VISIÓN ELECTRÓNICA

Preparación de Artículos revista VISIÓN ELECTRÓNICA: algo más que un estado sólido
Fecha de envío:
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

APLICACIÓN PARA LA DETECCIÓN DE DESVIACIONES DE LA COLUMNA VERTEBRAL

APPLICATION FOR THE DETECTION OF VERTEBRAL COLUMN DEVIATION

Gómez L. Leonardo* Parra F. Miguel**

Resumen*:* En este artículo se detalla el desarrollo de una aplicación la cual es capaz de medir la desviación de columna vertebral mediante el uso del sensor de orientación de un teléfono inteligente (*smartphone*) para poder obtener el ángulo en el punto en el que se está realizando la medición en ese momento y por medio de un periférico el cual está comunicado a un módulo bluetooth HC-05 a un sensor de ultrasonido y al *smartphone*. Este periférico mide la distancia de la columna vertebral con un sensor de ultrasonido HC-SR04 y de la zona cervical, dorsal y lumbar del paciente, estos datos son guardados en una interfaz de usuario realizada en App Inventor 2 la cual almacena los datos obtenidos en una base de datos que guarda un historial de todas las mediciones que se realiza a cada paciente, este historial puede ser visualizado en la misma aplicación y si se desea puede ser enviado a través de correo electrónico al paciente y de esta manera llevar un progreso del tratamiento que se está realizando para corregir el problema.

Palabras clave: Aplicación, Android, Cifosis, Escoliosis, Lordosis.

* Estudiante de Tecnología en Electrónica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia). e-mail: le3gomezl@correo.udistrital.edu.co

** Estudiante de Tecnología en Electrónica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia). e-mail: maparraf@correo.udistrital.edu.co

Abstract: This article details the development of an application which can measure the deviation of the spine by using the orientation sensor of a smartphone to obtain the angle at the point where the measurement is taking place at that time and by mean of a peripheral which is communicated with a Bluetooth module HC-05 to an ultrasound sensor and the smartphone. This peripheral measures the distance of the patient's spine, cervical zone, dorsal and lumbar area, with an HC-SR04 ultrasound sensor, these data are stored in a user interface made in the App Inventor 2 which stores the data obtained in a database that keeps a history of all the measurements that are done to each patient, this history can be visualized in the same application and if it can be sent via e-mail to the patient and in this way to carry a progress of the treatment that is being done to correct the problem.

Key Words: Application, Android, Kyphosis, Scoliosis, Lordosis.

1. Introducción

La columna vertebral es indispensable para que se puedan realizar actividades como: caminar, correr, agacharse, entre otras. Por ende, se realizan estudios para diagnosticar la curvatura que esta tiene y que no afecte el desarrollo de actividades de las personas por una desviación existente.

Hay diversos métodos que permiten determinar el tipo de desviación de columna vertebral humana, también existen instrumentos análogos que ayudan a medir el grado de inclinación que presenta y de esta manera determinar qué tipo de desviación se tiene. El uso de la tecnología en el campo de la medicina en los últimos años ha sido de gran ayuda para determinar nuevos métodos para el tratamiento de diversas enfermedades que afectan el cuerpo. Algunas aplicaciones que se han desarrollado están orientadas hacia problemas ortopédicos, en este caso la corrección de la columna vertebrar la cual da el apoyo que

Fecha de envío:
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

necesita el cuerpo para realizar actividades físicas. Una de estas aplicaciones es una serie de acelerómetros y giroscopios montados en el área cervical, torácica y lumbar a través de una banda, la cual notifica al usuario cuando tiene una mala postura y que esta sea corregida, este sistema tiene como finalidad ayudar a corregir la sifosis torácica que presenta algunas personas en cualquier etapa de sus vidas [1].

Teniendo en cuenta el uso de la tecnología en el campo de la medicina, más específicamente en la ortopedia, se ve la necesidad de un dispositivo que esté en la capacidad de diagnosticar las posibles desviaciones de columna que tenga el paciente y de esta manera tener un historial clínico del progreso del tratamiento que se está realizando para corregir dicho problema.

2. Desarrollo del proyecto

Para entender el funcionamiento de este proyecto es necesario conocer los conceptos de cifosis, escoliosis y lordosis los cuales son las principales desviaciones de columna vertebral que se presenta en los pacientes. La Cifosis, es un término clínico utilizado para describir la curvatura anormal en la columna torácica. La cifosis postural es el resultado de una mala postura. Los adolescentes y los adultos jóvenes sufren a menudo de esta condición mientras que están parados o sentándose, haciendo la espina dorsal arquear hacia adelante. En la figura 1 se muestra una columna vertebral con cifosis.[2]



Figura 1. Columna con Cifosis.[3]

La escoliosis es un trastorno en el que hay una curva lateral de la columna vertebral. La curva es a menudo en forma de S o en forma de C. Uno de los métodos para determinar un paciente con escoliosis es a través de la medición del ángulo de Cobb. La importancia del sistema automático de detección de la espina dorsal es detectar cualquier trastorno espinal más rápido. En la figura 2 se muestra una columna vertebral con escoliosis.[4]



Figura 2. Columna con escoliosis.[4]

Fecha de envío:
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

La lordosis es la curvatura en el plano sagital de los segmentos cervical y lumbar de la columna vertebral y de la concavidad posterior. Se mide mediante el método de Cobb. Los valores normales para lordosis cervical son de 25 a 40° y los de lordosis lumbar de 15 a 30°. En la figura 3 se muestra una columna vertebral con lordosis.[5]



Figura 3. Columna con lordosis.[4]

Estos tipos de desviaciones se pueden medir por medio del método de Cobb es una medida utilizada para la evaluación de curvas en escoliosis en una proyección radiográfica AP de la columna vertebral. Al evaluar una curva se identifica primero la vértebra apical; esta es la vértebra desplazada y rotada más probable con la placa de extremo menos inclinada. La vértebra final / transicional se identifica a través de la curva arriba y abajo. En la siguiente figura se muestra la utilización del método de Cobb.[6]

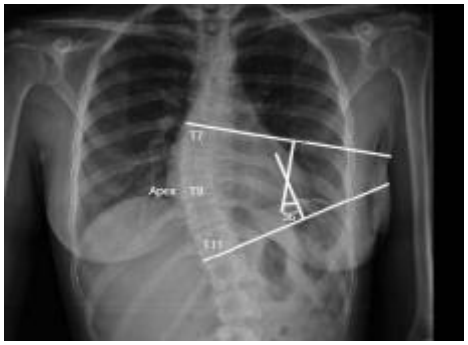


Figura 4. Método de Cobb.[7]

Teniendo esto en cuenta, el dispositivo diseñado es capaz de medir las desviaciones en la columna vertebral utilizando el método de Cobb para calcular el ángulo de desviación que presenta y de esta manera establecer un diagnóstico del tipo de desviación que presenta el paciente y el progreso de su recuperación. Para entender el funcionamiento de este dispositivo se presenta en la figura 5 el diagrama de bloques el cual explica el funcionamiento de cada parte.

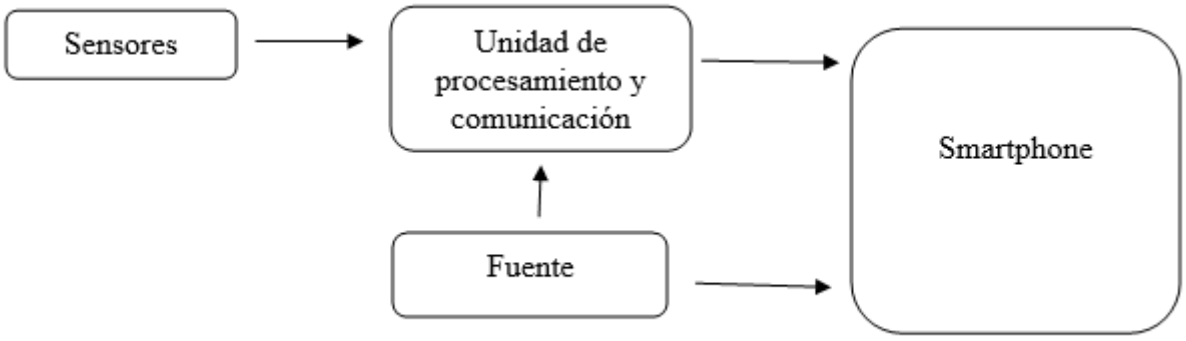


Figura 5. Diagrama de bloques del dispositivo.

- **Sensores:** Para poder realizar el cálculo del ángulo y el perímetro en la columna se emplearán dos sensores capaces de medir estas dos magnitudes y poder definir qué tipo de desviación tiene el paciente. Se usará el sensor de orientación del *smartphone* como sensor para determinar los ángulos de desviación, un periférico con un sensor de ultrasonido para poder medir los diámetros sagitales de la espalda.

- **Unidad de procesamiento y comunicación:** Será un microcontrolador capaz de recibir los datos enviados por los sensores y procesarlos de tal manera que el *Smartphone* pueda reconocerlos y compararlos, en este caso será el PSoC 4.
- **Fuente:** Forma en la que se piensa alimentar el circuito externo del proyecto, en este caso será la misma batería del *smartphone*.
- ***Smartphone*:** Dispositivo capaz de recibir los datos enviados por el procesador, compararlos y permitir una visualización de los mismos.

La aplicación para *smartphone* del proyecto fue desarrollada en app inventor 2 el cual es un entorno de desarrollo Android online, esta aplicación consta de una base de datos la cual permite almacenar datos básicos del paciente y los datos suministrados por el sensor de orientación y la información obtenida del PSoC y enviada a través del módulo bluetooth. También cuenta con una interfaz de usuario la cual permite visualizar los datos obtenidos de los sensores y poder ver el historial completo de cada paciente con su respectivo diagnóstico. A continuación, se mostrará el diseño de la aplicación: la figura 6 muestra la página de inicio de la aplicación la cual da dos opciones, la primera es ingresar un paciente nuevo y la segunda es buscar un paciente ya registrado.

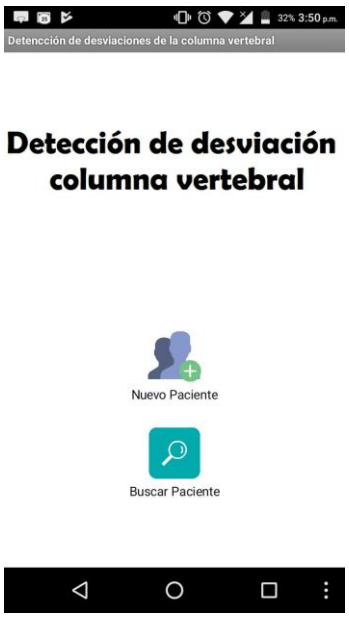


Figura 6. Página de inicio de la aplicación.

Al dar clic sobre nuevo paciente se podrá acceder a un formulario en el que se tendrá que llenar completamente con los datos básicos del paciente. En la figura 7 se muestra el formulario de registro.

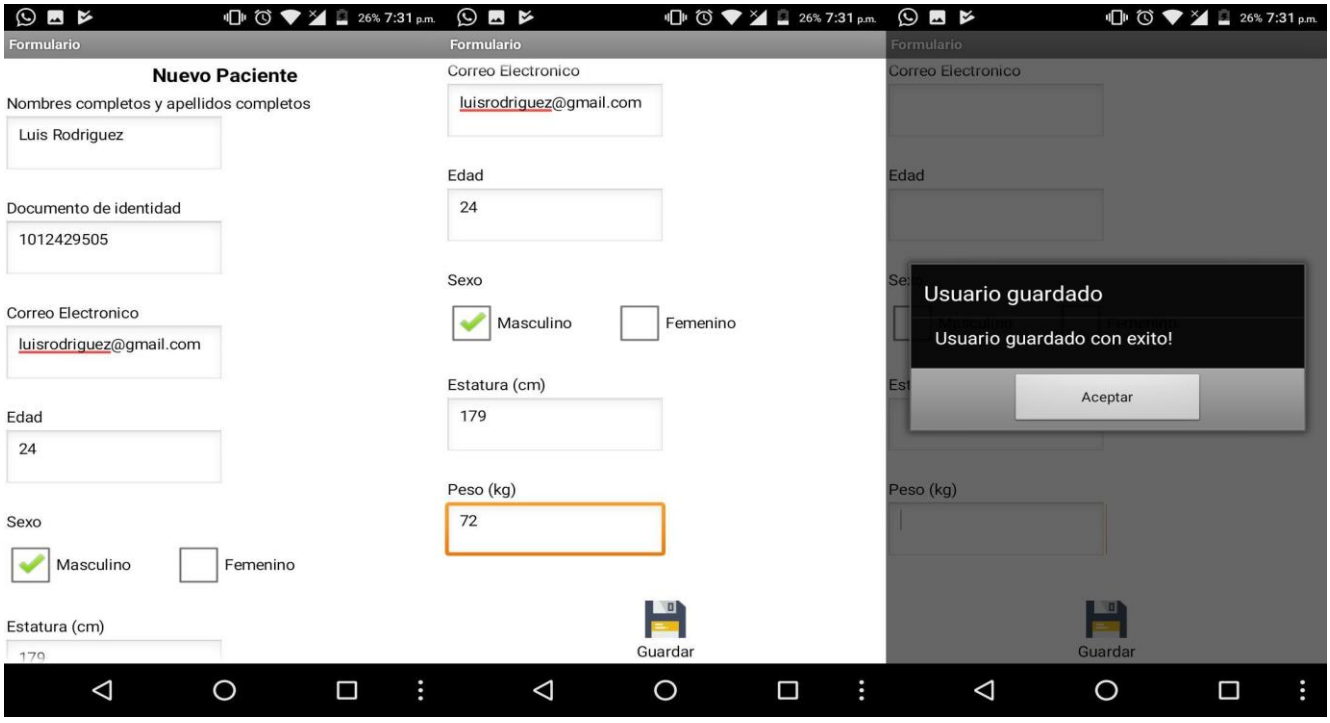


Figura 7. Formulario de registro.

Al momento de tener registrado al paciente se podrá dar clic en la opción de buscar paciente para poder realizar el primer diagnóstico de él o en su defecto consultar alguno de los historiales si el paciente ya lleva un proceso. En la figura 8 se muestra la página en la que se puede realizar la consulta de los diferentes historiales o en su defecto hacer la primera medición, validando con el documento de paciente a buscar.

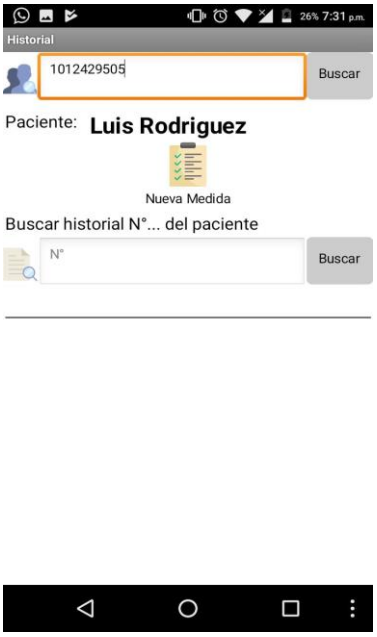


Figura 8. Página de búsqueda de historiales.

Cuando se busca el paciente al cual se le desea realizar el diagnostico se dará clic sobre el icono de nueva medida para poder realizarla, redirigirá a una nueva página en la cual se tomarán los datos de todos los ángulos necesarios para la medición y de las distancias de los perímetros de la espalda. Estas distancias se pueden ingresar de forma

manual como también usando el periférico diseñado para esto. En la figura 9 se muestra el proceso de detección de los ángulos al momento de tomar las medidas del paciente.

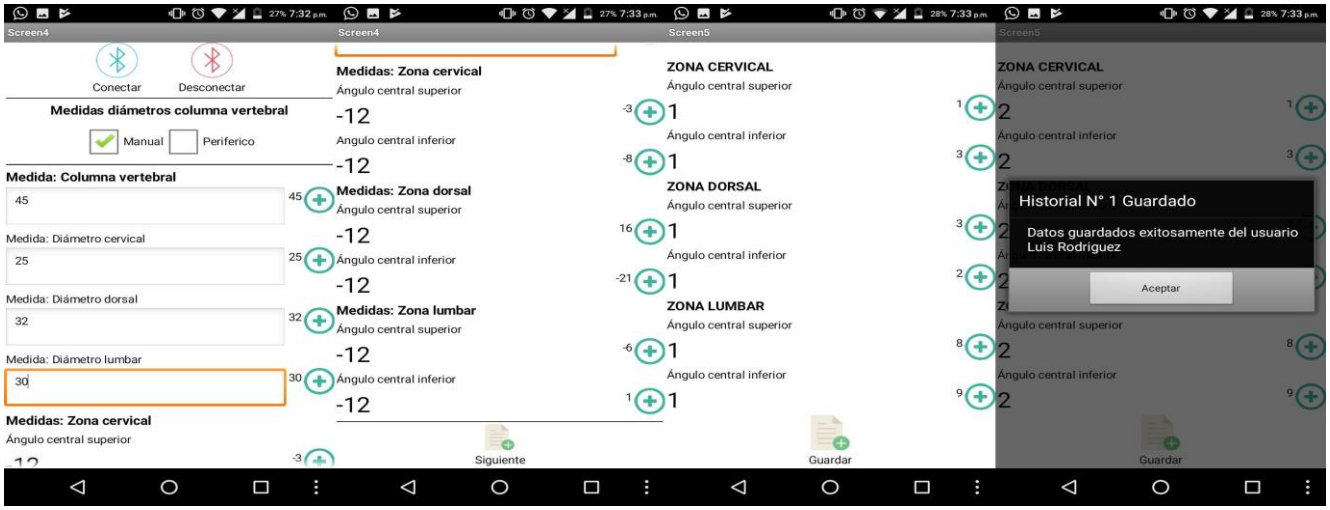


Figura 9. Nueva Medida.

Se puede ver cualquier historial guardado teniendo en cuenta el número del mismo para poder ver que medidas fueron tomadas y el diagnóstico que realiza la aplicación basada en estos datos. En la figura 10 se puede ver la consulta de un historial de un paciente y el diagnostico respectivo.

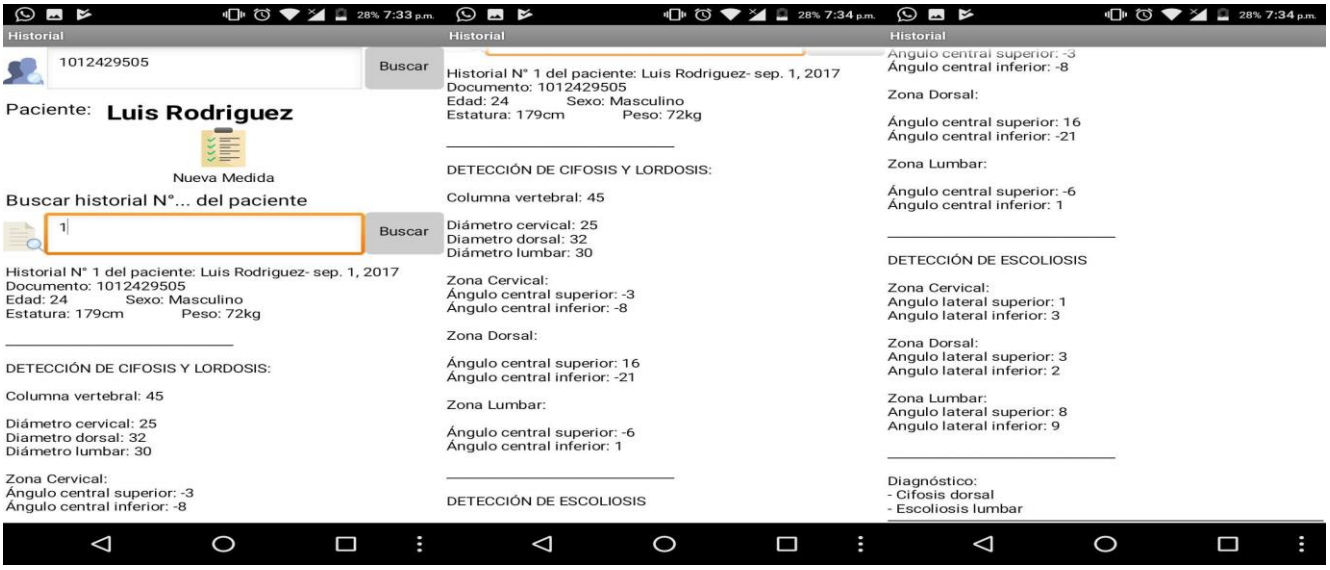


Figura 10. Historial Paciente.

Fecha de envío:
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

El funcionamiento de esta aplicación también se ve representado en la figura 11 (diagrama de flujo).

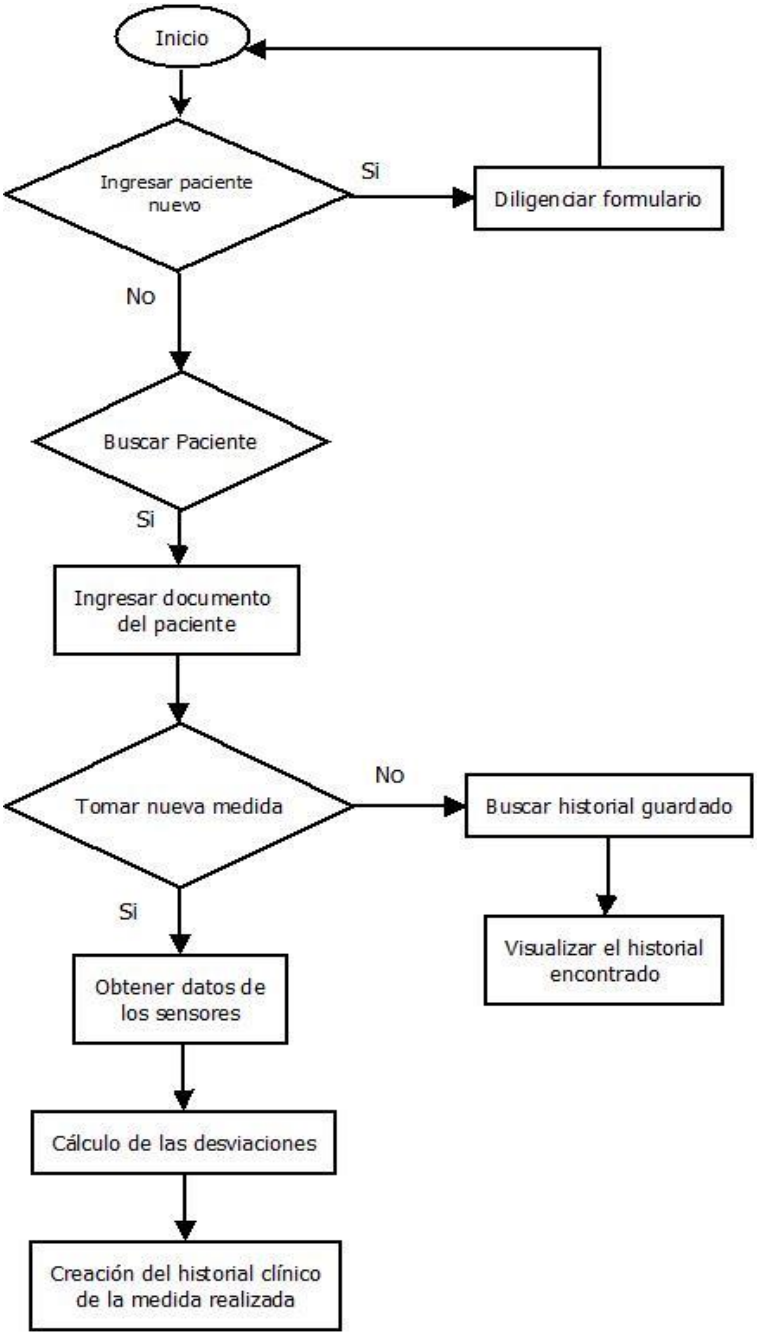


Figura 11. Diagrama de flujo de la aplicación.

A continuación, se describirá el periférico usado para la detección de los diámetros sagitales mostrando los elementos utilizados, las características de cada uno y de los circuitos empleados para tal fin. En el siguiente esquema se muestran las conexiones respectivas del dispositivo.

PSOC 4

Se utilizó el kit de prototipo PSoC 4 CY8CKIT-049-42XX, por su bajo costo, conveniencia de uso, además de que trae su propio módulo UART, evitando así usar otro módulo aparte tal como una MAX232, configurado a una velocidad de baudios de 9600, facilitando la comunicación con el módulo Bluetooth y envío de datos al *smartphone* por medio de éste. También puede ser conectado a un PC con sus debidos drivers para su programación, cosa que evita un quemador aparte. Su lenguaje de programación está estructurado en C++.

Sensor de ultrasonido HC-SR04

Sensor de fácil uso y lectura, capaz de medir la distancia desde este mismo hasta una superficie plana, enviando una onda ultrasonido y lo que se demore en volver esta onda, se calculará el tiempo y con una fórmula dada por el fabricante se sabrá la distancia en centímetros.

Módulo Bluetooth HC-05

Módulo con facilidad de configuración, diseñado para trabajar a cualquier velocidad de baudios, en este caso está configurado a 9600; capaz de usar el nombre para el dispositivo deseado, además de conexión rápida con cualquier dispositivo capaz de usar conectividad Bluetooth.

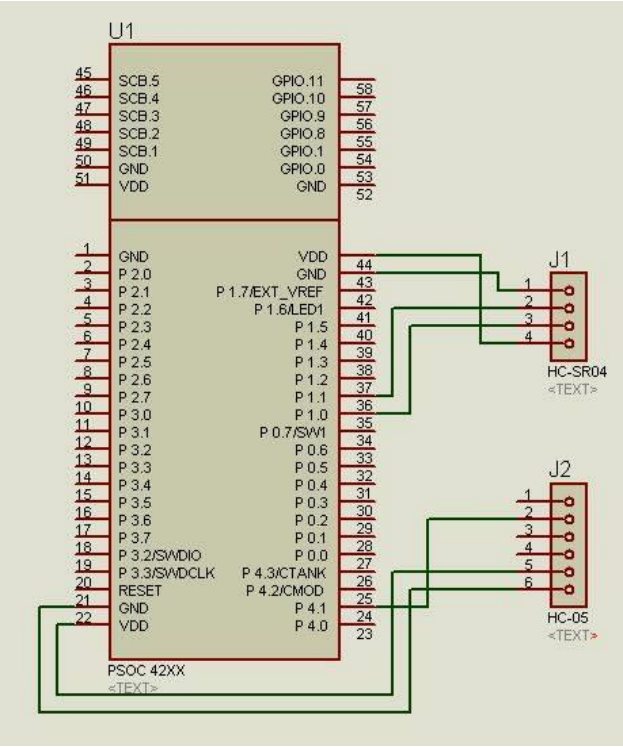


Figura 12. Diagrama de conexiones.

2.1 Manual

Para realizar la correcta medición y obtener un diagnóstico asertivo para el paciente, ha de primero conectar el periférico al *smartphone*, por medio del cable micro USB que se deja disponible para ser usado. Después de completada esta tarea, si se usa el dispositivo por primera vez, hay que vincularse por medio de su propio smartphone al bluetooth, buscándose por el nombre “Deteccion desviacion de columna”, y conectarse a éste usando la contraseña 1234. Luego de finalizada la vinculación, se procede a entrar a la aplicación.

Si se desea registrar algún paciente, habrá que darle clic al “Nuevo paciente” y diligenciar los datos completos requeridos, y luego guardar.

Para buscar a un paciente, dar clic en “Buscar paciente”, colocar el documento de identificación de éste, y dar en el botón “Buscar”, aparecerá el nombre del paciente con el que se ha registrado el documento de identificación anterior. Si es deseado hacer nueva medida o crear un historial para el paciente buscado, dar clic en “Nueva medida”, por ende, hay que colocar a la persona que será diagnosticada en una posición recta (mírese figura 1). Acostado para las mediciones de cifosis y lordosis, parado para las mediciones de escoliosis.

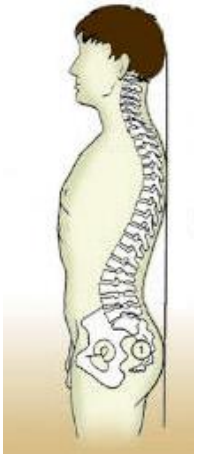


Figura 13. Posición correcta de la columna para medición [8]

Aparecerá una nueva pantalla pidiendo los diámetros de la espalda, para medirlos correctamente, ha de primero conectarse al bluetooth anteriormente vinculado. Dar click en conectar y buscar el dispositivo “Deteccion desviacion columna vertebral”, después de conectado, aparecerán la distancia en centímetros (cm) de lo que el sensor ultrasonido está midiendo, y con ayuda del “brazo medidor de distancia” hasta el punto donde se quiere medir y cuando sea esa la distancia que se quiera obtener, se dará clic al botón +, apareciendo, al lado de éste botón, la medida obtenida, y así en cada una de las zonas solicitadas, que son el diámetro de la columna vertebral completa, diámetro de la zona

Fecha de envío:
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

cervical, diámetro de la zona dorsal y diámetro de la zona lumbar. También se pedirá los ángulos centrales y laterales, sean superiores o inferiores. En las figuras 9, 10, 11 y 12 se explica cómo tomar las medidas correspondientes con el *smartphone*.

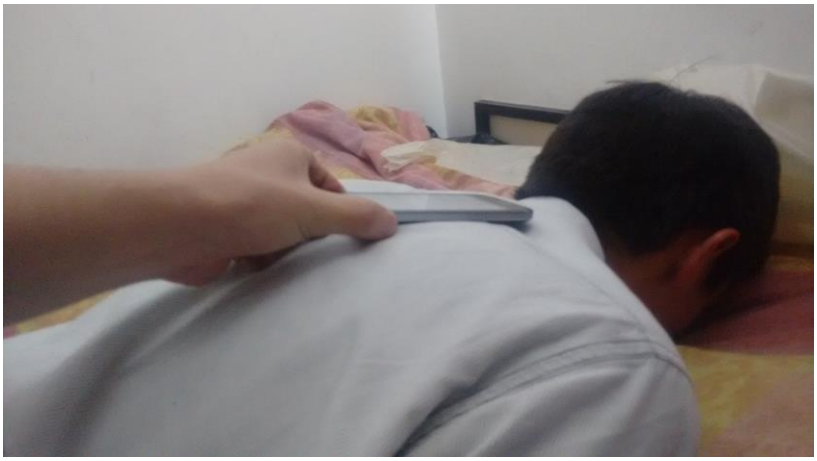


Figura 14. Medición de ángulo central superior

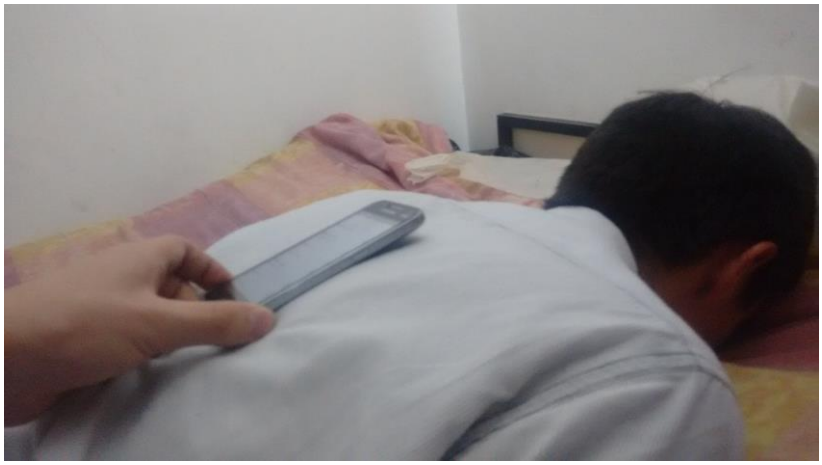


Figura 15. Medición de ángulo central inferior

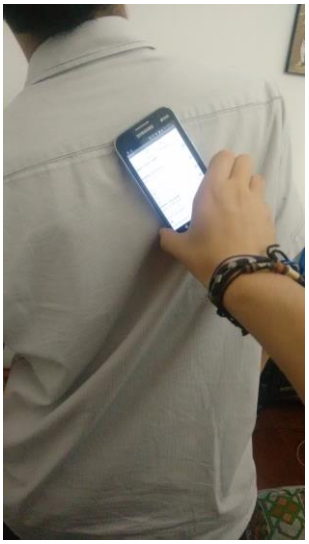


Figura 16. Medición de ángulo lateral superior

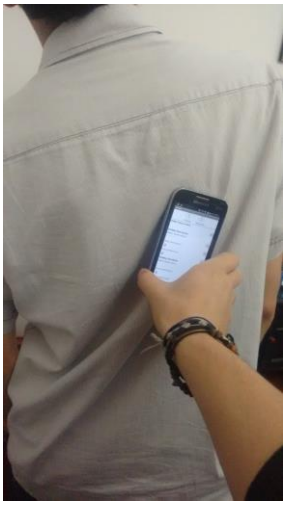


Figura 17. Medición de ángulo lateral inferior

Después de terminadas las mediciones y habiendo dado clic al botón guardar, aparecerá un mensaje de notificación diciendo el número de historial del paciente recién medido, por lo tanto, completó un historial.

Para la búsqueda de historiales, vuelva a la pantalla donde busca al paciente, coloque el documento de identidad en el campo solicitado, y un poco más abajo el número del historial, terminando con un clic en “Buscar” de la sección “Buscar historial”. Acto seguido aparecerá,

Fecha de envío:
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

con nombre del paciente, número del historial, fecha de la cual fue tomado y sus respectivas medidas con el diagnóstico en la parte final del mismo.

3. Análisis y resultados

Para comprobar que lo datos medidos por el dispositivo son correctos, se realizaron las pruebas a 5 pacientes diferentes como se puede ver en la tabla 1.

	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
Angulo cervical superior	3	2	2	2	2
Angulo cervical inferior	2	0	2	0	1
Angulo dorsal superior	2	2	14	2	0
Angulo dorsal inferior	1	2	21	1	0
Angulo lumbar superior	2	3	3	23	12
Angulo lumbar inferior	2	2	4	6	15
Angulo cervical lateral superior	5	1	3	3	2
Angulo cervical lateral inferior	4	2	3	3	1
Angulo dorsal lateral superior	3	4	3	3	2
Angulo dorsal lateral inferior	3	9	6	7	2
Angulo lumbar lateral superior	3	4	4	7	10
Angulo lumbar lateral inferior	2	4	5	2	6

Tabla 1. Pruebas de diferentes pacientes con la aplicación.

Al obtener estos valores de la aplicación se puede realizar el diagnostico pertinente para cada paciente y poder informarle si posee algún tipo de desviación en la columna para poder realizar el tratamiento respectivo ha dicho problema, en este caso nuestros pacientes de prueba según el dispositivo presentan las siguientes desviaciones en la columna:

Paciente 1: Sano

Paciente 2: Escoliosis dorsal

Paciente 3: Cifosis dorsal

Paciente 4: Lordosis lumbar

Paciente 5: Lordosis lumbar, Escoliosis lumbar

Para observar que tan exacta es la medición que se tiene con el sensor de orientación del *smartphone* se realizó la comparación del ángulo obtenido con el sensor y un ángulo previamente medido.

	Escuadra a 30°	Escuadra a 60°	Escuadra a 45°	Transportador a 20°	Transportador a 70°
Medida 1	30°	60°	45°	21°	70°
Medida 2	30°	59°	45°	20°	70°
Medida 3	31°	59°	44°	21°	70°
Medida 4	30°	60°	45°	20°	71°
Medida 5	31°	60°	45°	21°	70°

Tabla 2. Medición de prueba de error (ángulo del *Smartphone*) con elementos reales.

Para calcular el error porcentual de la medida su uso la siguiente formula:

$$\frac{|Valor\ teo\ -\ Valor\ exp|}{Valor\ teo}$$

Ecuación 1. Error porcentual.

El error para cada medida será el siguiente:

- Escuadra a 30° = 1.33%
- Escuadra a 60° = 1.33%
- Escuadra a 45° = 0.44%
- Transportador a 20° = 3%
- Transportador a 70° = 0.28%

En las siguientes figuras se pueden observar unos ejemplos de cómo fue usado el *Smartphone* para estas mediciones.



Figura 18. Medición Escuadra a 30°



Figura 19. Medición escuadra a 60°

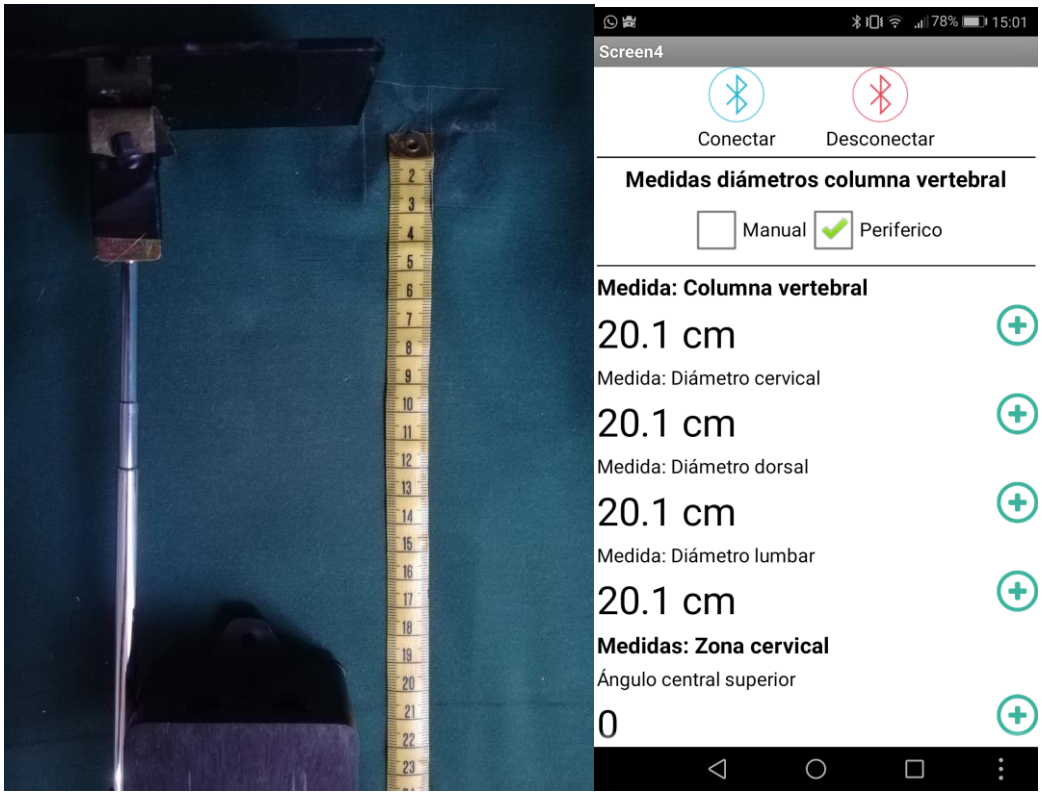


Figura 20. Medida de 20cm.



Figura 21. Medida de 30cm.

Usando la ecuación 1 podemos también encontrar en error de medida para el calculo de la distancia con el periférico.

El error para la medida será el siguiente:

- Medida 20cm: 4.28%
- Medida 30cm: 2.66%

4. Conclusiones

- El sensor de orientación que traen los smartphones es de gran ayuda para medir los ángulos de inclinación de la columna vertebral.

- Con este dispositivo se puede obtener una medida de las desviaciones de la columna rápidamente y con un margen de error de 1.2% y puede a su vez, visualizar los resultados de una manera rápida para poder analizarlos y establecer un tratamiento para la corrección de este problema.

- El método de Cobb es de los más prácticos para detectar desviaciones de columna ya que se puede usar en las 3 principales desviaciones.

Referencias

[1] M. Chen, B. Huang, and Y. Xu, “Postural kyphosis detection using intelligent shoes,” *Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom.*, pp. 2954–2958, 2008.

[2] B. My, S. Sign, O. Get, and H. What, “Thoracic kyphosis alert system,” pp. 1–7, 2017.

[3] F. Santonja and A. Pastor, “Cifosis y lordosis,” *Cifosis Y Lordosis.*, pp. 1049–1061, 2003.

[4] V. Arlet, T. Odent, and M. Aebi, “Congenital scoliosis,” *Eur. Spine J.*, vol. 12, no. 5, pp. 456–463, 2003.

[5] B. Aires *et al.*, *Atlas de mediciones radiográficas en ortopedia y traumatología*, 2da Edició. .

[6] B. Samuvel, V. Thomas, M. G. Mini, and J. Renjith Kumar, “A mask based segmentation algorithm for automatic measurement of Cobb angle from scoliosis x-ray image,” *Proc. - 2012 Int. Conf. Adv. Comput. Commun. ICACC 2012*, pp. 110–113, 2012.

[7] H. Weiss *et al.*, “Indications for conservative management of scoliosis (guidelines).,” *Scoliosis*, vol. 1, no. 1, p. 5, 2006.

[8] “Correcta postura de columba vertebral.” [Online]. Available: http://www.espondilitis.eu/Imagenes/Imagenes_EA/EA (29).jpg.