



Revista Mexicana de Ingeniería  
Biomédica

ISSN: 0188-9532

rmib.somib@gmail.com

Sociedad Mexicana de Ingeniería  
Biomédica  
México

Avitia, R.L.; Avena, G.; Flores, N.; Reyna, M.A.; Nava, M.L.  
Datos Fisiológicos de Baja California: PhysioBC, Resultados en Electrocardiografía 1  
Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol. 38, núm. 1, enero-abril, 2017, pp. 372-  
381  
Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica  
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61949530034>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

[dx.doi.org/10.17488/RMIB.38.1.33](https://doi.org/10.17488/RMIB.38.1.33)

## Datos Fisiológicos de Baja California: PhysioBC, Resultados en Electrocardiografía 1

### Physiological Data of Baja California: PhysioBC, Electrocardiographic Results 1

R.L. Avitia<sup>1</sup>, G. Avena<sup>1</sup>, N. Flores<sup>1</sup>, M.A. Reyna<sup>1</sup>, M.L. Nava<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Baja California, Cuerpo Académico de Bioingeniería y Salud Ambiental.

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Seguro Social.

#### RESUMEN

En la actualidad, el contar con una base de datos que represente fisiológicamente a una región o estado de la república conlleva un esfuerzo en conjunto entre diversas instituciones. Debido a su inexistencia, los investigadores recurren a bases de datos extranjeras organizadas para el desarrollo de estudios. Un ejemplo es el desarrollo de algoritmos matemáticos de detección de patologías en relación a individuos con una población y una forma de vida diferente a la nuestra. PhysioBC®, tiene como objetivo difundir libremente datos fisiológicos adquiridos en la población de Baja California, a fin de que se desarrollen modelos precisos de detección de patologías acorde a la genética y forma de vida de nuestra comunidad. En este trabajo presentamos los pasos de creación de su primera sección de datos electrocardiográficos, debido a que los datos reportados por el INEGI en 2012, de las 14,756 muertes, el 19% tenían origen cardiovascular. Actualmente se cuenta con 50 registros tomados en la industria maquiladora de Mexicali y 64 tomados en voluntarios. Estos se dividen en estándar de 12 derivaciones y de alta resolución de 3 derivaciones. Todos ellos se encuentran libres para su descarga en diversos formatos en la misma plataforma PhysioBC®.

**PALABRAS CLAVE:** PhysioBC®, electrocardiografía, Baja California, bases de datos.

### ABSTRACT

Currently, having a database that represents physiologically a region or state of the republic involves a joint effort among research and clinical institutions. Due to their non-existence, researchers normally use foreign international databases organized for research purposes. One example is the development of mathematical algorithms for detecting pathologies in individuals with a population who have a different way of living than ours. PhysioBC®, aims to freely disseminate physiological data acquired in the population of Baja California, in order to develop precise models of pathology detection according to the genetics and way of living of our community. Because the data reported by INEGI in 2012, out of the 14,756 deaths, 19% had cardiovascular origin problems, in this paper, we present the steps of creating PhysioBC® first section, called electrocardiographic data. Currently we have 50 records taken in the manufacturing industry of Mexicali and 64 taken in volunteers. The records are divided into standard 12-lead and high-resolution 3-lead. All of them are free for download in different formats at PhysioBC® website.

**KEYWORDS:** PhysioBC®, electrocardiography, Baja California, databases.

### Correspondencia

DESTINATARIO: Roberto L. Avitia

INSTITUCIÓN: Facultad de Ingeniería de la UABC

DIRECCIÓN: Blvd. Benito Juárez S/N, Parcela 44, C.P.

21280, Mexicali, Baja California, México

TELÉFONO: 52 (686) 566-4150

CORREO ELECTRÓNICO: ravitia@uabc.edu.mx

### Fecha de recepción:

30 de agosto de 2016

### Fecha de aceptación:

20 de diciembre de 2016

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la comunidad científica cuenta con bases de datos fisiológicos estándar de países desarrollados, donde tanto la forma de vida como la genética de su población es diferente a la de nuestra comunidad. Tal es el caso de la base de datos del portal *Physionet*<sup>®</sup> que ofrece acceso libre a una gran colección de señales fisiológicas y software de código abierto en el que la comunidad científica tiene acceso y desarrolla sus propuestas de solución <sup>[1]</sup>. Por tal motivo, en nuestra comunidad se ha planteado la construcción de una base de datos fisiológicos que abarque una gran variedad de parámetros como lo son, señales de biopotenciales (ECG, EEG, PPG y EMG) e imágenes médicas (RMN, PET, TACx, RX y US), que sea propia de la región de Baja California, y que permita el desarrollo de diversos modelos predictivos y de diagnóstico temprano de patologías, como por ejemplo el Infarto Agudo al Miocardio (IAM), que conlleva en muchas ocasiones a la muerte súbita cardíaca (MSC). Dichos modelos como los empleados en electrocardiografía de alta resolución ya han sido empleados con éxito con anterioridad, solo que con bases de datos extranjeras y registros electrocardiográficos de corta duración, pero que al menos cuenten con 300 latidos por registro <sup>[2,3]</sup>. Por tal motivo se creó la base de datos fisiológicos Web y de acceso libre para la comunidad de Baja California *PhysioBC*<sup>®</sup>. Dicha base presenta en primera instancia la creación de una sección de electrocardiografía consistente de 114 registros de ECG estándar (12 derivaciones) y 114 registros de alta resolución (HRECG por sus siglas en inglés High Resolution ECG), divididos en 57 mujeres y 57 hombres considerados en edad productiva (18 a 64 años de edad). Para lograr lo anterior, consideramos establecer un protocolo de adquisición de señales de ECG, el cual se presentó para su validación ante el comité de ética en investigación del *Hospital General de la ciudad de Mexicali del Instituto de Servicios de Salud Pública de Baja California (ISESALUD)*, así como un convenio de colaboración con la empresa manufacturera *Suntek Manufacturing*

*de Mexico S.A. de C.V.*, y una toma de registros a voluntarios en las instalaciones de la *Universidad Autónoma de Baja California*.

Se eligió primordialmente la creación de base de datos en electrocardiografía debido a que según los datos estadísticos desde 1998 al 2011 las defunciones por enfermedades cardiovasculares fluctúan de 70.7 al 97.0 por 100,000 habitantes, predominando la enfermedad isquémica con una tasa de 65.6 por cada 100,000 habitantes: donde el mayor número de defunciones se presenta en hombres, y en el caso de Baja California en 2011, se encuentra como la principal causa de mortalidad en la población de edad productiva (15 a 64 años) <sup>[4]</sup>.

## METODOLOGÍA

Para la obtención de las señales electrocardiográficas se utilizaron los equipos de electrocardiografía convencional de 12 derivaciones *Mortara*<sup>®</sup>, que permite realizar un prediagnóstico de dichas señales, así como un sistema de adquisición *Cardiax PC*<sup>®</sup> de tres derivaciones y alta resolución (X, Y y Z) con la configuración en red de Frank <sup>[5,6]</sup>. Decidimos utilizar tiempos de registro de entre 3 y 5 minutos para el convencional y para el de alta resolución respectivamente a fin de tener los suficientes latidos para una evaluación latido a latido por parte de un clasificador computacional de ECG convencional o de alta resolución <sup>[2,3]</sup>. Ambos sistemas nos permiten adquirir la señal en nuestra computadora en formato .xml y.pdf, a fin de poder comprobar el diagnóstico por nuestro especialista cardiólogo. Atendiendo las recomendaciones del comité de ética en investigación, se diseñó una carta de consentimiento informado para hacerle saber al paciente para qué sirve el estudio, que se le realizara un cuestionario, que incluye sus datos personales, los cuales serán confidenciales, usando solo los necesarios para la investigación. Enseguida se le hace un cuestionario que contempla los factores de riesgo de algún problema cardiovascular, así como los datos antropométricos y el registro de signos vitales.

## A. Validación de procedimientos

La autorización de registros electrocardiográficos se autorizó por parte del Comité de Ética en Investigación del Hospital General de la ciudad de Mexicali. Cada una de las recomendaciones se atendieron, quedando los procedimientos como a continuación se describen.

## B. Muestreo representativo

En la región del estado de Baja California para el año 2015 se cuenta con una población de 3,315, 766 habitantes [7]. Utilizando la Ecuación 1 para la elección del tamaño de la muestra se obtuvo una muestra significativa de 385 pacientes, con una confianza del 95% (Ecuación 2) y un margen de error del 5% (Ecuación 3) [8].

$$n = \frac{N_x}{((N-1)E^2 + x)} \quad (1)$$

$$E = \sqrt{\frac{(N-n)x}{n(N-1)}} \quad (2)$$

$$x = Z \left( \frac{c^2}{10000} \right) r(100 - r) \quad (3)$$

Donde:

**n**= Tamaño de la muestra.

**E**= Margen de error deseado.

**N**= Tamaño de la población.

**r**= Fracción de respuestas de interés.

**Z(C/100)**= Valor crítico del nivel de confianza.

**x**= Resultado esperado.

Si consideramos al estado, dividido en sus cinco municipios, la muestra significativa quedaría descrita como se muestra en la Tabla 1. Por tal motivo, consid-

erando la etapa 1 de registros electrocardiográficos para Mexicali, debieron considerarse una muestra de 114 individuos como se puede ver en la Tabla 1, divididos en intervalos de edad y de sexo.

**TABLA 1. Muestras significativas por municipio. Proporcional de la muestra significativa por municipio.**

Municipio	Población	Muestra
Ensenada	486,639	57
<b>Mexicali</b>	<b>988,417</b>	<b>114</b>
Tecate	102,406	13
Tijuana	1,641,570	190
Rosarito	96,734	11
Total	3,315,766	385
Proporcional de la muestra significativa por municipio		

## C. Consentimiento informado

En esta investigación se les informó a los pacientes que se llevaría a cabo un cuestionario y toma de registros electrocardiográficos, así como los objetivos del estudio, el procedimiento a seguir, la privacidad de los datos y de su derecho a abandonar el estudio en cualquier momento, lo anterior avalado por la firma autógrafa del paciente, permitiéndonos cumplir con la normatividad NOM-004-SSA3-2012 del Expediente Clínico [9,10], referente a la Norma Oficial Mexicana y al respeto a la autonomía de las personas en el ámbito de la atención médica.

## D. Identificación y Cuestionario

La ficha de identificación del paciente es un documento anexo que consiste en un cuestionario que se hace al paciente. En él, se piden los datos de identificación de la persona, preguntas dirigidas de los antecedentes personales patológicos y heredofamiliares, así como estilo de vida, de acuerdo a los protocolos establecidos en *The PTB Diagnostic ECG Database*, una de las bases de datos de electrocardiografía estándar validada por *Physionet*® [1]. Como complemento de dicho docu-

mento, se midieron los signos vitales como son: la frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), saturación de oxígeno en la sangre y presión o tensión arterial (TA). Las medidas antropométricas que se consideraron fueron el peso en *kg*, la estatura en *cm*, diámetro de cintura y cadera en *cm*, así como el cálculo del índice de masa corporal (IMC) <sup>[11]</sup>. El procedimiento a seguir para la toma de los signos vitales consistió en varias etapas, siendo la primera la toma de la FC y la FR de manera conjunta, especificándole al paciente que solo se le mediría la FC por 2 *minutos*, ya que la FR puede alterarse a voluntad, generando una medición errónea <sup>[11]</sup>. La FC se midió utilizando el pulso radial del paciente, en cualquiera de los dos brazos, y una vez detectado, se procedió a tomar el tiempo de las pulsaciones durante 1 *minuto*, se anotó el valor y se continuó con la FR, en la que se contaron los movimientos torácicos durante 1 *minuto*. Para la TA, utilizamos un baumanómetro digital *Microlife*® modelo BP 3AA1-1. Después se le pidió a cada paciente que estuviera relajado, sentado, apoyando el brazo, izquierdo o derecho, en una posición cómoda sobre una mesa y se colocó el brazalete del baumanómetro, se verificó que el medidor se encontrara en cero, y se encendió el dispositivo, el cual después de unos segundos proporciona la medición de la TA <sup>[12]</sup>. Con respecto a la medición del peso del paciente, utilizamos una báscula digital, marca *Health o Meter*® modelo HDL 155DQ-01, aquí se le indicó al paciente que se colocara de pie y relajado, con la vista fija de manera horizontal, con las palmas de las manos extendidas y laterales al cuerpo, de preferencia sin hacer ningún movimiento. La misma posición se utilizó para medir la estatura del paciente <sup>[13]</sup>. Para las mediciones del diámetro de la cintura y la cadera utilizamos una cinta métrica de la marca *Hergom*® modelo R18. Para obtener la medición del diámetro de la cintura se necesita tener al paciente de pie, de perfil con los brazos descansando a ambos lados, de preferencia con el abdomen descubierto, para poder palpar el borde costal inferior y el borde superior de la cresta iliaca, colocándose entre estos dos puntos la cinta métrica. Por último, se

midió el diámetro de la cadera, para el cual se palpan los trocantes mayores de la cabeza del fémur, donde se colocó la cinta métrica y se toma la lectura <sup>[13]</sup>.

## E. Fuentes de registros

Para la construcción de nuestra base de datos en electrocardiografía, se necesitaba de una población heterogénea de la ciudad de Mexicali. Consideramos entonces establecer un convenio de colaboración con la empresa *Suntek Manufacturing de Mexico S.A. de C.V.*, considerada una empresa con una diversidad de empleados grande, entre operadores de producción expuestos a equipos de maquinado, así como empleados de oficina y de ingeniería. Tomamos una muestra significativa de 50 empleados, 25 de ellos hombres y 25 mujeres, entre la edad de 18 a 60 *años* a los que consideramos en edad productiva. Por otro lado, se convocaron 64 voluntarios seleccionados en edades desde 18 a 60 *años* entre hombres y mujeres en la misma proporción.

## F. Tomas Electrocardiográficas Etapa 1

Una vez llenado los formularios y hoja de consentimiento informado se indicaron a cada uno de los pacientes que debían retirarse cualquier tipo de joyería, dispositivos electrónicos, lentes, accesorios para el cabello, llaves y cinturón de vestir, evitando de esta manera cualquier ruido provocado por los mismos durante el registro. Se les proporcionó una bata de hospital, indicándole sustituir sus prendas con dicha bata, y en caso de pacientes de sexo femenino, se les pidió retirar el sujetador. Cada paciente tomó asiento en la camilla, para posteriormente retirarse el calzado y después recostarse en decúbito dorsal en la misma. Ya con el paciente en la posición adecuada, se limpiaron las zonas donde se colocaron los electrodos con una torunda de algodón impregnado con alcohol de grado hospitalario. Una vez colocados todos los electrodos, el paciente permaneció en silencio y sin moverse, a menos que le fuese indicado. Todo esto con la finalidad de disminuir lo mayormente posible, cualquier factor que interfiere con obtener una señal de calidad.

## F1. ECG convencional

El registro de electrocardiografía convencional, se basa en la toma de las tres derivaciones bipolares de Einthoven, las tres aumentadas de Goldberger y las seis precordiales o del plano horizontal, lo cual hace un total de 12 derivaciones, distribuidos en la colocación de 10 electrodos. Para ello, utilizamos un sistema de electrocardiografía *Mortara*® de 16 bits, con una frecuencia de muestreo de 1000 muestras/segundo por canal y que nos permitió realizar un diagnóstico validado por un cardiólogo de nuestra localidad. Nos entrega la información de los trazos y de las fichas clínicas en formatos .pdf y .uni. Éste último formato se convirtieron en archivos .xml, .txt y .mat, a fin de que puedan descargarse libremente del sitio *PhysioBC*® y puedan ejecutarse en una plataforma computacional para su posterior análisis en la ruta [http://www.physiobc.org/Conventional\\_ECG.html](http://www.physiobc.org/Conventional_ECG.html) <sup>[14]</sup>.

## F2. ECG de alta resolución

La electrocardiografía de alta resolución representa uno de los registros por excelencia en la detección temprana de MCS, debida a su capacidad de detección de potenciales tardíos ventriculares <sup>[16]</sup>. Para lograr tener este tipo de registros, después de someter al paciente al estudio convencional de 12 derivaciones, fue necesario conectarle los electrodos tal y como se muestra en la Tabla 2, a fin de obtener tres registros denominados VX, VY y VZ durante un intervalo de 5 minutos.

**TABLA 2. Colocación de electrodos en un estudio de HRECG.**

Color	Nombre	Sitio Anatómico
Rojo	I	Línea axilar derecha
Amarillo	E	Centro del esternón
Verde	C	Línea media clavicular izquierda
Café	A	Línea media axilar izquierda
Negro	M	Centro de la columna
Morado	H	Región posterior del cuello
Rojo	RA	Muñeca derecha
Amarillo 2	LA	Muñeca izquierda
Verde 2	FL	Tobillo izquierdo
Negro 2	N	Tobillo derecho

Código de colores en relación con la posición de los electrodos

El equipo utilizado fue sistema *Cardiax PC*® de alta resolución (12 bits) y una frecuencia de muestreo de 500 muestras/segundo y seleccionable también a 1000 muestras/segundo. Gracias a que cuenta con una interfaz gráfica que nos permite adquirir en formato .xml, solo fue necesario transferirlas a .txt y .mat para que estén disponibles para su descarga y posterior análisis.

Dichos archivos pueden emplearse en estudios de electrocardiografía de alta resolución debido a que puede importarse y leerse en distintas plataformas como hojas de cálculo o software de análisis de datos como *MatLab*® y para su descarga tanto de los trazos como de las fichas técnicas puede recurrirse a la ruta <http://www.physiobc.org/HRE.html>.

Así nuestra base de datos estaría completa en nuestra etapa de registro 1, donde se considera un muestreo representativo de la población de Mexicali, con 114 registros electrocardiográficos.

## RESULTADOS

A través del sitio de *Physiobc.org*, en la sección señales biomédicas es posible acceder a las señales de electrocardiografía tanto convencional como de alta resolución, tal y como se muestra en la Figura. 1.

Como podemos observar en la Figura 1, todos los archivos de los registros electrocardiográficos son accesibles en formato .xml, .txt y .mat. Pero además es posible descargar el archivo .pdf que contiene impreso el diagnóstico validado, así como la información de la ficha del paciente, a fin de conocer más información del paciente como por ejemplo los datos antropométricos y signos vitales. Los registros obtenidos en el equipo *Mortara*® constaron de las 12 derivaciones (DI, DII, DIII, AVR, AVF, AVL, V1-V6), las cuales variaron en forma, tamaño e intensidad, pero se mantuvieron dentro de los estándares de calidad.

## PhysioBC

### High Resolution Electrocardiogram (HRE)

The Cardiax PC® system is a high-resolution electrocardiography 12 bits and a sampling rate of 500 samples / second. It has a graphical interface that allows you to purchase .xml format the conventional shunts, as well as Vx and Vy and Vz orthogonal. The file is extracted from the system it can be used in studies of high resolution electrocardiography because it can be imported and read on different platforms such as spreadsheets or data analysis software such as MATLAB®. The positions of the electrodes 10 and are described in the following image:

Placement of Electrodes in a H.R.E.		
Electrodes		
Color	Derivation	Anatomic placement
Red	I	Right axillary midline, diaphragmatic line
Yellow	E	Sternum center, Middle line anterior

### Conventional electrocardiogram records

Subject Test	General patient data	ECG display .PDF	Archive .XML	Archive .txt	Archive .MAT	Archive .CSV	Diagnosis
0001	<a href="#">Download</a>	Pending	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	Pending
0002	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	Ritmo sinusal con arritmia sinusal, ECG Normal
0003	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	Normal ECG
0004	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	Pending	<a href="#">Download</a>	ECG Normal
0005	Pending	Pending		Pending		<a href="#">Download</a>	Pending
0006	Pending	Pending		Pending		<a href="#">Download</a>	Pending
0007	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	Posible retraso en la conducción derecha
0008	Pending	Pending		Pending		<a href="#">Download</a>	Pending
0009	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	<a href="#">Download</a>	Pending	<a href="#">Download</a>	Desviación notable del eje derecho, posible retraso en la conducción ventricular derecha

FIGURA 1. Sección de descarga del sitio PhysioBC para señales electrocardiográficas.

Un ejemplo de archivo .pdf de diagnóstico del paciente se muestra en la Figura 2, donde se marca en la parte superior la validación del trazo de ECG. Hasta el momento se cuenta con un registro de 114 pacientes, 57

de sexo femenino y 57 de sexo masculino, todos ellos para completar la región Mexicali. Además, se encuentran distribuidos en 5 rangos de edad: 18 a 25 años 26 a 35 años 36 a 45, 46 a 55 años y de 56 a 62 años.

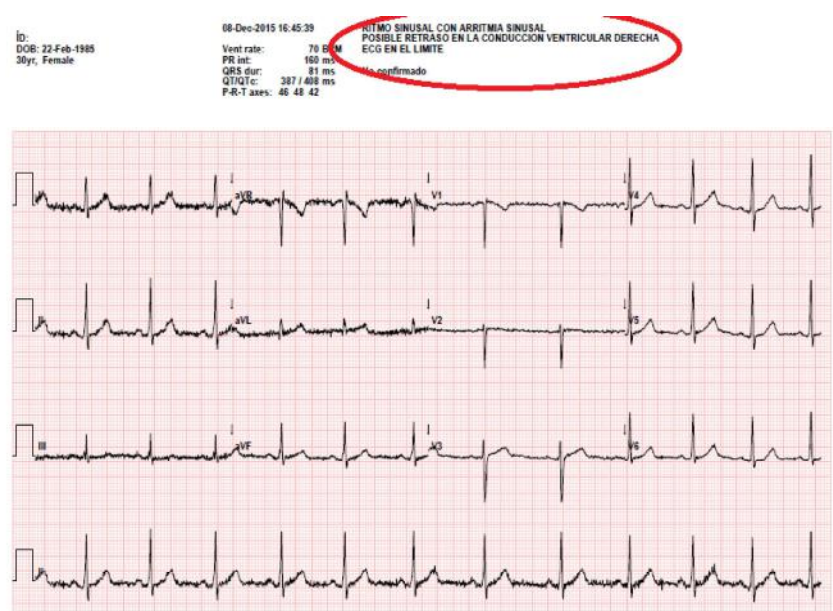


FIGURA 2. Extracto de archivo .pdf con diagnóstico probable

Para el caso de los registros de alta resolución la distribución la cantidad de registros es la misma, también para intervalos de 5 *minutos*, pero en estos registros no tenemos un algoritmo de diagnóstico aún desarrol-

lado, por tanto, solo se encuentran los archivos organizados en formato .xls y .mat, separados por sus vectores VX, VY y VZ y de libre descarga para su posterior análisis, tal y como se indica en la Figura 3.

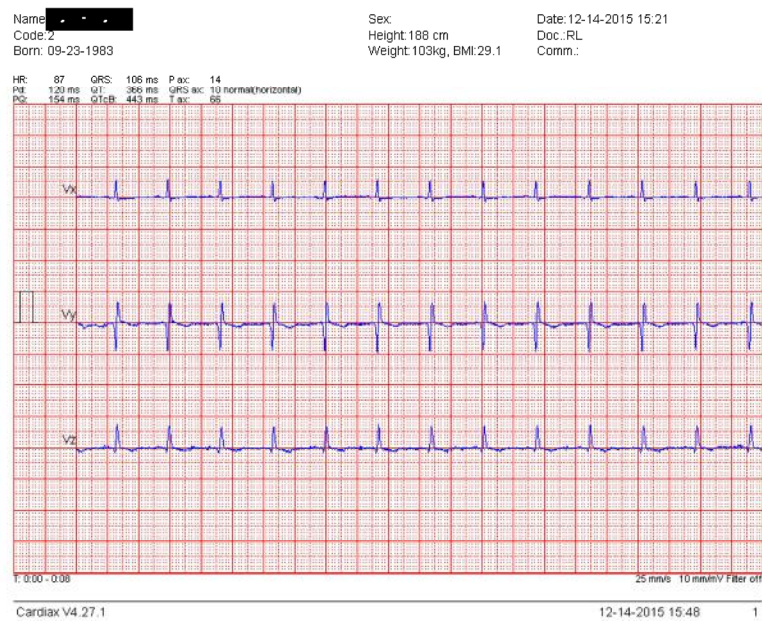


FIGURA 3. Registro de alta resolución de un paciente adulto.

## DISCUSIÓN

La toma de registros electrocardiográficos en la industria y con los voluntarios se realizó durante el año 2015 y parte del 2016, y algunas de las problemáticas que representaron un gran reto fue la diferencia de fisionomía entre hombres y mujeres. En el caso de pacientes femeninos, se requirieron medidas especiales, como el uso de la bata hospitalaria con la abertura hacia el frente, o en su defecto, un sujetador deportivo sin varillas para evitar cualquier incomodidad con la colocación de los electrodos, así como el hecho de que una mujer enfermera fuera quien le tomara el registro a todas ellas. Al realizar los registros para ECG, la toma de los mismos se lleva a cabo capturando 20 registros con duración de 10 *segundos* cada uno, los cuales se dan en intervalos, para permitir al equipo obtener una lectura adecuada y dar facilidad si se llega a presentar alguna eventualidad, como el que se desconecte alguno de los electrodos, o algún movimiento brusco que ocasione ruido a la señal. Para la toma de registros en HRECG, el paciente debe de mantenerse sentado, debido a la colocación de los electrodos, la ventaja en esta toma, es que ocurre de manera ininterrumpida, con una duración de 5 *minutos*.

## CONCLUSIONES

En este trabajo introducimos el concepto PhysioBC®, como una herramienta necesaria para el desarrollo de investigación en datos fisiológicos que describan de

forma más precisa a la comunidad Baja Californiana. Como primer tipo de datos establecimos los registros electrocardiográficos debido a la importancia de las enfermedades cardiovasculares como primera causa de muerte en nuestra región. Aunque aún falta por completar las muestras de las comunidades de Tijuana, Ensenada, Rosarito y Tecate, estas deben ser de tipo heterogénea y que incluyan un tipo de población económicamente activa. Se espera que en un futuro próximo estas bases de datos puedan ser utilizadas para análisis, implementación de algoritmos o software de detección para esta patología relacionadas con MCS en una población representativa mexicana. El trabajo ya realizado permitirá orientar más el camino de la investigación, así como sentar las bases para la siguiente etapa 2, que consiste en terminar las 5 etapas de electrocardiografía.

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a la XVII Convocatoria Interna de Proyectos de Investigación de la UABC y a la empresa manufacturera *Suntek Manufacturing de Mexico S.A. de C.V.* por las facilidades brindadas.

## DECLARACIÓN DE INTERESES

Los autores de este trabajo manifestamos que no existe ningún conflicto de interés.

## REFERENCIAS

- [1] Goldberger, A. L., Amaral, L. A. N., Glass, L., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. C., Mark, R. G., ... Stanley, H. E. (2000). PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation*, 215-220. DOI: [10.1161/01.CIR.101.23.e215](https://doi.org/10.1161/01.CIR.101.23.e215)
- [2] M. Thomas, M. Kr. Das, S. Ari "Automatic ECG arrhythmia classification using dual tree complex wavelet based features" *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, vol. 69, no. 4, pp. 715-721, Abr. 2015. DOI: [10.1016/j.aeu.2014.12.013](https://doi.org/10.1016/j.aeu.2014.12.013)
- [3] Z.E. Hadj-Slimane, A. Nait-Ali "QRS complex detection using Empirical Mode Decomposition," *Digital Signal Processing*, Vol. 20, no. 4, pp. 1221-1228 Jul. 2010. DOI: [10.1016/j.dsp.2009.10.017](https://doi.org/10.1016/j.dsp.2009.10.017)
- [4] Dirección General de Epidemiología, DGE 2016, Sección DGA Epidemiología, Información Epidemiológica, Publicaciones 2015, Panorama Epidemiológico y Estadístico de la Mortalidad en México 2011. Disponible en: <http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/dgae/infoepid/publicaciones2015.html>.
- [5] B. Ismer, J. Melincherik, M. Heinke, "High resolution semi-invasive left heart electrocardiography in cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy", *Biomed Tech*, 2012. DOI: [10.1515/bmt-2012-4157](https://doi.org/10.1515/bmt-2012-4157)
- [6] Olivassé Nasario-Junior, Paulo R. Benchimol Barbosa, Jurandir Nadal, "Robust Derivative-Based Method to Determine Filtered QRS Limits in High Resolution Electrocardiography", *Computing in Cardiology*, 2014.
- [7] INEGI 2015, Cuéntame-Monografías, Información de Baja California, Número de Habitantes en 2015. Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/poblacion/>
- [8] Raosoft. Sample Size Calculator. Database web survey software for gathering information. Interform ® Disponible en: <http://www.raosoft.com/samplesize.html>.
- [9] Comisión Nacional de Bioética (CONBIOÉTICA), Memoria, Temas de Interés, Consentimiento Informado. ISBN: 978-607-460-514-3. Disponible en: [http://www.conbioetica-mexico.salud.gob.mx/interior/temasgeneral/consentimiento\\_informado.html](http://www.conbioetica-mexico.salud.gob.mx/interior/temasgeneral/consentimiento_informado.html).
- [10] Diario Oficial de la Federación. Disponible en: <http://dof.gob.mx/index.php>.
- [11] "Inicio de la exploración física: reconocimiento general, constantes vitales y dolor", *Guía de Exploración física e historia clínica*, Lynn S. Bickley, Peter G. Szilagyi, Lippincott Williams & Wilkins, 11va. Edición. Ch. 4. ISBN 9781609137625.
- [12] Patrick T. O'Gara; Joseph Loscalzo "Physical Examination of the Cardiovascular" en *Harrison's Principles of Internal Medicine*, Kasper, Fauci, Hauser, Longo, Jameson, Loscalzo, McGraw Hill, 19va Edition. Ch. 267. ISBN 9781456214081.
- [13] Magda R. Aparicio, Luis A. Estrada, Carlos Fernández, Rosa Ma. Hernandez, Michelle Ruiz, Denise Ramos, Maritza Rosas, Elsa Valverde, Estela Angeles; *Manual de Antropometría*, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. 2004, pp 6-8. ISBN 9686499423.
- [14] Burdick, Manual de Usuario para ELI 230, Electrocardiograma de 12 derivaciones. Disponible en: <http://www.burdick.com>.
- [15] IMED Ltd., User Manual Cardiax PC ECG 3.6v, 2014. Disponible en: <http://www.imed.hu>.
- [16] M. Rauber, D. Stajer, M. Noc, T. T. Schlegel, Vito Starc "High Resolution ECG differences between hospital survivors and non-survivors of out-of-hospital cardiac arrest during mild therapeutic hypothermia" *Computing in Cardiology 2014*, Cambridge MA. Pp. 1093-1096. Sept. 2014.
- [17] R. J. Vidmar. (1992, August). On the use of atmospheric plasmas as electromagnetic reflectors. *IEEE Trans. Plasma Sci.* [en línea]. 21(3), pp. 876-880. Disponible en: <http://www.halcyon.com/pub/journals/21ps03-vidmar>. DOI: [10.1109/27.57528](https://doi.org/10.1109/27.57528)