

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA DE POSGRADO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



**NUEVA BASE DE DATOS DE ELECTROCARDIOGRAFÍA DE USO
LIBRE DE LA REGIÓN DE BAJA CALIFORNIA: PHYSIOBC.ORG**
TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

PRESENTADO POR: NELLYZETH FLORES NUÑEZ

DIRECTORES DE TESIS:
DR. ROBERTO LÓPEZ AVITIA
DR. MARCO ANTONIO REYNA CARRANZA

MEXICALI, B.C. A 07 DE JUNIO DE 2018

NUEVA BASE DE DATOS DE ELECTROCARDIOGRAFÍA DE USO LIBRE DE LA REGIÓN DE BAJA CALIFORNIA: PHYSIOBC.ORG

Todas las imágenes contenidas en este material son proporcionadas por las fuentes consultadas y son propiedad de su autor de conformidad a los artículos 148 a 151 de la Ley Federal del Derecho de Autor.

Agradecimientos

Le doy gracias a la Facultad de Ingeniería de la UABC por facilitar los recursos necesarios a través de CONACYT para la realización de esta investigación.

Al Dr. Roberto López Avitia por haber sido mi director de tesis. Por la confianza otorgada, amistad y guía durante este trayecto que duro dos años, llamado maestría. Por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas.

Al Dr. Marco Antonio Reyna Carranza por haber sido mi codirector de tesis. Por todo su apoyo y atenciones brindadas durante toda la investigación.

A los profesores del posgrado de MYDCI por su apoyo, confianza y dedicación brindados durante las clases, así como cualquier duda surgida y atendida en su momento de manera extra clase.

A mis sinodales, Dr. Miguel Enrique Bravo Zanoguera y Dr. Conrado García González, por sus observaciones a mi tesis para su mejora, por confiar en mi trabajo y aprobarlo.

Quiero darle gracias de manera especial a mi madre Manuela, la persona a la que más amo y admiro, que sin ella hoy yo no estaría aquí. Por ser mi roca en los momentos de mayor desesperación, pero estar siempre en primera fila recordándome de lo que soy capaz con su amor incondicional. De los valores que me ha inculcado y brindarme la excelente educación y fortaleza en el transcurso de toda mi vida.

A mi hermana Karina por soportarme todo este tiempo, con mi estrés y momentos de mis cápsulas científicas, pero también por hacerme reír y ser esa vocecita que me recordaba que debía descansar.

A mi padre, que a su manera siempre ha estado para mí. Que no tenemos una relación ideal y no siempre nos hemos llevado bien, pero que tiene las mejores palabras cuando las necesito.

A mi familia, por ser esa ancla que no me permite caer y brindarme su apoyo y amor sin esperar nada a cambio. Por no dejarme renunciar a mis sueños.

A mis mejores amigos y amigas por confiar y creer en mí, por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto lleno de gratas experiencias, risas y hermosos recuerdos, dentro y fuera del aula. Pero, sobre todo, seguir formando parte de mi presente.

A mi mejor amiga Maresah, por brindarme su amistad sin reparos y regañarme cuando lo necesite. Por trabajar a mi lado, por sentarse a reír y llorar conmigo. Por los consejos y el apoyo recibido en los momentos difíciles, y recordarme el porque de todo este trabajo.

Por último, quiero agradecer a Dios, por llevarme por este camino que nunca imagine andar, por todas las pruebas y momentos de duda que me puso, pero que supere y me han llevado a esta meta en mi vida.

¡¡¡ Por la ciencia!!!

ÍNDICE

Índice de Figuras	8
Índice de Tablas	10
Resumen	11
Abstract	12
Objetivos	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos	13
Hipótesis	13
Introducción	14
Capítulo I. Marco Teórico	15
1. Sistema Cardiovascular	15
1.1. Anatomía del Corazón	15
1.2. Vascularización cardiaca.....	17
1.3. Inervación cardiaca	19
1.4. Ciclo Cardiaco	20
2. Arritmias	21
2.1 Bradiarritmias	22
2.2 Taquiarritmias	23
3. Infarto Agudo al Miocardio (IAM)	24
4. Factores de Riesgo: Framingham Heart Study	26
4.1. Factores de Riesgo Conductuales	26
4.1.1. Tabaquismo.....	26
4.1.2. Dieta	27
4.1.3. Sedentarismo.....	27
4.2. Factores de Riesgo Metabólicos	27
4.2.1. Lípidos.....	27
4.2.2. Hipertensión Arterial	28
4.2.3. Obesidad.....	29
4.2.4. Diabetes Mellitus.....	30
5. Criterios de Framingham	30
5.1 Predictor de ECV a 10 años.....	32
5.2 Predictor de ECV a 30 años.....	33

6.	Electrocardiografía.....	33
6.1.	Electrocardiografía Estándar (ECG o EKG).....	37
6.2.	Electrocardiografía de Alta Resolución (ECGAR).....	39
7.	Antropometría.	41
7.1.	Peso y Estatura.	41
7.2.	Cintura y Cadera.	41
7.3.	Índice de Masa Corporal.	41
8.	Variables Fisiológicas.	42
8.1.	Frecuencia Cardíaca y Frecuencia Respiratoria	42
8.2.	Presión o Tensión Arterial.....	42
8.3.	Presión Parcial de Oxígeno (PSO2).....	43
	Capítulo II Antecedentes	44
9.	Bases de Datos Médicas	44
10.	Bases de Datos Médicas de Electrocardiografía.	45
10.1.	PhysioBank, PhysioToolkit y PhysioNet	45
10.2.	The PTB Diagnostic ECG Database.....	46
10.3.	THEW	47
10.4.	INCART	48
10.5.	MIT-BIH Databases.....	48
10.6.	SUPRA.....	49
10.7.	American Heart Association.....	50
10.8.	CYBHi – Check Your Biosignals Here initiative	50
10.9.	UofTDB – University of Toronto ECG Database	51
11.	Búsqueda tecnológica.....	51
11.1	Sistema y método de electrocardiografía inalámbrica	52
11.2	Sistema de electrocardiografía inalámbrico	52
11.3	System for detecting and treating heart instability	53
11.4	Systems and methods for stroke detection	53
11.5	Data processing apparatus for myocardium condition assesment	54
	Capítulo III Materiales y Método	55
12.	Descripción de la metodología de trabajo	55
12.1.	Tamaño y Tipo de Muestra	56
12.2.	Carta de Consentimiento Informado	57
12.3.	Historia Clínica Dirigida	57
12.4.	Indicaciones Previas al Estudio	58

12.5. Adquisición de Registros Electrocardiográficos	58
13. Base de Datos PhysioBC	60
Capitulo IV Resultados y Discusión	69
14. Análisis de los datos obtenidos	70
Conclusiones.....	75
Referencias.....	77
Anexos	81
Anexo 1. Carta de Aceptación del Comité de Ética en Investigación	82
Anexo 2. Carta de Consentimiento Informado para participación en una investigación .	83
Anexo 3. Historia Clínica Dirigida	84
Anexo 4. Formato Ficha del Paciente para PhysioBC	86
Anexo 5. Formato Clasificación de Framingham para pacientes en PhysioBC	87

Índice de Figuras

Fig.1 (A) Aurículas, cara superior y (B) Ventrículos, cara posterior	16
Fig.2 (A) Diástole Ventricular. (B) Sístole Ventricula	17
Fig.3 Descripción anatómica de los vasos principales cardiacos	17
Fig. 4 Diagrama de la circulación coronaria.	18
Fig. 5 Esquema de la Propagación Eléctrica Cardíaca	21
Fig.6 Sistema Normal Aeróbico en el Miocardio para la contracción	24
Fig.7 Sistema Anaeróbico Celular en el Miocardio	25
Fig.8 Representación del daño tisular cardíaco en el IAM	25
Fig. 9 Triángulo de Einthoven.....	35
Fig. 10 Ejemplo Didáctico del trazo electrocardiográfico	36
Fig. 11 Ejemplo del cálculo de la frecuencia cardíaca en el complejo QRS	36
Fig. 12 Ejemplo de un trazo electrocardiográfico	37
Fig.13 Ejemplo de colocación de electrodos de ECG en un paciente	38
Fig.14 Ejemplo de Registro Electrocardiográfico obtenido en equipo Mortara.....	39
Fig.15 Ejemplo de Registro Electrocardiográfico obtenido en equipo Cardiax PC	39
Fig.16 Ejemplo de colocación de electrodos de ECGAR en un paciente	40
Fig.17 Página web de búsqueda para bases de datos médicas	45
Fig.18 Esquema del Procedimiento Condensado	55
Fig. 19 Página de Inicio de PhysioBC. Elección de idioma.....	60
Fig. 20 Logotipo de PhysioBC.....	60
Fig. 21 Página de bienvenida de physioBC en español.....	61
Fig. 22 Página de bienvenida de physioBC en inglés.	61
Fig. 23 Sección de Misión en español.....	62
Fig. 24 Sección de Misión en inglés.	62
Fig. 25 Sección de Señales Biomédicas. Subsección Señales de Electroencefalografía.....	63
Fig. 26 Sección de Imagenología en construcción.	63
Fig. 27 Sección de Contacto.....	63
Fig. 28 Sección de Pruebas Fisiológicas.	64
Fig. 29 Sección de Sitios de Interés.	64
Fig. 30 Sección de Herramientas.....	65
Fig. 31 Sección de Señales ECG.....	65
Fig. 32 Sección de ECG Estándar.	66
Fig. 33 Sección de ECG Alta Resolución.	66

Fig. 34 Sección de ECG Estándar. Pacientes Voluntarios.	67
Fig. 35 Sección de ECG Estándar. Pacientes Industria Maquiladora.....	67
Fig. 36 Sección de ECG Alta Resolución. Pacientes Voluntarios.	68
Fig. 37 Sección de ECG Alta Resolución. Pacientes Industria Maquiladora.....	68
Fig. 38 Ejemplo de un registro de ECG estándar de un paciente femenino.	69
Fig. 39 Ejemplo de un registro de ECGAR de un paciente femenino.....	69
Fig. 40 Gráfica representativa del sexo de los pacientes.....	70
Fig. 41 Gráfica representativa del IMC de los pacientes	71

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de las Bradiarritmias	22
Tabla 2. Clasificación de las Taquiarritmias	23
Tabla 3. Clasificación de la Hipertensión Arterial	28
Tabla 4. Enfermedades y Condiciones Asociadas con la Obesidad	29
Tabla 5. Síntomas y Criterios Diagnósticos de Diabetes Mellitus	30
Tabla 6. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham por Grupo de edad.....	31
Tabla 7. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham por Niveles de Colesterol.....	31
Tabla 8. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham por Tabaquismo	31
Tabla 9. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham por Niveles de HDL-C	31
Tabla 10. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham por Medición de Presión Sistólica 32	
Tabla 11. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham. Puntuación y Evaluación del Riesgo a Futuro	32
Tabla 12. Descripción del código de colores, nombre de la derivación y el sitio anatómico correspondiente del electrodo en equipo Mortara	38
Tabla 13. Descripción del código de colores, nombre de la derivación y el sitio anatómico correspondiente del electrodo en equipo Cardiax PC	40
Tabla 14. Clasificación del Índice de Masa Corporal	42
Tabla 15. Distribución de la muestra	56
Tabla 16. Variables identificadas en los pacientes.....	70
Tabla 17. Factores de riesgo encontrados	71
Tabla 18. Comparación de variables según el sexo.....	72
Tabla 19. Comparación de factores de riesgo según el sexo.....	73
Tabla 20. Riesgo de ECV a 10 años de la escala de Framingham	73
Tabla 21. Riesgo a ECV a 30 años de la escala de Framingham	74

Resumen

La OMS y la Organización Panamericana de la Salud han establecido que las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la principal causa de muerte prematura a nivel mundial, además de que producen altos costos en la atención de la salud, brindada por los servicios públicos de cada país. Según los datos reportados por el INEGI 2012, de las 14,756 muertes en el estado de Baja California, el 19% están relacionadas con las enfermedades vasculares. El Electrocardiograma convencional (ECG) representa una de las técnicas de pre-diagnóstico no invasivo de mayor recurrencia en estudios de prevención de Infarto Agudo al Miocardio (IAM). Aunado a esto, la llamada Electrocardiografía de Alta Resolución (ECGAR) ha mostrado mejores resultados en la prognosis de potenciales tardíos ventriculares, que desencadenan en IAM y posteriormente en la llamada Muerte Súbita Cardíaca.

En la actualidad se cuenta con señales de electrocardiografía en bases de datos públicos y privadas, todas ellas de origen extranjero, en las cuales la comunidad científica valida sus propuestas de detección temprana de las ECV, el IAM, previniendo un mayor índice de casos por Muerte Súbita Cardíaca (MSC). Estas bases cuentan con una estructura y validación definida, existe un número limitado de ellas, y son pocas las que tienen un acceso público, gratuito y que estén actualizadas. El problema de dichas bases de datos es que se enfocan a un tipo de paciente con patologías, estilos de vida y genética diferentes a la nuestra. Es por eso, que en este trabajo se elaborará un protocolo para la adquisición de señales de ECG, así como el desarrollo de una base de datos con esos registros de electrocardiografía de la población del estado de Baja California.

Palabras clave: base de datos, Clasificación de Framingham, electrocardiografía

Abstract

The WHO and the Pan American Health Organization have established that cardiovascular diseases (CVD) are the leading cause of premature death worldwide, in addition to causing high costs in health care, provided by the public services of each country. According to the data reported by the INEGI 2012, of the 14,756 deaths in the state of Baja California, 19% are related to vascular diseases. The conventional electrocardiogram (ECG) represents one of the most recurrent non-invasive pre-diagnostic techniques in studies of acute myocardial infarction (AMI) prevention. Added to this, the so-called High-Resolution Electrocardiography (HRECG) has shown better results in the prognosis of late ventricular potentials, which trigger in AMI and later in the so-called Sudden Cardiac Arrest (SCA).

Currently, there are electrocardiographic signals in public and private databases, all of foreign origin, in which the scientific community validates its proposals for early detection of CVD, AMI, preventing a higher rate of SCA. These bases have a structure and validation defined, there is a limited number of them, and few have a public access, free and updated. The problem with these databases is that they focus on a type of patient with pathologies, lifestyles and genetics different from ours. That is why, in this work, a protocol for the acquisition of ECG signals will be developed, as well as the development of a database with those electrocardiography records of the population of the state of Baja California.

Keywords: *Database, electrocardiography, Framingham risk score*

Objetivos

Objetivo General

- ✓ Crear una Base de Datos de Señales Biomédicas Electrocardiográficas en Mexicali con validación médica especializada, acceso público e impacto internacional.

Objetivos Específicos

- ✓ Adquirir señales electrocardiográficas en pacientes sanos y pacientes post infartados.
- ✓ Desarrollar la página web para la Base de Datos con acceso público y gratuito.
- ✓ Analizar estadísticamente los resultados obtenidos de los pacientes.
- ✓ Identificar los factores de riesgo de mayor prevalencia conforme a la Clasificación de Riesgo Cardiovascular de Framingham.

Hipótesis

La base de datos de electrocardiografía muestra que el estilo de vida y hábitos, junto a los factores de riesgo: obesidad sedentarismo, tabaquismo, hipertensión arterial y diabetes mellitus son estadísticamente diferentes a los parámetros electrocardiográficos de los pacientes de bases de datos internacionales

Introducción

Las enfermedades cardiovasculares consisten en un grupo de patologías que de alguna manera afectan el funcionamiento normal del corazón. Estas enfermedades son de origen multifactorial y se pueden presentar en las diferentes etapas del ser humano. La OMS y la Organización Panamericana de la Salud, las han remarcado como la principal causa de muerte prematura a nivel mundial, considerándose un foco rojo de atención debido a que no se han logrado disminuir la presencia de casos, al contrario, han ido en incremento en los últimos años.

Una de las razones por las que se cree que ha ocurrido este aumento es por los cambios en el estilo de vida de la sociedad en los últimos 50 años. Un punto a considerar de las ECV, es que, aunque son muy estudiadas, no se ha establecido un programa o programas que sirvan para su prevención en las diferentes instituciones de salud. En cambio, si se ha establecido programas para prevenir otras enfermedades que son consideradas factores de riesgo para las ECV, como por ejemplo la Diabetes Mellitus, la Hipertensión Arterial y la Obesidad.

Es debido a estas cuestiones, que en el presente trabajo se ha considerado estudiar todos esos puntos enfocados a la población de la comunidad, para poder proporcionar herramientas que permitan dar otro enfoque de apoyo para poder prevenir las enfermedades cardiovasculares, así como dos de sus desenlaces, el infarto agudo al miocardio y la muerte súbita cardíaca.

Capítulo I. Marco Teórico

1. Sistema Cardiovascular

1.1. Anatomía del Corazón

El corazón es el primer órgano en formarse durante la embriogénesis, siendo el encargado de mantener de manera simultáneo la circulación sanguínea, llevando nutrientes y transporte de oxígeno para el intercambio gaseoso a los diferentes órganos del cuerpo humano)(Longo, Kasper, & Jameson, 2012). Se localiza en la cavidad torácica, en lo que se conoce como Mediastino (entre los pulmones), en la parte posterior con predominación izquierda del esternón. Está compuesto por cuatro cavidades importantes (ver Fig.1):

- ♦ *Aurícula o Atrio Derecho:* Cavidad cardiaca pequeña, ubicada en parte superior derecha. Es donde confluye la sangre de tres venas principales: Vena Cava Superior (drenaje circulación miembros superiores), Vena Cava Inferior (drenaje circulación miembros inferiores) y el Seno Coronario (drenaje del mismo miocardio).
- ♦ *Aurícula o Atrio Izquierdo:* Cavidad de mayor tamaño, localizada en la parte superior izquierda. Es la encargada de recibir la sangre pulmonar a través de las cuatro Venas Pulmonares.
- ♦ *Ventrículo Derecho:* Cavidad inferior derecha de gran tamaño. Recibe la sangre de la aurícula derecha y la bombea a la circulación pulmonar, las presiones que se manejan dentro de ella son muy bajas, por lo que el grosor de sus paredes se corresponde a ese grado bajo.
- ♦ *Ventrículo Izquierdo:* Cavidad inferior izquierda de gran tamaño y de paredes gruesas. Recibe la sangre de la aurícula derecha, es la encargada de bombear la sangre al resto del cuerpo, por lo que maneja presiones y distancias mayores. (Peate, Nair, & Pérez, 2012)

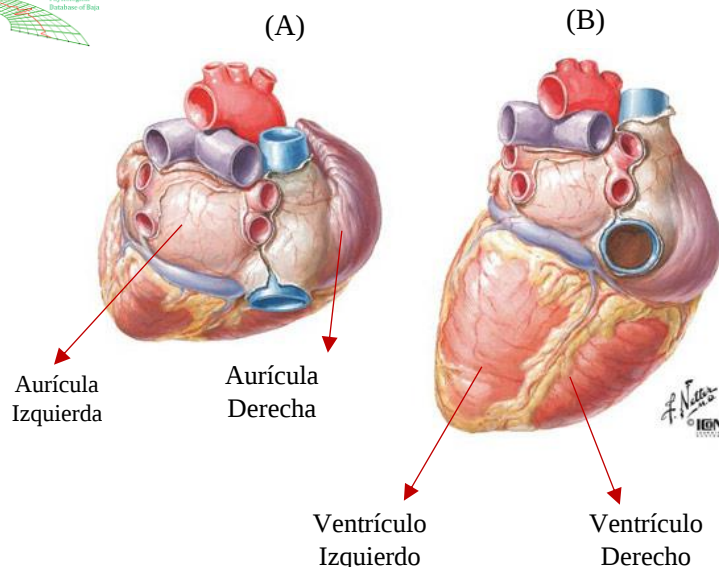


Fig.1 (A) Aurículas, cara superior y (B) Ventrículos, cara posterior. Imagen Modificada. Fuente: (Netter, 2014)

Una de las peculiaridades que posee el corazón es el tipo de tejidos que lo conforman y el sistema de las válvulas que ayudan en el desplazamiento de la sangre a todo el organismo. Al ser un órgano totalmente muscular, le brinda cierto grado de protección debido al grosor de algunas áreas de sus paredes, le confiere su autonomía con el manejo de los impulsos eléctricos, además de su adaptabilidad ante el manejo de bajas y altas presiones, según sean requeridas. Las estructuras que lo conforman son las siguientes (ver Fig. 2):

- ◆ *Pericardio*: Membrana de recubrimiento cardiaco. Se le considera un tipo de saco, el cual está formado por:
 - *Pericardio Fibroso*: Capa dura, no elástica, de tejido conjuntivo y denso. Mantiene fijo al corazón, además de conferirle protección con el medio externo.
 - *Pericardio Seroso*: Capa delgada y delicada, formando una doble capa: el Pericardio Parietal (parte externa fusionada al pericardio fibroso), y el Pericardio Visceral (o epicardio), estrechamente adherido a la superficie cardiaca.

- ♦ **Miocardio:** Se le considera un tejido muscular estriado, pero al tener su propio sistema eléctrico se dice que es un tejido único. Conforman la mayor parte de la estructura del corazón. Presenta dos tipos de especialización, que es el trabajo mecánico o contracción y la de iniciar y conducir los impulsos eléctricos, o lo que se conoce como Ciclo Cardíaco.

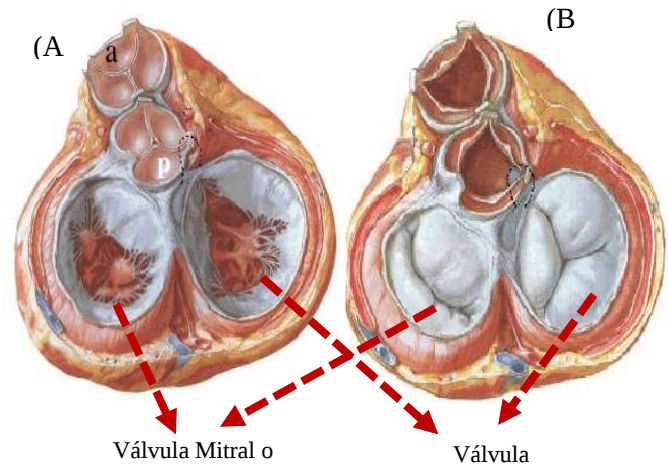


Fig.2 (A) Diástole Ventricular. (B) Sístole Ventricular. Imagen Modificada. Fuente: (Netter, 2014)

- ♦ **Válvula Tricúspide:** Formada por 3 valvas, sirve de comunicación entre la aurícula y el ventrículo derecho.
- ♦ **Válvula Bicúspide o Mitral:** Formada por dos valvas, sirve de comunicación entre la aurícula y el ventrículo izquierdo. (Peate et al., 2012)

1.2. Vascularización cardíaca

El corazón al funcionar como una bomba de irrigación para el resto del cuerpo maneja grandes volúmenes de sangre. Como un órgano esencial, tiene su propio sistema circulatorio, a través del cual logra mantener funcionando adecuadamente su musculatura y cumplir con sus funciones establecidas. Los grandes vasos (aorta, vena cava superior y vena cava inferior) (ver fig. 3) son los encargados de la circulación sistémica del cuerpo, por lo que no actúan de manera directa en la circulación de este órgano.

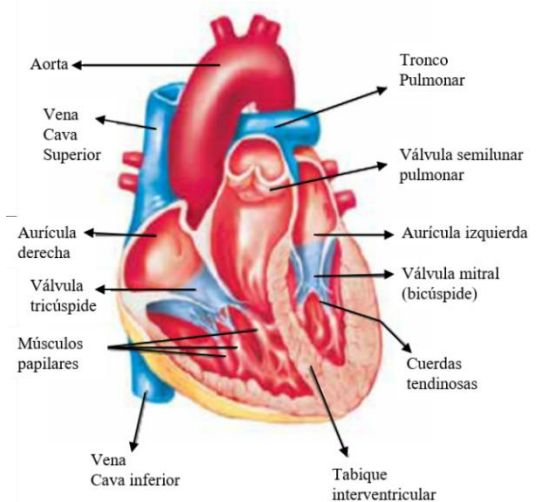


Fig.3 Descripción anatómica de los vasos principales cardíacos. Imagen modificada. Fuente: (Barret et al., 2013)

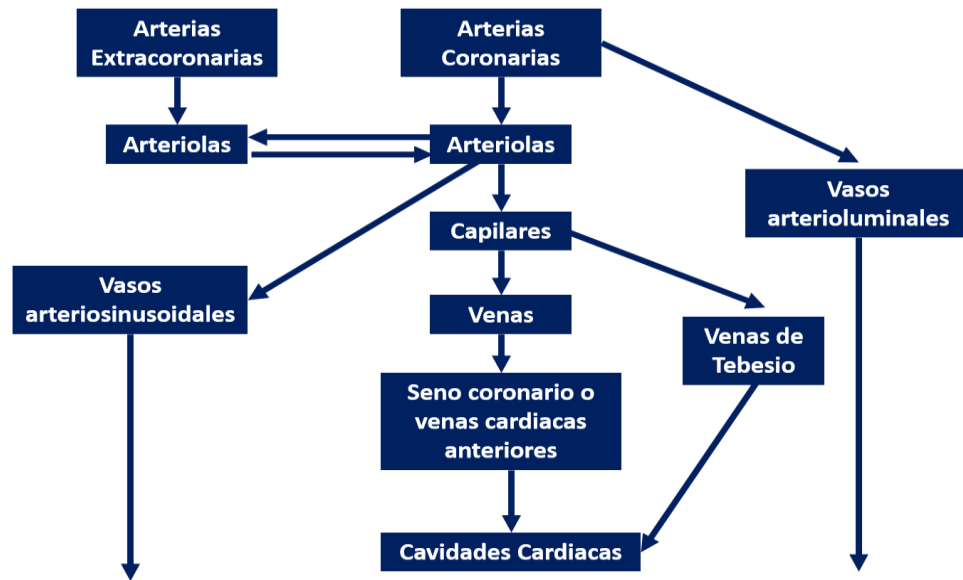


Fig. 4 Diagrama de la circulación coronaria. (Barret et al., 2013)

La circulación cardíaca (ver fig. 4) está dada por dos arterias principales: la arteria coronaria derecha, originada en el seno aórtico derecho, y la coronaria izquierda, que nace del seno aórtico izquierdo. Estos senos aórticos surgen de detrás de dos de las cúspides de la válvula aórtica, localizada en la raíz de la aorta (Barret, Barman, & Boltaro, 2013).

- ♦ *Arteria Coronaria Derecha*: Originada en el seno aórtico derecho, pasa por la aurícula derecha, el tronco pulmonar y desciende por el surco coronario. Sigue su camino hasta llegar al borde inferior del corazón, continuando por la cara diafragmática cardíaca y en la base del corazón. Durante su trayecto da origen a varias ramas secundarias:(Netter, 2014)

- Rama del nódulo senoatrial (SA)
- Rama del cono (arterial)
- Rama marginal derecha
- Rama del nódulo atrio ventricular (AV)
- Ramas posterolaterales derechas (para el dorso del ventrículo izquierdo)
- Rama interventricular posterior (arteria descendente posterior)

- ◆ *Arteria Coronaria Izquierda:* Su origen es en el seno aórtico izquierdo, pasa por la aurícula izquierda y el tronco pulmonar. Da dos ramas terminales principales y varias ramas secundarias.(Netter, 2014)
 - *Rama Interventricular anterior:* Desciende por el surco interventricular anterior.
 - *Rama Circunfleja:* Se dirige por el surco coronario izquierdo, hacia la base del corazón, terminando antes de llegar al surco interventricular posterior.
 - Ramas diagonales de la rama interventricular anterior
 - Rama atrio ventricular de la rama circunfleja
 - Rama marginal izquierda (obtusa)
 - Ramas posterolaterales
 - Ramas septales interventriculares (perforantes)

Con respecto a la circulación venosa, la mayor parte se regresa por el seno coronario y las venas cardiacas anteriores, cuyo drenaje desemboca directamente en la aurícula derecha. Recibe cuatro venas principales: (Netter, 2014)

- ◆ *Vena coronaria mayor:* Inicia en el vértice del corazón y asciende por el surco interventricular anterior.
- ◆ *Vena coronaria media:* Cerca del vértice cardiaco y asciende por el surco interventricular posterior.
- ◆ *Vena coronaria menor:* Origina en la región antero inferior del surco coronario.
- ◆ *Vena coronaria posterior:* Cara posterior del ventrículo izquierdo, a la izquierda de la vena coronaria media.

1.3. Inervación cardiaca

La importancia de la inervación cardiaca, radica en la interacción de la inervación simpática y parasimpática, así como de los receptores adrenérgicos y noradrenérgicos.(Barret et al., 2013)

- ◆ *Estimulación Parasimpática:* Disminuye la rapidez del ritmo del nodo SA y la excitabilidad de las fibras auriculoventriculares.
- ◆ *Estimulación Simpática:* Aumenta la intensidad de la descarga del nodo SA.
- ◆ *Receptores α -adrenérgicos:* Vasoconstricción. Estímulo a través de la adrenalina. Elevación de la frecuencia cardiaca y la fuerza de la contracción miocárdica.
- ◆ *Receptores β -adrenérgicos:* Vasodilatación. Estímulo a través de la adrenalina. Caída de la frecuencia y la presión arterial sistémica.
- ◆ *Receptores noradrenérgicos:* Vasodilatación coronaria. Estimulados por noradrenalina.

1.4. Ciclo Cardiaco

El ciclo cardiaco es un sistema autónomo, organizado, secuencial, donde las 4 cavidades del corazón actúan de manera conjunta como una bomba, para poder enviar la sangre oxigenada necesaria a cada órgano y tejido del organismo a través de los vasos sanguíneos, pero también recibe la sangre no oxigenada, la cual la envía a los pulmones para la re oxigenación. Dicho ciclo está compuesto por dos sonidos característicos de la parte mecánica, sístole y diástole, los cuales están relacionados con el ciclo eléctrico formado por las ondas P (despolarización auricular), complejo QRS (despolarización ventricular) y la onda T (re polarización ventricular).

Una de las bases para entender este ciclo, es conocer los electrolitos que intervienen en la misma, cuya diferencia de concentraciones son las que ocasionan los cambios eléctricos entre la membrana y el medio exterior, lo que produce la apertura/cierre de canales, estimulando y originando la actividad eléctrica. Estos electrolitos son el Sodio (Na^+), Potasio (K^+), Cloro (Cl^-) y Calcio (Ca^{+2}). Por otro lado, la actividad eléctrica del corazón es la que define el ritmo, así como la apertura y cierre de válvulas, además de influir en la contracción del miocardio.

En la fig. 5, tenemos que el impulso es generado en el Nodo Seno Auricular (Nodo SA), el cual está localizado en la aurícula derecha. Ya generado el impulso, se propaga por dos vías, la Vía Interauricular, la cual viaja de la aurícula derecha a la aurícula izquierda viajando

por las fibras del miocardio, y la segunda, la Vía Internodal, la cual lleva el impulso al Nodo Auriculoventricular (Nodo AV), localizado en la aurícula izquierda.

Del Nodo AV el impulso llega al septum, el cual, a través de las fibras del Haz de His, por sus ramas derecha e izquierda, se dispersa por el miocardio del ventrículo izquierdo y derecho, llegando a las Fibras de Purkinje, el último escalón, el cual se encarga de llevar el impulso al resto de la musculatura ventricular, ya que son las zonas más gruesas del corazón, y las encargadas de realizar la contracción que enviara la sangre al resto del cuerpo. (Sherwood, 2011)

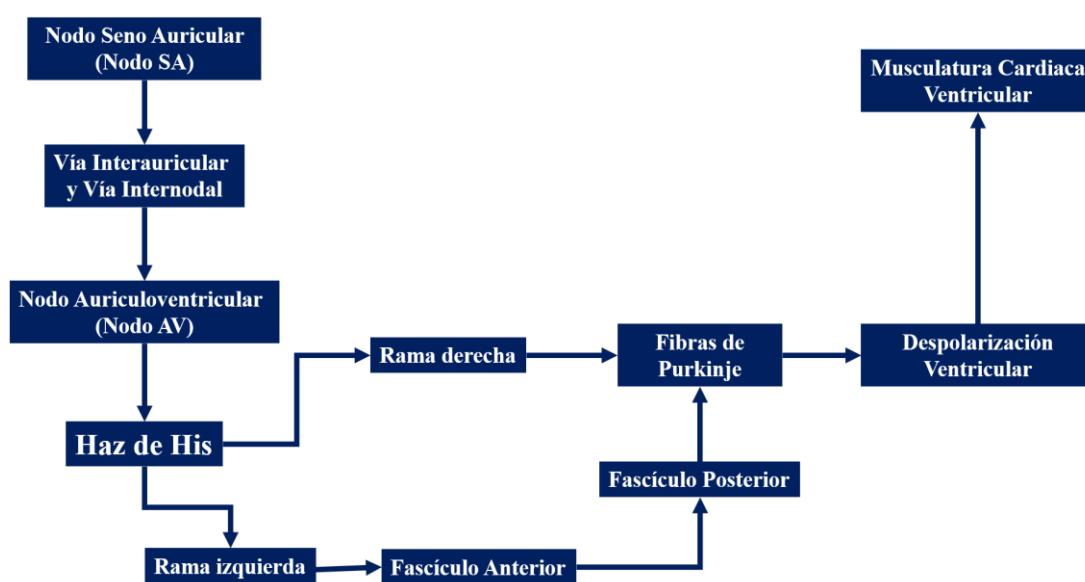


Fig. 5 Esquema de la Propagación Eléctrica Cardíaca. Fuente: Elaboración propia

2. Arritmias

Las arritmias se definen como patologías donde ocurren alteraciones del ritmo. Estas alteraciones o anomalías se deben por problemas en la generación del impulso, la conducción o ambas. Se dividen en dos grandes grupos: Bradiarritmias y Taquiarritmias. Las características, así como las causas son multifactoriales y de origen distinto. Lo que ayuda al diagnóstico es la correlación de la clínica con los hallazgos de electrocardiografía, siendo cada una de ellas poseedora de ciertos factores que indican el origen probable de las mismas en cualquiera de los puntos del ciclo cardíaco. (Longo et al., 2012)

2.1 Bradiarritmias

Aquellas que presentan cualquier alteración del ritmo de manera lenta, por debajo de los 60 latidos por minuto. Van desde fallas en el nodo sinusal, así como alteraciones en la conducción auriculoventricular. También presentan anomalías en el sistema de conducción del Haz de His y las fibras de Purkinje en menor grado.

Las principales bradiarritmias son: Bradicardia Sinusal, Bloqueo AV incompleto (se divide en primer y segundo grado) y el Bloqueo AV completo (conocidas también como de tercer grado). En la tabla 1 se dan más detalles de cada una. (Vogler, 2013)

Tabla 1. Clasificación de las Bradiarritmias

Bradiarritmia	Causas	Características
Bradicardia Sinusal	Aumento del tono vagal Hipotiroidismo Deportistas IAM de cara inferior	Menor a 50 latidos por minuto Ritmo sinusal Ondas P presentes Relación P → QRS 1:1
Bloqueo AV Incompleto		
Primer Grado	Reflejo vasovagal IAM de cara inferior Medicamentos que actúan sobre el nodo AV. Ej. Beta bloqueadores, digoxina	Ritmo sinusal Onda P Intervalo PR de 0.12 a 0.20 segundos
Segundo Grado: Mobitz I o Weckenbach	Reflejo vasovagal IAM de cara inferior Medicamentos que actúan sobre el nodo AV	Ritmo sinusal Ondas P no periódicas Intervalo PR prolongado Una onda P por cada QRS hasta que se presenta el bloqueo
Segundo Grado: Mobitz II	Reflejo vasovagal IAM de cara inferior Medicamentos que actúan sobre el nodo AV	Ritmo auricular normal, ventricular irregular Onda P presente Intervalo PR normal Una onda P por cada QRS hasta bloqueo súbito y sin QRS
Bloqueo AV Completo		
Tercer Grado	Enfermedad de Lenegre Enfermedades sistémicas (ej. Sarcoidosis) Trastornos neoplásicos Enfermedades neuromusculares (ej. Distrofia muscular)	Ritmo sinusal auricular Escape funcional de frecuencia de 40 a 60 latidos por minuto Intervalo PR Ondas P sin relación con el QRS

Fuente: Elaboración propia. Basado en (Vogler, 2013)

2.2 Taquiarritmias

Son alteraciones en las que la frecuencia cardiaca ventricular es mayor a 100 latidos por minuto. Este tipo de anomalías pueden ser *sostenidas* (taquicardia que dura más de 30 segundos y/o requiere maniobra para su mejoría) o *no sostenidas* (menor a 30 segundos y no requiere maniobras), pudiendo presentar dos tipos de orígenes, focos accesorios en el miocardio o circuitos de reentrada (Longo et al., 2012). Las taquiarritmias pueden ser de origen supra ventricular, ventricular, y otras más específicas como el flutter auricular y la fibrilación auricular.

El *Flutter Auricular* o Aleteo Auricular, se caracteriza por ser de un mecanismo de reentrada auricular, el circuito tiene a perpetuarse. Por otra parte, presenta una disociación entre las aurículas y los ventrículos, generando un “corto circuito”, donde los eventos pueden llegar a ser de 300 a 400 veces por minuto. Un dato característico es la presencia de las ondas F. La *Fibrilación Auricular*, no es una taquiarritmia como tal, ya que puede ser lenta y rápida. Presenta muchos focos ectópicos a la vez, su registro electrocardiográfico es irregular, por lo que no se logran identificar ninguna de las ondas y segmentos. Al presentar un gasto cardiaco inefectivo, el paciente puede llegar a no presentar pulso por lo que se requiere de la resucitación cardiopulmonar (RCP) de inmediato. En la tabla 2 está la clasificación de las taquiarritmias. (Gaztañaga, Marchlinski, & Betensky, 2012)

Tabla 2. Clasificación de las Taquiarritmias

Taquiarritmia	Patologías	Características
Taquicardia Supra ventricular	Vía accesoria Reentrada infranodal Flutter Auricular Post- incisionales	Mecanismo de reentrada del impulso
	Taquicardia ectópica de la unión Taquicardia auricular (uno o múltiples focos) Fibrilación auricular	Focos ectópicos
Taquicardia Ventricular	TV mono mórfica sostenida TV polimórfica (helicoidal, bidireccional) Reentrada post-incisional Ritmo idioventricular acelerado TV idiopática Helicoidal Fibrilación auricular	Reentrada ventricular del impulso Polimórficas más peligrosas que las monomórficas QRS ensanchado Latidos ventriculares QRS y T invertidos

Fuente: Elaboración propia. Basado en (Gaztañaga et al., 2012)

3. Infarto Agudo al Miocardio (IAM)

El Infarto Agudo al Miocardio, consiste en la falta de oxigenación de una parte del tejido cardíaco, generando zonas de necrosis, lo que impide la propagación del impulso eléctrico, que desemboca en una alteración del ritmo y en ocasiones llegando a pararse completamente. Este tipo de proceso tiene un esquema microscópico, el cual, en estado normal, consiste en el metabolismo aeróbico para que se dé la contracción. Como es sabido, dichos procesos requieren de una constante oxigenación sanguínea, ofrecida por las arterias coronarias (sistema principal de irrigación al miocardio). (Walsh, Fang, & Fuster, 2014)(Ver fig.6).

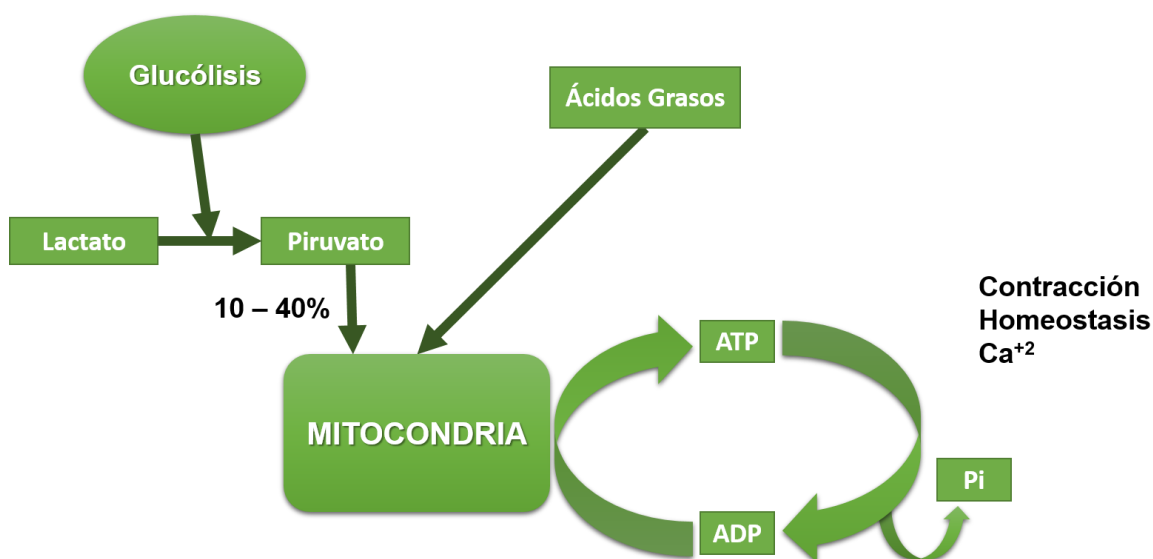


Fig.6 Sistema Normal Aeróbico en el Miocardio para la contracción. Donde el 10-40% corresponde a la glucólisis y del 60-90% a la degradación de ácidos grasos.(Walsh et al., 2014)

Cuando ocurre una oclusión de las arterias coronarias, disminuye el flujo de sangre oxigenada, lo que hace que el sistema de glucólisis cambie de aeróbico a anaeróbico, lo que aumenta la producción de piruvato a lactato, el cual se almacena en musculo, generando dolor. Estos procesos están hechos para durar solo unos segundos a minutos, pero si el daño ocasionado por la oclusión es mayor, genera necrosis del tejido, lo que disminuye la fuerza de contracción, haciendo que las células recurran a sí mismas para mantener la misma demanda, esto produce un aumento de la actividad, y un mayor gasto de energía, es un círculo vicioso. (Ver fig.7)

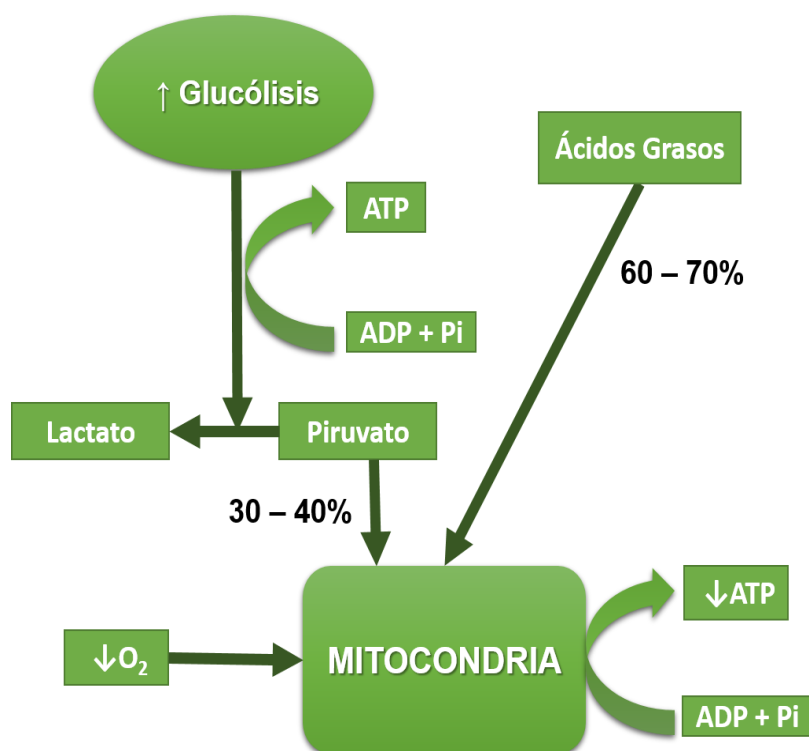


Fig.7 Sistema Anaeróbico Celular en el Miocardio; ocurre en condiciones de isquemia. (Walsh et al., 2014)

El IAM puede ocurrir en cualquier zona de irrigación de las arterias coronarias y sus ramificaciones. El mecanismo más común es por las placas ateromatosas, las cuales consisten en depósitos de lípidos en la basal de los vasos sanguíneos, lo que los endurece, disminuyendo la luz y la elasticidad de los mismos. Otro mecanismo, es por émbolos gaseosos, émbolos grasos o tromboembolia. (Ver fig. 8)

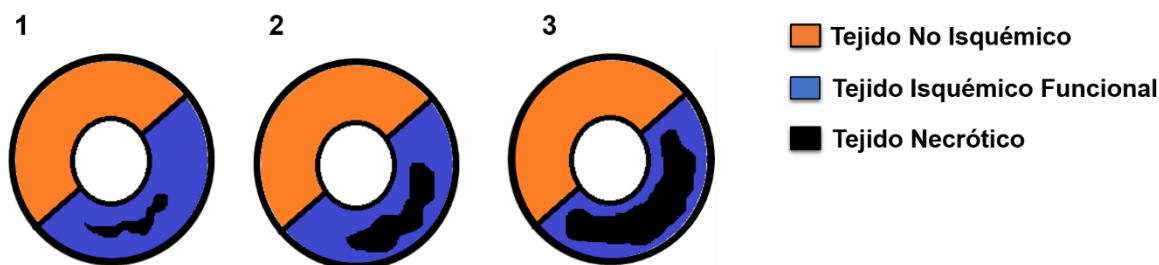


Fig.8 Representación del daño tisular cardíaco en el IAM. (1) Daño a los 40 minutos ocurrido el evento. (2) Daño a las 3 horas de ocurrido el evento. (3) Daño a las 96 horas de ocurrido el evento. Imagen Modificada con permiso de autor (Walsh et al., 2014)

4. Factores de Riesgo: Framingham Heart Study

El estudio de las enfermedades cardíacas ha formado parte de la historia del hombre, siendo los más importantes los iniciados durante el siglo pasado, los cuales se inclinaron a detectar los pequeños cambios que ocurrían en las causas de la mortalidad. Uno de estos estudios fue el Framingham Heart Study, cuya página web es <http://www.framinghamheartstudy.org/index.php>

Dicho estudio inicio en los años 50s con la finalidad de estudiar las causas y factores de riesgo de la Enfermedad Cardiovascular (ECV). Su nombre lo toma de la ciudad de Framingham, en el estado de Massachusetts, Estados Unidos, donde previamente se habían realizado estudios para la Tuberculosis con éxito, así como su cercanía a diferentes centros hospitalarios de Boston. La particularidad, y a su vez importancia, radica en el tamaño y duración del mismo, consistió en el desarrollo de varios estudios de cohorte generacional, siendo la primera en el año de 1948, el segundo en 1971 y el tercero en el año 2002. Fueron de los primeros en acuñar el término de “Factor de Riesgo”, definiéndolo como un elemento o característica medible que tiene una relación directa con el aumento de la frecuencia de una enfermedad y constituye un factor predictivo independiente y a su vez significativo de contraer dicha enfermedad (O, Elosua, & Barcelona España CIBER en Epidemiología Salud Pública Barcelona España, 2008).

Los factores de riesgo determinados durante este estudio para el riesgo vascular se dividieron en dos grupos, los conductuales y los metabólicos.

4.1. Factores de Riesgo Conductuales

4.1.1. Tabaquismo

El consumo de tabaco desde sus inicios ha sido muy elevado, además de ser socialmente aceptado. Actualmente se considera que en promedio el 9% (5 millones de fallecimientos) de todas las muertes a nivel mundial se deben a ello, y de éstas, el 1.6 millones terminan en ECV; además se estima que para el año 2030 la cifra aumentara a 10 millones. (Longo et al., 2012).

Al principio de cuando se empezó a identificar la enfermedad no se consideraba el tabaquismo como un factor que estuviera relacionado, se tuvieron que presentar varios

estudios para que finalmente fuera aceptado. Se estableció que el consumo de cigarros al día está relacionado con el nivel de riesgo. Por otra parte, un ex fumador tiene una morbimortalidad similar a la de los pacientes que nunca han fumado. (O et al., 2008)

4.1.2. Dieta

Algunos autores no la consideran como un dato importante, pero una dieta no balanceada puede ocasionar problemas a largo plazo. Con respecto a los problemas que se presentan para la ECV, una alimentación con un alto consumo de grasas animales saturadas y grasas vegetales hidrogenadas, las que contienen ácidos grasos trans aterógenos, y disminución de alimentos de origen vegetal, favorecen la formación de las placas ateromatosas. He ahí donde radica la importancia del cuidado de la alimentación y mejorar los vicios alimentarios que se viven actualmente. (Longo et al., 2012).

4.1.3. Sedentarismo

Como ha pasado con otros factores de riesgo, no se consideraba al sedentarismo como un factor importante para el desarrollo de la enfermedad. De nueva cuenta, gracias a estudios realizados, se determinó que una persona con baja actividad física tiene mayor riesgo relativo de muerte por ECV con respecto a un individuo con actividad física moderada (O et al., 2008) En la actualidad, la inactividad física ha ido en incremento, no solo en las áreas urbanizadas, sino también en las zonas rurales, todo esto debido al estilo de vida acelerado que se tiene. (Longo et al., 2012)

4.2. Factores de Riesgo Metabólicos

4.2.1. Lípidos

Desde un inicio, se ha detectado una relación importante entre las cifras de colesterol total y la aterosclerosis. Se requirieron de una gran cantidad de estudios para que los epidemiólogos y los clínicos coincidieran en que el colesterol plasmático total es un marcador útil para predecir una ECV. Con estos estudios, también se determinó la relación existente entre el colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), transportadoras principales de colesterol en sangre, con el riesgo a presentar una ECV; incluso permitió establecer que el cLDL (colesterol de las LDL) como un marcador en los adultos jóvenes como predictor del ECV en una etapa posterior de la vida. Otro tipo de lipoproteína que se estudió fueron las

lipoproteínas de alta densidad (HDL), con esta se determinó que los pacientes que presentaban altas concentraciones de ella, tenían una menor probabilidad de presentar una ECV con aquellos que tenían concentraciones de HDL bajas.

La relación directa del Colesterol con la ECV, se presentó cuando se estudió que al presentarse un 10% de reducción del colesterol sérico producía una disminución del riesgo para la ECV en un 50% en pacientes de 40 años, un 40% en pacientes de 50 años, del 30% en pacientes de 60 años y del 20% en pacientes de 70 años (O et al., 2008)

4.2.2. Hipertensión Arterial

La Hipertensión Arterial es un padecimiento que por sí solo tiene un algo riesgo de incidencia, generalmente suele ser de causa multifactorial, idiopático (HTA primaria) o secundario a otra enfermedad (HTA secundaria) (Calvete, 2003)

Una de las creencias que se tenían, era que conforme aumentaba la edad del individuo era normal que se elevara la presión, situación que se demostró ser totalmente falsa. En el estudio de Framingham, se determinó que la hipertensión arterial sistólica aislada es un factor de predicción para el ECV de mucho peso. También se demostró que la presión arterial sistólica y la diastólica tienen una asociación continua, independiente y gradual positivo con los parámetros de evolución cardiovascular. Los resultados obtenidos de estos estudios arrojaron que, en los individuos de 40 a 70 años, al presentarse un aumento de 20 mmHg en la presión sistólica y un 10 mmHg en la presión diastólica, duplican el riesgo para la ECV. (O et al., 2008) Es por esto que a la Hipertensión Arterial se le considera el “asesino silencioso”. Los rangos que se establecen para su diagnóstico se definen en la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de la Hipertensión Arterial

CLASIFICACIÓN DE LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL		
Clasificación	Sistólica (mmHg)	Diastólica (mmHg)
Óptima	<120	<80
Normal	120-129	80-84
Normal Alta	130-139	85-89
Hipertensión		
Etapas 1	140-159	90-99
Etapas 2	160-179	100-109
Etapas 3	≥180	≥ 110

Fuente: (Calvete, 2003)

4.2.3. Obesidad

Se define como una enfermedad crónica, progresiva y sistémica, causada por una acumulación anormal de grasa, predominantemente en abdomen y miembros superiores e inferiores. Debido que tiene un origen multifactorial, sus causas van desde problemas neuroendocrinológicos (ej., hipotiroidismo), problemas metabólicos (diabetes mellitus), genéticas, factores del medio ambiente y psicógenas. Para su clasificación se utiliza la escala del Índice de Masa Corporal o IMC (IMSS, 2011) Por su mismo origen, se encuentra asociada a diferentes comorbilidades como la Enfermedad Cardiovascular, Diabetes Mellitus tipo 2, Hipertensión Arterial, algunos tipos de Cáncer y Apnea del Sueño (O et al., 2008) Ver tabla 4). La Obesidad fue uno de los primeros factores de riesgo identificados por el estudio de Framingham, determinando que además de las alteraciones metabólicas que se presentan, con la acumulación que ocurre del tejido adiposo, produce diversas adaptaciones de la estructura y la función cardiacas. Una de estas alteraciones estructurales ocurre con el endurecimiento del sistema circulatorio cardiaco, las arterias coronarias, se ven disminuidas tanto su elasticidad, así como la luz de las mismas. Es por todo esto, que la prevención y control del sobrepeso y la obesidad mórbida en adultos y niños, es uno de los primeros factores a tratar para mejorar el pronóstico de las enfermedades vasculares (O et al., 2008)

Tabla 4. Enfermedades y Condiciones Asociadas con la Obesidad

Riesgo Relativo	Asociada con Consecuencias Metabólicas	Asociada con Exceso de Peso
Ligero Aumento (RR 1-2)	Cáncer (Mama, Endometrial, Colón, entre otros) Alteraciones en las hormonas reproductivas Fertilidad Alterada Ovarios Poliquísticos Alteraciones en la Piel Cataratas	Venas Varicosas Problemas Musculo-Esqueléticos Incontinencia por Estrés Edema / Celulitis Lumbalgia
Aumento Moderado (RR 2-3)	Enfermedad Coronaria Enfermedad Vascular Cerebral (EVC) Gota / Hiperuricemia	Osteoartrosis Enfermedad Respiratoria Hernia (ej. Hiatal, Inguinal) Problemas Psicológicos
Mayor Aumento (RR>3)	Diabetes Mellitus Tipo 2 Hipertensión Arterial Dislipidemia Enfermedad Vesicular Resistencia a la Insulina Esteatosis Hepática No Alcohólica (hígado graso)	Apnea del Sueño Asma Aislamiento Social Depresión Somnolencia Fatiga

Fuente: (IMSS, 2011)

4.2.4. Diabetes Mellitus

Es una enfermedad que comprende un grupo de trastornos metabólicos, cuya característica es la hiperglucemia. Existen varios tipos, así como tres causas principales, que son la deficiencia o incremento de la secreción de insulina y la disminución del uso de glucosa por parte del cuerpo, las cuales se ven influenciadas por la genética y factores ambientales. Las más estudiadas y diagnosticadas son la Diabetes Mellitus tipo 1 y tipo 2. Los criterios diagnósticos y síntomas se resumen en la Tabla 5 (Longo et al., 2012)

Tabla 5. Síntomas y Criterios Diagnósticos de Diabetes Mellitus

Síntomas Clínicos	Criterios Diagnósticos
Polidipsia	Síntomas de Diabetes más concentración de glucemia al azar ≥ 11.1 mmol/L (200 mg/100mL)
Polifagia	Glucosa plasmática en ayunas ≥ 7.0 mmol/L (126 mg/100mL)
Poliuria	Hemoglobina Glucosilada $\geq 6.5\%$
Pérdida de Peso	Glucosa Plasmática a las 2hrs ≥ 11.1 mmol/L (200 mg/100mL) durante una prueba oral de tolerancia a la glucosa.

Fuente: Adaptado de (Longo et al., 2012)

La presencia de Diabetes Mellitus, sobre todo el tipo 2, en el paciente, se asocia con un aumento de 2 a 3 veces la probabilidad de una Enfermedad Cardiovascular, siendo en mujeres el grupo predominante. La Intolerancia o Resistencia a la Glucosa, por si sola, se asocia a 1.5 veces de probabilidad. Al ser una enfermedad multisistémica, su aparición no es única, ya que se incrementa con la aparición de hipertrigliceridemia, un cHDL bajo, Hipertensión Arterial y Obesidad, denominándose Síndrome Metabólico, a su vez haciéndola un padecimiento íntimamente relacionado con el incremento de producir un Infarto Agudo al Miocardio (O et al., 2008). Una señal de alarma al respecto, es que se calcula que 346 millones de personas a nivel mundial tienen diabetes, y la International Diabetes Foundation estima que para el año 2030 llegará a 522 millones de pacientes adultos (Longo et al., 2012)

5. Criterios de Framingham

Los Criterios Diagnósticos para el Riesgo Cardiovascular de Framingham, son una herramienta para el médico para poder determinar el Riesgo que posee el paciente para desarrollar la Enfermedad Cardiovascular que puede terminar en un Infarto Agudo al Miocardio. Consiste en darles una valoración a las características clínicas que presente el paciente, estas se obtienen a través de un cuestionario dirigido, además de algunos datos de

la química sanguínea, exploración física y toma de signos vitales. Estos se describen junto a los valores designados de las respuestas de la tabla 6 a la tabla 11.(Ssa., 2010)

Tabla 6. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham por Grupo de edad

FACTOR DE RIESGO	PUNTOS DE RIESGO	
Grupos de Edad (años)	Hombres	Mujeres
20-34	-9	-7
35-39	-4	-3
40-44	0	0
45-49	3	3
50-54	6	6
55-59	8	8
60-64	10	10
65-69	11	12
70-74	12	14
75-79	13	16

Fuente: (Ssa., 2010)

Tabla 7. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham por Niveles de Colesterol

FACTOR DE RIESGO	PUNTOS DE RIESGO									
Nivel de Colesterol Total mmol/L	Hombres (Grupos de Edad)					Mujeres (Grupos de Edad)				
	20-39	40-49	50-59	60-69	70-79	20-39	40-49	50-59	60-69	70-79
< 4.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.14 – 5.19	4	3	2	1	0	4	3	2	1	1
5.20 – 6.19	7	5	3	1	0	8	6	4	2	1
6.20 – 7.20	9	6	4	2	1	11	8	5	3	2
≥ 7.21	11	8	5	3	1	13	10	7	4	2

Fuente: (Ssa., 2010)

Tabla 8. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham por Tabaquismo

FACTOR DE RIESGO	PUNTOS DE RIESGO									
Tabaquismo	Hombres (Grupos de Edad)					Mujeres (Grupos de Edad)				
	20-39	40-49	50-59	60-69	70-79	20-39	40-49	50-59	60-69	70-79
NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SI	8	5	3	1	1	9	7	4	2	1

Fuente: (Ssa., 2010)

Tabla 9. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham por Niveles de HDL-C

FACTOR DE RIESGO	PUNTOS DE RIESGO	
HDL-C Level, mmol/L	Hombres	Mujeres
≥ 1.55	-1	-1
1.30 – 1.54	0	0
1.04 – 1.29	1	1
<1.04	2	2

Fuente: (Ssa., 2010)

Tabla 10. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham por Medición de Presión Sistólica

FACTOR DE RIESGO	PUNTOS DE RIESGO			
	Hombres		Mujeres	
	No Tratados	Tratados	No Tratados	Tratados
<120	0	0	0	0
120 – 129	0	1	1	3
130 – 139	1	2	2	4
140 – 159	1	2	3	5
≥ 160	2	3	4	6

Fuente: (Ssa., 2010)

Tabla 11. Clasificación de Riesgo Cardiovascular Framingham. Puntuación y Evaluación del Riesgo a Futuro

NIVEL DE RIESGO	HOMBRES		MUJERES	
	Total, de Puntos de Riesgo	Porcentaje de Riesgo a 10 años (%)	Total, de Puntos de Riesgo	Porcentaje de Riesgo a 10 años (%)
Bajo Riesgo	<0	<1	<9	<1
	0 – 4	1	9 – 12	1
	5 – 6	2	13 – 14	2
	7	3	15	3
	8	4	16	4
	9	5	17	5
	10	6	18	6
	11	8	19	8
Riesgo Moderado	12	10	20	11
	13	12	21	14
	14	16	22	17
Alto Riesgo	15	20	23	22
	16	25	24	27
	≥ 17	≥ 30	≥ 25	≥ 30

Fuente:(Ssa., 2010)

5.1 Predictor de ECV a 10 años

Este estudio se publicó en el año 2008, fue tipo cohorte, siendo validado en población heterogénea. Utiliza medios comparativos con los realizados previamente por otros investigadores. La predicción para la ECV toma en cuenta de las estadísticas que se tenían, generando una probabilidad a 10 años, los inconvenientes que presenta, es que la edad que se evalúa es de los 30 a los 74 años. (D'Agostino et al., 2008)

El algoritmo utiliza el método de puntaje en base a los datos proporcionados durante la entrevista y exploración del paciente: edad, diabetes mellitus, si es fumador, tratamiento para la presión arterial, valor de la presión sistólica, colesterol (total y HDL), y en caso de no tener los valores del colesterol se utiliza el IMC (índice de masa corporal). Los valores que proporciona los da en porcentajes, los cuales son: Riesgo actual, riesgo normal y riesgo óptimo. Este predictor se encuentra disponible en la página del Framingham Heart Study: <http://www.framinghamheartstudy.org/risk-functions/cardiovascular-disease/10-year-risk>

5.2 Predictor de ECV a 30 años

Para la predicción a 30 años del riesgo cardiovascular, los datos requeridos son: sexo masculino (mayor riesgo), edad, valor de la presión arterial sistólica, si tiene tratamiento antihipertensivo, si es fumador, diabetes mellitus, colesterol (total y HDL), y como en el caso anterior, de no tener los valores de colesterol, se sustituyen por el IMC. (Pencina, D'Agostino, Larson, Massaro, & Vasan, 2009)

Fue publicado en el año de 2009, a diferencia del método a 10 años, no se contaba con un esquema o estudio base. Es por esto, que se utilizó como punto de partida el trabajo previo; básicamente calcula 3 veces el riesgo de 10 años, ignorando la edad como un factor determinante, por lo que no tiene esa restricción. Da dos tipos de predicción con respecto a las patologías. Las primeras son las conocidas como “Hard CVD” o ECV alta, que corresponden a la muerte coronaria, infarto agudo al miocardio y a la enfermedad cerebrovascular. Las segundas son las llamadas “Full CVD” o ECV completas, que incluyen las siguientes patologías: muerte coronaria, infarto agudo al miocardio, insuficiencia coronaria, angina de pecho, isquemia y hemorragia cerebrovascular, falla cardíaca generalizada, y patologías arteriales periféricas. Este predictor se encuentra disponible en la página del Framingham Heart Study: <http://www.framinghamheartstudy.org/risk-functions/cardiovascular-disease/30-year-risk>

6. Electrocardiografía.

El Electrocardiograma, abreviado como ECG o EKG, es el registro de la actividad eléctrica del corazón. Las señales obtenidas se reciben a través de los electrodos estratégicamente colocados. Los diferentes puntos registran la diferencia de los potenciales

eléctricos y representan gráficamente el resultado en el papel. La importancia de su estudio y uso radica en el bajo costo, es un método no invasivo y proporciona bastante información del paciente (Longo et al., 2012). Algo muy importante de realizar antes de comenzar con el estudio del paciente es verificar la calibración y velocidad del papel del trazado, el cual puede ser de la siguiente manera:

- ◆ $1\text{mV} \rightarrow 10\text{ mm} \rightarrow 1\text{cm}$
- ◆ $1\text{mV} \rightarrow 5\text{ mm} \rightarrow 0.5\text{ cm}$
- ◆ $1\text{mV} \rightarrow 20\text{ mm} \rightarrow 2\text{cm}$

Las equivalencias para la frecuencia en base a las mediciones del cuadriculado del papel con respecto al tiempo son de la siguiente manera:

- ◆ $1\text{ mm} = 0.04\text{ segundos}$
- ◆ $5\text{mm} = 0.20\text{ segundos}$
- ◆ $25\text{ mm} = 1\text{ segundo}$ (equivale a 5 divisiones grandes)
- ◆ $30\text{ mm} = 1.2\text{ segundos}$ (equivale a 6 divisiones grandes)
- ◆ $300\text{ divisiones} = 60\text{ segundos}$

Las derivaciones, se refieren a la colocación de los electrodos en puntos anatómicos en el individuo. Éstas se basan en el Triángulo de Einthoven (ver fig. 9).

Las derivaciones electrocardiográficas se dividen en 3 grupos:

- ◆ *Unipolares*: Captan la energía que está por debajo de ellas. Corresponden a AVL (brazo izquierdo), AVR (brazo derecho) y AVL (pie izquierdo).
- ◆ *Bipolares*: Determinan la diferencia de potencial entre dos derivadas unipolares. Son DI (AVL – AVR), DII (AVF – AVR) y DIII (AVF – AVL).
- ◆ *Precordiales*: Detectan la actividad del corazón en el plano horizontal. Corresponden a las derivadas de V1, V2, V3, V4, V5 y V6.

Tomando en cuenta la localización en el Triángulo de Einthoven, así como los valores que se obtienen de las derivadas, se aplica la Ley de Einthoven, la cual se resume de la siguiente manera: **$DII = DI + DIII$** . Con la cual, al cumplirse, se puede decir que el ECG ha sido tomado correctamente.

Con esto, también se nos permite saber hacia dónde apunta el corazón, es decir, en que cuadrante se localiza, además de detectar algún tipo de hipertrofia cardiaca. El corazón se encuentra normalmente entre los 0° a 90° , con variantes anatómicas que van de los -10° a los 110° .

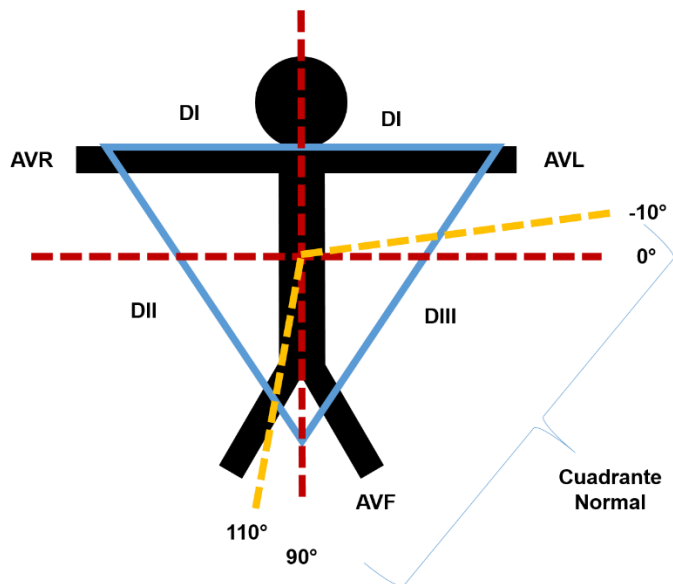


Fig. 9 Triángulo de Einthoven. Descripción de las derivaciones unipolares y bipolares. Se incluye el cuadrante normal de la localización del corazón. Fuente: Elaboración Propia.

Los componentes del trazado electrocardiográfico se describen de la siguiente manera (Barret et al., 2013) y se representan gráficamente en la fig. 10:

- ◆ Onda P: Representa la despolarización auricular. Menor a 0.12 segundos. Amplitud menor de 2.5 mm. El Eje está entre 0° a 90° .
- ◆ Complejo QRS: Se corresponde con la despolarización ventricular. Menor a 10 segundos. Amplitud variable. Eje normal de -30° a $+90^\circ$ o 110° .
- ◆ Complejo ST-T-U: Es el conjunto del segmento ST, onda T y onda U (su hallazgo es inconstante), las cuales representan la repolarización ventricular.
- ◆ Punto J: Es la unión entre el extremo final del complejo QRS y el inicio del segmento ST.
- ◆ Intervalo PR: Comprende el segmento del final de la onda P al inicio de la onda R. Tiene una duración de 0.12 a 0.20 segundos. Se relaciona con la representación de la conducción auriculoventricular.
- ◆ Intervalo QT: Va del final de la onda Q al inicio de la onda T. Su duración es de hasta 0.43 segundos. Representa el potencial de acción ventricular.

- ♦ Intervalo ST: Final de la onda S al inicio de la onda T. Su duración en promedio es de 0.32 segundos, se toma de la resta del segmento QT menos la duración del complejo QRS. Se corresponde con la meseta del potencial de acción ventricular.

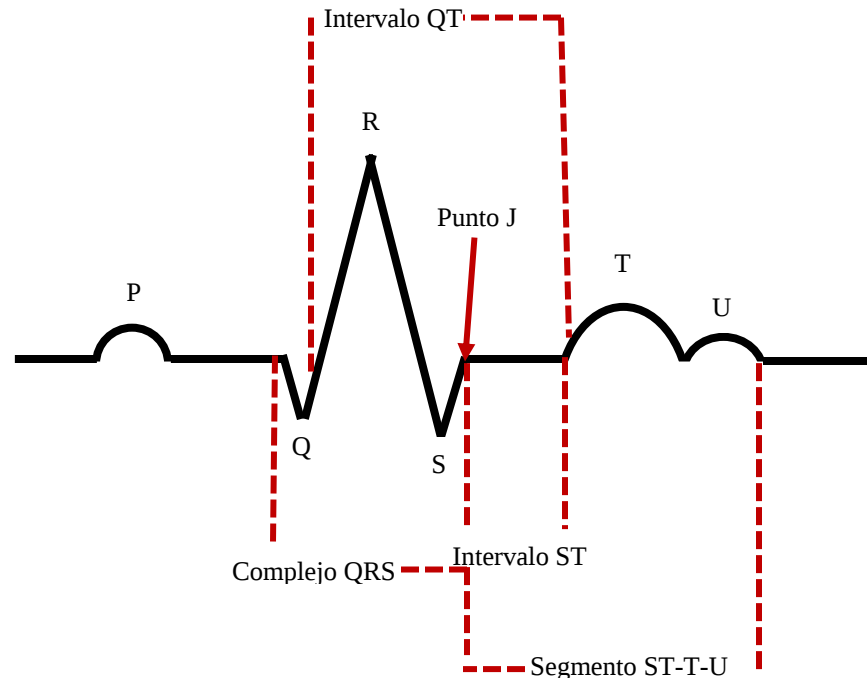


Fig. 10 Ejemplo Didáctico del trazo electrocardiográfico. Comprende un evento completo. Fuente: Elaboración propia, basado en (Barret et al., 2013)

Para la interpretación del trazo electrocardiográfico (ver fig. 12), es necesario seguir 6 puntos básicos: (Longo et al., 2012).

1. **Ritmo:** Siempre debe de existir Onda P, la ausencia de esta o aumento de su duración indican patología. Cada Onda P debe ser sucedida por un Complejo QRS, por lo que si existe, se considera normal.
2. **Frecuencia:** Se toma como base un complejo QRS que haya quedado en una línea vertical. A partir de ese punto de referencia, se comienza a contar el número de las líneas de los cuadros hasta el siguiente QRS como aparece en la fig. 11.

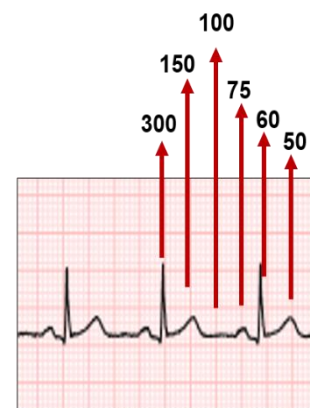


Fig. 11 Ejemplo del cálculo de la frecuencia cardíaca en el complejo QRS. Fuente: Elaboración propia

3. *Eje cardiaco*: Se localiza el cuadrante usando las derivaciones de DI y AVF, las cuales deben ser positivas.
4. *Ondas e intervalos*: La onda P debe ser menor a 0.12 segundos y entre 0° a 90° . El complejo QRS menor a 0.10 segundos, y el eje de -30° a 110° . La onda T positiva en DI, DIII, V3-V6 e invertida en AVR.
5. *Otros*: Cualquier otra característica que sea anormal en el trazado de ECG y que no pueda clasificarse en cualquiera de los primeros 4 puntos.
6. *Diagnostico probable en el ECG*: En base al análisis de los 5 puntos anteriores, se busca correlacionar con alguna patología conocida.

En el ámbito médico, principalmente en el área de cardiología, con respecto al análisis visual de la señal electrocardiográfica se utiliza más la derivación denominada DII larga. Normalmente el estudio electrocardiográfico dura en promedio un registro continuo de 200 segundos, lo que hace que existan 20 registros de 10 segundos cada uno. Por ser segmentos relativamente cortos, es difícil de determinar ciertos aspectos de cada derivación, por lo que al emplearse la derivación DII Larga, al ser esta de un mayor número de duración, permite que se observen mejor los cambios, así como determinar la duración aproximada de la frecuencia cardiaca.



Fig. 12 Ejemplo de un trazo electrocardiográfico. Derivación DII larga. Fuente: Elaboración propia

6.1. Electrocardiografía Estándar (ECG o EKG).

El registro de electrocardiografía estándar, 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, los cuales se indican en la tabla 12 (ver también fig. 13). Para ello, utilizamos un sistema de electrocardiografía Mortara® de 16 bits, el cual tiene una frecuencia de muestreo de 1000 muestras/segundo por canal (Electrocardiograph & To, n.d.). Los archivos se obtienen en formato .uni, el cual posee la facilidad de importarse en otros formatos como .xml, .dcom y hojas de datos (Ver Fig.14) (N et al., 2015).

Tabla 12. Descripción del código de colores, nombre de la derivación y el sitio anatómico correspondiente del electrodo en equipo Mortara

COLOCACIÓN DE ELECTRODOS EN ECG ESTÁNDAR		
ELECTRODOS		
Color	Derivación	Sitio Anatómico
Rojo	V1	Cuarto espacio intercostal derecho, línea para esternal.
Amarillo	V2	Cuarto espacio intercostal izquierdo, línea para esternal.
Verde	V3	Entre V2 y V4.
Café	V4	Quinto espacio intercostal izquierdo, línea media clavicular (debajo de la tetilla izquierda).
Negro	V5	Quinto espacio intercostal izquierdo, línea axilar anterior.
Morado	V6	Quinto espacio intercostal izquierdo, línea media axilar.
Rojo	RA	Muñeca derecha, cara interna antebrazo derecho.
Amarillo	LA	Muñeca izquierda, cara interna antebrazo izquierdo.
Verde	FL O LL	Tobillo izquierdo o pierna izquierda.
Negro	N	Tobillo derecho o pierna derecha.

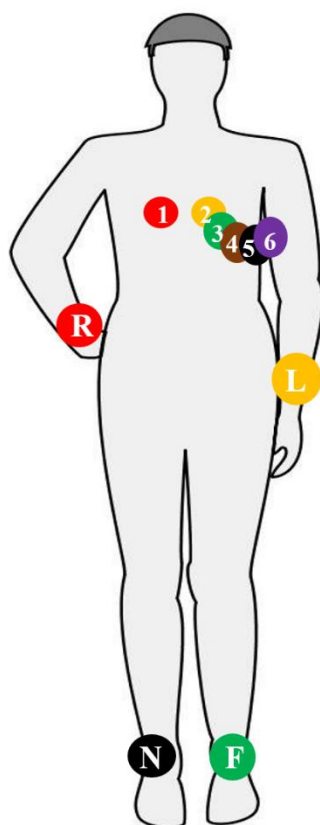


Fig.13 Ejemplo de colocación de electrodos de ECG en un paciente.

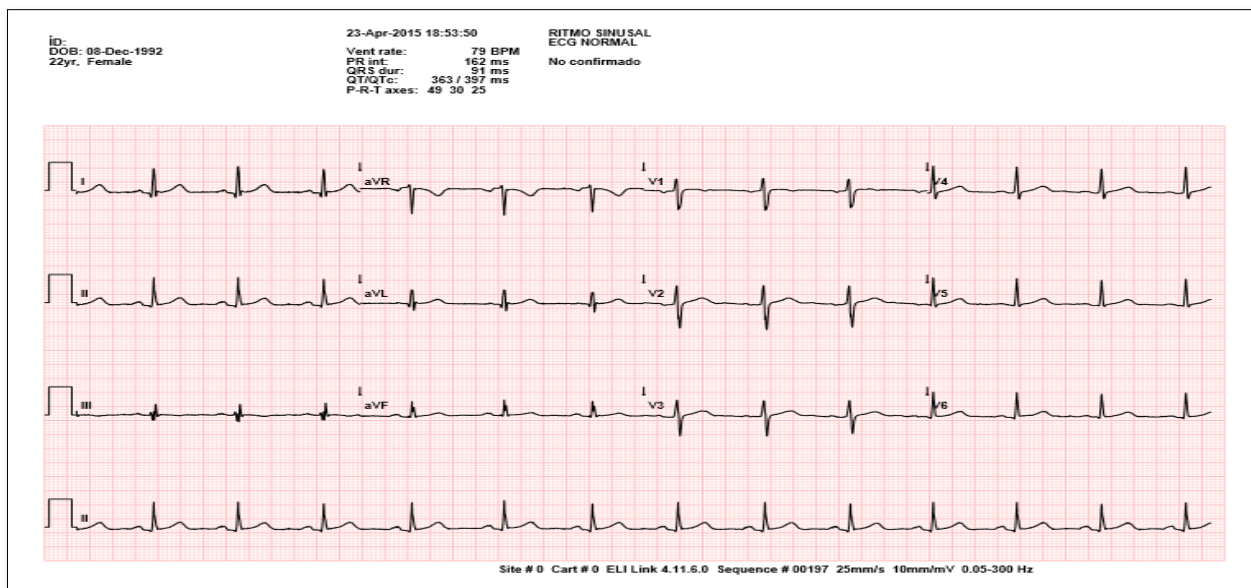


Fig.14 Ejemplo de Registro Electrocardiográfico obtenido en equipo Mortara.

6.2. Electrocardiografía de Alta Resolución (ECGAR).

El sistema Cardiax PC ® es un sistema de electrocardiografía de alta resolución de 12 bits y una frecuencia de muestreo de 500 muestras/segundo. Cuenta con una interfaz gráfica que permite adquirir en formato .xml las derivaciones las convencionales, así como las ortogonales Vx y Vy y Vz (ver fig. 15). El archivo que se extrae de dicho sistema puede 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 ®. Las posiciones de los electrodos son 10 (ver fig. 16) y se describen en la tabla 13.(Ecg & Manual, 2014)



Fig.15 Ejemplo de Registro Electrocardiográfico obtenido en equipo Cardiax PC

Tabla 13. Descripción del código de colores, nombre de la derivación y el sitio anatómico correspondiente del electrodo en equipo Cardiax PC

COLOCACIÓN DE ELECTRODOS EN ECGAR		
ELECTRODOS		
Color	Derivación	Sitio Anatómico
Rojo	I	Línea media axilar derecha, línea diafragmática.
Amarillo	E	Centro del esternón, línea media anterior.
Verde	C	Línea media clavicular izquierda, línea diafragmática.
Café	A	Línea media axilar izquierda, línea diafragmática.
Negro	M	Centro de la columna, región posterior, línea diafragmática.
Morado	H	Región posterior del cuello
Rojo	RA	Muñeca derecha, cara interna antebrazo derecho.
Amarillo	LA	Muñeca izquierda, cara interna antebrazo izquierdo.
Verde	FL o LL	Tobillo izquierdo o pierna izquierda.
Negro	N	Tobillo derecho o pierna derecha.

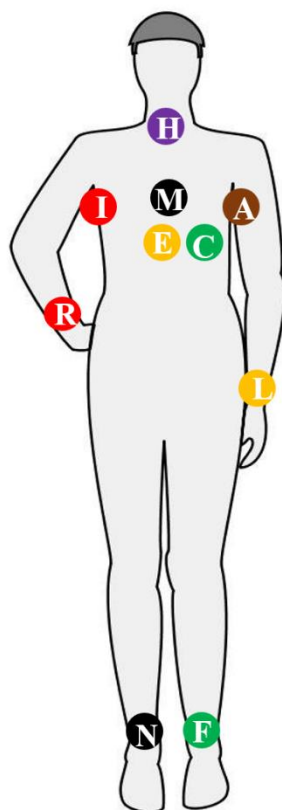


Fig.16 Ejemplo de colocación de electrodos de ECGAR en un paciente. El electrodo M va colocado por la parte de la espalda del paciente.

7. Antropometría.

La antropometría se ocupa de la medición de las variaciones en las mediciones físicas y la composición del cuerpo humano a diferentes edades y en los distintos grados de nutrición. (Zubirán, 2004)

7.1. Peso y Estatura.

Con respecto a la medición del peso del paciente, utilizamos una báscula digital, marca Health o Meter ® modelo HDL 155DQ-01, aquí se le indica al paciente que se coloque 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 utiliza para medir la estatura del paciente (Zubirán, 2004)

7.2. Cintura y Cadera.

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. Debido a que la cinta métrica se coloca entre medio de estos dos puntos para poder tomar la lectura correspondiente. Por último, se mide el diámetro de la cadera, para el cual se palpan los trocantes mayores de la cabeza del fémur, donde se coloca la cinta métrica y se toma la lectura (Zubirán, 2004)

7.3. Índice de Masa Corporal.

El Índice de Masa Corporal (IMC), se define como el peso en kilogramos dividido por la talla expresada en metros y elevada al cuadrado, resumido en la siguiente formula (IMSS, 2011):

$$IMC = \frac{Peso (kg)}{Estatura (cm^2)}$$

La clasificación internacional del IMC se expresa en la Tabla 14.

Tabla 14. Clasificación del Índice de Masa Corporal

Clasificación	IMC (kg/m ²)	
	Principales Puntos de Corte	Puntos de Corte Adicionales
Rango Normal	18.50-24.99	18.50-22.99 23.00-24.99
Sobrepeso	≥25.00	≥25.00
Pre obesidad	25.00-29.99	25.00-27.49 27.50-29.99
Obesidad	≥30.00	≥30.00
Clase I	30.00-34.99	30.00-32.49 32.50-34.99
Clase II	35.00-39.99	35.00-37.49 37.50-39.99
Clase III	≥40.00	≥40.00

Fuente: (IMSS, 2011)

8. Variables Fisiológicas.

Son aquellos parámetros medibles que permiten conocer el funcionamiento del organismo y el estado en el que se encuentra. El grupo de variables a considerar que se realizarán a los individuos son en su mayoría de carácter no invasivo. Los signos vitales, las medidas antropométricas, así como estudios específicos, junto a la ficha de identificación, permitirán conocer al paciente, poder correlacionar su estado de salud actual con la actividad que desempeña y el posible deterioro o afecciones futuras que pueden presentarse.

8.1. Frecuencia Cardíaca y Frecuencia Respiratoria

Estas se toman de manera conjunta, especificando al paciente que solo se le medirá la FC por dos minutos, ya que la FR puede alterarse a voluntad, generando una medición errónea. La FC se mide localizando el pulso radial del paciente, en cualquiera de los dos brazos, ya una vez detectado, se procede a tomar el tiempo de las pulsaciones durante 1 minuto, se anota el valor y se continúa con la FR, en la que se cuentan los movimientos torácicos durante 1 minuto. El tiempo se mide con un reloj de pulsera que cuente con segundero (N et al., 2015)

8.2. Presión o Tensión Arterial.

Se utiliza un baumanómetro digital Microlife ® modelo BP 3AA1-1, después se le pide al paciente que esté relajado, sentado, apoyando el brazo, izquierdo o derecho, en una posición cómoda sobre una mesa y se coloca el brazalete del baumanómetro, se verifica que

el medidor se encuentre en cero, y se enciende el baumanómetro, el cual después de unos segundos proporciona la medición de la TA. (Zubirán, 2004)

8.3. Presión Parcial de Oxígeno (PSO₂).

Se coloca el oxímetro en el dedo índice del paciente, puede ser mano izquierda o derecha. Se espera unos segundos para que aparezca la medición en la pantalla. Se anota y se retira el oxímetro.

Capítulo II Antecedentes

9. Bases de Datos Médicas

En la actualidad, en la era de la tecnología y comunicación de redes; Internet es una herramienta de uso básico para poder llevar a cabo cualquier trabajo, desde buscar el significado de alguna palabra, una receta de cocina, instrucciones para elaborar algún tipo de producto o servicio, desde manualidades sencillas hasta instalaciones eléctricas. Con esto en mente, la medicina ha ido de la mano con el desarrollo de esta tecnología, para tener mejores resultados en el apoyo de los pacientes. Una de esas herramientas, y que me compete en esta investigación, son las Bases de Datos, las cuales sirven para recopilar y organizar información de manera fácil y sencilla de trabajar desde la comodidad de una computadora.

La ventaja que presentan este tipo de servicios, por llamarlos de alguna manera, es la de eliminar las distancias físicas existentes, haciendo disponible la información desde cualquier parte del mundo, aumentando de esta manera el desarrollo de todas las investigaciones posibles que requieran el uso de la información ofrecidas por estas. La desventaja es que la mayoría de las Instituciones que tienen sus bases de datos, es que requieren de que el usuario cubra una cuota para poder disponer de un limitado uso de la información, ejemplo de esto son las ofrecidas por Elsevier, Medline, OMS, ProQuest, European Bioinformatics Institute (EBI), CDC, entre otras. Existen diversas temáticas con respecto a las Bases de Datos disponibles de manera nacional e internacional, incluso por idiomas, siendo el inglés el más predominante, mientras que las bases en idioma español no tienen mucha presencia en el ámbito internacional. Incluso, hay organismos, como la U.S. National Library of Medicine (NLM), localizada en la pág. www.nlm.nih.gov, la cual tiene un listado de una gran parte de bases de datos y recursos de las diferentes áreas de investigación, lo que hace más fácil identificar en base al perfil del investigador que es lo que necesita. (Ver Fig. 17)

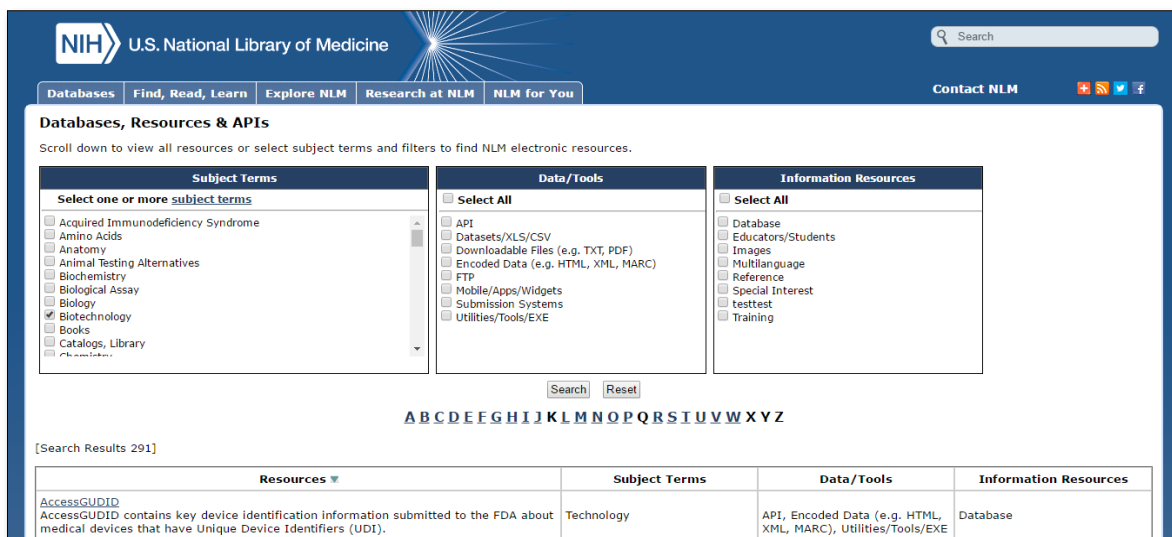


Fig.17 Página web de búsqueda para bases de datos médicas. U.S. National Library of Medicine

10. Bases de Datos Médicas de Electrocardiografía.

10.1. PhysioBank, PhysioToolkit y PhysioNet

El Research Resource for Complex Physiologic Signals creó bajo el apoyo del National Center for Research Sources del National Institutes of Health, el complejo de herramientas PhysioBank (<https://www.physionet.org/physiobank/>), PhysioToolkit (<https://www.physionet.org/physiotools/>) y PhysioNet (<https://physionet.org/>). Estos surgieron por la carencia de señales de alta calidad, validadas rigurosamente y que estuvieran disponibles en una base de datos, donde dichas señales fueran variadas entre pacientes sanos y con alguna patología. Por otra parte, hacen mucho hincapié en mantener un estándar específico que ayude a que los investigadores puedan desarrollar sus algoritmos de manera que sean aplicables a cualquier tipo de población, situación que no se ha logrado por completo por las diferentes variaciones que se pueden presentar al momento de adquirir dichas señales, así como las condiciones de los pacientes, internas y externas. La función de cada herramienta se resume de manera sencilla: PhysioBank, proporciona la información o datos, PhysioToolkit, proporciona los softwares o programas para análisis y PhysioNet es la fuente de difusión y comunicación con respecto a las señales.

Los beneficios que han ido logrando con estos recursos han sido bastantes a través de los años, desde proporcionar información, estandarización y colaboración entre instituciones para ir incrementando la cantidad de señales disponibles para los investigadores, así como que estos recursos sean públicos y gratuitos. Si se le puede llamar desventaja, es que parte de las señales que proporcionan son de estudios de hace ya varios años de realizados, incluso de 20 años atrás, que, aunque siguen siendo de utilidad, se sabe que no tenemos los mismos hábitos en estilo de vida, lo que hace que haya variaciones en los resultados.

Aun así, la importancia que tiene PhysioNet en el área de investigación es de alto impacto internacional, ya que desde su publicación desde el año 2000 aproximadamente, ha ido incrementando las bases de datos disponibles, manejando altos estándares, lo que se logra con desarrollo e implementación de algoritmos y software de éxito (Goldberger et al., 2000).

10.2. The PTB Diagnostic ECG Database

La Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), que forma parte del Instituto Nacional de Metrología en Alemania, es una base de datos ampliamente utilizada actualmente por el tipo de registros electrocardiográficos que tiene a disposición de los usuarios y se encuentra alojada en la página de *PhysioNet* (<https://www.physionet.org/physiobank/database/ptbdb/>). Consta de un compendio de ECGS para investigación, desarrollo de algoritmos o para uso didáctico.

La base cuenta con 549 registros obtenidos de 290 pacientes, edades de 17 a 87 años, dando información específica de la mayoría de los pacientes: edad, sexo, diagnóstico, historia médica positiva, medicamentos, cirugías previas, si padecen enfermedad arterial coronaria o alguna otra cardiopatía, y si tiene algún diagnóstico a la condición que presentaba al momento del registro, los cuales se publicaron en el año 1995. Una particularidad a resaltar, es que utilizan las 15 derivaciones, las 12 estándar (DI, DII, DIII, AVR, AVF, AVL, V1-V6) y las de Red de Frank (vx, vy, vz). La resolución es de 16 bits, con 16 canales (14 para ECG, 1 para respiración y 1 para la línea de voltaje), además de un voltaje de ruido de 10 μ V como máximo.(Goldberger et al., 2000)(Bousseljot R, Kreiseler D, Schnabel, 1995)

10.3. THEW

El Telemetric and Holter ECG Warehouse (THEW por sus siglas en inglés), es una organización auspiciada por el Heart Research Follow-up Program (HRFUP) en el Centro Médico de la Universidad de Rochester (University of Rochester Medical Center) que comenzó el proyecto en el año 2008. Cuenta con más de 3700 señales digitalizadas de ECG obtenidas a través de Holter-24 horas. Estos registros forman parte de 13 estudios independientes, los cuales están disponibles para los miembros de la misma en la página www.thew-project.org. Algunas de las bases de datos que la conforman son las siguientes (Couderc, 2012), (Couderc, 2013):

- ◆ *Acute Myocardial Infarction Patients (AMI)*: Consta de 90 pacientes con infarto agudo al miocardio. Está compuesta por 160 registros, los cuales se tomaron de 3 derivaciones pseudo-ortogonales. La frecuencia de muestreo es de 200Hz, y una amplitud de 10 μ V (Couderc, 2012).
- ◆ *Coronary Artery Patients (CAD)*: Formada por 271 pacientes con enfermedad de la arteria coronaria, edad promedio de 59 años, donde el 58% son pacientes masculinos. Tiene un total de 271 registros digitalizados tomados por 3 derivaciones pseudo-ortogonales. La frecuencia de muestreo es de 200Hz y una amplitud de 10 μ V. Todos los pacientes tienen un angiograma positivo (Couderc, 2012).
- ◆ *Healthy controls (Healthy)*: Consta de 202 registros de pacientes con Holter de 24 horas. Los pacientes se clasificaron como saludables en base a la información obtenida: no antecedentes de ECV, presión arterial menor a 150/90 mmHg, no estar bajo ningún tratamiento, examen físico normal, no enfermedades crónicas, no embarazo y ecocardiografía normal (Couderc, 2012).
- ◆ *Thorough QT Study #1 (TQT1)*: Consta de 34 pacientes sanos, cuya edad va de los 18 a 55 años. Fue llevado a cabo por Pfizer Inc. Se realizó un estudio cruzado de 5 formas, aleatorio, donde se le dio a cada paciente un medicamento de 10 posibles dosis. Se obtuvieron 102 señales obtenidas de 3 derivaciones, conocidas como EASI. La frecuencia de muestreo es de 200 Hz y una amplitud de 4.9 μ V. Como nota, el medicamento analizado se asocia con una señal QT positiva (Couderc, 2012).

- ◆ *Thorough QT Study #2 (TQT2)*: Consta de 70 pacientes, con una edad promedio de 43 años. Se obtuvieron 140 registros, se utilizaron las 12 derivaciones en la configuración de Mason-Likar. Presenta una frecuencia de muestreo de 1000 Hz y una amplitud de 3.75 μ V (Couderc, 2012).
- ◆ *Torsades de pointes (TdPs)*: Conocida también como taquicardia ventricular polimorfa en entorchado, se presenta en pacientes con QT largo. Consta de sólo 6 registros de pacientes que se les indujo con el uso de medicamento controlado los TdPs. Dos de esos pacientes tienen el síndrome de QT larga de manera congénita con mutación en el gen KCHN2, mientras que los cuatro restantes tienen una forma de LQTS. Se utilizaron las 12 derivaciones y una frecuencia de muestreo de 180 Hz (Couderc, 2012).

10.4. INCART

La base de datos del St. Petersburg Institute of Cardiological Technics 12-lead arrhythmia, consiste en 75 registros de electrocardiografía, extraídos de 32 registros de Holter. Son un total de 32 pacientes, 17 hombres y 15 mujeres, con edades de los 18 a 80 años, con una media de 58 años. Ninguno de los pacientes tiene marcapasos, pero presentan problemas de isquemia, enfermedad de la arteria coronaria, anormalidades de conducción y arritmias. Como su nombre lo indica, se utilizaron las 12 derivaciones, con una frecuencia de muestreo de 257 Hz, mientras que la duración de los registros es de treinta minutos. Las observaciones se hicieron de manera automática por el algoritmo, pero fueron corregidas de manera manual (Goldberger et al., 2000), (Al et al., 2015).

Esta base de datos se encuentra disponible en physionet, en la página <https://www.physionet.org/pn3/incartdb/>.

10.5. MIT-BIH Databases

El MIT-BIH, forma parte de Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology of Biomedical Engineering Center. Tiene sus laboratorios de investigación en el Beth Israel Deaconess Medical Center desde el año de 1975. En PhysioNet tiene alojadas

varias bases de datos en la página <https://www.physionet.org/physiobank/database/mitdb/>, entre ellas se mencionan las siguientes (Goldberger et al., 2000):

- ♦ *MIT-BIH Arrhythmia Database*: Colección de 48 registros de media hora cada uno obtenidos de 47 pacientes entre los años 1975 a 1979. Estos registros fueron digitalizados a 360 muestras por segundo por canal con una resolución de 11 bits con un rango de 10mV. Los datos que contiene cada expediente de los pacientes es la fecha del registro, la edad, el sexo y medicamentos prescritos (M. R. Moody GB, 2001).
- ♦ *MIT-BIH Noise Stress Test Database*: Consiste en 12 registros de electrocardiografía y 3 registros de media hora de ruido típico de un ECG ambulatorio. Se utilizaron las 12 derivaciones estándar. Se agregó ruido después de los primeros 5 minutos de cada registro, durando dos minutos en el segmento y alternando con 2 minutos sin ruido. Esto se realizó con la finalidad de poder ayudar a limpiar de ruido las señales de la base anterior. Esta captura se llevó a cabo en el año de 1992 (M. R. Moody GB, 1984).
- ♦ *MIT-BIH Atrial Fibrillation Database*: Colección de 25 registros electrocardiográficos de larga duración con pacientes diagnosticados con Fibrilación Auricular (Mayormente paroxismal). Cada uno consiste en 10 horas de duración y 250 registros por segundo, con 12 bits de resolución y un rango de +- 10 mili volts. Los registros fueron obtenidos de registros del año 1983 (M. Moody GB, 1983).
- ♦ *MIT-BIH Normal Sinus Rhythm Database*: Base de datos de 18 registros electrocardiográficos de larga duración. Los pacientes no presentaron ninguna arritmia significativa. Consiste en 5 hombres (26 a 45 años) y 13 mujeres (20 a 50 años). La ficha solo incluye el sexo y la edad del paciente (Goldberger et al., 2000).

10.6. SUPRA

La base de datos del MIT-BIH Supraventricular Arrhythmia, conocida como SUPRA, forma parte del conglomerado de bases de datos desarrollada por el Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology of Biomedical Engineering Center. Se encuentra disponible en physionet, en la página: <https://physionet.org/physiobank/database/svdb/>. Esta base de datos cuenta con 78 registros de ECG con una duración de media hora, elegidos como

ejemplo de arritmias supraventriculares. Los registros van de los años 1990 a 1992, con anotaciones de 1999, 2010 y 2012. La metodología utilizada es la del sistema HOBBS (Hypothetical Obliterated Beat Sequences), es decir, secuencias hipotéticas de latidos obliterados. Esto fue con la finalidad de clasificar los latidos y rechazar el artefacto y ruido producido, que pudiera mezclarse con los latidos supraventriculares y latidos ventriculares prematuros únicos, dobles o triples (Goldberger et al., 2000), (Greenwald, Patil, & Mark, 1991).

10.7. American Heart Association

La Asociación Americana del Corazón (AHA por sus siglas en ingles), fue fundada por el Instituto Nacional del Corazón, Pulmón y Sangre (National Heart, Lung and Blood Institute, NHLBI). A finales de los años 1970s y a principios de 1980s llevo a cabo la elaboración de la una base de datos para la detección y evaluación de la Arritmia Ventricular. Esta base de datos de registros electrocardiográficos solo puede obtenerse de la página del Emergency Care Research Institute (ECRI Institute) www.ecri.org, para lo cual es necesario ser miembro y pagar por el DVD con los datos completos.

El DVD incluye 154 registros divididos en 8 tipos de arritmias: No PVCs, PVCs Uniformemente Aislados, PVCs Multiformes Aislados, Bigemino, latidos R en T, Couplets, Ritmos Ventriculares y Fibrilación ventricular o Flutter ventricular. Cada registro consta de 3 horas de duración y con latidos de al menos 30 minutos de ese tiempo están clasificados. La información fue digitalizada en dos canales del ECG con 250 muestras por segundo y 12 bits de precisión.

En la página de PhysioNet (<https://physionet.org/physiobank/database/ahadb/>) actualmente se cuenta con una muestra de dicha base de datos, en la cual se puede apreciar que es lo que se espera obtener y analizar si se adquieren esos datos completos, cabe recalcar que los archivos disponibles son aquellos que fueron excluidos para su descarga por la AHA. (Hermes, R. E., Geselowitz, D. B., & Oliver, 1980)

10.8. CYBHi – Check Your Biosignals Here initiative

La base de datos Check Your Biosignals Here initiative (CYBHi) se desarrolló como una forma para adquirir de manera constante los registros de electrocardiografía en pacientes

junto a datos personales de interés. Este estudio comprende un total de 128 pacientes, los cuales se dividen en dos grupos: a corto plazo y largo plazo.

El grupo de corto plazo consta de 65 pacientes, de los cuales 49 son pacientes masculinos y 16 pacientes femeninos, siendo la edad de 31.1 ± 9.46 años. El grupo de largo plazo consta de 63 pacientes, 14 masculinos y 49 femenino, cuya edad es de 20.68 ± 2.83 años. El equipo utilizado presenta conectividad por medio de Bluetooth clase II, 12 bits de precisión y una frecuencia de 1000 Hz.

La innovación que presentan con su trabajo, es que no se limitan al uso de electrodos en el área del tórax del paciente, sino también en electrodos colocados en las palmas y dedos de las manos. Este tipo de medición se considera menos invasiva, además de que virtualmente presenta la misma morfología que las derivaciones obtenidas de DI, de un sistema estándar de ECG de 12 derivaciones.(Plácido, Lourenc, Fred, Raposo, & Aires-de-sousa, 2014)

10.9. UofTDB – University of Toronto ECG Database

La University of Toronto ECG Database (UofTDB), desarrollo su propia base de datos para poder probar los factores que afectan en el mundo real a los sistemas biométricos del ECG. Consta de una muestra de 1012 pacientes, cuyos ECG van de 2 a 5 minutos de duración. Otra característica es que se llevaron a cabo en diferentes posturas corporales (de pie, sentado, trípode y supino) aunados a ejercicio físico, además de mantener un error del 5%. De todos los pacientes, solo 43 presentaron 6 sesiones en un periodo de 6 meses.

Otro punto que la hace diferente, es que las mediciones se llevaron a cabo a través de electrodos colocados en las palmas y dedos de las manos, manteniendo la configuración para la obtención de la derivación DI. Por último, las señales de ECG fueron filtradas usando un pasa bandas de cuarto orden, filtro Butterworth con frecuencias de 0.5 Hz y 40 Hz.(Pouryayevali Shahrzad, Wahabi Saeid, Hari Siddarth, 2014)

11. Búsqueda tecnológica

Como forma de ampliar las aplicaciones que tiene la base de datos, se realizó una búsqueda tecnológica en busca de equipo de electrocardiografía que pudiera precisar

diagnóstico de los trazos del paciente, principalmente las enfermedades cardiovasculares. Previo a la búsqueda se determinaron dos factores: las palabras clave/keywords y los motores de búsqueda, que son los siguientes:

- ♦ *Palabras clave:* Cardiovascular, ECG, Electrocardiografía, Electrocardiograma, Infarto e Isquemia.
- ♦ *Keywords:* Cardiovascular, Detecting, ECG, Electrocardiography, Ischemic, Monitoring.
- ♦ *Motores de Búsqueda:* SIGA, OMPI, Google Patents, Scopus, WIPO, IP Australia y European Patent Office.

11.1 Sistema y método de electrocardiografía inalámbrica

Consiste en un método y sistema de monitoreo de ECG inalámbrico. Los electrodos envían la señal al receptor, el cual a su vez envía la señal al monitor del ECG para su procesamiento. De esta forma es como si se conectara directamente los electrodos al monitor, evitando así el ruido que puede suceder al mover demasiado los cables conectores.

- ♦ Inventor(es) → Hopman Nicholas, Williams Daniel, Lodato Franco.
- ♦ Compañía → Motorola Inc.
- ♦ País → USA
- ♦ Fecha de solicitud → 05/09/2006
- ♦ Patente → PA/a/2003/000499
- ♦ Base de datos → SIGA

11.2 Sistema de electrocardiografía inalámbrico

Un sistema para detectar datos fisiológicos de un paciente, y más particularmente, un sistema para detectar información de electrocardiografía (ECG) de un paciente y transmitir la información a una estación de monitoreo central mediante telemetría.

- ♦ Inventor(es) → Daniel L. Williams, Franco Lodato, Rud Istvan
- ♦ Compañía → GMP Wireles Medicine, Inc.
- ♦ País → USA
- ♦ Fecha de solicitud → 21/07/2004
- ♦ Patente → PA/a/2004/007038
- ♦ Base de datos → SIGA

11.3 System for detecting and treating heart instability

Es un sistema que sirve para evaluar el riesgo asociado con un trastorno del ritmo cardiaco. Incluye al menos un sensor que recibe la señal del corazón, y que logra calcular el cambio en la señal entre el tiempo y la pluralidad de los segmentos de la misma.

- ◆ Inventor(es) → Sanjiv Narayan
- ◆ Compañía → The Regents of the University of California
- ◆ País → USA
- ◆ Fecha de Solicitud → 20/10/2016
- ◆ Patente → 20160302734
- ◆ Base de Datos → SCOPUS

11.4 Systems and methods for stroke detection

Este sistema de detección consiste en un sensor adaptado al celular. La aplicación permite supervisar pasivamente al paciente y determinar si ha experimentado un evento cerebrovascular. La aplicación solicita que el usuario realice una o más pruebas utilizando el teléfono. Las pruebas incluyen: que el paciente diga una frase específica, la cual es comparada con una muestra previa grabada por el usuario. Otra prueba es tomarse una fotografía, la cual es comparada con una imagen guardada previamente. Y, por último, el usuario debe intentar sostener su brazo derecho hacia fuera mientras que sostiene el teléfono celular en donde los acelerómetros en el teléfono miden la estabilidad de su brazo.

- ◆ Inventor(es) → Marko N. Kostic, Sean Hadley, Richard L. Friedland
- ◆ Compañía → Stryker Corporation, Kalamazoo MI.
- ◆ País → USA
- ◆ Fecha de Solicitud → 12/01/2017
- ◆ Patente → 20170007167
- ◆ Base de Datos → SCOPUS

11.5 Data processing apparatus for myocardium condition assessment

Este equipo consiste en el procesamiento de datos, de la onda T o la información del segmento ST a partir de una señal eléctrica del miocardio para evaluar su condición. Se necesita que al menos una parte del miocardio se encuentre caracterizado por el equipo. Se cuenta con la configuración de la desviación de la onda T, de una diferencia de al menos dos T y/o parámetros del segmento ST; donde cada uno de los dos parámetros pertenece a otra onda T o segmento ST del mismo corazón.

- ♦ Inventor(es) → Mikhail Alekseev, Aleksandr Alekseev, Gunther Roder, Reinhard Siegle
- ♦ Compañía → N/A
- ♦ País → Alemania
- ♦ Fecha de Solicitud → 11/01/2017
- ♦ Patente → EP3114991 (A1)
- ♦ Base de Datos → European Patent Office

Capítulo III Materiales y Método

12. Descripción de la metodología de trabajo

Como todo procedimiento con interacción humana, se requiere establecer ciertas reglas y explicación de lo que se realizara, para que al final se obtengan los resultados que se esperan. También se hace hincapié en que esto es un proceso pautado y cíclico, es decir, requiere seguir una cronología establecida de pasos, los cuales se van repitiendo con cada paciente nuevo.

Otro dato importante, es el tiempo establecido para cada paciente, este es de aproximadamente de 30 a 40 minutos, donde se incluye el tiempo para la entrevista, la toma de signos vitales y medidas antropométricas, así como los dos tipos de electrocardiografía, tomando en consideración algún percance presentado con cada paciente. Ejemplo de esto último es el exceso de vello corporal en pacientes masculinos, que causa problemas al momento de que se mantengan estables los electrodos, mientras que en el caso de las pacientes femeninas el uso de sostenes con varilla es un factor de ruido para la señal electrocardiográfica. Un resumen del procedimiento completo se representa en la Fig.18.



Fig.18 Esquema del Procedimiento Condensado

12.1. Tamaño y Tipo de Muestra

En el estado de Baja California, para el año 2015 se registró una población de 3, 315, 766 habitantes. Utilizando la ecuación (ec.1) para la elección del tamaño de la muestra se obtuvo un resultado significativo de 385 personas, con una confianza del 95% (ec.2) y un margen de error del 5% (ec. 3) (Raosoft Inc., 2004)

$$n = Nx / ((N - 1)E^2 + x) \quad (\text{ec. 1})$$

$$E = \sqrt{(N - n)x / n(N - 1)} \quad (\text{ec. 2})$$

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

Donde:

n = Tamaño de la muestra

E = Margen de error.

N = Tamaño de la población

r = Fracción de respuesta de interés

$Z(c/100)$ = Valor crítico del nivel de confianza

x = Resultado esperado.

Si se consideramos al estado dividido en sus 5 municipios, la muestra significativa quedaría de la forma descrita en la tabla 15.(INEGI, 2015)

Tabla 15. Distribución de la muestra

Baja California		
Ciudad	Población Total	Número de la muestra
Mexicali	988, 417	114
Tijuana	1, 641,570	190
Ensenada	486,639	57
Tecate	102,406	13
Rosarito	96,734	11
Total	3,315,766	385

Estimado proporcional de la muestra significativa por municipio.

Para el tipo de muestra, se estima que sea heterogénea, comprendiendo las edades en etapa productiva (18 a 65 años), de ambos géneros (masculino y femenino), con población aparentemente sana y con problemas cardiacos diagnosticados. Se excluyen a aquellos

pacientes que no cumplan con el requisito de edad, así como a cualquiera que presente una enfermedad infectocontagiosa o consumo de algún medicamento que pueda alterar la toma de registros. En el caso de enfermedades infectocontagiosas, un ejemplo sería si el paciente presenta una gripe con síntoma de tos, una neumonía, bronquitis, que, al presentar espasmos involuntarios de tórax, alterarían de sobremanera la adquisición del registro.

12.2. Carta de Consentimiento Informado

Según la Comisión Nacional de Bioética en México (CONBIOÉTICA), el consentimiento informado es *“la expresión tangible del respeto a la autonomía de las personas en el ámbito de la atención médica y de la investigación en salud”* (Comisión Nacional de Bioética, 2015); estipulado en la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SSA3-2012, del Expediente Clínico.

Lo anterior nos indica que cualquier individuo que participe en este tipo de investigaciones deberá estar informado del estudio que se realiza. En este caso, se les informara a los pacientes que se llevara 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, todo esto autorizado por conformidad con la firma autógrafa del paciente. Debe incluirse cualquier efecto secundario que pudiera presentarse durante el procedimiento. Ejemplo de la carta elaborada se encuentra en el anexo 2.

12.3. Historia Clínica Dirigida

La Historia Clínica Dirigida 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 que conlleve a riesgo de IAM, de acuerdo a lo establecido en la literatura para esta enfermedad y a los Criterios de Framingham.

Como complemento de dicho documento, se miden 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 son 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). Y una vez tomados los dos tipos de electrocardiografía se anotan los valores obtenidos durante el HRECG. Ejemplo de ello se encuentra en el anexo 3.

12.4. Indicaciones Previas al Estudio

Las indicaciones que se le tienen que dar al paciente previas al inicio de la toma de registros son con la finalidad de no obstruir los resultados esperados, así como brindarle la mayor comodidad posible, debido a cierto grado de vulnerabilidad que presentara durante el mismo, esto es debido al cambio de vestimenta que tiene que realizar. Estas se enlistan de la siguiente manera, siendo el personal que realice el estudio quien debe decirlas y procurar que se cumplan al pie de la letra:

- ◆ Explicar el procedimiento a seguir al paciente de manera clara y concisa.
- ◆ Pedir que se retire cualquier tipo de joyería (anillos, aretes, collares, relojes), dispositivos electrónicos (ej. Celulares), lentes, accesorios del cabello, llaves y cinturón de vestir en caso de ser necesario.
- ◆ Otorgarle una bata de hospital e indicarle sustituir sus prendas actuales con esa bata, dándole acceso al baño o vestidor disponible. En caso de pacientes del género femenino, retirar el sujetador.
- ◆ Pedirle al paciente que se siente en la camilla. Que se retire el calzado previo a recostarse en la misma, de esta forma se dejan libre las zonas de los tobillos.
- ◆ Con el paciente recostado en posición decúbito dorsal, se procede a limpiar las zonas donde se colocarán los electrodos con una torunda de algodón impregnado con alcohol de grado hospitalario.
- ◆ Al momento de ir colocando los electrodos, se recomienda iniciar con la colocación de las 12 derivaciones, de preferencia con las precordiales.
- ◆ Recordarle que estando una vez colocados todos los electrodos, el paciente debe permanecer en silencio y no moverse, a menos que le sea indicado por el operador.

12.5. Adquisición de Registros Electrocardiográficos

La metodología para llevar a cabo la adquisición de registros, específicamente para la Electrocardiografía Estándar, se describe de la siguiente manera:

1. Con el paciente en decúbito dorsal, se debe de palpar a través de la bata la zona donde se encuentra la clavícula derecha, una vez localizada, se identifican los espacios intercostales (zonas blandas paralelas al esternón).
2. Al llegar al cuarto espacio intercostal derecho paralelo al esternón (línea para esternal), colocar el electrodo equivalente a V1.
3. Se repite el mismo procedimiento del inciso a, pero del lado izquierdo. Al llegar al cuarto espacio intercostal izquierdo paralelo al esternón, colocar el electrodo equivalente a V2.
4. Para colocar el electrodo en V4 (color café) es necesario palpar buscando el quinto espacio intercostal izquierdo, manteniéndose paralelo al esternón. Localizado ese punto, el electrodo se colocará justo debajo de la tetilla. En caso de pacientes de género femenino será necesario manipular la mama para colocar dicho electrodo.
5. Con V2 y V4 colocados, sobre el quinto espacio intercostal izquierdo, entre las otras dos derivaciones mencionadas se coloca un electrodo, correspondiente a V3.
6. Siguiendo la línea del quinto espacio intercostal izquierdo, se traza una línea imaginaria justo donde está el pliegue de la axila, de esta forma donde se cruce esa línea y el espacio intercostal se coloca el electrodo para V5.
7. Para V6, se sigue la línea anatómica del quinto espacio intercostal hasta llegar al punto justo de la mitad de la axila, nuevamente se traza la línea imaginaria y se coloca el electrodo.
8. Se continúa con la colocación de los electrodos en miembros superiores. En el caso de RA (color rojo), corresponde a la muñeca derecha, parte interna del antebrazo. Para LA (color amarillo), se coloca en la muñeca izquierda, parte interna del antebrazo.
9. Por último, se procede a colocar los electrodos en miembros inferiores. Para LL, se coloca en la cara interna de la pierna izquierda, por encima del hueso del tobillo. En el caso de N (color negro), en la cara interna de la pierna derecha, por encima del hueso del tobillo.
10. Con todos los electrodos posicionados en su sitio, se continúa con la colocación de los cables en base al código de colores de cada derivación, indicados en cada uno de los puertos de los mismos.
11. Una vez colocados en su posición, se le pide al paciente mantenerse relajado. Mientras el operador procede a ingresar los datos del paciente en el equipo (fecha de nacimiento y sexo). Después se procede a iniciar la captura de los registros. Con la captura realizada, el paciente puede tomar asiento, se le ayuda a quitar todos los electrodos y los cables del equipo.
12. Con el USB se adquieren los registros del equipo Mortara y estos son enviados a la computadora para su posterior uso y cambio de formato.

13. Base de Datos PhysioBC

PhysioBC, es una base de datos cuya finalidad es la de proporcionar una gran variedad de señales fisiológicas, con las que los investigadores puedan usar como herramientas de trabajo. Para el lanzamiento beta versión 1.5 del sitio, se utilizó un diseño sencillo y que fuese fácil para su navegación. El código utilizado fue en .HTML por lo amigable que es en el uso de los comandos y poder cumplir con las necesidades establecidas para la base de datos.

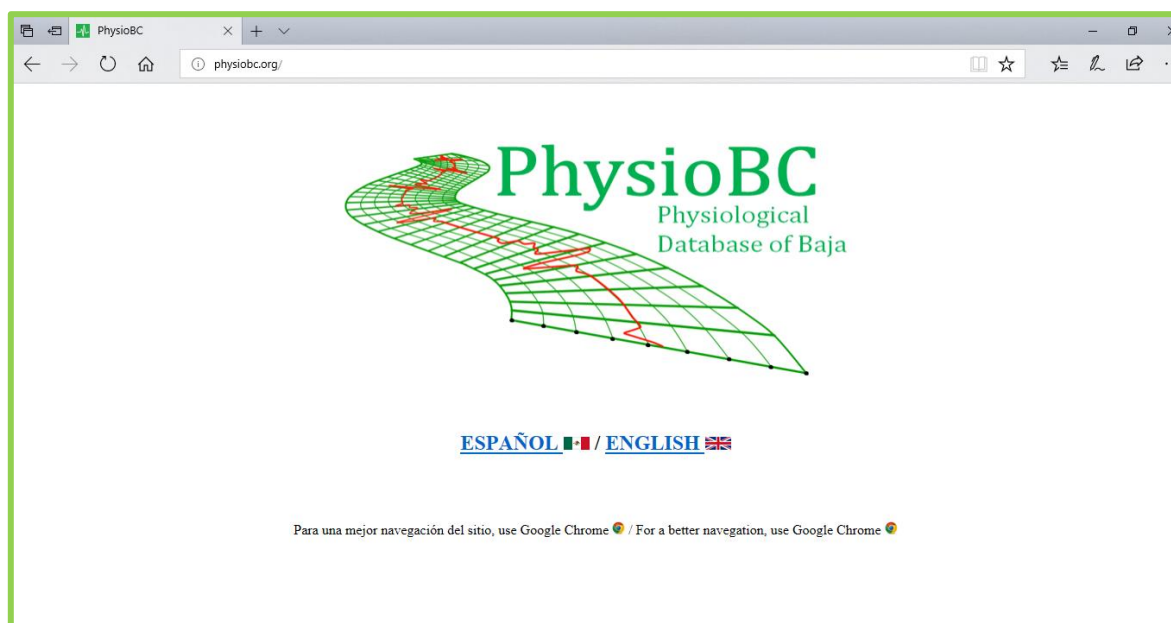


Fig. 19 Página de Inicio de PhysioBC. Elección de idioma.

Se puede acceder a través del sitio www.physiobc.org, siendo la página de presentación la selección de idioma entre inglés y español, recomendándose para esta versión utilizar el programa de Google Chrome para tener una mejor navegación del sitio. (ver fig. 19).

El logotipo de la página, hace referencia al trazo de las señales, principalmente a la electrocardiografía, la cual es el pilar de este trabajo. Los colores fueron para resaltar el diseño, además de que el color verde está relacionado con el área de la salud (ver fig. 20).

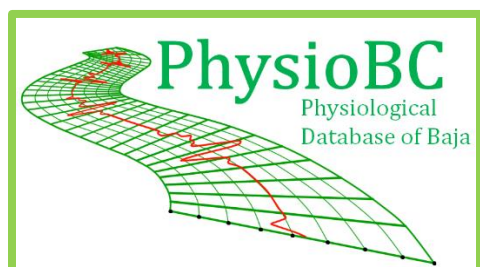


Fig. 20 Logotipo de PhysioBC.

Una vez elegido el idioma, tenemos la pantalla de inicio, donde en el extremo superior izquierdo tenemos el menú y en la pantalla central tenemos una breve descripción de la base de datos (ver fig. 21 y 22).



Fig. 21 Página de bienvenida de physioBC en español.

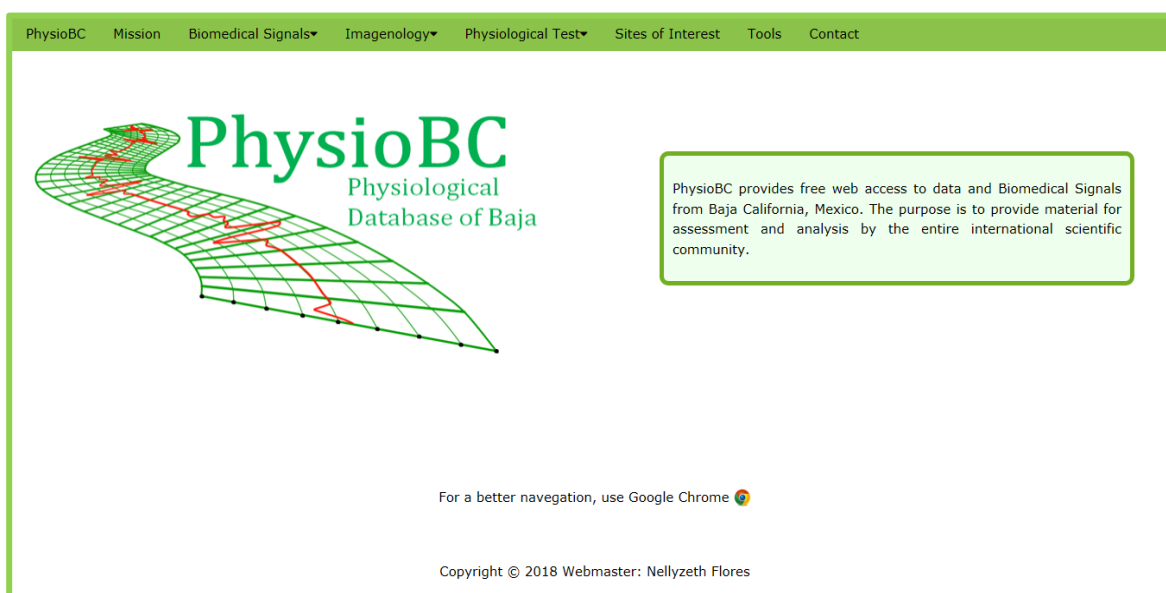


Fig. 22 Página de bienvenida de physioBC en inglés.

En la sección de “Misión” / “Mission”, se explica en más detalle lo relacionado a la base de datos. La finalidad y el impacto que se espera tenga en la comunidad de investigadores (ver fig. 23 y 24).



Fig. 23 Sección de Misión en español.

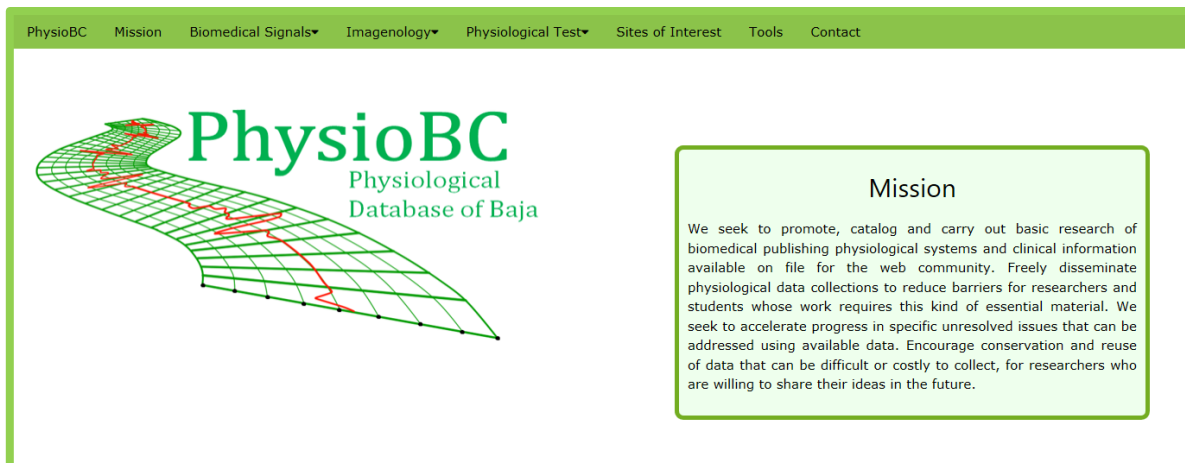


Fig. 24 Sección de Misión en inglés.

Por otro lado, la sección “Señales Biomédicas”, se encuentra funcionando parcialmente, ya que los apartados para Electromiografía (EMG), Electroencefalografía (EEG), Señal de Impulso de fotoplethysmografía (PPG) y Señales Sintéticas, aún se encuentran en construcción. La sección de Imagenología también se encuentra en construcción. Se tiene contemplado incluir diversos estudios que sean proporcionados por médicos especialistas. (ver fig. 25 y 26).

En la sección de “Contacto”, se incluye el listado con el nombre de los colaboradores. Incluye el nombre de mi director de tesis, mi codirector y el mío. (ver fig. 27)



Fig. 25 Sección de Señales Biomédicas. Subsección Señales de Electroencefalografía.



Fig. 26 Sección de Imagenología en construcción.



Fig. 27 Sección de Contacto.

En el caso de la sección de Pruebas Fisiológicas, está en desarrollo parcial, ya que contiene la información de un trabajo que se ha llevado a cabo en pacientes sanos y pacientes amputados para estudio de mejora de una prótesis de miembro inferior (ver fig. 28).

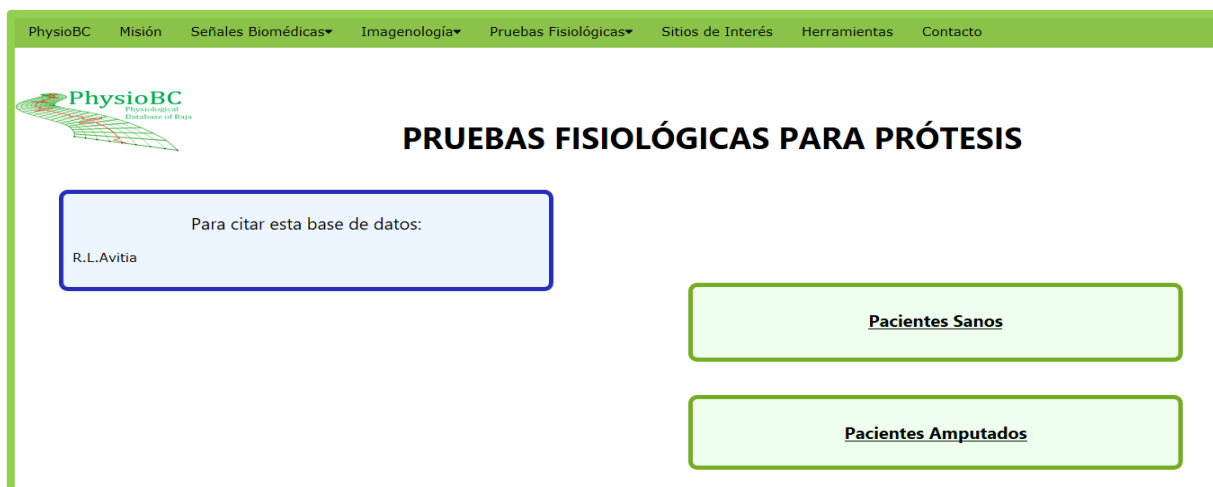


Fig. 28 Sección de Pruebas Fisiológicas.

En la sección de Sitios de interés, se agregaron varios enlaces a paginas relacionadas con el tema y que sean de utilidad al usuario (fig. 29). En el caso de la sección de Herramientas, en esta se le proporciona al usuario links de descarga para los formatos, así como los enlaces para los predictores de ECV utilizados. (fig. 30)



Fig. 29 Sección de Sitios de Interés.

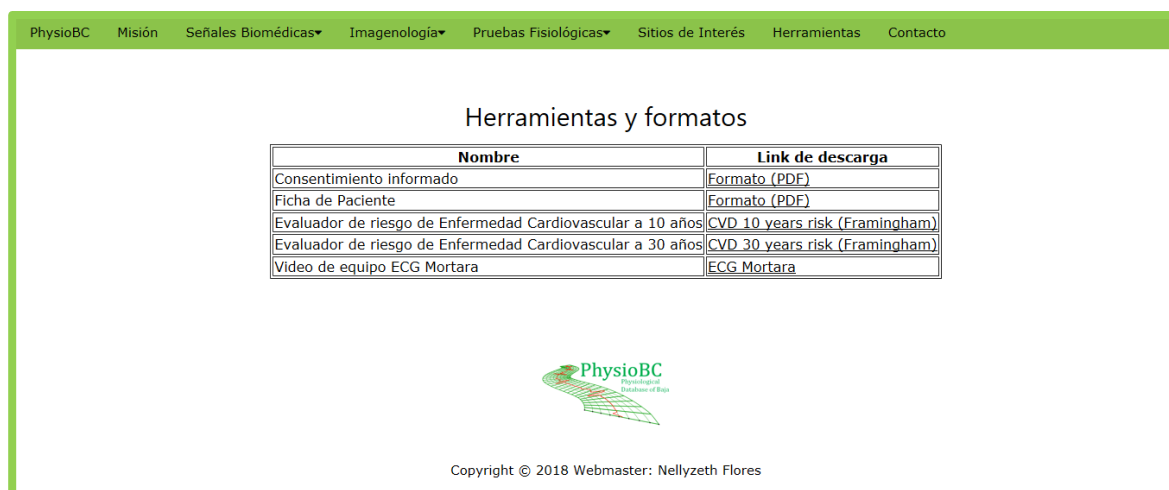


Fig. 30 Sección de Herramientas.

En la sección principal que compete a este trabajo, es la de Electrocardiografía “Señales ECG” (ver fig. 31). Este cuenta con dos tipos de electrocardiografía: Estándar (ECG) y de Alta Resolución (HRECG). En ellas, los pacientes se encuentran divididos en dos grupos: Pacientes Voluntarios (41 pacientes) y Pacientes de Industria Maquiladora (50 pacientes). Esto se observa en las figs. 32 y 33.

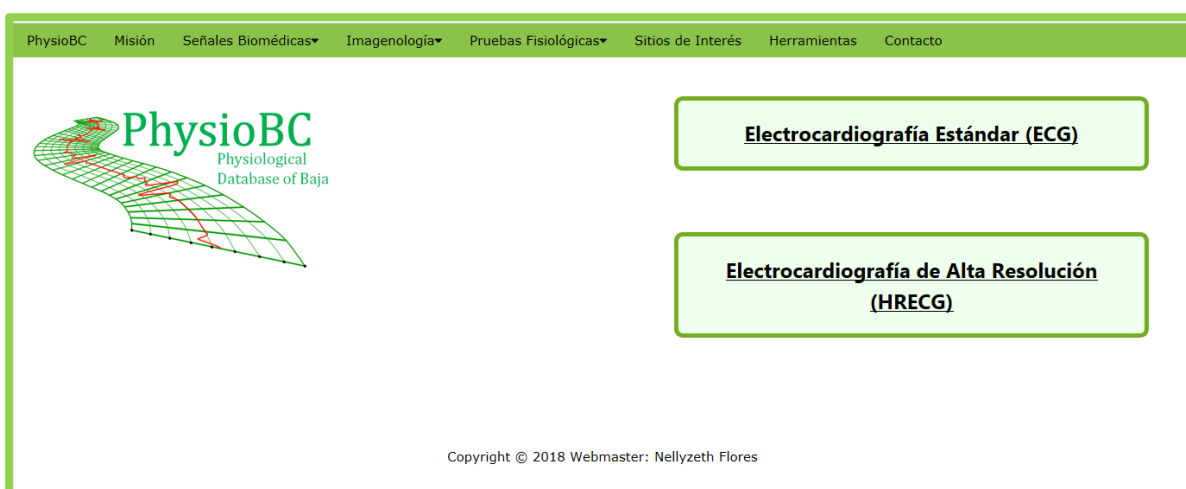
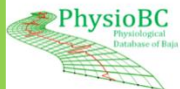


Fig. 31 Sección de Señales ECG.



ECG ESTÁNDAR

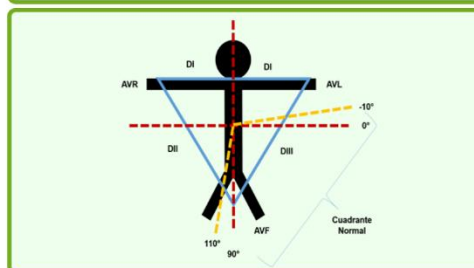
Para citar esta base de datos:

R.L.Avitia, G. Avena, N. Flores, M. A. Reyna y M.L. Nava, "Datos Fisiológicos de Baja California: PhysioBC, Resultados Electrocardiográficos 1". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol. 38 No. 1, Enero-Abril 2017, pp. 367-376. DOI: dx.doi.org/10.17488/RMIB.38.1.33

ECG Pacientes Voluntarios

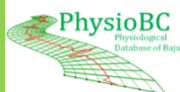
ECG Pacientes de Industria Maquiladora

El registro de electrocardiografía estándar, 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 (ver imagen). Utilizamos un sistema de electrocardiografía Mortara ® de 16 bits, el cual tiene una frecuencia de muestreo de 1000 muestras/segundo por canal. Los archivos se obtienen en formato .uni, el cual posee la facilidad de importarse en otros formatos como .xml, .dcom y hojas de datos.



Copyright © 2018 Webmaster: Nellyzeth Flores

Fig. 32 Sección de ECG Estándar.



ECG ALTA RESOLUCIÓN

Para citar esta base de datos:

R.L.Avitia, G. Avena, N. Flores, M. A. Reyna y M.L. Nava, "Datos Fisiológicos de Baja California: PhysioBC, Resultados Electrocardiográficos 1". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol. 38 No. 1, Enero-Abril 2017, pp. 367-376. DOI: dx.doi.org/10.17488/RMIB.38.1.33

HRECG Pacientes Voluntarios

HRECG Pacientes de Industria Maquiladora

El sistema Cardiax PC ® es un sistema de electrocardiografía de alta resolución de 12 bits y una frecuencia de muestreo de 500 muestras/segundo. Cuenta con una interfaz gráfica que permite adquirir en formato .xml las derivaciones las convencionales, así como las ortogonales Vx y Vy y Vz. El archivo que se extrae de dicho sistema puede 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 ®.

Copyright © 2018 Webmaster: Nellyzeth Flores

Fig. 33 Sección de ECG Alta Resolución.

Con respecto a los archivos de descarga, en las subsecciones de “ECG Estándar”, los pacientes voluntarios (fig. 34), y de la industria maquiladora (fig. 35), estos se encuentran organizados en una tabla que incluye: Número de paciente junto con sus datos relevantes (archivo .pdf, anexo 4), Clasificación de Framingham a 10 años (archivo .pdf, anexo 5), Clasificación de Framingham a 30 años (archivo .pdf, anexo 5), el ECG (formato .pdf), el archivo de ecg en .xml y la validación médica.

PhysioBC Misión Señales Biomédicas▼ Imagenología▼ Pruebas Fisiológicas▼ Sitios de Interés Herramientas Contacto					
PhysioBC Physiological Database of Baja					
REGISTROS DE ECG ESTÁNDAR					
Pacientes Voluntarios					
Paciente	Clasificación Framingham 10 años	Clasificación Framingham 30 años	ECG (.pdf)	Archivo (.xml)	Validación Médica
001	NO APLICA	Descargar	NO DISPONIBLE	Descargar	Normal
002	NO APLICA	Descargar	Descargar	Descargar	Normal
003	NO APLICA	Descargar	Descargar	Descargar	Normal
004	NO APLICA	Descargar	Descargar	Descargar	Normal
005	Descargar	Descargar	Descargar	Descargar	Normal
006	Descargar	Descargar	Descargar	Descargar	Normal

Fig. 34 Sección de ECG Estándar. Pacientes Voluntarios.

PhysioBC Misión Señales Biomédicas▼ Imagenología▼ Pruebas Fisiológicas▼ Sitios de Interés Herramientas Contacto					
PhysioBC Physiological Database of Baja					
REGISTROS DE ECG ESTÁNDAR					
Pacientes Industria Maquiladora					
Paciente	Clasificación Framingham 10 años	Clasificación Framingham 30 años	ECG (.pdf)	Archivo (.xml)	Validación Médica
001	Descargar	Descargar	Descargar	Descargar	Normal
002	Descargar	Descargar	Descargar	Descargar	Normal
003	Descargar	Descargar	Descargar	Descargar	Normal
004	Descargar	Descargar	Descargar	Descargar	Normal
005	Descargar	Descargar	Descargar	Descargar	Normal
006	Descargar	Descargar	Descargar	Descargar	Normal

Fig. 35 Sección de ECG Estándar. Pacientes Industria Maquiladora.

La sección de “ECG Alta Resolución”, también se encuentra dividida en dos subsecciones que son los pacientes voluntarios (fig. 36), y de la industria maquiladora (fig. 37), los cuales están organizados en una tabla que incluye: Número del paciente junto con sus datos relevantes (archivo .pdf, anexo 4), el HRECG en formato .csv, el archivo de R-R en formato .csv y la Validación Médica.

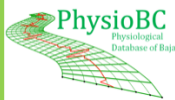
PhysioBC Misión Señales Biomédicas Imagenología Pruebas Fisiológicas Sitios de Interés Herramientas Contacto			
			
REGISTROS DE ECG ALTA RESOLUCIÓN			
Pacientes Voluntarios			
Paciente	Archivo (.CSV)	R-R (.CSV)	Validación Médica
001	Descargar	Descargar	Normal
002	Descargar	Descargar	Normal
003	Descargar	Descargar	Normal
004	Descargar	Descargar	Normal
005	Descargar	Descargar	Normal
006	Descargar	Descargar	Normal

Fig. 36 Sección de ECG Alta Resolución. Pacientes Voluntarios.

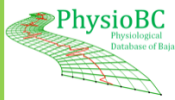
PhysioBC Misión Señales Biomédicas Imagenología Pruebas Fisiológicas Sitios de Interés Herramientas			
			
REGISTROS DE ECG ALTA RESOLUCIÓN			
Pacientes Industria Maquiladora			
Paciente	Archivo (.CSV)	R-R (.CSV)	Validación Médica
001	Descargar	Descargar	Normal
002	Descargar	Descargar	Normal
003	Descargar	Descargar	Normal
004	Descargar	Descargar	Normal
005	Descargar	Descargar	Normal
006	Descargar	Descargar	Normal

Fig. 37 Sección de ECG Alta Resolución. Pacientes Industria Maquiladora.

Capítulo IV Resultados y Discusión

Los registros obtenidos en la Electrocardiografía Estándar, con el equipo Mortara ® constaron de las 12 derivaciones (DI, DII, DIII, AVR, AVL, AVF, V1-V6), las cuales variaron en forma, tamaño e intensidad en cada paciente, pero se mantuvieron dentro de los estándares de calidad. Esto se muestra en la Fig. 38.

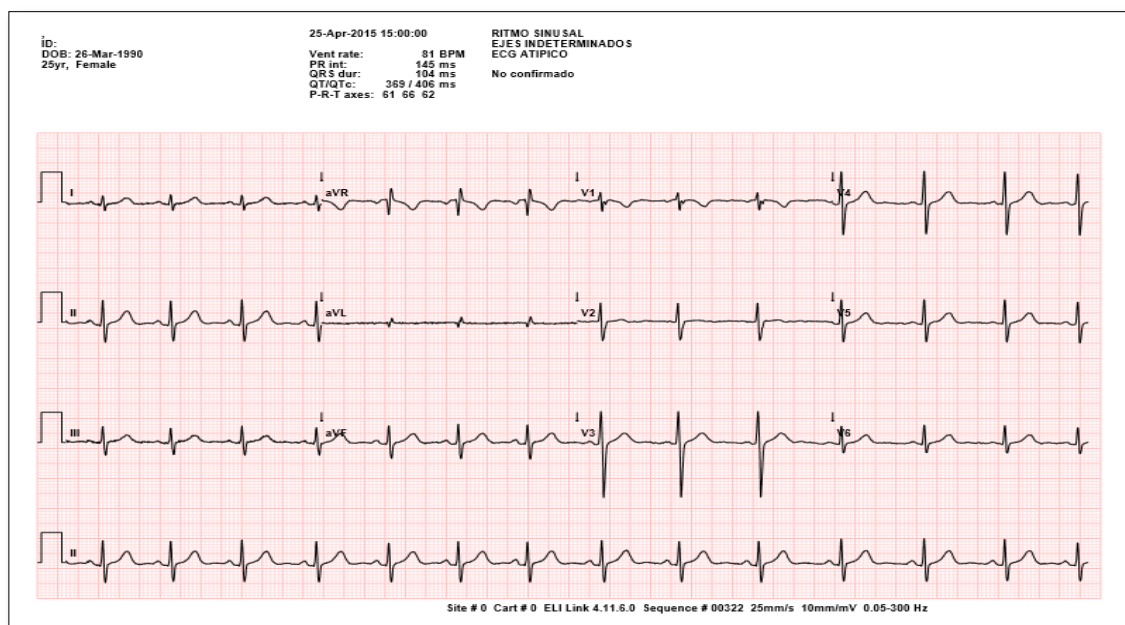


Fig. 38 Ejemplo de un registro de ECG estándar de un paciente femenino.

Para el caso de la Electrocardiografía de Alta Resolución, la distribución y cantidad de registros es la misma. Los intervalos de tiempo del registro son de 5 minutos. La diferencia radica es que aún no tenemos un algoritmo de diagnóstico desarrollado, por lo tanto, los archivos solo se encuentran organizados en formato .xls. (Ver. Fig. 39)



Fig. 39 Ejemplo de un registro de ECGAR de un paciente femenino.

14. Análisis de los datos obtenidos

Se revisaron a 91 pacientes, todos en rango de edad de 18 a 70 años, con una edad promedio de 39.67 años. Dentro de las variables antropométricas encontradas, tenemos que el peso presento una media de 82.40 kg con una desviación estándar de 22.30 y la talla una media de 166.06 cm y desviación estándar de 20.09, mientras que el IMC presento una media estadística de 29.63 lo cual corresponde a la clasificación de sobrepeso/ pre obesidad para la muestra. Por otra parte, tenemos una media de la presión arterial de 129/79 mmHg, lo que indica una presión sistólica normal alta y una presión diastólica dentro del rango óptimo (Calvete, 2003). Estos datos se representan en la tabla 16.

Tabla 16. Variables identificadas en los pacientes

Variable (unidades)	Media $\pm$ Desviación Estándar	Intervalo de Confianza 95%
Peso (kg)	82.40 $\pm$ 22.30	4.58
Talla (cm)	166.06 $\pm$ 20.09	4.12
IMC (kg/m²)	29.63 $\pm$ 6.26	1.28
Edad (años)	39.67 $\pm$ 12.91	2.65
Presión Sistólica	129 $\pm$ 23.97	4.92
Presión Diastólica	79.13 $\pm$ 17.44	3.58

De los factores de riesgo para Enfermedad Cardiovascular considerados por la clasificación de Framingham, los que se detectaron en la muestra se resumen en la tabla 17. De los 91 pacientes el 54.95% son de sexo femenino y el 45.05% del sexo masculino (ver fig. 40). También se detectó que el 16.48% son fumadores confesos, mientras que el 10.98% de los pacientes padece Diabetes Mellitus diagnosticada y tratada.

SEXO DE LOS PACIENTES

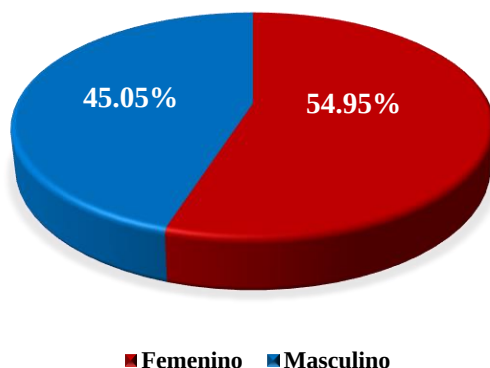


Fig. 40 Gráfica representativa del sexo de los pacientes.

Tabla 17. Factores de riesgo encontrados

Variable	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sexo		
Femenino	50	54.95
Masculino	41	45.05
Diabetes Mellitus	10	10.98
Hipertensión Arterial	29	31.86
Fumadores	15	16.48
Sobrepeso	25	27.47
Obesidad	42	46.15
Antecedente Familiar de ECV	9	9.89

El 31.86% refirió Hipertensión Arterial diagnosticada bajo tratamiento actualizado, lo cual concuerda con los valores obtenidos de la presión arterial. Solo el 9.89% mencionó tener un antecedente familiar de ECV, es un dato importante pero que no represento una alta incidencia.

Con respecto a la clasificación del IMC, se detectaron 25 pacientes con sobrepeso y 42 con obesidad (IMSS, 2011). Del total de pacientes solo el 26.37% presentaron un peso adecuado, contra un 73.63% de pacientes con problemas de peso (ver fig. 41). Esto representa el mayor foco de atención para el desarrollo de las ECV, así como otras patologías, como lo son la Diabetes, la Hipertensión Arterial, insuficiencia respiratoria, problemas articulares, entre otros.

INDICE DE MASA CORPORAL

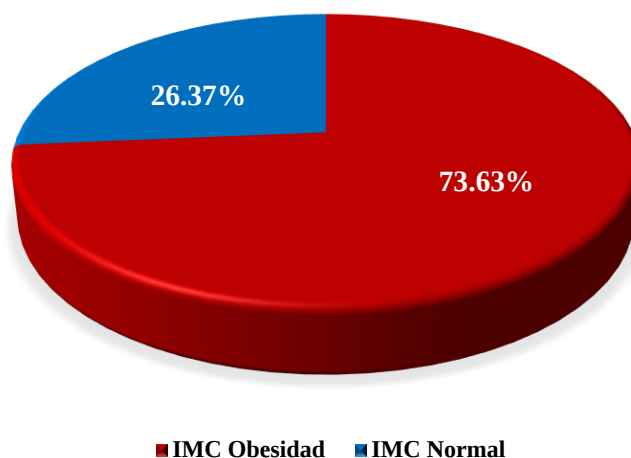


Fig. 41 Gráfica representativa del IMC de los pacientes

Uno de los factores de riesgo que se toman en consideración para determinar el riesgo es el sexo. Este se ha visto que influye de manera notable en ciertos rangos de edad, existen estudios en los que se ha demostrado que los estrógenos juegan un papel importante como cardioprotectores, pero solo es hasta que la mujer experimenta la menopausia, que, al llegar a esa etapa, ambos géneros se igualan en su incidencia (Kandasamy & Anand, 2018). En el caso de la testosterona se ha demostrado que los niveles muy bajos o muy altos están íntimamente relacionados con la aparición de las ECV (Armeni & Lambrinoudaki, 2017). De los factores de riesgo ya conocidos, se ha demostrado que la mujer tiene mayor susceptibilidad para la diabetes mellitus, tabaquismo y obesidad (Leonard & Marshall, 2017).

En los resultados obtenidos, en la tabla 18 se observa que nuevamente el IMC se encuentra en sobrepeso en mujeres y en hombre en obesidad, siendo solo una unidad la diferencia entre esos grados. De igual manera la presión arterial sistólica se encuentra en la clasificación normal alta, existiendo una diferencia de aproximadamente 6 mmHg, mientras que la presión diastólica en la mujer se encuentra en niveles óptimos y en el hombre en normal alta.

Tabla 18. Comparación de variables según el sexo

Mujeres		Hombres	
Variable	Media $\pm$ Desviación Estándar	Variable	Media $\pm$ Desviación Estándar
Edad (años)	39.18 $\pm$ 12.84	Edad (años)	40.26 $\pm$ 12.84
Peso (kg)	74.89 $\pm$ 20.59	Peso (kg)	91.57 $\pm$ 22.20
Talla (cm)	159.34 $\pm$ 10.22	Talla (cm)	174.26 $\pm$ 20.01
IMC (kg/cm ²)	29.30 $\pm$ 6.91	IMC (kg/cm ²)	30.02 $\pm$ 6.91
Presión Sistólica (mmHg)	127.9 $\pm$ 23.84	Presión Sistólica (mmHg)	133.48 $\pm$ 23.84
Presión Diastólica (mmHg)	76.44 $\pm$ 17.34	Presión Diastólica (mmHg)	84.34 $\pm$ 17.35

En la tabla 19, los factores de riesgo con mayor incidencia por género son el tabaquismo con un 25% y la obesidad con un 56% en hombres, mientras que en mujeres se presentó un 12% que tiene antecedentes de ECV familiar. Para la presencia de Diabetes Mellitus, Hipertensión Arterial fueron cifras similares para ambos casos.

Tabla 19. Comparación de factores de riesgo según el sexo

Mujeres			Hombres		
Variable	Frecuencia	Porcentaje	Variable	Frecuencia	Porcentaje
Diabetes Mellitus	5	10%	Diabetes Mellitus	5	12%
Hipertensión Arterial	16	32%	Hipertensión Arterial	13	32%
Fumador	5	10%	Fumador	10	25%
Antecedente de ECV	6	12%	Antecedente de ECV	3	7%
IMC Normal	15	30%	IMC Normal	7	17%
IMC Sobrepeso	14	28%	IMC Sobrepeso	11	27%
IMC Obesidad	21	42%	IMC Obesidad	23	56%

En el cálculo del riesgo cardiovascular a 10 años en la escala de Framingham (ver tabla 20), solo se tomaron en cuenta 68 pacientes. Ya que dicha escala tiene una limitante de edad de los pacientes, que es de 30 años en adelante, por lo que los pacientes de 18 a 29 años quedaron excluidos. La media estadística en el riesgo actual de la población es de 9.32%, con una desviación estándar de 7.82 y un intervalo de confianza de 1.85, lo que sitúa el riesgo en moderado. Esto se obtiene al comparar los resultados que deberían estar en el riesgo óptimo de 4.62% y el riesgo normal de 3.48%.

Tabla 20. Riesgo de ECV a 10 años de la escala de Framingham

Riesgo a 10 años (n=69)		
Riesgo	Porcentaje del riesgo Media $\pm$ Desviación Estándar	Intervalo de Confianza 95%
Actual	9.32 $\pm$ 7.82	1.85
Óptimo	4.62 $\pm$ 2.85	0.67
Normal	3.48 $\pm$ 2.25	0.53

Para la tabla 21, del cálculo de riesgo cardiovascular a 30 años en la escala de Framingham, se obtuvieron dos resultados. El primero corresponde a las ECV completas, las cuales comprenden la muerte coronaria, infarto agudo al miocardio, insuficiencia coronaria, angina de pecho, isquemia y hemorragia cerebrovascular, falla cardíaca generalizada, y patologías arteriales periféricas. En esta la media estadística para el riesgo actual es de 30.36%, con una desviación estándar de 23.61 y un IC de 4.85. Esto coloca la clasificación

en un riesgo alto, ya que, al comparar con los valores esperados de riesgo óptimo y normal, dobla su valor. El segundo resultado es de las ECV Altas, las cuales incluyen como grupo de patologías a la muerte coronaria, infarto agudo al miocardio y a la enfermedad cerebrovascular. La media obtenida en el riesgo actual es del 19.35%, con una desviación estándar de 18.08 y un IC de 3.71, la más variable de todas. De igual forma indica un riesgo alto debido que al comprar con sus valores óptimos y normales esperados dobla nuevamente su valor. Esta escala si contempla los 91 pacientes.

Tabla 21. Riesgo a ECV a 30 años de la escala de Framingham

Riesgo a 10 años (n=69)		
Riesgo	Porcentaje del riesgo Media $\pm$ Desviación Estándar	Intervalo de Confianza 95%
Actual ECV Completa	30.36 $\pm$ 23.61	4.85
Óptimo ECV Completa	13.36 $\pm$ 9.22	1.89
Normal ECV Completa	16.26 $\pm$ 10.82	2.22
Actual ECV Alta	19.35 $\pm$ 18.08	3.71
Óptimo ECV Alta	7.34 $\pm$ 5.99	1.23
Normal ECV Alta	9.16 $\pm$ 7.24	1.48

Conclusiones

Este trabajo se llevó a cabo en dos etapas en paralelo: desarrollo de una base de datos de electrocardiografía y análisis de los pacientes. Enfocados principalmente a detectar factores que influyan en el desarrollo de las Enfermedades Cardiovasculares, y, por ende, el Infarto Agudo al Miocardio.

Al realizar el proceso de la creación y ver terminada en su etapa beta la base de datos en la página web, genera una sensación de alegría por ver culminado esa parte del proyecto, pero por otra parte produce un nivel de expectación del trabajo que puede surgir a partir del mismo. Esto no solo limitado a la toma de registros electrocardiográficos, sino también otros tipos de señales biomédicas. Cuya finalidad siempre es la mejora y el bien común de la comunidad.

El uso de la clasificación de Framingham por sobre otras escalas de evaluación de riesgo, fue por ser pioneras en el tema, además de ser las que más estudios han realizado sobre la misma, presentando una mejora continua, ya que en la actualidad hay estudios que están buscando la correlación genética. Esta escala permitió dar un mayor panorama de la enfermedad cardiovascular en la región, debido a que es un padecimiento multifactorial que no siempre se toma en cuenta como una entidad, sino como una consecuencia.

La observación principal es que el Índice de Masa Corporal, como herramienta para detectar problemas de sobrepeso y obesidad, y su importancia para identificar ese factor de riesgo fue fructífero. Se considera a la obesidad como un factor influyente en la presencia de Hipertensión Arterial y Diabetes Mellitus, ya que esta triada conlleva a la aparición de las enfermedades cardiovasculares en un periodo determinado de tiempo, que puede ser postergado si se les da atención médica adecuada y cambios en el estilo de vida. De los resultados obtenidos, no se tuvo un valor estadístico representativo en antecedentes familiares de ECV y el tabaquismo, pero no deja de ser un factor a considerar en el estudio individual del paciente enfermo.

Con mira hacia el futuro, esta investigación contribuye a brindar varias herramientas a investigadores interesados en el área, el cual no solo puede ser llevado a nivel local, sino

en otras ciudades y países. Además de dejar un esquema de base abierto a la implementación de mejoras. En contraste, la disponibilidad de las señales biomédicas permite que su uso académico brinde una mejor perspectiva de conocer a nuestra propia población y no solo identificar situaciones y casos médicos ajenos a nuestro medio.

La salud es un tema mundial, pero también personal, y todo lo que podamos hacer para ayudar a tener un estado de bienestar físico, mental y social, debe hacerse.

Referencias

- Al, M. M., Bazi, Y., Alajlan, N., Malek, S., Al-hichri, H., Melgani, F., & Al, M. A. (2015). Biomedical Signal Processing and Control Classification of AAMI heartbeat classes with an interactive ELM ensemble learning approach. *Biomedical Signal Processing and Control*, 19, 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2015.03.010>
- Armeni, E., & Lambrinoudaki, I. (2017). Maturitas Androgens and cardiovascular disease in women and men. *Maturitas*, 104(July), 54–72. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2017.07.010>
- Barret, K. E., Barman, S. M., & Boltaro, S. (2013). *Ganong. Fisiología Médica* (24va.). McGraw-Hill Interamericana.
- Bousseljot R, Kreiseler D, Schnabel, A. N. (1995). The PTB diagnostic ECG database. *Biomedizinische Technik*, 40(1), 317. Retrieved from doi:10.13026/C28C71
- Calvete, A. (2003). *Programa de Acción: Enfermedades Cardiovasculares e Hipertensión Arterial* (Vol. 77). <https://doi.org/10.1590/S1135-57272003000500001>
- Comisión Nacional de Bioética. (2015). *Guía Nacional para la Integración y el Funcionamiento de los Comités Hospitalarios de Bioética*.
- Couderc, J. (2012). The Telemetric and Holter ECG Warehouse (THEW): The first three years of development and research ☆. *Journal of Electrocardiology*, 45(6), 677–683. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2012.08.001>
- Couderc, J. (2013). *Warehouse to Enable the Validation. The Path from Biomarker Discovery to Regulatory Qualification*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391496-5.00017-X>
- D’Agostino, R. B., Vasan, R. S., Pencina, M. J., Wolf, P. A., Cobain, M., Massaro, J. M., & Kannel, W. B. (2008). General cardiovascular risk profile for use in primary care: The Framingham heart study. *Circulation*, 117(6), 743–753. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.699579>
- Ecg, P. C., & Manual, U. (2014). *Cardiax PC User Manual v3.6*.

- Electrocardiograph, E. L. I., & To, S. L. (n.d.). *ELI Link*.
- Gaztañaga, L., Marchlinski, F. E., & Betensky, B. P. (2012). Mecanismos de las arritmias cardiacas. *Revista Espanola de Cardiologia*, 65(2), 174–185.
<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.09.018>
- 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.
- Greenwald, S. D., Patil, S., & Mark, R. G. (1991). *IMPROVED DETECTION AND CLASSIFICATION OF ARRHYTHMIAS*. Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology. <https://doi.org/10.13026/C2V30W>
- Hermes, R. E., Geselowitz, D. B., & Oliver, G. C. (1980). Development, distribution, and use of the American Heart Association database for ventricular arrhythmia detector evaluation. *Computers in Cardiology*, 263–266.
- IMSS. (2011). Prevención, diagnóstico y tratamiento del sobrepeso y la obesidad exógena., 1–15.
- INEGI. (2015). Encuesta Intercensal 2015. Retrieved from <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>
- Kandasamy, S., & Anand, S. S. (2018). Cardiovascular Disease Among Women From Vulnerable Populations : A Review. *Canadian Journal of Cardiology*, 34(4), 450–457.
<https://doi.org/10.1016/j.cjca.2018.01.017>
- Leonard, E. A., & Marshall, R. J. (2017). Cardiovascular Disease in Women. *Primary Care Clinics in Office Practice*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.pop.2017.10.004>
- Longo, D. L., Kasper, D. L., & Jameson, J. L. (2012). *Harrison's Principles of Internal Medicine* (18th ed.). McGraw-Hill 2012.
- Moody GB, M. (1983). A new method for detecting atrial fibrillation using R-R intervals. *Computers in Cardiology*, 10, 227–230. Retrieved from doi:10.13026/C2MW2D
- Moody GB, M. R. (1984). A noise stress test for arrhythmia detectors. *Computers in*

- Cardiology*, 11, 381–384. Retrieved from doi:10.13026/C2HS3T%0A
- Moody GB, M. R. (2001). The impact of the MIT-BIH Arrhythmia Database. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 20(3), 45–50. Retrieved from doi:10.13026/C2F305
- N, N. F., Avitia, R. L., C, E. R., C, V. P., Reyna, M. A., Valdivia, C., & Nava, M. L. (2015). Protocolo de Adquisición de Registros Electrocardiográficos para Evaluación de Infarto Agudo al Miocardio en la Región de Baja California : Resultados Preliminares, 1.
- Netter, F. H. (2014). *Atlas of Human Anatomy* (6th ed.). Saunders.
- O, C. J., Elosua, R., & Barcelona España CIBER en Epidemiología Salud Pública Barcelona España, M. (2008). Factores de riesgo cardiovascular. Perspectivas derivadas del Framingham Heart Study Cardiovascular Risk Factors. Insights From Framingham Heart Study. *Rev Esp Cardiol*, 61(3), 299–310.
<https://doi.org/10.1157/13116658>
- Peate, I., Nair, M., & Pérez, A. D. (2012). *Anatomía y fisiología para enfermeras* (1era.). McGraw-Hill Interamericana.
- Pencina, M. J., D'Agostino, R. B., Larson, M. G., Massaro, J. M., & Vasan, R. S. (2009). Predicting the 30-year risk of cardiovascular disease: The framingham heart study. *Circulation*, 119(24), 3078–3084.
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.816694>
- Plácido, H., Lourenc, A., Fred, A., Raposo, N., & Aires-de-sousa, M. (2014). Check Your Biosignals Here : A new dataset for off-the-person ECG biometrics. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 3, 503–514.
<https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.11.017>
- Pouryayevali Shahrzad, Wahabi Saeid, Hari Siddarth, H. D. (2014). On establishing evaluation standards for ECG biometrics. *ICASSP*, 3774–3778.
- Raosoft Inc. (2004). Raosoft Sample size calculator. Retrieved from <http://www.raosoft.com/samplesize.html>

- Sherwood, L. (2011). *Fisiología Humana: De las células a los sistemas* (7th ed.). Cengage Learning.
- Ssa. (2010). Guía de Referencia Rápida Detección y Estratificación de Factores de Riesgo Cardiovascular, 1–12.
- Vogler, J. (2013). Bradiarritmias y bloqueos de la conduccion. *Rev Cardiol Esp*, 65(7), 656–667. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2012.01.025>
- Walsh, R. A., Fang, J. C., & Fuster, V. (2014). *Hurst:El corazón. Manual de Cardiología*. (13va.). McGraw-Hill Interamericana.
- Zubirán, I. N. D. C. M. Y. N. S. (2004). *Antropometria_manualinnsz.pdf*. Conacyt. Retrieved from http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spi/unidad2/Antropometria_manualinnsz.pdf

Anexos

Anexo 1. Carta de Aceptación del Comité de Ética en Investigación



HOSPITAL GENERAL
DE MEXICALI
AREA CLINICA Y HUMANIDADES

SECCIÓN AREA INVESTIGACION.

NUMERO DE OFICIO HGM/CEI-DEV/17/27

ASUNTO: Dictamen del comité
de ética en investigación.

Méxicali, B.C. a 10 de Abril de 2017

DR. ROBERTO LÓPEZ AVITIA.
Investigador Principal

Título del Proyecto: APLICACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS NO LINEALES PARA PREDICCIÓN DE LA MORTALIDAD POR EFECTO DE INFARTO AGUDO AL MIOCARDIO.

Código asignado por el Comité.

Le informamos que su proyecto de referencia ha sido evaluado por el Comité y las opiniones acerca de los documentos presentados se encuentran a continuación:

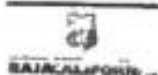
	Nº	Decisión
PROTOCOLO	02 01HGMXL/FIUABC-2017-04-10/155	APROBADO

Este protocolo tiene vigencia de (03) de (2017) a (03) de (2018).

ATENTAMENTE

DR. DIEGO FERNANDO OVALLE MARRQUÍN
Presidente
Comité de Investigación y Ética del Hospital General de Mexicali
CONBIOETICA CEI00520131208

DFOM/liz*



CALLE DEL HOSPITAL S/N. CENTRO CIVICO, MEXICALI, B.C. C.P. 21000
TEL. (6-6) 556-1123 AL 25. FAX. 559-4739



SALUD
PLAN DE SALUD
MEXICALI



Anexo 2. Carta de Consentimiento Informado para participación en una investigación

Nombre: _____

Lugar y fecha: _____

Por medio del presente acepto participar en el protocolo de investigación titulado: Aplicación de modelos matemáticos no lineales para predicción de la mortalidad por efecto de infarto agudo al miocardio.

Los objetivos del estudio son:

- Desarrollar una base de datos propia de Baja California, que sea pública donde se pueda obtener SOLAMENTE INFORMACIÓN sobre ECG.
- Encontrar parámetros por los cuales se pueda detectar de manera prematura la posibilidad de un infarto.
- Identificar los criterios de Framingham de mayor recurrencia en la población.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en responder honestamente un breve cuestionario de 10 preguntas relacionadas a las enfermedades cardiacas, toma de signos vitales, medidas antropométricas y realizar dos estudios electrocardiográficos, estándar y alta resolución. La duración del estudio es de aproximadamente 30 minutos.

Riesgos del estudio: El ECG es un procedimiento muy simple y es completamente indoloro. La máquina de registro no puede darle una descarga eléctrica ni afectar el corazón de ninguna manera. En cambio, puede presentarse aumento de la frecuencia cardiaca como consecuencia de nerviosismo al estudio. En algunas personas se puede producir un enrojecimiento en la zona donde se colocan los electrodos.

Declaro que se me ha informado ampliamente sobre el procedimiento a seguir, así como los beneficios derivados y que no obtendré remuneración monetaria de mi participación en el estudio.

El investigador responsable me ha dado seguridad de que no se me identificará en las presentaciones o publicaciones que deriven de este estudio y de que los datos relacionados con mi privacidad serán manejados en forma confidencial.

Entiendo que conservo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento en que lo considere conveniente; y en caso de presentarse algún hallazgo importante se me notificará por el medio que yo elija de comunicación y se me derivará con el cardiólogo o médico internista que me corresponda en mi institución, con la información obtenida durante mi participación.

Nombre y firma del Paciente

Anexo 3. Historia Clínica Dirigida

Fecha: _____

Institución: _____

Afiliación: _____

Nombre: _____

Ocupación: _____ Tel/Cel.: _____

Sexo: Femenino ()

Masculino ()

Edad: _____ años

Fecha de Nacimiento: ____/____/____

1. ¿Le han realizado con anterioridad algún Electrocardiograma? Si () No ()

1.1 En caso de si, ¿Por qué se lo indicaron? _____

2. ¿Fuma? Si () No () Ya lo dejo ()

2.1 ¿Cuánto tiempo? _____

3. ¿Toma? Si () No () Ya lo dejo ()

3.1 ¿Cuánto tiempo? _____

4. ¿Drogas? Si () No () Ya lo dejo ()

4.1 ¿Cuál y cuánto tiempo? _____

5. ¿Practica algún tipo de ejercicio y/o deporte?

Si ()

No ()

Caminar ()

5.1 ¿Dónde lo practica?

Trotar ()

Casa ()

Correr ()

Parque ()

Zumba ()

Gimnasio ()

Baile ()

Otro _____

Bicicleta ()

Pesas ()

Otra _____

6. ¿Padece alguna enfermedad crónica? Si () No ()

7. Antecedentes Personales Patológicos

Hipertensión Arterial ()
 Diabetes Mellitus ()
 Hipercolesterolemia ()
 Hipertiroidismo ()
 Hipotiroidismo ()
 Cardiopatía () _____
 Otra _____

8. Antecedentes Heredo-Familiares

Hipertensión Arterial () _____
 Diabetes Mellitus () _____
 Hipercolesterolemia () _____
 Hipertiroidismo () _____
 Hipotiroidismo () _____
 Cardiopatía () _____
 Otra _____

9. ¿Toma algún medicamento? Si () No ()

9.1 En dado caso de si, ¿Cuál (es)? _____

10. ¿Ha sufrido de un Infarto Agudo al Miocardio? Si () No ()

Signos Vitales:

Frecuencia Cardíaca _____ x'
 Frecuencia Respiratoria _____ x'
 Presión Arterial _____ mmHg
 pSO₂ _____ %

Medidas Antropométricas:

Peso: _____ Kg.
 Estatura: _____ cm.
 Cintura: _____ cm.
 Cadera: _____ cm.
 IMC: _____

Datos Cardíacos:

Pax: _____
 QRSax: _____
 Tax: _____
 Pd: _____
 PQ: _____
 QRS: _____
 QT: _____
 QTcB: _____

Anexo 4. Formato Ficha del Paciente para PhysioBC

<i>Español</i>		<i>English</i>	
Paciente:	000	Patient:	000
Edad:	Xx años	Age:	Xx years
Sexo:		Sex:	
Fecha ECG:	Dd/mm/aa	ECG Date:	Mm/dd/yy
Tabaquismo:	Si/No	Smoker:	Yes/No
Tomador:	Si/No	Drinker:	Yes/No
Ejercicio:	Si/No	Exercise:	Yes/No
Diagnostico Cardiovascular:	Si/No	Cardiovascular Diagnose:	Yes/No
Diagnósticos Adicionales:		Additional Diagnoses:	
Tratamientos:		Treatments:	
Frecuencia Cardiaca:	Xx por minuto	Pulse Rate:	Xx per minute
Frecuencia Respiratoria:	Xx por minuto	Respiration Rate:	Xx per minute
Presión Arterial:	Xx/xx mmHg.	Blood Pressure:	Xx/xx mmHg.
Peso:	Xxx kg.	Weight:	Xxx kg.
Estatura:	Xxx cm	Height:	Xxx cm
IMC:		BMI:	

Anexo 5. Formato Clasificación de Framingham para pacientes en PhysioBC

Riesgo Cardiovascular a 10 años / General CVD Risk Prediction (10-year risk)

<i>Paciente 000</i>		<i>Patient 000</i>	
Español:		English:	
Corazón/Edad Vascular:		Your Heart/Vascular Age:	
Resultados basados en el IMC		BMI-Based Results	
Riesgo Actual:		Your risk:	
Riesgo Optimo:		Optimal Risk:	
Riesgo Normal:		Normal Risk:	

Riesgo Cardiovascular a 30 años / Cardiovascular Disease 30-year risk

<i>Paciente 000</i>		<i>Patient 000</i>	
Español:		English:	
Corazón/Edad Vascular:		Your Heart/Vascular Age:	
Resultados basados en el IMC		BMI-Based Results	
Riesgo Actual de ECV completa:		Your risk of Full CVD:	
Riesgo Optimo de ECV completa:		Optimal Risk of Full CVD:	
Riesgo Normal de ECV completa:		Normal Risk of Full CVD:	
Riesgo Actual de ECV alta:		Your Risk of Hard CVD:	
Riesgo Optimo de ECV alta:		Optimal Risk of Hard CVD:	
Riesgo Normal de ECV alta:		Normal Risk of Hard CVD:	