



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería de la Salud



INGENIERÍA
DE LA SALUD

**TFG del Grado en Ingeniería de la
Salud**

Título del trabajo

Presentado por Naiara Gadea Rodríguez
Gómez
en la Universidad de Burgos

14 de junio de 2023

Tutores: Pedro Luis Sánchez Ortega – Tutor 2



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería de la Salud



D. Pedro Luis Sánchez Ortega, profesor del departamento de departamento, área de área.

Expone:

Que el alumno D. Naiara Gadea Rodríguez Gómez, con DNI 71755517W, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería de la Salud titulado título del trabajo.

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Burgos, 14 de junio de 2023

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del Tutor:

D. Pedro Luis Sánchez Ortega

D. Tutor 2

Resumen

En este primer apartado se hace una **breve** presentación del tema que se aborda en el proyecto.

Descriptores

Palabras separadas por comas que identifiquen el contenido del proyecto Ej: Dispositivo, control postural, servidor web, buscador de vuelos, android . . .

Abstract

A **brief** presentation of the topic addressed in the project.

Keywords

keywords separated by commas. Dispositivo, Control postural.
(En inglés)

Índice general

Índice general	iii
Índice de figuras	iv
Índice de tablas	v
Objetivos	1
Introducción	3
2.1. Conceptos teóricos básicos.	3
2.2. Estado del arte y trabajos relacionados.	7
Metodología	13
3.1. Descripción de los datos.	13
3.2. Técnicas y herramientas.	13
Conclusiones	19
4.1. Resumen de resultados.	19
4.2. Discusión.	19
4.3. Aspectos relevantes.	19
Lineas de trabajo futuras	21
Bibliografía	23

Índice de figuras

Índice de tablas

Objetivos

Objetivos principales del trabajo realizado.

Este apartado explica de forma precisa y concisa cuales son los objetivos que se persiguen con la realización del proyecto. Se puede distinguir entre:

1. Los objetivos marcados por los requisitos del software/hardware/análisis a desarrollar.
2. Los objetivos de carácter técnico, relativos a la calidad de los resultados, velocidad de ejecución, fiabilidad o similares.
3. Los objetivos de aprendizaje, relativos a aprender técnicas o herramientas de interés.
4. x
5. Este trabajo tiene como objetivo una búsqueda del estado del arte de dispositivos que tienen relación con el control postural y la creación de un dispositivo lo más sencillo y completo posible que sea capaz de identificar y avisar que una persona tiene una buena o mala postura para poder así abordar y mejorar la postura con aprendizaje dinámico.
6. Suponer una ayuda para la Asociación del Parkinson de Burgos.

Introducción

Descripción del contenido del trabajo y de la estructura de la memoria y del resto de materiales entregados.

2.1. Conceptos teóricos básicos.

Para llevar a cabo este trabajo hay que comprender su base, en este caso el control postural, qué es, su importancia y todo lo que ello conlleva.[3]

Antes de comenzar se deben conocer los siguientes conceptos básicos y componentes que engloban el control postural:

- Centro de masas o CDM que es la media de todos los centros de masas de las distintas partes del cuerpo, es responsable del equilibrio.
- Centro de presiones o CDP es la proyección sobre la base de sustentación del centro de masas del cuerpo.
- Centro de gravedad o CDG es el punto del cuerpo donde se concentra la fuerza de gravedad.
- Área de apoyo es el área sobre la que el cuerpo descarga su peso de forma efectiva.
- Base de sustentación que es la superficie disponible sobre la que un cuerpo puede apoyar su peso.
- Límite de estabilidad es el trayecto por el cual una persona puede realizar un movimiento sin perder su equilibrio y poder realizar ajustes posturales, este límite no es fijo, depende del tiempo, de la tarea o del entorno.

- Postura es la orientación y el alineamiento del cuerpo respecto al entorno.
- Orientación postural es la capacidad de mantener la relación entre las distintas partes del cuerpo y el entorno para realizar una actividad.
- Sinergia postural es la relación entre la contracción muscular y las rotaciones articulares para estabilizar la postura.
- Balanceo postural es el desplazamiento constante y la corrección del centro de gravedad para mantener la postura.

La postura nace de la relación entre el entorno, el individuo y la actividad que debe realizar. Y, por tanto, el control postural es el control de la posición corporal en el espacio con el fin de obtener la estabilidad, y la orientación que necesitamos para poder realizar las actividades diarias, su profesión o aficiones. La estabilidad se define como la capacidad de mantener la proyección del centro de gravedad dentro de una base de sustentación, mientras que la orientación es la capacidad de mantener la relación adecuada entre las distintas partes del cuerpo al realizar una tarea teniendo en cuenta el entorno.

Para poder cumplir con el objetivo del control postural el cuerpo tiene que anticiparse, mantenerse y reaccionar. El control postural requiere que interaccionen distintos sistemas del cuerpo para abarcar la estabilidad, la percepción de la orientación espacial, el alineamiento del cuerpo, la lucha contra la gravedad al realizar un movimiento y la respuesta a posibles perturbaciones de origen sensorial o mecánico.

Principalmente en el control postural interviene el sistema nervioso, como centro de control, manteniendo la postura y el equilibrio gracias a la recogida e interpretación de información de los receptores y a la producción de órdenes; y, el sistema musculoesquelético, ya que se requiere de una musculatura capaz de adaptarse a los cambios. Además, se utilizan experiencias previas para elaborar el esquema corporal.

Por todo ello se va a conocer la relación del sistema nervioso y la postura, algunas estrategias del control postural y su importancia o desarrollo.

El sistema nervioso y la postura.

El sistema nervioso se compone de diferentes estructuras como son las neuronas o las células de neuroglia que se encargan de mantener la

homeostasis corporal regulando y coordinando las distintas funciones del organismo.

Asimismo, el sistema nervioso se puede dividir en sistema nervioso central que se encuentra compuesto por la médula espinal y el encéfalo, y el sistema nervioso periférico que está compuesto por ganglios y nervios.

El sistema nervioso también se puede dividir en función del tipo de respuestas de las que se encargan, si se encarga de las respuestas involuntarios se trata del sistema nervioso autónomo que, a su vez, se divide en los sistemas simpático y parasimpático. En el caso de las respuestas voluntarias del organismo se llama sistema nervioso somático.

Los receptores son los que se encargan de recoger la información que recibe el sistema nervioso mediante mecanismos de retroalimentación, estos elementos se encuentran en los músculos, para poder detectar el movimiento. Por otra parte, se necesita también la información recogida por la vista, el sistema vestibular del oído interno o las señales procedentes de las modificaciones de presión.

Si en algún caso se producen perturbaciones los receptores detectarán esos imprevistos y proporcionarán información acerca de las nuevas condiciones para así adaptar el tono postural. Por ejemplo si los receptores de presión de los pies registran el desplazamiento mínimo durante la bipedestación y se transmite la información por el nervio periférico, seguido de la médula espinal, el tracto espinocerebeloso y desde el cerebelo a la formación reticular y a los núcleos vestibulares. Si se desplaza la cabeza se crea una aceleración en dirección anterior que se registra y se transmite esa información a los núcleos vestibulares.

Las reacciones de equilibrio son la respuesta al control postural, los núcleos vestibulares activan la musculatura de la core-stability que está formada por los músculos del suelo pélvico, los músculos profundos paravertebrales y sacrolumbares, y, la musculatura abdominal y lateral. En función del tipo de desplazamiento se activarán una cadena u otra, ya sean la cadena anterior, la posterior, la lateral o combinaciones de las mismas.

Estrategias de control postural.

El control postural y sus ajustes se dan en tronco, tobillos y caderas, para así mantener el equilibrio, creando la estabilidad que permite los movimientos al realizar distintas actividades.

Existe un modelo que define 3 elementos que modifican, construyen y mantienen la postura, el modelo de sistemas dinámicos de Bernstein. Los elementos en cuestión son los factores individuales, la tarea a realizar y el entorno.

Los factores individuales son aquellos pertenecientes a cada individuo, pueden variar su influencia con entrenamiento. Dentro de los factores individuales encontramos los elementos sensitivos que dan información respecto al movimiento y la posición del centro de gravedad e incluyen las aferencias visuales (posición respecto al entorno), el sistema somatosensitivo (son los receptores de los músculos, la piel u otros tejidos, dan información acerca de las variaciones de la orientación postural) y el vestibular (es básicamente el oído, posición de la cabeza); también encontramos los elementos motores que hacen referencia a las exigencias musculoesqueléticas (fuerza, flexibilidad o alineación de las partes del cuerpo) y neuromusculares (patrones de movimiento y contracción de los músculos) necesarias para el ajuste postural; y, los elementos cognitivos que refieren a las necesidades psicológicas y cognitivas relacionadas con la actitud postural.

Igualmente, existen diferentes estrategias de control de la postura, como aquellas que se centran en el equilibrio, controlando las oscilaciones o balanceos espontáneos. Algunas de estas estrategias son las de controlar la correcta alineación corporal, minimizando las fuerzas gravitatorias; el suficiente tono muscular mediante el control de la resistencia de un músculo a ser estirado; el correcto tono postural, a partir del control de la fuerza de gravedad; o, el control de las reacciones posturales o de balance mediante ajustes compuestos de reacciones de equilibrio, enderezamiento y de apoyo.

Por otro lado, la memoria implícita que se da en el cerebelo y en los núcleos basales proporciona información sobre dónde, cuánto y cómo se debe ajustar el tono postural para compensar los desplazamientos.

Otras estrategias para mantener el control postural son las que describen Shumway-Cook y Woollacott, la ‘ankle strategy’ que se basa en la bipedestación mantenida por la base de sustentación pequeña que serán los tobillos, la ‘hip strategy’ que se basa en controlar los centros de masas en un desplazamiento de peso mayor y la ‘stepping strateging’ que se basa en una base de sustentación aún mayor.

Desarrollo del control postural.

Las necesidades de estabilidad cambian con la tarea que se debe realizar. El desarrollo de control postural en niños se produce en tres etapas, primero,

se debe desarrollar el control encefálico, después la sedestación (capacidad de sentarse) y, por último, la bipedestación.

Además, la postura y el equilibrio varían con la edad, por una parte, los niños pequeños no tienen suficientemente desarrollado las aferencias sensoriales, y por otra los adultos mayores presentan involución cognitiva de sus estructuras cerebrales, todos ellos ven disminuido el control postural.

Asimismo, pacientes con traumatismos craneoencefálico, esclerosis múltiple, infartos u otras lesiones en el sistema nervioso central pueden tener afectado alguno de elementos implicados en el control de la postura y por lo que su control postural se verá afectado. En algunos casos también influyen los factores psicológicos, una persona con depresión o un problema de atención también puede llegar a influir sobre ese control postural.

También puede ser necesario utilizar notas al pie ¹, para aclarar algunos conceptos.

2.2. Estado del arte y trabajos relacionados.

En la actualidad existen multitud de dispositivos electrónicos compuestos de sensores, actuadores y algoritmo cuya finalidad es algún tipo de control postural, ya sea regulándola o modificando la postura. Existen diferentes aplicaciones:

- Mejora de la estabilidad del equilibrio de las personas con alguna alteración en el control postural como pueden ser personas con parálisis cerebral, esclerosis múltiple, Párkinson. . .
- Prevención de una mala postura en personas que están sentadas o realizando alguna actividad.
- Monitorización de la postura como feedback para mejora de ergonomía en diferentes personas por ejemplo en atletas.

Se necesita conocer las especificaciones que requerirán los dispositivos en función de la aplicación a la que se encuentren destinados. Algunas especificaciones que se deben tener en cuenta al diseñar o elegir un dispositivo electrónico de control postural son:

¹como por ejemplo esta

- Precisión y fiabilidad de los sensores y actuadores para detectar y responder correctamente a los cambios en la postura.
- Facilidad de uso y comodidad, para que se adapte a las necesidades del usuario y a su actividad.
- Autonomía y conectividad del dispositivo para que se adapte a las actividades que realiza el usuario.

Por todo ello se realiza un estudio de distintos dispositivos que existen en la actualidad cuya finalidad u funcionamiento es similar al objetivo de este proyecto.

Dispositivos de control postural

- En el grupo de investigación de Redes de Neuronas Artificiales y Sistemas Adaptativos de la **Universidad de A Coruña** junto con la empresa Bioback de Puerto Rico se ha desarrollado un dispositivo inteligente no invasivo para la corrección postural utilizando estimulación vibratoria[2]. Este dispositivo se basa en el uso de ‘Biofeedback’ como medio de aprendizaje, condicionando las rutinas de los individuos.

El dispositivo está compuesto por una parte de hardware que incluye 3 secciones que se colocan en 3 partes de la columna vertebral (zona cervical (C1-T1), zona torácica (T1-L1) y zona lumbar (L1-L5)) siguiendo el modelo Goodvin. Cada sección del hardware esta formada por un grupo de sensores IMU (Unidad Inercial de Medida) que están compuestos por un acelerómetro triaxial, un giroscopio triaxial y un magnetómetro triaxial, que permiten obtener una lectura completa de la inclinación, la torsión y la flexión. Los IMUs son capaces de medir de 0° a 360° en cada eje, con una resolución de 0,1. Además, el dispositivo electrónico incluye un Sistema experto que incluye un módulo de conexión Bluetooth, una tarjeta SD para guardar los datos, una batería de litio interna recargable (16 horas de autonomía) y el sistema de vibración.

Los datos son procesados por un software que permite conocer en cualquier momento la posición exacta y puede reproducir el movimiento de cada sección de la columna vertebral. Por otro lado, gracias al software se puede configurar el umbral de desviación, las secciones activadas y el tiempo de activación para proporcionar la señal de retroalimentación, es decir, el estímulo vibratorio.

- **Wireless wearable T-shirt**[1]: es prototipo de una camiseta inteligente permite controlar la postura ya que incluye un sensor inductivo adherido a la camiseta de licra además de un sistema de biofeedback constante gracias a la conexión con aplicación y la señal de vibración que indica una mala postura. El sensor inductivo está formado por un alambre de cobre de un milímetro de diámetro que recorre toda la camiseta en zigzag y cuyo alargamiento modifica el valor de la impedancia generando un voltaje que se puede medir, y por lo tanto, al enderezar o encoger el cuerpo se puede observar un cambio de voltaje que se puede medir y que permite diferenciar entre una buena postura o una mala postura. Dispone de un circuito complementario al que se acopla el sensor y que incluye el módulo bluetooth, el módulo con el motor de vibración, el microprocesador y la batería. En el caso de que el algoritmo detecte una mala postura, se genera la señal vibratoria para incentivar al usuario a modificar su postura. Se ha comprobado la utilidad del dispositivo comparando las respuestas con otros métodos ópticos obteniendo resultados satisfactorios. Este proyecto es solamente un prototipo y no tiene sistema de calibrado y no tiene en cuenta que cada persona no tiene las mismas características físicas por lo que no es posible utilizar el mismo dispositivo para todas las personas. Por otro lado, al ser un prototipo no se han realizado las suficientes pruebas sobre cómo afectaría el sensor en contacto con la piel durante un tiempo de uso continuado.
- **Sistema Upright Go 2**: es un dispositivo que se adhiere entre los omoplatos de la persona y controla la postura, enviando una vibración cuando se detecta una mala postura, para que el usuario modifique su postura. Está principalmente diseñado para personas que se encuentran sentadas frente a una pantalla. Se basa en el uso de 2 sensores de movimiento, giroscopios. Mide la postura 100 veces en un segundo.
- **Hipee Smart Posture Correction**: es un dispositivo similar al sistema Upright Go creado por la empresa Xiami. Es un dispositivo que se ajusta a la parte superior de la espalda del usuario a modo de collar y que en base a un sistema de sensores indica la postura del usuario. En caso de una mala postura, al superar el ángulo (ángulos entre 5 y 20°) que se ha incluido en la aplicación durante un tiempo determinado, se emite una señal de vibración a modo de recordatorio para que la persona recupere la postura correcta. Se puede conectar con su aplicación de monitorización vía Bluetooth, pudiendo obtener un informe diario y conocer los registros de los últimos 30 días. Tiene

un peso de unos 50 gramos, una autonomía de hasta 90 horas y un precio aproximado de 30€. Está principalmente diseñado para un uso mientras la persona se encuentra sentada o de pie sin moverse mucho.

- **Sistema SPINE 3D:** es un sistema de evaluación de patologías vertebrales y alteraciones posturales usando la detección optoelectrónica tridimensional, con unas cámaras RGB infrarrojas (Cámaras ToF) que identifican de forma automática los puntos de referencia en la espalda del paciente y además permiten su modificación de forma manual. Se obtiene una adquisición 3D de la parte superior del cuerpo teniendo en cuenta la longitud, la inclinación y el desequilibrio, desviación y rotación de la columna en los planos coronal, sagital y transversal, lo que ofrece al profesional un estudio completo del paciente y que le permitirá mejorar su diagnóstico y tratamiento. Se trata de un dispositivo que se utiliza de forma estática, donde el paciente se encuentra de pie y con la espalda descubierta delante del aparato.
- **Sistema dinámico de medición de la presión del pie:** se trata de un manómetro médico, que obtiene la información basándose en el análisis de la marcha y el análisis de la presión que se ejerce sobre los pies y su distribución por la planta del pie. Para obtener la información sigue 3 pasos, primero, divide el monitor de presión del pie en 4 partes iguales donde la presión debe estar distribuida aproximadamente a un 25 % por cada parte, seguidamente, realiza 18 fotogramas por segundo del estado de la presión del pie y se comprueba que la distribución de la presión de cada pie se encuentre aproximadamente en un 30 % para la zona del talón y un 20 % para la zona delantera, por último, compara los resultados promedios de los fotogramas. Se puede usar de forma estática o de forma de dinámica para medir la postura.
- **Sistema 3D BAK:** es un sistema de adquisición de la morfología del paciente que utiliza cámaras de alta resolución autocalibrables en diferentes planos para realizar reconstrucciones en 3D. Además, se miden las simetrías estructurales, la rotación de las articulaciones y la desviación de la columna vertebral y se evalúan en base a la Biomechanical Postural Index Scale. Se devuelve un informe imprimible con la información de la rotación individual de cada vertebra y las extremidades y el alineamiento y desviaciones de la columna en 24 indicadores BPI y sus valores, para simplificar la tarea de diagnóstico del profesional. Es un dispositivo no invasivo y el 95,8 % de los resultados son exactamente iguales a los que se obtendrían al usar rayos X.

- **Sistema PGO:** es un sistema de medición de la marcha que analiza varios parámetros que afectan a la marcha, mediante el uso de cámaras colocadas en distintos ángulos, un potente software y una cinta de correr. Analiza la inclinación de la cabeza, el nivel de la postura de cabeza hacia delante, el nivel de cifosis, la diferencia de amplitud del movimiento de entre los brazos, la diferencia de altura de los lados de los hombros y de la pelvis, la diferencia entre la longitud de los pasos, la pronación y supinación y la marcha del dedo del pie.
- **Sistema GPA:** Es un sistema de medición corporal a partir de la presión que se ejerce en la planta del pie y el análisis de la marcha. El dispositivo utiliza distintas cámaras para analizar las vistas anterior, superior y lateral, además también incluye una placa con una serie de sensores de presión. Este dispositivo permite realizar una evaluación estática, una evaluación dinámica y una podoscopia.

Sistemas no específicos de control postural que podrían ser empleados para el control postural

- **Sistema PLIANCE:** es un sistema inalámbrico de medición de la presión. Utiliza una matriz de transductores capacitivos Novel para medir la distribución de la carga sobre cualquier superficie. Los elementos y las características del transductor son fabricados por la propia empresa (Novel) de forma personalizada en función de las necesidades de medición. Este dispositivo se puede comunicar con el PC utilizando USB, Bluetooth y también admite almacenamiento de los datos en una tarjeta SD. Se ha añadido este sistema porque en base a la distribución de la presión en los pies se puede determinar la postura.

■

Metodología

3.1. Descripción de los datos.

Breve descripción de los datos. En caso de tratarse de un trabajo donde los datos son muy importantes, puede haber explicaciones extra en el anexo correspondiente.

En este trabajo no se utilizan tablas de datos.

Nose...

Se trabajarán con los ángulos y movimientos que realiza una persona al modificar su postura, se establecerá un umbral donde se considerará que la persona está en una buena postura, por lo que fuera de ese umbral la persona tendrá una mala postura y el dispositivo emitirá una aviso para que la persona modifique su postura.

3.2. Técnicas y herramientas.

Esta parte de la memoria tiene como objetivo presentar las técnicas metodológicas y las herramientas de desarrollo que se han utilizado para llevar a cabo el proyecto. Si se han estudiado diferentes alternativas de metodologías, herramientas, bibliotecas se puede hacer un resumen de los aspectos más destacados de cada alternativa, incluyendo comparativas entre las distintas opciones y una justificación de las elecciones realizadas. No se pretende que este apartado se convierta en un capítulo de un libro dedicado a cada una de las alternativas, sino comentar los aspectos más destacados de cada opción, con un repaso somero a los fundamentos esenciales y referencias

bibliográficas para que el lector pueda ampliar su conocimiento sobre el tema.

Añadir los posibles sensores, el cable USB, microcontrolador (En mi caso arduino (hardware y software en C++ simplificado)). Las aplicaciones que se han usado para la realización del proyecto... Se deberá explicar porque se han usado unos sensores u otros (si se hace una tabla comparativa mejor).

Aplicaciones empleadas.

- **Overleaf**: es un editor LaTeX colaborativo en línea, que se emplea para la creación, edición y publicación de documentos científicos. LaTeX es una herramienta que a partir del procesamiento de un documento de texto plano compuesto por texto y comandos LaTeX por el software de TeX engine convierte los comandos LaTeX y el texto del documento en un archivo PDF profesional. Esta es la herramienta que se ha empleado para la realización de este documento. Se puede acceder a través de <https://www.overleaf.com>
- **Diagrams.net**: es una aplicación de código abierto para la realización de diagramas online, con gran cantidad de librerías de formas para su realización. Esta aplicación es la que se ha empleado para la realización de la gran mayoría de diagramas del proyecto y los prototipos de interfaz. Se puede acceder a través de: <https://www.diagrams.net>
- **Tinkercad**: es una aplicación web gratuita que permite desarrollar habilidades de diseño 3D, electrónica y programación, sin necesidad de utilizar ningún tipo de software adicional. En este proyecto se ha empleado esta herramienta para la simulación del diseño del circuito electrónico, ya que permite realizar circuitos y componentes desde 0 o empleando sus circuitos predefinidos. Además, esta aplicación consta de un editor de código que permite programar las simulaciones. Se puede acceder a través de: <https://www.tinkercad.com>
- **Arduino IDE**:
- **GitHub**:

Herramientas.

AÑADIR IMÁGENES

- **Arduino:** plataforma de código abierto de electrónica basada en hardware y software simple y accesible, originalmente creada para la creación rápida de prototipos. Existen diferentes placas de Arduino con distintas funciones. Se puede introducir en el microcontrolador un conjunto de instrucciones que se quiere que realice el dispositivo mediante el uso del software de Arduino (IDE), estas instrucciones están escritas en el lenguaje de programación Arduino, que es similar a C++ pero simplificado, además se puede expandir el lenguaje utilizando distintas bibliotecas C++. Esta plataforma es muy utilizada y ha permitido crear gran variedad de proyectos. Su sencillez, accesibilidad y coste son las principales razones por las que se ha pensado en realizar el prototipo de este proyecto basado en esta plataforma. Se utilizará como microcontrolador la placa de Arduino UNO.
- **ProtoBoard:** placa sobre la que se construyen los circuitos electrónicos, se trata de una matriz de clavijas donde se insertan los componentes electrónicos.
- **Cableado:** permiten la conexión del circuito.
- **Resistencias:** componentes electrónicos que limitan el flujo de energía eléctrica del circuito.
- **Leds:** diodo que se ilumina cuando pasa una corriente eléctrica por él.
- **Pulsador:** para poder encender o apagar el dispositivo.
- **Cable USB:** permite introducir las instrucciones programadas en un ordenador a la placa de Arduino.
- **Motor de vibración:**
- **Zumbador pasivo:**

Posibles sensores.

AÑADIR IMÁGENES Y CREAR TABLA DE COMPARACIÓN

- **Módulo SCA60C:** es un módulo que consta de un sensor de ángulo SCA60C y un acelerómetro N100060. Gracias a este sensor se pueden medir ángulos de 0 a 180°, con resolución de un grado, con un voltaje de entrada de 5 voltios y una tensión de salida en función del ángulo de 0,45 - 4,5 voltios. La corriente que necesita módulo ronda los 2 mA. Este módulo admite distintos rangos de medición y se utiliza para

multitud de aplicaciones en las que se necesite conocer constantemente el ángulo de giro.

- **Galgas extensiométricas y módulo HX711:** se trata de un conjunto cuyo objetivo es medir el peso, basado en un transductor de galgas extensiométricas y un módulo HX711 que actúa como amplificador de la señal y transfiere los datos al microcontrolador. La galga extensiométrica o celda de carga es un transductor que convierte la tensión generada por los cambios en la longitud de un objeto a una señal eléctrica, en función del peso que se quiere medir existen distintas celdas de carga. Mientras que el módulo HX711 consta de un amplificador y un convertidor analógico-digital HX711, que permite la amplificación de la señal producida por la galga extensiométrica. Este módulo utiliza un puente de Weahstone para convertir la fuerza aplicada en una señal analógica. Necesita una tensión de entrada de 5 voltios y el resultado se puede obtener en g, kg o Newtons. La utilización de este módulo requiere de la librería de Arduino hx711. El precio ronda los 10-15€.
- **Acelerómetro ADXL345:** es un acelerómetro micromecanizado (MEMS) capacitivo de 3 grados de Libertad (3DOF) acoplado a un bloque de memoria FIFO que almacena hasta 32 conjuntos de coordenadas. Además, es compatible con un procesador como Arduino mediante conexio por bus SPI o bus I2C. Este dispositivo permite conocer la orientación del sensor por la acción de la fuerza de gravedad basándose en la detección de la aceleración en los ejes X, Y y Z. Se trata de un dispositivo de ultra bajo consumo utilizando en funcionamiento con unos 45 μA de corriente mientras que en Stand-By solamente usa unos 0,1 μA . Necesita una tensión de alimentación de unos 2 a 3,6 voltios. El rango de medición del dispositivo es ajustable, con resolución de hasta 13 bits y sensibilidad de 40 mg/LBS.
- **IMU MPU-6050:** es un módulo de unidad de medición inercial de 6 grados de libertad (6 DOF) fabricado por Invensense, que permite conocer la posición del sensor en todo momento. Este módulo consta de un acelerómetro de 3 ejes, un giroscopio de 3 ejes, conversores analógico a digital (ADC) de 16 bits, un sensor de temperatura, un reloj de alta precisión e interrupciones programables y un procesador interno (DMP Digital Motion Porcessor). Tanto el rango del acelerómetro como del giroscopio son ajustables. Este módulo se acopla mediante un bus SPI o un bus I2C, necesita una tensión de alimentación de unos 2,4 - 3,6 voltios y consume unos 3,5 mA al tener todos sus componentes

activados. Es uno de los sensores más empleados y tiene un coste de unos 6-15€.

- **Módulo SW520D:** Sensor de inclinacion formado por sensores Tilt de doble esfera. Este sensor funciona como un interruptor y tiene una salida digital, al inclinar el sensor las 2 esferas actúan de puente y cierran el circuito. El código de programación de este dispositivo es similar al de un interruptor. Se trata de un sensor muy sensible a movimientos bruscos y vibraciones. Sin embargo es un sensor muy barato.
- **Módulo MPU-9250:** es un sensor de 9 grados de libertad (9DOF) que permite medir la inclinacion y la aceleración en los 3 ejes. Este módulo se acopla mediante bus SPI o por bus I2C. Este sensor necesita una alimentación de entrada de unos 2.4 a 3.6 V, aunque hay algunos módulos que tienen incluido un regulador de voltaje que permite su conexión a un voltaje de 5V. Para programar este módulo es necesaria la librería de Arduino MPU9250.

Conclusiones

Todo proyecto debe incluir las conclusiones que se derivan de su desarrollo. Éstas pueden ser de diferente índole, dependiendo de la tipología del proyecto, pero normalmente van a estar presentes un conjunto de conclusiones relacionadas con los resultados del proyecto y un conjunto de conclusiones técnicas.

4.1. Resumen de resultados.

Brebe resumen de los resultados. En caso de ser un trabajo muy experimental, los resultados completos pueden aparecer en su anexo correspondiente.

4.2. Discusión.

Discusión y análisis de los resultados obtenidos.

4.3. Aspectos relevantes.

Este apartado pretende recoger los aspectos más interesantes del **desarrollo del proyecto**, comentados por los autores del mismo.

Debe incluir los detalles más relevantes en cada fase del desarrollo, justificando los caminos tomados, especialmente aquellos que no sean triviales.

Puede ser el lugar más adecuado para documentar los aspectos más interesantes del proyecto y también los resultados negativos obtenidos por soluciones previas a la solución entregada.

Este apartado, debe convertirse en el resumen de la experiencia práctica del proyecto, y por sí mismo justifica que la memoria se convierta en un documento útil, fuente de referencia para los autores, los tutores y futuros alumnos.

En este punto se podrían incluir los problemas que han surgido durante el desarrollo del proyecto.

Se han realizado diferentes versiones del prototipo a modo de kit, una primera versión con un sensor tilt (el sensor SW520D). La segunda versión del prototipo se ha realizado con el módulo MPU6050.

Lineas de trabajo futuras

Este capítulo debería ser informe crítico indicando cómo se puede mejorar el proyecto, o cómo se puede continuar trabajando en la línea del proyecto realizado.

En este trabaja únicamente se ha realizado un prototipo y será necesario en el futuro, crear la aplicación, el dispositivo de forma más robusta, corregir errores que han surgido, crear juegos o ejercicios que se podrán realizar con el dispositivo para así mejorar la musculatura y la postura de los usuarios que utilicen el dispositivo.

Se puede mejorar el proyecto profundizando más en las posibilidades de los sensores de presión y otros de los dispositivos incuidos en el estado del arte y los posibles usos que se pueden realizar con otros productos como mallas o calcetines inteligentes.

Bibliografía

- [1] M. Serpelloni E. Sardini and V. Pasqui. Wireless wearable t-shirt for posture monitoring during rehabilitation exercises. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 64(2):439–448, 2015.
- [2] Cuevas J. Nogueira M. Rodríguez-Sotillo A. Patiño S. Rivas A. Pazos A. Rabuñal, J. R. Dispositivo inteligente para el aprendizaje de la corrección postural mediante estimulación vibratoria. *Especial Innovación*, (109):6–11, 2015.
- [3] Wikipedia. Latex — wikipedia, la enciclopedia libre, 2015. [Internet; descargado 30-septiembre-2015].