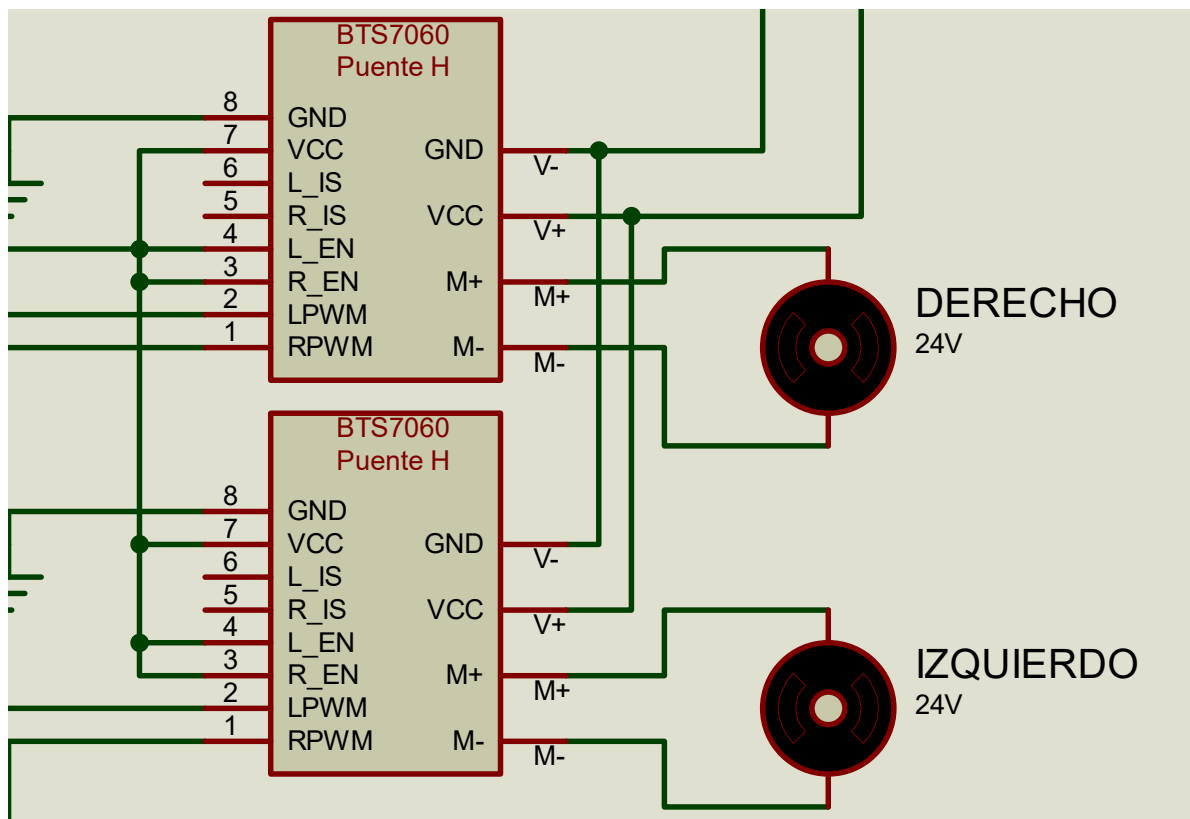
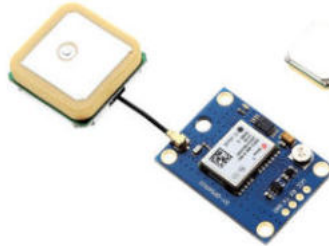


Figura 3.11 Plano de conexión puente h con ruedas

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3 . Sistema de monitoreo y localización

La técnica usada para localización fue la de geo localización por GPS, para este propósito se usa el módulo GPS neo 6 (figura 3.12)



*Figura 3.12 Modulo GPS Neo 6*  
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el monitoreo cardiaco se lo utiliza con el sensor de pulso cardiaco (ver figura 3.13).



*Figura 3.13 Sensor de pulso cardiaco*  
Fuente: Elaboración propia

El Sensor de pulso es un sensor de frecuencia cardíaca plug-and-play para Arduino. Puede ser utilizado para incorporar fácilmente datos de frecuencia cardíaca en vivo

Ahora bien, para él envío de datos a través de internet se usa el microcontrolador ESP32 (véase figura 3.14)



*Figura 3.14 Microcontrolador ESP32*  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra en la figura 3.15 el esquema de envío de datos a Firebase.

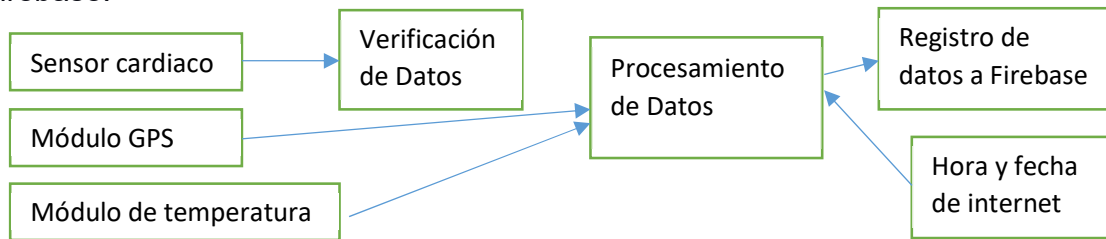


Figura 3.15 Esquema de envío de datos

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4 Sistema de control

Para prototipo de silla de ruedas automatizada con monitoreo cardiaco y localización GPS, se usa el microcontrolador Arduino (véase figura 3.16).



Figura 3.16 Arduino Uno

Fuente: Recuperado de <https://tienda.bricogeek.com/arduino/305-arduino-uno.html>

A continuación, se muestra en la figura 3.17 el esquema de control de locomoción.

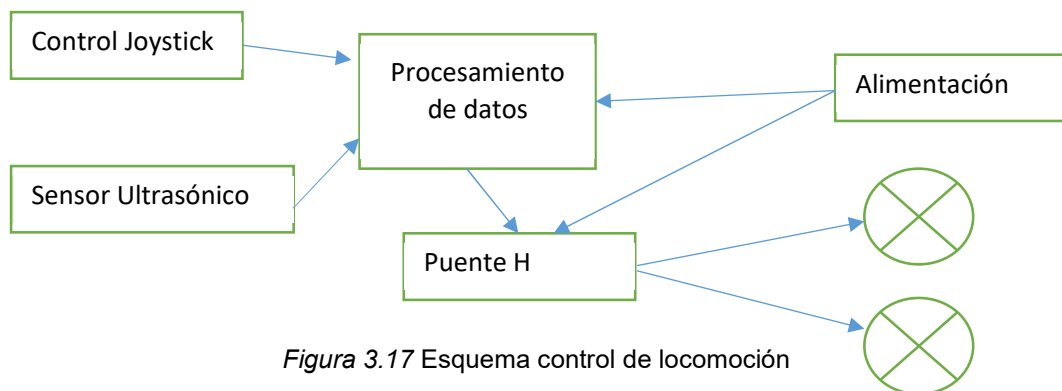


Figura 3.17 Esquema control de locomoción

Fuente: Elaboración propia

## 4 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

### 4.1 Estructura Mecánica (Chasis)

El desempeño funcional de una silla de ruedas depende de su diseño y características particulares. Una silla de ruedas tiene como objetivo permitir al usuario la máxima funcionalidad, comodidad y movilidad

Considerando los estudios realizados anteriormente se propone dos soportes en la estructura del chasis

#### 4.1.1 Soporte base

Se ha diseñado el mecanismo de un sistema de placas metálicas como se muestra en la figura 4.1 Estas placas permiten fijar con seguridad un motor eléctrico a cada lado. Además, este soporte está diseñada para que se pueda montar los dispositivos del sistema de control en general, así como el sistema de alimentación eléctrica.

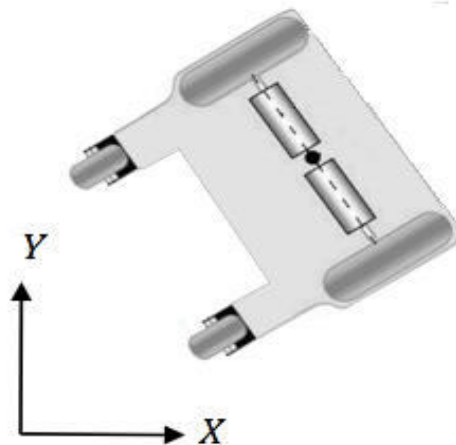


Figura 4.1 Diseño estructura base

Fuente: Elaboración propia



Una vez ya definida el diseño y los materiales a usar se procedió con la elaboración de este soporte teniendo como resultado la estructura mostrada en la figura 4.2



Figura 4.2 Estructura base modulo físico

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Modelo cinemático de giro de la silla de ruedas

El modelado cinemático es el estudio de movimiento de sistemas mecánicos sin considerar las fuerzas que afectan dicho movimiento. En este caso para la silla de ruedas se aplica un direccionamiento diferencial, el propósito principal del modelado cinemático es representar la velocidad de la silla de ruedas en función a las velocidades de las ruedas conjuntamente a los parámetros geométricos.

El análisis de Direccionamiento diferencial se muestra en la figura 4.3.

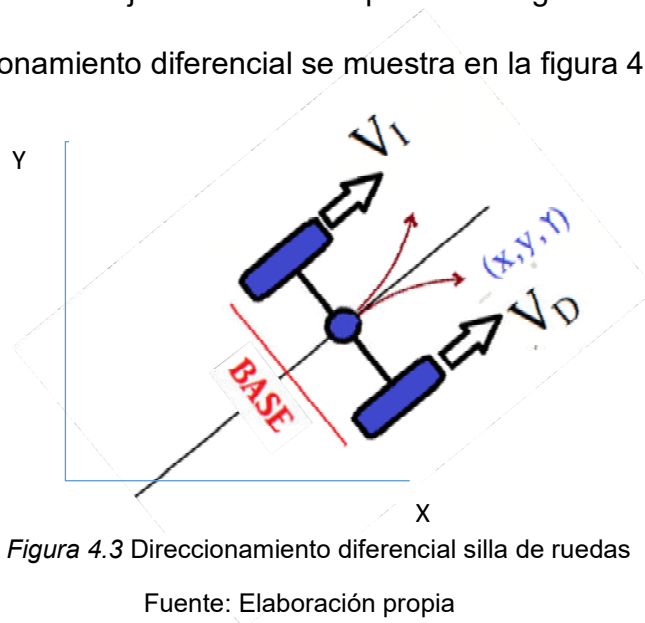


Figura 4.3 Direccionamiento diferencial silla de ruedas

Fuente: Elaboración propia

De donde:

La localización de la masa está dada por  $(x, y, \gamma)$

Velocidad angular de las ruedas  $\omega_D, \omega_I$  en (rad/s)

Parámetros cinemáticos:

Radios de las Ruedas  $R_D, R_I$

Normalmente  $R_D=R_I$  (Rueda derecha, rueda izquierda)

Distancia entre ruedas  $Base$

Las velocidades tangenciales del robot  $V_D$  y  $V_I$  del modelo cinemático para la posición del centro de masa se escriben en las ecuaciones.

$$V_D = R_D * \omega_D \quad (Ecuación 10)$$

$$V_I = R_I * \omega_I \quad (Ecuación 11)$$

Velocidad Instantánea

$$V = (V_D + V_I) \quad (Ecuación 12)$$

Luego de haber generado una velocidad, la nueva posición quedará para un tiempo  $t$  pequeño la silla de ruedas se moverá según la siguientes formulas

$$x' = x + V \cos(\gamma) * \cos(\gamma) * t \quad (Ecuación 13)$$

$$y' = y + V \sin(\gamma) * \sin(\gamma) * t \quad (Ecuación 14)$$

Es decir

- Si la velocidad de la rueda izquierda es mayor la silla de ruedas girara hacia la derecha
- Si la velocidad de la rueda derecha es mayor la silla de ruedas girara hacia la izquierda

Velocidad angular de la silla de ruedas

$$\omega = (V_D + V_I) / Base \quad (Ecuación 15)$$

Al aplicar una velocidad angular a la silla de ruedas esta nos dará una nueva orientación que está dada por la fórmula de:

$$\gamma' = \gamma + \omega * t \quad (\text{Ecuación 16})$$

Resumen de formulas

$$x' = x + V * \cos(\gamma) * t$$

$$y' = y + V * \sin(\gamma) * t$$

$$\gamma' = \gamma + \omega * t$$

Luego, cuando tenemos un pequeño incremento de tiempo la ecuación quedara de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} x(t + \Delta t) \\ y(t + \Delta t) \\ \gamma(t + \Delta t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x(t) + v(t)\Delta t \cos(\gamma(t)) \\ y(t) + v(t)\Delta t \sin(\gamma(t)) \\ \gamma(t) + \omega(t)\Delta t \end{bmatrix} \quad (\text{Ecuación 17})$$

En síntesis, en casos simples

Si aplicamos las mismas velocidades a las dos ruedas entonces la silla de ruedas no cambia su orientación

$$\omega_D = \omega_I \Rightarrow \omega = 0 \quad (\text{Ecuación 18})$$

Si aplicamos velocidades opuestas a las ruedas la velocidad lineal es cero y existe una rotación sin avance

$$\omega_D \neq \omega_I \Rightarrow V = 0 \quad (\text{Ecuación 19})$$

### 4.1.3 Soporte silla

#### 4.1.3.1 Especificaciones técnicas

Para el diseño y construcción de la silla de ruedas es importante tener la especificación técnica de una silla estándar.

Según la industria especializada en equipos médicos 3B EIRL (3B EIRL, 2013) para una postura correcta, una silla de una silla de ruedas promedio debe tener las medidas que se muestran en la figura 4.4.:

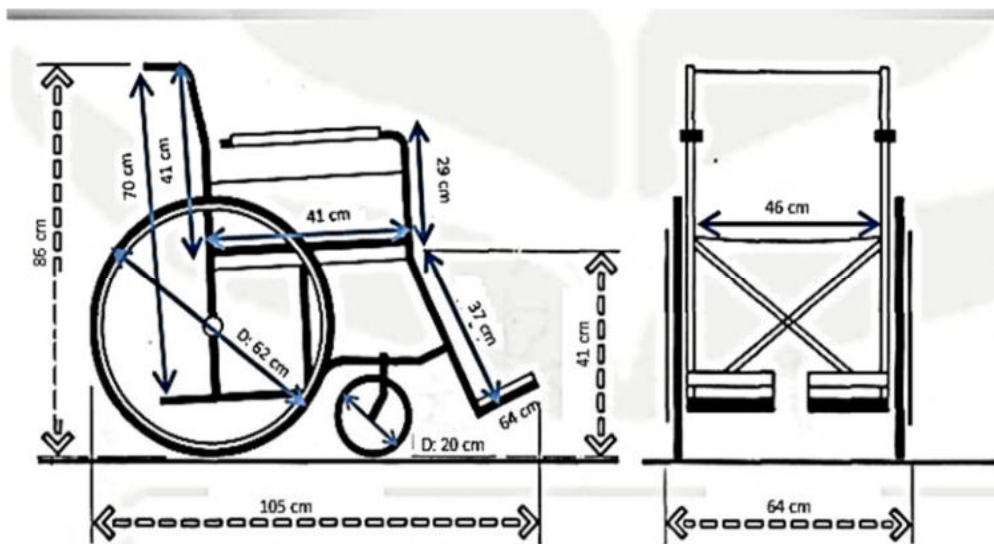


Figura 4.4 Medidas Estándar de una silla de ruedas

Fuente: Recuperada de <http://industrias3b.com/productos/medidas-de-silla-de-rueda-estandar-producto-nacional/>

#### 4.1.3.2 Diseño silla de ruedas

El siguiente diseño de chasis fue la estructura de la silla donde se asegura la estabilidad optimizando la zona del cuerpo del usuario en contacto con la base del soporte. También procura alivio de la presión al distribuir de manera uniforme el peso del usuario en la mayor superficie posible (véase figura 4.5).

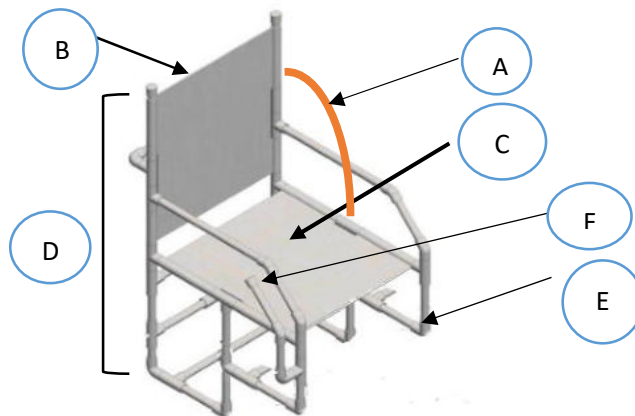


Figura 4.5 Diseño silla

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta la postura que el usuario deberá de tener al sentarse en la silla se hace referencia a las siguientes recomendaciones en la tabla 4.1.

Tabla 4.1  
Datos técnicos Silla de ruedas

Opción	CONCEPTO	MEDIDAS
A	Angulo entre muslos y tronco	90°
B	El Espaldar estabilizar la región lumbar superior.	46 cm <i>ancho</i> 41 cm <i>alto</i>
C	La longitud del asiento	46 cm <i>ancho</i> 41 cm <i>largo</i>
D	Longitud soporte trasero	46 cm <i>ancho</i> 70 cm <i>alto</i>
E	Longitud soporte delantero	30 cm
F	Soporte de brazos	41 cm de <i>largo</i> 29cm de <i>alto</i>

Fuente: Elaboración propia

Ahora la estructura de la silla se construyó en base al material ya seleccionado en el capítulo anterior (tubo de acero) como se muestra en la figura 4.6.



*Figura 4.6 Soporte silla*

Fuente: Elaboración propia

## **4.2 Implementación del Sistema de locomoción**

### **4.2.1 Control de mando**

La tarjeta de mando principal se diseñó para enviar señales de los componentes que interactúan con el usuario tales como el joystick, botón de marcha, botón activador de ritmo cardiaco y medidor de carga de batería, así poder enviarlas hacia la tarjeta principal por medio de un cable de vías.

En su primera etapa el sistema de locomoción de la silla de ruedas tiene como su principal mando de dirección y de movimiento al joystick

A continuación, en la figura 4.7 se detalla componentes del mando de control Se detallan componentes:

- Joystick para el control de movimientos.
- Leds Indicador de carga de batería.
- Botón de arranque
- Botón activador de pulso cardiaco

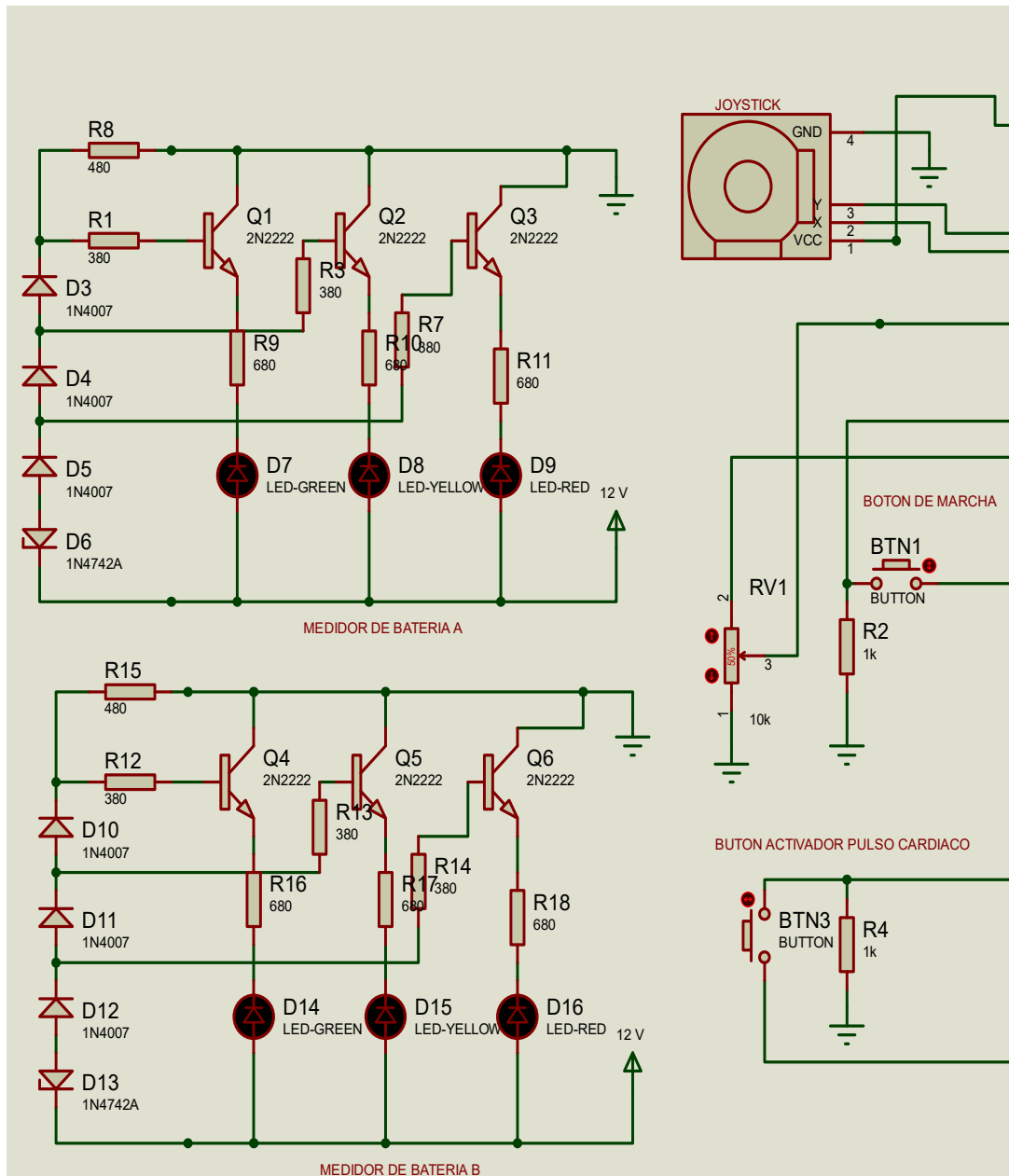


Figura 4.7 Diseño esquemático del mando principal  
Fuente: Elaboración propia

## 4.2.2 Control de potencia

El control de potencia está definido por las siguientes

### 4.2.2.1 Ensamblaje y Acoplamiento llantas

En el diseño del chasis se colocó un soporte para los motores, así como para la ubicación de las llantas, además que se realiza una estructura para el acople de los motores con la llanta como se lo ve en la figura 4.8.

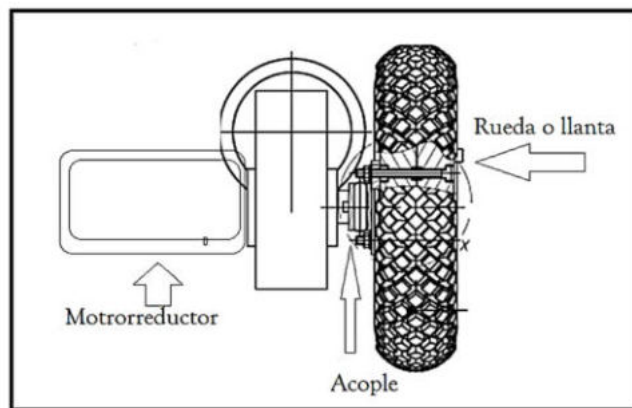


Figura 4.8 Plano de ensamblaje del motorreductor con llantas

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9 se muestra el ensamblaje físico del motorreductor con la llanta de manera física.



Figura 4.9 Ensamblaje físico motorreductor con las llantas

Fuente: Elaboración propia



#### 4.2.2.2 Controlador de potencia

En la etapa de potencia se usó un módulo que pueda controlar dos motores con voltaje analógico, en nuestra selección se usó el módulo puente H BTS7960 la configuración eléctrica se encuentra en el gráfico.

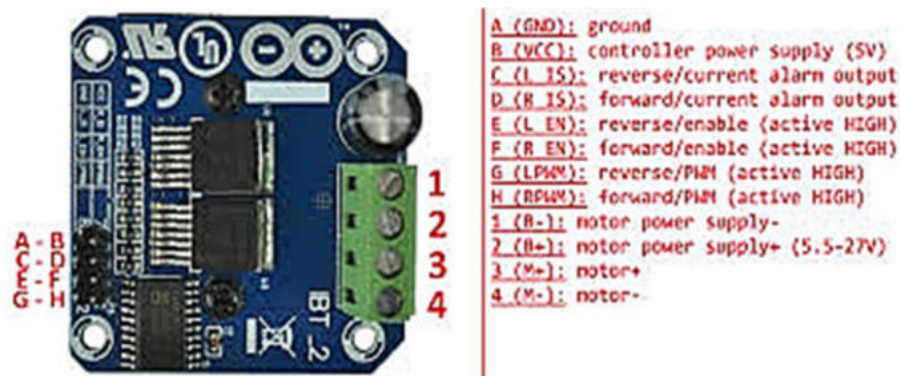


Figura 4.10 Modulo puente H BTS7960

Fuente: Recuperado de <http://la-fabrica.com.ar/actuadores/1287-puente-h-bts7960-motor-driver-43a.html>

#### 4.2.3 Implementación electrónica del sistema de locomoción

El diseño del sistema de locomoción está integrado como una sola unidad es decir tanto el módulo de potencia, el control de mando trabaje un solo objetivo el cual es el movimiento de la silla de ruedas en base a la geométrica ya diseñada se especificará el diseño electrónico mostrada en la figura 4.11.

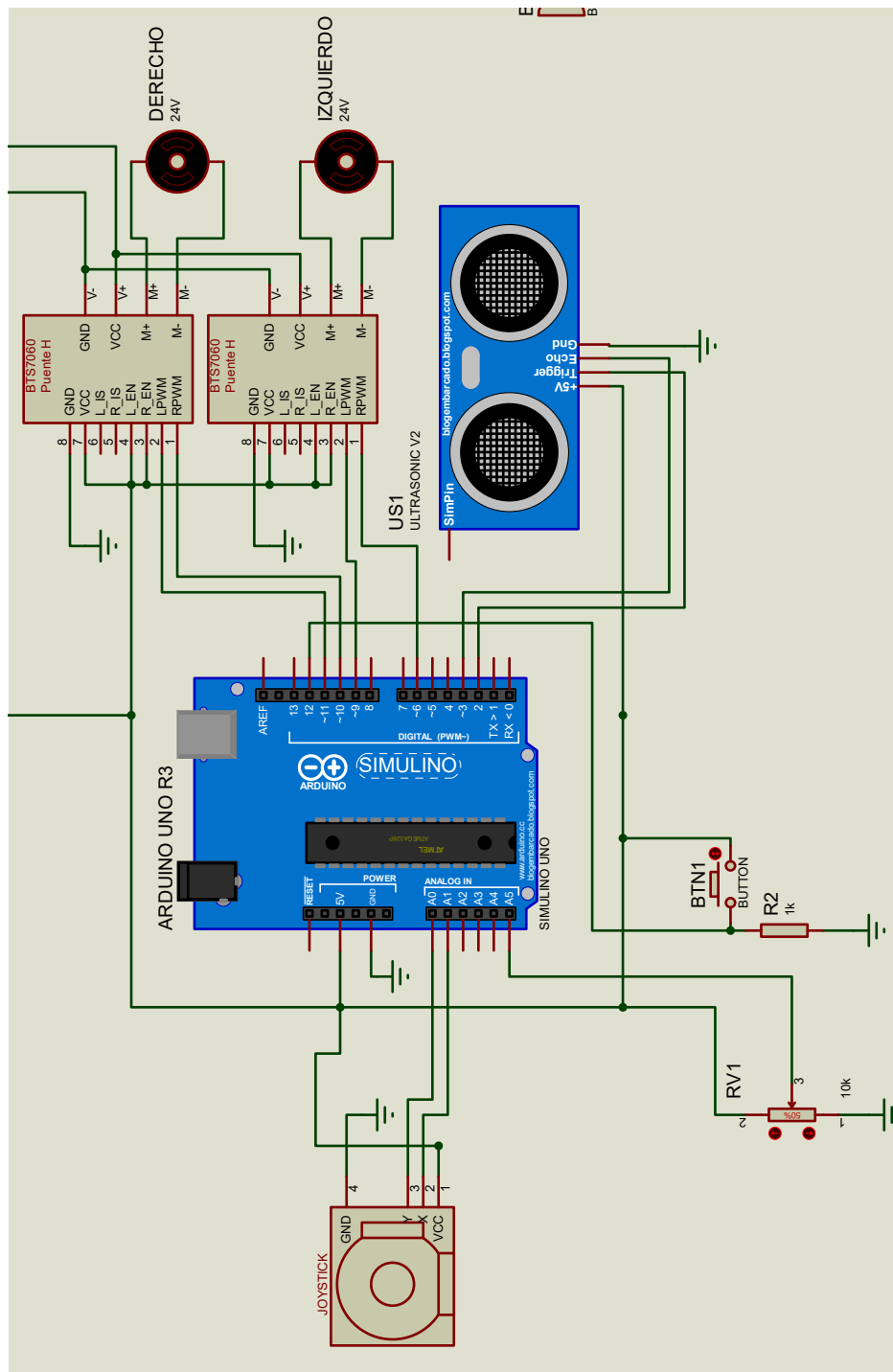


Figura 4.11 Diseño electrónico, Sistema de locomoción

Fuente: Elaboración propia

El programa generado debe de seguir la lógica mostrada en la figura 4.11 ya que para cada dirección se envía un código de activación de los motores, para obtener el dato correcto se realizó un análisis tomando en cuenta que en cualquier dirección ambos motores girarán para que los movimientos sean más rápidos, hablando específicamente de las vueltas a la derecha e izquierda.

#### **4.2.4 Etapa de señales del movimiento del joystick en los ejes x y**

Una vez ya estructurada el sistema de locomoción es necesario poder calibrar el joystick para el mejor control de la silla de ruedas, el joystick tiene una alimentación de 5 v por lo que se tendrá resultados con un rango de 0 (0v) como mínimo a 1023(5v) como máximo la conversión se realiza mediante aproximaciones dentro del rango de referencia especificada

Donde

$V_{ref+}$  es 5v

$V_{ref}$  es 0v

La resolución de cada bit está definida de acuerdo al rango de referencia de voltaje y dada por la siguiente formula:

$$\frac{V_{ref\pm} - V_{ref}}{2^n - 1} = 4.88mV \quad (\text{Ecuación 20})$$

Debido a los ángulos de movimiento del joystick no es posible obtener el rango completo de 0v a 5v de los potenciómetros, al realizar la caracterización de los movimientos se obtiene valores máximos y mínimos para cada eje del joystick

Se muestra datos de voltaje en la tabla 4.2 para el eje x

Tabla 4.2  
Rango de voltajes joystick eje x

EJE X					
-X		Origen		X	
Voltaje min	valor	Voltaje	Valor	Voltaje Max	Valor
0	-255	2,4	0	4.8	255

Fuente: Elaboración propia

Se muestra datos de voltaje en la tabla 4.3 para el eje y

Tabla 4.3  
Rango de voltaje joystick eje y

EJE Y					
-Y		Origen		y	
Voltaje min	valor	Voltaje	Valor	Voltaje Max	Valor
0	-255	2,4	0	4.8	255

Fuente: Elaboración propia

Una vez analizado el comportamiento de las señales que son emitidas por el joystick el funcionamiento del sistema de locomoción será detallado en la figura 4.12 de la siguiente forma.

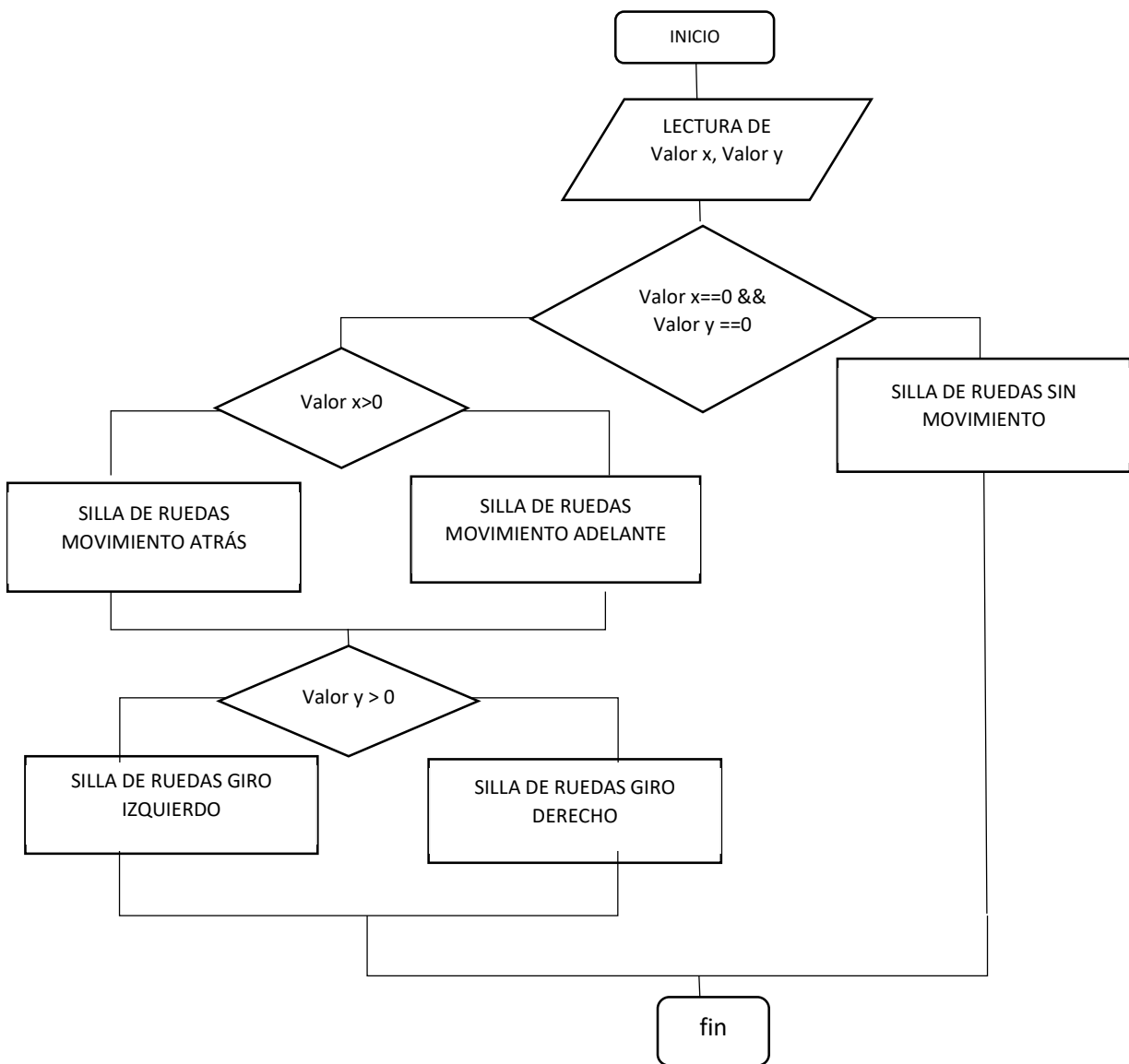


Figura 4.12 Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema de locomoción

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Implementación del sistema de alimentación eléctrica

La alimentación del sistema es de 24 vcc, ya que los motorreductores trabajan con este régimen de voltaje la conexión del banco de energía tiene una salida de

alimentación hacia el módulo de control de motores y con el mismo a la alimentación del circuito

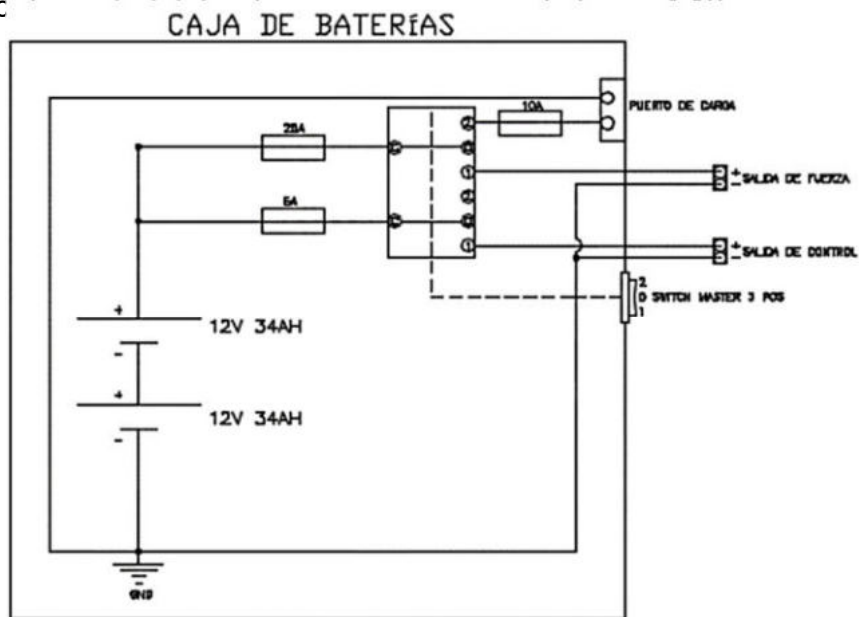


Figura 4.13 Diagrama eléctrico del banco de energía

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.14 se muestra el banco de energía con las debidas conexiones



Figura 4.14 Cableado interno en el banco de baterías

Fuente: Elaboración propia

Se requieren dos baterías de 12V con 17Ah para cada motor, debido a que se utilizan dos motores se requieren cuatro baterías con las características previamente

mencionadas. Sin embargo, es necesaria otra batería para el sistema de control, dicha batería es de 12v y 7AH ya que el consumo del circuito de control es bajo. A continuación, en la figura 4.15, se muestra la configuración utilizada para operar al regulador en base a las especificaciones del fabricante

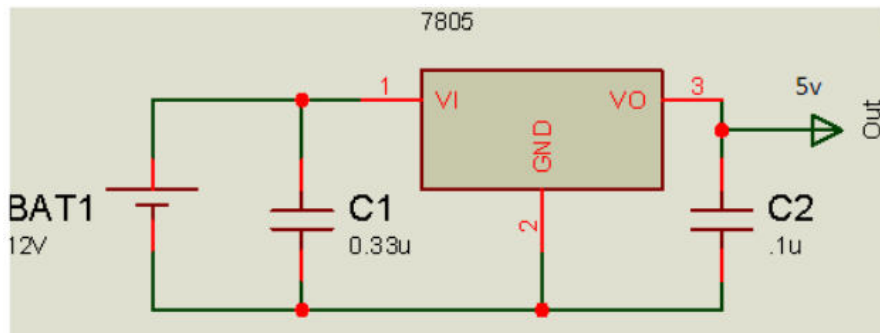


Figura 4.15 Diagrama eléctrico del regulador de voltaje

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Implementación del sistema de localización, temperatura y monitoreo

El sistema de localización y monitoreo se hace gracias al sensor GPS NEO-6M, el cual recibe de Satélites de Sistema de Posicionamiento Global, los datos necesarios como la ubicación exacta en Latitud, Longitud y altura además de la hora actual, los cuales son procesados por el Microcontrolador ESP32 para luego enviarlos al celular al cual se encuentra vinculado mediante Bluetooth, y este tiene la Aplicación Silla de ruedas el cual subirá a la nube en tiempo real a la base de datos de Firebase, dejando disponible para otros usuarios puedan hacer el seguimiento mediante la Aplicación Silla de Ruedas en el cual utilizando la API de Google Maps, ubica a la silla de rueda de acuerdo a la Latitud y Longitud e incluso a la altura sobre el nivel del mar que se encuentra, pudiendo hacer seguimiento del trayecto que toma en un determinado momento.

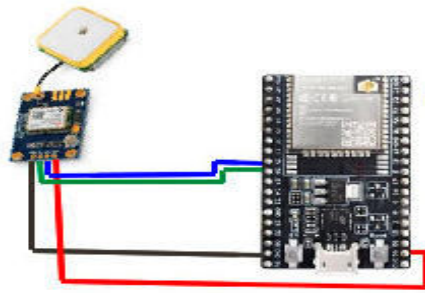


Figura 4.16 Conexión Microcontrolador ESP32 con Modulo GPS NEO 6

Fuente: Elaboración propia

El monitoreo cardiaco, se lo hace a través del sensor de pulso cardiaco, para realizar el monitoreo del usuario de la silla de ruedas, este envía los datos obtenidos al microcontrolador Arduino Nano quien hace los cálculos necesarios para luego enviarlos al microcontrolador principal ESP32 mediante protocolo de comunicación Serial I2C, para luego ser transferido por Bluetooth al celular emparejado y de este enviado a la base de datos de Firebase a disposición de otros usuarios que realizan el seguimiento.

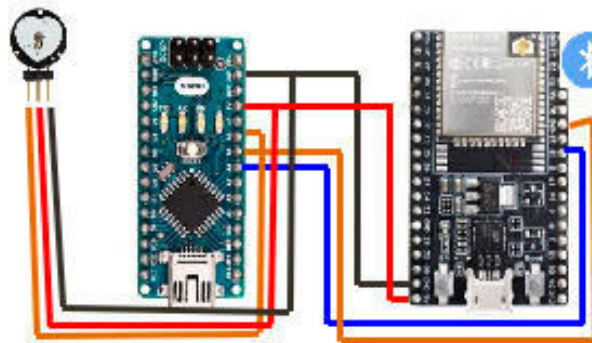


Figura 4.17 Diseño electrónico de conexión Arduino con el GPS

Fuente: Elaboración propia

La toma de temperatura ambiente se lo hace gracias al sensor DTH11 el cual realiza mediciones de temperatura ambiente, humedad relativa, sensación térmica y punto de Rocío el cual nos indica la temperatura en el cual se condensa el agua, para hacer así seguimiento del ambiente del usuario de la silla de ruedas.



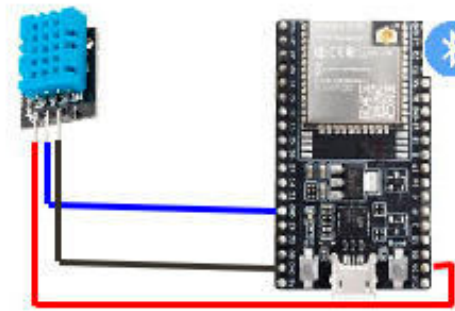


Figura 4.18 Diseño electrónico del módulo de temperatura

Fuente: Elaboración propia

Los módulos sensores, están controlados por el software escrito en C++, dentro el entorno Arduino Sketch siguiendo el siguiente diagrama mostrado en la figura.4.19.

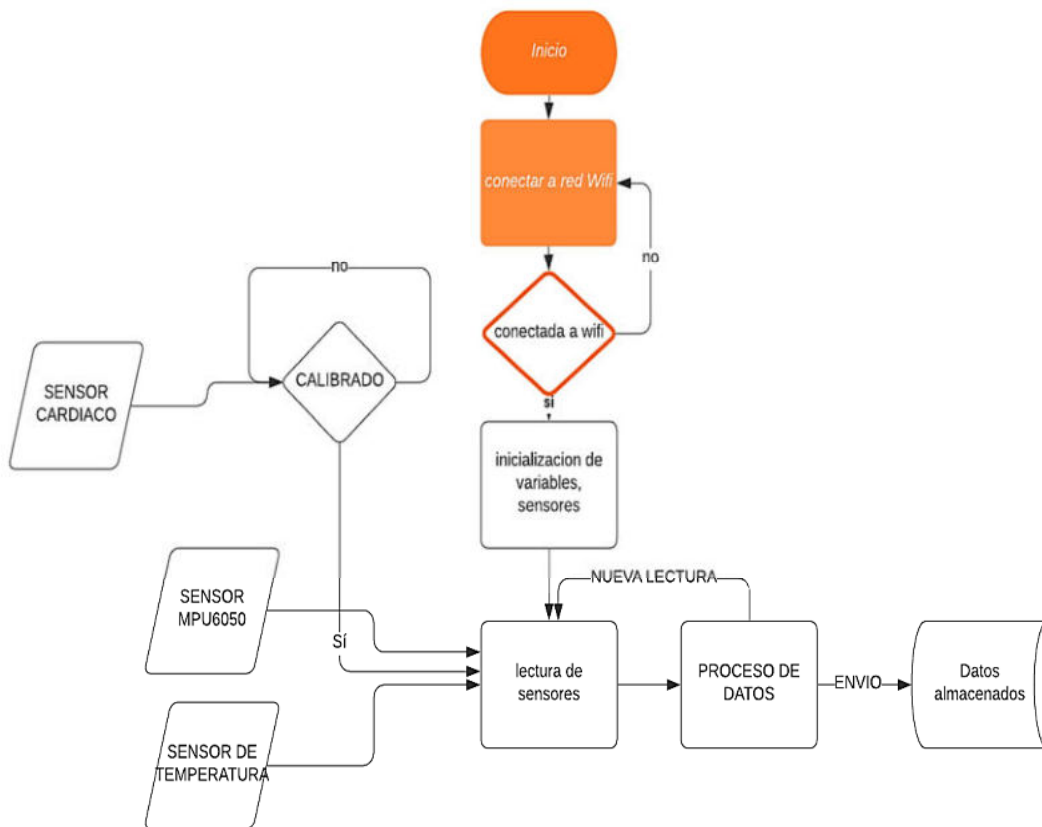
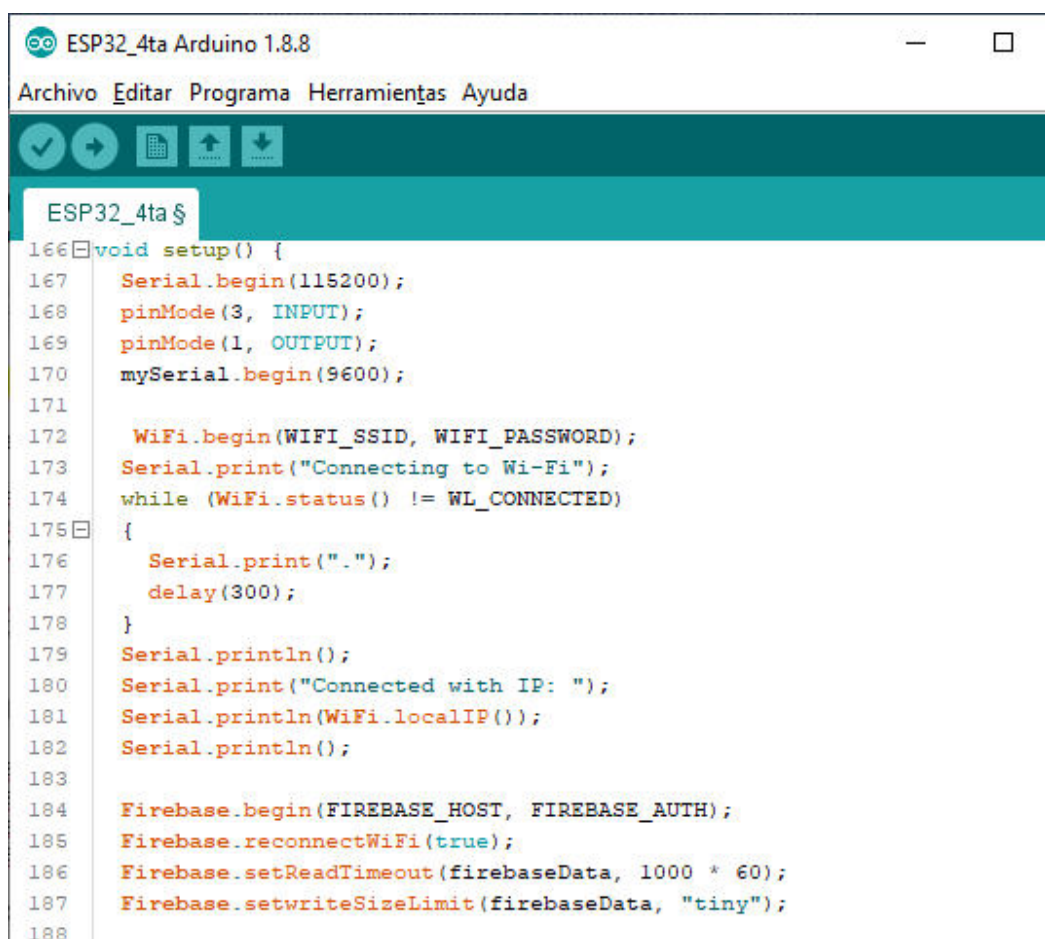


Figura 4.19 Diagrama de flujo, control de sensores

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra parte del código usado para el control de sensores

En la figura 4.20 se muestra parte del código que corresponde a la conexión a la red Wifi y autenticación en Firebase.



```
ESP32_4ta $
166 void setup() {
167     Serial.begin(115200);
168     pinMode(3, INPUT);
169     pinMode(1, OUTPUT);
170     mySerial.begin(9600);
171
172     WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
173     Serial.print("Connecting to Wi-Fi");
174     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
175     {
176         Serial.print(".");
177         delay(300);
178     }
179     Serial.println();
180     Serial.print("Connected with IP: ");
181     Serial.println(WiFi.localIP());
182     Serial.println();
183
184     Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
185     Firebase.reconnectWiFi(true);
186     Firebase.setReadTimeout(firebaseData, 1000 * 60);
187     Firebase.setwriteSizeLimit(firebaseData, "tiny");
188 }
```

Figura 4.20 Conexión a la red Wifi y autenticación en Firebase

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.21 se muestra parte del código utilizado para la lectura de pulso cardiaco y correspondiente registro en Firebase.

```
MAX30100 §
55
56 void loop()
57 {
58     pox.update();
59     if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {
60         lat=pox.getHeartRate();
61         oxi=pox.getSpO2();
62         Serial.print("Heart rate:");
63         Serial.print(lat);
64         Serial.print("bpm / SpO2:");
65         Serial.print(oxi);
66         Serial.println("%");
67         if(lat!=0 && oxi!=0){
68             Trans.println(String(lat)+" "+String(oxi)+"");
69         }
70         tsLastReport = millis();
385 //RITMO CARDIACO//MANDO GIROSCOPIO ///DESDE ARDUINO NANOO
386 if(millis()>(tser+1000)){
387     tser=millis();
388     left=0;right=0;up=0;down=0;punto=0,ritmoCardiaco=0;
389     Wire.requestFrom(2, 32); // Le pide 32 bytes al Esclavo 2
390     String dato="";
391     while(Wire.available()){ // slave may send less than requested
392         char c = Wire.read(); // Recibe byte a byte
393         Serial.print(c); // Presenta los caracteres en el Serial Moni
394         dato += c;
395     }
396     //Serial.println(dato);
397     lectura[0] = getValue(dato, ',',0).toInt();
398     lectura[1] = getValue(dato, ',',1).toInt();
399
400     //Serial.println("L: "+String(lectura[0])+"bpm, "+String(lectura[1])+"
401 }
402
403 if(millis()>(tser2+300000)){//cada 5 min
404     tser2=millis();
405     if(ritmoCardiaco != 0){
406         //REGISTRO LATIDO HISTORIAL
407         jsonp.clear();
408         jsonp.add("fecha",String(timeStamp+" "+dayStamp));
409         jsonp.add("ritmo",{ritmoCardiaco});
410         Firebase.pushJSON(firebaseData,path + "/latido_historial/"+dayStamp,
411         jsonp.clear();
412     }

```

Figura 4.21 Lectura de pulso cardiaco y su registro en Firebase

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.22 se muestra parte del código usado para la lectura del módulo NEO 6M GPS y registro de datos en Firebase.

```

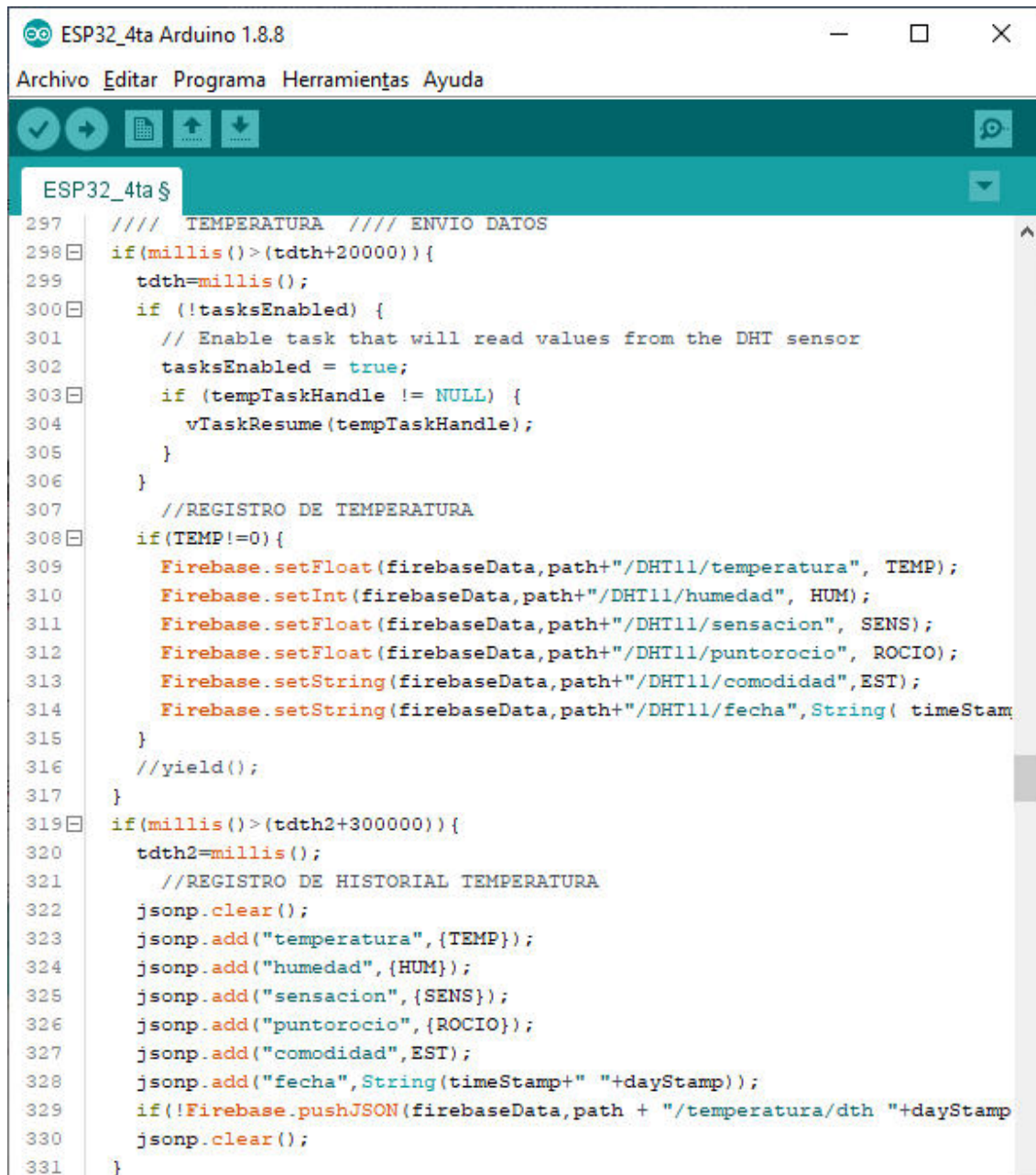
ESP32_4ta $
334     tgps=millis();
335     if(ss.available()){
336         //gps.encode(ss.read());
337         smartdelay(0);
338         unsigned long age,aget;
339         int year=0;
340         byte month, day, hour, minute, second, hundredths;
341
342         gps.f_get_position(&LAT, &LONG, &age);//LATITUD, LONGITUD, TIEMPO DE
343         gps.crack_datetime(&year, &month, &day, &hour, &minute, &second, &shu
344         //gps.stats(&chars, &sentences, &failed);
345
346     if(aget == TinyGPS::GPS_INVALID_AGE){
347         smartdelay(500);
348         Serial.println("GPS Buscando satélites..." +String(LAT, 6));
349     }else{
350         //GPS////////////////////
351         SAT=gps.satellites();
352         ALT=gps.f_altitude();
353         CURS=gps.f_course();
354         SPEED=gps.f_speed_kmph();
355         DIR=(String)(gps.f_course() == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? "***
356         //Serial.println("Lectura GPS: " +String(SAT)+"*"+String(ALT)+"*"+S
357         //writeString("#$SA"+String(SAT)+"$AL"+String(ALT)+"$CU"+String(CU
358         Firebase.setFloat(firebaseData, path+"/posicion_ultimo/altura", ALT
359         Firebase.setFloat(firebaseData, path+"/posicion_ultimo/curso", CURS
360         Firebase.setString(firebaseData, path+"/posicion_ultimo/direccion",
361
371     if(millis() > (tgps2+600000)) {
372         tgps2=millis();
373         if(LAT != 1000) {
374             //REGISTRO POSICION HISTORIAL
375             jsonp.clear();
376             jsonp.add("fecha", String(timestamp+" "+dayStamp));
377             jsonp.add("lat", {LAT});
378             jsonp.add("lng", {LONG});
379             Firebase.pushJSON(firebaseData, path + "/posicion/posicion "+dayStamp
380             jsonp.clear();
381         }

```

Figura 4.22 Lectura del módulo NEO 6M GPS y registro a Firebase

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.23 se muestra parte del código usado para la lectura de TDH11 temperatura y registro de datos en Firebase.

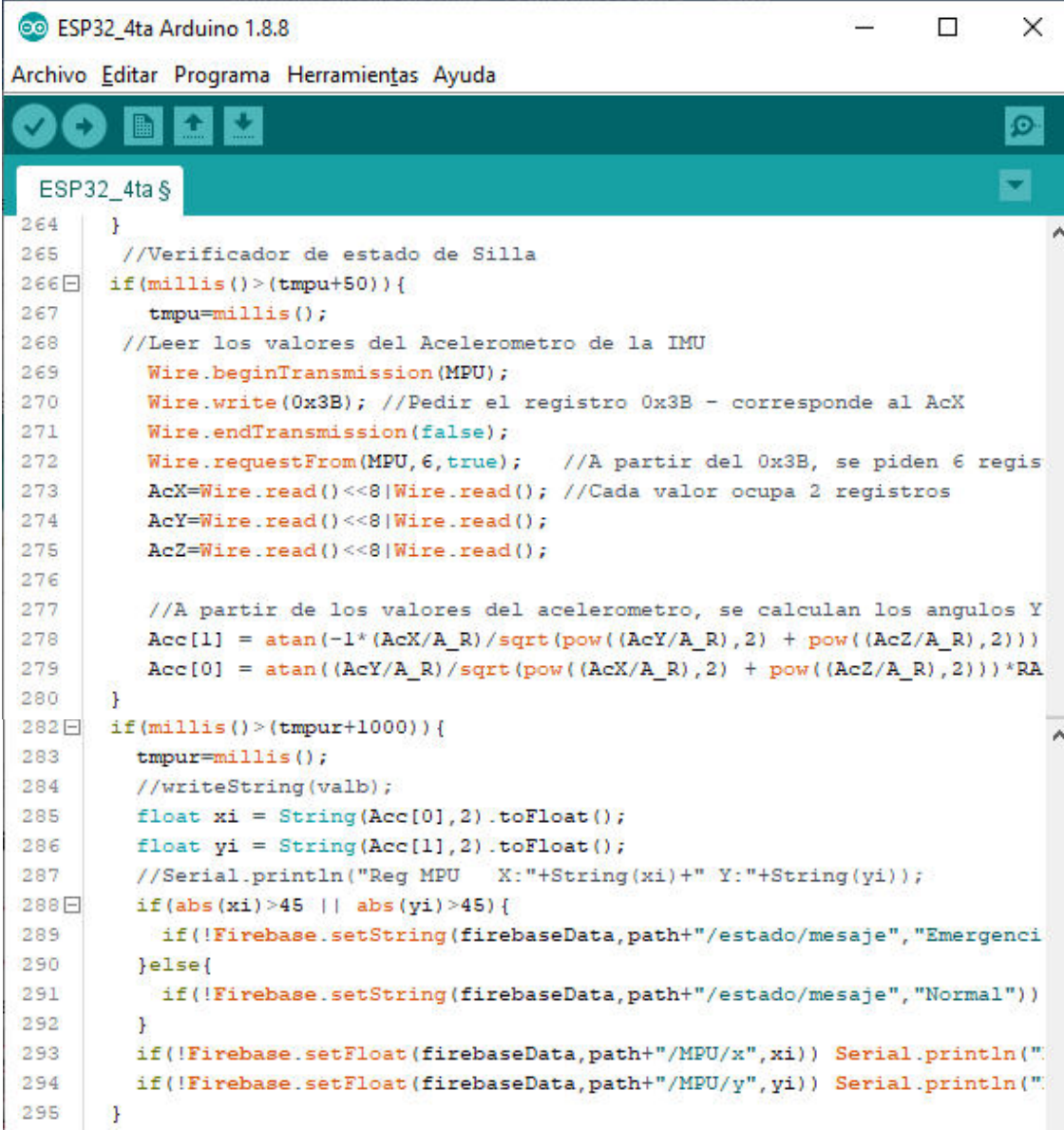


```
ESP32_4ta Arduino 1.8.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
ESP32_4ta $
297  ////  TEMPERATURA  ////  ENVIO DATOS
298  if(millis()>(tdth+20000)){
299      tdth=millis();
300      if (!tasksEnabled) {
301          // Enable task that will read values from the DHT sensor
302          tasksEnabled = true;
303          if (tempTaskHandle != NULL) {
304              vTaskResume(tempTaskHandle);
305          }
306      }
307      //REGISTRO DE TEMPERATURA
308      if(TEMP!=0){
309          Firebase.setFloat(firebaseData,path+"/DHT11/temperatura", TEMP);
310          Firebase.setInt(firebaseData,path+"/DHT11/humedad", HUM);
311          Firebase.setFloat(firebaseData,path+"/DHT11/sensacion", SENS);
312          Firebase.setFloat(firebaseData,path+"/DHT11/puntorocio", ROCIO);
313          Firebase.setString(firebaseData,path+"/DHT11/comodidad", EST);
314          Firebase.setString(firebaseData,path+"/DHT11/fecha",String( timeStam
315      )
316      //yield();
317  }
319  if(millis()>(tdth2+300000)){
320      tdth2=millis();
321      //REGISTRO DE HISTORIAL TEMPERATURA
322      jsonp.clear();
323      jsonp.add("temperatura", {TEMP});
324      jsonp.add("humedad", {HUM});
325      jsonp.add("sensacion", {SENS});
326      jsonp.add("puntorocio", {ROCIO});
327      jsonp.add("comodidad", EST);
328      jsonp.add("fecha",String(timestamp+" "+dayStamp));
329      if(!Firebase.pushJSON(firebaseData,path + "/temperatura/dth "+dayStamp
330      jsonp.clear();
331  }
```

Figura 4.23 Lectura de TDH11 temperatura y registro de datos en Firebase.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.24 muestra parte del código del módulo MPU6050 Giroscopio y su registro en Firebase.



```
ESP32_4ta Arduino 1.8.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
ESP32_4ta $
264 }
265 //Verificador de estado de Silla
266 if(millis()>(tmpu+50)){
267     tmpu=millis();
268     //Leer los valores del Acelerometro de la IMU
269     Wire.beginTransaction(MPU);
270     Wire.write(0x3B); //Pedir el registro 0x3B - corresponde al AcX
271     Wire.endTransmission(false);
272     Wire.requestFrom(MPU,6,true); //A partir del 0x3B, se piden 6 regis
273     AcX=Wire.read()<<8|Wire.read(); //Cada valor ocupa 2 registros
274     AcY=Wire.read()<<8|Wire.read();
275     AcZ=Wire.read()<<8|Wire.read();
276
277     //A partir de los valores del acelerometro, se calculan los angulos Y
278     Acc[1] = atan(-1*(AcX/A_R)/sqrt(pow((AcY/A_R),2) + pow((AcZ/A_R),2)))
279     Acc[0] = atan((AcY/A_R)/sqrt(pow((AcX/A_R),2) + pow((AcZ/A_R),2)))*RA
280 }
282 if(millis()>(tmpur+1000)){
283     tmpur=millis();
284     //writeString(valb);
285     float xi = String(Acc[0],2).toFloat();
286     float yi = String(Acc[1],2).toFloat();
287     //Serial.println("Reg MPU X:"+String(xi)+" Y:"+String(yi));
288     if(abs(xi)>45 || abs(yi)>45){
289         if(!Firebase.setString(firebaseData,path+"/estado/mensaje","Emergenci
290     }else{
291         if(!Firebase.setString(firebaseData,path+"/estado/mensaje","Normal"))
292     }
293     if(!Firebase.setFloat(firebaseData,path+"/MPU/x",xi) Serial.println("
294     if(!Firebase.setFloat(firebaseData,path+"/MPU/y",yi) Serial.println("
295 }
```

Figura 4.24 Lectura de MPU6050 y su registro en Firebase

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1 Configuración del controlador ESP32

El controlador ESP32, es la principal el cual tiene como esclavo a un Arduino Nano. El controlador maestro gestiona todos los datos necesarios para monitorización y posterior envié a Firebase. El microcontrolador Arduino Uno, gestiona los movimientos de los motores de marcha y dirección los cuales pueden ser controlados desde un Joystick, para control de motores se emplea dos puentes H, la cual la potencia esta brindada por la batería de 24 Volts.

El microcontrolador Arduino Nano encargado de recibir los datos de los latidos de corazón mediante el sensor cardiaco, se sincroniza con el controlador maestro mediante comunicación I2C, la cual es síncrona.

Todos los componentes se encuentran en una placa de baquelita dispuestas de acuerdo a su funcionamiento.

#### 4.4.2 Materiales del Controlador

Los materiales necesarios para la implementación del prototipo del controlador son los que se detallan en la Tabla.4.4.

Tabla 4.4  
*Materiales para Controlador*

Nro.	Componente	Cantidad	Descripción
1	Computadora	1	Personal
2	Placa ESP32	1	ESP32 Microcontrolador
3	Placa Arduino Nano	1	Microcontrolador
4	Sensor Cardiaco	1	Genérico
5	Sensor de Temperatura	1	TDH11
6	Sensor GPS	1	GPS NEO-6N
7	Joystick	1	Genérico
8	Sensor Ultrasónico	1	HC-SR04
9	Acelerómetro y giroscopio	1	MPU6050

10	Módulo Puente H	2	BTS7960
11	Motores 24 Volts.	2	
12	Leds	10	
13	Placa baquelita	1	

Fuente: Elaboración propia

### 4.4.3 Programación Arduino

Para poder hacer uso de las distintas funciones que ofrece Arduino, es indispensable haber instalado previamente el entorno de desarrollo. A través del mismo, generaremos los sketches con el código del programa que queramos cargar en nuestro dispositivo. En primer lugar, se descargó la última versión de software disponible en la propia web de Arduino. (Arduino, 2020). Una vez descargado, se ejecutó el archivo y se debe seguir los pasos del asistente de instalación. En Windows, el Arduino es detectado automáticamente. Una vez completada la instalación llegó el turno de seleccionar el modelo concreto de nuestra placa. Para ello se accedió al menú "Herramientas", dentro del mismo se puso el cursor sobre la pestaña "Board", y a continuación clic sobre la versión correspondiente al modelo, en este caso, "Arduino Uno". Luego escogemos puerto al que estuvo conectado.

Para empezar necesitó tener instalado Python 2.7, se necesitó descargar las últimas versiones del código del emulador Arduino para el ESP32 y para ello se tuvo que descargar e instalar del entorno gráfico de GIT y clonar el repositorio <https://github.com/espressif/arduino-esp32.git> Y el destino fue la dirección del directorio Arduino, que normalmente se encuentra en documentos\Arduino.

Una vez concluida se tuvo los drivers necesarios para programar en Esp32.

Se realizó las pruebas iniciales de cada dispositivo para verificar su funcionamiento, y una vez concluida realizamos el armado del esquema de control y seguimiento como se ve en la figura 4.25.



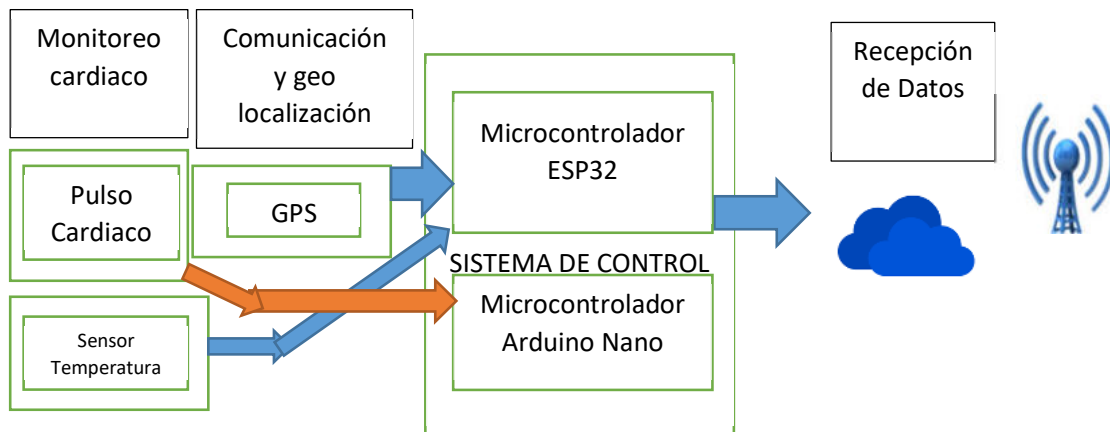


Figura 4.25 Diagrama de bloques, proceso de funcionamiento de sensores

Fuente: Elaboración propia

Para utilizar los distintos dispositivos sensores se emplean algunas librerías, ya desarrollada por otros autores las cuales son:

**FirestoreESP32.h, FirestoreESP32HTTPClient.h, FirestoreJson.h**

Son bibliotecas Arduino de la base de datos en tiempo real Firestore de Google para ESP32 v3.7.3. Esta biblioteca es compatible con ESP32 MCU de Espressif (Empresa que desarrolla los microcontroladores utilizando proceso de 40nm).

Tiene las siguientes características:

- Admite lectura (obtener), almacenar (configurar), agregar (enviar), parche (actualizar) y eliminar datos
- Admite tipos de datos primitivos: entero, flotante, doble, booleano, cadena y JSON.
- Soporta BLOB y File Stream Data.
- Admite reglas de bases de datos de lectura y escritura.
- Admite ETag, Prioridad, Límites de datos, Marca de tiempo, Filtrado.
- Admite devoluciones de llamadas de eventos de transmisión

- Soporta múltiples rutas Stream (bajo el mismo nodo padre)
- Admite copia de seguridad y restauración de datos.
- Soporta Firebase Cloud Messaging.
- Admite el archivo de certificado de CA de SD y SPIFFS.
- Analizador y constructor JSON más fácil y no recursivo incorporado.

Esta biblioteca requiere ESP32 Core SDK versión 1.0.1 o superior.

Para Arduino IDE, ESP32 Core SDK se puede instalar a través de Boards Manager. ((Mobizt), 2019)

### **Wire.h**

Esta biblioteca le permite comunicarse con dispositivos I2C / TWI. En las placas Arduino con el diseño R3 (1.0 pinout), el SDA (línea de datos) y SCL (línea de reloj) están en los encabezados de pin cerca del pin AREF. El Arduino Due tiene dos interfaces I2C / TWI SDA1 y SCL1 que están cerca del pin AREF y el adicional está en los pines 20 y 21. (Arduino, 2019)

### **DHTesp.h**

Una biblioteca Arduino para leer la familia DHT de sensores de temperatura y humedad.

Bifurcado de arduino-DHT.

Original escrito por Mark Ruys, mark@paracas.nl .

Entre sus características están:

- Soporte para DHT11 y DHT22, AM2302, RHT03
- Modelo de sensor de detección automática
- Determinar el índice de calor
- Determinar el punto de rocío

- Determinar el confort térmico:
  - Función de confort empírica basada en perfiles de confort (líneas paramétricas)
  - Múltiples perfiles de confort posibles. Predeterminado basado en <http://epb.apogee.net/res/refcomf.asp> (Referencias no válidas)
  - Determine si hace demasiado frío, calor, humedad, sequedad, según el perfil de confort actual
  - Más información en Determinación del confort térmico utilizando un sensor de humedad y temperatura
- Determine la percepción humana en función de la humedad, la temperatura y el punto de rocío según Horstmeyer, Steve (15-08-2006). Humedad relativa, la temperatura del punto de rocío, un mejor enfoque (Giesecke, 2019)

### **SoftwareSerial.h**

La biblioteca SoftwareSerial se desarrolló para permitir la comunicación en serie en otros pines digitales del Arduino, utilizando software para replicar la funcionalidad (de ahí el nombre " SoftwareSerial "). Es posible tener múltiples puertos serie de software con velocidades de hasta 115200 bps. Un parámetro habilita la señalización invertida para dispositivos que requieren ese protocolo.

La versión de SoftwareSerial incluida en 1.0 y posteriores se basa en la biblioteca *NewSoftSerial* de Mikal Hart. (Arduino, 2019)

### **TinyGPS.h**

TinyGPS está diseñado para proporcionar la mayor parte de la funcionalidad GPS NMEA que imagino que un usuario de Arduino desearía (posición, fecha, hora, altitud, velocidad y rumbo) sin el gran tamaño que parece acompañar a cuerpos de código similares. Para mantener bajo el consumo de recursos, la biblioteca evita cualquier dependencia obligatoria de coma flotante e ignora todos los campos GPS clave, excepto algunos. (Hart, 2013)

Una vez concluida el proceso de programación, se procede a seleccionar a la tarjeta que se le subirá el programa en herramientas->placa->ESP32 Module, también seleccionando el puerto en el cual se encuentra.

Una vez listo todo el material necesario y conectado de manera correcta como muestra la Figura 4.26, se dará inicio a la creación del sketch necesario para que el controlador funcione. Para lo cual se diseñará un diagrama de flujo, con los principales pasos que deberá seguir. Con el cual se dio inicio a programar el código necesario para que el controlador funcione, teniendo como ayuda varios sketches que individuales de cada uno de los sensores.

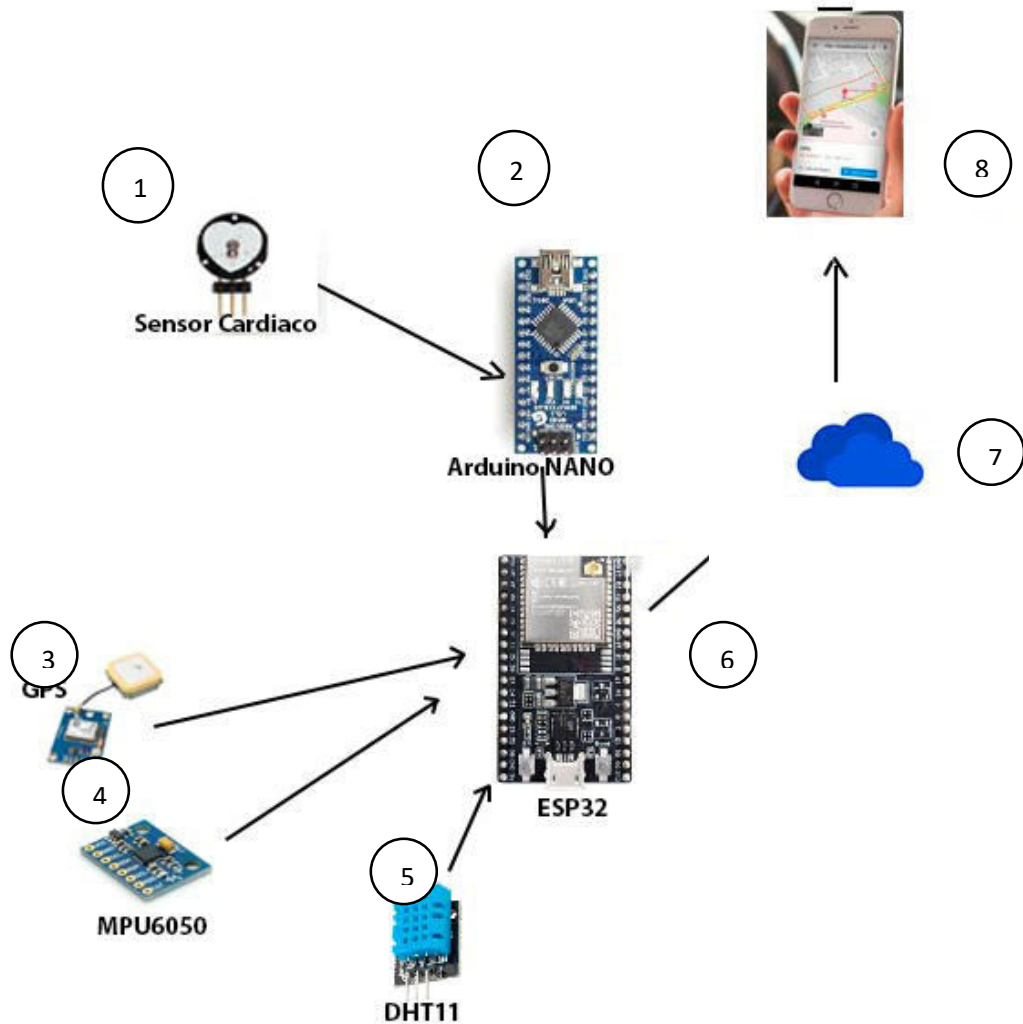


Figura 4.26 Esquema funcional del controlador

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describe las Etapas del esquema funcional del controlador:

1. Envía los datos analógicos del pulso cardiaco a 2, quien procesa la información.
2. Recibe los datos de 1, procesando y preparando los datos cuando 6 así lo pida.
3. Se conecta con los satélites GPS obteniendo los datos del mismo, una vez obtenidos los datos envía a 6 los datos cada segundo.
4. Obtiene la información de aceleración en los tres ejes coordenados, pero solo hará uso de dos, el plano horizontal los cuales envía a 6.
5. Realiza la medición de la temperatura y humedad del ambiente con los cual calcula otros parámetros como punto rocío, sensación térmica y estado del ambiente, los cuales envía a la etapa 6.
6. Se conecta a una red Wifi y recibe las informaciones de 2,3,4,5 los cuales los prepara para ser enviados a Firebase 7, cada cierto tiempo cada uno de ellos.
7. Recibe los datos del microcontrolador guardándolo en una base de datos, los cuales envía, a los dispositivos móviles 8.
8. Dispositivo Móvil que recibe información de la base de datos Firebase en tiempo real.

En la figura 4.27 el diagrama de flujo correspondiente a la funcionalidad del controlador

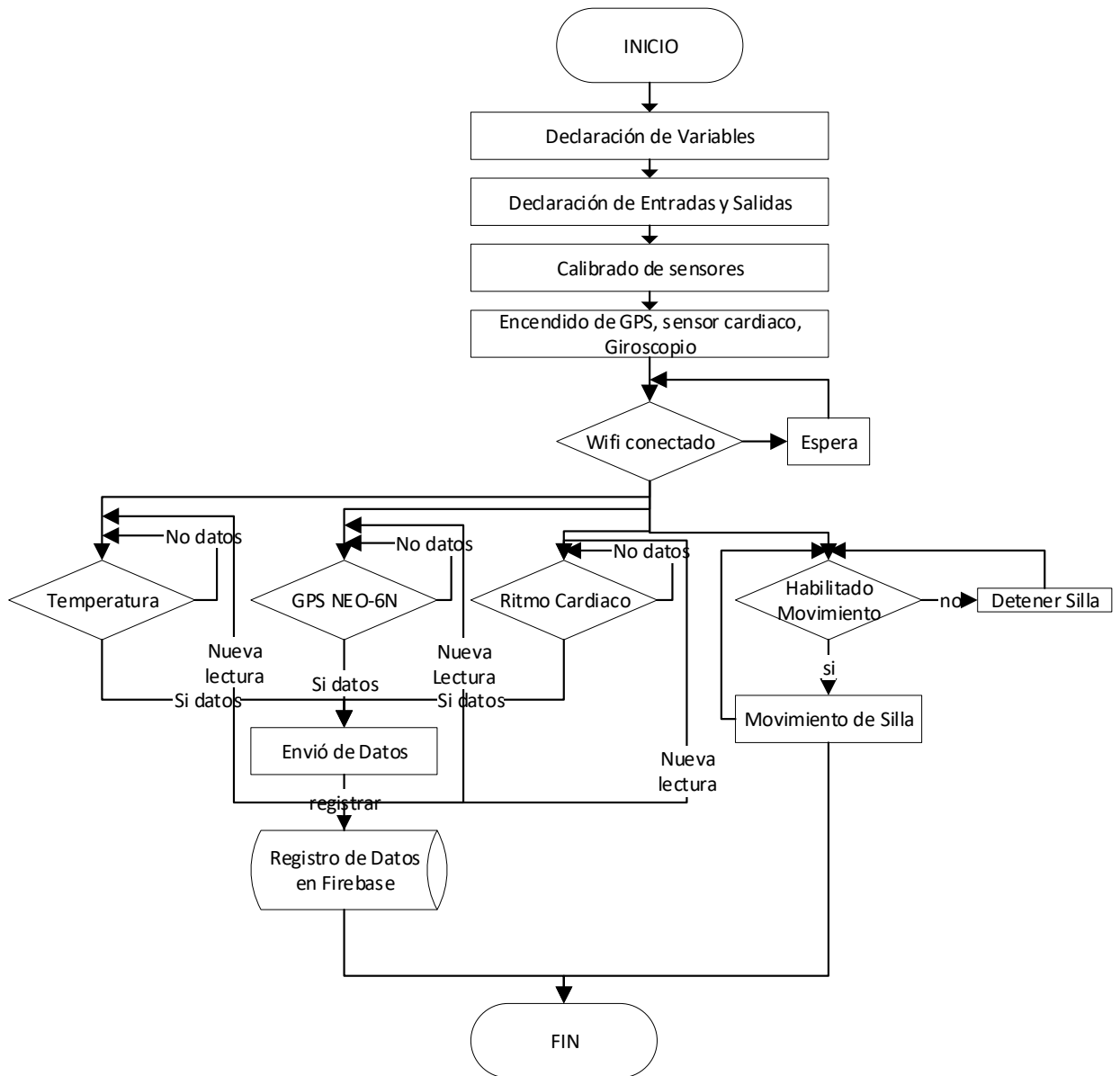


Figura 4.27 Diagrama de flujo correspondiente al controlador

Fuente: Elaboración propia

## **4.5 Desarrollo de la aplicación Móvil**

La aplicación Silla de Ruedas está desarrollada bajo la metodología Mobile-D, que es exclusivamente para desarrollo de aplicaciones móviles, tiene ciclos de desarrollo muy rápidos en equipos pequeños, la cual tiene 5 fases las cuales se desarrolló de acuerdo a las necesidades requeridas.

### **4.5.1 Fase de Exploración**

En esta fase se describe el caso de uso general de la aplicación, se describe también la planeación del desarrollo de la misma.

#### **4.5.1.1 Planeación del Desarrollo**

La Tabla 4.5 establece un plan de proyecto y conceptos básicos, en donde se define las principales características de la aplicación como ser, la definición de la plataforma móvil en la que se trabajara (Android), el objetivo de la aplicación móvil (Monitorear el ritmo cardiaco, la ubicación GPS y la temperatura ambiente de la Silla de Ruedas Automatizada), y lo más importante el nombre de la aplicación "Silla de Ruedas", ya que sin esta no empieza el proyecto, el nombre requerimiento para crear el proyecto en Android Studio.

Tabla 4.5  
*Plan de desarrollo de aplicación*

Tipo de Aplicación	Móvil
Requerimiento de la Aplicación (Plataforma)	Se implementará para el Sistema Operativo Android
Nombre de la Aplicación	Silla de Ruedas
Objetivo General de la Aplicación	Informar al familiar del Usuario de la Silla de Ruedas Automatizada, a cerca del ritmo cardiaco y la Ubicación GPS, así como la temperatura ambiente.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.1.2 Características de la Aplicación

La aplicación se implementará para el sistema operativo Android.

La aplicación móvil mostrara contenido, información de acuerdo al tema seleccionado.

La aplicación mostrará el ritmo cardiaco del usuario en tiempo real.

La aplicación mostrará la ubicación en tiempo real basada en GPS en Google Maps.

La aplicación contara con un acceso con correo electrónico con el cual se debe hacer el registro antes de ingresar a la misma.

La aplicación contara con una base de datos No SQL en Firebase.

#### 4.5.1.3 Diagrama de Caso de Uso

El caso de uso, muestra en el diagrama la interacción del usuario con el sistema, como se observa en la figura 4.28.



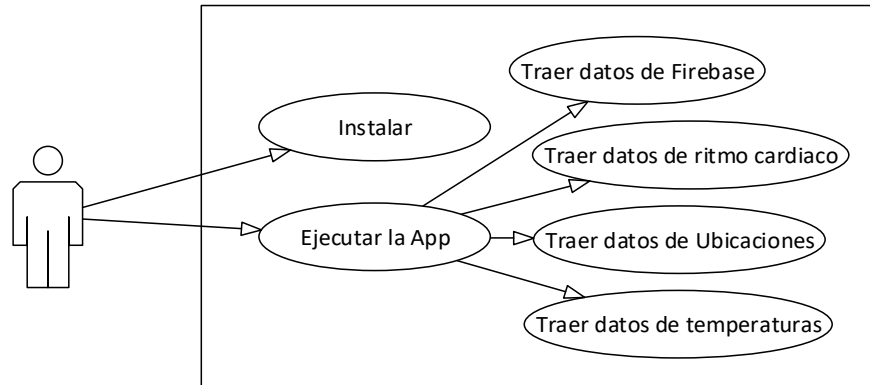


Figura 4.28 Caso de Uso Interacción usuario con el sistema

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.1.4 Diagrama de Actividades

El diagrama de actividades que se puede observar en la Figura 4.29, ayuda a visualizar cual es la función que ira cumpliendo cada actor en el sistema, El usuario instalará la aplicación, iniciará la aplicación, visualizará los accesos al Monitor Cardiaco, Ubicación y temperatura y Humedad, en cada selección de estas se despliega otra actividad donde tiene la opción de visualizar el historial del apartado.

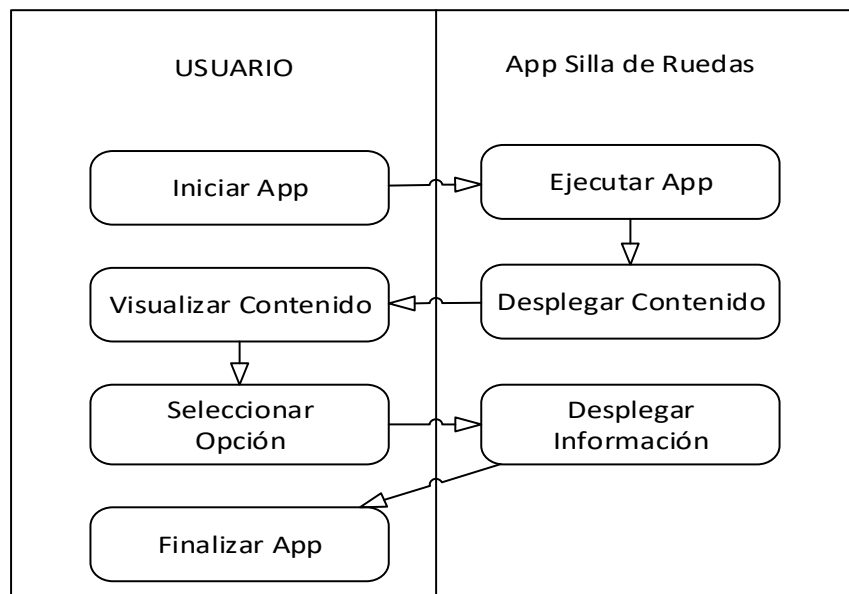


Figura 4.29 Diagrama de actividades del ciclo de la aplicación

Fuente: Elaboración propia

## 4.5.2 Fase Inicialización

En esta fase de inicialización se realiza la preparación, se define cuáles son los recursos y herramientas necesarios a utilizar para el desarrollo de la aplicación, se organiza en base a prioridades y dependencias, buscando la mayor reutilización de componentes que sea posible

### 4.5.2.1 Establecimientos de Recursos

De acuerdo a requerimientos de la aplicación se puede nombrar

Java JDK. - Primero, hay que recordar que el lenguaje de programación para el sistema operativo Android se trata de un sub lenguaje de Java llamado *Dalvik*, pese a que hoy en día se le conoce más por su aplicación en Android que por el propio lenguaje, por lo que comúnmente se le llama Android. Así pues, el JDK de Java es necesario para el desarrollo de nuestro proyecto.

Android Studio. - Es el entorno de desarrollo integrado oficial para la plataforma Android. Fue anunciado el 16 de mayo de 2013 en la conferencia Google I/O, y reemplazó a Eclipse como el IDE oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android. La primera versión estable fue publicada en diciembre de 2014.

### 4.5.2.2 Especificación de Módulos

Los módulos que se detallan en la Tabla 4.6, especifica los módulos que contendrá la aplicación.

*Tabla 4.6*  
*Especificación de Módulos*

<b>MÓDULO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Usuario	Permite el acceso al usuario a la App.
Principal	Muestra los accesos a los módulos monitoreados.
Monitor Cardíaco	Permite visualizar el monitoreo cardíaco y su historial del mismo.
Ubicación	Permite la visualización de la ubicación basada en GPS en Google Maps
Temperatura y Humedad	Permite la visualización de la temperatura, humedad, sensación térmica, punto rocío y el estado en el que se encuentra el ambiente en el lugar de la Silla de Ruedas automatizada, así como también su historial del mismo.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.3 Planeación del desarrollo

La planeación consiste en definir cuáles son los recursos necesarios en donde se planea las etapas. Se identifican los requerimientos más importantes en el proyecto, como se muestra en la Figura 3.5. El desarrollo de la aplicación sigue la metodología Mobile-D, de acuerdo a la estructura propuesta los requerimientos más importantes que inicialmente se han identificado para el sistema es: Usuario: El usuario requiere la información de la silla de ruedas automatizada constante en tiempo real el cual será enviada desde el servidor Firebase.

Tabla 4.7  
*Planificación de desarrollo de la aplicación*

<b>ITERACIÓN</b>	<b>No.</b>	<b>TAREA</b>
Diseño del interfaz de Usuario	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla Introductoria a la Aplicación</li> <li>• Pantalla Principal</li> <li>• Pantalla de Monitoreo cardiaco</li> <li>• Pantalla de Ubicación GPS</li> <li>• Pantalla de Temperatura y Humedad</li> <li>• Pantalla de Historial de Ubicaciones</li> <li>• Pantalla de Historial de Temperaturas</li> </ul>
Diagrama de Casos de Uso	2	Las funcionalidades mediante un diagrama general.
Conexión a la Base de datos Firebase	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear cuenta en Google para Utilizar Firebase</li> <li>• Crear un Proyecto para la App</li> <li>• Vincular Firebase a la App “Silla de Ruedas”</li> </ul>
Evaluación	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Despliega la Evaluación</li> <li>• Evalúa mientras la Silla de Ruedas Automatizada envía datos a Firebase</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.4 Sistema esqueleto o prototipo

Se realiza un prototipo base, el cual solo llega a ser un diseño la cual permite establecer las principales vistas para el Usuario, donde pueda obtener información actualizada de la silla de ruedas a cerca del Pulso Cardiaco del ocupante, asi como el lugar en el que se encuentra en la App de Google Maps y la temperatura ambiente en el que se encuentra el usuario de la Silla de Ruedas Automatizada.

En la figura 4.30 se muestra la pantalla de bienvenida a la aplicación Silla de ruedas.



*Figura 4.30* Diseño Splash de la App "Silla de ruedas"

Fuente: Elaboración propia

El ingreso a la App será controlado por el inicio de sesión la primera vez que se tenga el acceso.

A continuación, se describe la interfaz gráfica de la aplicación móvil

Interfaz menú Ingreso, la interfaz es el medio con que se puede comunicar el usuario el Smartphone y así mismo también comunicarse con el controlador, y para ello por seguridad se debe ingresar por medio de Login y ser verificado (ver figura 4.31).



Figura 4.31 Diseño de la interfaz menú Ingreso de la App “Silla de Ruedas”  
Fuente Elaboracion propia

Interfaz menú principal, es por donde se seleccionó a que medio ingresaran para realizar la monitorización (ver figura 4.32).

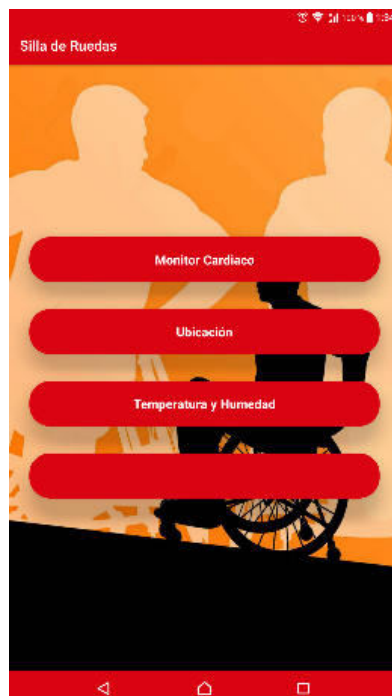


Figura 4.32 Diseño de la interfaz menú Principal de la App “Silla de Ruedas”  
Fuente: Elaboración propia

Interfaz ritmo cardiaco, nos mostrara la situación actual del ritmo cardiaco en tiempo real, mostrando un historial de los días pasados registrados (ver figura 4.33).



Figura 4.33 Diseño de la interfaz Ritmo Cardiaco de la App “Silla de Ruedas

Fuente: Elaboración propia

Interfaz posicionamiento global, muestra la ubicación empleando Google Maps. Para ubicarlo incluso respecto a nuestra posición para poder realizar el seguimiento, así como también el historial de ubicaciones anteriores (ver figura 4.34).

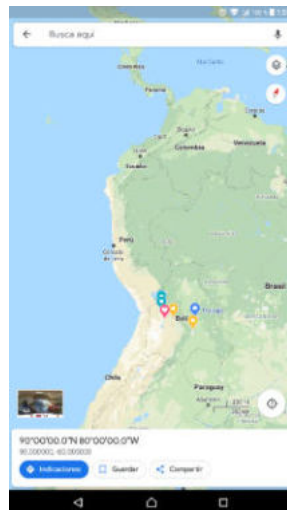


Figura 4.34 Diseño de la interfaz Localización GPS de la App “Silla de Ruedas

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2.5 Base de datos Firebase

Todos los datos de *Firestore Realtime Database* se almacenan como objetos JSON. La base de datos puede conceptualizarse como un árbol JSON alojado en la nube. A diferencia de una base de datos de SQL, no hay tablas ni registros. Cuando se agregan datos al árbol JSON, estos se convierten en un nodo de la estructura JSON existente con una clave asociada.

La siguiente es la estructura que tendrá la base de datos en Firebase, en donde se poblará con datos de la Silla de Ruedas Automatizada ver figura 4.35.

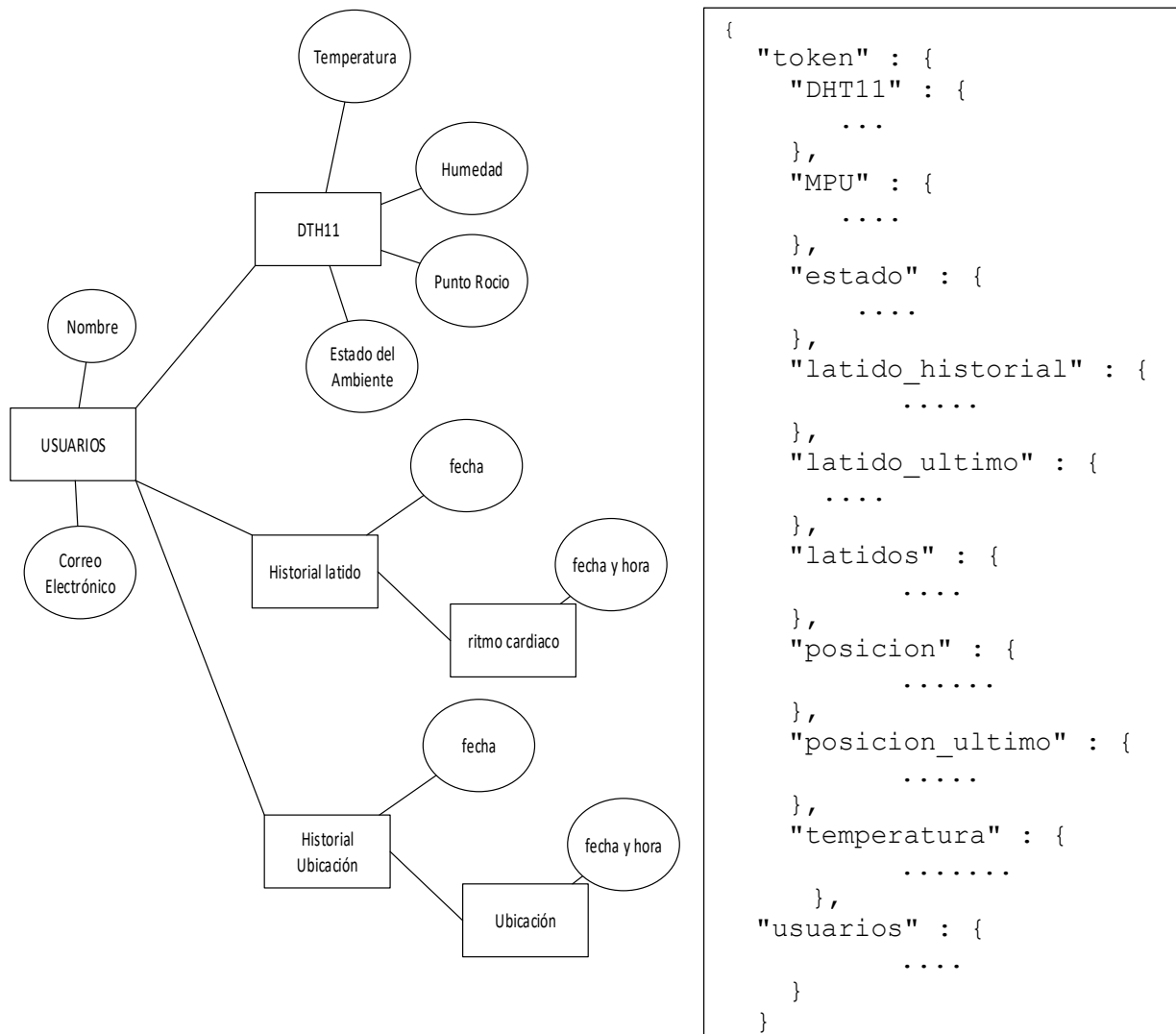


Figura 4.35 Diagrama de base de datos

Fuente: Elaboración propia



### 4.5.3 Fase Producción

Siguiendo la metodología de desarrollo propuesta y enmarcados a la estructura Mobile-D se repite iterativamente el ciclo de planificar, desarrollar y liberar hasta completar todas las funcionalidades del proyecto que recomienda iteraciones que corresponden a planificación, trabajo y publicación siguiendo esa lógica a continuación descripción de cada iteración y lo que se desea obtener en cada una de ellas

### 4.5.4 Fase Estabilización

En esta fase se integran todos los módulos desarrollados en cada iteración y conseguir la integración de la aplicación estable, funcional y final, como se muestra en la figura 4.36.

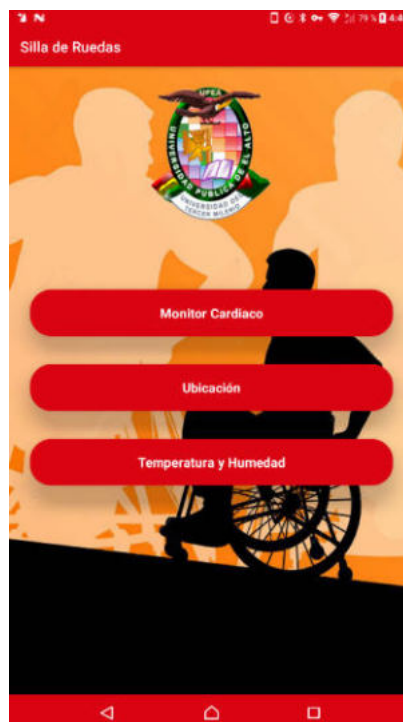


Figura 4.36 Vista app Silla de ruedas, menú principal

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.5 Fase Prueba del sistema

En esta última fase del modelo Mobile-D, se busca entregar una versión completamente estable y funcional del sistema, se compara y prueba el programa contra los requisitos del usuario y se corrigen todos los defectos encontrados.

##### 4.5.5.1 Pruebas de dispositivos

La implementación de la aplicación en el dispositivo móvil se asemeja al resto de aplicaciones. Para realizar esta prueba se contempló pruebas con diferentes dispositivos que se detallan en la tabla 4.8.

*Tabla 4.8*  
*Pruebas de la App en diferentes dispositivos*

<b>Dispositivo</b>	<b>Versión de Android</b>
Sony Xperia Z3	6.0
Sony Xperia V	4.3
Sony Xperia Z5	7.1.1
Samsung Galaxy Pocket Neo	4.4.2

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la orientación del dispositivo y su reacción a los cambios, lleva la ventaja el dispositivo que cuenta con mayor resolución y se percibe mayor visualización en las gráficas.

##### 4.5.5.2 Pruebas de Calidad de Software

Unas de las vías más importantes para determinar el estado de la calidad de un producto de software es el proceso de pruebas. Estas están dirigidas a componentes del sistema en su totalidad, con el objetivo de medir el grado en que cumple con los requerimientos. En ellas se usan casos de prueba, especificados de forma estructurada mediante técnicas.

La prueba es una actividad fundamental en muchos procesos de desarrollo, incluyendo el del software. Estas permiten detectar la presencia de errores que pudieran generar las entradas o salidas de datos y comportamientos inapropiados durante su ejecución.

Dentro de las actividades que se practican para obtener un software con la madurez necesaria están:

Revisiones: consiste en que cada integrante del equipo de desarrollo revisa el producto que va generando.

Inspecciones: revisión de cada producto por parte de colegas.

Validaciones: es el cliente quien revisa el producto para decir si cumple con sus necesidades.

Esta definición implica que se considera una prueba exitosa si se demuestran deficiencias en el software. Las fallas pueden ser en el código o en el modelado, en dependencia del tipo de pruebas que se le apliquen al software.

Se distinguen pruebas técnicas y pruebas funcionales. Las pruebas técnicas son la responsabilidad de los ingenieros de software que han desarrollado el producto, pero estos ingenieros en ocasiones deben hacerse cargo de las pruebas funcionales.

## **PRUEBA DE LA CAJA NEGRA**

En este caso se utiliza el método de prueba basado en grafos donde el primer paso es entender los objetos que se modelan en el software, las relaciones que conectan a estos objetos.

### **CASO DE PRUEBA 1**

En esta prueba se utilizará el ingreso a Login, en el cual el usuario debe acceder a la App Android "Silla de Ruedas". Se accede a esta información siguiendo el flujo de grafos.

El la figura 4.37 se muestra el flujo de grafos

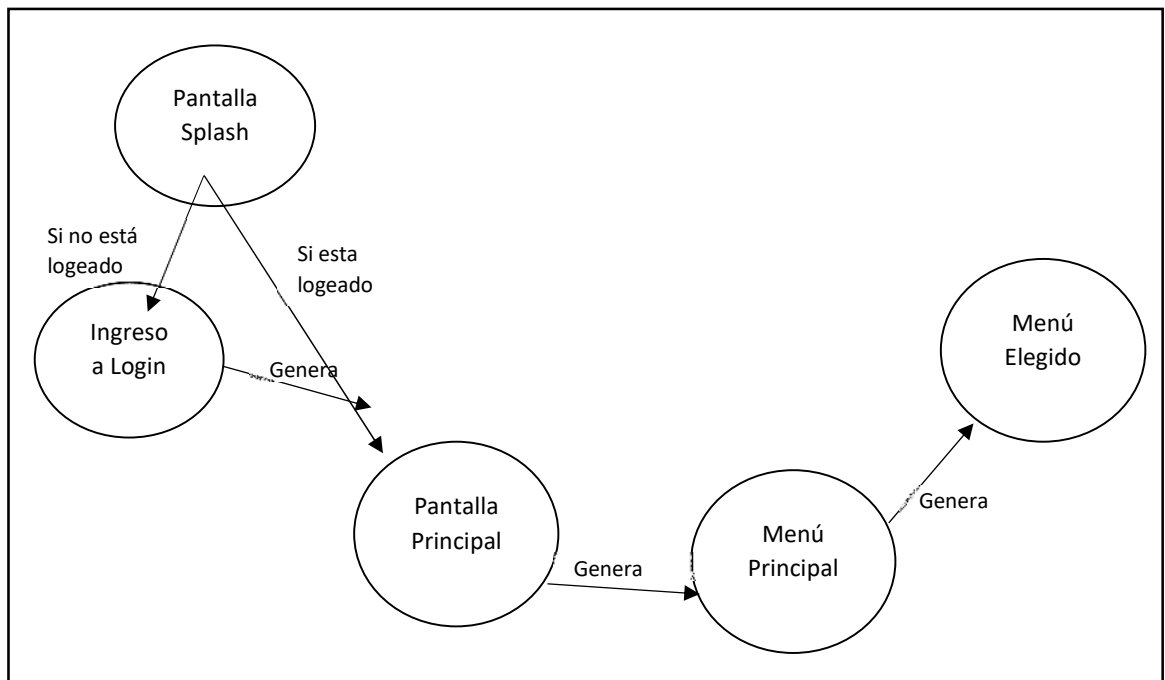


Figura 4.37 Caso de Prueba 1

Fuente: Elaboración propia

## CASO DE PRUEBA 2

El caso a realizar la prueba del ritmo cardiaco, el usuario realiza el seguimiento cardiaco del ocupante de la silla de Ruedas. Se accede a esta información siguiendo el flujo de grafos de la figura 4.38.

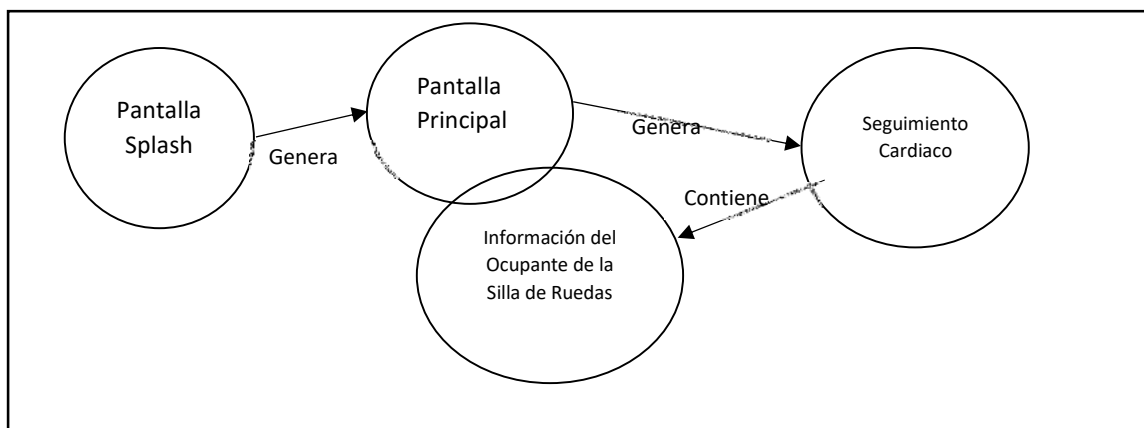


Figura 4.38 Caso de prueba 2

Fuente: Elaboración propia

### CASO DE PRUEBA 3

El usuario accede a la Ubicación de la Silla de Ruedas, para esto debe habilitarse el GPS del dispositivo. Se accede a esta información siguiendo el flujo de grafos de la siguiente figura 4.39.

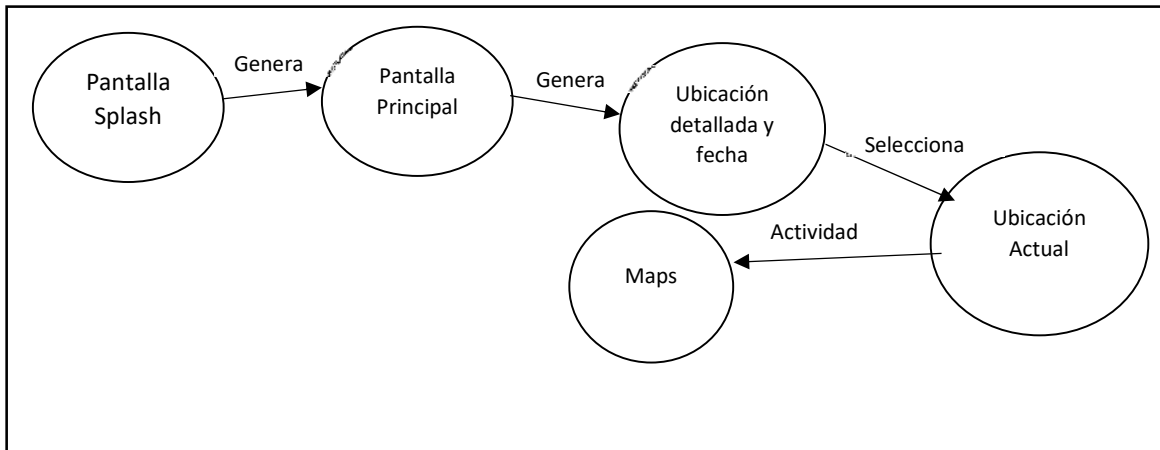


Figura 4.39 Caso de prueba 3

Fuente: Elaboración propia

### CASO DE PRUEBA 4

El usuario accede a la Ubicación de la Silla de Ruedas, para conocer la distancia que existe entre el que hace seguimiento y la silla de rueda. Se accede a esta información siguiendo el flujo de grafos de la siguiente figura 4.40.

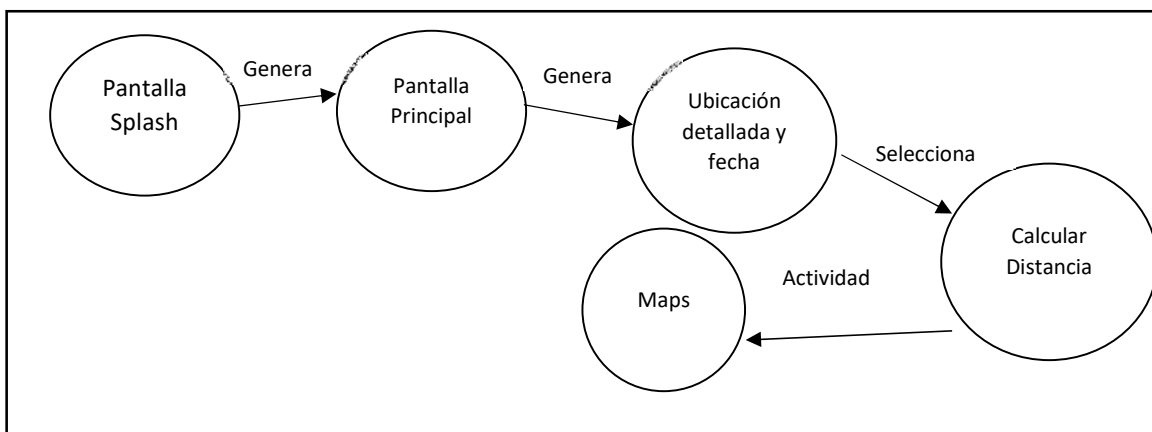


Figura 4.40 Caso de prueba 4

Fuente: Elaboración propia

## CASO DE PRUEBA 5

El usuario al acceder a la App “Silla de Ruedas” e ingresar a Temperatura y Humedad del ambiente en el cual se encuentra la misma. Se accede a esta información siguiendo el flujo de grafos de la siguiente figura 4.41.

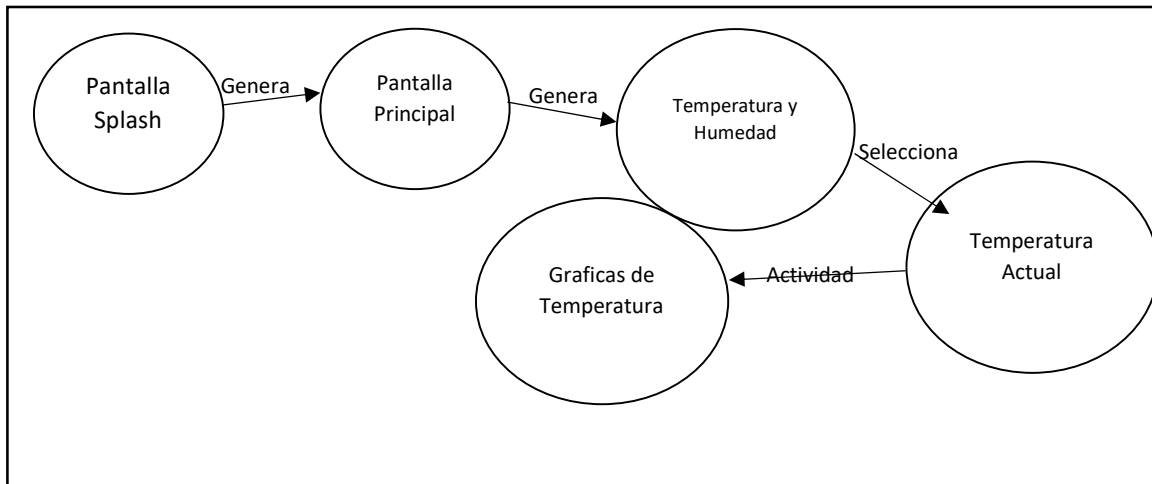


Figura 4.41 Caso de uso 5

Fuente: Elaboración propia

## PRUEBAS DE CAJA BLANCA

También suelen ser llamadas estructurales o de cobertura lógica. En ellas se pretende investigar sobre la estructura interna del código, exceptuando detalles referidos a datos de entrada o salida, para probar la lógica del programa desde el punto de vista algorítmico.

Realizan un seguimiento del código fuente según se va ejecutando los casos de prueba, determinándose de manera concreta las instrucciones, bloques, que han sido ejecutados por los casos de prueba.

Se realizará estas pruebas de Camino Básico en los módulos más importantes como el módulo *Splash* y *Principal* donde se encuentran condicionales de ingreso y verificación de notificaciones.

- Verificación del módulo Login el cual permite decidir si el usuario esta autenticado o no, para poder ingresar a las demás vistas (ver figura 4.42), para lo cual el Sistema de Autenticación de Google Firebase nos devuelve un identificador único.

```

new Handler().postDelayed(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        Log.e("HILO: ","entrando");

        if(usserFirebase != null){
            inLine=true;
            Log.e("FIREBASE :"," Ingresado a Firebase "+usserFirebase.getUid());
            IDUser = usserFirebase.getUid();
            startActivity(newIntent(Initial.this,Principal.class),
            ActivityOptionsCompat.makeSceneTransitionAnimation(Initial.this).toBundle());
        }else{
            IDUser = "XN";
            inLine=false;
            Log.e("FIREBASE :", "Desconectado de Firebase ");
            startActivity(newIntent(Initial.this,Login.class),
            ActivityOptionsCompat.makeSceneTransitionAnimation(Initial.this).toBundle());

        }
    }
}, 3000);

```

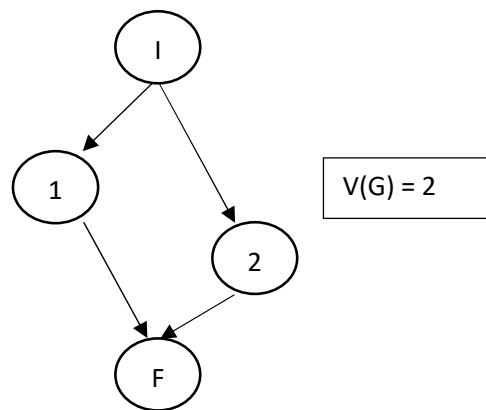


Figura 4.42 Verificación estado login

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.9 se muestra los caminos y la validación de datos del módulo login

Tabla 4.9

*Verificación estado login*

<b>CAMINO</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>SALIDA</b>
I - 1 - F	usserFirebase = USER1	IDUser=1
I - 2 - F	usserFirebase = null	IDUser=null

Fuente: Elaboración propia

- El siguiente estudio se realiza en el módulo principal de ingreso donde se realiza la verificación para Notificación de Emergencia de silla posición inadecuada, cuando este por alguna razón se encuentra caído de costado.

```

if(value.equals("Emergencia")){
    NotificationCompat.Builder mBuilder = new NotificationCompat.Builder(Principal.this);
    mBuilder.setLargeIcon((((BitmapDrawable)getResources().getDrawable(R.mipmap.ic_launcher)).getBitmap());
    mBuilder.setSmallIcon(R.mipmap.ic_launcher);
    mBuilder.setContentTitle("MENSAJE DE ALERTA SILLA");
    mBuilder.setContentText("La Silla de Ruedas no se encuentra en posición adecuada");
    mBuilder.setSound(RingtoneManager.getDefaultUri(RingtoneManager.TYPE_RINGTONE));
    mBuilder.setOngoing(true); // <-- esto hace la notificacion permanente
    mBuilder.setColor(Color.argb(1,255,0,0));
    mBuilder.setVibrate(new long[] { 1000, 1000, 1000, 1000, 1000 });

    Intent notificationIntent = new Intent(Principal.this, Principal.class); //<-- La clase que se abra al
    hacer click en la notificacion
    notificationIntent.setFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_SINGLE_TOP | Intent.FLAG_ACTIVITY_CLEAR_TOP
    | Intent.FLAG_ACTIVITY_PREVIOUS_IS_TOP | Intent.FLAG_ACTIVITY_NO_HISTORY);

    PendingIntent resultPendingIntent = PendingIntent.getActivity(Principal.this, 0, notificationIntent, 0);
    //<-- creas un Pending intent con lo asignado en el intent
    mBuilder.setContentIntent(resultPendingIntent); //<-- agregas el pendindIntent a tu notificacion
    NotificationManager notificationManager=(NotificationManager)
    getSystemService(Context.NOTIFICATION_SERVICE);

    mNotificationManager.notify(1, mBuilder.build()); // <-- muestras la notificacion
    vibrator = (Vibrator) getSystemService(Context.VIBRATOR_SERVICE);
    vibrator.vibrate(500);
}

NotificationManager notificationManager =
((NotificationManager)getSystemService(Context.NOTIFICATION_SERVICE));
notificationManager.cancelAll();
}
    
```



En la figura 4.43 se muestra el camino y la validación de datos de la posición inadecuada de la silla de ruedas

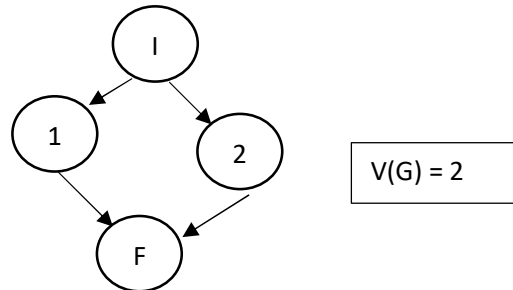


Figura 4.43 Verificación silla de ruedas en posición inadecuada

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.10 se muestra los datos de entrada, salida, el camino y la validación de datos de la posición inadecuada de la silla de ruedas.

Tabla 4.10  
Verificación silla de ruedas en posición inadecuada

CAMINO	ENTRADA	SALIDA
I - 1 - F	Value=Emergencia	Notificación Creada
I - 2 - F	Value=Normal	Notificación Eliminada

Fuente: Elaboración propia

- La siguiente prueba también se realiza en el módulo principal para la verificación de Notificación en la aplicación de pulso cardiaco fuera de límites donde el pulso no es considerado normal.

En la figura 4.44 se muestra el camino y la validación de datos del módulo de pulso cardiaco.

```

public void onDataChange(@NonNull DataSnapshot dataSnapshot) {
    1 int v = dataSnapshot.getValue(int.class); 2
    if(v<60 || v>100){
        NotificationCompat.Builder mBuilder = new NotificationCompat.Builder(Principal.this);
        mBuilder.setLargeIcon((((BitmapDrawable)getResources().getDrawable(R.mipmap.ic_launcher)).getBi
        tmap()));
        mBuilder.setSmallIcon(R.mipmap.ic_launcher);
        mBuilder.setContentTitle("ALERTA RITMO CARDIACO A '"+v+"' Lat/min");
        mBuilder.setContentText("El ritmo cardiaco del usuario no se encuentra en un rango
        normal, revise urgente...");
        mBuilder.setSound(RingtoneManager.getDefaultUri(RingtoneManager.TYPE_RINGTONE));
        mBuilder.setOngoing(true); // <-- esto hace la notificacion permanente
        mBuilder.setColor(Color.argb(1,255,0,0));
        mBuilder.setVibrate(new long[] { 1000, 1000, 1000, 1000, 1000 });
        Intent notificationIntent = new Intent(Principal.this, Principal.class);
        notificationIntent.setFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_SINGLE_TOP
        Intent.FLAG_ACTIVITY_CLEAR_TOP | Intent.FLAG_ACTIVITY_PREVIOUS_IS_TOP |
        Intent.FLAG_ACTIVITY_NO_HISTORY);
        PendingIntent resultPendingIntent = PendingIntent.getActivity(Principal.this, 0,
        notificationIntent, 0); //<-- creas un Pending intent con lo asignado en el intent
        mBuilder.setContentIntent(resultPendingIntent);
        NotificationManager mNotificationManager = (NotificationManager)
        getSystemService(Context.NOTIFICATION_SERVICE);
        mNotificationManager.notify(1, mBuilder.build());
    3 }else{
        NotificationManager notificationManager =
        ((NotificationManager)getSystemService(Context.NOTIFICATION_SERVICE));
        notificationManager.cancelAll();
    }}

```

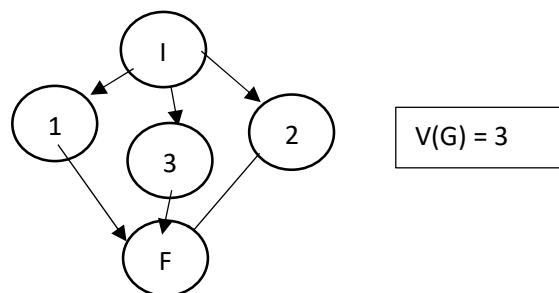


Figura 4.44 Verificación del módulo pulso cardiaco

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11 se muestra el camino y la validación de datos tanto de entrada como de salida del módulo de pulso cardiaco.

Tabla 4.11  
*Verificación de pulso cardiaco*

<b>CAMINO</b>	<b>ENTRADA</b>	<b>SALIDA</b>
I - 1 - F	V=40	Notificación de Pulso Bajo
I - 2 - F	V=120	Notificación de Pulso Alto
I - 3 - F	V=75	Elimina Notificación

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.5.3 Requerimientos Funcionales

- La Aplicación debe mostrar los datos del Usuario de la Silla de Ruedas Automatizada en cuanto a su ritmo cardiaco y su posición GPS en Google Maps
- Debe contar con historial de su ritmo cardiaco y su localización GPS
- Debe contar adicionalmente con la temperatura ambiente de la silla de Ruedas Automatizada para conocer cómo se encuentra el ambiente.

## 5 RESULTADOS

En este capítulo se realiza la prueba de hipótesis planteada, realizando el análisis de los resultados obtenidos de los diferentes casos de prueba, los cuales contrastan los resultados de las pruebas de iteración descritas en la fase de pruebas.

### 5.1 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

La recolección de datos se realiza en el momento de la prueba por parte de Usuario que sufren de alguna discapacidad motora.

La evaluación se lo realiza en un ambiente libre donde pueden desenvolverse libremente, realizando el manejo de la Silla de Ruedas Automatizada.

Primeramente, se realiza la capacitación necesaria, para la manipulación de la misma que dura aproximadamente 10 minutos que consta de la manipulación de la silla (ver figura 5.1) y la App “Silla de Ruedas” (ver figura 5.2), a partir del cual el usuario y familiar es capaz de hacer seguimiento.



*Figura 5.1* Capacitación usuario silla

Fuente: Elaboración propia



Figura 5.2 Capacitación acompañante del usuario

Fuente: Elaboración propia

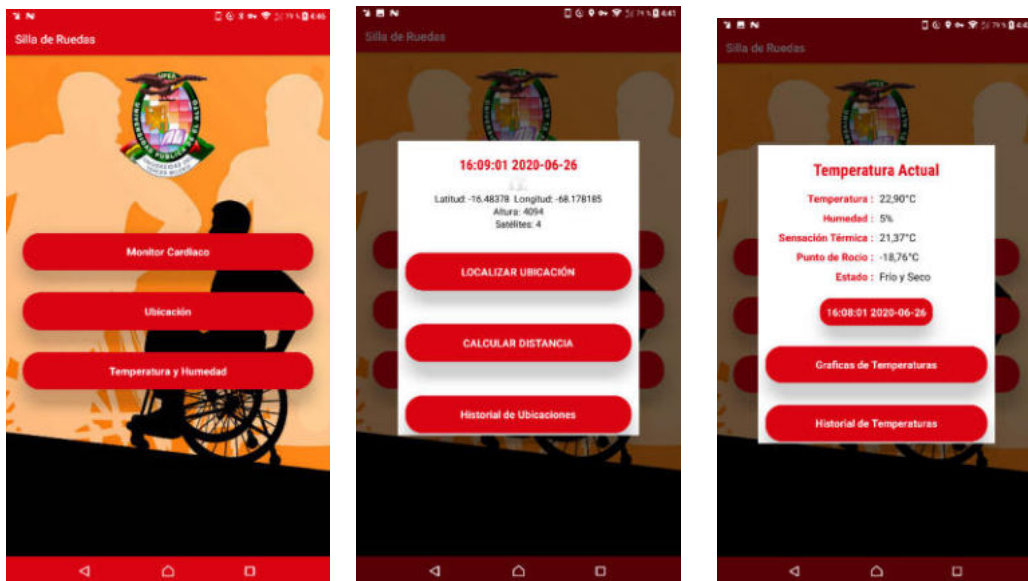
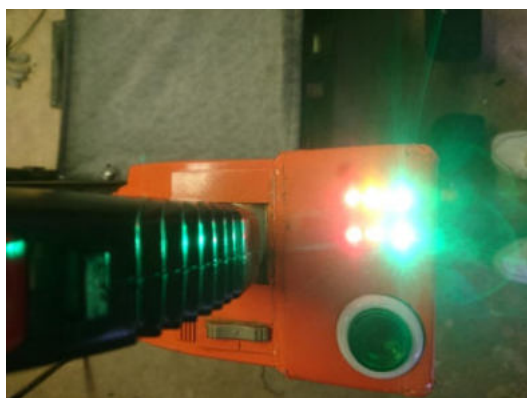


Figura 5.3 Vista de la aplicación

Fuente: Elaboración propia

Primeramente, se verifica el estado de las baterías con los medidores incluidos en el panel frontal como se ven en la figura 5.4l.



*Figura 5.4* Vista del panel, estado de baterías

Fuente: Elaboración propia

Se procede a avanzar en línea recta y girar a los costados derecho e izquierdo (ver figura 5.5), mientras el familiar hace el seguimiento desde la App para saber el estado cardiaco de la persona y conocer la ubicación precisa en Google Maps, así también la temperatura ambiente del lugar.



*Figura 5.5* Prueba de locomoción Usuario 1

Fuente: Elaboración propia

Mientras se hace el seguimiento al usuario de la Silla de Ruedas, este realiza la manipulación trasladándose de un lugar a otro, probando las características que se dispone en la misma (ver figura 5.6 y 5.7).



*Figura 5.6* Prueba de locomoción usuario 2

Fuente: Elaboración propia



*Figura 5.7* Prueba de locomoción usuario 3

Fuente: Elaboración propia

Para verificar nuestra hipótesis se tomó varias muestras para la prueba de la hipótesis mediante la evaluación mencionada en el Anexo D para el funcionamiento del sistema y el prototipo de la silla de ruedas como se muestra en las siguientes tablas de evaluación.

## 5.2 DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

A continuación, se presenta el desarrollo de las pruebas y el análisis del cumplimiento de los requerimientos, dando lugar a la prueba de la hipótesis planteada y por tanto el cumplimiento de los objetivos planteados.

En resumen, de una evaluación de 250 muestras obtenidas en los casos de prueba realizada se muestra en la tabla 5.1 los siguientes resultados:

Tabla 5.1  
*Datos de evaluación de los casos de prueba*

	Reprobado	Aprobado	Muy bueno
Manipulación del prototipo	3 %	66.1 %	30.9 %
Nivel de Autonomía del usuario	3 %	58.4 %	38.6 %
Independencia del Usuario	15.1 %	55.8 %	29.1 %
Total, Promedio	6.7 %	60.1 %	33.2 %

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.2 se muestra los valores de aprobación en porcentaje, tomando en cuenta aprobado y muy bueno como aceptados.

Tabla 5.2  
*Valores de aprobación en porcentajes*

	CANTIDAD	PORCENTAJE
Pruebas Aceptadas	233	93.3 %
Pruebas Reprobadas	17	6.7 %
Pruebas Totales	250	100 %

Fuente: Elaboración propia



Para demostrar la hipótesis se utilizará la Distribución Normal o Gaussiana, la cual frecuentemente utilizada en las aplicaciones estadísticas. Su propio nombre indica su extendida utilización, justificada por la frecuencia o normalidad con la que ciertos fenómenos tienden a parecerse en su comportamiento a esta distribución

Como es notable tenemos un elevado porcentaje de éxito de 93.3%.

La hipótesis planteada es:

*H1: El diseño y la construcción del prototipo de una silla de ruedas automatizada con monitoreo cardíaco y localización GPS (Global Positioning System), proporcionará una mayor autonomía en el desarrollo de actividades diarias a una persona con discapacidad motora de manera más segura.*

H0: Se rechaza H1

Ahora para que tenga valides se debe demostrar que el porcentaje de éxitos sea igual o mayor a 93%, tomando un nivel de significancia del 5%, el cual establece el límite de la región de rechazo, por tanto la hipótesis nula en un estudio se rechaza cuando el valor p asociado a la prueba estadística utilizada para contrastar la hipótesis, es inferior al valor alfa establecido por el investigador (valor  $p < \text{nivel de significancia}$ ). De lo que podemos inferir que valores altos de la significancia observada constituyen evidencia a favor de la hipótesis nula, valores “bajos” apoyan la hipótesis alterna.

$$H_1: P_0 \geq 0.93$$

$$H_0: P_1 < 0.93$$

### **5.3 Evaluación de resultados**

Para determinar si el porcentaje de éxitos obtenido en las pruebas puede ser considerado cercano al 93% de nivel de confianza esperado, se hará uso de una Prueba de Hipótesis para Proporciones.

Las variables usadas en dicha prueba serán las mismas mencionadas en la evaluación de casos de prueba:

$p_0 = 0.93$

$X = 233 \Rightarrow$  número de pruebas aprobadas

$n = 250 \Rightarrow$  número total de pruebas

$\alpha = 0.5 \Rightarrow$  nivel de significancia

### Determinación de la región crítica

En la figura 5.8 se determina la región crítica para la hipótesis planteada, la cual es la siguiente:

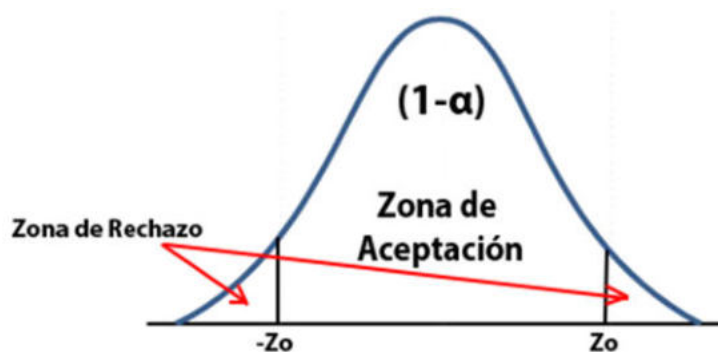


Figura 5.8 Región Crítica zona de Aceptación

Fuente: Elaboración propia

Como  $n$  se refiere en este caso al número de pruebas, en este caso 250, el punto crítico a usar es  $-Z_0$  y se determina mediante:

$$-Z = -Z_{(1-\alpha)} = -Z_{(1-0.05)}$$

Para obtener el valor de  $Z$  se debe recurrir a la Tabla de la función de Distribución Normal (ver Anexo H), a continuación, se elige el valor más cercano a 0.95, el cual está ubicado en la fila 1.6 y columna 0.04

El valor de  $z$  se obtiene sumando ambos valores:

$$-Z = -(1.6 + 0.04) = -1.64$$

### Cálculo estadístico de la prueba

Como se conoce el número total de pruebas el valor estadístico de la prueba se obtiene mediante la fórmula.

$$Z = \frac{X - n * p_0}{\sqrt{n * p_0(1 - p_0)}}$$

Reemplazando los valores y haciendo los cálculos correspondientes obtenemos:

$$Z = \frac{233 - 250 * 0.93}{\sqrt{250 * 0.93(1 - 0.93)}}$$

$$Z = 0.12$$

Por lo tanto, en la figura 5.10 se tiene:

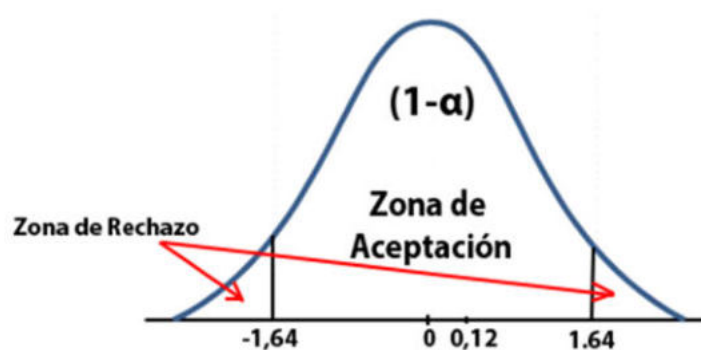


Figura 5.9 Distribución Z para la toma de decisión

Fuente: Elaboración propia

El promedio de éxito del prototipo al momento de reconocer las muestras se acerca al 93%.

Por tanto, como se acepta H1 se podría concluir y afirmar la hipótesis:

*H1: El diseño y la construcción del prototipo de una silla de ruedas automatizada con monitoreo cardíaco y localización GPS (Global Positioning System), proporcionará una mayor autonomía en el desarrollo de actividades diarias a una persona con discapacidad motora de manera más segura.*

## 5.4 COSTO DEL PROTOTIPO

Realizando un análisis de software en Cocomo II, podemos observar el costo del mismo en la figura 5.11, tomaremos el costo óptimo.

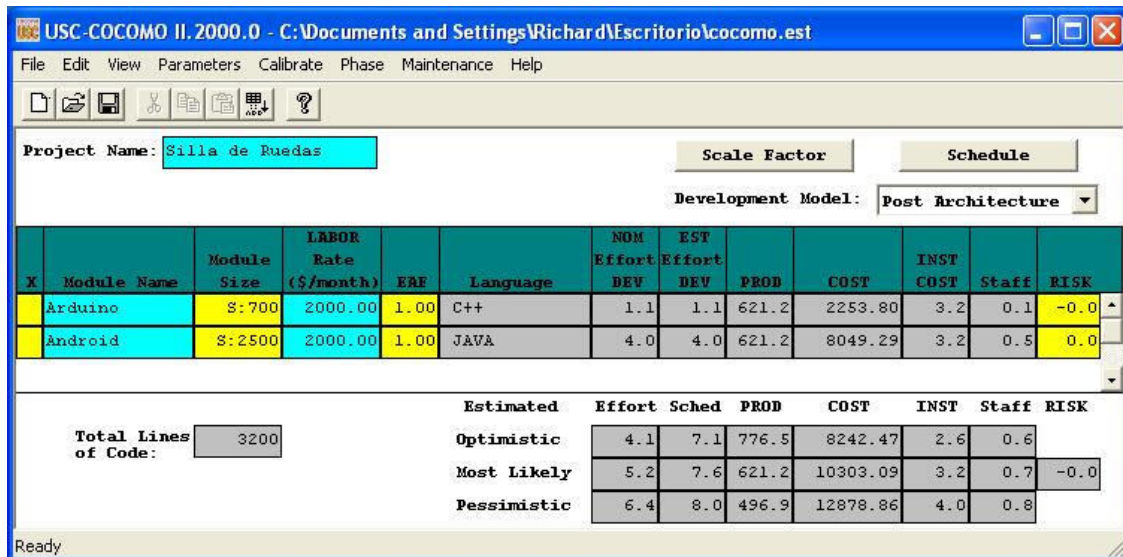


Figura 5.10: Calculo de costos Cocomo II

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.3 se muestran los costos de materiales de la parte mecánica del prototipo de silla de ruedas automatizada con monitoreo cardiaco y localización GPS

Tabla 5.3  
Materiales parte Mecánica

Componente	Cantidad	P.U.	P. total
Ruedas	2	40	80
Ruedas de Castor	2	90	180
Acoples	2	6	12
Estructura base	1	250	250
Estructura silla	1	300	300
tornillos	8	2	16
Abrazadera	1	6	6
Total			844

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.4 se muestran los costos de materiales de la parte eléctrica del prototipo de silla de ruedas automatizada con monitoreo cardiaco y localización GPS.

Tabla 5.4  
*Materiales parte Electrónica*

Componente	Cantidad	P.U.	Total
Motorreductores	2	800	1600
Arduino uno	1	70	70
Arduino nano	1	65	65
ESP32	1	100	100
Baterías	4	180	720
Modulo BTS 6790	2	120	240
Modulo Neo 6	1	150	150
Joystick	1	50	50
Modulo cardiaco	1	50	50
resistencias	30	0,5	15
diodos	6	1	6
leds	10	1	10
transistores	6	1,5	9
switch	1	2	2
regulador de voltaje	1	2,5	2,5
pulsadores	1	8	8
Cables	1	40	40
Total			3137,5

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.5 se muestran los costos de ingeniería del prototipo de silla de ruedas automatizada con monitoreo cardiaco y localización GPS

Tabla 5.5  
*Costo de Ingeniería*

Componente	P total
Diseño electrónico	500
Software	8242
implementación del sistema	500
	9242

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla 5.6 se detalla los gastos totales

Tabla 5.6  
*Costo total*

Detalle	costo
Materiales para la estructura mecánica	844
Materiales para la estructura electrónica	3137,5
costo de ingeniería	9242
total	13223.5

Fuente: Elaboración propia

El costo del prototipo silla de ruedas automatizada con monitoreo cardiaco y localización GPS basado en internet de las cosas se evalúa en 13223.5 Bs,

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- Actualmente existen diversos tipos de sillas de ruedas con diferentes funcionalidades, pero en nuestro contexto la ciudad de El Alto la mayor parte de las personas valoran la parte económica que las funcionalidades y prestaciones que ofrecen el mercado de las sillas de ruedas.
- Analizando los requerimientos de las personas con discapacidad motora, se observa que ellos están restringidos de ciertas actividades y traslados a otros sitios porque carecen de cierta autonomía para poder hacerlas.
- En el mercado actual existen variedad de controladores, sensores, actuadores los cuales pueden ser empleados para facilitar la vida de las personas, pero en algunos casos como motores específicos aun es difícil adquirirlos en nuestro medio en especial de ciertos valores requeridos.
- Idealmente al programar ciertos aspectos en el manejo de los motores, no siempre son exactos en la realidad esto se debe a ciertas perturbaciones existentes los cuales deben ser corregidos realizando pruebas y error.
- En la utilización de Google Maps para la ubicación de la persona que utiliza la Silla de Ruedas automatizada, tenemos ciertas limitaciones al usar la demostración, el cual se puede reemplazar en Android utilizando la App nativa de Google Maps.
- El Sistema operativo Android es muy extendido en el uso, lo cual facilita bastante con las librerías que ayudan de gran manera en el desarrollo de la App, así como también Google Firebase el cual permite la comunicación entre dispositivos en tiempo real.
- Por tanto, se concluye que el prototipo de Silla de ruedas Automatizada con monitoreo cardíaco y localización GPS bajo la plataforma de Internet de las cosas tiene un grado alto en la mejoría del desenvolvimiento de actividades diarias de una persona con discapacidad motora.

## 6.2 Recomendaciones

- En el manejo de señales analógicas como el monitoreo cardiaco, es preferible hacerlo desde un controlador independiente, esto para evitar perturbaciones externas de señales parasitas que interfieren en las lecturas los cuales pueden mostrarnos errores en las mismas.
- Para mejorar la potencia de motores es recomendable usar materiales más ligeros posibles para disminuir la carga y evitar el sobreesfuerzo a los motores y aprovechar al máximo la capacidad de los mismos.
- Se recomienda investigar otras posibilidades para el control de locomoción de las personas con discapacidad puesto que algunas personas tienen limitaciones en las extremidades superiores.
- En el uso de sensores cardiacos se recomienda realizar un estudio previo a nuevos tipos de sensores en el mercado, algunos ofrecen ciertas ventajas, pero contrariamente son incómodos para el usuario.



## BIBLIOGRAFÍA

- Gonzalez R.C, Rc y Fu ,K.S. (2006). *Robótica: Control, detección, visión e inteligencia*. Madrid: McGraw-Hill.
- 10° Congreso Iberoamericano de Informática Educativa Especial. (2015). *10° CIIEE*. Obtenido de 10° Congreso Iberoamericano de Informática Educativa Especial: <http://capacidad.es/ciiee2013/index.php/informacion-general/justificacion>
- A Practical Guide to Clinical Medicine. (3 de Mayo de 2016). *Signos vitales*. Obtenido de Signos vitales.: <https://meded.ucsd.edu/clinicalmed/vital.html>
- Almazan. (9 de Abril de 2008). *Automatización y robótica para la producción*. Obtenido de gestiopolis.com: <https://www.gestiopolis.com/automatizacion-robotica-produccion>
- Alvarez, A. (28 de Enero de 2016). *Introducción a Firebase*. Obtenido de desarrolloweb.com: <https://desarrolloweb.com/articulos/introduccion-firebase-backend-nube.html>
- Alvarez, M. Á. (19 de Noviembre de 2003). *DesarrolloWeb.com*. Obtenido de Qué es Python: <https://desarrolloweb.com/articulos/1325.php>
- Arduino. (25 de 04 de 2019). *Arduino*. Recuperado el 15 de 08 de 2019, de <https://www.arduino.cc/en/Reference/ArduinoMKRGPS>
- Arnalich,S y Urruela, J. (2012). *GPS, Google Earth y Cooperación*. ARNALICH.
- Bunge, M. (1959). *La Ciencia. Su método y su filosofía*. Buenos Aires: Laetoli.
- Casco. (2014). *Robotica Educativa & Personal*. En M. Casco, *Raspberry Pi, Arduino y Beaglebone Black* (pág. 100). Asuncion,Paraguay: Alba. Obtenido de Raspberry Pi: <http://www.ro-botica.com/producto-Print/RASPBERRY-PI-3-MODELO-B/>
- Corona y Abarca. (19 de Septiembre de 2018). *Actuadores*. En L. G. Corona, & G. S. Abarca, *Sensores y Actuadores*. Azcapotzalco,Mexico DF: GRUPO PATRIA. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Actuador>
- Crespo, E. (22 de Marzo de 2015). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de aprendiendoarduino.wordpress: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2015/03/22/que-es-el-hardware-libre/>
- Dimas, J. (17 de Enero de 2014). *introduccion-android*. Obtenido de DesarrolloWeb.com.: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/introduccion-android.htm>

- Dr Fajuri A. (14 de 12 de 2014). *Manual de Arritmias*. Obtenido de Cardiacos.net: <http://cardiacos.net/Documents/Biblioteca%20Medica/02%20-%20Cardiologia/Libros%20y%20Otros%20Espanol/Manual%20de%20Arritmias/2-Fisiopatolog%C3%ADa.pdf>
- El Pensante. (29 de Marzo de 2016). *La investigación exploratoria*. Obtenido de El Pensante: <https://educacion.elpensante.com/acrostico-de-empatia/>
- ElectronicLab. (28 de Abril de 2018). *Sensor Ritmo o Pulso Cardíaco*. Obtenido de <https://electronilab.co>: <https://electronilab.co/tienda/sensor-ritmo-pulso-cardiaco/>
- FundaciondelCorazon. (11 de Junio de 2011). *Funadcion española del Corazon*. Obtenido de FundaciondelCorazon: <https://fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/enfermedades-cardiovasculares/infarto.html>
- Garcia. (2000). Java. En G. Javier, *Aprenda Java* (pág. 350). San Sebastian, España: Mandagon. Obtenido de [https://www.java.com/es/download/faq/whatis\\_java.xml](https://www.java.com/es/download/faq/whatis_java.xml)
- Garcia Yahir. (2014). *Geografía: Una visión de tu espacio*. Mexico D.F.: Grupo Editorial Patria.
- Garcia, E. (2009). *Compilador C CSS y simulador de Proteus*. Barcelona (España): Marcombo.
- GEEKBOT. (21 de Abril de 2015). *Motores DC*. Obtenido de [geekbotelectronics.com](http://www.geekbotelectronics.com): <http://www.geekbotelectronics.com/motores-de-dc/>
- Gonzalez, J. (2006). *Automatizacion de procesos Industriales*.
- Google. (8 de 06 de 2018). *Firebase*. Recuperado el 20 de 08 de 2019, de <https://firebase.google.com/>
- Google Developers. (2018). *Developers*. Obtenido de Conoce Android Studio: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>
- Google LLC. (26 de 08 de 2019). *Google Play*. Recuperado el 30 de 08 de 2019, de [Maps - Navegación y transporte público: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps&hl=es](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps&hl=es)
- GoogleDeveloper. (5 de 06 de 2019). *Android*. Recuperado el 4 de 7 de 2019, de [Android: https://www.android.com/intl/es\\_es/](https://www.android.com/intl/es_es/)
- GoogleDevelopers. (28 de Junio de 2018). *Firebase*. Recuperado el 23 de Agosto de 2019, de [Firebase por plataforma: https://firebase.google.com/docs?hl=es-419](https://firebase.google.com/docs?hl=es-419)
- Hernandez G. (2013). *Patología Basica*. Bogota. Colombia: Javeriana.

- Herrera, A. (2019). *Be Smart IOT*. Recuperado el 23 de Agosto de 2019, de EL INTERNET DE LAS COSAS (IOT) PARA OPTIMIZAR PROCESOS PRODUCTIVOS: <https://be-smart.io/blog/el-internet-de-las-cosas-iot-para-optimizar-procesos-productivos/>
- Instituto Nacional de Estadística. (Diciembre de 2016). *INE*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística: <https://www.ine.gob.bo/index.php/principales-indicadores/item/448-en-bolivia-tres-de-cada-100-personas-tienen-alguna-dificultad-permanente>
- Jennings. (16 de Octubre de 2002). Motor paso a paso. *Mores paso a Paso*, 20. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_paso\\_a\\_paso](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso)
- johnspice. (7 de 6 de 2018). *github*. Recuperado el 5 de 7 de 2019, de JPLOT [android(java) - IOS (swift)]: <https://github.com/johnspice/jplot-android>
- Lawrence, L. (2001). GPS fácil. Uso del sistema de posicionamiento global. En L. Lawrence, *GPS fácil. Uso del sistema de posicionamiento global* (pág. 5). Barcelona: Paidotribo.
- Martinez, L. B. (2016). *minusbal2000.com*. Obtenido de BREVE HISTORIA DE LA SILLA DE RUEDAS: [http://www.minusval2000.com/otros/reportajes/historia\\_silla\\_de\\_ruedas/index.html](http://www.minusval2000.com/otros/reportajes/historia_silla_de_ruedas/index.html)
- MedlinePlus. (22 de 2 de 2018). *Qué es la enfermedad cardiovascular*. Obtenido de Informacion de la salud para usted : <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000759.htm>
- Mora. (1 de Diciembre de 2012). Batería. En J. F. Mora, *Circuitos Electricos* (pág. 570). Madrid, España: PEARSON. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa\\_de\\_autom%C3%B3vil](https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_autom%C3%B3vil)
- MySensor*. (2019). Recuperado el 23 de Agosto de 2019, de Sensor GPS: <https://www.mysensors.org/build/gps>
- Ollero. (2001). Robotica, Manipuladores y robots móviles. En Ollero. Barcelona: Marcombo.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Informe Mundial sobre la discapacidad*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: [https://www.who.int/disabilities/world\\_report/2011/es/](https://www.who.int/disabilities/world_report/2011/es/)
- Pallás. (11 de Abril de 2013). sensores. En R. Pallás, *Sensores y acondicionadores de señal* (pág. 530). Barcelona, España: MARCOMBO. Obtenido de La enciclopedia de la ingeniería: <http://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/>

- Perez, S. (6 de octubre de 2013). *Tipos de automatización industrial*. Obtenido de <https://tareasuniversitarias.com>: <https://tareasuniversitarias.com/tipos-de-automatizacion-industrial.html>
- Piedrahita, R. (2000). *Ingeniería de la Automatización Industrial*. Alfa omega.
- Pons. (2016). Linux. En N. Pons, *priciños basicos del uso del sistema Operativo Linux* (pág. 297). Barcelona, España: ENY. Obtenido de Las mejores distribuciones de Linux para Raspberry Pi: <https://computerhoy.com/listas/software/mejores-distribuciones-linux-raspberry-pi-59026>
- Posldorfer, R. (2011). *Condiciones en profundidad : Arritmias y alteraciones delritmocardiaco*. Massachusetts,: Lowell General Hospital.
- Ramirez, I. (14 de Mayo de 2017). *XatakaAndroid*. Recuperado el 23 de Agosto de 2019, de Giroscopio en el móvil: <https://www.xatakandroid.com/aplicaciones-android/giroscopio-en-el-movil-estos-son-todos-los-usos-menos-conocidos>
- Robinson. (21 de Julio de 2017). *Regulador de voltaje*. Obtenido de [.puomotores.com/](https://www.puomotores.com/): <https://www.puomotores.com/13121228/cual-es-la-funcion-de-un-regulador-de-voltaje>
- Rodríguez O, Gloria M,. (2016). *Orientacion Ubicacion*. Colombia: Fundación Universitaria Konrad Lorenz.
- Salcedo. (11 de Junio de 2015). Silla de ruedas. *Bimecanica y Orotpedia*, 54. Obtenido de
- Sanchez, A. y Fernandez, F. (2010). *Sistemas mecatrónicos básicos*. Madrid: Universidad Pontifica Comillas.
- SMC España. (2019). *SMC*. Recuperado el 23 de Agosto de 2019, de Control total del movimiento: [https://www.smc.eu/portal\\_ssl/webpages/01\\_products/featured\\_products/electric\\_actuators/electric\\_actuators.jsp?lang=es&ctry=ES](https://www.smc.eu/portal_ssl/webpages/01_products/featured_products/electric_actuators/electric_actuators.jsp?lang=es&ctry=ES)
- TexasHeart, I. (13 de Junio de 2011). *Texas Heart Institute*. Obtenido de Arritmias: [https://texasheart.org/HIC/Topics\\_Esp/Cond/arrhy\\_sp.cfm](https://texasheart.org/HIC/Topics_Esp/Cond/arrhy_sp.cfm)
- Torrente, O. (2013). *Arduino Curso práctico de formación*. D.F. Mexico: Alfaomega.
- Ulrich, K. (2013). *Diseño y Desarrollo de Productos*. D,F, Mexico: McGRAW-HILL.
- Verdi, K. J. (Noviembre de 2016). DISEÑO DE ACOUPLE MECATRÓNICO PARA AUTOMATIZACIÓNDE SILLAS DE RUEDAS CONVENCIONALES. Lima, Perú.

## **GLOSARIO**

### **Automatización**

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológico

### **Tracción**

Sistema mecánico que compone el movimiento de un robot.

### **Latitud**

Distancia medida en grados referente la línea del Ecuador

### **Longitud**

Distancia medida en grados referente la línea del Greenwich

### **Altura**

Distancia medida en metros con referencia al nivel del mar

### **Frecuencia Cardíaca**

Numero de contracciones o pulsaciones del corazón

### **Geo localización**

Capacidad para obtener la ubicación geográfica real de un objeto, como un radar, un teléfono móvil o un ordenador conectado a Internet.

### **Robótica**

Ciencia y técnica que involucra el diseño la fabricación y utilización de robots

# **ANEXOS**



## ANEXO B

### Diagnóstico de la encuesta

La siguiente encuesta se realizó a personas que tienen alguna discapacidad motora en las diferentes calles de la Ciudad de El Alto.

Nro	PREGUNTAS	OPCIONES					
1	¿Es usted una persona con discapacidad motora?	Si	16	No	0		
2	¿Cuánto tiempo lleva con su discapacidad? Años	Menos de 5	4	de 5 a 10	9	Toda la vida	3
3	¿Cuál fue el motivo de su discapacidad?	Accidente	5	Enfermedad	8	Anomalía Congénita	3
4	¿Dispone de una silla de rueda para su transporte a distintos lugares?	Si	15	No	1		
5	¿Le es fácil la manipulación de la silla de ruedas?	Si	5	No mucho	8	No	3
6	¿Necesita habitualmente a alguien para su traslado a otros lugares?	Si	9	A veces	5	No	2
7	Si necesita ayuda ¿Cuál es el motivo?	Dificultad en el traslado	7	Esfuerzo en los brazos	9		
8	¿Su familia a menudo lo acompaña cuando sale de casa?	Si	9	A veces	4	No	3
9	Cuando sale de casa ¿Le gustaría hacer conocer en donde se encuentra, para cualquier eventualidad?	Si	15	No	1		
10	¿Tiene alguna enfermedad cardíaca?	Si	7	No	12		
11	Si tiene alguna enfermedad cardíaca ¿Le gustaría hacer seguimiento de su corazón?	Si	6	No	0	Indiferente	1
12	¿Le gustaría trasladarse de manera más cómoda y sin esfuerzo?	Si	16	No	0		



## ANEXO C

Características y costos de silla de ruedas eléctricas mercado nacional;

### Silla eléctrica Rumba mercado nacional



- Rumba es una silla de ruedas eléctrica plegable muy versátil. Con la que te podrás desplazar cómodamente.
- La silla de ruedas eléctrica Quickie Rumba permite además realizar varios ajustes para adaptarse
- Sus baterías de 50Ah hacen de la Rumba una silla perfecta para un uso diario prolongado

Ancho 42 cm y 48 cm peso

Peso Máximo 125 Kilos

Costo 1.990.00 € => 15575.91 Bs

Figura A 1:Silla eléctrica Quickie Rumba

Fuente recuperado de : <https://espaciodesaludbolivia.com/tienda/silla-de-ruedas/sillas-electricas/silla-electrica-mod-rumba/>

### Silla de ruedas eléctrica Liviana



- Silla de ruedas eléctrica liviana de aluminio y batería de litio está diseñada para funcionar en espacios reducidos.
  - El peso total de la silla con batería incluida es de sólo 25 kg.
  - Totalmente plegable se puede introducir con facilidad en cualquier maletero.
  - Respaldo regulable en altura.
  - Motor eléctrico de 250wx2
  - Batería litio 24V/10ah
  - Tiempo de carga de 3-5 hr.
- COSTO 11.890 Bs

Figura A 2:silla de ruedas eléctrica liviana

Fuente: recuperado de <http://www.redid.es/silla-de-ruedas-electrica-bolivia/>

### Silla de ruedas MAIA



- Silla de rueda muy completa con tracción y sistema de asiento Corpus, completamente personalizable, que minimiza los riesgos de aparición de escaras.
- La silla de ruedas eléctrica MAIA ha sido diseñada para garantizar una conducción suave, confortable, sencilla y un rendimiento estable.
- Reposapiés regulables.
- Respaldo reclinable.

COSTO 24537,93Bs

*Figura A 3:*Silla de ruedas MAIA

Fuente recuperada de: <http://www.redid.es/silla-de-ruedas-electrica-bolivia/>

## ANEXO D

### Resultados estadísticos

*Tabla A 1:*  
Resultados, evaluación de paciente

N°	PREGUNTA	OPCIONES					
1	¿Es usted una persona con discapacidad motora?	SI	3	NO	0		
2	¿Cuánto tiempo lleva con su discapacidad?	MENOS DE 5	1	DE 5 A 10	1	Mas de 10	1
3	¿Tiene usted algún problema cardiaco?	SI	1	NO	2		
4	¿Cómo calificaría la comodidad de la Silla de Ruedas Automatizada?	Mala	0	Buena	2	Excele nte	1
5	¿Le ha sido fácil la manipulación de la Silla de Ruedas Automatizada?	Difícil	0	Fácil	2	Muy Fácil	1
6	¿Con la Silla de Ruedas Automatizada, cree Usted necesitar a otra persona para que lo ayude?	Si	0	A veces no	1	No	2

Fuente: Elaboración propia

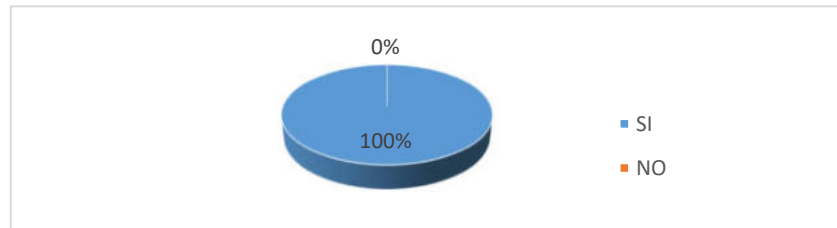
*Tabla A 2:*  
Evaluación al acompañante del paciente

N°	PREGUNTA	OPCIONES					
1	¿Con que frecuencia ayuda en el traslado de Usuario de la Silla de Ruedas?	Siempre	2	A veces	1	Nunca	0
2	¿Cómo calificaría la independencia del usuario al usar la silla de ruedas automatizada?	Muy Independiente	1	Medianamente Independiente	2	dependiente	0
3	¿Es fácil la manipulación de la App "Silla de Ruedas"?	Difícil	0	Fácil	2	Muy Fácil	1
4	¿Le parece útil conocer la ubicación mostrada en Google Maps en tiempo real?	Útil	3	No útil	0		
5	¿Le parece útil conocer el ritmo cardiaco del usuario de la silla de ruedas en tiempo real?	Útil	2	No útil	1		

Fuente: Elaboración propia

Análisis de las preguntas realizadas a los usuarios de la Silla de Ruedas Automatizada con monitoreo cardiaco.

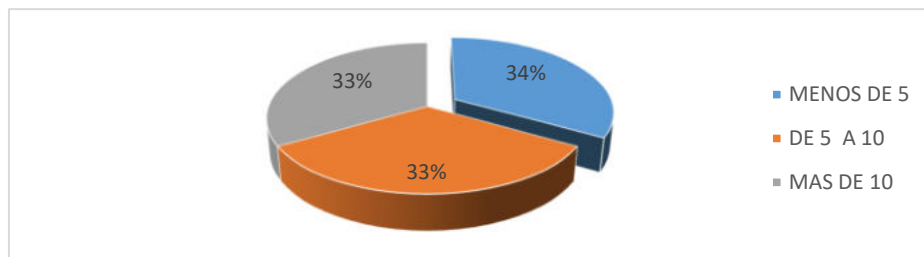
	PREGUNTA	SI	NO
1	¿Es usted una persona con discapacidad motora?	3	0



*Figura A 4: Pregunta 1*  
Fuente: Elaboración propia

El 100% de las personas que realizaron el uso de la silla de Ruedas Automatizada se trata de personas con discapacidad motora.

	PREGUNTA	MENOS DE 5	DE 5 A 10	MAS DE 10
2	¿Cuánto tiempo lleva con su discapacidad?	1	1	1



*Figura A 5: Pregunta 2*  
Fuente: Elaboración propia

Nos encontramos con personas variadas en cuanto al tiempo de su discapacidad.

PREGUNTA		SI	NO
3	¿Tiene usted algún problema cardiaco?	1	2

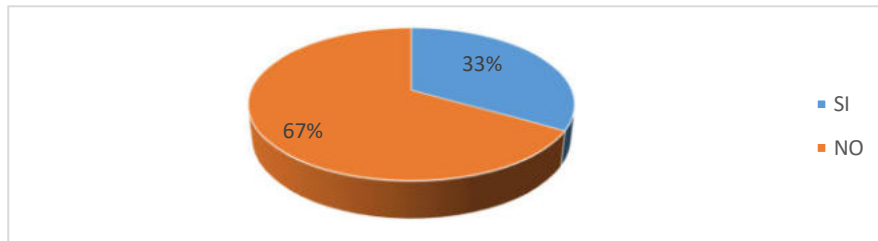


Figura A 6: Pregunta 3

Fuente Elaboración propia

El 33% tiene algún problema cardiaco, al cual le es beneficioso el monitoreo cardiaco.

PREGUNTA		Mala	Buena	Excelente
4	¿Cómo calificaría la comodidad de la Silla de Ruedas Automatizada?	0	2	1

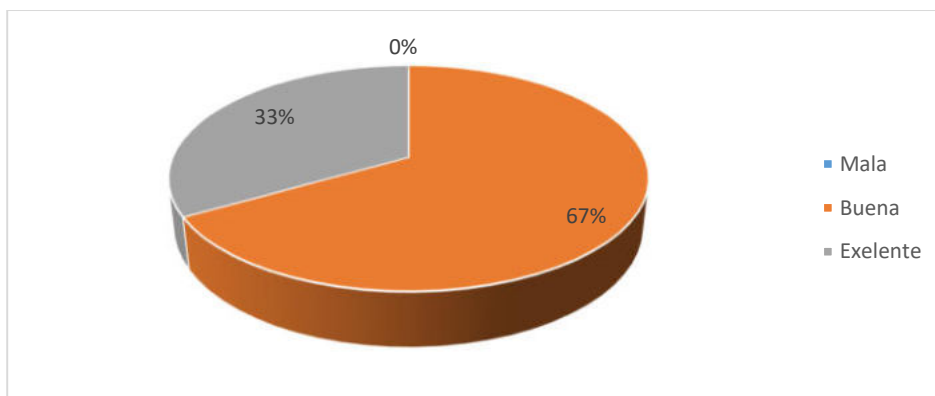
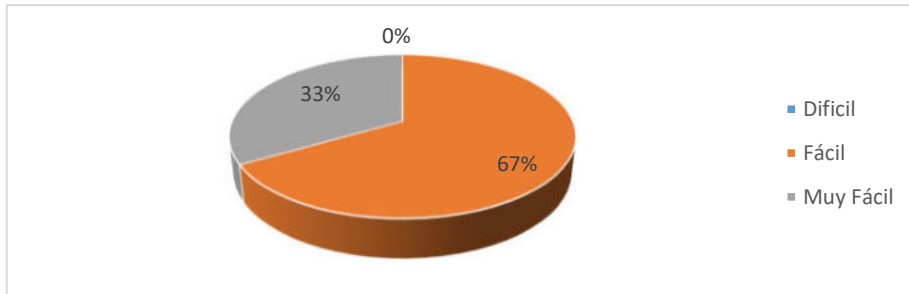


Figura A 7: Pregunta 4

Fuente: Elaboración propia

El gráfico y la tabla corresponden a la calificación de la Silla de Ruedas Automatizada con el cual el 67% afirma que es buena y el 33% que es excelente. Por lo tanto, podemos afirmar que es cómoda para los usuarios.

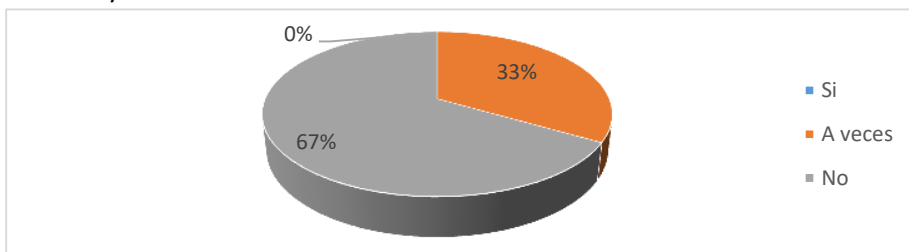
PREGUNTA		Difícil	Fácil	Muy Fácil
5	¿Le ha sido fácil la manipulación de la Silla de Ruedas Automatizada?	0	2	1



*Figura A 8: Pregunta 5*  
Fuente: Elaboración propia

El gráfico correspondiente nos muestra la facilidad de uso con el 67% y el 33% lo ven muy fácil.

PREGUNTA		Si	A veces	No
6	¿Con la Silla de Ruedas Automatizada, cree Usted necesitar a otra persona para que lo ayude?	0	1	2



*Figura A 9: Pregunta 6*  
Fuente: Elaboración propia

El gráfico nos muestra que, con la silla de ruedas automatizada, no necesitarían más ayuda tal vez en alguna ocasión, con el 67% afirma que no necesitaría más ayuda y el 33% cree que tal vez podría necesitar alguna vez ayuda.

Preguntas realizadas a acompañantes del usuario de las Silla de Ruedas Automatizada con monitoreo cardiaco.

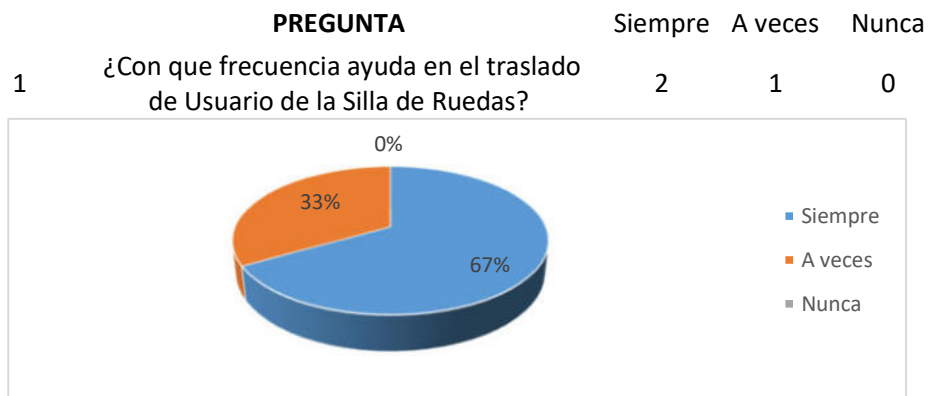


Figura A 10: Pregunta 1, acompañante  
Fuente: Elaboración propia

El gráfico nos muestra la frecuencia con la que el acompañante ayuda al traslado del paciente con los siguientes datos: siempre 67% y a veces 33%

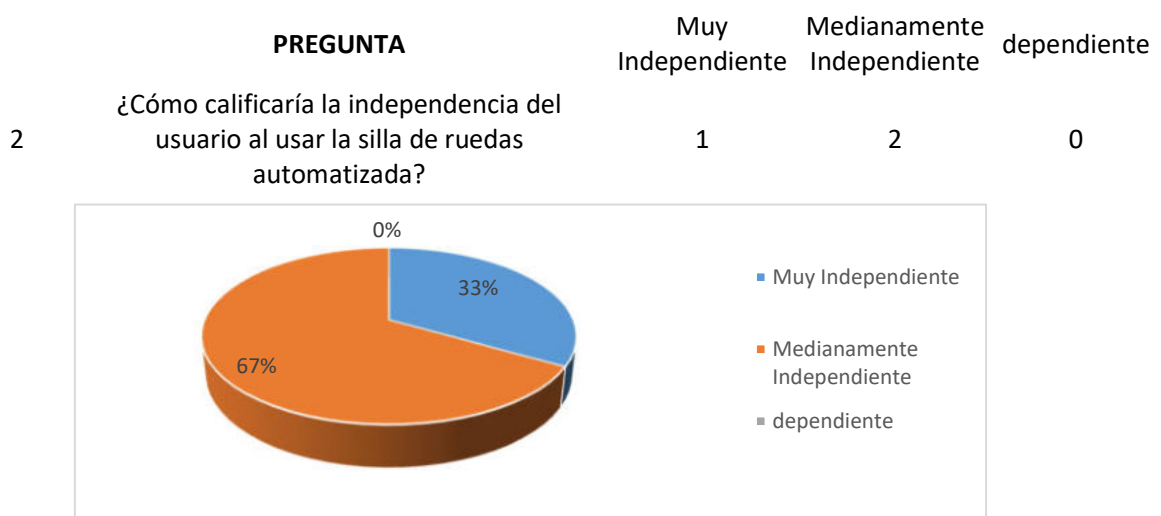


Figura A 11: Pregunta 2, acompañante de usuario  
Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra como sería la independencia del paciente al usar la silla de ruedas desde el punto de vista del acompañante con los siguientes datos: independiente 33%, muy independiente 67%.

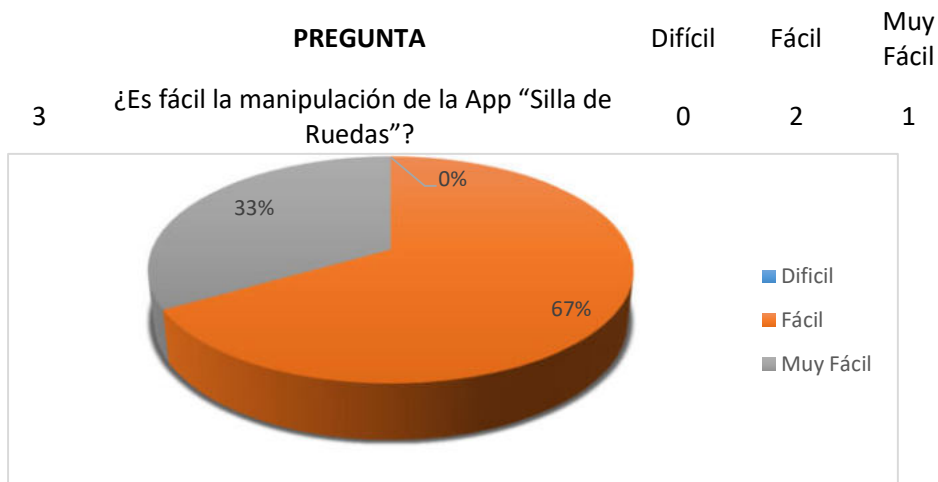


Figura A 12: Pregunta 3, acompañante de usuario

Fuente: Elaboración propia

La tabla y el gráfico corresponden a la manipulación de la App “Silla de Rueda” mostrando el 67% de utilización fácil y el 33% muy fácil. Por lo tanto, podemos concluir que es de fácil utilización la App.



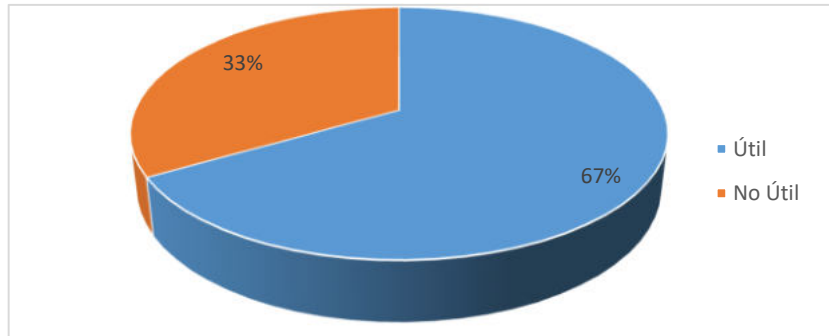
Figura A 13: Pregunta 4, acompañante de usuario

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico podemos observar que el 100% de los usuarios le resulta útil la geolocalización incluida en la Silla de Ruedas Automatizada.



PREGUNTA		Útil	No Útil
5	¿Le parece útil conocer el ritmo cardiaco del usuario de la silla de ruedas en tiempo real?	2	1



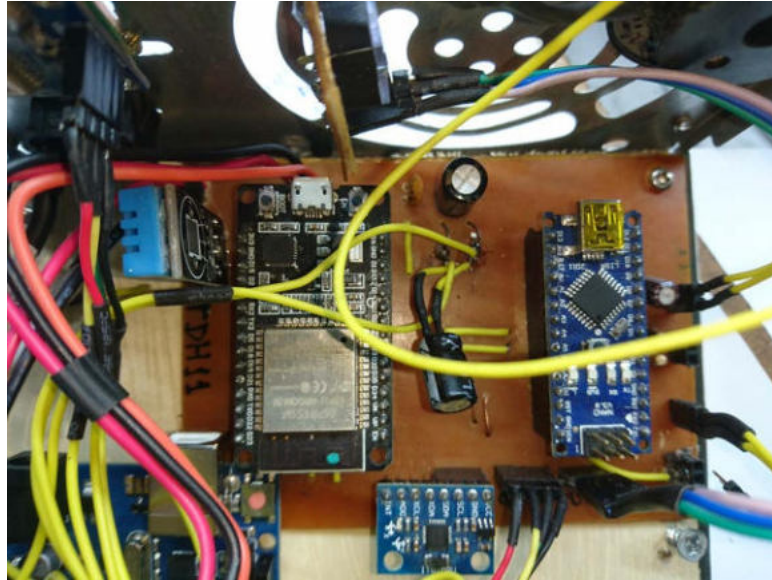
*Figura A 14: Pregunta 5, acompañante de usuario*

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico podemos observar que al 67% le parece útil el seguimiento del ritmo cardiaco en la Silla de Ruedas automatizada.

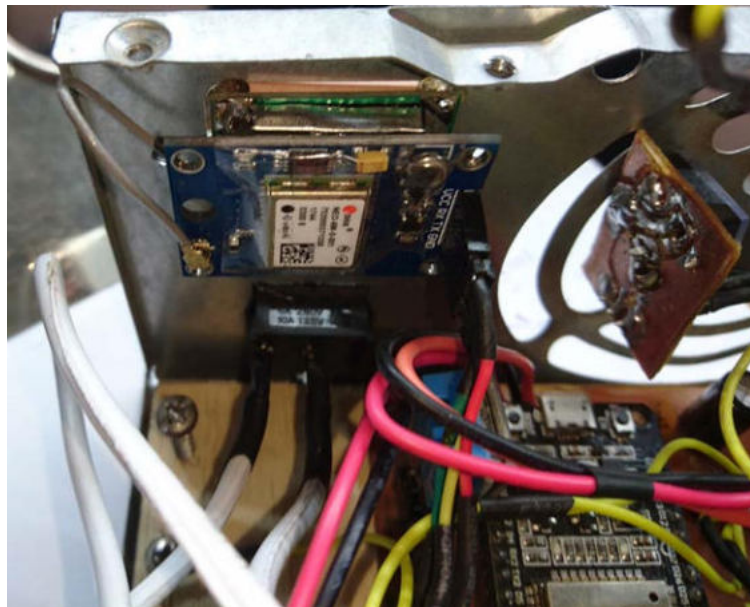
## ANEXO E

### Conexión Armado de la parte Electrónica



*Figura A 15: Controlador de Silla de Ruedas*

Fuente: Elaboración propia



*Figura A 16: Vista Controlador GPS*

Fuente: Elaboración propia

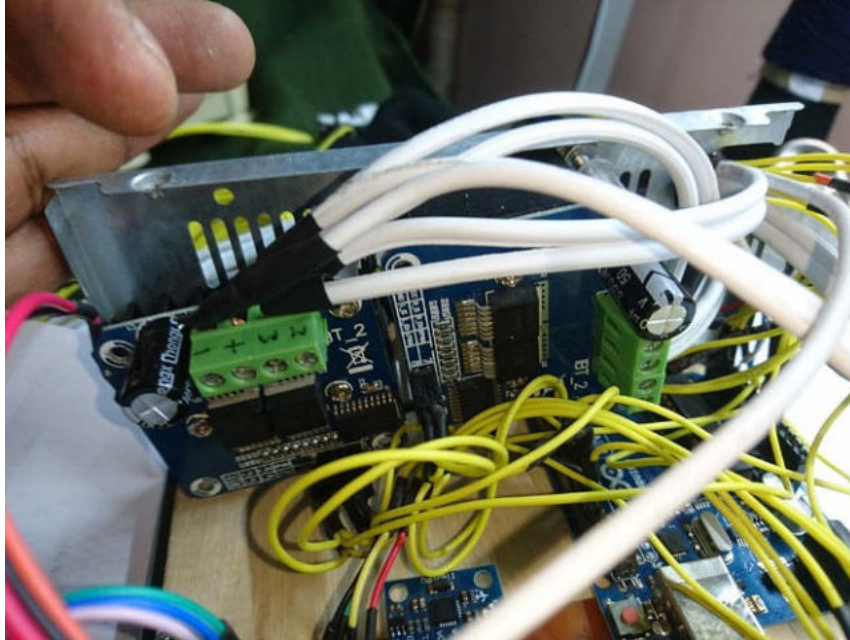


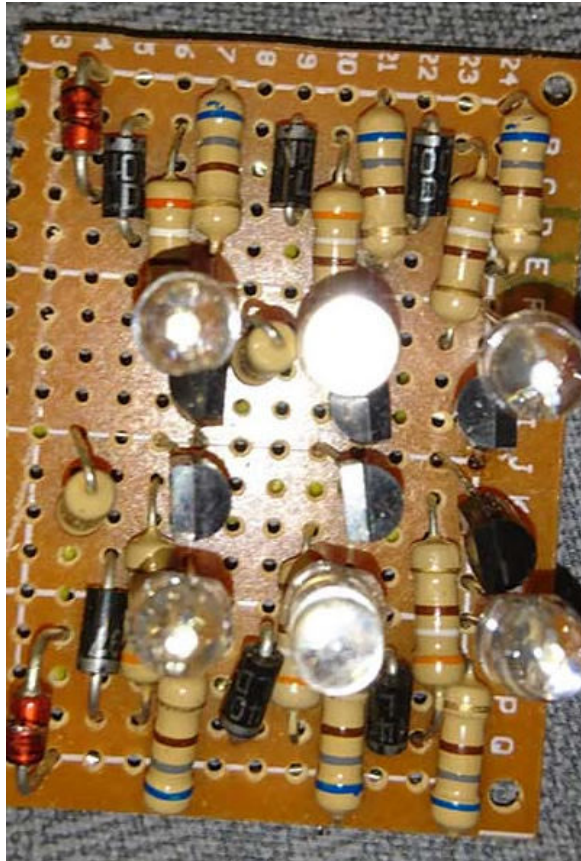
Figura A 17: Conexión eléctrica del módulo BTS7069 (puente h)

Fuente: Elaboración propia



Figura A 18: Sensor Ultrasónico

Fuente: Elaboración propia



*Figura A 19:* Indicador de estado de Batería

Fuente: Elaboración propia

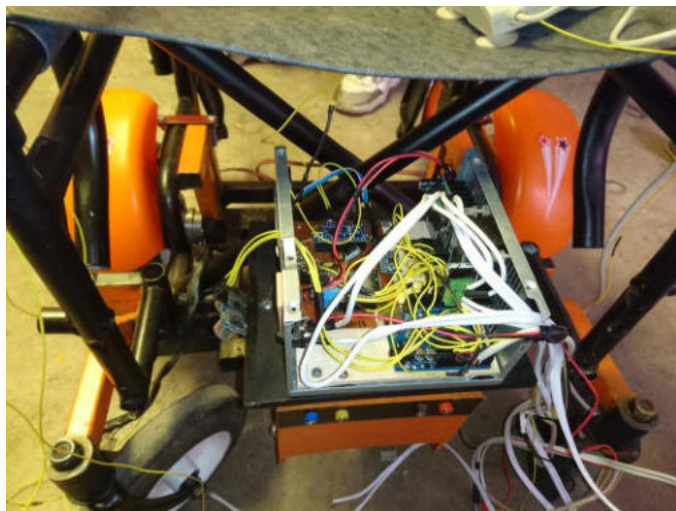
## ANEXO F

### Conexiones eléctricas a la fuente de alimentación



*Figura A 20: Banco de baterías conectadas en serie*

Fuente: Elaboración propia



*Figura A 21: Control electrónico de la silla de ruedas*

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO G

### Pruebas de locomoción



*Figura A 22: Prototipo inicial, prueba de movimiento*

Fuente: Elaboración propia



*Figura A 23: Prototipo final, prueba de movimiento*

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO H**  
**Tabla de Distribución Normal**

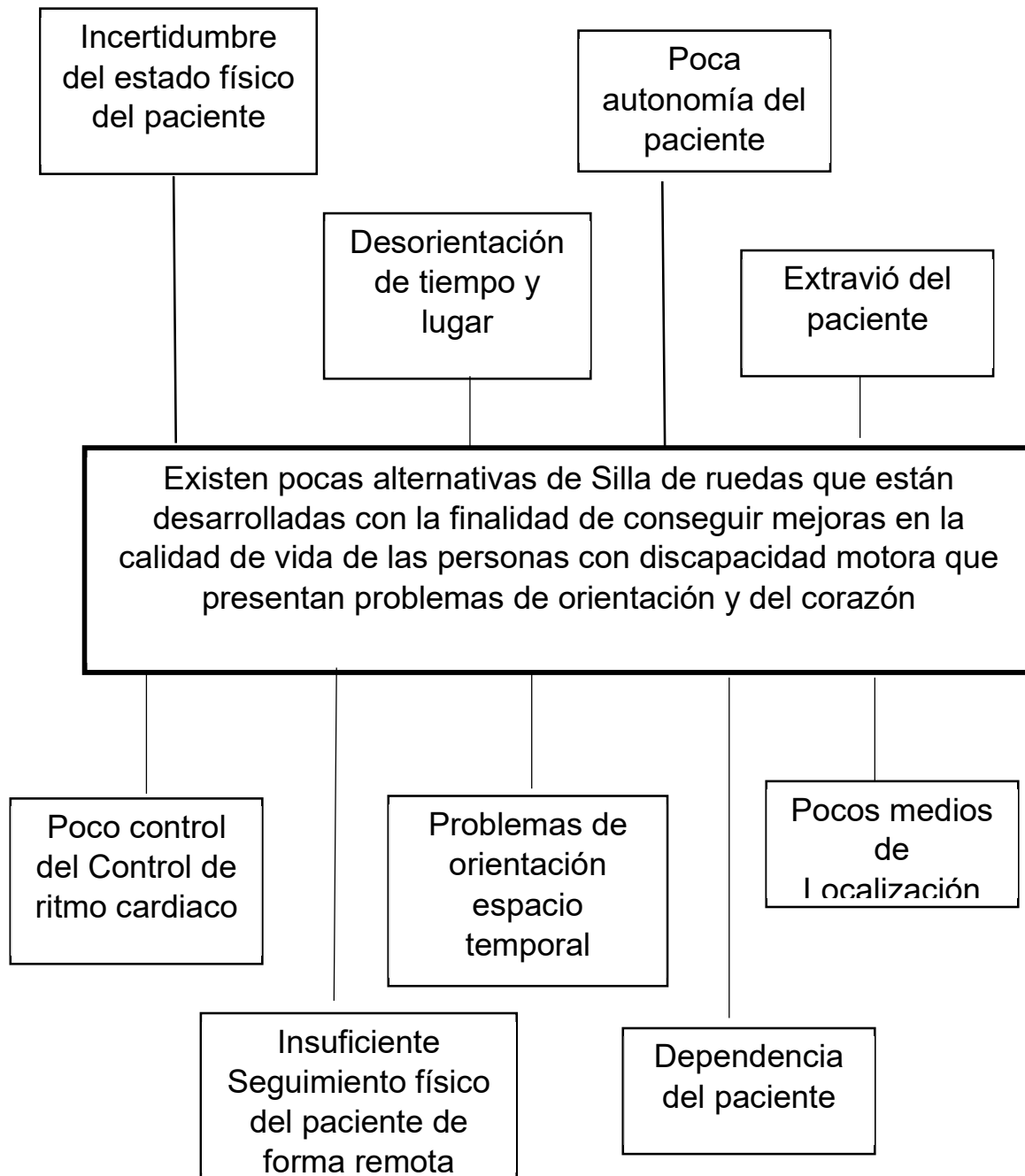
normal	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,50000	0,50399	0,50798	0,51197	0,51595	0,51994	0,52392	0,52790	0,53188	0,53586
0,1	0,53983	0,54380	0,54776	0,55172	0,55567	0,55962	0,56356	0,56749	0,57142	0,57535
0,2	0,57926	0,58317	0,58706	0,59095	0,59483	0,59871	0,60257	0,60642	0,61026	0,61409
0,3	0,61791	0,62172	0,62552	0,62930	0,63307	0,63683	0,64058	0,64431	0,64803	0,65173
0,4	0,65542	0,65910	0,66276	0,66640	0,67003	0,67364	0,67724	0,68082	0,68439	0,68793
0,5	0,69146	0,69497	0,69847	0,70194	0,70540	0,70884	0,71226	0,71566	0,71904	0,72240
0,6	0,72575	0,72907	0,73237	0,73565	0,73891	0,74215	0,74537	0,74857	0,75175	0,75490
0,7	0,75804	0,76115	0,76424	0,76730	0,77035	0,77337	0,77637	0,77935	0,78230	0,78524
0,8	0,78814	0,79103	0,79389	0,79673	0,79955	0,80234	0,80511	0,80785	0,81057	0,81327
0,9	0,81594	0,81859	0,82121	0,82381	0,82639	0,82894	0,83147	0,83398	0,83646	0,83891
1,0	0,84134	0,84375	0,84614	0,84849	0,85083	0,85314	0,85543	0,85769	0,85993	0,86214
1,1	0,86433	0,86650	0,86864	0,87076	0,87286	0,87493	0,87698	0,87900	0,88100	0,88298
1,2	0,88493	0,88686	0,88877	0,89065	0,89251	0,89435	0,89617	0,89796	0,89973	0,90147
1,3	0,90320	0,90490	0,90658	0,90824	0,90988	0,91149	0,91308	0,91466	0,91621	0,91774
1,4	0,91924	0,92073	0,92220	0,92364	0,92507	0,92647	0,92785	0,92922	0,93056	0,93189
1,5	0,93319	0,93448	0,93574	0,93699	0,93822	0,93943	0,94062	0,94179	0,94295	0,94408
1,6	0,94520	0,94630	0,94738	0,94845	0,94950	0,95053	0,95154	0,95254	0,95352	0,95449
1,7	0,95543	0,95637	0,95728	0,95818	0,95907	0,95994	0,96080	0,96164	0,96246	0,96327
1,8	0,96407	0,96485	0,96562	0,96638	0,96712	0,96784	0,96856	0,96926	0,96995	0,97062
1,9	0,97128	0,97193	0,97257	0,97320	0,97381	0,97441	0,97500	0,97558	0,97615	0,97670
2,0	0,97725	0,97778	0,97831	0,97882	0,97932	0,97982	0,98030	0,98077	0,98124	0,98169
2,1	0,98214	0,98257	0,98300	0,98341	0,98382	0,98422	0,98461	0,98500	0,98537	0,98574
2,2	0,98610	0,98645	0,98679	0,98713	0,98745	0,98778	0,98809	0,98840	0,98870	0,98899
2,3	0,98928	0,98956	0,98983	0,99010	0,99036	0,99061	0,99086	0,99111	0,99134	0,99158
2,4	0,99180	0,99202	0,99224	0,99245	0,99266	0,99286	0,99305	0,99324	0,99343	0,99361
2,5	0,99379	0,99396	0,99413	0,99430	0,99446	0,99461	0,99477	0,99492	0,99506	0,99520
2,6	0,99534	0,99547	0,99560	0,99573	0,99585	0,99598	0,99609	0,99621	0,99632	0,99643
2,7	0,99653	0,99664	0,99674	0,99683	0,99693	0,99702	0,99711	0,99720	0,99728	0,99736
2,8	0,99744	0,99752	0,99760	0,99767	0,99774	0,99781	0,99788	0,99795	0,99801	0,99807
2,9	0,99813	0,99819	0,99825	0,99831	0,99836	0,99841	0,99846	0,99851	0,99856	0,99861
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997
4,0	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99998	0,99998	0,99998

Figura A 24: Tabla de distribución normal

Fuente: Recuperado de <https://www.doccity.com/es/tabla-de-distribucion-normal-1/4581203/>

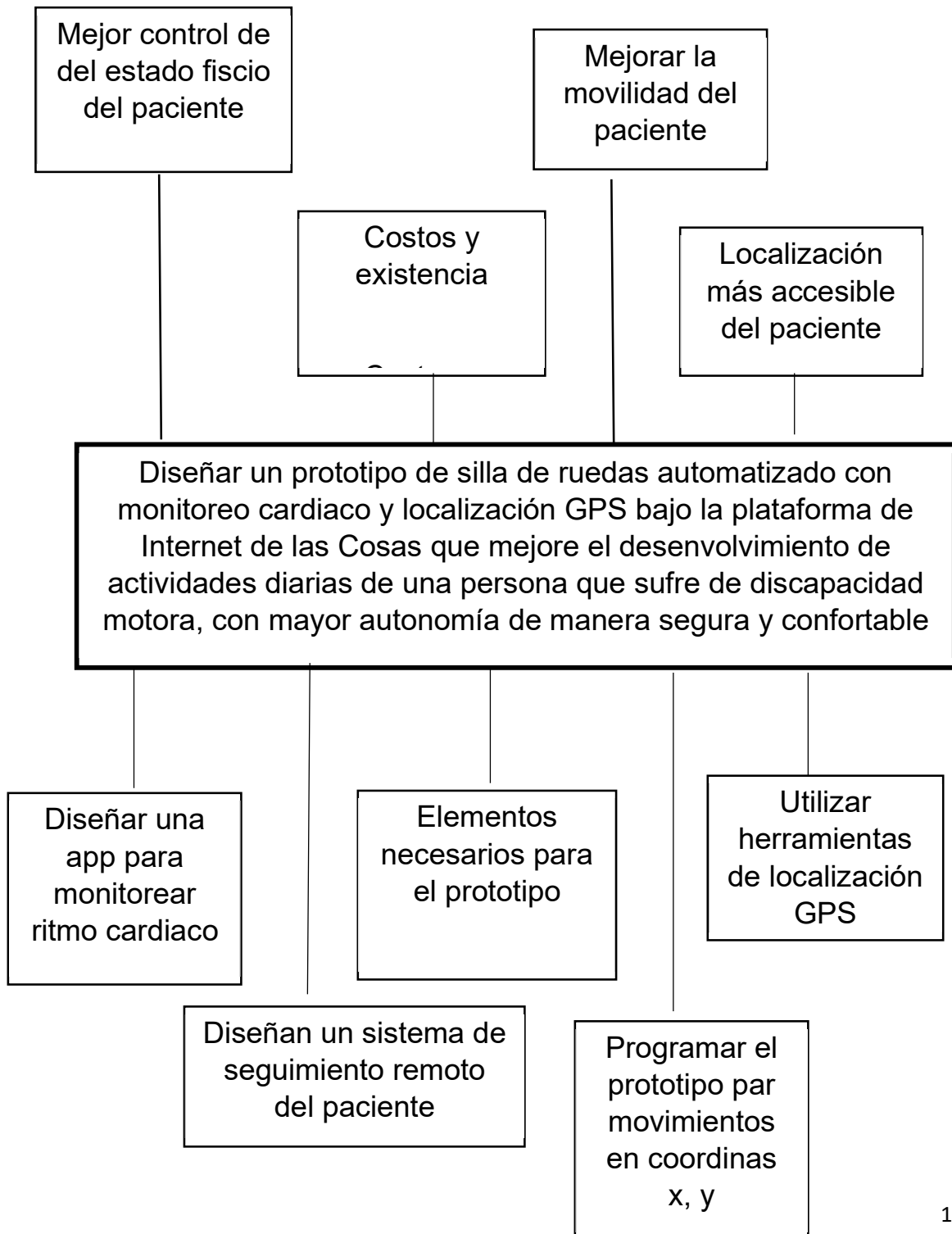
## ANEXO I

### ÁRBOL DE PROBLEMAS





## ÁRBOL DE OBJETIVOS



El Alto, Julio del 2020

A: Ing. David Carlos Mamani Quispe  
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**  
A: Honorable Consejo de Carrera  
**INGENIERÍA DE SISTEMAS U.P.E.A.**

Presente. -

**Ref.: Aval de Conformidad**

Mediante la presente tengo a bien comunicarle mi conformidad de la tesis de grado **“PROTOTIPO SILLA DE RUEDAS AUTOMATIZADA CON MONITOREO CARDIACO Y LOCALIZACIÓN GPS BAJO LA PLATAFORMA DE INTERNET DE LAS COSAS”**, que proponen los postulantes **Univ. Franz Silvano Condori Carrasco**, con cédula de identidad **4979457 LP.** y **Univ. Richard Titirico Cutipa**, con cédula de identidad **6012074 LP.**, para su defensa pública, evaluación correspondiente a la materia Taller de Licenciatura II, de acuerdo al reglamento vigente de la Carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto.

Sin otro particular, reciba saludos cordiales.

Atentamente.



Ing. Rolando Alarcon Choquehuanca  
**TUTOR ESPECIALISTA**

El Alto, 13 de Julio del 2020

A: Ing. David Carlos Mamani Quispe  
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**  
A: Honorable Consejo de Carrera  
**INGENIERÍA DE SISTEMAS U.P.E.A.**


Presente. -

**Ref.: Aval de Conformidad**

Mediante la presente tengo a bien comunicarle mi conformidad de la tesis de grado "PROTOTIPO SILLA DE RUEDAS AUTOMATIZADA CON MONITOREO CARDIACO Y LOCALIZACIÓN GPS BAJO LA PLATAFORMA DE INTERNET DE LAS COSAS", que proponen los postulantes Univ. Franz Silvano Condori Carrasco, con cédula de identidad **4979457 LP.** y Univ. Richard Titirico Cutipa, con cédula de identidad **6012074 LP.**, para su defensa pública, evaluación correspondiente a la materia Taller de Licenciatura II, de acuerdo al reglamento vigente de la Carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto.

Sin otro particular, reciba saludos cordiales.

Atentamente.

  
Lic. Katya Maricela Pérez Martínez  
CI 3681811 PT  
**TUTOR REVISOR**

El Alto, Julio del 2020

A: Ing. David Carlos Mamani Quispe  
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**  
A: Honorable Consejo de Carrera  
**INGENIERÍA DE SISTEMAS U.P.E.A.**


Presente. -

**Ref.: Aval de Conformidad**

Mediante la presente tengo a bien comunicarle mi conformidad de la tesis de grado "PROTOTIPO SILLA DE RUEDAS AUTOMATIZADA CON MONITOREO CARDIACO Y LOCALIZACIÓN GPS BAJO LA PLATAFORMA DE INTERNET DE LAS COSAS", que proponen los postulantes Univ. Franz Silvano Condori Carrasco, con cédula de identidad 4979457 LP. y Univ. Richard Titirico Cutipa, con cédula de identidad 6012074 LP., para su defensa pública, evaluación correspondiente a la materia Taller de Licenciatura II, de acuerdo al reglamento vigente de la Carrera de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Pública de El Alto.

Sin otro particular, reciba saludos cordiales.

Atentamente.

  
Ing. Maricel Yarari Mamani  
**TUTOR METODOLÓGICO**

## MANUAL DE USUARIO DE LA APLICACIÓN “SILLA DE RUEDAS”

Para el monitoreo de la Silla de ruedas Automatizada se dispone de una Aplicación Android la cual es compatible con la versión de Android 4.3 en adelante.

Mediante la cual se puede hacer seguimiento del estado actual del paciente y ver el historial de las fechas que se utilizó la Silla de Ruedas Automatizada.

En primera instancia se observa la pantalla de bienvenida.



### Login o Autenticación

Luego de acceder si es la primera vez que ingresa necesita realizar un registro con su correo electrónico y los datos necesarios, una vez registrados le llegara a su correo un email, para verificar la autenticidad del mismo. Y si ya ingreso con anterioridad y ya dispone acceso al sistema debe ingresar con su correo y contraseña.

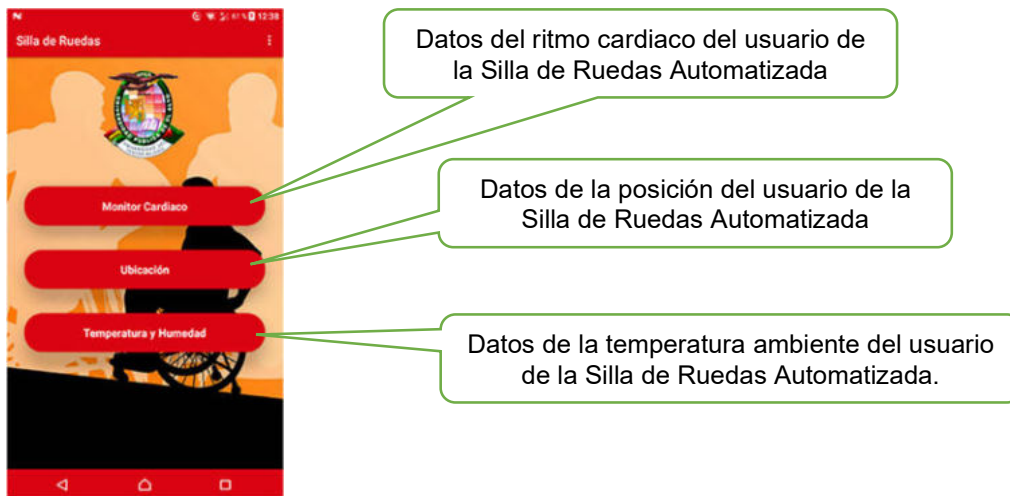
Registro para nuevos usuarios. Debe completar los campos para el registro

Si ya es usuario. Debe ingresar su correo y contraseña.

También deberá proporcionar los permisos necesarios en android 6 y versiones posteriores.



Una vez ya realizado la autenticación y permitido los permisos necesarios, tendremos la pantalla principal desde donde se accede a los módulos principales.



### Monitor Cardíaco

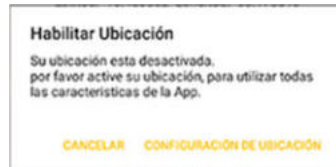
Mediante este módulo podremos acceder al monitoreo del ritmo cardiaco en tiempo real, y a su historial de acuerdo a fechas.



Se tiene los datos del paciente que se actualizarán en tiempo real, y en los gráficos que también se actualizan en tiempo real con los nuevos datos que se tiene con la hora y fecha que se registró.

## Ubicación

En éste módulo se muestra los datos del usuario de la Silla de ruedas automatizada de la ubicación que se encuentra en cuanto a la latitud y logitud el cual se puede observar en el mapa. Pero antes nos pedirá que el GPS del dispositivo se encienda para poder ubicar en donde se encuentra el celular, así poder calcular a la distancia que se encuentra de la silla de ruedas automatizada, una de las características de la aplicación.

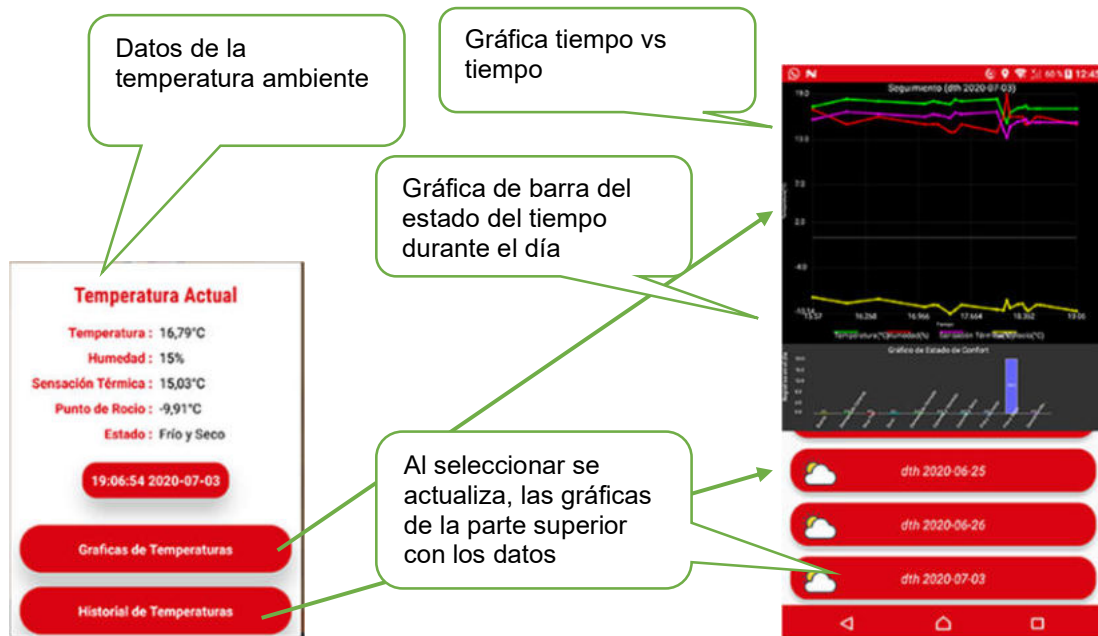


Luego se accede a la información del ultimo registro que se tiene de la ubicación.



## Temperatura

La aplicación tiene la función de mostrar la temperatura ambiente en el que se encuentra la Silla de Ruedas Automatizada, así como también la humedad, sensación térmica y el punto de rocío, además de mostrar el estado del tiempo.





## MANUAL DE USUARIO DE LA SILLA DE RUEDAS

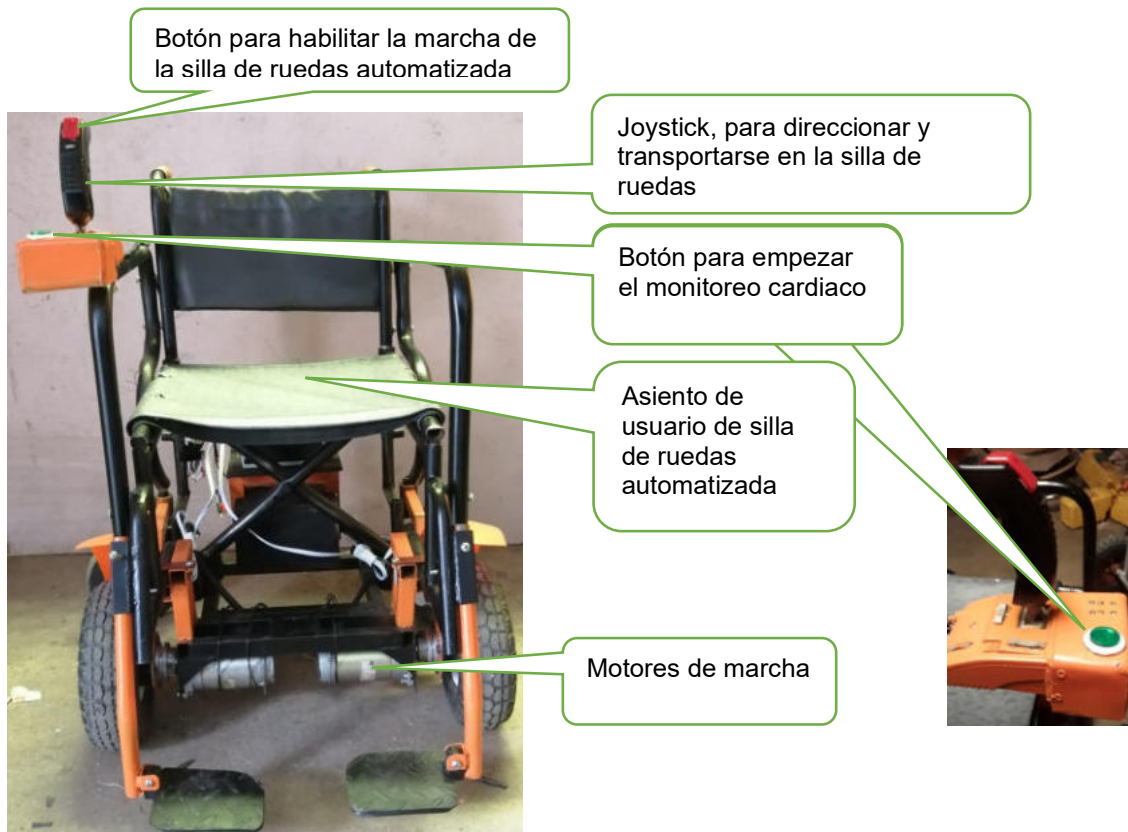
### AUTOMATIZADA CON MONITOREO CARDIACO Y LOCALIZACIÓN GPS

La Silla de Ruedas Automatizada, es un prototipo que tiene la principal característica de hacer seguimiento al paciente utilizando el internet de las cosas, ya que se conecta de forma autónoma a una base de datos, desde donde la Aplicación “Silla de Ruedas” toma los datos y los representa en un gráfico en el móvil.

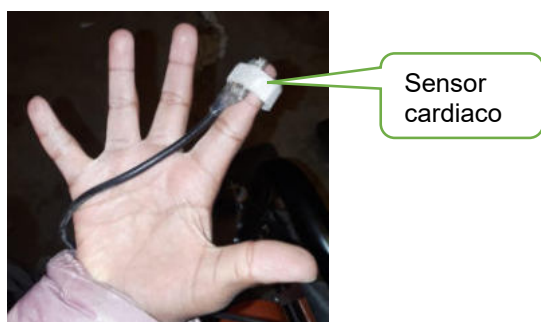
En apariencia se asemeja a una silla de ruedas convencional solo que dispone de un controlador en la parte central posterior debajo del usuario donde se encuentra el banco de baterías.



El usuario, a usar la silla de ruedas debe estar en una posición cómoda, y encender para la marcha de la silla de ruedas.



Para realizar el monitoreo cardiaco se debe proceder a conectar el sensor cardiaco en la parte posterior de la silla y el otro extremo en el dedo anular o indice de la mano derecha.



Para la ubicación GPS funcione correctamente se debe encontrar en un ambiente exterior, y para la medición de temperatura se hace de manera automática.