

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**SISTEMA MECATRÓNICO DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA LAS
PERSONAS DE EDAD AVANZADA**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecatrónico, que presenta el bachiller:

Juan José Junior Palacios Lavado

ASESOR: Ericka Patricia Madrid Ruiz

Lima, abril de 2015

Resumen

La población representada por las personas de edad avanzada cada vez es mayor. Muchos de ellos poseen problemas propios de su edad tales como motrices y cardiacos. Impidiéndoles, según el grado de discapacidad, la accesibilidad tanto a lugares públicos y privados como consecuencia de esa limitación. Es por eso que debido a las razones expuestas, es necesario desarrollar un sistema de asistencia técnica que permita que estas limitaciones en cuanto a la accesibilidad del usuario a cualquier espacio disminuyan.

Los objetivos del proyecto son desarrollar un sistema que permita que el usuario se sienta cómodo y seguro al usarlo, posibilite a sus apoderados tener conocimiento de su estado cardiovascular y ayude a subir o bajar escaleras.

La presente tesis propone el desarrollo de un sistema mecatrónico de asistencia técnica para las personas de edad avanzada. Para lograr los objetivos expuestos, se establecieron 6 subsistemas. Entre ellos tenemos a los siguientes:

El primer subsistema es el de la alimentación con energía eléctrica del diseño mecatrónico. Este permitirá suministrar los valores de tensión y corriente adecuados para los sensores y actuadores utilizados. Luego tenemos al subsistema de interfaz. Este posibilitará que el usuario interactúe con el sistema mecatrónico. El tercer subsistema es el sensado de la frecuencia cardíaca y el posicionamiento satelital. A través de un monitoreo se enviará información por mensaje de texto sobre el estado cardiovascular del usuario. Además, permitirá registrar anomalías que ocurren cuando la frecuencia muestreada es mayor a los 100 bpm o menor a los 60 bpm. Por lo que el sistema diferenciará 3 estados: alta, normal y baja. El posicionamiento satelital permitirá obtener la longitud y latitud de la ubicación de la persona. El cuarto subsistema es el de detección de desniveles. Permitirá que el nivel de sujeción de la andadera se acomode al nivel adecuado, valor cercano a la altura a la que se encuentra la cadera, cuando el usuario suba o baje desniveles. El quinto es el control de los motores del Tri-star. Este mecanismo permitirá que el usuario pueda subir o bajar las escaleras a través del diseño mecatrónico. Finalmente, la función del último subsistema es el del control del frenado. Este permitirá disminuir la velocidad de traslado.

El trabajo se presenta en cinco capítulos. El primer capítulo plantea la problemática que afronta el sistema mecatrónico. El segundo capítulo describe los requerimientos del sistema y así mismo explica detalladamente los subsistemas que lo conforman. El tercer capítulo explica el concepto electrónico, mecánico y de control del sistema mecatrónico a través de los sensores, actuadores, planos y diagramas de flujo. El cuarto capítulo presenta el análisis de costo del sistema mecatrónico. Por último, el quinto capítulo muestra las conclusiones que se han obtenido al finalizar este proyecto.

Índice

1. Presentación de la problemática.....	4
2. Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto.....	6
2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico.....	6
2.2 Concepto del sistema mecatrónico.....	7
3. Sistema mecatrónico.....	9
3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.....	9
3.2 Sensores y actuadores.....	11
3.3 Planos del sistema mecatrónico.....	18
3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico.....	25
3.5 Diagramas de flujo del programa de control.....	30
4. Presupuesto.....	38
5. Conclusiones.....	40
Bibliografía.....	41

Capítulo 1

Presentación de la problemática

En el Perú existen 1'575,402 personas con algún tipo de discapacidad, lo que equivale al 5.2% de la población total según la primera encuesta nacional especializada sobre discapacidad del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) [3]. Según el estudio, la limitación motora (dificultad para moverse o caminar y/o para usar brazos o piernas), es la que más afecta a los peruanos, al alcanzar a 931,993 de ellos, lo que equivale al 59,2% de la población. La razón principal de este problema es la edad avanzada (65 a más años) (anexo 1) que representa el 32,5% de la muestra [3]. Además, 23,300 personas (2,5%) utilizan el andador como herramienta de ayuda técnica.

El 40,6% de la población total encuestada depende de una persona para realizar sus actividades diarias [4].

Por otro lado, 667 mil personas padecen enfermedades crónicas que afectan su actividad diaria. Así, el 39,2% de estas son afectadas por taquicardias, alteraciones de la frecuencia cardiaca, palpitaciones o hipertensión arterial de forma permanente y el 17,2% por artritis.

Finalmente, en cuanto a los lugares públicos donde las personas con discapacidad tienen dificultad para ingresar y/o desplazarse se tiene el 29,3% tienen dificultad para ingresar a los establecimientos de salud, 23,0% en paraderos, 21,3% en mercados, 18,9% en centros de rehabilitación, 18,8% en bancos o entidades financieras, 18,6% en terminales y estaciones, 17,7% en farmacias y/o boticas, 17,5% en oficinas públicas, 17,4% en plazas y plazuelas, 16,4% en parques y alamedas, 15,9% en restaurantes, 15,2% en supermercados, 13,8% en centros educativos, 13,5% en centros comerciales, 12,0% en cabinas de internet, 10,8% en centros deportivos y 10,7% en cines/teatros [4].

En base a la situación reflejada por las estadísticas de las personas con problemas motrices, cardiovasculares y de accesibilidad a establecimientos públicos y privados se establece que las personas de avanzada edad representan un gran porcentaje. Muchos de ellos enfrentan el envejecimiento de manera conformista e incluso lo hacen de forma fatalista. Son pocos los que lo asumen positivamente. Esto se debe a creen que no pueden realizar ninguna actividad debido a las limitaciones que poseen, por lo que optan en la mayoría de los casos por permanecer en reposo gran parte del día. Esto ocurre en gran medida debido a que no cuentan con un sistema de asistencia adecuado que les permita reintegrarse activamente a la sociedad [14] [15]. El proceso de reintegración ocasionará, según los gerontólogos, que estas personas desarrollen una actitud positiva, la cual le permitirá alargar significativamente su esperanza de vida. Para que la persona de edad avanzada asuma positivamente la vejez se necesitará de un sistema automatizado de asistencia técnica que será diseñada con el objeto de facilitar la realización de determinadas acciones que de una u otra manera son imposibles o muy difíciles de realizarla. Además, deberá cumplir los criterios ergonómicos de funcionalidad, seguridad y comodidad.

El siguiente trabajo presenta una solución eficaz a los problemas motrices, cardiovasculares y de accesibilidad de las personas de edad avanzada. Además le permitirá reducir la probabilidad de padecer una enfermedad cardiovascular, si no la sufre, a través del monitoreo de su frecuencia cardiaca. Además, ubicará al usuario mediante el subsistema de posicionamiento satelital en caso esté sufriendo alteraciones cardiacas o hay perdido contacto con el sistema mecatrónico. Finalmente, el proyecto disminuirá los problemas de accesibilidad a los espacios públicos y privados a través del sistema de detección de desniveles que le permitirá ajustar la sujeción del sistema mecatrónico a la altura adecuada al momento de subir o bajar las escaleras



Capítulo 2

Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto

2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico

2.1-1 Requerimientos físicos - mecánicos

El mecanismo para ascender o descender los peldaños de las escaleras debe ser resistente (anexo 8) porque es el último elemento por el cual se distribuye la fuerza ejercida por la persona y por el peso del andador.

El sistema de ayuda técnica debe ser cómodo, seguro y ergonómico (anexo 1).

Las huellas y contrahuellas de las gradas y escalinatas que ascenderá el sistema deberán tener dimensiones uniformes de 30 cm y de 15 a 17,5 cm respectivamente [9] [10] [11] (anexo 3).

El sistema mecatrónico debe ser en su medida lo menos pesado posible y estable, debido a que las personas de edad avanzada presentan una disminución de la fuerza muscular [12] [13] (anexo 1).

2.1-2 Requerimientos electrónicos

El tiempo de duración de la batería del sistema de control (anexo 7.8) debe ser capaz de proporcionarle por lo menos 10 horas de autonomía al día en su uso.

Los sensores del sistema deben tener la resolución adecuada para poder medir correctamente los valores de la frecuencia cardiaca y establecer con certeza la situación cardiovascular del usuario.

La batería del sistema de potencia (anexo 7.9) deberá proporcionar a los motores del sistema 3 horas de autonomía al día. Tiempo suficiente para subir o bajar las gradas.

Los sensores del sistema deben estar alejados de los motores y cerca del controlador para que capten la menor cantidad de ruido posible de forma que sus lecturas sean más precisas.

2.1-3 Requerimientos de control

Uso de un microcontrolador que tenga la capacidad de controlar todos los actuadores y sensores utilizados en el sistema. Además, debe poseer una gran capacidad de almacenamiento no volátil (EEPROM) para guardar los datos muestreados y así tener un historial de la frecuencia cardiaca del usuario al mes. Finalmente, la posibilidad de ejecutar múltiples tareas (anexo 7.1).

2.2 Concepto de la solución

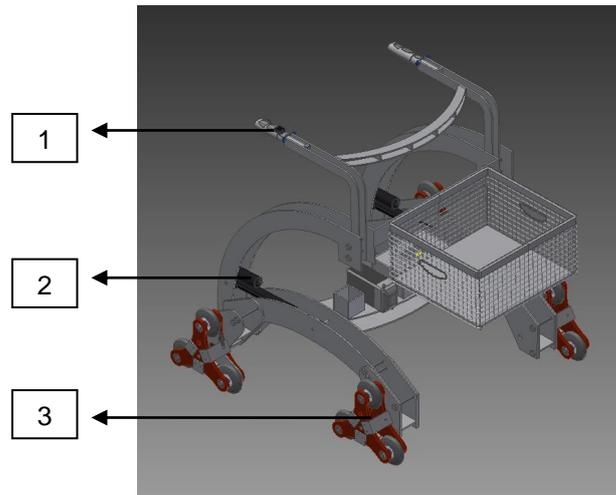


Figura 2.2-1 Vista isométrica
Fuente: Elaboración propia

La figura 2.2-1 muestra la solución a la problemática planteada. Se ha diseñado un sistema de asistencia técnica que tiene 4 subsistemas principales. El primero de ellos es el monitoreo de la frecuencia cardiaca a través del sensor de pulso (1), el cual se encuentra cerca al mango derecho. El segundo sistema es el de detección de desniveles conformado por el acelerómetro y el actuador lineal eléctrico (2). El último, comprende el control de motores del sistema Tri-star (3), el cual se encuentra en la parte inferior.

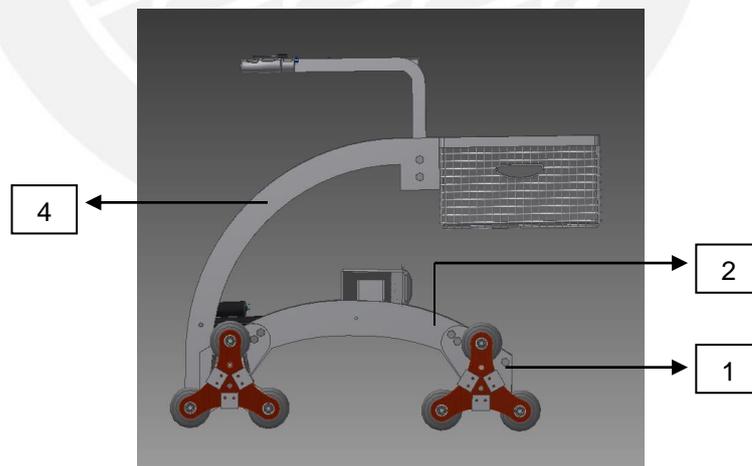


Figura 2.2-2 Vista frontal
Fuente: Elaboración propia

La figura 2.2-2 muestra la vista frontal del sistema mecatrónico. En la parte inferior se encuentra el soporte de los motores del sistema Tri-star (1) sobre el cual se encuentran emperrados los brazos inferiores (2) que sostienen al actuador lineal. En la parte central se encuentra el actuador lineal que está unido por medio de un pasador con el brazo curvo (4). En la parte superior observamos que la estructura en la cual la persona se va a apoyar a través del mango está unida por uniones emperradas con el brazo curvo medio.

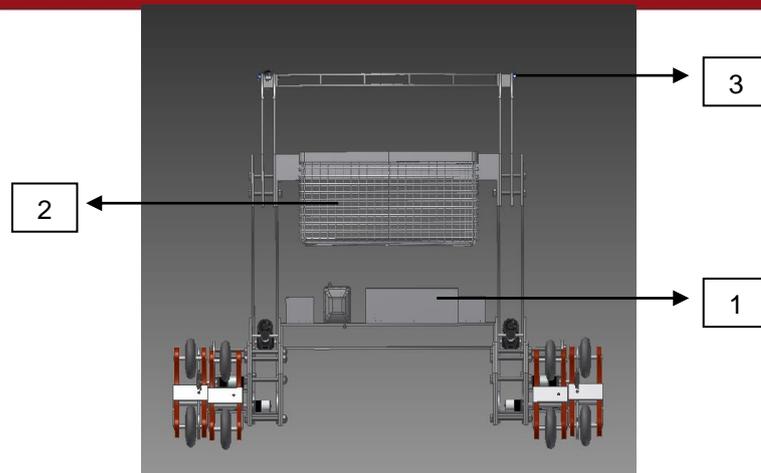


Figura 2.2-3 Vista lateral
 Fuente: Elaboración propia

La figura 2.2-3 muestra la vista lateral del sistema. En la parte inferior se observa que la transmisión entre el motor y el Tri-star es directa a través del eje de 12 mm de diámetro. En la parte central se observan la batería (1) de 24v 10Ah con el sistema de control. En la parte superior se observa la canasta (2), en la cual la persona podrá llevar cualquier objeto sin exceder los 5 kg. Además, se observa que en cada mango hay 2 pulsadores (3). Estos se usarán para accionar los motores del sistema Tri-star tanto delanteros como posteriores, para el frenado y giro del sistema.

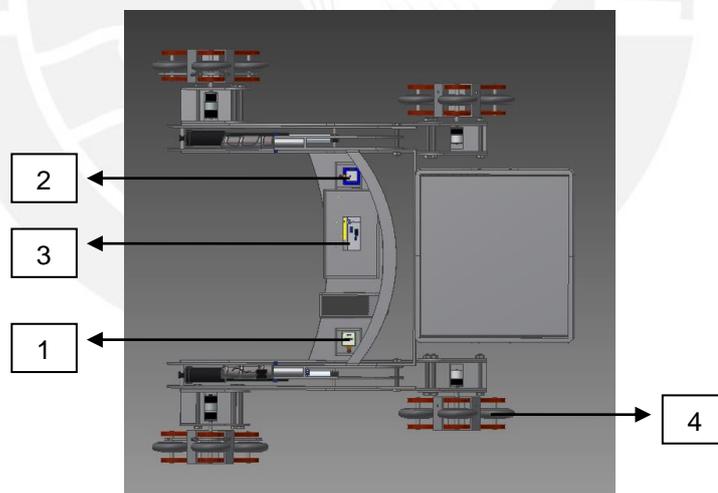


Figura 2.2-4 Vista superior
 Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.2-4 se observa en la parte central todo el sistema electrónico utilizado. Debajo de la batería se visualiza el módulo GSM (1) separado del módulo GPS (2) para evitar interferencias en las señales. En el medio de estos dos módulos se encuentra el microcontrolador junto con los drivers de los actuadores (3), tanto para los motores como para los actuadores lineales eléctricos. Como se observa, el sistema Tri-star está formado por 3 ruedas (4) de 3.25' ubicadas a los extremos de un triángulo equilátero de 18 cm de lado.

Capítulo 3

Sistema mecatrónico

3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico

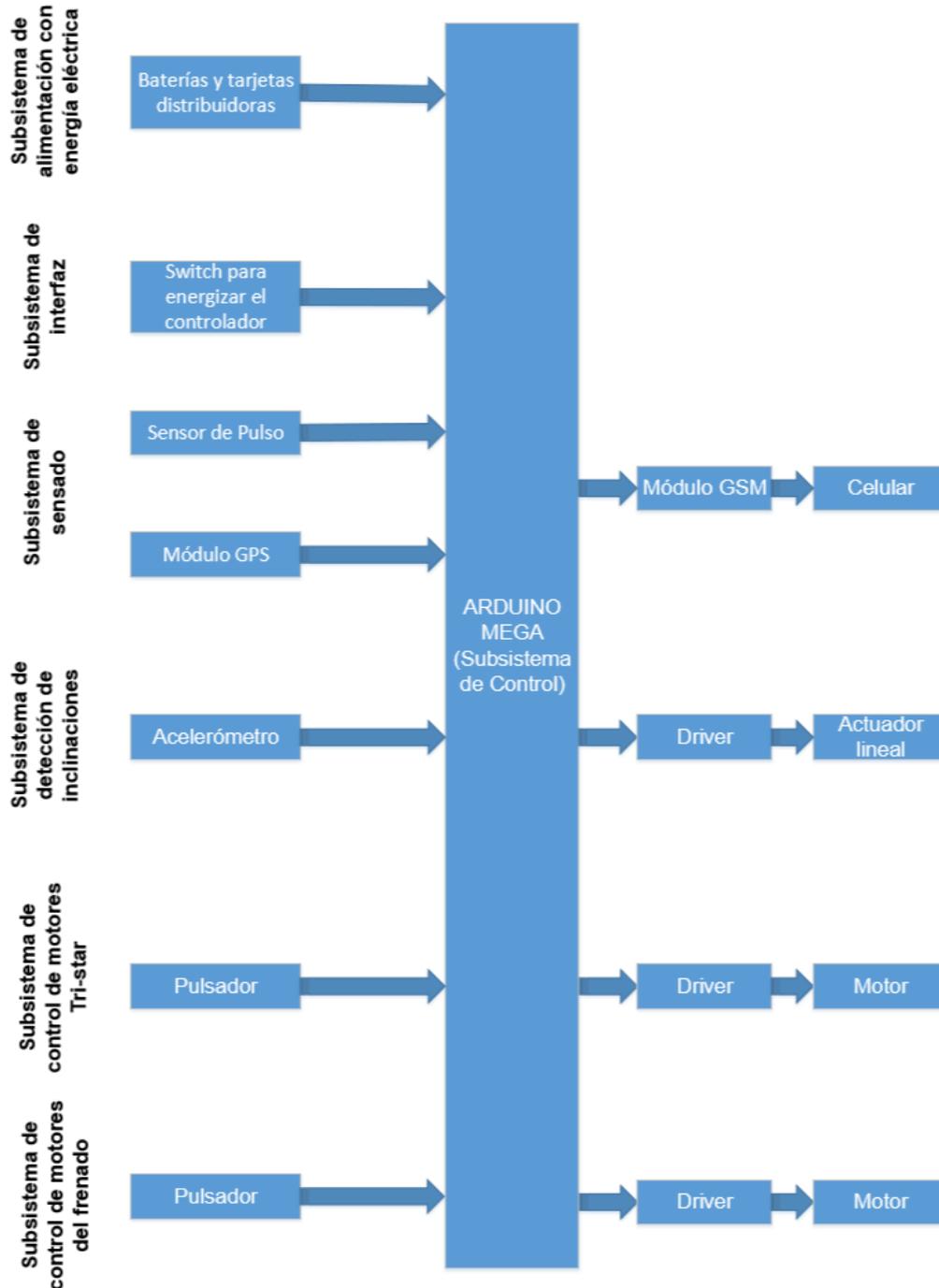


Figura 3.1-1 Diagrama de funcionamiento del sistema

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.1-1 se observa el diagrama de funcionamiento del sistema. El cual está dividido en los siguientes subsistemas: alimentación, interfaz, control general, sensado de frecuencia cardiaca y posicionamiento, detección de desniveles, control de motor Tri-star y control de motor de frenado.

El subsistema de interfaz está conformado por un switch, cuya finalidad es energizar el microcontrolador, y por cuatro pulsadores, cuya función es la generar interrupciones externas únicamente cuando han sido presionadas. Estos dispositivos están asociados al accionamiento de las ruedas delanteras, ruedas posteriores, freno y giro del sistema mecatrónico. En este caso, se generará la secuencia correcta de señales para hacer girar al sistema mecatrónico. Para energizar el sistema de control se utilizará 5 baterías recargables de 9V 250 mAh en paralelo. Esto nos proporcionará una independencia de 11 h 35 min (anexo 7.8). Los 4 pulsadores con enclavamiento generarán interrupciones en los siguientes pines del microcontrolador:

- Tri-star delanteros estará conectado al pin int.0 (2)
- Tri-star posteriores estará conectado al pin int.1 (3)
- Freno del sistema estará conectado al pin int.2 (21)
- Giro del sistema conectado al pin int.3 (20)

El subsistema de control se encarga de gestionar todas las señales de entrada para generar las salidas correspondientes. Las actividades que realiza son las siguientes: lectura de las entradas analógicas, estas se realizan con la finalidad de monitorear la frecuencia cardiaca de la persona. Se encarga de la generación de ondas PWM para accionar los motores a distintas velocidades. Además, maneja las interrupciones externas para el accionamiento de subsistemas asociados. Finalmente, establecerá las líneas de transmisión y recepción para la comunicación con el módulo GPS y GSM.

El subsistema de sensado de frecuencia cardiaca y posicionamiento se caracteriza por realizar el monitoreo de la frecuencia cardiaca a través de un sensor de pulso. En el sistema se realizará el muestreo de valores cada 100 ms. Luego de 15 minutos se obtiene su mediana y se guarda en una dirección de memoria de la EEPROM. Simultáneamente se obtiene su longitud y latitud. Una vez obtenidas todas las variables, se procede al envío de información a través del módulo GSM.

El subsistema de detección de inclinaciones se caracteriza por detectar el ángulo entre la posición inicial y final del acelerómetro. Esto es posible debido a que este dispositivo se caracteriza por medir la proyección del vector de la aceleración gravedad sobre uno de sus ejes de detección. La amplitud de la aceleración medida cambia con el seno del ángulo comprendido entre el plano horizontal y el eje de detección. Una vez que se detectó el ángulo, se procede al accionamiento de la señal de control que ingresa al driver para accionar al actuador lineal.

El subsistema de control de motores Tri-star se caracteriza por el giro controlado de los motores a través del encoder que viene acoplado en estos. Se ejecutará únicamente cuando se presione el pulsador asociado a una interrupción externa.

Finalmente, tenemos al subsistema de control de motores del freno. Al activarse este, el actuador ocasionará que una placa de aluminio con ranuras en las esquinas gire en sentido horario ocasionando fricción entre los ejes de las ruedas lo que llevará a que disminuya la velocidad de traslado.

3.2 Sensores y actuadores

3.2.1 Sensores

3.2.1-1 Sensor de pulso Amped [16] [17] (anexo 7.2)

El sensor a utilizar fue desarrollado por Joel Murphy y Yury Gitman. Este sensor de ritmo cardiaco (Figura 3.2-1) está diseñado para usarse conectado a un Arduino. La forma de usarlo (Figura 3.2-2) no generará ningún inconveniente al momento de usarlo con el sistema mecatrónico.

En cuanto a su uso, este se coloca sobre la yema del dedo y utiliza la cantidad de luz infrarroja reflejada por la sangre, que circula por el interior, como parámetro a medir.

El sensor contiene un emisor infrarrojo y un receptor montado a un lado. Debe estar presionado contra la piel. Cuando el corazón bombea, la presión arterial se eleva considerablemente y lo mismo ocurre con la cantidad de luz infrarroja procedente del emisor que se refleja en el detector. Parte de la luz infrarroja atraviesa el tejido, pero con cada pulsación el paso de la sangre reduce ligeramente la cantidad de luz que es capaz de traspasarlo. Esta variación se detecta con otro sensor, un fotodiodo cuyas propiedades varían según la luz, generando una corriente eléctrica dependiendo de la cantidad de luz que recibe. El detector deja pasar más corriente cuando recibe más luz, que a su vez provoca una caída de tensión para entrar al circuito amplificador.

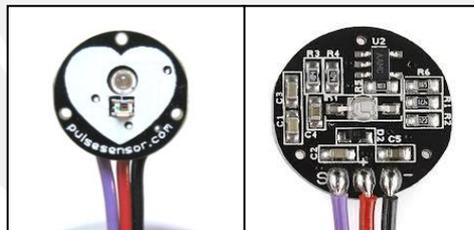


Fig. 3.2-1: Sensor de Pulso Amped
Fuente: [16]

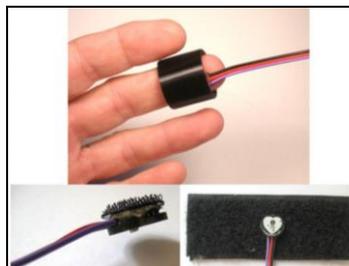


Fig. 3.2-2: Posición de uso del sensor
Fuente: [16]

Las especificaciones más resaltantes del sensor usado se observan en la Tabla 3.2-1. En esta, se especifica su voltaje de entrada así como la corriente de consumo, factor importante al momento de seleccionar la batería de control.

Tabla 3.2-1: Especificaciones del sensor de pulso
Fuente: [16]

Pulse Sensor	
Voltaje de entrada	3V - 5V
Corriente de consumo	4mA a 5V
Diámetro	16mm

El sensor está ubicado cerca al área de sujeción del andador, sin ningún objeto encima que interfiera la señal y alejado de las fuentes de ruido. En la figura 3.2-4 se observa la ubicación del sensor dentro del sistema mecatrónico. Como se visualiza, está ubicado en la parte superior cerca al mango derecho del andador a una altura de 98 cm respecto del suelo como nivel de referencia.

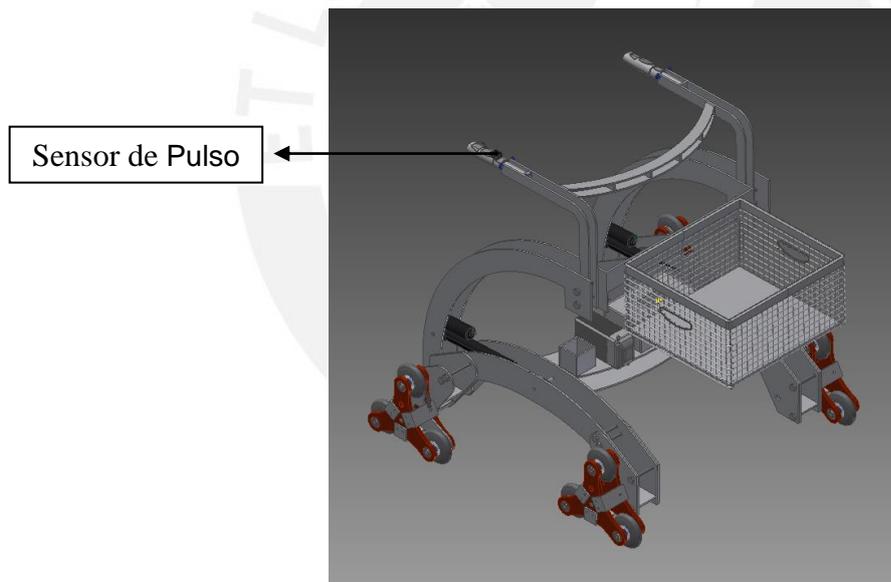


Fig. 3.2-3: Ubicación del sensor de pulso
Fuente: Elaboración propia

3.2.1-2 Módulo de navegación satelital SkyLabs SKM53 [18] [19] [20] (anexo 7.4)

Utiliza el chip MediaTek3329 y viene con una antena integrada. Se comunica a través de puerto serial UART. Con este módulo, se medirá la longitud y latitud de la posición del usuario cada 15 minutos.

En la figura 3.2-4 se muestra la imagen del módulo GPS a utilizar.



Fig. 3.2-4: Módulo GPS
Fuente: [18]

Las especificaciones se muestran en la Tabla 3.2-2. Entre los más importantes tenemos su límite de operación y su consumo energético. Como se dijo anteriormente, se necesitará de estos datos para calcular el consumo total de todos los componentes electrónicos.

Tabla 3.2-2: Especificaciones del módulo GPS

Tipo de receptor	L1 frequency band, CIA code	
	22 Tracking / 66 Canales de lectura	
Sensibilidad	Tracking	165dBm
	Acquisition	148dBm
Precisión	Posición	3mts. 3D RMS sin SA
	Velocidad	0.1m/s sin SA
	Timing (PPS)	60ns RMS
Tiempo de lectura	Cold start	36 s
	Warm Start	33 s
	Hot start	1 s
	Re-Acquisition	<1s
Consumo de energía	Tracking	<30mA @ 3V Vcc
	Acquisition	40mA
	Sleep/Standby	TBD
Frecuencia de actualización de datos de navegación	1Hz	
Límites de operación	Altitude	Max 18,000m
	Velocity	Max 515m/s
	Aceleración	Menor a 4g
Especificaciones de la antena	Outline Dimension	18.2 x 18.2 x 4.0 mm
	Center Frequency	1575 ± 3 MHz
	Bandwidth	10 MHz min
	Impedance	50 Ω
	Axial Ratio	3 dB max
	Polarization	RHCP
Dimensiones y peso	Dimensiones	30mm x 20mm x 11.4mm
	Peso	9g
Fuente de poder	VCC	5V ±5%
	Corriente	55mA (typical)
Entorno	Temperatura de operación	40 ° +85 (sin batería de respaldo)
	Temperature de almacenamiento	0 ° +125

La ubicación del módulo GPS se observa en la figura 3.2-5. Está ubicado de tal forma que no se produzca interferencias entre el módulo GPS y el módulo GSM.

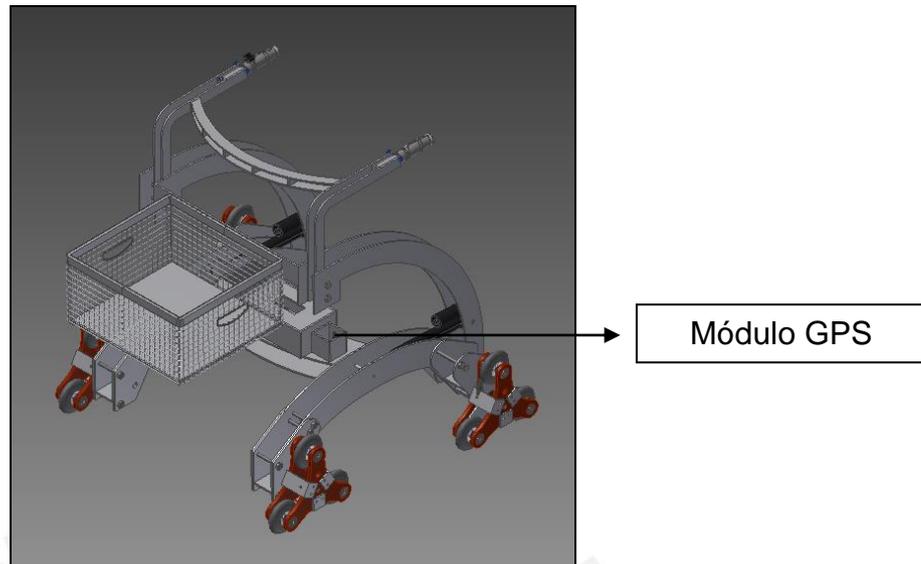


Fig. 3.2-5: Ubicación del módulo GPS
Fuente: Elaboración propia

3.2.1-3 Acelerómetro Digital 3 Ejes- ADXL345 [21] [22] [23] (anexo 7.3)

Se caracteriza por detectar el ángulo entre uno de sus ejes y el eje horizontal. Esto, nos permitirá detectar inclinaciones, debido a que este dispositivo mide la proyección del vector de la aceleración de la gravedad sobre uno de sus ejes de detección. La amplitud de la aceleración medida cambia con el seno del ángulo comprendido entre el plano horizontal y el eje de detección.

Este dispositivo utiliza 2 líneas de transmisión de información, una para datos (SDA) y otra de reloj (SCL). En modo estándar la frecuencia del reloj es de 100KHz. En modo rápido llega a una frecuencia de 400 KHz. En la figura 3.2-6 se muestra el acelerómetro usado en el sistema mecatrónico



Fig. 3.2-6: Acelerómetro ADXL345
Fuente: [21]

Las especificaciones más resaltantes de este sensor se observan en la Tabla 3.2-3. Entre las más importantes tenemos a su sensibilidad y el voltaje de entrada.

Tabla 3.2-3: Tabla de especificaciones del acelerómetro ADXL345

ADXL345	
Ejes	X,Y,Z
Rango de aceleración	$\pm 2g, \pm 4g, \pm 8g, \pm 16g,$
Sensibilidad	256LSB/g, 128LSB/g, 64LSB/g, 32LSB/g
Voltaje de entrada	2V - 3.6V
Tipo de salida	Digital
Data rate	6.25Hz - 3.2kHz
Interfaz	I ² C, SPI

En la figura 3.2-7 se muestra la ubicación del acelerómetro dentro del sistema mecatrónico. La posición inicial del sensor debe ser paralela al suelo, de tal forma que detecte inclinaciones cuando suba una escalera.

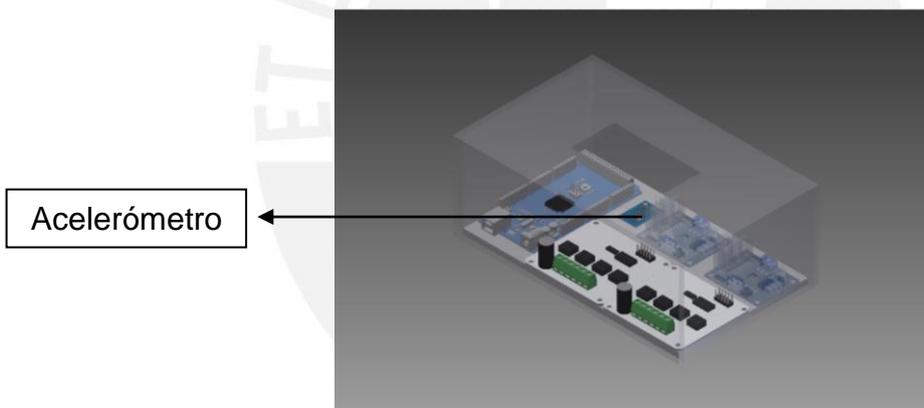


Fig. 3.2-7: Ubicación del acelerómetro
Fuente: Elaboración propia

3.2.1-4 Shield GPRS/GSM SIM900 [24] [25] (anexo 7.5)

Este dispositivo se basa en el controlador SIM900 de SIMCOM y está diseñado para trabajar con Arduino y sus versiones compatibles. Este shield permite la comunicación usando la red GSM de telefonía celular. Con este, se podrá acceder a los servicios SMS, MMS, GPRS y telefonía de una manera sencilla enviando comandos AT.

El módulo GSM a utilizar se muestra en la figura 3.2-8. Este dispositivo nos permitirá enviar en tiempo real al apoderado mensajes de texto con las advertencias del estado cardiovascular del usuario.



Fig. 3.2-8: Módulo GSM
Fuente: [25]

Las especificaciones más resaltantes del módulo GSM son las siguientes:

- Quad-Band 850 / 900/ 1800 / 1900 MHz - funciona en todas las redes celulares del planeta.
- Controlable vía comandos AT estándar: GSM 07.07 & 07.05 | Comandos mejorados: SIMCOM AT Commands.
- Servicio Short Message Service (SMS) - para poder enviar pequeños paquetes de datos a través de la red celular.
- Incorpora un Real Time Clock - RTC. (Requiere pila)
- Soporte para comunicación por softwareSerial (pines 6 y 7).
- Bajo consumo (en modo sleep) - 1.5mA
- Soporta rangos temperatura - -40°C to +85 °C

La ubicación del sensor se aprecia en la figura 3.2-9. Como se mencionó anteriormente, este dispositivo está alejado del módulo GPS para evitar posibles interferencias en las señales.

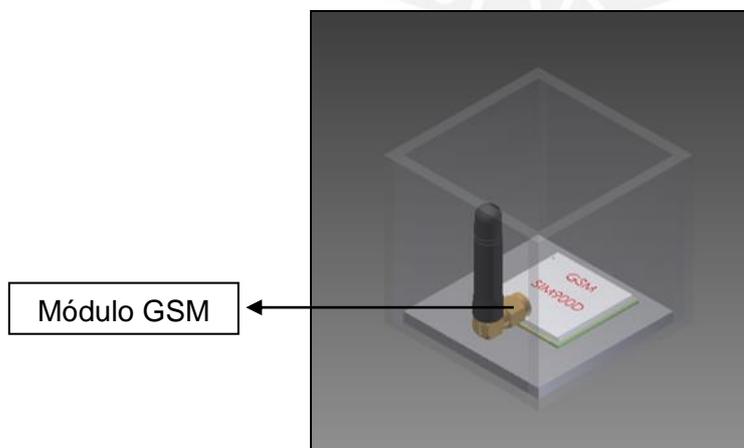


Fig. 3.2-9: Disposición del módulo GSM dentro de su soporte
Fuente: Elaboración propia

3.2.1-5 Concentric LACT8P-12V-20 [15] (anexo 6)

Este actuador lineal de 12V se puede utilizar en una variedad de aplicaciones de servicio pesado. Su motor tiene una caja reductora 20:1 que le da al actuador una capacidad de carga dinámica de 110 lbs (50 kg) y una velocidad máxima de 1,3 cm/s. Además, puede soportar 500 lbs sin moverse. Este actuador cuenta con una carrera de 8-inch y un potenciómetro incorporado para la retroalimentación.

Este actuador permitirá que la altura de sujeción del sistema mecatrónico siempre sea el adecuado al momento de subir o bajar la escalera. En la figura 3.2-10 se observa la ubicación del actuador lineal dentro del diseño mecatrónico.

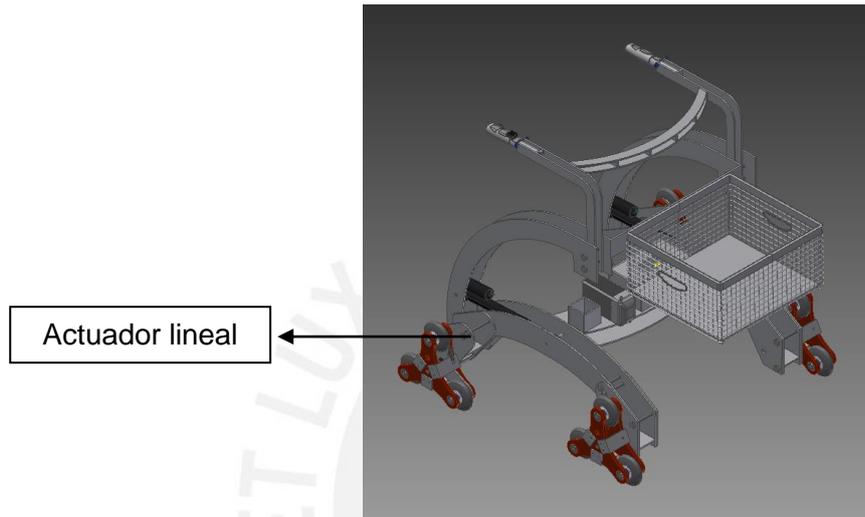


Fig. 3.2-10: Ubicación del actuador lineal
Fuente: Elaboración propia

3.2.1-5 DC Motor 3274E [28] (anexo 4)

Es un motor de engranajes de 24 V. Tiene la capacidad de generar 173 kg-cm de torque a 15 RPM. Este actuador viene equipado con un encoder modelo E4P US, que permite controlar el giro del motor. La ubicación del motor se muestra en la figura 3.2-11.

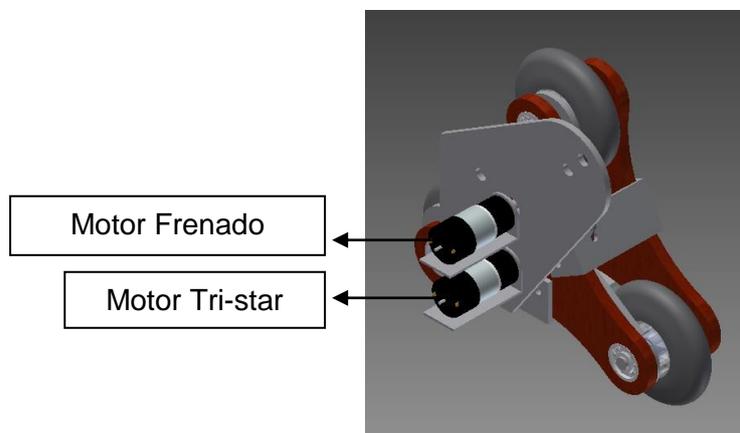


Fig. 3.2-11: Ubicación del motor
Fuente: Elaboración propia

3.3 Planos del sistema mecatrónico

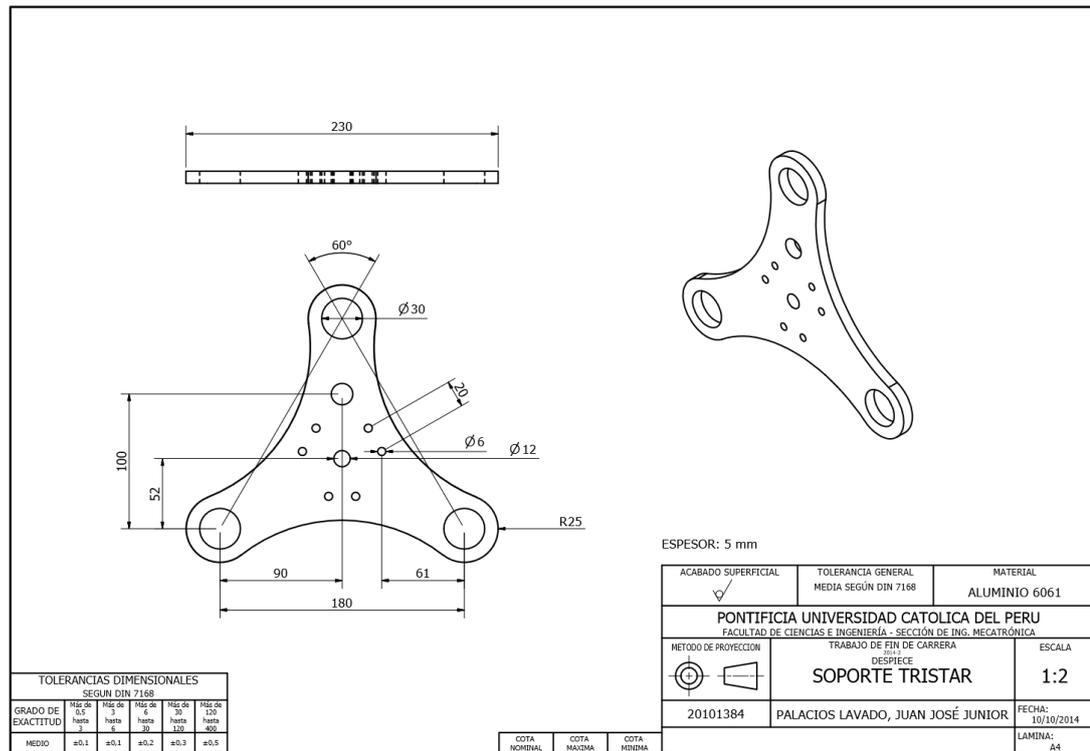


Fig. 3.3-1: Plano Soporte del Sistema Tri-star

Fuente: Elaboración Propia

El plano de la figura 3.3-1 muestra el Soporte del Sistema Tri-star (anexo 9). Esta pieza se obtendrá a partir de una plancha de aluminio 6061 (anexo 11) de 40 cm x 50 cm con 5 mm de espesor. Este componente es el elemento final en el cual se distribuye la fuerza que realiza el usuario al momento de sujetar el andador (anexo 2) y cumple con el análisis de esfuerzos (anexo 8.4). Tiene 3 ruedas que estarán distribuidos en los 3 vértices del triángulo equilátero de 18 cm en el que se basó para realizar el diseño de esta pieza. La pieza se emperna a otra pieza de la misma forma con pernos M6 x 16 mm para lograr que el sistema sea rígido.

El plano de la figura 3.3-2 muestra la unión del sistema Tri-star. Esta pieza se obtendrá a partir de una plancha de aluminio de 2 mm de espesor. Este componente sirve principalmente para sostener y fijar los dos soportes del sistema Tri-star mediante uniones empernadas. Posee una ranura de 6 mm por el cual se sujetará un resorte que permitirá que el sistema de frenado permanezca en equilibrio mientras no se presione el botón de freno. El diseño mecatrónico cuenta con 4 de estas piezas en total.

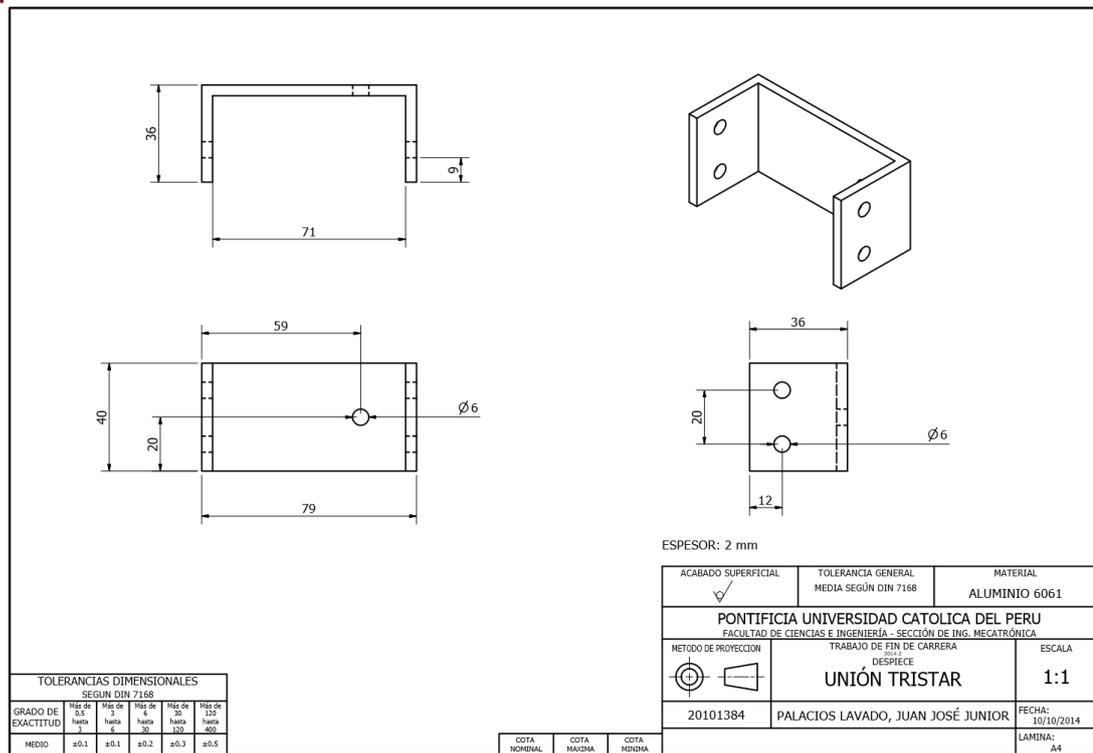


Fig. 3.3-2: Plano Unión del Sistema Tri-star

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.3-3 se muestra el plano de ensamble del sistema Tri-star que permitirá al sistema mecatrónico subir las gradas de la escalera. Para unir todas las piezas entre sí, se utiliza pernos M6 con sus respectivas tuercas. Las ruedas se unirán al sistema a través de sus ejes que pasarán por sus respectivos rodamientos, de tal forma que exista libre movimiento axial. Además, las ruedas utilizadas tienen la característica de que han sido diseñadas para ser utilizadas en equipos médicos de rehabilitación, por lo que garantizarán una buena durabilidad.

El plano de la figura 3.3-4 muestra el Soporte A0 o Brazo superior. Este elemento es el primero en el cual se distribuye la fuerza ejercida por la persona. Para la unión entre esta pieza y el Soporte B0 se utilizarán pernos hexagonales M10. Esta pieza se obtendrá a partir de un proceso de corte de una plancha de aluminio de 42 cm x 40 cm con 3 mm de espesor. Se eligió ese espesor debido a que cumple el análisis de esfuerzos (anexo 8.1) y además, es lo más liviano posible. Esto permitirá que el sistema mecatrónico no pese mucho para que la persona de edad avanzada no tenga dificultad para empujarlo.

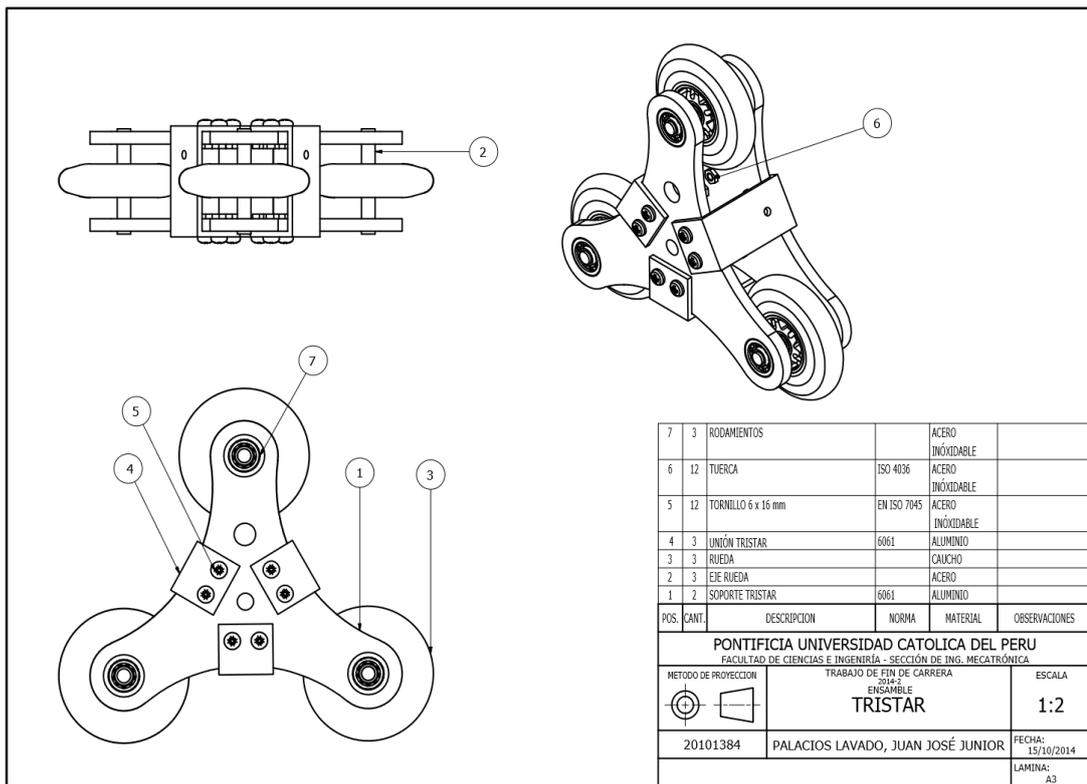


Fig. 3.3-3: Plano Ensamble Sistema Tri-star

Fuente: Elaboración Propia

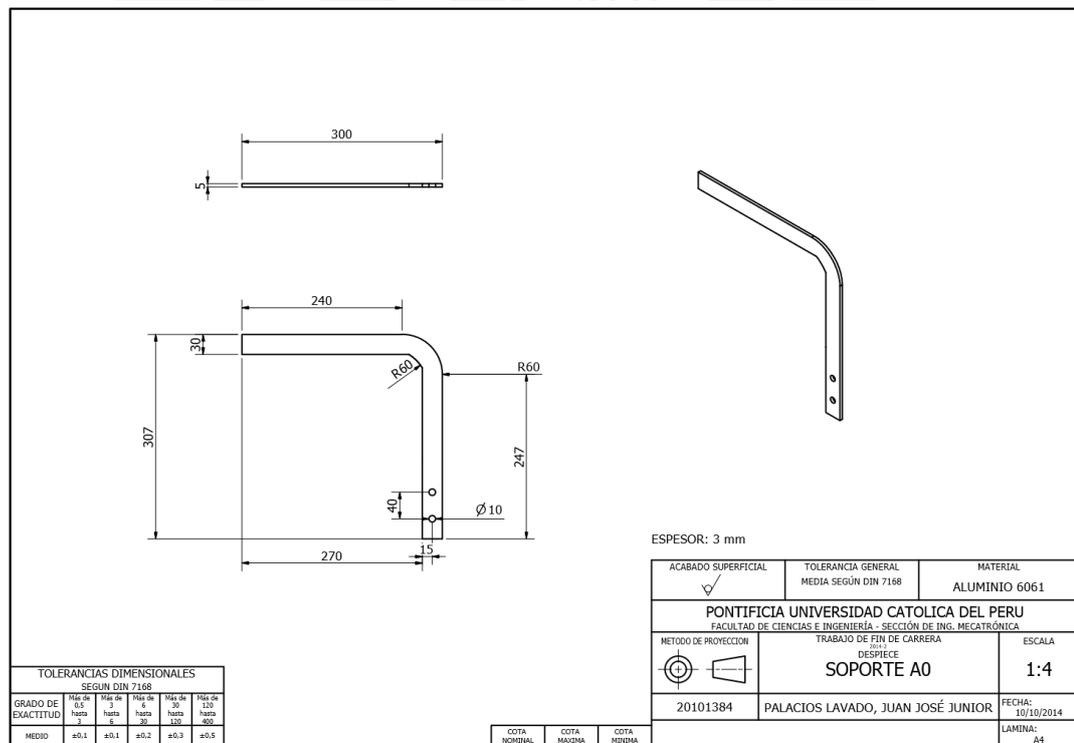


Fig. 3.3-4: Plano Soporte A0

Fuente: Elaboración Propia

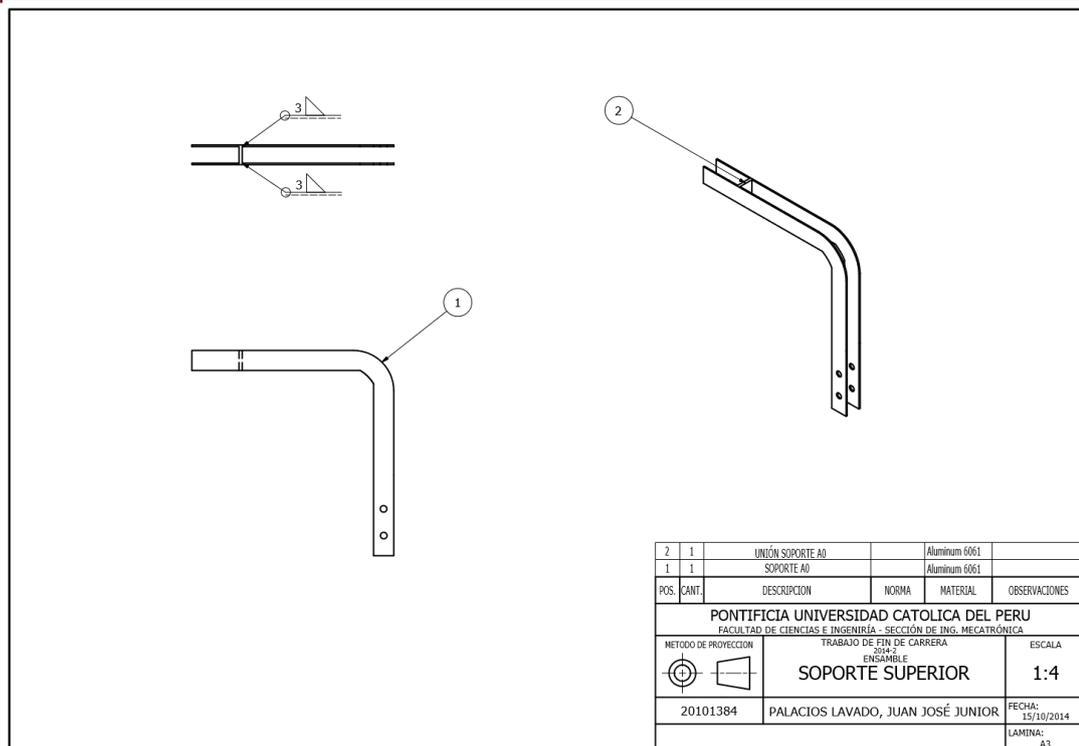


Fig. 3.3-5: Plano Ensamble Soporte superior

Fuente: Elaboración Propia

El plano de la figura 3.3-5 muestra el ensamble del Soporte superior. Está compuesto por dos piezas (Soporte A0 y Unión Soporte A0). Para obtener este ensamble, las dos piezas se unirán entre sí mediante soldadura TIG para aluminio con cordones de soldadura de 3 mm de espesor es las zonas indicadas. Este conjunto se emperna a la cara superior del Soporte B0. Esta estructura soportará como máximo el 20% del peso de la persona (anexo 2), por lo que al ser evaluado mediante un análisis de esfuerzos no fallará (anexo 8.2).

En la figura 3.3-6 se muestra el Soporte B0 o Brazo curvo medio. Mediante uniones empernadas se unirá con el Soporte A0 o Brazo superior. En este elemento se sujeta uno de los apoyos del actuador lineal eléctrico. Por otro lado, está unido por medio de un pasador con el Soporte C0 o Brazo inferior. El actuador lineal le ejercerá fuerza de tal modo que este elemento gire a lo largo del pasador y permita que la altura de sujeción del sistema mecatrónico sea la adecuada al momento de subir o bajar las gradas de la escalera. Esta pieza cumple con el análisis de esfuerzos a los cuales es sometido (anexo 8.2).

Se obtendrá a partir de un proceso de corte de una plancha de aluminio de 100 cm x 90 cm con 3 mm de espesor.

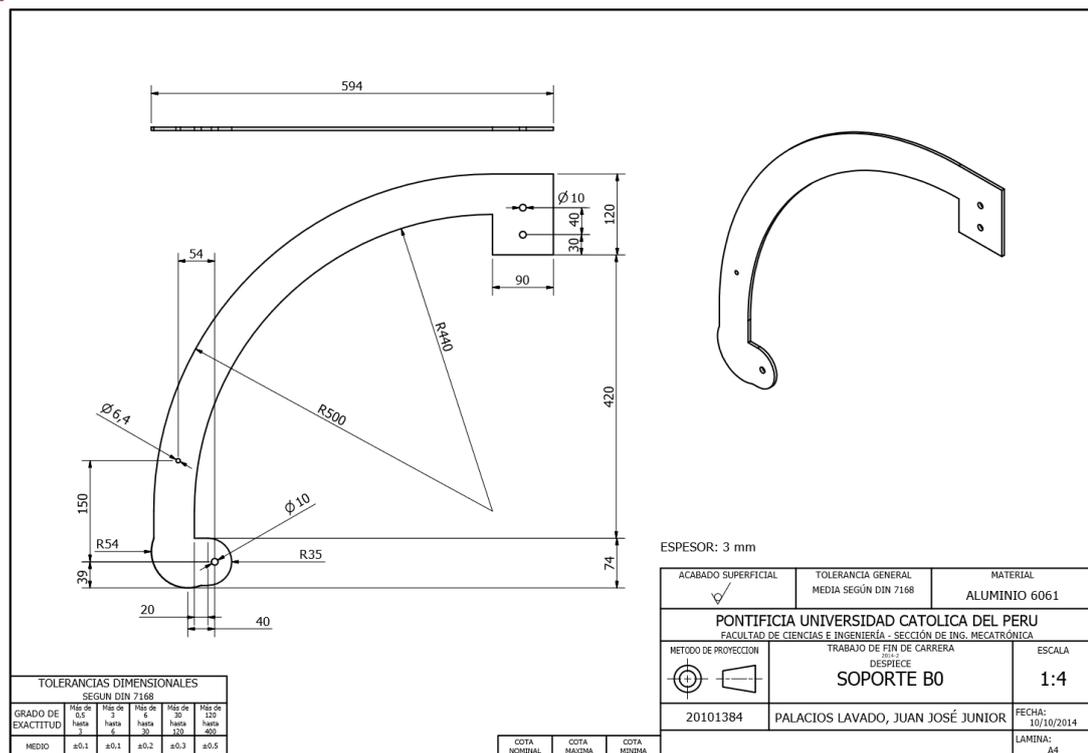


Fig. 3.3-6: Plano Soporte B0

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.3-7 se muestra el Soporte C0 o Brazo curvo inferior. En este elemento se sujeta el otro apoyo del actuador lineal eléctrico. Se utilizan pernos M6 x 16 mm para unir este elemento con el Soporte D0 o Soporte motor. Por otro lado, está unido por medio de un pasador con el Soporte B0 o Brazo medio. Esta pieza cumple con el análisis de esfuerzos a los cuales es sometido (anexo 8.3). Se obtendrá a partir de un proceso de corte de una plancha de aluminio de 100 cm x 72 cm con 3 mm de espesor.

En la figura 3.3-8 se muestra el Soporte D0 o Soporte motor. Este elemento está unido al Soporte C0 a través de pernos M10. El motor del sistema Tri-star estará entre dos de estos soportes. Además, posee un agujero mayor que el diámetro del eje del sistema de frenado que ocasionará que solo accione la placa de frenado y no al sistema Tri-star. Esta estructura se obtiene a un proceso de corte de una plancha de aluminio de 3 mm de espesor.

El plano de la figura 3.3-9 muestra el Ensamble del sistema mecatrónico de asistencia técnica para personas de edad avanzada. Para unir todas las piezas entre sí, se usarán pernos hexagonales M6 y M10 (de diferentes longitudes) con sus respectivas tuercas M6 y M10. El material utilizado en el proyecto es el aluminio debido a su baja densidad. Esto permitirá que el sistema pese menos y para empujarlo se necesite menos fuerza.

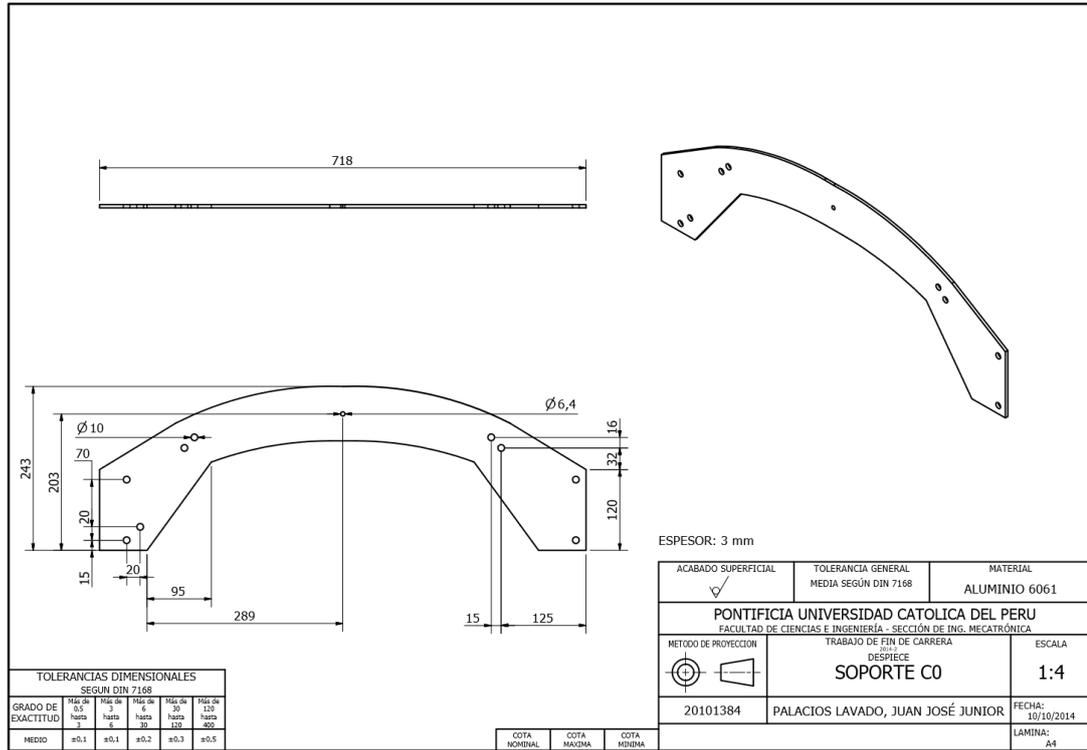


Fig. 3.3-7: Plano Soporte C0

Fuente: Elaboración Propia

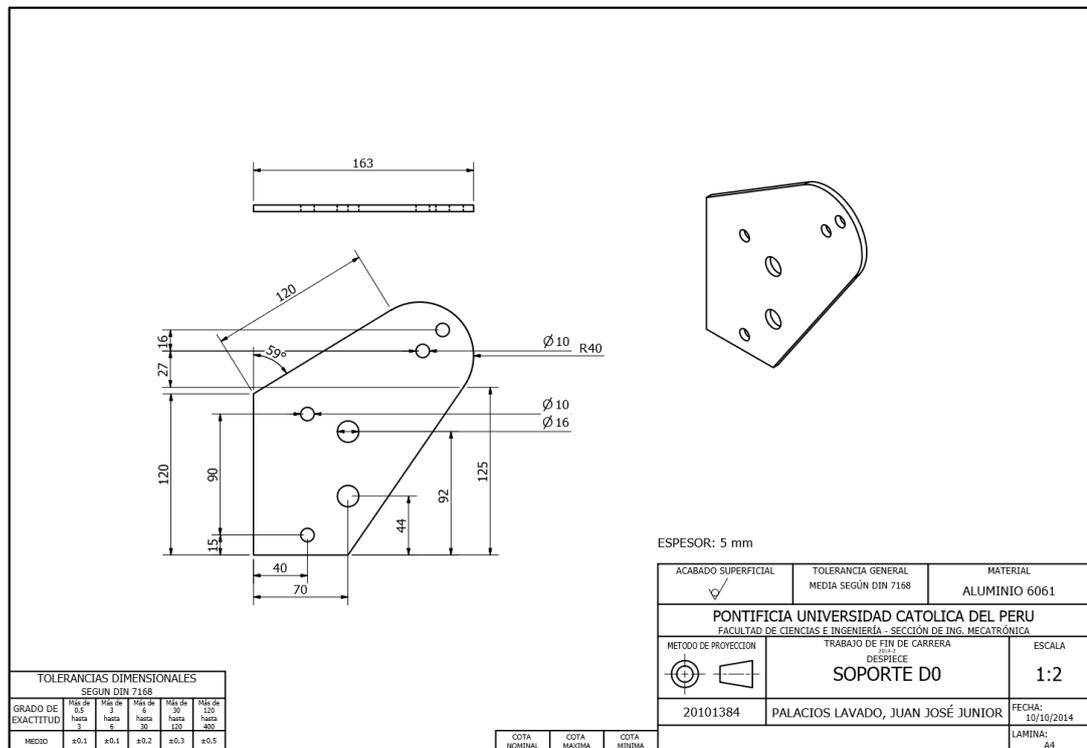


Fig. 3.3-8: Plano Soporte D0

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico

La figura 3.4-1 muestra el esquemático del circuito de control principal. El circuito es alimentado a través de una batería de 9 V al momento de presionar el switch S1. En este, se muestra las conexiones entre los sensores y los drivers con el microcontrolador. En primer lugar, tenemos el conexionado del sensor de pulso, para este como se explicó anteriormente solo se necesita la alimentación, tanto VCC como GND, y conectar la salida del sensor con una entrada analógica del microcontrolador. En este caso, se usó el pin A0 del Arduino. De igual forma se procede con el conexionado de los demás sensores así como de los drivers.

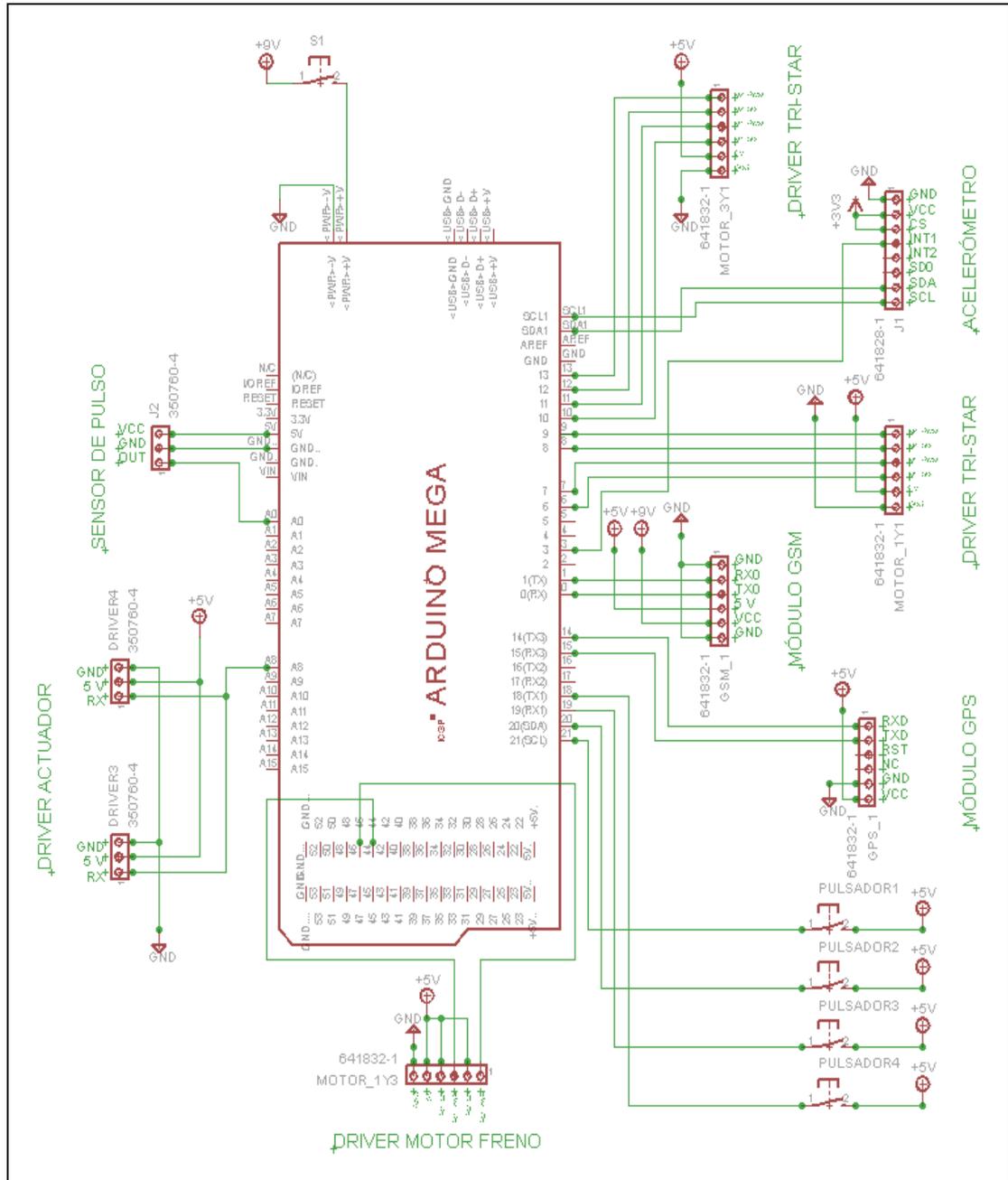


Fig. 3.4-1: Circuito de control principal

Fuente: Elaboración propia

Pulse Sensor Amplified Designed by Joel Murphy Licensed under the TAPR Open Hardware License (www.tapr.org/OHL) Spring 2012

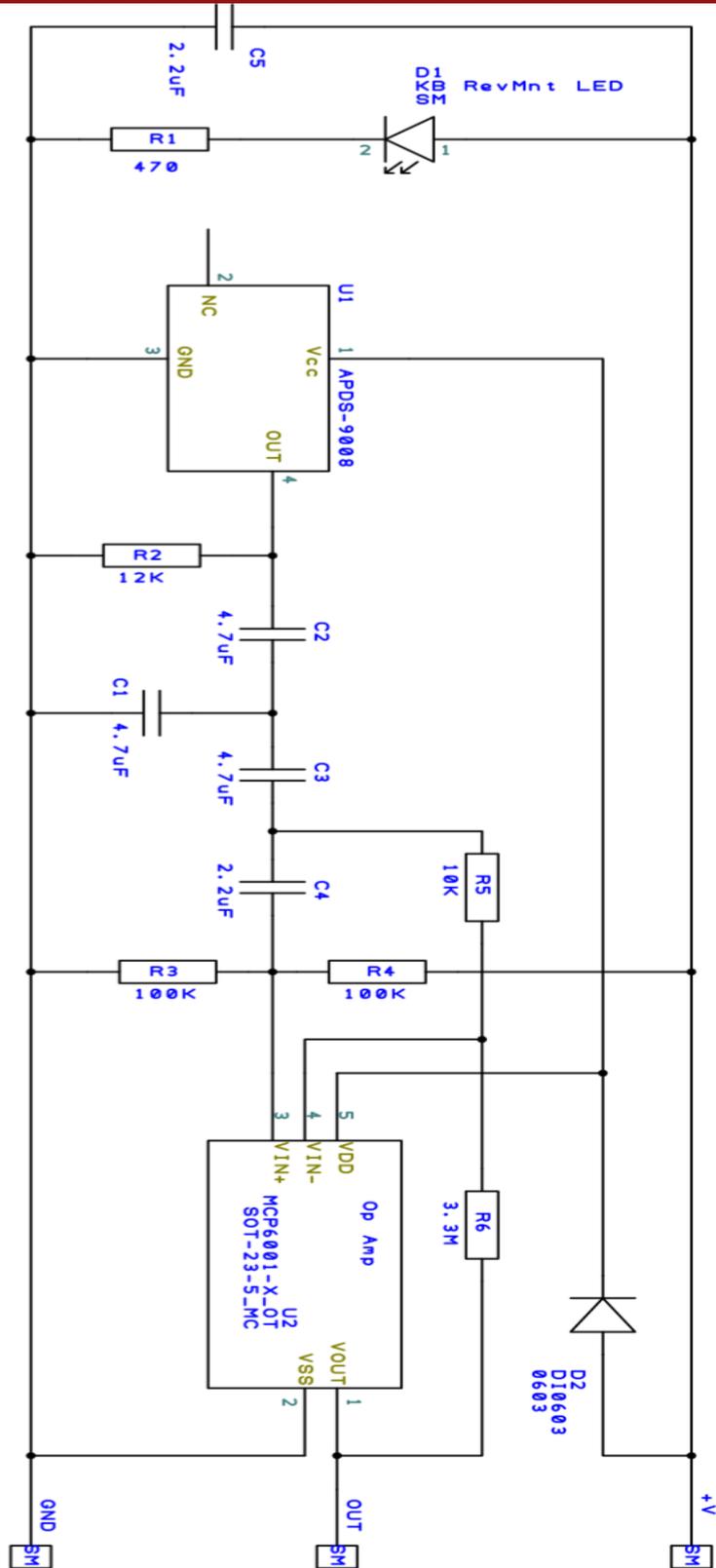


Fig. 3.4-2: Circuito de Sensor de pulso

Fuente: [29]

En la figura 3.4-2 se muestra el esquemático desarrollado por Joel Murphy y Yury Gitman, el cual es el circuito del sensor de pulso Amped. El voltaje de alimentación (+V) del sensor proviene del Arduino. El diodo led emitirá una señal que será recibida por el sensor fotoeléctrico (APDS-9008). Luego, la señal de salida del sensor será acondicionada por un opam trabajando como amplificador para su posterior ingreso a las entradas analógicas del Arduino.

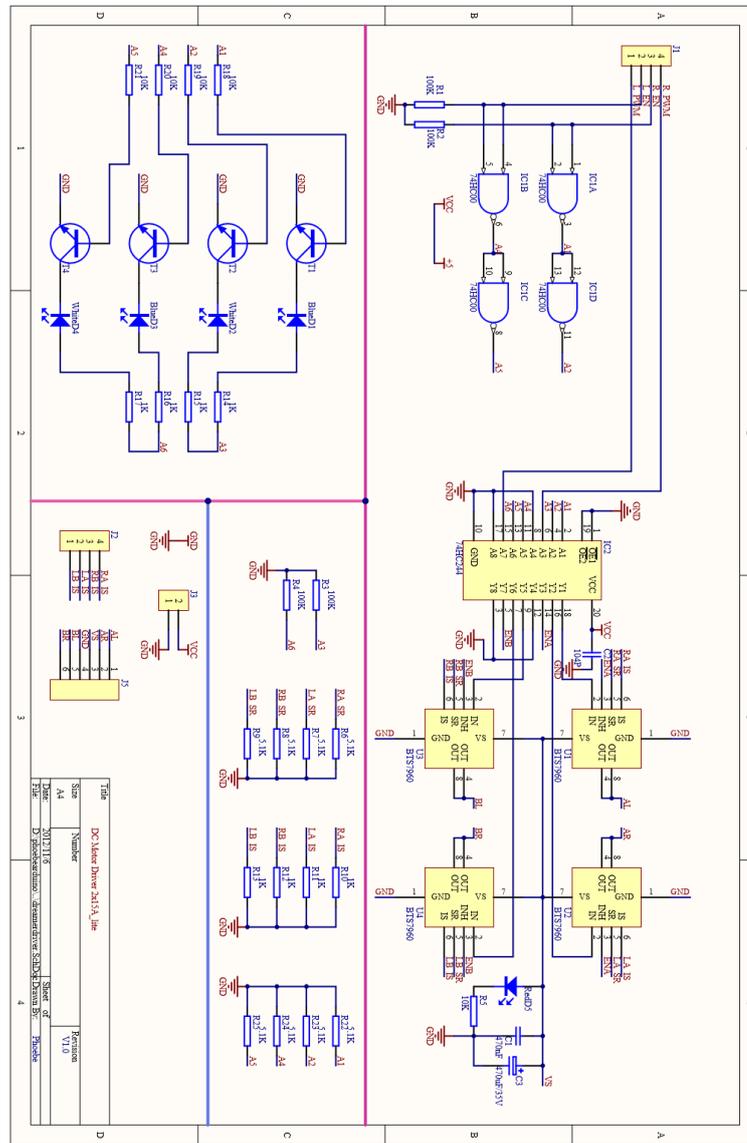


Fig. 3.4-3: Circuito del controlador de motores Tri-star

Fuente: [30]

En la figura 3.4-3 se muestra el esquemático desarrollado por DFROBOT, el cual representa al DC Motor Driver 2x15A utilizado para el control de los Tri-star. La alimentación de la parte de control es con 5V. J1, ubicado en la esquina superior izquierda del esquemático, representa las borneras de control. Los pines R_EN y L_EN son usados para activar los 2 motores. Los pines R_PWM y L_PWM se conectan a las entradas PWM del Arduino para generar las señales de velocidad requeridas.

En la figura 3.4-4 se muestra el esquemático desarrollado por J. Lindblon, el cual representa al acelerómetro ADXL345. La alimentación de este dispositivo proviene del Arduino. En este caso se utiliza 3.3 V debido a que así lo recomienda el fabricante. En la parte central del esquemático se encuentra JP1, los pines a utilizar en el conexionado son GND, VCC, CS, INT1, SDA y SCL.

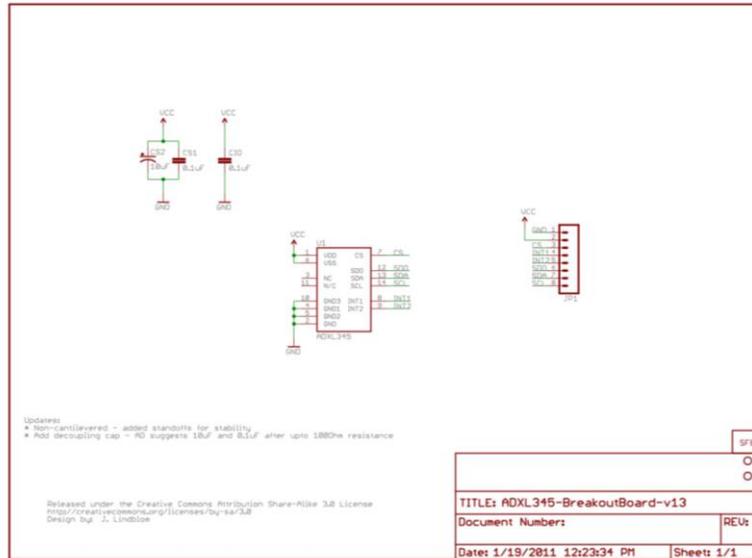


Fig. 3.4-4: Circuito acelerómetro ADXL345

Fuente: [23]

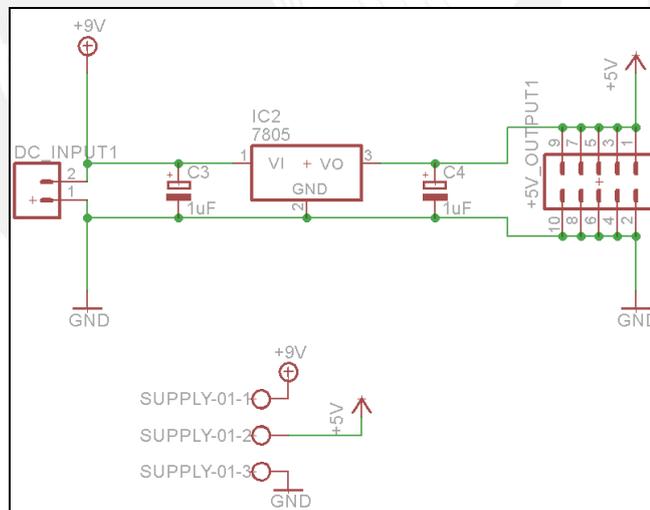


Fig. 3.4-6: Regulador de voltaje 7805

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.4-6 se observa el circuito del regulador de voltaje utilizado en el sistema mecatrónico. La fuente de entrada fue la batería de alimentación del Arduino Mega 2560 de 9V. La tensión de salida fue de 5V. Esto se realizó para alimentar los demás sensores como el módulo GPS y GSM.

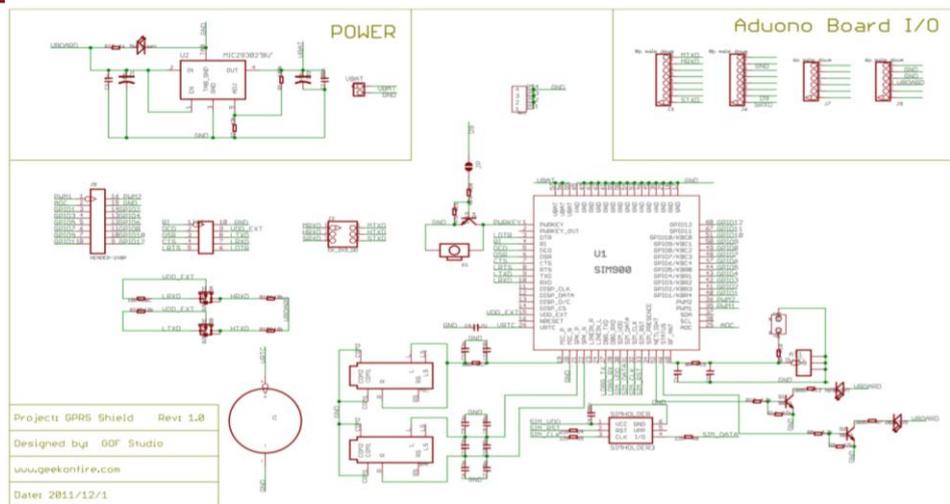


Fig. 3.4-5: Circuito del módulo GSM

Fuente: [24]

En la figura 3.4-5 se muestra el esquemático desarrollado por Geeetech, el cual representa el circuito del módulo GSM. En el sistema mecatrónico se usaron los pines Rx, Tx en el caso de la transmisión. Estos se conectarán con los pines 1 y 0 del microcontrolador respectivamente.

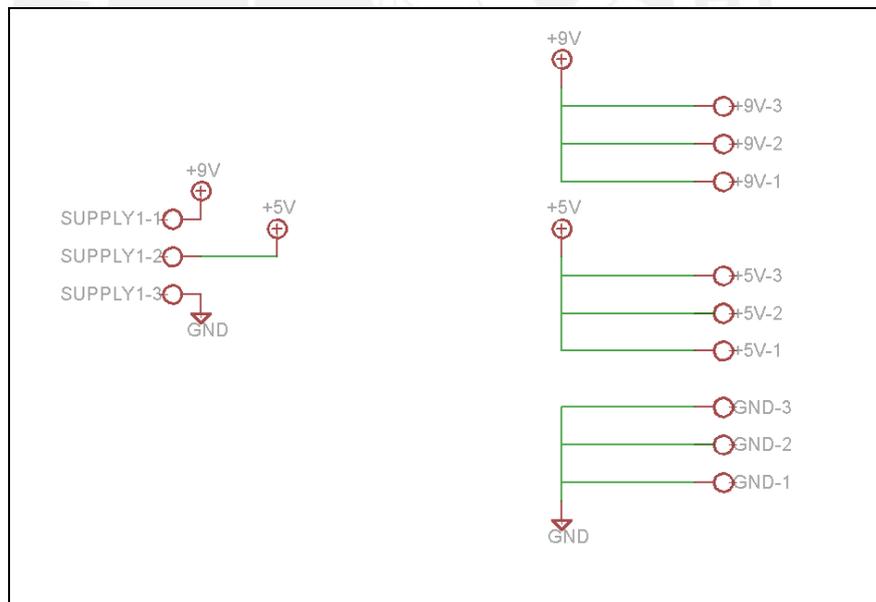


Fig. 3.4-7: Circuito distribuidor de voltaje

Fuente: Elaboración propia

La figura 3.4-7 muestra el esquemático del circuito distribuidor utilizado. Este permitirá tener mayores terminales de voltaje para la alimentación de los sensores a usar. Se usarán tanto para el módulo GPS, GSM así como para la señal de control del controlador del motor.

3.5 Diagrama de flujo del programa de control

3.5.1 Diagrama de flujo del programa principal

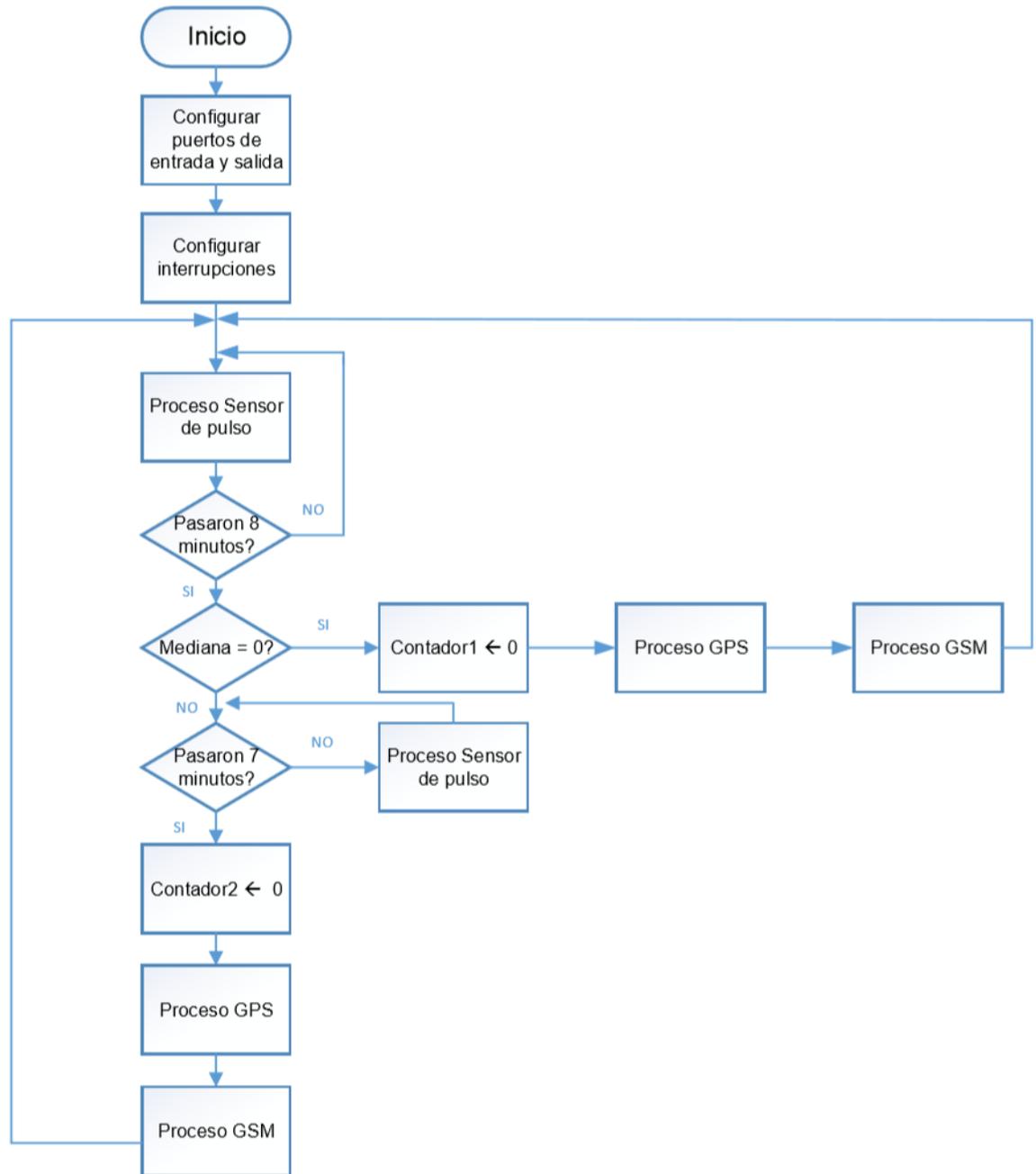


Fig. 3.5-1: Diagrama de flujo del programa principal
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5-1 se observa el diagrama de flujo del programa principal. Al presionar el botón de inicio se energiza el sistema. Se inicia el programa estableciendo las configuraciones de todos los puertos que se utilizarán. Luego, se configuran las interrupciones que son INT0, INT1, INT2, INT3 e INT4. Estas representan a los pines de microcontrolador 2, 3, 21, 20 y 19 respectivamente.

Después de terminar la configuración de todos los puertos e interrupciones, se procede al subprograma de sensado de frecuencia cardiaca llamado "Proceso sensor de pulso". Las variables de salida todas definidas dentro del subprograma son "contador1", "contador2", "mediana" y "Label". Luego de 8 minutos de cuenta del "contador1" se procede a verificar si el valor de la variable mediana es cero. Si el condicional es afirmativo, se procede a reestablecer el contador1 a cero y a la ejecución de los subprogramas llamados "Proceso GPS" y "Proceso GSM" respectivamente para luego volver nuevamente al "Proceso Sensor de Pulso". La información a enviarse vía GSM en este caso es mediana=0, latitud y longitud correspondiente de la ubicación de la persona a los 8 minutos. Esto permitirá al apoderado saber la situación actual del usuario que puede ser que se haya caído, debido a que no hay lectura del sensor de pulso. En caso la salida del condicional sea negativa, se procederá a ingresar a otro condicional en la cual se verificará si han pasado 7 minutos después de los 8 que sirvieron para comprobar si se había soltado del andador. La suma de estos 2 tiempos nos daría en total 15 minutos. Si la salida del condicional es afirmativa, se procederá a reestablecer el contador 2 a su valor original de 0 y a ejecutar los subprogramas de "Proceso GPS" y "Proceso GSM". Luego de lo anterior, el programa regresa al "Proceso Sensor de pulso" para volver a realizar las rutinas explicadas anteriormente.

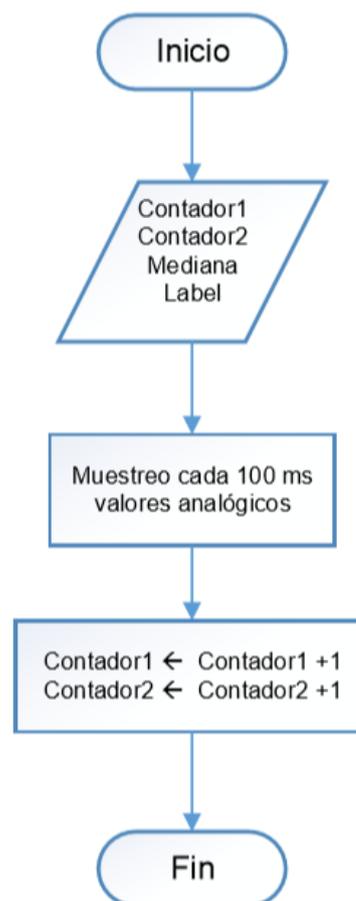


Figura 3.5-2: Diagrama de flujo del Proceso sensor de pulso

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5-2: Se observa el Proceso sensor de pulso. Este subprograma se encargará de muestrear cada 100 ms la entrada del microcontrolador proveniente de la salida del sensor de pulso. Luego, se procede a guardar este valor en un arreglo. Posteriormente, se actualiza los valores del contador1 y contador2.

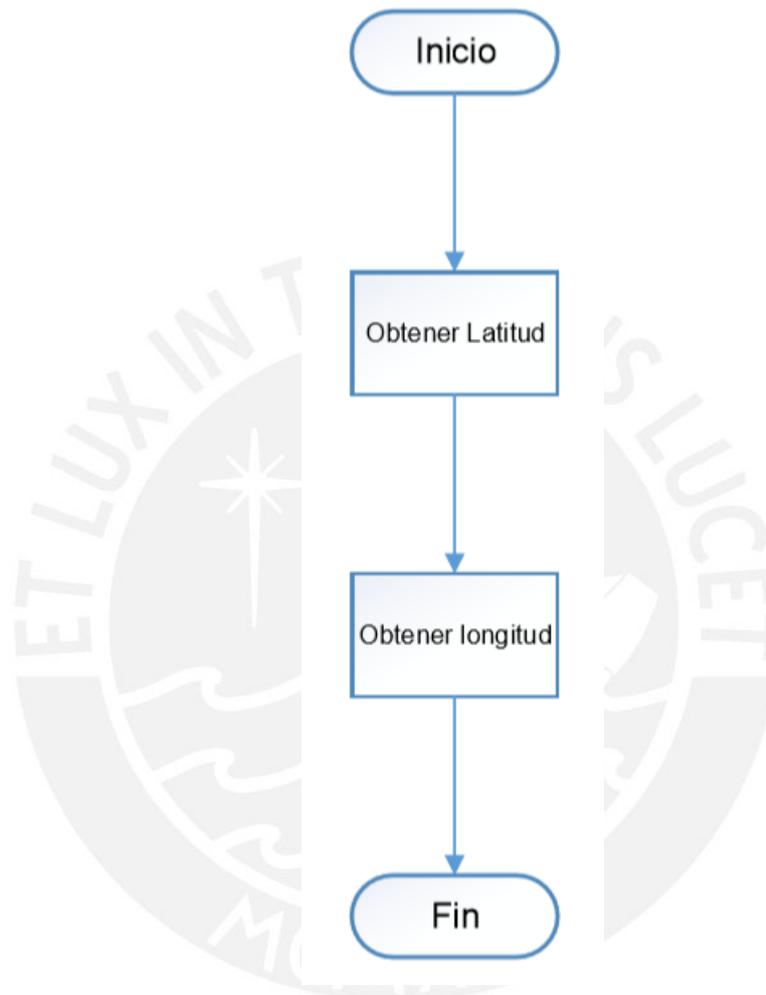


Figura 3.5-3: Diagrama de flujo del Proceso GPS

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5-3 se observa el diagrama de flujo del Proceso GPS. Este consiste en obtener la latitud y longitud de la persona. Solo se ejecutará este proceso cuando han pasado los 8 minutos, caso en el que se verificará si la persona perdió el contacto con el andador, o 15 minutos, caso en el que se registra normalmente la frecuencia cardíaca de la persona.

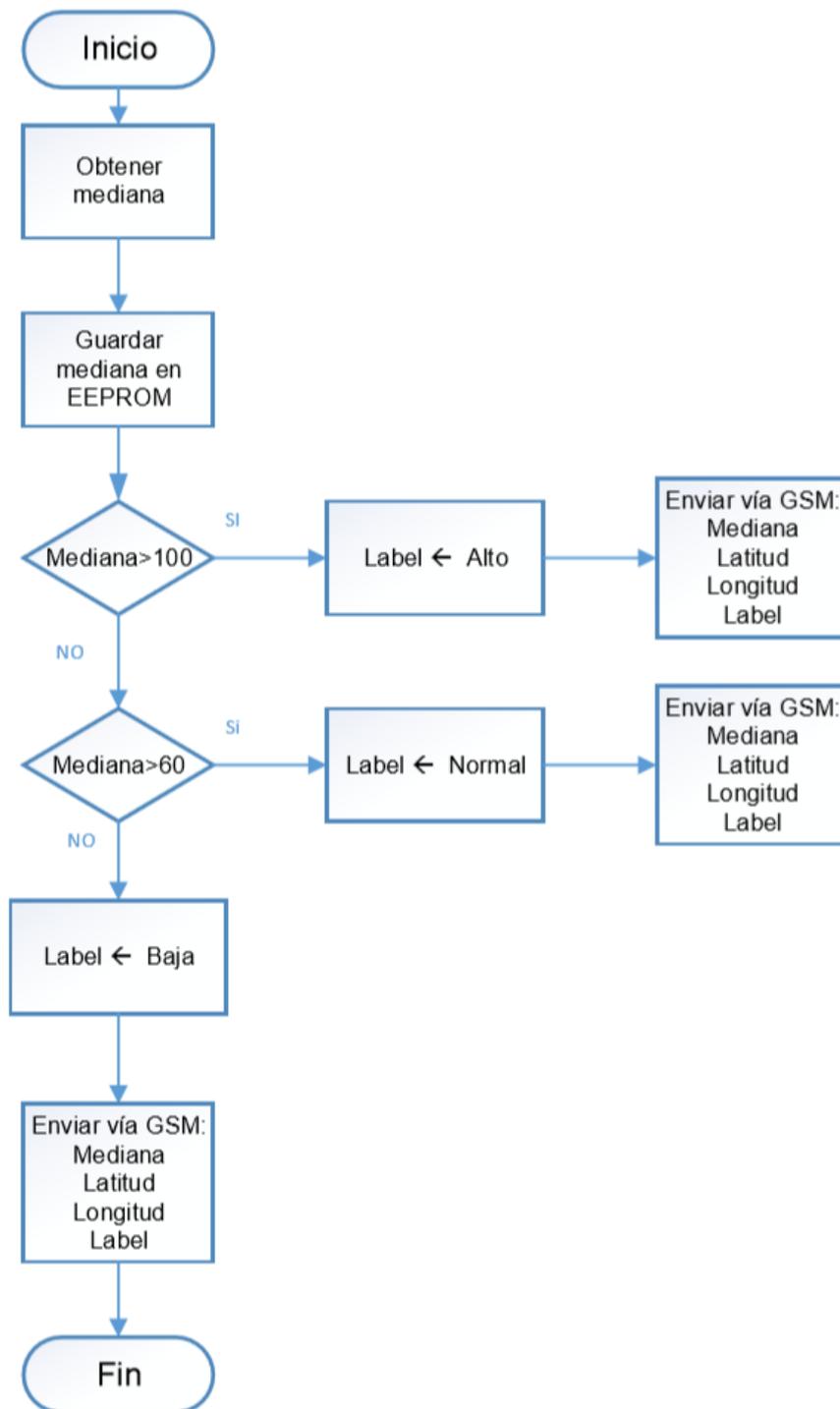


Figura 3.5-4: Diagrama de flujo del Proceso GSM

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5-4 se observa el diagrama de flujo del Proceso GSM. Este proceso consiste en primer lugar en la obtención de la mediana. Esto se realiza luego de los 15 minutos establecidos. Como se muestrea valores cada 100 ms, se obtiene 9000 muestras en los 15 minutos predefinidos.

Luego se procede a la comparación de la mediana con un límite superior e inferior, cuyos valores son 100 y 60 respectivamente. Si la mediana es mayor que 100 se puede concluir que la frecuencia cardíaca es “alta” y la variable Label tendrá ese valor. En caso la mediana sea mayor que 60 pero menor que 100 la variable Label tendrá el valor de “normal”. Finalmente, si la mediana es menor que 60, a la variable Label se le asignará “baja” como su valor. Una vez que se tienen todas las variables, se procederá a enviar la mediana, latitud, longitud y Label a través del módulo GSM.

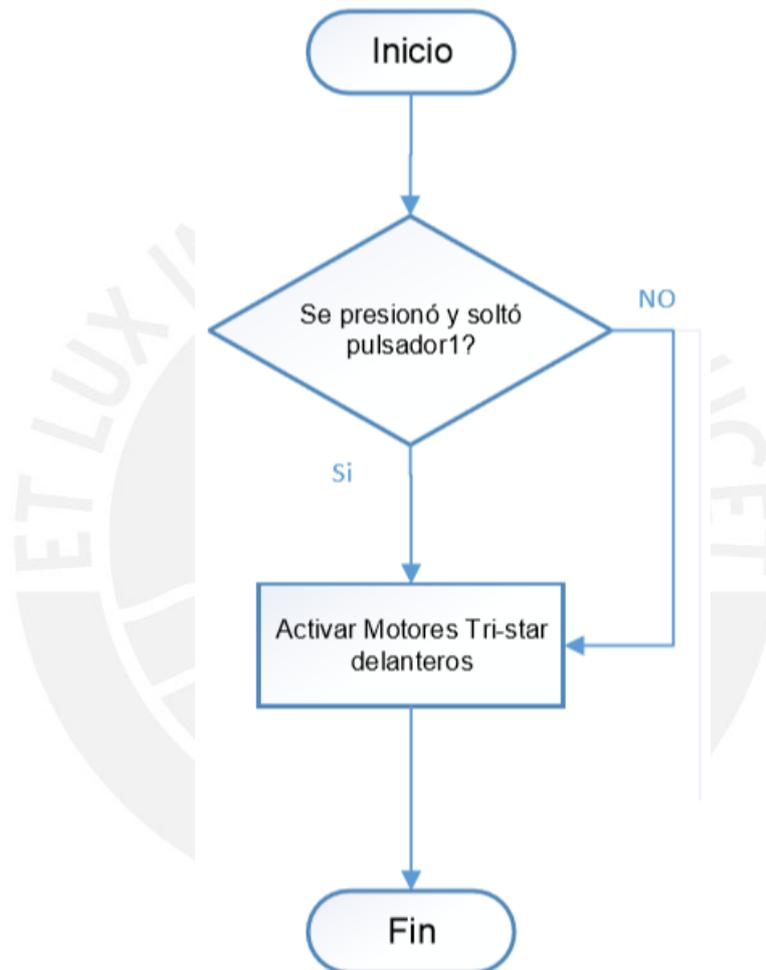


Figura 3.5-5: Diagrama de flujo de la interrupción externa por el pulsador1

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5-5 se observa el diagrama de flujo de la interrupción externa por medio del pulsador1. Al presionarse, el microcontrolador entregará la señal de control adecuada al driver de los motores para proceder con el movimiento de estos para subir desniveles. Este diagrama de flujo pertenece a los dos Tri-star delanteras.

En la figura 3.5-6 se observa el diagrama de flujo de la interrupción externa ocasionada por el pulsador que representa el accionamiento de los Tri-star posteriores del sistema mecatrónico. Se ingresará a esta interrupción únicamente cuando se haya presionado el pulsador. Una vez que se terminó de ejecutar, se procederá a retornar a la instrucción en la que el programa principal se quedó al momento de presionar el pulsador.

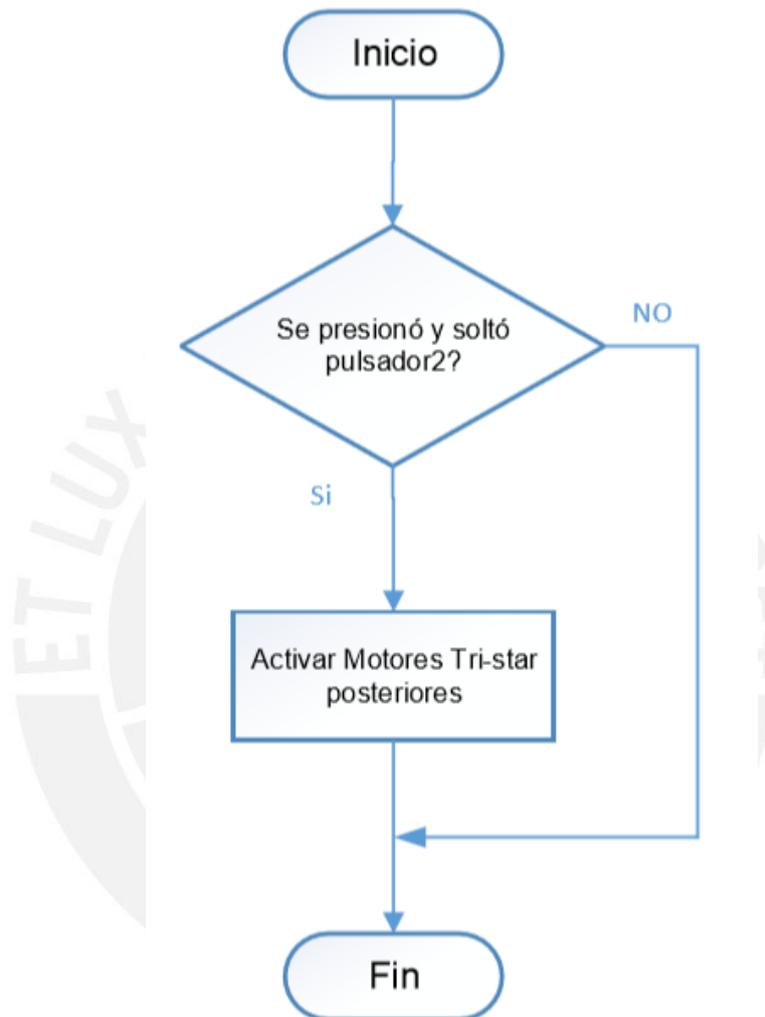


Figura 3.5-6: Diagrama de flujo de la interrupción externa por el pulsador2

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 3.5-7 el diagrama de flujo relacionado a la interrupción externa del pulsador3. Al igual que en los caso anteriores, el subprograma empezará a ejecutarse cuando se presione el pulsador. Una vez realizado la acción anterior, se generará una señal de control hacia el driver, el cual permitirá el movimiento de los motores de frenado.

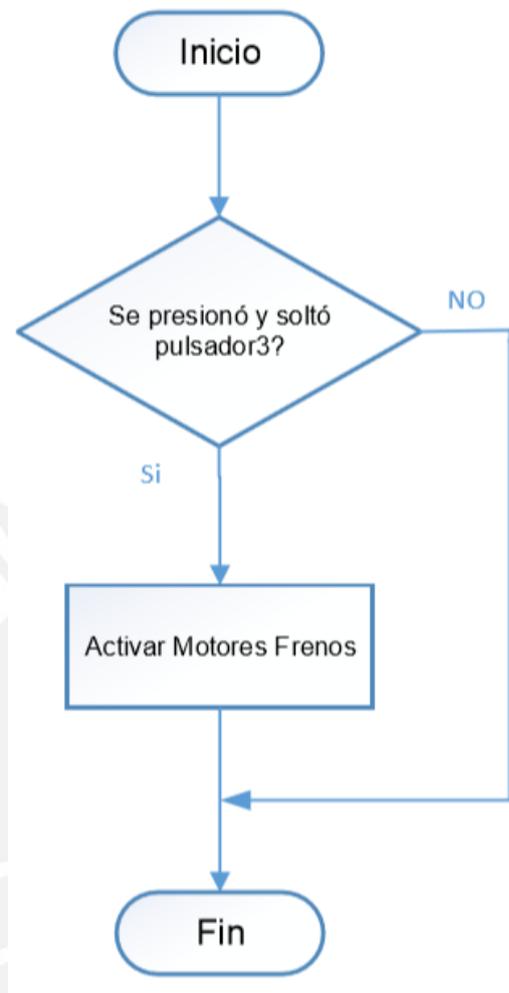


Figura 3.5-7: Diagrama de flujo de la interrupción externa por el pulsador 3

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5-8 se observa el diagrama de flujo de la interrupción externa por el pulsador 4. En este caso, una vez presionado el pulsador se procederá la lógica de activación de los motores para girar. Esta consiste en hacer girar los dos Tri-star, que están ubicados a la mano derecha del usuario, en el sentido de avance y los otros dos Tri-star en el sentido de retroceso. De esta forma se logrará realizar el giro del sistema mecatrónico.

En la figura 3.5-9 se observa el diagrama de flujo de la interrupción externa generada por el pin INT1 del acelerómetro utilizado. Se ejecutará el programa de interrupción únicamente cuando el acelerómetro detecte cambios de nivel. Luego, el microcontrolador se encargará de accionar los actuadores lineales adecuadamente para ajustar la altura de sujeción del andador a la adecuada.

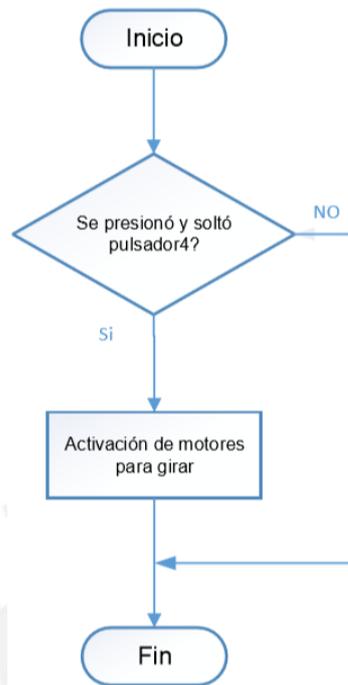


Figura 3.5-8: Diagrama de flujo de la interrupción externa por el pulsador4

Fuente: Elaboración propia

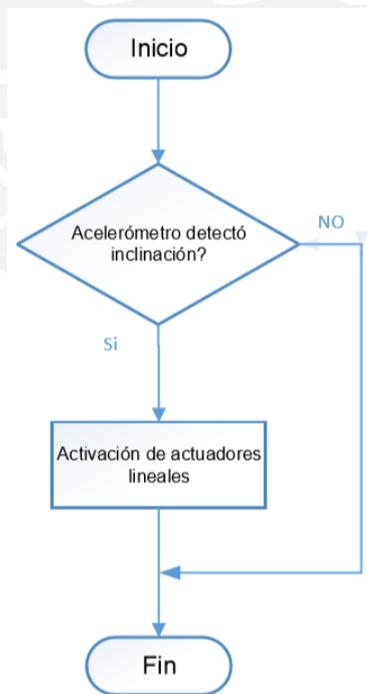


Figura 3.5-9: Diagrama de flujo la interrupción externa por el pulsador4

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4

Presupuesto

Tabla 4-1: Presupuesto de la parte electrónica elementos nacionales

Fuente: Elaboración propia

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO (\$)
1	Acelerómetro Digital 3 Ejes - ADXL 345	11,61	11,61
1	Módulo GPS arduino	35,48	35,48
1	Shield GPRS/GSM	53,23	53,23
1	Driver Módulo puente H	7,74	7,74
2	Driver motor DC 2X15 Amp	42,58	85,16
1	Arduino Mega 2560 R3	57,42	57,42
1	Pulsadores, tarjetas impresas, switch,	9,68	9,68
4	Camelion rechargeable 250 mAh 9v	7,1	28,4
1	Cargador baterías 9v Ni-mh	22,58	22,58
		TOTAL	311,3

Tabla 4-2: Presupuesto de la parte electrónica elementos importados en dólares

Fuente: Elaboración propia

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO (\$)
1	Pulse sensor	25	25
4	3274E_0 24V/173.3Kg-cm/15RPM 168:1 DC Gear Motor w/Encoder	153,98	615,92
2	Concentric LACT10P-12V-20 Linear Actuator with Feedback: 10" Stroke, 12V, 0.5"/s	146,93	293,86
1	NiMH Battery Pack: 24V 10 Ah for E-bike / Robot	230,95	230,95
1	Universal Smart Charger (1.5 A) for 19,2-24 V NiMH	29,95	29,95
12	Razor OEM 100mm Wheel and Bearing combo	15,96	191,52
		Precio (\$)	1387,2
		Impuestos (\$) de importación 30 %	416,16

Tabla 4-3: Presupuesto de la parte mecánica

Fuente: Elaboración propia

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO (\$)
4	Brazo superior	1,87	7,48
2	Arco superior	1,7	3,4
6	Unión-Arco superior	0,07	0,42
4	Brazo medio	7,3	29,2
1	Unión-Brazo medio	3,52	3,52
4	Brazo inferior	8,38	33,52
2	Unión-Brazo inferior	7,02	14,04
8	Soporte-motor	2,2	17,6
8	Tri-star	3,26	26,08
2	Unión-soporte-motor1	1	2
4	Unión-soporte-motor2	0,72	2,88
12	Unión-Tri-star	0,22	2,64
2	Placa-freno	1,83	3,66
6	Base-motor	0,14	0,84
		PRECIO (\$)	147,28

Tabla 4-4: Presupuesto de la cotización del corte

Fuente: Elaboración propia

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO (\$)
4	Brazo superior	6,45	25,8
2	Arco superior	6,45	12,9
4	Brazo medio	9,68	38,72
4	Brazo inferior	16,13	64,52
8	Soporte-motor	6,45	51,6
8	Tri-star	6,45	51,6
		PRECIO (\$)	245,14

Finalmente, luego de sumar los costos de la parte mecánica, electrónica e importación del diseño mecatrónico se obtuvo el siguiente precio total en dólares.

PRECIO TOTAL (\$)	2507,08
-------------------	---------

Capítulo 5

Conclusiones

El sistema mecatrónico le permitirá a la persona de edad avanzada subir y bajar sin mucha dificultad las escaleras. Esto es posible gracias al mecanismo Tri-star.

El monitoreo de la frecuencia cardíaca junto con el posicionamiento satelital posibilitarán tener control y registro del estado cardiovascular así como la posición del usuario en un determinado instante de tiempo. Se podrá tener conocimiento de estos parámetros a través de mensajes de texto.

El diseño permite la regulación de la altura de sujeción para que el usuario pueda desplazarse fácilmente.

El subsistema de frenado ayuda a detener el dispositivo fácilmente. La ventaja es que solo bastará con presionar un pulsador, por lo que no se realizará un sobreesfuerzo para accionar el freno, caso que sucede en los convencionales.

Finalmente, este diseño mecatrónico le permitirá a la persona de edad avanzada integrarse activamente a la sociedad, ya que sus problemas de accesibilidad a establecimientos públicos y privados disminuirán al usarlo.

Bibliografía

- [1] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD
2014 “Envejecimiento y ciclo de vida”. Consulta: 18 de octubre de 2014.
<<http://www.who.int/ageing/about/facts/es/>>
- [2] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD
2014 “Global Health and Aging”. Consulta: 20 de octubre de 2014.
<http://www.who.int/ageing/publications/global_health.pdf>
- [3] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
2014 “Primera encuesta nacional especializada sobre discapacidad”.
Consulta: 18 de octubre de 2014
<www.inei.gob.pe/descargar/encuestas/documentos/16775.pdf>
- [4] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
2014 “Resultados I Encuesta Nacional de Discapacidad 2012”. Consulta:
18 de octubre de 2014
< www.inei.gob.pe/descargar/encuestas/documentos/resultados.pdf>
- [5] MedlinePlus
2014 “Pulso”. Consulta: 18 de octubre de 2014
<<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003399.ht>>
- [6] Yong Yang, Huihuan Qian, Xinyu Wu, Guiyun Xu, and Yangsheng Xu,
2003 “A Novel Design of Tri-star Wheeled Mobile Robot for High Obstacle
Climbing”, International Conference on Intelligent Robots and
Systems. Consulta: 18 de octubre de 2014
<<http://ieeexplore.ieee.org.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6385776>>
- [7] Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (Perú)
1993 Manual antropométrico del hombre peruano para el diseño industrial
2014 “Pulso”. Consulta: 18 de octubre de 2014
<<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003399.ht>>
- [8] Rosalío Ávila Chaurand, Lilia R. Prado León, Elvia L. González Muñoz
2001 Dimensiones antropométricas de población latinoamericana.
Consulta: 18 de octubre de 2014
<<http://www.ocer.elsed.com/archivos/nut/Dimenciones%20Antropometricas.pdf>>

- [9] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
2001 Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores. Consulta: 18 de octubre de 2014.
<<http://www.ampeperu.gob.pe/documentos/NormasTecnicasAprobadasComisionPermaneteRNR/A.%20120%20ACCESIBILIDAD%20PARA%20PERSONAS%20CON%20DISCAPACIDAD.pdf>>
- [10] Municipalidad de San Isidro
2007 Ordenanza N° 208-MSI. Consulta: 18 de octubre de 2014.
<<http://conadisperu.gob.pe/normatividad/images/stories/documentos/ordenanza%20accesibilidad%20-%20san%20isidro.pdf>>
- [11] Ministerio de Salud
1999 Normas técnicas para el diseño de elementos de apoyo para personas con discapacidad en los establecimientos de salud. Consulta: 18 de octubre de 2014.
<http://www.minsa.gob.pe/ogdn/cd1/pdf/NLS_24/RM072-99-SA.pdf>
- [12] José Alberto Ávila-Funes, Sara Aguilar-Navarro
2007 El síndrome de la fragilidad en el adulto mayor. Consulta: 18 de octubre de 2014.
<<http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spivsa/antol%20%20anciano/avila.pdf>>
- [13] Oxford Journals
2006 The Loss of Skeletal Muscle Strength, Mass, and Quality in Older Adults: The Health, Aging and Body Composition Study. Consulta: 18 de octubre de 2014.
<<http://biomedgerontology.oxfordjournals.org/content/61/10/1059.short?rss=1&ssource=mfc>>
- [14] Pan American Health Organization
2006 La tercera edad: de los 65 a los 100 años. Consulta: 18 de octubre de 2014.
<http://publications.paho.org/spanish/PC_590_Tercera_edad.pdf>
- [15] Organización mundial de la salud
2007 Who global report in falls prevention in older age. Consulta: 18 de octubre de 2014.
<http://www.who.int/ageing/publications/Falls_prevention7March.pdf>

- [16] PulseSensor
2014 "PulseSensor Open Hardware". Consulta: 18 de octubre de 2014.
< <http://pulsesensor.myshopify.com/>>
- [17] Microsiervos
2014 "Gadgets". Consulta: 18 de octubre de 2014.
<<http://www.microsiervos.com/archivo/gadgets/como-funciona-medidores-pulsaciones-cardiacas-telefono-movil.html>>
- [18] Botscience
2008 "Módulo GPS para Arduino Skylab SKM53". Consulta: 18 de octubre de 2014.
<http://botscience.net/store/index.php?route=product/product&path=67&product_id=73 >
- [19] Arduino
2008 "Connecting a Parallax GPS module to the Arduino". Consulta: 18 de octubre de 2014.
<<http://playground.arduino.cc/Tutorials/GPS>>
- [20] Cooking hacks
2008 "GPS Module for Arduino Tutorial". Consulta: 18 de octubre de 2014.
<<http://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/arduino-gps>>
- [21] Botscience
2008 "Acelerómetro Digital 3 Ejes- ADXL345". Consulta: 18 de octubre de 2014.
<http://botscience.net/store/index.php?route=product/product&path=69&product_id=79>
- [22] AN3182 Application note
2014 "Tilt measurement using a low-g 3axis accelerometer". Consulta: 18 de octubre de 2014.
<http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/application_note/CD00268887.pdf>
- [23] DFROBOT
2014 "Acelerómetro Digital 3 Ejes - ADXL 345". Consulta: 18 de octubre de 2014.
<<http://www.geeetech.com/Documents/ADXL345%20Schematic.pdf>>

- [24] GEEETECH
2014 "Shield SIM900". Consulta: 18 de octubre de 2014.
<http://www.geeetech.com/Documents/GPRSshield_sch.pdf>
- [25] Botscience
2014 "Shield GPRS/GSM SIM900". Consulta: 18 de octubre de 2014.
<http://botscience.net/store/index.php?route=product/product&path=67&product_id=71>
- [26] Pololu
2014 "Concentric LACT8P-12V-20". Consulta: 18 de octubre de 2014.
< <http://www.pololu.com/product/2309/specs>>
- [27] Pololu
2014 "Pololu Jrk 21v3 USB Motor Controller with Feedback". Consulta: 18 de octubre de 2014.
< <http://www.pololu.com/product/1392/specs> >
- [28] Active robots
2014 "3274E_0 24V/173.3Kg-cm/15RPM 168:1 DC Gear Motor w/Encoder". Consulta: 18 de octubre de 2014.
< <http://www.active-robots.com/3274e-0-24v-173-3kg-cm-15rpm-168-1-dc-gear-motor-w-encoder>>
- [29] Sparkfun
2006 "Pulse Sensor". Consulta: 18 de octubre de 2014.
<<http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/Biometric/PulseSensorAmpd%20-%20Schematic.pdf>>
- [30] DFROBOT
2014 "DC Motor Driver 2x15A". Consulta: 18 de octubre de 2014.
<[http://www.dfrobot.com/image/data/DRI0018/DC%20Motor%20Drive r%202x15A_lite%20SCH.pdf](http://www.dfrobot.com/image/data/DRI0018/DC%20Motor%20Driver%202x15A_lite%20SCH.pdf)>