

# **Konócte red sensorial de signos vitales**

## **Sistema de medición de frecuencia respiratoria y peso**

### **ABSTRACT**

Telemetry is a branch of clinical medicine, which can be used to measure patients away from health centers or hospitals, so it can improve medical care and quality of life for the users. Vital signs such as weight and breathing rate, tells whether the patient could be anemic, overweight, suffering eating disorders, stressed or having breathing problems. This investigation proposes a prototype of elastic belt dedicated to measure breathing rate in men and women, and implements a commercial scale. Through this research was developed a prototype belt using strain gauges, which is another alternative from the pressure sensor used in lie-detectors. The commercial scale had to be invaded in order to get the data from each measure. All this data was then transmitted to a central cpu which is able to communicate to a cellphone by Bluetooth. Then this last device, using GSM technology, sends the signs database to the doctor's mobile.

**Keywords:** breathing, weight control, Bluetooth, telemetry

### **RESUMEN**

La telemetría es una rama de la medicina clínica, la cual puede ser utilizada para medir pacientes alejados de centros de salud u hospitales, de manera que esto puede mejorar el cuidado médico y la calidad de vida de los usuarios. Los signos vitales como peso y frecuencia respiratoria, informan si el paciente puede ser anémico, sufrir de sobrepeso o desórdenes alimenticios, está estresado o tiene problemas para respirar. Esta investigación propone un prototipo de cinturón elástico dedicado a medir frecuencia respiratoria en hombres y mujeres, e implementa una balanza comercial. Durante esta búsqueda se desarrolló un prototipo de cinturón utilizando galgas extensiométricas, siendo una alternativa al sensor de presión utilizado en detectores de mentira. La balanza comercial fue invadida a manera de obtener la información de cada medición. Toda esta información fue luego transmitida a una computadora central, capaz de comunicarse con un celular vía Bluetooth. Este dispositivo, utilizando su tecnología GSM, envía la base de datos de signos hacia el aparato del doctor.

**Palabras Clave:** respiración, control de peso, Bluetooth, telemetría

## **1. INTRODUCCIÓN**

La telemetría ha formado una rama completa de investigación alrededor del mundo. Varios países están trabajando en nuevos proyectos a manera de obtener avances útiles para la comunidad. Guatemala es un país en desarrollo que cuenta con muchos inconvenientes para el acceso de servicios médicos. Es en este punto donde esta rama de la medicina e ingeniería es una posible solución para facilitar la atención médica en estos puntos de difícil acceso en el país.

De acuerdo a la Asociación Americana de Telemedicina (ATA por sus siglas en inglés), la telemedicina es el uso de información intercambiada entre dos ubicaciones a través de un medio de telecomunicación electrónica, de tal manera que se mejore el control de la salud del paciente. (American Telemedicine Association, 2011)

Este modelo de medición puede ser utilizado en centros de salud para reducir el tiempo, equipo y gente capacitada para obtener los signos vitales en una persona; además de proveer un sistema completo para uso personal en lugares de difícil acceso o bien que por la situación del paciente se vuelve compleja la tarea de asistir con el médico.

Los signos vitales que monitorea este equipo son presión arterial, frecuencia respiratoria, glucosa, temperatura, ritmo cardíaco y peso. Este módulo pretende ser una herramienta sencilla para el monitoreo periódico de la frecuencia respiratoria y peso en un usuario, o bien en múltiples usuarios que utilicen el equipo dentro de un centro de atención médica.

## 2. CONCEPTOS NECESARIOS

1. Frecuencia respiratoria: es la cantidad de ciclos de una inspiración y espiración de los pulmones que se cuentan durante un minuto. Una frecuencia respiratoria normal en un adulto saludable varía de 12 a 20 respiros por minuto. Estos valores pueden incrementar si hay fiebre o se padece de alguna enfermedad como bradicardia o taquicardia, para una respiración reducida o acelerada, respectivamente. Los músculos principales de la respiración son el diafragma y los intercostales. Además el esternocleidomastoideo y trapecio también contribuyen a los movimientos respiratorios. La respiración entre hombres y mujeres es distinta por la complejidad de cada uno. Las mujeres realizan una expansión torácica mayor que en el hombre. Mientras que el hombre realiza un movimiento abdominal más notable en cada inspiración y espiración. (Rist, 2010)
2. Peso: se utiliza para evaluar el estado nutricional de una persona en base a su altura, con estos datos podemos obtener el índice de masa corporal.
3. Galgas extensiométricas y celdas de carga: son transductores de fuerza o presión del ambiente en valores de resistencia eléctrica. Con estos instrumentos podemos convertir las señales de deflexión de la caja torácica o peso del usuario en voltajes que puede analizar nuestro controlador.

## 3. METODOLOGÍA

El proceso de investigación se realizó en cinco etapas para conseguir los resultados deseados, el detalle de las mismas se puede encontrar a continuación:

1. Etapa de Investigación: Se investigó en el mercado local de Guatemala y referencias en línea sobre los sensores para la medición de frecuencia respiratoria y peso. Además de hacer revisiones en bibliotecas virtuales y consultas con profesionales de la salud.
2. Selección de soluciones: Se determinó que una opción factible para la medición del peso es una balanza encontrada en el mercado local. Mientras que para el sensor de frecuencia respiratoria se decidió por implementar galgas extensiométricas para medir la deflexión de la caja torácica.
3. Desarrollo de la Balanza: Se procedió a remover los circuitos integrados de la balanza para poder trabajar con las celdas de carga que posee. Luego se diseñó y construyó un circuito que funcione como acondicionador de la señal de cada sensor. Por último, se desarrolló un algoritmo en lenguaje de alto nivel para que el microcontrolador utilice un filtro sin retroalimentación para el envío de resultados por protocolo serial RS-232.
4. Implementación de la Balanza: Se realizaron pruebas con peso muerto para poder caracterizar la balanza, ajustando el resultado de cada sensor. Luego se realizaron mediciones con personas, para luego determinar la función lineal adecuada para la respuesta del sensor utilizando como referencia una balanza mecánica.
5. Desarrollo del cinturón de frecuencia respiratoria: Se comenzó por construir un cinturón con galgas extensiométricas que funcionan como transductores de la expansión de la caja torácica del usuario en

señales de voltaje. Luego, se diseñó un circuito utilizando 3 galgas extensiométricas y un módulo interno para hacer el ajuste necesario, basado en el tamaño del usuario.

6. Implementación del cinturón de frecuencia respiratoria: Se procedió a hacer mediciones con el cinturón en usuarios, tabulando los datos obtenidos con la medición por el método convencional.
7. Integración al equipo: Se conectaron los dos sistemas por medio de un circuito bluetooth dedicado para la comunicación de las mediciones obtenidas con el módulo central de información. Esta comunicación se realiza en código de interrupción para no alterar el proceso de medición que se realiza.

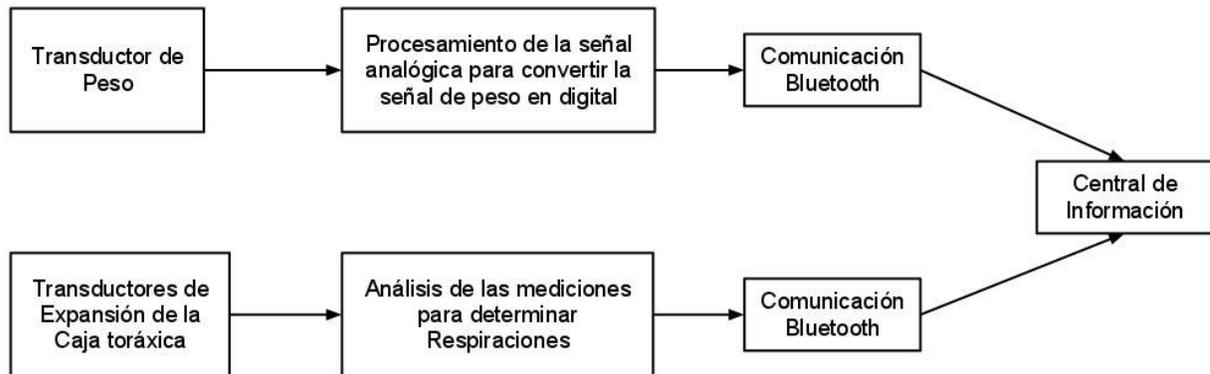


Figura 1: Mapa conceptual de la implementación del sistema de medición de frecuencia respiratoria y peso.

#### 4. RESULTADOS

El algoritmo para traducir las señales del peso en voltajes detectados por el ADC mostró el comportamiento que se puede observar en el Cuadro 1. Se debe destacar que este proceso mostró un comportamiento lineal, lo cual ayudó para determinar la fórmula de caracterización.

Tabla 1: Mediciones de peso obtenidas con el ADC del controlador.

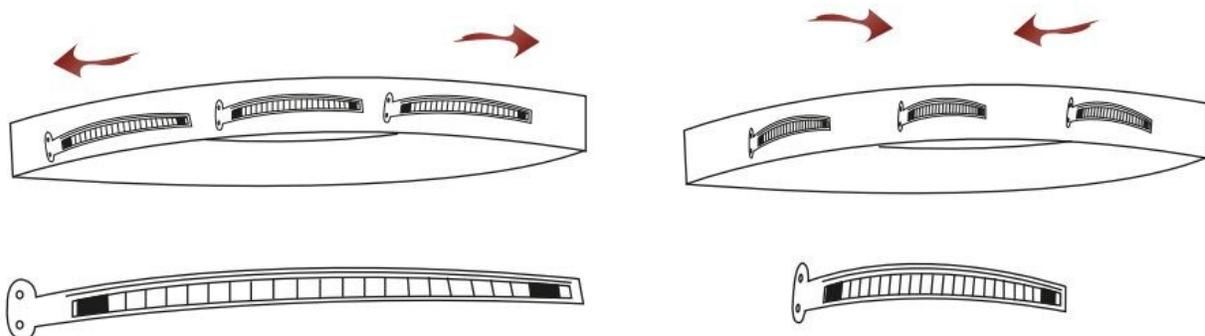
Peso de Referencia [en libras]	Resultado con el ADC en variable entera
135	1050
135	1062
50	381
50	382
78	644
78	641
156	1280
156	1267

Luego de obtener los resultados anteriores, se determinó una fórmula de caracterización lineal. Los datos encontrados se pueden observar en el Cuadro 2. Encontrando que la mayor desviación del peso de referencia es de 4.894 libras. La fórmula de caracterización lineal fue  $\text{peso}[\text{libras}] = 0.12 * (\text{mediciónADC}) + 3.077$

**Tabla 2: Resultados de la caracterización de la balanza.**

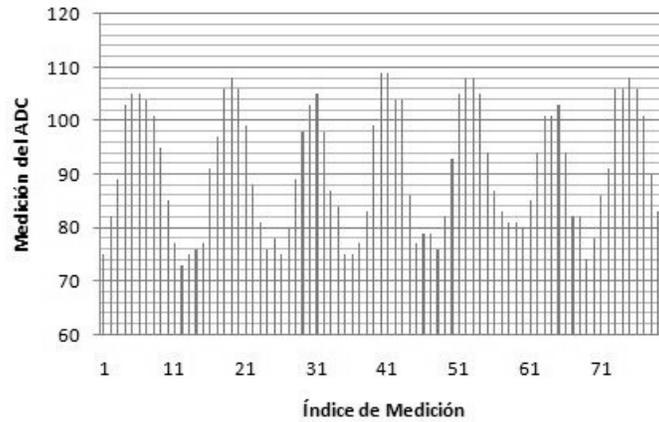
Peso de Referencia [libras]	Valor obtenido por el sistema [libras]	Desviación de la referencia [libras]
180	179.46	0.538
180	179.69	0.314
156	156.22	0.222
156	157.34	1.342
156	157.06	1.062
130	131.13	1.134
115	114.84	0.162
115	114.17	0.834
115	113.72	1.282
115	114.05	0.946
166	168.15	2.15
166	169.38	3.382
166	170.89	4.894
166	170.33	4.334
185	186.07	1.07
185	186.63	1.63

El modelo de cinturón implementado se puede observar en la Figura 1. Este diagrama describe la ubicación de las tres galgas extensiométricas utilizadas en el prototipo.



**Figura 2: Prototipo para la medición de frecuencia respiratoria.**

Con el circuito implementado se obtuvieron las siguientes mediciones durante 30 segundos. En la Figura 2, se muestra cómo fue cambiando la amplitud de la señal en las 80 mediciones, donde los máximos corresponden a espiraciones y los mínimos a inspiraciones.



**Figura 3: Medición del ADC para la frecuencia respiratoria.**

Luego de adquirir mediciones en diferentes usuarios, se procedió a aplicar un límite que determina si la medición corresponde a una inspiración o a una espiración. Así se fueron contando los ciclos de respiración para obtener los resultados presentados en el Cuadro 3.

**Tabla 3: Mediciones del cinturón de frecuencia respiratoria en usuarios.**

Prueba	Género	Medición por método convencional [respiraciones por minuto]	Medición con el cinturón [respiraciones por minuto]	Desviación del Valor Teórico [respiraciones por minuto]
1	m	14	14	0
2	f	14	14	0
3	f	20	19	1
4	m	14	14	0
5	m	10	10	0
6	m	20	18	2
7	f	8	7	1
8	m	14	15	1
9	m	14	13	1
10	m	18	20	2
11	m	16	15	1
12	m	10	9	1
13	f	16	19	3

14	f	14	14	0
15	m	14	13	1
16	m	16	16	0
17	f	24	24	0

## 5. DISCUSIÓN Y TRABAJO A FUTURO

Los resultados obtenidos en la implementación de la balanza mostraron tener una incertidumbre de 4.89 libras, la cual es superior a las 2 libras que posee el instrumento de referencia. Debido a que el índice de masa corporal aumenta en una unidad por cada 4 libras aproximadamente, se puede considerar como aceptable la medición de este sistema para determinar el índice de masa corporal de un usuario aunque no se recomienda utilizar este equipo para llevar el historial adecuado de peso en un usuario. Éstos resultados fueron significativos para la investigación porque se pudo agregar la medición de peso del usuario al sistema, aunque la incertidumbre es de 4.89 libras. En futuras implementaciones se recomienda utilizar un equipo con conexión periférica, como serial RS232, red inalámbrica o usb 2.0 para contar con una mayor exactitud y reducir la incertidumbre a 0.2 libras.

El cinturón de frecuencia respiratoria presentó una alternativa adecuada para detectar las respiraciones por minuto en usuarios adultos. Con alternativa, nos referimos al método convencional de medición que consiste en que el médico esté contando el número de ciclos del usuario durante 15 segundos; o bien, al sistema que utilizan los detectores de mentiras que funcionan por presión para observar las alteraciones en la respiración del usuario. La incertidumbre del método convencional es de 4 respiraciones por minuto, siendo mayor que el valor de 3, obtenido con este prototipo. Estos resultados fueron significativos para mostrar otra aplicación en la cual las galgas extensiométricas funcionan adecuadamente y en el hecho de poder contar con este signo vital para el sistema completo. En trabajos futuros se recomienda utilizar este tipo de sensores cuidando de las deformaciones que pueden soportar e implementar un circuito para realizar un ajuste por memorias o dinámico para cada usuario.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se desarrolló un sistema de medición de peso de personas mayores a 18 años con una incertidumbre de 4.9 libras. Cuya información sirve para estimar el índice de masa corporal del usuario.
2. Se desarrolló un sistema de medición de frecuencia respiratoria para personas mayores de 18 años con una incertidumbre de 3 respiraciones por minuto, siendo un valor menor al método convencional de medición.
3. El modelo lineal implementado para determinar el peso en libras a partir de las mediciones realizadas es válido para el rango de medición entre 50 y 180 libras.
4. Ambos sistemas realizan la medición de frecuencia respiratoria y peso en 40 y 8 segundos respectivamente, cumpliendo con la meta de realizar las mediciones en menos de 1 minuto sin intervención humana adicional a la colocación de los sensores.
5. Incluir la medición de la oxigenación de la sangre como signo vital importante en la red.
6. Desarrollar un algoritmo de ajuste automático para realizar el tarado antes de tomar la medición del peso de un usuario.
7. Habilitar una opción para desplegar el peso y la frecuencia respiratoria del usuario sin necesidad del módulo central de información.
8. Seguir investigando en la instrumentación para la medición de frecuencia respiratoria pues no se cuenta con una opción disponible en el mercado que mida este signo vital.

## **REFERENCIAS**

- American Telemedicine Association. (junio de 2011). Obtenido de American Telemedicine Association: <http://www.americantelemed.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=1>
- Sedra, A. A., & Smith, K. C. (2004). *Microelectronic Circuits* (5ta Edición ed.). (A. S. Sedra, Ed.) NY, EEUU: Oxford University Press.
- Rist, J. A. (15 de 11 de 2010). *Normal Breathing Rate for an Adult*. Obtenido de Livestrong: <http://www.livestrong.com/article/92859-normal-breathing-rate-adult/>

## ***Autorización y Renuncia***

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.*