


| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | | PAGINA: 1 de 68 |

21.1.

| | |
|--------------|--------------------------------|
| FECHA | lunes, 14 de diciembre de 2020 |
|--------------|--------------------------------|

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Fusagasugá.


| | |
|---|-------------------------------|
| UNIDAD REGIONAL | Sede Fusagasugá |
| TIPO DE DOCUMENTO | Trabajo De Grado |
| FACULTAD | Ingeniería |
| NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO | Pregrado |
| | Ingeniería Electrónica |

El Autor(Es):

| APELLIDOS COMPLETOS | NOMBRES COMPLETOS | No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN |
|----------------------------|--------------------------|--|
| Chapetón Beltrán | Mariem Hasbleidy | 1016077663 |
| | | |
| | | |
| | | |

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | | PAGINA: 2 de 68 |

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

| APELLIDOS COMPLETOS | NOMBRES COMPLETOS |
|----------------------------|--------------------------|
| Roa Laguado | Ismael Enrique |
| Dantas Alves | Jamile Tuanne |
| | |
| | |

| TÍTULO DEL DOCUMENTO |
|--|
| DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE DISPOSITIVO BIOMÉDICO NO INVASIVO PARA LA PREVENCIÓN DE LA POSTURA INCORRECTA A NIVEL DORSAL. |

| SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje) |
|---|
| |

| TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía Ingeniero Electrónico |
|---|
| |

| AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO | NÚMERO DE PÁGINAS |
|-------------------------------------|--------------------------|
| 12/08/2019 | 61 |

| DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves) | |
|---|---------------------------|
| ESPAÑOL | INGLÉS |
| 1. Hipercifosis | Hyper kyphosis |
| 2. Postura incorrecta | Wrong posture |
| 3. Dispositivo biomédico | Biomedical device |
| 4. Intervenciones vibratorias | Vibrational interventions |
| 5. Corrección y aprendizaje | Correction and learning |
| 6. Sensor inercial | Inertial sensor |

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 3 de 68 |

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Los problemas de postura a nivel dorsal son más frecuentes en varios escenarios de la vida cotidiana, un ejemplo de esto es durante las jornadas laborales en un escritorio siendo de esta forma prolongadas y exhaustivas, causando dolores, mal formaciones de la columna y obstrucciones pulmonares. Para corregir esta enfermedad se recurre a terapias con ejercicios posturales, uso de corsé y cirugías. El objetivo de este trabajo es diseñar e implementar un prototipo de dispositivo biomédico no invasivo, para la prevención de la postura incorrecta a nivel dorsal y así realizar una comparación entre las alternativas pasivas de corrección, con los estímulos de advertencia que se aplicarán en el momento en el que la columna no se encuentre en una posición adecuada. El aprendizaje postural se observará con la cantidad de intervenciones hechas por día y serán almacenadas en una base de datos, usando la comunicación inalámbrica. El control es periódico y puede realizarse desde cualquier dispositivo electrónico. La metodología se presenta en cuatro etapas que serán retroalimentadas de acuerdo con el desarrollo de cada uno, la primera es la selección de los sujetos de prueba que pasarán por una encuesta y valoración postural, luego de esto se diseña el circuito de respuesta a partir de un sensor inercial que leerá las posturas inadecuadas, una vez seleccionados los requisitos de diseño se construye e implementa para así realizar las pruebas en el personal administrativo y estudiantes de la Universidad Federal de Roraima bajo la supervisión de un profesional de la salud.

Posture problems at the dorsal level are more frequent in various scenarios of daily life, an example of this is during working hours at a desk, being in this way prolonged and exhaustive, causing pain, malformations of the spine and pulmonary obstructions. To correct this disease, therapies with postural exercises, use of a corset and surgeries are used. The objective of this work is to design and implement a prototype of a non-invasive biomedical device, for the prevention of incorrect posture at the dorsal level and thus make a comparison between the passive correction alternatives, with the warning stimuli that will be applied now in which the column is not in a suitable position. Postural learning will be observed with the number of interventions made per day and will be stored in a database, using wireless communication. The control is periodic and can be done from any electronic device. The methodology is presented in four stages that will be fed back according to the development of each one, the first is the selection of test subjects who will undergo a survey and postural assessment, after this the response circuit is designed based on An inertial sensor that will read the inappropriate postures, once the design requirements have been selected, is built and implemented in order to carry out the tests on the administrative staff and students of the Federal University of Roraima under the supervision of a health professional.



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 4 de 68 |

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:
Marque con una "X":

| AUTORIZO (AUTORIZAMOS) | SI | NO |
|--|-----------|-----------|
| 1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer. | X | |
| 2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet. | X | |
| 3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones. | X | |
| 4. La inclusión en el Repositorio Institucional. | X | |

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 5 de 68 |

consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI ___ NO X.**
En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:


Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 6 de 68 |

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).
- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

| | | |
|---|---|---|
|  | MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| | PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| | DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 PAGINA: 7 de 68 |



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



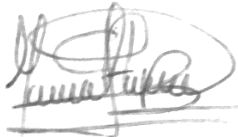
Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

| Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf) | Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.) |
|---|--|
| 1. Chapetón, Mariem2020 | PDF |
| 2. | |
| 3. | |
| 4. | |

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

| APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS | FIRMA (autógrafa) |
|-----------------------------------|--|
| Chapetón Beltrán Mariem Hasbleidy |  |
| | |
| | |

21.1-51-20

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE DISPOSITIVO BIOMÉDICO NO INVASIVO PARA LA PREVENCIÓN DE LA POSTURA INCORRECTA A NIVEL DORSAL.

Autor

Mariem Hasbleidy Chapetón Beltrán

Universidad de Cundinamarca

Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería

Fusagasugá, Colombia

2020

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE DISPOSITIVO BIOMÉDICO NO INVASIVO PARA LA PREVENCIÓN DE LA POSTURA INCORRECTA A NIVEL DORSAL.

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Electrónico.

Autor

Mariem Hasbleidy Chapetón Beltrán

Director:

Ismael Enrique Roa Laguado

Codirector:

Jamile Tuanne Dantas Alves
Universidade Federal de Roraima

Asesores:

Marcelo Da Silva García
Médico General

Línea de investigación:

Software, sistemas emergentes y nuevas tecnologías.

Universidad de Cundinamarca

Ingeniería Electrónica
Facultad de Ingeniería
Fusagasugá, Colombia
2020.

Dedicatoria

A mi tía Julia por haberme apoyado y brindado la mejor educación que pude tener, a mis padres por sus esfuerzos y sacrificios para hacer a una hija feliz y a mi hermana por ser mi guía, consejera y compañera.

Gracias Dios por concederme tan hermosa familia.

Agradecimientos

Le doy gracias a Dios por llenarme de sabiduría en cualquier decisión trascendental de mi vida y por permitirme crecer a nivel profesional, disponiendo en mi camino a un profesor paciente e idóneo que conllevaría la tarea de ser el director Ismael Enrique Roa Laguado y a mi codirectora de la Universidad Federal de Roraima Jamile Tuane Dantas Alves, quien durante mis 7 meses de permanencia como estudiante de intercambio en Brasil me apoyó y asesoró en la elaboración de este trabajo.

A todas las personas que durante el desarrollo del dispositivo asesoraron y dieron pautas para mejorar su funcionamiento como el médico general Arsenio Umbarilla y a mi amigo residente en el Hospital Geral de Roraima Marcelo Da Silva García profesional y supervisor presente en las evaluaciones posturales.

RESUMEN

Hoy en día los problemas de postura a nivel dorsal son más frecuentes en varios escenarios de la vida cotidiana, un ejemplo de esto es durante las jornadas laborales en un escritorio siendo de esta forma prolongadas y exhaustivas, causando dolores, mal formaciones de la columna y obstrucciones pulmonares. Para corregir esta enfermedad se recurre a terapias con ejercicios posturales, uso de corsé y cirugías.

El objetivo de este trabajo es diseñar e implementar un prototipo de dispositivo biomédico no invasivo, para la prevención de la postura incorrecta a nivel dorsal y así realizar una comparación entre las alternativas pasivas de corrección como lo son las fajas y terapias, con los estímulos de advertencia que se aplicarán en el momento en el que la columna no se encuentre en una posición adecuada. El aprendizaje postural se observará con la cantidad de intervenciones hechas por día y serán almacenadas en una base de datos, de esta forma crear un registro mediante la tecnología IoT, usando la comunicación inalámbrica. El control es periódico y puede realizarse desde cualquier dispositivo electrónico.

La metodología se presenta en cuatro etapas que serán retroalimentadas de acuerdo con el desarrollo de cada uno, la primera es la selección de los sujetos de prueba que pasarán por una encuesta y valoración postural, luego de esto se diseña el circuito de respuesta a partir de un sensor inercial que leerá las posturas inadecuadas, una vez seleccionados los requisitos de diseño se construye e implementa para así realizar las pruebas en el personal administrativo y estudiantes de la Universidad Federal de Roraima bajo la supervisión de un profesional de la salud.

Se evidencia que tras realizar ciertas pruebas se cumple con el objetivo principal, diseñando un dispositivo funcional que suministra el estímulo vibratorio en una postura incorrecta, alimentando a la vez con esta información una base de datos online con un entorno agradable para el sujeto y el profesional a cargo de examinar los registros. Cabe aclarar que el tiempo de reacción por parte de la persona que lleva dispositivo es instantáneo, es decir, recobra la posición correcta rápidamente. El especialista sugiere que las pausas activas y ejercicios durante jornadas laborales ayudan a mejorar este tipo de problemas.

ABSTRACT

Today, posture problems at the dorsal level are more frequent in various scenarios of daily life, an example of this is during working hours at a desk, being in this way prolonged and exhaustive, causing pain, bad spinal formations and pulmonary obstructions. To correct this disease, postural exercise therapy, use of a corset and surgeries are used.

The objective of this work is to design and implement a prototype of a non-invasive biomedical device, for the prevention of incorrect posture at the dorsal level and thus make a comparison between passive correction alternatives such as girdles and therapies, with the stimuli of warning that will be applied when the column is not in a suitable position. Postural learning will be observed with the number of interventions made per day and will be stored in a database, in this way creating a record through IoT technology, using wireless communication. The control is periodic and can be done from any electronic device.

The methodology is presented in four stages that will be fed back according to the development of each one, the first is the selection of test subjects who will undergo a survey and postural assessment, after this the response circuit is designed based on An inertial sensor that will read the inappropriate postures, once the design requirements have been selected, is built and implemented in order to carry out the tests on the administrative staff and students of the Federal University of Roraima under the supervision of a health professional.

It is evident that after carrying out certain tests the main objective is fulfilled, designing a functional device that supplies the vibratory stimulus in an incorrect posture, feeding at the same time with this information an online database with a pleasant environment for the subject and the professional in charge of examining the records. It should be noted that the reaction time of the person wearing the device is instantaneous, that is, they quickly recover the correct position. The specialist suggests that active breaks and exercises during work hours help to improve these types of problems.

Lista de ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Medición de los ángulos de Cobb. | 21 |
| Ilustración 2. División de la columna vertebral. | 30 |
| Ilustración 3. Resistencia de la columna. | 30 |
| Ilustración 4. Ubicación de las carillas en el raquis de acuerdo con cada segmento. | 33 |
| Ilustración 5. Enfermedades posturales de la columna vertebral. | 36 |
| Ilustración 6. Sistema de análisis de postura de trabajo OWAS para el registro de postura. | 37 |
| Ilustración 7. A) Corsé de Wilmington B) Corsé de Boston (ortesis toraco-lumbosacro)..... | 41 |
| Ilustración 8. Corsé de Charleston plástico para el tratamiento de la escoliosis lateral en niños..... | 41 |
| Ilustración 9. Pines de entrada, salida y alimentación del NodeMCU. | 42 |
| Ilustración 10. Ejes de orientación del MPU 6050 X (Roll), Y (Pitch) y Z (Yaw). | 44 |
| Ilustración 11. Estructura con partes fijas y móviles del MPU 6050. | 44 |
| Ilustración 12. Metodología escalonada del proyecto..... | 45 |
| Ilustración 13. Dispositivo Inteligente de Control Postural y su colocación. | 46 |
| Ilustración 14. Medida de la curvatura de la espalda en el software KINOVEA para funcionaria del sector público. Diseño Autor | 49 |
| Ilustración 15. Esquema de conexiones del dispositivo. | 54 |
| Ilustración 16. Simulación en TinkerCAD del recubrimiento de protección del circuito. | 54 |
| Ilustración 17. Dispositivo de aprendizaje postural..... | 55 |
| Ilustración 18. Teorema de Pitágoras..... | 55 |
| Ilustración 19. Estudiante de la Universidade Federal de Roraima usando el dispositivo en postura correcta. Diseño Autor. | 57 |
| Ilustración 20. Lectura del ángulo en posición correcta desde consola Arduino. | 58 |
| Ilustración 21. Estudiante de la Universidade Federal de Roraima usando el dispositivo en postura incorrecta. Diseño Autor. | 58 |
| Ilustración 22. Lectura del ángulo en posición incorrecta desde consola Arduino..... | 59 |
| Ilustración 23. Corrector de espalda Upright disponible en amazon.es..... | 63 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Grados de movimiento en cada región..... | 34 |
| Tabla 2. Características de funcionamiento de la placa NodeMCU basada en el microcontrolador ESP-12. Tomado de: (Castro Blanco , 2018)..... | 42 |
| Tabla 3. Características y especificaciones del MPU6050..... | 43 |
| Tabla 4. Ficha de datos para la valoración inicial..... | 48 |
| Tabla 5. Fabricantes y dispositivos de medición inercial..... | 50 |
| Tabla 6. Comparación de motores vibradores..... | 51 |
| Tabla 7. Diagrama de flujo del procesamiento de señales y alertas del sistema. | 51 |
| Tabla 8. Componentes con sus respectivas funciones y características..... | 53 |
| Tabla 9. Lecturas del día número 1 de uso. | 59 |
| Tabla 10. Apreciación de sensibilidad por parte de los sujetos con los motores a evaluación. | 60 |
| Tabla 11. Rendimiento y tamaño de diferentes baterías. Diseño Autor. | 60 |
| Tabla 12. Valoración inicial, Sujeto 1 - Moises Travassos. | 61 |
| Tabla 13. Valoración inicial, Sujeto 2 - Alex da Silva..... | 62 |
| Tabla 14. Costos del dispositivo electrónico..... | 63 |
| Tabla 15. Características técnicas del dispositivo Upright. | 63 |

Contenido

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 14 |
| ABSTRACT | 15 |
| INTRODUCCIÓN | 21 |
| 1. EL PROBLEMA | 23 |
| 1.1 Planteamiento del problema | 23 |
| 1.2 Formulación del problema | 23 |
| 1.3 Objetivos del estudio | 24 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 24 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 24 |
| 1.4 Justificación | 24 |
| 1.5 Alcances | 25 |
| 1.6 Limitaciones | 25 |
| 2. MARCO REFERENCIAL | 26 |
| 2.1 Estado del arte | 26 |
| 2.2 Biomecánica de la columna | 29 |
| 2.2.1 Segmentos funcionales | 30 |
| 2.2.2 Biomecánica de los discos vertebrales..... | 31 |
| 2.2.3 Estabilidad del raquis..... | 32 |
| 2.2.4 Cinética de la columna vertebral..... | 33 |
| 2.2.5 Enfermedades patológicas | 34 |
| 2.3 Posiciones e higiene postural..... | 36 |
| 2.3.1 Postura en pie..... | 37 |
| 2.3.2 Postura sentada..... | 38 |
| 2.3.3 Higiene en la postura | 39 |
| 2.4 Tratamientos posturales..... | 39 |
| 2.4.1 Fisioterapia: | 40 |
| 2.4.2 Fusión espinal: | 40 |
| 2.4.3 Corsé ortopédico:..... | 40 |

| | | |
|-----|--|----|
| 2.5 | NodeMCU | 41 |
| 2.6 | Unidad de Medición Inercial | 43 |
| 3. | DISEÑO METODOLÓGICO | 45 |
| 3.1 | Introducción a la metodología de corrección y aprendizaje postural propuesta: | 46 |
| 3.2 | Selección de los sujetos | 47 |
| 3.3 | Diseño del dispositivo | 49 |
| 4. | CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO | 53 |
| 5. | PRUEBAS | 57 |
| 5.1 | Prueba de lectura de ángulos | 57 |
| 5.2 | Prueba de motor vibrador redondo | 59 |
| 5.3 | Prueba de baterías | 60 |
| 6. | ANÁLISIS DE RESULTADOS | 61 |
| 7. | COSTOS DEL DISPOSITIVO | 63 |
| 8. | CONCLUSIONES | 64 |
| 7.1 | Recomendaciones | 64 |
| 9. | Bibliografía | 65 |

INTRODUCCIÓN

La hipercifosis es el aumento de la curvatura normal de la columna mayor a 45° , causando un arqueamiento o redondeo de la espalda (MedlinePlus, s.f.). Se presenta por la mala postura del cuerpo y afecta el segmento dorsal y sacro del raquis vertebral, siendo éstas dos curvaturas normales (cifosis) dirigidas hacia dentro y fuera del cuerpo. Los síntomas que se presentan en esta patología van desde la rigidez muscular, dolor, deformaciones osteomusculares, hasta la obstrucción pulmonar.

Los tratamientos que se formulan en estos casos de hipercifosis pueden ir desde medicinas antiinflamatorias, terapias musculares que ayude a su fortalecimiento, corsé, hasta intervenciones quirúrgicas en anomalías graves (MAYO CLINIC, 2020). El diagnóstico es realizado por un médico mediante la observación directa de la columna o a través de una radiografía para evidenciar los ángulos de Cobb en personas con mayor índice de masa corporal confirmando sospechas.

De lo anterior, los ángulos de Cobb permiten cuantificar la curvatura lateral de la columna vertebral en el plano frontal, el rango va desde los 10° hasta los 120° , para medirlo se puede calcular de dos formas, método directo e indirecto, el primero se enfoca en la intersección de dos líneas trazadas paralelas al platillo superior de la vertebra proximal y al platillo inferior de la distal en la curva escoliótica (ver ilustración 1). En el método indirecto la deformación se obtiene mediante la intersección de líneas perpendiculares trazadas a las líneas del primer método, esta técnica es útil en ángulos de menor magnitud (Díaz, Schroter G, & Schulz, 2009).

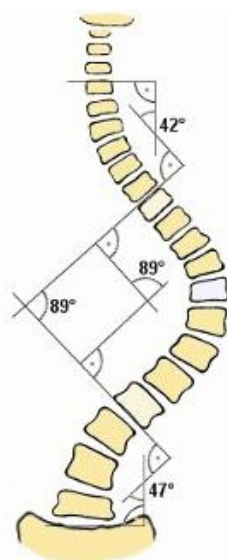


Ilustración 1. Medición de los ángulos de Cobb.
Tomado de: (Escoliosis, s.f.)

Por consiguiente, el dispositivo biomédico de postura planteado emitirá estímulos mediante vibraciones para detectar el ángulo incorrecto, advirtiéndole al usuario el momento en que debe cambiar su postura, los estímulos serán no son invasivos e irán dirigidos a la región dorsal de la columna. Finalmente, como dato estadístico, se tomarán lecturas de la cantidad de intervenciones hechas por el dispositivo al usuario durante el día y así llevar un control para estimar si el aprendizaje está siendo positivo o negativo a lo esperado. Este control se encontrará en una base de datos, en la que el usuario puede entrar fácilmente para observar su proceso durante el día.

1. EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Según (El Universal, 2017) “el dolor de espalda es la segunda causa de enfermedad laboral en Colombia por los costos que implica su diagnóstico, tratamiento, intervenciones quirúrgicas e incapacidades”.

Estudios médicos señalan que el dolor de espalda puede desarrollarse por varias causas, siendo los más comunes traumas en las vértebras, sedentarismo, estrés, obesidad, mala postura, entre otras (Clínica Portoazul, s.f.). De acuerdo, con datos de la Organización Mundial de la Salud, una de cada diez personas en todo el mundo padece algún grado de desviación, en especial los adultos jóvenes en edad laboral”, por el constante uso de nuevas tecnologías durante largos periodos de tiempo, deteriorando de esta forma la columna vertebral.

La columna vertebral presenta tres tipos de curvaturas normales prologadas hacia dentro y fuera del cuerpo. La más relevante es la cifosis ubicada entre la torácica T1 y T12; con el paso del tiempo y por la adopción de malas posturas la anatomía de está comienza a cambiar, presentando enfermedades que van desde el dolor y la rigidez, hasta la obstrucción de las vías respiratorias por la hipercifosis en casos más graves (MAYO CLINIC, 2020). Su diagnóstico es realizado por un médico general mediante la observación o con una radiografía para personas con mayor índice de masa corporal; el tratamiento es por medio de terapias, ejercicios posturales, uso de corsé y en casos graves una cirugía de reconstrucción.

El monitoreo constante y la aplicación de estímulos vibratorios en la región dorsal de la columna permitirán corregir mediante el aprendizaje postural progresivo los problemas de malas posturas, presentadas en las actividades cotidianas durante largos periodos de tiempo previniendo la hipercifosis, mejorando la calidad de vida y la eficiencia en el trabajo.

1.2 Formulación del problema

¿De qué manera se puede llegar a implementar un dispositivo biomédico no invasivo para desarrollar un prototipo de aprendizaje postural de bajo costo en la prevención y tratamiento de la hipercifosis?

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un prototipo de dispositivo biomédico no invasivo para la prevención de la postura incorrecta a nivel dorsal y evitar problemas de hipercifosis temprana mediante el aprendizaje postural.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar los requerimientos y restricciones del dispositivo con el asesoramiento de un profesional de la salud.
- Diseñar un dispositivo biomédico que permita monitorear el comportamiento postural y su respectiva estimulación al usuario como aviso de prevención.
- Implementar cada uno de los módulos que componen el prototipo de dispositivo biomédico.
- Validar los resultados del prototipo de dispositivo biomédico implementado en la población de estudio que comprende el personal administrativo de la Universidade Federal de Roraima (Brasil), mediante el registro de los estímulos e intervenciones en la postura inadecuada durante un periodo de tiempo.

1.4 Justificación

De acuerdo con estudio realizado por (Agudelo Martínez, 2013) tener una postura corporal mala o regular aumentan el riesgo de presentar problemas posturales; el 32.3% es presentado por el uso de maletas y el 67,7% restante es explicado por variables no incluidas en el modelo o por el azar.

Se observa la necesidad de implementar un dispositivo capaz de prevenir la hipercifosis, donde el usuario pueda observar y monitorear la cantidad de veces que ha adoptado una mala posición corporal en su lugar de trabajo, haciendo que el cuerpo comience a aprender la forma que la columna debe tener al estar sentado en un espacio laboral durante varias horas.

1.5 Alcances

Se diseñará e implementará un dispositivo capaz de prevenir las posturas inadecuadas que conllevan a la hipercifosis por medio de intervenciones vibratorias leves que informen al usuario cuando este está adoptando una postura incorrecta y que, debe corregirla, monitoreando día a día las acciones realizadas mediante un análisis cuantitativo, archivándose estos registros de posición en una base de datos, seguido de elaborar una comparación antes y después de unas semanas de su uso. Se llevará un seguimiento por parte de un profesional de la salud para así tener un conocimiento más amplio del diagnóstico y evolución en su jornada laboral.

1.6 Limitaciones

El dispositivo biomédico no invasivo que se diseñará se adaptará en la espalda más específicamente en la región dorsal de personas que pasan mucho tiempo sentados en un escritorio durante sus jornadas laborales, esta muestra es extraída de estudiantes y personal administrativo de la Universidad Federal de Roraima, mejorando la higiene corporal en un ambiente laboral, previniendo la hipercifosis.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Estado del arte

En la necesidad de encontrar una rápida y efectiva solución a varias patologías presentes en los seres humanos, la biomedicina y afines, se han dedicado a desarrollar herramientas que permitan su diagnóstico y tratamiento, optimizando el tamaño, costo y eficacia. Los siguientes autores reportan estudios sobre instrumentos que ayudan a mejorar la postura de los pacientes:

De acuerdo con el trabajo de fin de grado de (Pérez Marcos, 2017) el propósito es el diseño y desarrollo de un dispositivo vestible programable que monitorice la postura de la columna vertebral, fijando unos límites superior e inferior para cada sensor, permitiendo limitar las posturas que el usuario adopta y emitiendo un aviso configurable en forma de luz cuando se sobrepasen dichos límites. Para la valoración final del dispositivo fue necesario contar con un equipo médico que ajustaba de manera correcta los valores límite del dispositivo y valores en el tratamiento a largo plazo. A partir de las pruebas que se efectuaron, los resultados más importantes están a nivel del dispositivo adaptable, debido a que, cumplió las expectativas tanto físicas como en sus parámetros de funcionamiento, siendo capaz de medir la inclinación de varios puntos de la columna vertebral ayudando con el diagnóstico y detección de problemas posturales y como asistente en las sesiones de rehabilitación y educación postural.

Por otra parte, se encuentra la revista de informática y salud (R. Rabuñal, y otros, 2015) con un especial innovación sobre el análisis biomecánico como una disciplina esencial como soporte de diagnóstico de un amplio ámbito de aplicaciones tales como rehabilitación, estabilidad postural y actividades físicas; que despierta gran interés por su capacidad para diagnosticar, prevenir o reducir el riesgo de lesiones y mejorar el rendimiento deportivo, desarrollando un dispositivo de control postural no invasivo, ni en la recepción ni en la intervención que permite realizar satisfactoriamente la actuación en estas aplicaciones, con telecontrol o control "in situ". Los resultados finales del aprendizaje de control postural muestran que mediante un entrenamiento psico-muscular no invasivo corrige eficientemente las malas posturas de la columna vertebral en sus tres ejes de actuación, rotación e inclinación anteroposterior y lateral, está siendo objeto de estudios piloto clínicos preliminares, demostrando que se aprecian mejoras significativas en la reacción frente al estímulo y se percibe un

aprendizaje positivo de las posturas a lo largo del tiempo. El dispositivo se muestra muy eficaz y rápido en la eliminación de dolor y molestias en la espalda y en la búsqueda de la postura adecuada, "bike.fit", para evitar lesiones y mejorar el rendimiento deportivo en actividades como en el ciclismo, además, el dispositivo permite controlar cuantitativamente los progresos en ambos casos y en otros ámbitos de gran importancia como es el caso de la rehabilitación posterior a intervenciones quirúrgicas de columna, etc. Se encuentra en planificación la realización de un mayor número de ensayos clínicos más intensivos, multicéntricos e internacionales.

El artículo científico de (Segato dos Santos, Faccio Segato, Monteiro Ferro, Quintino Cabreira, & Roschidt Pinto, 2014) muestra una alternativa para reducir los problemas posturales en niños y adolescentes, creando un corrector postural electrónico que detecta cuando el usuario se encuentra en una postura incorrecta, advirtiéndole con estímulos vibratorios. Dicho equipo fue fabricado con materiales de bajo costo siendo uno de los pilares de estudio, para esto se usó un Arduino Nano, sensor de flexión y como actuador un motor vibrador presente en todos los teléfonos celulares. La metodología de trabajo se enfoca en un preadolescente y niña de 11 y 8 años respectivamente, a los cuales se les realiza una evaluación postural inicial usando una regla flexible para determinar los grados de arqueamiento de la columna torácica, partiendo de la teoría que al encontrar ángulos superiores a 50° el usuario es diagnosticado con hipercifosis. Al primer sujeto se le registra una curvatura de $58,22^{\circ}$ mientras que a la segunda 39.50° , se procede a implantar el dispositivo sobre la ropa de cada uno durante una semana. Como resultado final se evidencia que durante la primera semana de su uso el preadolescente tiene una curvatura de 52.45° y la niña 37.97° pero cuando se interrumpe, se observa un retroceso en su postura con 55.66° en el primer sujeto, mientras que en el segundo se muestra un aprendizaje postural manteniendo el ángulo de inclinación. De acuerdo con los autores, aunque la evaluación haya sido positiva para la corrección y prevención en estos dos casos, el corrector no garantiza la eficiencia en todos los usuarios, debido a que también se deben tener en cuenta factores genéticos o incluso patologías más graves de la columna vertebral.

El artículo científico de (FODOR, ROTARIU, ANDRUSEAC, & COSTIN, 2019) publicado en el 11° Simposio internacional sobre temas avanzados de Ingeniería Eléctrica (ATEE) habla de la construcción de un sistema de monitoreo que permite la valoración por parte de los médicos en pacientes diagnosticados con cifosis cervical moderada a severa, permitiendo a los usuarios tener una retroalimentación de la

posición que están adoptando durante el día mediante una aplicación de software basado en señales análogas emitidas por un transductor piezorresistivo. Los ángulos de flexión y extensión no deseados de la columna activarán ciertas alarmas de tipo visual, acústico y vibratorio que ayudarán a crear un historial de tratamiento para el paciente. El dispositivo realizado es vestible y ajustable de acuerdo con la altura del usuario y cumpliendo con parámetros de diseño como la curvatura cervical con convexidad anterior, torácica con concavidad anterior y lumbar con convexidad anterior. Es fijado en la región occipital de la cabeza con correas ajustables calibrando los sensores previamente, se tiene en cuenta que el sistema es análogo, entonces es necesario realizar un circuito amplificador de señales junto con un filtro pasa bajas para ingresar al microcontrolador.

El artículo de (Tino, Carvalho, Preto, & Valter, 2011) presente en la Conferencia Internacional anual de la IEEE, Ingeniería en Medicina y Sociedad Biológica, presenta una red inalámbrica de sensores corporales que muestran en tiempo real la respuesta del equilibrio postural de un individuo, detectando el balanceo del cuerpo mediante acelerómetros con retroalimentación vibratoria en el antebrazo interno del sujeto, permitiendo de esta forma que el usuario perciba cuando está en una posición fuera de la órbita normal. El sistema se encarga de transmitir datos posturales a un servidor Host recopilando la información y graficando para que los cuidadores supervisen el comportamiento. Se usaron tres sujetos para realizar las pruebas de retroalimentación vibratoria con edades de 40 a 70 años, cuando los grados de inclinación varían de 5° a 10° en cualquier dirección se dice que no se encuentra dentro del centro de equilibrio, estimulando de esta forma el antebrazo izquierdo o derecho de acuerdo con lugar donde se produzca la desviación, si el usuario se inclina hacia adelante o atrás el dispositivo vibrará en los dos brazos al mismo tiempo. Se expresa que el sistema ayudó con el control postural evitando caídas en pacientes hospitalarios y de atención domiciliaria.

El artículo de (Yi-Ping & Jun-Horng, 2012) propone un sistema de vigilancia de la postura correcta en estudiantes mientras se está sentado mediante un infrarrojo (sensor Sharp) direccional, que se encargara de realizar mediciones progresivas tomando la distancia entre la cabeza al externo superior del lapicero. Se tienen en cuenta datos iniciales como la estura del sujeto para que luego, con una fórmula matemática, se pueda establecer si el usuario se encuentra demasiado cerca del lapicero o escritorio adoptando de esta forma una mala posición.

El funcionamiento del dispositivo a nivel electrónico es mediante los voltajes de salida del sensor, siendo inversamente proporcional a la distancia entre el objeto reflectante y el transductor, de esta forma los datos ingresarán a un controlador programable para evaluar el rango seguro y emitir una alerta cuando la posición no sea la correcta y un interruptor táctil activando o desactivando el sistema mientras no se esté usando y no enviar lecturas erróneas al control.

El estudio propuesto por (Osman, Haydar-Ahmad, & Hage-Diab, 2015) es un dispositivo capaz de alertar al usuario al presentar hipercifosis por un lapsus de tiempo prolongado. Está compuesto por un sensor de estiramiento construido a base de grafito, a su vez viene siendo una galga extensiométrica de construcción casera. Su funcionamiento parte de la elongación, cuando esta sea mayor la resistencia aumenta enviando estos datos a un microcontrolador que monitorea los registros recibidos para luego generar una alarma en forma de vibración y advertir al sujeto que se encuentra en una posición indeseada. La adaptación del sistema se realiza por medio de un divisor de voltaje alimentando un microcontrolador Arduino Atmega, una vez se registren voltajes superiores a 3.5V se genera la alerta al usuario mediante un motor vibrador por una intensidad medida en tiempo de 15 segundos, cuando el voltaje cae, se dice que el paciente recobró la postura correcta y el sistema pasa a un comportamiento "off" esperando nuevas instrucciones. El sensor se encuentra ubicado en la región toraco-lumbar en una camisa vestible, de tal forma que sea ergonómica.

2.2 Biomecánica de la columna

La columna es la estructura base del tronco (Bergmark, 1989) construida por 34 vertebras, unida por discos y recubierta de masa muscular; su función es proteger los tallos neuronales que atraviesan el cuerpo y brindar equilibrio. Se compone de 24 móviles ubicadas en las cuatro curvaturas normales hacia dentro y fuera, como lo son la cervical (C1 a C7), torácica (T1 a T12), lumbar (L1 a L5) y sacra (S1 a S5) (Ver ilustración 2). La movilidad y flexión se presenta gracias a los ligamentos que a su vez disminuyen el gasto energético y son capaces de absorber la energía en los golpes. (Diéguez, 2015)

Columna Vertebral

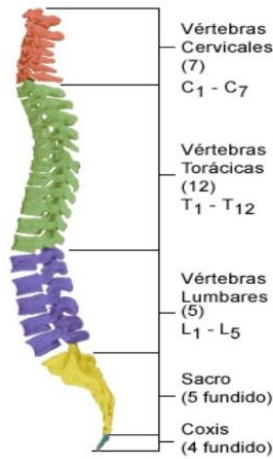


Ilustración 2. División de la columna vertebral.
Tomado de: (Gaudium Vita, 2018)

Los estímulos nerviosos son los encargados de mantener la postura correcta en cualquier cambio producido, de esta forma el equilibrio se mantiene ante las variaciones morfológicas, efectos de gravedad y exceso de masa corporal (sobrepeso). La relación de la resistencia (que es de diez veces) viene dada por la cantidad de curvas normales presentes, que compensan el esfuerzo aplicado al raquis por las fuerzas de tensión y compresión (ver ilustración 3).

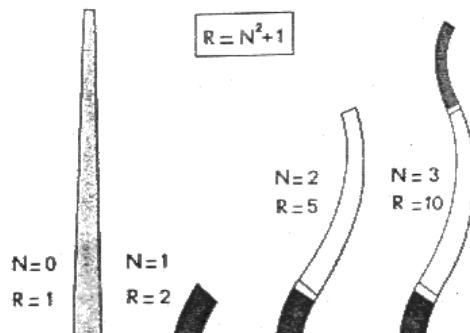


Ilustración 3. Resistencia de la columna.
Tomado de (A. I. Kapandji, 1998)

2.2.1 Segmentos funcionales

La columna posee las vértebras caudales de mayor longitud a diferencia de las craneales, por esta razón, se especifica de forma detallada la biomecánica de cada curvatura una a continuación:

- **Cervical:**

Esta región se compone de siete vértebras (C1 a C7), en las cuales, C1 y C2 carecen de disco, lo que hace no sea tan pronunciada con respecto a las demás. La curva lordótica aparece en la cervical debido a que se presenta por los discos que la componen son más anchos por la parte anterior que posterior y genera una apófisis palpable.

- **Torácica:**

Se localiza entre las vértebras T1 y T12 con ausencia del punto de gravedad. La curva cifótica que se presenta en esta región del raquis es leve y los discos vertebrales son más delgados que en otras curvaturas, pero de igual dimensión, siendo la principal razón para que la movilidad sea limitada. Anatómicamente está diseñada con el fin resistir fuerzas y brindar protección a la medula espinal, aportando mayor estabilidad por los huesos oblicuos adheridos (costillas).

- **Lumbar:**

Soportan la mayor cantidad de peso gracias a los discos que crecen por la parte anterior del cuerpo (L1 a L5), creando un centro de gravedad. La región lumbar recibe las fuerzas aplicadas de forma externa y las dirige hacia el raquis inferior proporcionando un amortiguamiento. Aporta un 80% de estabilidad brindando la posición erguida.

- **Sacra:**

Se encuentra conformada por S1 a S5 a 45° con respecto a la última vértebra de la región lumbar, el ángulo aumenta de acuerdo con la posición corporal y la rotación es nula debido a los ligamentos fuertes que la conforman. El equilibrio es proporcionado por los músculos, por esta razón ante cualquier patología se produce la ausencia de actividad muscular leve y total. Coordina movimientos de la rodilla y cadera permitiendo el descanso de todo el raquis. (La columna vertebral del escolar, 2006)

2.2.2 Biomecánica de los discos vertebrales

Los discos vertebrales son 23 uniones fibrocartilaginosas cerradas cóncavas y convexas que permiten el amortiguamiento de las tensiones concentradas, almacenamiento de energía para la reconstrucción discal y movimientos tales como la extensión, flexión, rotación e inclinación. En edad adulta son avasculares, por esta

razón el intercambio de nutrientes debe realizarse con los vasos sanguíneos cercanos y se da por medio de la difusión activa. Se dividen en dos partes: núcleo pulposo y anillo fibroso, el segundo está compuesto por colágeno y actúa tipo recubrimiento y transporte de solutos. Soportan una carga axial de 1000 kilopondímetros, siendo la región lumbar más resistente con 1500Kg.

Los anillos fibrosos están formados de 10 a 12 láminas (orientadas a más o menos 70° con respecto al raquis), tejido fibroso y agua; estos compuestos van disminuyendo conforme a la edad y al estrés espinal provocado. Su función principal es presionar el centro para así mantener la unión, generar estabilidad, recepción y transmisión de cargas a la vertebra y permitir movimientos de torsión, compresión y tracción evitando hernias discales. En la región cervical y torácica se ubican en el medio y en la lumbar van desplazados, por esta razón el desgaste es mayor y las enfermedades aumentan. La contención del núcleo y el anillo es por parte de los platillos cartilagosos, además, protegen y permiten el intercambio de nutrientes.

El núcleo pulposo es el principal amortiguador del raquis expandiendo, contrayendo y resistiendo movimientos de compresión y flexión, este modifica la altura de acuerdo con el esfuerzo aplicado y permite la recuperación radial del disco. La auto estabilización se da gracias al gel que divide las láminas del anillo fibroso. (Rodrigo C. Miralles Marrero, 2000)

2.2.3 Estabilidad del raquis

El centro de gravedad se encuentra en la región lumbar donde recaen la mayor cantidad de fuerzas de cizalla, provocando daños estructurales. La estabilidad del raquis es proporcionada por los discos vertebrales, músculos y osteoligamentos anteriores y posteriores como lo son:

- **Ligamento longitudinal común anterior y posterior:**

Se extiende desde la base del cráneo a la región sacra S2, es el ligamento más sensible y doloroso. Su función es generar tensión para garantizar la transmisión, direccionamiento y el levantamiento de cargas separando los discos vertebrales. La hipertensión en este sector no se da por su ubicación. Los ligamentos pueden ser cortos cubriendo cada cara y largos de 3 a 4.

El ligamento posterior se divide por hilos cortos y largos compuestos de colágeno. Se encarga de unir de 2 a 5 caras desde la apófisis basilar del occipital hasta S1, mezclado con el anillo fibrosos y dando una forma de sierra. Se opone a la

separación de los discos y su función es dar la rotación e inclinación lateral ante cualquier presión axial.

- **Flavum:**

Es el único ligamento elástico resistente, corto y denso del raquis por tener una composición de 80% elastina y 20% de colágeno, por esta razón permite movimientos de flexión, inclinación y proporciona la estabilidad en general de la columna. Su función es unir la una lámina anterior a la cara de la vertebra, se encuentra dividida en una región lateral que refuerza la articulación interapofisaria y media situada en la parte dorsal de la lámina, se inserta en la sección rugosa.

- **Cápsula de las carillas de la articulación interapofisaria:**

Las articulaciones interapofisarias están compuestas en su mayoría por receptores nerviosos con forma de superficie plana y cilíndrica en la sección lumbar. Se encargan de unir los arcos de las vértebras y son reforzados por el Flavum dorsolumbar anterior y posterior. Funcionan como un freno previniendo el desplazamiento errado, movimientos simultáneos y la dirección conforme a la región. (Anatomía y biomecánica de la columna vertebral)

2.2.4 Cinética de la columna vertebral

El cuerpo humano puede moverse gracias a las cápsulas de las carillas de la articulación interapofisaria y los discos vertebrales mediante la deformación, las articulaciones intersomáticos no tienen movimiento por los ligamentos, fluidos, superficie y extensión de este. En niños y adolescentes la cinética raquídea es mayor pero después de los 30 años esta disminuye. Los diferentes movimientos se dan gracias a la ubicación de las carillas en los segmentos del raquis (ver ilustración 4) y por la relación superficie/altura, de acuerdo con los discos vertebrales, de esta forma se detalla cada uno:

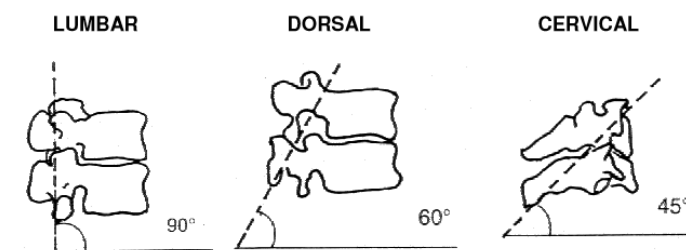


Ilustración 4. Ubicación de las carillas en el raquis de acuerdo con cada segmento.
Tomado de: **(Anatomía y biomecánica de la columna vertebral)**

- Torácica: las carillas se disponen verticalmente a 60° con respecto al plano frontal, permitiendo movimientos de inclinación, rotación y flexo-extensión.
- Torácica lumbar: rotaciones axiales limitadas por el cambio de orientación de la carilla.
- Lumbar: carillas enfrentadas hacia atrás soportando el estrés de cizalla, se ubican a 45° en plano frontal permitiendo movimientos de flexión, extensión e inclinación.
- Cervical: carillas comprendidas entre C3 a C7, en la última la inclinación es mayor y soportan movimientos de flexión, extensión y rotación por la ubicación de sus laminas a 45° con respecto a la frontal.

Varios estudios indican que el ser humano posee un 75% grado de movimiento en el raquis, específicamente en regiones como el dorso lumbar con mayor flexibilidad y el cervical. Entre los 20 y 50 años el cuerpo pierde 15% en flexión, 10% de extensión, 20% en inclinación y 30% de rotación (ver tabla 1).

| Movimiento | Cervical | Dorsal | Lumbar | TOTAL |
|-------------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|
| FLEXIÓN | 40° | 20° | 60° | 110° |
| EXTENSIÓN | 75° | 25° | 35° | 140° |
| INCLIN.LATERAL | (30-45°)* | 20° | 20° | 75-80° |
| ROTACIÓN | (45-60°)** | 35° | 5° | 95-100° |

(*) 30° en región cervical baja y 10-15° en región cervical alta.

(**) 25° en región articulación atlo-axoidea y 25° en región cervical baja.

Tabla 1. Grados de movimiento en cada región.

Tomado de: **(Anatomía y biomecánica de la columna vertebral)**

2.2.5 Enfermedades patológicas

Las enfermedades del raquis son las variaciones de las curvas que no cumplen con los márgenes de linealidad, éstas pueden ser estructurales, no estructuradas y posturales. Son reducidas de forma activa o pasiva y su dictamen médico se realiza mediante una radiografía o valoración postural.

- **Hipercifosis:**

La hipercifosis es el aumento de la curvatura dorsal en forma redonda. Es muy común desde la niñez y durante el crecimiento (estirón) y adolescencia. La curva normal de la región torácica obedece a los 18° a 50° de acuerdo con los parámetros anatómico-fisiológicos y anormal en más de 40° con deformación mínima entre 4 a 5 vertebras, produciendo dolores en edad adulta. Se presenta por las posturas inadecuadas.

- **Hiperlordosis:**

Se determina en posición de bipedestación y es la exageración de la pelvis hacia adelante con abdomen prominente y glúteos salientes. Muchas hiperlordosis se originan por la retracción del músculo psoas iliaco, luxación bilateral, relajación del recto anteroposterior, debilidad de los músculos abdominales y como caso opuesto a la hipercifosis. La curvatura normal es de 20° a 40°, si es mayor o menor a esta se considera irregular; es muy frecuente en mujeres y fisiológica hasta los 5 años.

- **Cifolordosis:**

Esta enfermedad es común durante la pubertad y en muchos casos disminuye y mejora en la adolescencia. Se define como combinación de la hipercifosis e hiperlordosis curvando el dorso y la región lumbar en bipedestación. Un método de reducción es aplicar posturas de hipertensión y sedestación.

- **Cifosis total:**

Es una posición asumida en edad lactante y común hasta los 6 años. Se observa como una curva recta en bipedestación frecuente en los hombres y se transforma en una cifosis lumbar. Es causado por la debilidad en los músculos espinosos por ausencia de solutos y basculación de la pelvis. Su corrección es por medio del enderezamiento por voluntad propia.

- **Dorso plano:**

Se caracteriza por un dorso totalmente plano. En sedestación la curvatura normal es visible.

- **Rectificación lumbar:**

Presencia de un ángulo inferior a los 20°.

- **Inversión fisiológica:**

Es la combinación de lordosis torácica, cifosis e inversión de la curvatura lumbar. Esta patología es muy irregular y solo se presenta en algunos casos de fracturas y tumores en la zona. (Anatomía y biomecánica de la columna vertebral)

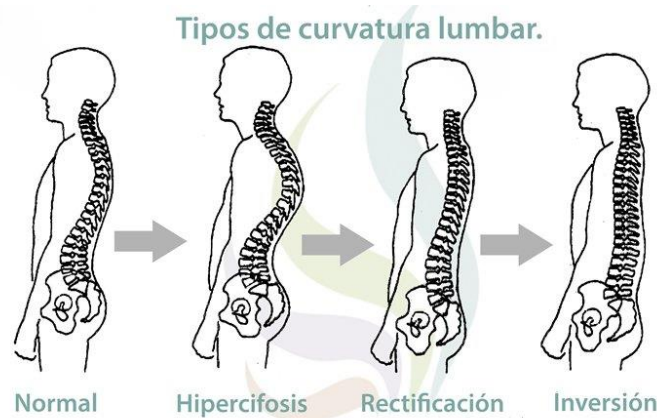


Ilustración 5. Enfermedades posturales de la columna vertebral.
Tomado de: (Fisioonline, 2018)

2.3 Posiciones e higiene postural

La ergonomía tiene gran importancia en las posturas y movimientos del cuerpo humano involucrando de forma directa los músculos, ligamentos y articulaciones que proporcionan la fuerza necesaria para realizar una acción; por esta razón y con la necesidad de analizar las posiciones que se adoptan en una jornada laboral, se creó OWAS (sistema de análisis de postura de trabajo) con códigos y normas a emplear para los brazos, piernas y dorso al ejecutar una tarea (ver ilustración 6). (Franceschi, 2013)



Ilustración 6. Sistema de análisis de postura de trabajo OWAS para el registro de postura.
Tomado de: (Franceschi, 2013)

La mejor postura para ser adoptada por cualquier trabajador de acuerdo con el (Ministério do Trabalho e Emprego, 2001) de Brasil es aquella que se escoge libremente, si bien, alternando movimientos entre sentado o de pie. El tiempo para cambiar de posición debe ser lo más breve posible, de esta forma se logra evitar los efectos negativos, debido a que todo esfuerzo de corrección acarrea una tensión muscular leve comprimiendo los vasos sanguíneos causando dolores, lesionando y desgastando las articulaciones, discos vertebrales y tendones.

2.3.1 Postura en pie

La necesidad de producción hace que se adopte esta postura sin ser la más cómoda para el ser humano; se ha llegado a decir que dicha posición es la que mantiene el eje de la columna vertebral alineada y sin presión sobre los discos vertebrales, por otra parte, llega a ser desgastante por la cantidad de trabajo estático muscular que se requiere. A nivel circulatorio, el corazón necesita de un mayor esfuerzo para lograr bombear la sangre necesaria a las extremidades, a diferencia del trabajo dinámico que genera menor fatiga.

Recomendaciones:

- Mantener un pie apoyado sobre un escalón.
- Realizar la actividad a la altura de los hombros.

2.3.2 Postura sentada

Esta posición requiere de un menor esfuerzo al permitir el control de los movimientos para realizar tareas de precisión, pero mayor gasto energético en la ejecución de trabajo, debido a que no exige un desplazamiento, sino actividad muscular del dorso y el vientre. Su tendencia es a mantenerse por largas jornadas de tiempo en un estado estático, generando problemas lumbares por la compresión de los discos vertebrales, cifosis y lordosis excesivas y sedentarismo; la circulación sanguínea en los miembros inferiores es mejor que en pie.

Recomendaciones:

- Sentarse lo más atrás posible de la silla, apoyando la columna vertebral firmemente contra el respaldo.
- Cadera y rodillas forman un ángulo de 90°, las rodillas se encuentran a nivel o por encima de la cadera.
- Evitar inclinarse hacia delante, o sentarse en el borde de la silla haciendo una inclinación hacia atrás.
- Evitar girar los hombros manteniendo la cadera apoyada en la silla (rotación de la columna).
- Evitar posturas prolongadas, es bueno levantarse y caminar cada 45 minutos.
- Evitar levantar los brazos por encima de los hombros al trabajar o realizar alguna actividad. (García Lima & Noriega Padilla, 2011)

2.3.3 Higiene en la postura

La búsqueda de la postura ideal para cada situación ha sido objeto de varios estudios a lo largo del tiempo. La importancia de mantener una buena higiene postural continúa siendo un foco significativo de atención, debido a que ayuda considerablemente a evitar el riesgo de lesiones.

Se desarrolla a continuación las buenas prácticas en la realización de actividades cotidianas para mantener una buena higiene postural y evitar así el dolor de espalda.

- **Levantar peso:**

La aproximación al suelo debe realizarse flexionando las rodillas, manteniendo la espalda derecha. Al levantar el objeto del suelo se han de usar los músculos abdominales y los de las piernas. Es vital no exceder la altura del pecho para no sobrecargar la zona lumbar en exceso.

- **Estar de pie:**

Usar zapatos cómodos sin tacones altos y ropa amplia para facilitar el flujo sanguíneo. Es necesario mantener las rodillas un poco flexionadas y moverse continuamente para nivelar el peso del cuerpo.

- **Conducir:**

El asiento debe estar regulado para que las rodillas queden flexionadas y levemente más altas que las caderas, de tal forma que la espalda quede en una posición recta con respecto al plano transversal. Por último, ambas manos se ubican sobre el volante manteniendo el cuerpo erguido. (Pérez Marcos, 2017)

2.4 Tratamientos posturales

La cifosis dorsal o hipercifosis es tratada de acuerdo con la causa y la gravedad de la enfermedad; una vez está sea diagnosticada por un médico especializado se debe encontrar el grado de desviación de la columna, para esto es necesario realizar una radiografía evaluando su complejidad; una vez analizado el historial de lesiones a nivel del raquis y postura actual del paciente se procede a recomendar tratamientos que ayuden a fortalecer los músculos de la región o corregir mediante el aprendizaje postural la sintomatología. A continuación, se describen los principales métodos actuales usados.

2.4.1 Fisioterapia:

Los tratamientos fisioterapéuticos ayudan a reforzar la musculatura de la espalda y el abdomen, permitiendo sostener mejor la columna vertebral. Por esta razón, se formulan ejercicios de reeducación postural global como pilates, gimnasia abdominal, masoterapia (disminuyendo contracturas) y terapias respiratorias para mejorar la amplitud torácica y evitar complicaciones obstructivas en los pacientes con hipercifosis. (Fisioterapia, s.f.)

2.4.2 Fusión espinal:

La fusión espinal es una operación que permite eliminar el movimiento de las vértebras afectadas mediante la unión entre ellas, de esta forma se crea un solo hueso eliminando el dolor y tornando un raquis más estable.

2.4.3 Corsé ortopédico:

Un corsé ortopédico (ortesis) es un dispositivo externo que ayuda a modificar aspectos funcionales o estructurales del cuerpo humano en edades prematuras al evidenciar mal formaciones, en este caso, de las curvaturas de la columna mayor a 40°. Se compone de una faja rígida en forma de chaleco con correas ajustables a la contextura del paciente, por lo cual es personalizado de acuerdo con las necesidades y estatura; se tienen varios tipos como lo son:

- **Corsé de Wilminfton y de Boston:**

Diseñados para tratar la caja torácica y la parte inferior de la columna (toracolumbosacra) con intensidades entre 12 a 20 horas de uso. Este corsé se pone por debajo de la ropa, cubriendo el torso desde la cadera hasta las axilas corrigiendo las curvas gracias a la presión de las almohadillas internas.

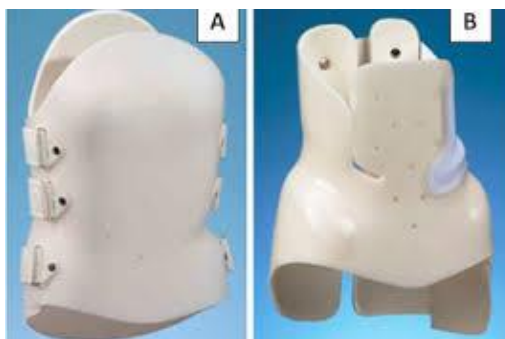


Ilustración 7. A) Corsé de Wilmington B) Corsé de Boston (ortesis toraco-lumbosacro).
Tomado de: (Scoliosis Research Society, s.f.)

- **Corsé de Charleston:**

La forma de tratamiento de este corsé es manteniendo la columna doblada hacia un lado del cuerpo, de modo que ayude al sujeto a mantenerse derecho, su uso es durante la noche para evitar movimientos bruscos y no afectar la estética. Se formula cuando hay casos de escoliosis lateral. (KidsHealth, 2017)



Ilustración 8. Corsé de Charleston plástico para el tratamiento de la escoliosis lateral en niños.
Tomado de: (ORTOPEDIA ONLINE TARANCON, s.f.)

2.5 NodeMCU

Es una plataforma de código abierto basado en el microcontrolador ESP-12 que integra comunicación Wi-Fi. En sus inicios, la programación era bajo un entorno interpretado llamado LUA; una vez representada la unión entre la placa de desarrollo y el firmware el lenguaje comenzó a ser también compilado desde el IDE de Arduino. En la

actualidad, es usado para aplicaciones IoT (internet de las cosas) permitiendo transmitir datos a través de una misma red. En la tabla 2 e ilustración 9 se muestran las características de funcionamiento de ESP-12 y placa de adaptación NodeMCU.

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Tensión de operación | 3.3V |
| Frecuencia | 80 MHz a 160MHz |
| Conexión | WiFi |
| Soporte /Norma | 802.11b/g/n |
| Procesador | Tensilica L106 32-bit |
| Pines E/S digitales | 12 |
| Pines E/S análogos | 1 (resolución 10bits) |
| Memoria Flash | 4 Mb |
| Memoria RAM | 128 KB |
| Ancho | 26mm |
| Longitud | 50mm |

Tabla 2. Características de funcionamiento de la placa NodeMCU basada en el microcontrolador ESP-12.
Tomado de: **(Castro Blanco , 2018)**

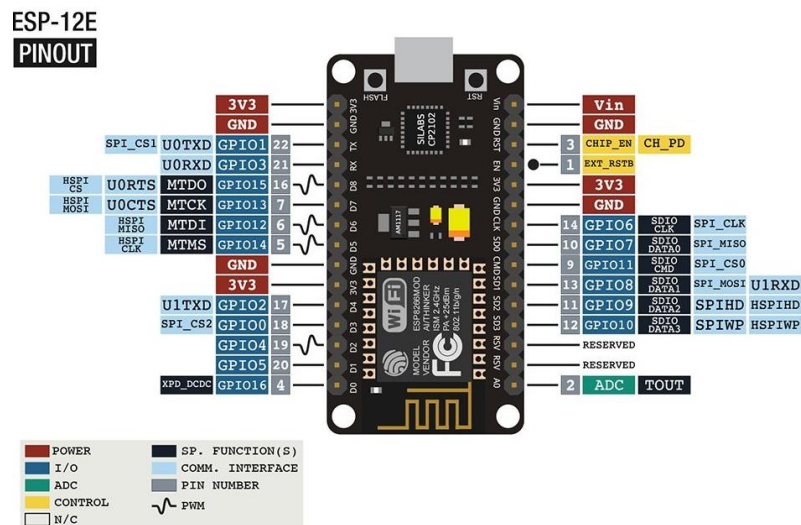


Ilustración 9. Pines de entrada, salida y alimentación del NodeMCU.
Tomado de: **(HU, s.f.)**

2.6 Unidad de Medición Inercial

Es un dispositivo electrónico de medición inercial (IMU) que mide e informa la velocidad, orientación y fuerza gravitacional de un objeto. Utiliza 3 ejes de acelerómetros y giroscopios junto con un procesador digital de movimiento (DMP) que permite la ejecución de complejos algoritmos, evitando de esta forma el uso de filtros externos. La comunicación es por medio de protocolos SPI o I2C maestro esclavo, siendo muy usado en vehículos aéreos no tripulados, maniobra de aviones, naves espaciales, satélites y demás permitiendo la producción de dispositivos GPS (ver tabla 3).

| | |
|--------------------------------|-------------|
| Voltaje de alimentación | 2.4 a 3.6V |
| Consumo de corriente | 3.5mA |
| Salida digital | 6 ejes |
| Tolerancia máxima | 10000g |
| ADC | 16 bits |
| Comunicación | SPI – I2C |
| Otros sensores | Temperatura |

| Rango del Giroscopio | Sensibilidad del Giroscopio | Rango del Acelerómetro | Sensibilidad del Acelerómetro |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| ± 250 | 131 | ± 2 | 16384 |
| ± 500 | 65.5 | ± 4 | 8192 |
| ± 1000 | 32.8 | ± 8 | 4096 |
| ± 2000 | 16.4 | ± 16 | 2048 |

Tabla 3. Características y especificaciones del MPU6050.
Diseño **Autor**.

- **Giroscopio:**

Se encarga de medir las velocidades angulares usando el principio físico del efecto Coriolis, siendo una fuerza ficticia que aparece sobre un cuerpo en movimiento cuando se encuentra en un sistema de rotación, deformando la estructura y mostrando la variación de la capacitancia en los ejes X (Roll), Y (Pitch) y Z (Yaw). (Llamas, 2016)

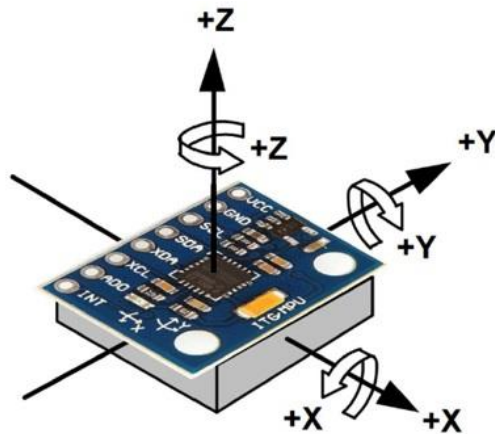


Ilustración 10. Ejes de orientación del MPU 6050 X (Roll), Y (Pitch) y Z (Yaw).
Tomado de: (NAYLAMP MECHATRONICS, s.f.)

- **Acelerómetro:**

Permite medir la aceleración, vibración o inclinación a la que se está sometiendo en 3 ejes con rangos desde las decimas de g (gravedad) a miles. Al igual que en el giroscopio, las partes móviles se deforman causando un desplazamiento en la parte fija, detectando de esta forma el cambio en la capacitancia.

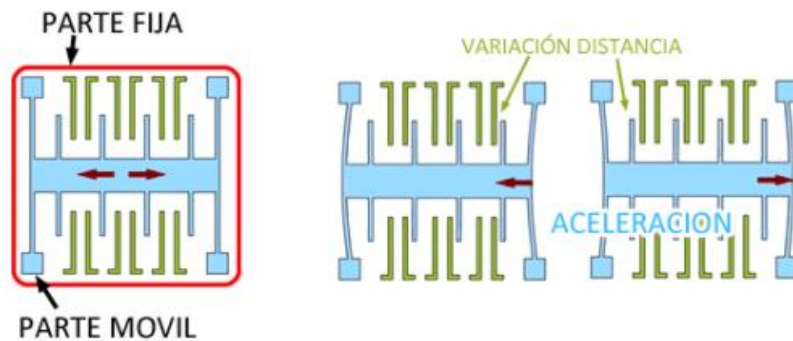


Ilustración 11. Estructura con partes fijas y móviles del MPU 6050.
Tomado de: (Llamas, 2016)

3. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología que da inicio al “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE DISPOSITIVO BIOMÉDICO NO INVASIVO PARA LA PREVENCIÓN DE LA POSTURA INCORRECTA A NIVEL DORSAL”, se delimita a la especificación de las actividades en las que se centra la investigación, como lo son: la selección de los sujetos, diseño, construcción y pruebas con la supervisión del profesional médico. Las anteriores se enmarcan en etapas escalonadas que se retroalimentan de acuerdo con los requisitos y resultados obtenidos durante el transcurso de la pesquisa (ver ilustración 12).



Ilustración 12. Metodología escalonada del proyecto.
Diseño **Autor**.

El dispositivo funcionará cuando el sensor lea una postura incorrecta mayor a 45° de arqueamiento de la espalda, de lo contrario este permanecerá inactivo. Los datos de las mediciones se enviarán a una base de datos para facilitar la revisión a distancia por parte del especialista médico y determinar los avances en la postura del paciente.

3.1 Introducción a la metodología de corrección y aprendizaje postural propuesta:

La elaboración del dispositivo inicia con una revisión bibliográfica del estado del arte con el fin de encontrar otros correctores de postura implementados en los últimos años; se observa el aumento de participación del campo biomédico, ergonómico y ocupacional tratando las principales patologías presentes en la columna vertebral con intervenciones luminosas, que informan al usuario cuando este adopta una mala posición. El corrector está ubicado en las tres curvaturas del raquis y se logra la comunicación clientes – servidor mediante una red de sensores, las posiciones ergonómicas se muestran en un software que evidencia las deformaciones comunes del sujeto a prueba en una jornada de trabajo, estudio y ocio (Juan R. Rabuñal, 2015).

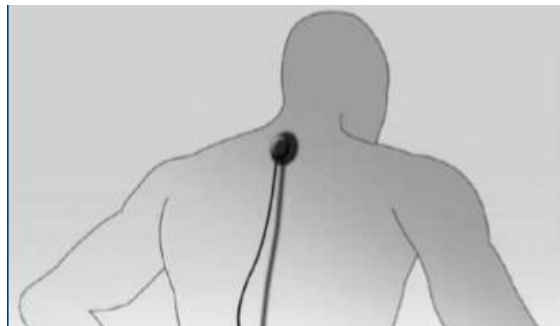


Ilustración 13. Dispositivo Inteligente de Control Postural y su colocación.
Tomado de: **(Juan R. Rabuñal, 2015)**

Con lo anterior, se delimita la región a estudiar, el tipo de actuador, alimentaciones y el manejo de bases de datos que almacenen la cantidad de estímulos realizados durante el día o tiempo de uso, monitoreando constantemente su aprendizaje postural y siendo una posible forma de recopilar información para una valoración posterior al tratamiento.

Seguido de esto se procede a la selección de los sujetos de prueba, los cuales tendrán que pasar por una valoración postural inicial y final para registrar los datos de talla, peso y ángulos en la columna dorsal; de esta forma descartar los pacientes que no

pueden usar el dispositivo. Una vez implementado se hará una evaluación durante su uso con el fin de evidenciar si hay avances en el mejoramiento de la postura en el lugar de trabajo del personal administrativo de la Universidade Federal de Roraima, futuras adecuaciones y testimonios de los usuarios que ayuden a mejorar el corrector.

El diseño y construcción del dispositivo se hará bajo la supervisión de un profesional de la salud que determine la viabilidad y garantice que el corrector no es nocivo y no será un riesgo en la columna y músculos de la región, evaluando de principio a fin el comportamiento y aprendizaje del raquis junto con los resultados arrojados al finalizar las pruebas, garantizando la fiabilidad del instrumento como posible opción de uso diario para todo tipo de paciente con y sin la patología.

3.2 Selección de los sujetos

Para iniciar con el diseño del dispositivo es necesario identificar los sujetos que se pondrán a prueba evaluando las restricciones y requerimientos posturales individuales que servirán a la vez como retroalimentación del prototipo, teniendo en cuenta que no todas las personas por su talla y peso cuentan con la misma curvatura dorsal, cuando el prototipo es para una persona de contextura gruesa la programación en el entorno Arduino es diferente. Por esta razón, se elabora una valoración inicial con preguntas que mostrarán una breve historia clínica del portador, siendo excluyentes con aquellos pacientes que han tenido algún tipo de cirugía o fractura, evitando posibles complicaciones a largo plazo por el constante estímulo vibratorio.

Se tiene en cuenta la intensidad de actividad física realizada por día y la práctica de pilates, debido a que son alternativas de tratamiento para la postura. Como el personal a estudiar se encuentra en la Universidade Federal de Roraima, es necesario realizar la encuesta en portugués, para lograr una mejor comprensión y respuesta por parte de los evaluados y del profesional a cargo del prediagnóstico (ver tabla 4).

| Avaliação inicial - Ficha de dados | |
|---|-----------------------|
| Nome e sobrenome: | |
| Idade: | Ocupação: |
| Estado civil: | Quantidade de filhos: |
| Gênero: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M | |
| ¿Faz atividade física?: Sim ____ Não ____ | |
| ¿Quantas horas ao dia?: | |
| ¿Tem algum tipo de fratura na coluna?: Sim ____ Não ____ | |
| ¿Qual tipo de fratura? | |
| ¿Tive cirurgias na coluna?: Sim ____ Não ____ | |
| ¿No ultimo ano tem sentido dores de espalda?: Sim ____ Não ____ | |
| ¿Pratica pilates?: Sim ____ Não ____ | |
| Observações: | |
| | |

Tabla 4. Ficha de datos para la valoración inicial.
Diseño **Autor**.

Una vez delimitada la población se procede a realizar la valoración postural en su lugar de trabajo, de tal forma que el sujeto a estudiar se sienta cómodo y adopte la postura en la que permanece la mayor parte del tiempo, de esta manera captar mediante video y registros fotográficos los ángulos que se forman en la región dorsal usando el software Kinovea.

Kinovea es un instrumento de valoración postural que permite el desarrollo y análisis videográfico en el campo de la corrección biomecánica, locomoción corporal en 2D y 3D; calculando la alineación de la columna con la técnica de fotogrametría digital. Este software sirve para medir y evaluar la distancia, altura, ángulos de posición (ver ilustración 14), rangos de movilidad articular, velocidades y aceleraciones del sujeto a prueba. Gracias a la captura de video en tiempo real se realizan cálculos sobre estos y de esta forma se recolectan datos que ayudan a la detección de errores en la mecánica del movimiento, ayudando a detectar las debilidades y fortalezas durante la ejecución del ejercicio. (Kinovea, s.f.)

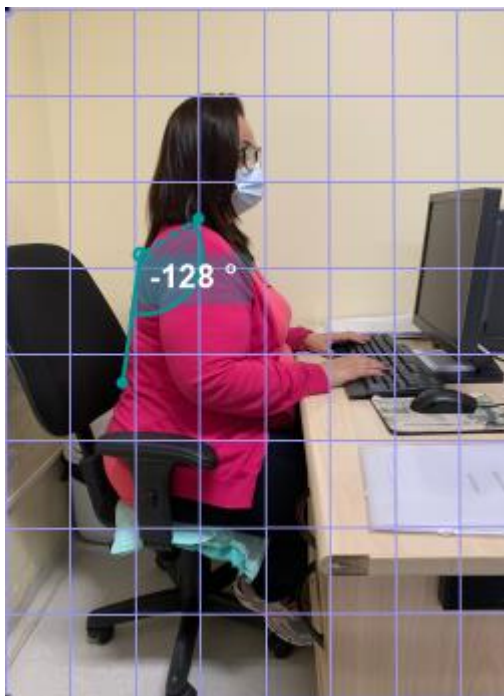


Ilustración 14. Medida de la curvatura de la espalda en el software KINOVEA para funcionaria del sector público.
Diseño **Autor**

3.3 Diseño del dispositivo

Teniendo en cuenta la talla y peso de las personas sometidas a la valoración postural inicial, se establece un diseño de prototipo de dispositivo adaptable no invasivo en la región dorsal de la columna, sobre la séptima vertebra de la parte cervical por ser las que presentan mayor curvatura cifótica. El corrector de postura contará con una unidad de medición inercial adaptada a NomdeMU, leyendo los ángulos que el sujeto adopta durante el transcurso del día. Estos serán recibidos por el actuador que emitirá un estímulo vibratorio cuando la posición supere los 45° , almacenándose la cantidad de intervenciones en una base de datos seguido del establecimiento de una comunicación punto a punto con una base de datos, está información servirá como un posible diagnóstico.

- **Identificación, selección y ubicación de los sensores:**

De acuerdo con los requisitos que exige el aprendizaje postural y las opciones en el mercado de dispositivos de mediciones de unidad inercial se postulan los siguientes MPU:

| Fabricante | Numeración | Tipo de Comunicación | Resolución | Sensores Integrados | Sensibilidad |
|------------|--------------|--|------------|---------------------|-------------------------------------|
| Mbientlab | MetaWear RG | <ul style="list-style-type: none"> • Bluetooth LE • I2C • SPI | 16 bits | Acelerómetro | ±2, ±4, ±8 y ±16 g. |
| | | | | Giróscopo | ±125, ±250, ±500, ±1000 y ±2000 °/s |
| | | | | Temperatura | ±1.0 °C |
| InvenSense | MPU-6050 | <ul style="list-style-type: none"> • I2C | 16 bits | Acelerómetro | ±2, ±4, ±8 y ±16 g |
| | | | | Giróscopo | ±250, ±500, ±1000 y ±2000 °/s |
| InvenSense | MPU-6000 | <ul style="list-style-type: none"> • I2C • SPI | 16 bits | Acelerómetro | ±2, ±4, ±8 y ±16 g. |
| | | | | Giróscopo | ±250, ±500, ±1000 y ±2000 °/s |
| Mbientlab | MetaMotion R | <ul style="list-style-type: none"> • Bluetooth LE • I2C • SPI | 16 bits | Acelerómetro | ±2, ±4, ±8 y ±16 g. |
| | | | | Giróscopo | ±250, ±500, ±1000 y ±2000 °/s |
| | | | | Magnetómetro | ±1300 y ±2500 μT |
| | | | | Presión | 0.01 hPa (< 10 cm) |
| | | | | Temperatura | ±0.5 °C |

Tabla 5. Fabricantes y dispositivos de medición inercial.
Tomado de: (Jonathan Xavier Cela Araguillín, 2018)

Todos los sensores de la tabla 5 son medidores inerciales que manejan varios protocolos de comunicación con óptimos rendimientos, en este caso, como el dispositivo es de bajo costo se selecciona el MPU 6050 que a su vez es muy conocido en el comercio por su amplia documentación y registro de aplicaciones

- **Selección del actuador de vibración:**

Para escoger un actuador de vibración se tiene en cuenta que el estímulo debe ser leve y no invasivo, con materiales hipoalergénicos y de baja corriente. Se tienen las siguientes opciones:

| Nombre | Velocidad nominal | Material | Voltaje | Corriente |
|----------------------------------|-------------------|----------|-----------|--------------|
| Micromotor vibrador redondo 1027 | 4000 RPM | Hierro | 1.5V a 3V | 50mA a 100mA |
| Motor vibrador 610 | 12500 RPM | Hierro | 1V a 3V | 65mA a 100mA |

Tabla 6. Comparación de motores vibradores.
Diseño Autor.

El motor adecuado para satisfacer las necesidades del proyecto es el micromotor vibrador redondo 1027 (ver tabla 6) por su forma aplanada y redonda, adaptándose fácilmente dentro del recubrimiento del circuito, sin generar alteraciones en la lectura del MPU 6050 por vibraciones excesivas.

- **Procesamiento de señales para detección y alertas de posturas incorrectas:**



Tabla 7. Diagrama de flujo del procesamiento de señales y alertas del sistema.
Diseño Autor.

- **Requerimientos para la base de datos de monitoreo de intervenciones:**

Uno de los objetivos que se debe cumplir es que el usuario pueda evidenciar la cantidad de intervenciones que hizo el actuador ante una posición incorrecta, para esto se llevará un registro en una base de datos ThingSpeak con una interfaz gráfica agradable, de tal forma que el paciente conozca su progreso y a la vez el profesional médico examine y evalúe de acuerdo con la repetición de eventos y la disminución de posturas inadecuadas por días de uso. La comunicación se realizará usando el protocolo WiFi.

4. CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO

A nivel de circuito, el dispositivo se compone de un sensor, actuador y microcontrolador capaz de identificar, procesar y enviar la señal de estímulo cuando la postura es incorrecta, a continuación, se especifica de forma clara la función y características de cada uno de los componentes:




| Componente | Función / características | Modelo |
|--------------------------------------|---|---|
| <p>Sensor MPU 6050</p> | <p>Se encarga de medir el ángulo de la columna de acuerdo con el eje Y. Requiere 3.3V de alimentación y comparte datos bajo el protocolo I2C.</p> |  <p>A blue printed circuit board (PCB) for the MPU-6050 sensor. It features a central chip with 'MPU-6050' and 'ITG/MPU' printed on it. The board has several headers: a 5-pin header on the left labeled UCC, GND, SCL, SDA, XDA; a 5-pin header on the right labeled XCL, ADD, INT; and a 3-pin header at the bottom labeled X, Y, Z. There are also two circular components, likely LEDs or capacitors, on the right side.</p> |
| <p>NodeMCU</p> | <p>Microcontrolador encargado de recibir las lecturas realizadas por el sensor y ejecutar las ordenes de acuerdo con su programación (entorno ARDUINO). Envía las posiciones del sujeto mediante WiFi a la base de datos.</p> |  <p>A black NodeMCU microcontroller board. It features a central ATmega328P microcontroller chip, a USB Type-C port, a micro-USB port, and a 5-pin header. The board is populated with various components including resistors, capacitors, and a small antenna for WiFi connectivity.</p> |
| <p>Motor vibrador redondo</p> | <p>Es un motor vibrador encargado de realizar el estímulo cuando la lectura del ángulo es superior a 45°. Su velocidad nominal es de 4000 RPM.</p> |  <p>A small, round, cylindrical vibration motor. It has a black top surface and a silver-colored metal base. Three colored wires (red, blue, and white) are attached to the top of the motor.</p> |

Tabla 8. Componentes con sus respectivas funciones y características.
Diseño **Autor**.

En la ilustración 15 se evidencian las respectivas conexiones y elementos utilizados para la construcción de un dispositivo de aprendizaje postural, teniendo en cuenta que su programación se hace bajo el entorno ARDUINO, usando el microcontrolador NodeMCU bajo ESP8266. El respectivo código se encuentra en el ANEXO 1.

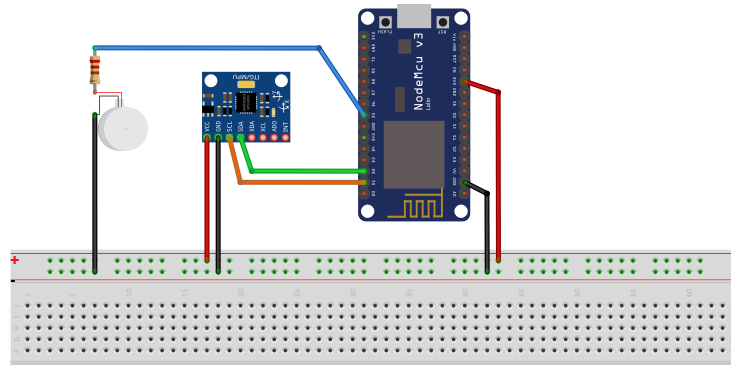


Ilustración 15. Esquema de conexiones del dispositivo.
Diseño **Autor**.

Con el fin de proteger al paciente portador del dispositivo y al circuito de las secreciones corporales, se elabora un recubrimiento plástico adherido a la espalda usando la cinta hospitalaria Leukoplast resistente al agua, con este no se evidencia que se mueva del lugar de adaptación. Una forma de observar otra alternativa es mediante la adaptación del dispositivo en una mayor muestra, pero al carecer de esto se establece que es el mejor sistema de agarre a usar. A continuación, se muestra una simulación diseñada en TINKERCAD, se evidencia la acomodación del sensor, actuador, microprocesador y batería (2). El numero 2 corresponde a la carcasa final, la parte inferior no es totalmente plana para evitar molestias al realizar diferentes movimientos.

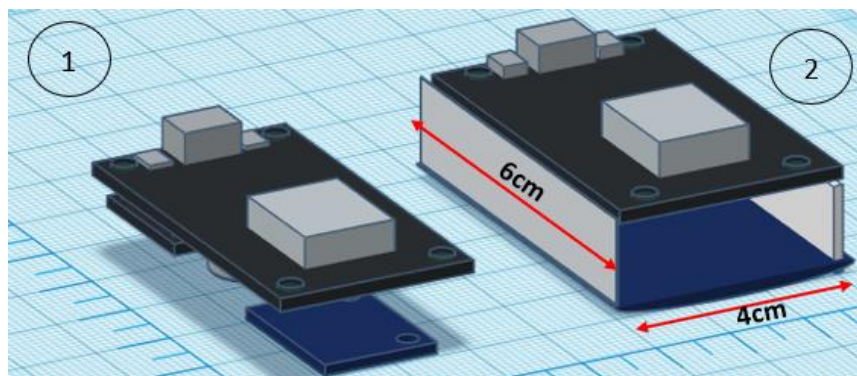


Ilustración 16. Simulación en Tinkercad del recubrimiento de protección del circuito.
Diseño **Autor**.

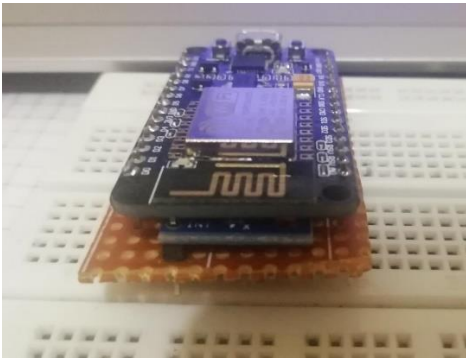


Ilustración 17. Dispositivo de aprendizaje postural.
Diseño **Autor**.

- **Calibración sensor MPU 6050:**

Para comenzar con la programación del sensor MPU 6050 se estudia la forma de medir un ángulo con el acelerómetro disponible en la placa, para esto se usa el teorema de Pitágoras de la siguiente forma:

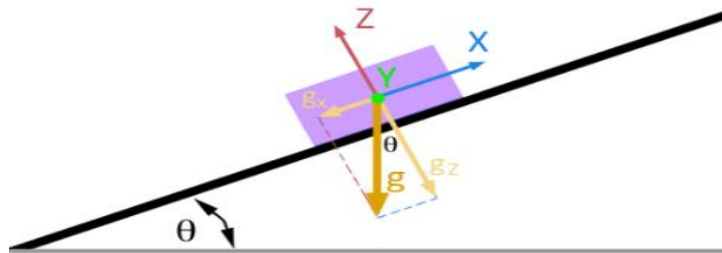


Ilustración 18. Teorema de Pitágoras.
Tomado de: (LLamas, 2016)

$$\theta = \text{atan} \frac{Ax}{Az} \quad (1)$$

Las ecuaciones resultantes son:

$$\theta_x = \text{atan} \frac{Ax}{\sqrt{Ay^2 + Az^2}} \quad (2)$$

$$\theta_y = \operatorname{atan} \frac{Ay}{\sqrt{Ax^2 + Az^2}} \quad (3)$$

$$\theta_z = \operatorname{atan} \frac{\sqrt{Ax^2 + Ay^2}}{Az} \quad (4)$$

5. PRUEBAS

En diferentes fases se realizaron varias pruebas para comprobar que las lecturas y estímulos fueran los correctos y esperados, de esta forma realizar la respectiva retroalimentación y ajustes al dispositivo dependiendo de las necesidades que se encontraban, mejorando los resultados y planteando nuevas alternativas de diseño y construcción.

5.1 Prueba de lectura de ángulos

La primera prueba que se efectuó después de la calibración del MPU 6050 fue la lectura de los datos de acuerdo con la aplicación de la fórmula de Pitágoras, en este caso se leían todos los ejes (X, Y y Z) posicionando el sensor a 180° con respecto al eje X, se realizó una pequeña modificación de tal forma que el ángulo a medir solo sea el Y por la forma de la espalda a 90° . Durante esta fase, el dispositivo no contaba con una fuente de alimentación portátil sino mediante el cable USB y la información de los ángulos se evidenciaba en el Monitor Serie y el Serie Plotter.

La primera prueba se realizó durante 1 hora sin interrupciones, obteniendo registros cada 30 segundos, en la base de datos la cantidad de registros es identificada por el nombre de "Número ID" con un total de 120 lecturas (ver ilustración 19 y 21).

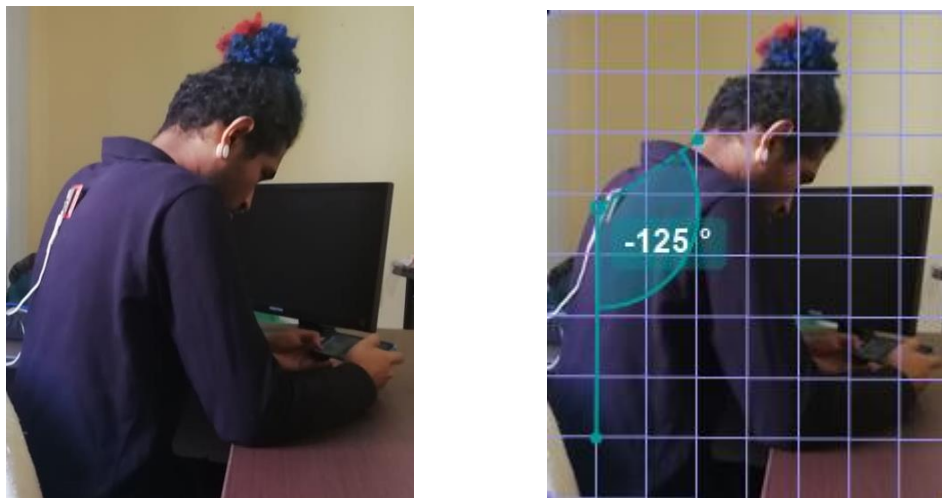


Ilustración 19. Estudiante de la Universidad Federal de Roraima usando el dispositivo en postura correcta. Diseño **Autor**.

```
Posición correcta: 35.20
Posición correcta: 35.22
Posición correcta: 35.22
Posición correcta: 35.23
Posición correcta: 35.23
Posición correcta: 35.22
Posición correcta: 35.21
Posición correcta: 35.19
Posición correcta: 35.20
Posición correcta: 35.19
```

Ilustración 20. Lectura del ángulo en posición correcta desde consola Arduino.
Diseño **Autor**

$$\text{Ángulo teórico} = 125^\circ - 90$$

$$\text{Ángulo teórico} = 35^\circ$$

Teniendo en cuenta que se usa el software KINOVEA para establecer un ángulo teórico de análisis, se procede a restar este dato con los 90° de la postura correcta, midiendo desde el paralelo de la terminación del codo a la curvatura que hace la columna con respecto a la cuadrícula. En esta situación el ángulo teórico y el medido con el sensor es de 35°.

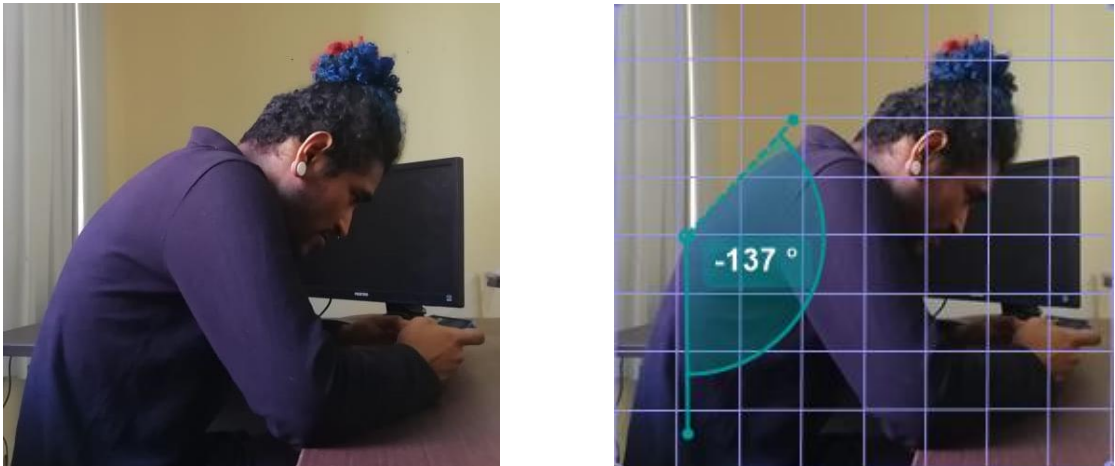


Ilustración 21. Estudiante de la Universidade Federal de Roraima usando el dispositivo en postura incorrecta.
Diseño **Autor**.

$$\text{Ángulo teórico} = 137^\circ - 90$$

$$\text{Ángulo teórico} = 47^\circ$$

```
Posición incorrecta: 47.05
Posición incorrecta: 47.01
Posición incorrecta: 46.98
Posición incorrecta: 46.97
Posición incorrecta: 46.99
Posición incorrecta: 47.02
Posición incorrecta: 47.06
Posición incorrecta: 47.07
Posición incorrecta: 47.06
Posición incorrecta: 47.02
Posición incorrecta: 46.97
```

Ilustración 22. Lectura del ángulo en posición incorrecta desde consola Arduino.
Diseño **Autor**.



Tabla 9. Lecturas del día número 1 de uso.
Diseño **Autor**.

5.2 Prueba de motor vibrador redondo

Durante la construcción del dispositivo se evaluaron dos alternativas de estimulación usando motor vibrador redondo. Para observar la calidad de cada uno se pidió a los sujetos a prueba que determinaran con cual sentían incomodidad en la espalda por su

estimulo, escogiendo el que genera mayor desconformidad. Los resultados se evidencian en la tabla 10.

| Sujeto | Apreciación | Motor vibrador |
|----------|-------------|-----------------------|
| Sujeto 1 | Leve | Módulo motor vibrador |
| Sujeto 2 | Fuerte | Con adaptación |
| Sujeto 3 | Fuerte | Con adaptación |
| Sujeto 4 | Fuerte | Con adaptación |

Tabla 10. Apreciación de sensibilidad por parte de los sujetos con los motores a evaluación. Diseño **Autor**.

5.3 Prueba de baterías

Se consideraron varias opciones de baterías para dar autosuficiencia al dispositivo con ciertos criterios de tamaño, rendimiento, seguridad y carga, sin olvidar que estará en contacto con la ropa del sujeto a prueba y se deben evitar cualquier tipo de sobrecalentamientos que puedan ser factor de riesgo. A continuación, se muestra la evaluación realizada:

| Tipo de batería | Rendimiento | Tamaño | Recargable |
|------------------------|-------------------|------------------------|------------|
| Litio Li-ION | 3.7 V – 1240 mAh | 5.6 x 3.6 x 0.5 cm | Si |
| Alcalina | 1.5 V | 5 cm x 1.4 cm diámetro | No |
| Níquel-hidruro | 1.25 V – 750 mAh | 6 x 5 x 2 cm diámetro | Si |
| Níquel-hierro | 2.4 V – 500 mAh | 6 x 5 x 2 cm diámetro | Si |
| Níquel-cadmio | 1.25 V – 1000 mAh | 5 cm x 1.4 cm diámetro | Si |
| Polímero de litio LiPo | 3.7 V – 2800 mAh | 0.4 x 10.3 x 9.2 cm | Si |

Tabla 11. Rendimiento y tamaño de diferentes baterías. Diseño **Autor**.

Los factores que determinan el rendimiento de las baterías son analizados mediante la observación de la velocidad de respuesta del actuador ante las lecturas incorrectas y el funcionamiento correcto de todos los módulos adecuados para dicho sistema.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los sujetos evaluados firmaron con antelación un término de consentimiento para el uso de su historial médico, identidad y publicación de sus fotos en este material educativo (ver ANEXO 2).

| Valoração inicial - Ficha de dados | |
|---|-------------------------------------|
| Nome e sobrenome: Moises Travassos | |
| Idade: 26 anos | Ocupação: Bolsista academico |
| Estado civil: Solteiro | Quantidade de filhos: 0 |
| Gênero: <input type="checkbox"/> F <input checked="" type="checkbox"/> M | |
| ¿Faz atividade física?: Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> | |
| ¿Quantas horas ao dia?: | |
| ¿Tem algum tipo de fratura na coluna?: Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> | |
| ¿Qual tipo de fratura? | |
| ¿Tive cirurgias na coluna?: Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> | |
| ¿No ultimo ano tem sentido dores de espalda?: Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> | |
| ¿Pratica pilates?: Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Observações: Dores quando faz limpeza Estatura: 1,77cm Peso: 64,5Kg Estrutura Corporal: magro | |

Tabla 12. Valoración inicial, Sujeto 1 - Moises Travassos.
Diseño **Autor**.

En la valoración inicial del sujeto 1 Moises Travassos (ver tabla 12), quien hace parte del personal administrativo de la Universidade Federal de Roraima, se observa que es apto para usar el dispositivo, debido a que no posee cirugías ni fracturas a nivel del raquis. Durante la evaluación expresa sentir dolores cada vez que hace limpieza, se evidencia que tiene una postura encorvada y se presume que se debe a sus jornadas de trabajo y su pasatiempo de jugar video juegos en el computador y celular. Su estatura es baja con respecto a su peso.

Durante el primer día de prueba con el dispositivo biomédico, se observa que después de la media hora de uso (Número ID 60), segundo 1800 adopta una mala postura por 30 segundos consecutivos, al percatarse del estímulo vibratorio recobra la postura erguida cerca de los 12° de inclinación (ver tabla 9).

El especialista sugiere que durante los primeros minutos y con la expectativa de no saber cómo se sentirá el estímulo en el cuerpo, el sujeto programa su mente y está al tanto de no encorvarse, después de este tiempo lo olvida por estar concentrado en el juego y es cuando se presenta la primera respuesta por parte del corrector postural.

| Valoração inicial - Ficha de dados | |
|--|-------------------------|
| Nome e sobrenome: Alex da Silva | |
| Idade: 30 anos | Ocupação: Estudante |
| Estado civil: Solteiro | Quantidade de filhos: 0 |
| Gênero: <input type="checkbox"/> F <input checked="" type="checkbox"/> | |
| ¿Faz atividade física?: Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> | |
| ¿Quantas horas ao dia?: 2 horas | |
| ¿Tem algum tipo de fratura na coluna?: Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> | |
| ¿Qual tipo de fratura? | |
| ¿Tive cirurgias na coluna?: Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> | |
| ¿No ultimo ano tem sentido dores de espalda?: Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> | |
| ¿Pratica pilates?: Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Observações: Estatura: 1,70cm Peso: 73Kg Estrutura Corporal: magro | |

Tabla 13. Valoración inicial, Sujeto 2 - Alex da Silva.
Diseño Autor.

El sujeto 2, Alex da Silva es un estudiante (ver tabla 13), quien presenta siempre una postura saludable, practica ejercicios diarios con una intensidad horaria de 2 horas, presenta dolores de espalda, pero justifica que es por una caída, es apto para usar el dispositivo, pero durante todo el estudio no presentó una postura incorrecta, por lo tanto, el dispositivo no realiza ninguna intervención.

Por la ausencia de personas para el estudio debido a la pandemia, no es posible hacer más seguimientos con otras personas y el especialista no considera viable que el Autor lo use, debido a que ya está preparada psicológicamente y no adoptará una mala postura mientras este usando el dispositivo.

7. COSTOS DEL DISPOSITIVO

En la tabla 14 se evidencia el costo del dispositivo electrónico construido, excluyendo datos del especialista médico por ser un estudiante de último semestre de la Universidad Federal de Roraima. En la actualidad se encuentra disponible por la plataforma amazon.es el corrector Upright de postura con un precio al público de 91,98 euros, al cambio en pesos colombianos es alrededor de \$ 393.269 (ver ilustración 26).

| Elemento | Costo |
|--------------------------------|-----------|
| NodeMCU ESP 8266 | \$ 37.421 |
| MPU 6050 | \$ 10.000 |
| Micromotor vibrador redondo | \$ 4.000 |
| Batería Li-Po 3.7 V – 1240 mAh | \$ 18.991 |
| Otros | \$ 10.400 |
| Total -----> | \$ 80.812 |

Tabla 14. Costos del dispositivo electrónico.
Diseño **Autor**.



Ilustración 23. Corrector de espalda Upright disponible en amazon.es.
Ilustración 23. Tomado de: (**Amazon.es, 2018**)

| | |
|-------------|------------------------|
| Marca | Upright |
| Dimensiones | 10.16 x 8.89 x 8.08 cm |
| Baterías | Polímero de litio |
| Peso | 160 gramos |

Tabla 15. Características técnicas del dispositivo Upright.
Diseño Autor.

8. CONCLUSIONES

Un prototipo de dispositivo biomédico funcional debe garantizar que puede usarse en todo lugar y momento, en este caso fue administrado en lugares de trabajo y ocio porque es cuando más encorvamientos se presentan al realizar una tarea por largas jornadas de tiempo. Durante el estudio se evidenció que al inicio el sujeto presenta cierto miedo de cambiar su postura por la reacción del dispositivo y trata de mantener siempre erguida la columna, pero al desviar su interés con el trabajo o video juego olvida que se tiene adaptado un corrector y cuando interviene, el tiempo de reacción es instantáneo y se activa de nuevo el temor a otra reacción. Cabe aclarar que los estímulos vibratorios son leves, pero al adaptarse sobre la quinta y séptima vertebra del raquis, las terminaciones nerviosas son más sensibles y la incomodidad es mayor.

Aunque el diseño fue el esperado y el estímulo satisfactorio, el dispositivo carece de pruebas para determinar si el aprendizaje es el mismo en el transcurso de los días, pero al evitar el contacto por la situación mundial presentada. Suministrar un dispositivo a cada persona, garantizaría que durante las jornadas laborales el arqueamiento de la columna sea moderado, eliminando el estrés y malas posturas.

El uso de las normas OWAS en un espacio de trabajo son fundamentales durante el desarrollo de cualquier tarea para conocer la forma correcta de permanecer en un espacio de trabajo, en este caso, se tiene en cuenta la normal 117 para home office.

7.1 Recomendaciones

- Se recomienda principalmente realizar más pruebas una mayor muestra de sujetos para de esta forma obtener patrones de comportamiento con mayores cifras y tablas.
- El dispositivo de aprendizaje postural puede ser adaptado para las tres regiones del cuerpo, evitando problemas de escoliosis y lordosis.
- Usar la nueva versión de NodeMCU basado en el ESP 12, debido a que es un microcontrolador más rápido, de mejor rendimiento y con puerto de adaptación para batería Li-Po, evitando el uso de un circuito de adaptación externo.

9. Bibliografía

- (2006). En P. L. Pilar Sainz de Baranda, *La columna vertebral del escolar*. Madrid: WANCEULEN.
- A. I. Kapandji. (1998). Fisiología articular. En A. I. Kapandji. Panamericana.
- Agudelo Martínez, A. (2013). Factores asociados a la postura en estudiantes universitarios. (U. CES, Ed.) *CES Movimiento y Salud*, 1, 11-18. Recuperado el 2019
- Amazon.es. (30 de 04 de 2018). *Upright. Dispositivo corrector de postura corporal para la espalda*. Recuperado el 03 de 12 de 2020, de <https://www.amazon.es/UpRight-Dispositivo-corrector-postura-corporal/dp/B0747YHYZF>
- Anatomía y biomecánica de la columna vertebral. (s.f.).
- Bergmark, A. (1989). Anatomy and biomechanics of the spine. En L. I. Technology, *Stability of the lumbar spine* (pág. 45). Copenhagen: Munksgaard.
- Castro Blanco , T. (2018). *Sistema de medida de temperatura basado en NodeMCU y Arduino*. Trabajo de fin de grado, Unievrnsidad Carlos III , Ingeniería Eléctrica, Madrid. Recuperado el 15 de Agosto de 2020
- Clínica Portoazul. (s.f.). *Evite o disminuya el dolor de espalda*. Recuperado el 02 de 12 de 2020, de <https://www.clinicaportoazul.com/evite-o-disminuya-el-dolor-de-espalda/>
- Díaz, J., Schroter G, C., & Schulz, R. (2009). ACTUALIZACION DE LA EVALUACION RADIOLOGICA DE LA ESCOLIOSIS. *Revista chilena de radiología*, 15(3). Recuperado el 01 de 12 de 2020, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082009000300007
- Diéguez, M. C. (2015). *Morfotipos sagitales del raquis en población escolar en la región de Murcia*. Murcia: Universidad de Murcia.
- El Universal. (02 de 05 de 2017). Door de espalda, segunda causa de enfermedad laboral en Colombia. (Colprensa, Ed.) *El Universal*. Recuperado el 2019, de <https://www.eluniversal.com.co/salud/dolor-de-espalda-segunda-causa-de-enfermedad-laboral-en-colombia-252223-PVEU362915>

- Escoliosis. (s.f.). *Ángulo de Cobb en la escoliosis*. Recuperado el 02 de 12 de 2020, de <https://escoliosis.net/angulo-cobb/>
- Esploradores.com*. (s.f.). Recuperado el 11 de Agosto de 2020, de PLaca NodeMCU 1.0 V2: https://www.esploradores.com/wp-content/uploads/2019/11/PINOUT-NodeMCU_1.0-V2-2_2.jpg
- Fisioonline. (24 de 12 de 2018). *La lordosis o curvatura lumbar ¿Qué es? Consejos y ejercicios para recuperarla*. Obtenido de <https://www.fisioterapia-online.com/articulos/la-lordosis-o-curvatura-lumbar-que-es-consejos-y-ejercicios-para-recuperarla>
- Fisioterapia, R. y. (s.f.). *CENTRO DE FISIOTERAPIA*. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de <https://fisioterapiayrecuperacion.com/fisioterapia/tratamientos-pediatricos-santander/tratamientos-cifosis/>
- FODOR, C., ROTARIU, C., ANDRUSEAC, G., & COSTIN, H. (2019). Device for Telemonitoring of Spine Flexion During Cervical Kyphosis Treatment. *11º Simposio internacional sobre temas avanzados en Ingeniería Eléctrica (ATEE)*. Bucarest. Recuperado el 05 de Julio de 2020, de <https://ieeexplore.ieee.org/document/8724909>
- Franceschi, A. d. (2013). *Ergonomia*. (M. Eckhardt, Ed.) Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil: e-Tec. Recuperado el 28 de Julio de 2020
- Garcia Lima , E., & Noriega Padilla, K. (2011). *Asociación entre dolor lumbar y postura de trabajo durante la práctica profesional del cirujano dentista en la ciudad de Toluca*. Tesis, Toluca. Recuperado el 01 de Agosto de 2020
- Gaudium Vita. (25 de 01 de 2018). *Los 5 movimientos de la columna en yoga*. Obtenido de <http://gaudiumvitayoga.com/blog/los-5-movimientos-de-la-columna/>
- HU. (s.f.). *Huinfinito*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de <https://www.huinfinito.com.br/home/1145-modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12e.html>
- Juan R. Rabuñal, J. C. (2015). Dispositivo Inteligente para el Aprendizaje de la Corrección Postural mediante Estimulación Vibratoria. *I + S Informatica y Salud*, 7-8.
- KidsHealth. (Julio de 2017). *Para padres*. Recuperado el 07 de Agosto de 2020, de <https://kidshealth.org/es/parents/scoliosis-brace->

esp.html#:~:text=Cors%C3%A9%20de%20Charleston&text=Como%20los%20chalecos%20que%20se,columna%20doblada%20hacia%20un%20lado.

Kinovea. (s.f.). *Kinovea*. Obtenido de <https://www.kinovea.org/>

LLamas, L. (1 de 09 de 2016). *LUIS LLAMAS, electrónica, informática y diseño*. Recuperado el 11 de 09 de 2020, de <https://www.luisllamas.es/como-usar-un-acelerometro-arduino/>

Llamas, L. (1 de Septiembre de 2016). *Tutoriales Arduino básico*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2020, de <https://www.luisllamas.es/como-usar-un-giroscopio-arduino/>

Master Walker. (13 de Julio de 2018). *Electronic Shop*. (G. Oliveira, Editor) Recuperado el 05 de Agosto de 2020, de <https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/nodemcu/nodemcu-uma-plataforma-com-caracteristicas-singulares-para-o-seu-projeto-iot/>

MAYO CLINIC. (12 de 06 de 2020). *Diagnóstico de la cifosis*. Recuperado el 01 de 12 de 2020, de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/kyphosis/diagnosis-treatment/drc-20374209>

MedlinePlus. (s.f.). *Información de salud para usted*. Recuperado el 01 de 12 de 2020, de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001240.htm>

Ministério do Trabalho e Emprego. (2001). *Ergonomia indicação de postura a ser adotada na concepção de postos de trabalho*. Nota Técnica 060/2001, SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO, Brasília. Recuperado el 30 de Julio de 2020, de <https://docplayer.com.br/3805158-Nota-tecnica-060-2001-assunto-ergonomia-indicacao-de-postura-a-ser-adotada-na-concepcao-de-postos-de-trabalho.html>

NAYLAMP MECHATRONICS. (s.f.). *Tutorial MPU 6050, acelerómetro y giroscopio*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2020, de https://naylampmechatronics.com/blog/45_Tutorial-MPU6050-Aceler%C3%B3metro-y-Giroscopio.html

ORTOPEDIA ONLINE TARANCON. (s.f.). *Ortesis Columna y Tronco*. Recuperado el 07 de Agosto de 2020, de <https://www.ortopediaonlinetarancon.com/tienda/corse-de-charleston/>

Osman, O., Haydar-Ahmad, I., & Hage-Diab, A. (2015). Thoracic Kyphosis Alert System. *International Conference on Advances in Biomedical Engineering*

(ICABME). Beirut: IEEE. Recuperado el 13 de Julio de 2020, de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7323282>

Pérez Marcos, M. (2017). *Diseño e implementación de un monitor/corrector postural de la columna vertebral*. Trabajo fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid, Ingeniería Industrial, Madrid. Recuperado el 01 de 05 de 2019

R. Rabuñal, J., Cuevas, J., Nogueira, M., Rodriguez Sotillo, A., Patiño, S., Rivas, A., & Pazos, A. (02 de 2015). Dispositivo Inteligente para el Aprendizaje de la Corrección Postural mediante Estimulación Vibratoria. (I+S, Ed.) *Sociedad española de información y salud* (109), 6-11. Recuperado el 2019

Rodrigo C. Miralles Marrero, M. P. (2000). *Biomecánica clínica del aparato locomotor*. Barcelona: MASSON.

Scoliosis Research Society. (s.f.). *Escoliosis de comienzo temprano*. Recuperado el 07 de Agosto de 2020, de https://www.srs.org/espanol/patient_and_family/scoliosis/early_onset_scoliosis/treatment/bracing.htm

Segato dos Santos, L. F., Faccio Segato, T. H., Monteiro Ferro, A., Quintino Cabreira, L. G., & Roschidt Pinto, A. (2014). Estudio de la eficiencia del corrector postural electrónico en el tratamiento y prevención de la hipercifosis torácica en niños y adolescentes. *Simposio Brasileño 2014 sobre Ingeniería de Sistemas Informáticos*, (págs. 1-6). Manaus. Recuperado el 16 de Abril de 2020, de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7091157/authors#authors>

Tino, A., Carvalho, M., Preto, N., & Valter, K. (2011). Wireless Vibrotactile Feedback System for Postural Response Improvement. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. Boston. Recuperado el 10 de Julio de 2020, de <https://ieeexplore.ieee.org/document/6091287>

Yi-Ping, W., & Jun-Horng, C. (2012). A Surveillance System Designed for the Correction of Sitting Posture in Writing. *9th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing and 9th International Conference on Autonomic and Trusted Computing*. Fukuoka. Recuperado el 11 de Julio de 2020, de <https://ieeexplore.ieee.org/document/6332081>