



# SMCa: SISTEMA DE MONITOREO MÓVIL CARDIACO<sup>1</sup>

## SMCa: A MOBILE CARDIAC MONITORING SYSTEM<sup>2</sup>

rev.ciencia.poder.aéreo. 8: 91 - 96, 2013

Recibido: 31/07/2013

Aprobado evaluador interno: 20/08/2013

Aprobado evaluador externo: 30/08/2013

**Autor**

**Leonardo Juan Ramírez López<sup>3</sup>**  
**Diego Alejandro Parra Álvarez<sup>4</sup>**

### Resumen

Las enfermedades cardiovasculares siguen siendo una de las principales causas de muerte en el mundo. Son numerosas las campañas de prevención, especialmente las soportadas en una alimentación saludable, en un ambiente confortable y en frecuente actividad física, como lo recomienda la Organización Mundial de Salud en su informe de Marzo del 2013. Así, gran parte de la responsabilidad recae en el autocuidado. En Colombia, especialmente desde el año 2008 se ha informado de este problema de salud pública a través de diferentes medios de comunicación visual, escrita y multimedial. El grupo de investigación en telemedicina de la Universidad Militar Nueva Granada, viene desarrollando aplicaciones que promuevan el uso de las tecnologías de la información y comunicación en el autocuidado de la salud. En este trabajo se presenta una aplicación para dispositivos móviles sobre SO Android v.4 llamada SMCa que permite medir, registrar y comunicar los datos de frecuencia cardiaca de un usuario. Para validarlo, se seleccionan tres grupos cada uno de cinco voluntarios diferenciados por su índice de masa corporal (imc): el primer grupo normal con imc menor a 25, el segundo un grupo con sobrepeso con imc entre 25.1 y 30 y el tercero un grupo con obesidad con imc mayor a 30. El protocolo experimental fue dividido en estadios de una hora cada uno: un estadio fue desarrollado en un ambiente de gym, otro en aula de clase y el último en casa. Los resultados obtenidos permiten validar dos aspectos importantes del uso de la TIC en salud, el primero se refiere al soporte de resultados desde una base experimental científica dada por una alta correlación en los datos, obtenida durante las pruebas en gym de  $r=0.91$  ( $p<0.05$ ), en clase  $r=0.95$  ( $p<0.05$ ) y de  $r=0.92$  ( $p<0.05$ ); la segunda por nivel de aceptabilidad del sistema por los usuarios, causado por el buen confort y facilidad de uso de la aplicación.

**Palabras clave:** Frecuencia cardiaca, App, Móvil, android, monitoreo.

### Abstract

Cardiovascular illnesses continue to be one of the leading causes of death worldwide. Numerous prevention campaigns have been developed, especially those focusing on a healthy diet, a comfortable environment, and frequent physical activity, as recommended by the World Health Organization in its March 2013 report. Thus, a large share of the responsibility falls under the aegis of self-care. Colombia, from the year 2008 in particular, has used visual, written, and multimedia platforms to spread information about this public health problem. The telemedicine research group of the Universidad Militar Nueva Granada is developing applications which promote the use of information and communication technology for health self-care. This article considers an application, named SMCa, for the mobile device So Adroid v.4, which permits the user to measure, record, and communicate heart rate measurements. The study looked at three groups of five volunteers each. One group had a normal BMI of under 25, the second group had an overweight BMI from 25.1 to 30, and the third group had a BMI of over 30, indicating obesity. The experiment protocol took place in three one-hour stages: in a gym, in a classroom, and at home. The results obtained validate two important aspects of the use of information and communication technology in healthcare: first, the support for the results from an experimental database through a high data correlation (at the gym  $r=0.91$  ( $p<0.05$ ), in class  $r=0.95$  ( $p<0.05$ ) and  $r=0.92$  ( $p<0.05$ ), and second, the system's acceptability to the users, who found it to be both comfortable and easy to use.

**Key Words:** Android, Application, Heart Rate, Mobile, Monitoring.

<sup>1</sup> Artículo de Investigación, que recoge los avances de la fase de aplicación de proyecto de investigación titulado "Aplicaciones Móviles para el Cuidado de la Salud", de la línea de investigación de Telemetría del grupo de Investigación en Telemedicina de la Universidad Militar Nueva Granada –TIGUM–, financiado por la Universidad Militar Nueva Granada.

<sup>2</sup> Investigative article summarizing the advances of the application phase of the research project entitled, "Mobile Applications in Health Care," from the telemetry research line of the telemedicine research group of the Universidad Militar Nueva Granada (TIGUM), financed by the same entity.

<sup>3</sup> Ingeniero Electrónico, Magister en Ing. Sistemas y Doctor en Ing. Biomédica. Líder del Grupo de Investigación en Telemedicina TIGUM – UMNG, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: [tigum@unimilitar.edu.co](mailto:tigum@unimilitar.edu.co) Electrical Engineering, Master's in Systems Engineering and Ph.D. in Biomedical Engineering. Leader of the Telemedicine Research Group TIGUM-UMNG, Bogotá, Colombia. E-mail: [tigum@unimilitar.edu.co](mailto:tigum@unimilitar.edu.co)

<sup>4</sup> Ingeniero en Telecomunicaciones de la UMNG. Co-investigador del Grupo de Investigación en Telemedicina TIGUM UMNG, Bogotá, Colombia Correo electrónico: [tigum@unimilitar.edu.co](mailto:tigum@unimilitar.edu.co) Telecommunications Engineer, UMNG. Co-investigator, Telemedicine Research Group TIGUM-UMNG, Bogotá, Colombia. E-mail: [tigum@unimilitar.edu.co](mailto:tigum@unimilitar.edu.co)



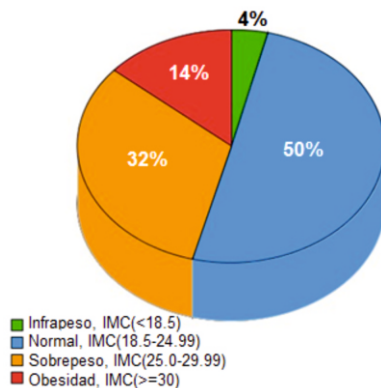
## 1. Introducción

La obesidad y el sobrepeso son considerados problemas de salud pública en el mundo ya que contribuye a la gestación de diferentes enfermedades entre las cuales sobresalen las enfermedades cardiovasculares, como principal causa de muerte en el mundo, en busca de prevenir esto la Organización Mundial de la Salud –OMS- promueve diferentes campañas en las cuales recomienda realizar actividad física y monitorear la actividad cardiaca para controlar y prevenir problemas que se relacionen con este parámetro (OMS.a., s.f., p.1).

En Colombia, la obesidad y sobrepeso se muestra con base a la distribución del índice de masa corporal –IMC- como se muestra en la Figura 1, en la que un poco más del 45% de la población del país esta obesa o con sobrepeso. La ecuación (1) presenta la relación entre el peso y la estatura de un individuo, conocido como IMC.

$$\text{IMC} = \text{masa}/\text{estatura}^2 [\text{Kg}/\text{m}^2] \quad (1)$$

Por su parte, la OMS recomienda clasificar a la población por IMC en infrapeso, normal, sobrepeso u obesidad.



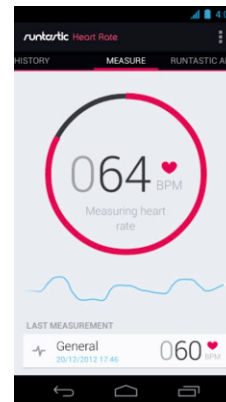
**Figura 1.** Distribución del Índice de masa corporal en Colombia **Fuente:** Organización Mundial de la Salud-OMS. Estadísticas sobre el índice de masa corporal en Colombia. Disponible en <http://apps.who.int/bmi/index.jsp>, consultado en abril de 2013.

Los importantes avances en las tecnologías de la información y las comunicaciones –TIC- en campo de la salud abre numerosas posibilidades para desarrollar soluciones cada vez más amigables a los usuarios finales como herramientas facilitadoras para el autocuidado de la salud.

Consciente del potencial que representan las nuevas tecnologías emergentes que toman fuerza en los diferentes ámbitos de la sociedad, en este caso tecnologías móviles, con el desarrollo de aplicativos que masifican la usabilidad y la cohesión cerrando cada vez más la brecha digital. El informe de flurry móviles muestra como los diferentes países cada vez más acceden a los nuevos dispositivos como smartphones, donde Colombia aparece como uno de los mercados

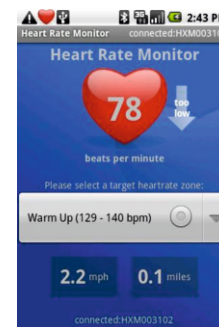
que más rápidamente crece, siendo triplicado cada año. (Farago, 2013, febrero 18).

Para entrar en contexto, a continuación se explica las características y algunos aspectos innovadores de aplicativos –app- encontrados en las tiendas de app. *El runtastic heart rate* mide frecuencia cardiaca y genera una gráfica en tiempo real que muestra los datos de forma numérica, usa como sensor la cámara del dispositivo, la interfaz a usuario obtuvo una calificación de 4.6/5 en la tienda de aplicaciones y comentarios muy buenos sobre la facilidad de uso (Google Play, s.f.). La Figura 2 muestra la interfaz del *runtastic heart rate*.



**Figura 2.** Interfaz del App: Runtastic Heart Rate. **Fuente:** Google Play. (s.f). Aplicativo Runtastic Heart Rate de Runtastic. Disponible en <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android.heartrate>, consultado en abril de 2013.

Algunos app se basan en el uso de cinta de electrodos que se usa alrededor del pecho y mediante un transmisor Bluetooth™ envía la información al celular. Uno de estos *app es heart rate monitor*, tiene interfaz que muestra de forma numérica el dato de frecuencia cardiaca, además permite elegir el tipo de actividad que se esta realizando, para así mostrar el rango en el que debería estar la frecuencia cardiaca para dicha actividad, permite almacenar los datos en la memoria del celular para luego mostrarlos de forma gráfica. La Figura 3 muestra la interfaz de *app heart rate monitor*:



**Figura 3.** Interfaz app:heart rate monitor. **Fuente:** Google Play. (s.f). Aplicativo Runtastic Heart Rate de Runtastic. Disponible en <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android.heartrate>, consultado en abril de 2013.



Por su parte, el grupo de investigación en telemedicina de la Universidad Militar Nueva Granada –TIGUM- busca promover el autocuidado de la salud, para esto ofrece un app desarrollado en Android para medir, registrar y exhibir los datos de la frecuencia cardiaca del usuario en tiempo real, logrando que el usuario lleve un autocontrol de la actividad cardiaca durante diferentes actividades físicas y así no exponer en riesgo su salud. El app cumple tres objetivos fundamentales: i) capturar y exhibir los datos en tiempo real; utiliza un sensor cardiaco con Bluetooth™ para conectar al celular y cargar los datos de frecuencia cardiaca obtenidos una vez activado, ii) mostrar los datos de forma amigable al usuario; usa una interfaz numérica y gráfica, con alarmas coloridas y vibrantes, iii) Almacenar las informaciones de frecuencia cardiaca, tiempo, hora y fecha; usa formato csv para ser visualizados con la misma aplicación en forma de gráfica.

## 2. Materiales y método

### 2.1. Materiales

Sensor cardiaco Bluetooth™: *HxM Heart Rate Monitor de Zephyr Technology* ubicado en una cinta elástica en contacto con el pecho del usuario. La Tabla 1 muestra las características técnicas.

Tabla 1. Características técnicas del dispositivo

Característica	Valor
Bluetooth	Version 2.0 + EDR
Frecuencia de operación	2.4 to 2.4835 GHz
Potencia de salida	2 mW
Rango de operación	30 ft /10m (indoor)
Tipo de antena	Interna

**Fuente:** Zephyr, T.M. (s.f.). Dispositivo Bluetooth™ HxM, medidor de frecuencia cardiaca. Disponible en <http://www.zephyranywhere.com/media/pdf/HxMBT-DataSheet-2010-MAR-04.pdf>, consultado en abril de 2012.

Sin embargo, los parámetros de rango, precisión y tiempo de respuesta son mostrados en la Tabla 2.

- **Tablets:** se usan dos: una *Huawei IDEOS®* con Android v2.3 [7] y otra *Cobean®* con Android v4.2.
- **Computador:** Dell de 500GB de disco duro, 8GB de memoria RAM, procesador Intel core i7 de 1.9GHz y sistema operativo Windows8.
- **Software:** i) Eclipse IDE: entorno de desarrollo integrado-IDE que permite desarrollar código java; ii) plugin para crear proyectos Android en eclipse [8]; iii) dos IDEs: *ADT Bundle* y *Android Studio*.

Tabla 2. Rangos del Dispositivo

	Valor
Rango	30 -240 ppm
Precisión	1 ppm
Tiempo de respuesta inicial	7s (a 60ppm)
Tiempo de respuesta no hay señal	7s (0 a 60ppm)

**Fuente:** Zephyr, T.M. (s.f.). Dispositivo Bluetooth™ HxM, medidor de frecuencia cardiaca. Disponible en <http://www.zephyranywhere.com/media/pdf/HxMBT-DataSheet-2010-MAR-04.pdf>, consultado en abril de 2012.

### 2.2. Método

El desarrollo del app fue dividido en tres fases, las cuales se explican a continuación:

- **Flujograma:** en esta primera fase fue elaborado el diagrama de flujo en el que se buscó resaltar los datos y procesos de la aplicación. Primero inicia la actividad; verifica la existencia del perfil, si existe avanza si no pide nombre y edad (Datos esenciales), y con este último se calcula la frecuencia máxima para la persona usando la ecuación (2).

$$f_{\max} = 220 - \text{edad} [\text{ppm}] \quad (2)$$

Llega a la instancia principal donde se puede iniciar el proceso general o ver datos guardados (Historial); Para iniciar el proceso general se debe estar conectado al sensor cardiaco Bluetooth™-BT, si no hay conexión permanece en la instancia principal, de lo contrario iniciará el proceso general que en primera instancia guardar en una variable el valor obtenido de pulsaciones por minuto (ppm). Con este dato se halla el porcentaje de pulsaciones realizada referente a la frecuencia máxima y otros datos que se desean guardar o visualizar. Muestra la información de forma escrita y de forma gráfica.

Si la conexión BT sigue activa reinicia el proceso general sino (Puede ser por desconexión real del dispositivo por selección del usuario mediante el botón) se guardan los datos en un archivo. *scv* en el dispositivo se regresa a la instancia principal; Estando en la instancia principal se puede acceder a los resultados mediante el menú. La instancia de resultados muestra una lista que dejara seleccionar la actividad de la que se desean ver los datos. La Figura 4 presenta el flujograma.



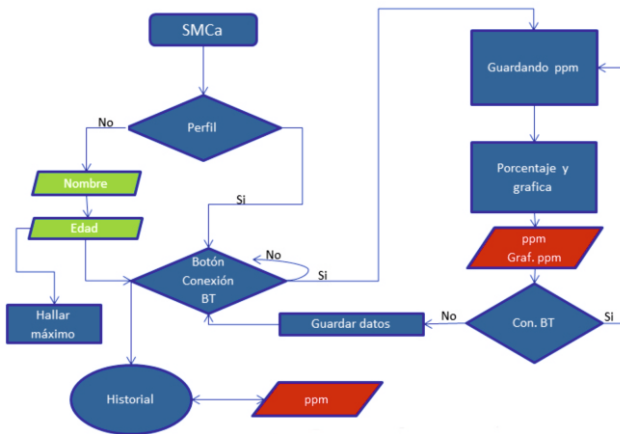


Figura 4. Diagrama de flujo de la aplicación desarrollada. Fuente: elaboración propia de los autores.

- Interfaz:** el desarrollo de la interfaz del usuario se basa en dos instancias fundamentales la principal (izquierda) y la lista de los datos guardados (derecha) que se presenta en la Figura 5. Esta interfaz de la izquierda, muestra el registro en tiempo real; los botones de selección del tipo de actividad física y de conexión del BT. Note que aparecen datos como: nombre del usuario, número de latidos, frecuencia cardíaca máxima y porcentaje de frecuencia cardíaca que esta realizando cada minuto, además, el usuario puede decidir el tipo de actividad física que desea mantener durante el ejercicio: normal o libre, calentamiento, pérdida de peso, ejercicio cardíaco y ejercicio intensivo. Al final, grafica los datos en tiempo real. La interfaz de la derecha, muestra una lista que ordena por orden cronológico los diferentes datos guardados.

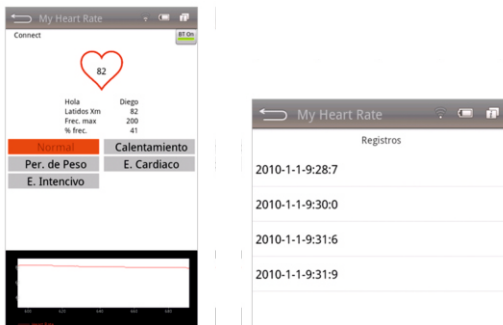


Figura 5. Interfaz a usuario. 5(b) Registro cronológico de datos. Fuente: elaboración propia de los autores.

Estas interfaces previamente fueron validadas con un grupo de 30 usuarios de prueba generando una total aceptabilidad por su practicidad y fácil uso.

- Protocolo experimental:** se seleccionan tres grupos de muestra, cada uno de cinco voluntarios, que firman su consentimiento de la pruebas a realizar, diferenciados por su Índice de Masa Corporal- IMC: el primer grupo normal con IMC menor a 25, el segundo un grupo con sobrepeso con IMC entre 25.1 y 30 y el tercero un grupo con obesidad con IMC mayor a 30. El protocolo experimental fue dividido en tres estadios de una hora cada uno: un estadio fue desarrollado en un ambiente de gimnasio –gym-, otro en aula de clase y el último en casa. Los tres estadios se enfocaron a incentivar el autocuidado de la salud en la comunidad Neogranadina, por lo cual se eligieron lugares normales para dicha comunidad. Fue utilizado app desarrollado en este trabajo, para medir y registrar todos los datos durante las actividades programadas en cada estadio. La Figura 6 muestra la localización del sensor y del teléfono celular.

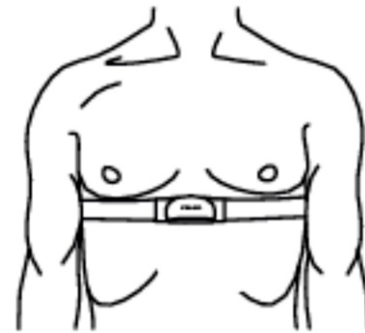


Figura 6. Sensor Cardíaco. Fuente: Polar FT60 Manual del usuario. Disponible en [http://www.polar.com/e\\_manuals/FT60/Polar\\_FT60\\_user\\_manual\\_Espanol/ch03.html](http://www.polar.com/e_manuals/FT60/Polar_FT60_user_manual_Espanol/ch03.html) consultado en abril de 2013.

### 3. Resultados

Los resultados inician por mostrar un análisis de la dispersión o grado de variación entre los valores medidos con dos sensores, uno tomado como referencia y el otro el app desarrollado. La Figura 7, ilustra muestra como las medidas se ajustan entre  $\pm 5$ , siendo que para  $\pm 3$  están el 95% del total de valores.

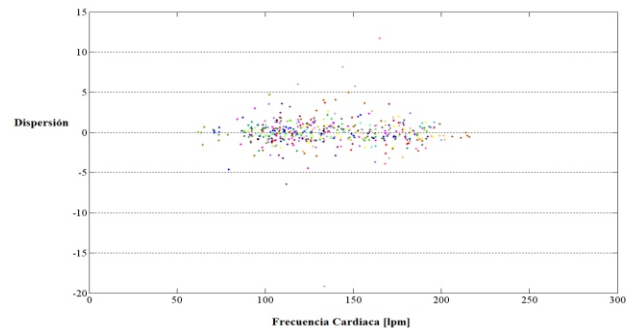


Figura 7. Dispersión de las medidas entre la referencia y el app desarrollado. Fuente: elaboración propia de los autores.



La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos de las mediciones de frecuencia cardiaca expresados como un porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima usando (OMS.b., s.f.).

Tabla 3. Medidas de FCmax

Voluntario	IMC	Reposo	3.2 km/h	4.8 km/h	6.4 km/h
1: Mujer	22.9	30.4	43.8	65.5	72.9
2: Mujer	24.3	32.3	42.3	64.2	75.1
3: Mujer	22.5	37.3	47.1	63.7	75.6
4: Hombre	21.2	36.2	46.1	67.8	80.3
5: Mujer	23.3	40.4	43.6	68.6	80.8
6: Hombre	23.6	38.1	45.3	67.5	76.8
7: Hombre	23.9	41.8	49.2	66.1	78.3
8: Hombre	22	40.7	49.4	66.3	78.2
9: Hombre	25.8	37.1	47.1	67.5	80.6
10: Mujer	27.2	39.5	47	63.2	81
11: Hombre	26	36.8	44.5	65.3	79.6
12: Hombre	26.3	37.1	46.9	69.6	79.4
13: Mujer	31	36.4	44	68.4	77.1
14: Hombre	27.2	38.1	46.2	70.4	81.7
15: Hombre	28.3	34.8	49.7	74	79

Fuente: elaboración propia de los autores.

Tabla 4. Aciertos de las medidas de FC

FC <sub>max</sub>	Intensidad	Aciertos
<40%	Reposo	100%
De 40% a 59,9%	Leve	100%
De 60% a 69,9%	Moderado	97%
De 70% a 80%	Vigoroso	92%
>80%	Fuerte	-

Los resultados obtenidos permiten validar dos aspectos importantes del uso de la TIC en salud. El primero se refiere al soporte de resultados desde una base experimental científica dada por una alta correlación en los datos, obtenida durante las pruebas en gym de  $r=0.91$  ( $p<0.05$ ), en clase de pruebas de  $r=0.95$  ( $p<0.05$ ) y de  $r=0.92$  ( $p<0.05$ ); la segunda por nivel de aceptabilidad del sistema por los usuarios, causado por el buen confort y facilidad de uso de la aplicación.

## 4. Discusión

La herramienta desarrollada es fácil de usar, confortable, ergonómica, no invasiva, con respuesta eficiente en el tiempo, alta capacidad de almacenamiento y con datos validados científicamente.

Según la International Organization for Standardization –OSI- (1998), la usabilidad y la capacidad de un determinado producto, se relaciona con el hecho de ser usado por usuarios

específicos y cumplir los objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción son determinados por el contexto y definidos por la aceptabilidad de uso (OSI, 1998). El app desarrollado es específico para el autocuidado de la salud.

## 5. Conclusiones

El autocontrol es el primer paso para la prevención de enfermedades cardíacas.

El monitoreo de la frecuencia cardiaca es interesante y necesario para la investigación en ambientes libres y abiertos.

Actualmente se atribuye alta responsabilidad al paciente sobre el cuidado de su salud, pero éste debe ser capaz de interpretar y aprovechar las informaciones presentadas en una interfaz amigable como la desarrollada para este app.

Las Tablet, celulares y demás dispositivos móviles son ampliamente usados por todas las clases de app, criterio determinante para elegir la tecnología sobre la cual implementar el app desarrollado.

## 6. Reconocimientos

Los autores reconocen el apoyo recibido de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, al proyecto “Aplicaciones Móviles para el Cuidado de la Salud”.



## Referencias

Farago, P. (2013, febrero 18). Estado del mercado de las tablets en el mundo. *Flurry Blog*. Disponible en <http://blog.flurry.com/bid/94352/China-Knocks-Off-U-S-to-Become-Top-Smartphone-Tablet-Market> consultado en abril de 2013.

Google Play. (s.f.). *Aplicativo Heart Rate Monitor de Fuzzymonkey*. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fuzzymonkey.heartratemonitor> , consultado en abril de 2013.

Google Play. (s.f.). *Aplicativo Runtastic Heart Rate de Runtastic*. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android.heartrate.lite>, Consultado en abril de 2013

International Organization For Standardization. (1998). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- *Part 11: Guidance on usability*, pp. 9241-11, disponible en <http://www.iso.org/>. consultado el 19 de diciembre de 2011.

Organizacion Mundial de la Salud-OMS. (s.f.). *Estadísticas sobre el índice de masa corporal en Colombia*. Disponible en <http://apps.who.int/bmi/index.jsp>, consultado en abril de 2013.

Organizacion Mundial de la Salud-OMS. (s.f.). *Informe sobre la obesidad y el sobrepeso en el mundo*. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es>, consultado en mayo de 2012.

ZephyrTM. (s.f.). *Dispositivo BluetoothTM HxM, medidor de frecuencia cardiaca*. Disponible en <http://www.zephyranywhere.com/media/pdf/HxMBT-DataSheet-2010-MAR-04.pdf>, consultado en abril de 2012.

