



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
RECEPCIÓN POR RF PARA UN  
ELECTROCARDÍOGRAFO MÓVIL CON  
SISTEMA DE ALERTA.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**P R E S E N T A:**

**MARIO ALBERTO ESQUIVEL VILLARRUEL**

DIRECTORA DE TESIS: DRA. FÁTIMA MOUMTADI

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F.

2013





## AGRADECIMIENTOS

---

*A mis padres, por su gran apoyo y motivación para lograr mis objetivos, por ser el pilar fundamental en mi formación académica, por cada enseñanza de vida, por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida, por su amor y cariño.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, por la formación académica que recibí, y los conocimientos brindados de cada uno de los profesores de la carrera.*

*A mi directora de tesis, Dra. Fátima Moumtadí, quien me dio la oportunidad de participar en este proyecto, bajo su dirección, depositando en mí su entera confianza y apoyo en todo momento. Gracias por su experiencia, su paciencia y su motivación.*

*A Marcos Pineda Tonis y al Ing. Xavier Gómez quienes colaboraron de manera importante en la realización de este proyecto, gracias por su apoyo y dedicación.*

*A mis Hermanos y a Verónica Olmos Montoya, por su apoyo y por ser parte importante en este gran logro.*



## ÍNDICE GENERAL

---

<i><b>AGRADECIMIENTOS</b></i> .....	<b>1</b>
<i><b>ÍNDICE GENERAL</b></i> .....	<b>2</b>
<i><b>ÍNDICE DE FIGURAS</b></i> .....	<b>4</b>
<i><b>INTRODUCCIÓN</b></i> .....	<b>6</b>
<i><b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b></i> .....	<b>8</b>
<i><b>MÉTODO</b></i> .....	<b>9</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b> .....	<b>10</b>
<b>2. ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES</b> .....	<b>14</b>
2.1. El corazón .....	14
2.1.1. Vasos sanguíneos .....	15
2.2. ¿Qué son las enfermedades cardíacas y cardiovasculares? .....	17
2.3. ¿Cómo se desarrollan las enfermedades cardiovasculares? .....	19
2.4. Problemas comunes que acompañan a las enfermedades cardíacas y cardiovasculares. ....	23
2.5. Principales señales de enfermedad cardíaca. ....	26
2.5.1. Pruebas más importantes para detectar y diagnosticar alguna enfermedad cardíaca.....	32
<b>3. EL ELECTROGARDIÓGRAFO</b> .....	<b>38</b>
3.1. Frecuencia y actividad eléctrica del corazón.....	38
3.2. ¿Qué es un electrocardiograma? .....	41
3.3. Electrocardiograma. ....	45
3.4. Características y ondas que componen la señal del electrocardiograma. ....	46



<b>4. RECEPTOR DE RADIOFRECUENCIA PARA UN ELECTROCARDIÓGRAFO MÓVIL, CON SISTEMA DE ALARMA.....</b>	<b>51</b>
4.2 Estructura básica de un receptor de RF .....	52
4.3 Diagrama a bloques del dispositivo .....	55
4.4 Módulo receptor de RF y principios del diseño .....	56
4.5 PIC demodulador y sistema indicador de alarma.....	60
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>68</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 3.1 Posición de electrodos 1 .....	42
Figura 3.2 Forma gráfica de un ECG 1.....	45
Figura 3.3 Esquema completo ECG normal 1 .....	50
Figura 4.1 Diagrama básico de un receptor 1 .....	52
Figura 4.2 Diagrama a bloques del dispositivo 1 .....	55
Figura 4.3 Módulo RWS 1.....	57
Figura 4.4 características del módulo RWS-433 1.....	57
Figura 4.5 Modulación ASK 1.....	58
Figura 4.6 Modulación ASK OOK(On/Off Keying) 1 .....	59
Figura 4.7 PIC16F628A 1.....	60
Figura 4.8 Señal de activación de alarma 1 .....	62
Figura 4.9 Señal para desactivación de alarma 1.....	62
Figura 4.10 Receptor completo con alarma desactivada 1 .....	63
Figura 4.11 Receptor completo con alarma activada 1.....	64



## OBJETIVO

---

Diseñar un sistema de recepción de radiofrecuencia de bajo costo, que será parte de un sistema de comunicaciones empleado para un electrocardiógrafo móvil, el cual, mediante una señal eléctrica alertará a la persona a cargo del cuidado del paciente de un posible problema en el desempeño cardiovascular del enfermo, de manera que se pueda tener cobertura disponible en un hospital o una casa.



## INTRODUCCIÓN<sup>1\*</sup>,

---

Haciendo uso de la investigación realizada por el Ing. Javier Gómez Méndez; en su tesis de licenciatura, en la que presentó el diseño de un electrocardiógrafo móvil, el cual, adquiere la actividad eléctrica del corazón en forma de voltajes a través de puntos específicos del cuerpo humano. Se realizará una mejora, que consta de un cambio total en la forma de comunicación empleada, puesto que el medio de comunicaciones por infrarrojo presenta varias desventajas para cumplir nuestro objetivo, tales como:

- Su poca o incluso nula capacidad de movimiento, pues se bloquea la transmisión con materiales comunes, presentando una intolerancia a la interrupción de línea de vista.
- Grandes niveles de ruido e interferencias.
- Altos grados de atenuación.
- Restricción en la cantidad de potencia que puede ser empleada para transmitir, evitar riesgos oculares y minimizar el consumo de potencia.
- Debido a las características de este medio de comunicación, la tasa de datos disminuye y por tanto, la relación señal-ruido se reduce; haciendo escasa su utilización a gran escala.

La mejora consistirá en implementar el diseño de un transmisor y receptor inalámbricos comunicados por un enlace de RF, por lo que se tendrá que investigar sobre; una modulación la cual nos dé ventaja para el tipo de transmisión inalámbrica, una banda de frecuencia libre en el orden de microondas, una antena que tenga las características adecuadas para el proyecto, y un circuito para la parte de potencia, para finalmente contar con un diseño el cual nos permita llegar a una alta frecuencia, y de forma contraria disminuirla para ser recibida y demodulada. La parte de transmisión será diseñada en su tesis de



licenciatura por Marcos Pineda Tonis, mientras que la parte de recepción se realizará en la presente tesis.

Al lograr nuestro objetivo obtendremos grandes ventajas en comparación con la transmisión por infrarrojo, por ejemplo:

-Tendremos una amplia libertad de movimientos.

-Al trabajar con una frecuencia de operación alta, podremos transmitir grandes cantidades de información.

-Las frecuencias altas equivalen a longitudes de onda cortas, que requieren antenas relativamente pequeñas, haciendo de nuestro diseño un dispositivo pequeño.

-Nuestra señal podrá propagarse con más facilidad en torno a obstáculos físicos, como por ejemplo, a través del agua o las montañas altas.

-Se introducen tiempos mínimos de retardo.

Dadas las características anteriores se diseñará un dispositivo con mayor confiabilidad, dado que es muy importante al ser parte de un equipo médico.



## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 2.3\*

---

La enfermedad cardíaca es también conocida como enfermedad cardiovascular, esta enfermedad incluye una variedad de problemas, como: presión arterial elevada, endurecimiento de las arterias, dolor de pecho, ataques cardíacos, y derrames cerebrales.

Según datos y estadísticas del INEGI (Instituto Nacional De Estadística y Geografía) y la OMS (organización mundial de la salud), las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la principal causa de muerte en México y en el mundo. En México hasta el 2010 se calculó una tasa anual de fallecimientos de un cuarto de millón de personas, a causa de padecimientos cardiacos, mientras que en el mundo se calculó hasta el 2004, que murieron por esta causa 17,3 millones de personas, lo que representó un 30% de todas las muertes registradas en el mundo.

Según la OMS se calcula que en 2030 morirán cerca de 23,6 millones de personas por ECV, sobre todo por cardiopatías, y se prevé que sigan siendo la principal causa de muerte.

Hoy en día, uno de los equipos médicos más utilizados para la detección de anomalías en el buen funcionamiento del corazón es el electrocardiógrafo, este es un aparato electrónico que capta y amplía la actividad eléctrica del corazón a través de electrodos colocados en el pecho, antebrazo y piernas del paciente; sin embargo, son dispositivos que no resultan ser muy asequible para las personas, pues son bastante caros oscilando sus precios entre 5,000 y 30,000 pesos.



## MÉTODO

---

Con el trabajo que realizará en su tesis de licenciatura Marcos Pineda Tonis, se obtendrá una señal del corazón en forma de voltajes a través de puntos específicos del cuerpo. El dispositivo contendrá un sistema de alerta, la cual será activada en el momento que se presente alguna anomalía en el corazón y será enviada por un transmisor inalámbrico por medio de un enlace de RF.

Se diseñará un receptor inalámbrico que será capaz de recibir y procesar la señal enviada por el transmisor. El receptor estará compuesto principalmente por tres bloques: un módulo receptor de RF que se encargará de cumplir con las etapas de amplificación, mezclado y demodulación; un microcontrolador PIC, que tendrá la función de decodificar la señal enviada y accionar los mecanismos de alarma; y por último el sistema de alerta el cual estará implementado con indicadores de emergencia del tipo visual (led indicador), y auditivo (bocina), para poder alertar de manera inmediata a la persona que se encuentra cuidando al paciente.



## 1. ANTECEDENTES 4\*

---

Los factores de riesgo cardiovascular son responsables de las causas más frecuentes de morbilidad y mortalidad general, tanto en el mundo como en México.

Las enfermedades cardíacas y cardiovasculares, como parte importante en la epidemia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), rebasan ampliamente a las enfermedades infecciosas y parasitarias, y su velocidad de crecimiento es cada vez mayor.

Dentro de las ECNT, se calcula que las enfermedades cardiovasculares reducen en siete años la expectativa de vida y son las principales causas de muerte en el continente americano, además de ser una causa común de discapacidad, muerte prematura y gastos excesivos para su prevención y control. Cada año mueren alrededor de 17 millones de personas en el mundo por enfermedad cardiovascular y se estima que cada cuatro segundos ocurre un evento coronario y cada cinco segundos un evento vascular cerebral.

Aproximadamente entre 1.5 a 5% de todos los hipertensos mueren cada año por causas directamente relacionadas con hipertensión arterial sistémica. Por su parte, la cardiopatía isquémica afecta a hombres de edad mediana y avanzada; su mortalidad es 20% más alta que en las mujeres, siendo los mayores de 65 años los más afectados.

Las ECV afectan con mayor intensidad a los grupos de población de escasos recursos y las poblaciones vulnerables, por lo que su prevención y control representan un reto en la salud pública del país, debido a que constituyen un conjunto de enfermedades que resultan de estilos de vida no saludables. El tabaquismo, el consumo excesivo de bebidas alcohólicas y de sodio, además de otros determinantes, como la susceptibilidad genética, el estrés psicosocial, los



hábitos de alimentación inadecuados y la falta de actividad física, inciden en conjunto en la distribución, frecuencia y magnitud de estas enfermedades.

En el nivel macroeconómico, las ECV imponen una carga onerosa a los países de ingresos bajos y medianos, se calcula que las cardiopatías, los accidentes vasculares cerebrales y la diabetes sacarina, reducen entre 1% y 5% su producto interno bruto.

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), durante los próximos diez años se estima que ocurrirán aproximadamente 20.7 millones de defunciones por enfermedades cardiovasculares en América, de las cuales 2.4 pueden ser atribuidas a la hipertensión arterial, componente importante del riesgo cardiovascular.

Las limitaciones en los programas de prevención y control para el manejo adecuado de pacientes con sobrepeso, obesidad, hipertensión arterial y dislipidemias, se deben principalmente al abasto inadecuado de medicamentos; carencia y mala calibración de equipos; falta de personal capacitado; sistemas de referencia y contra referencia deficientes; dificultades de acceso a los servicios; serias limitaciones de apoyo a los pacientes; inexistencia de mecanismos eficientes para garantizar la adherencia terapéutica; y cambios de conducta en los pacientes y sus familias.

Uno de los retos que enfrentan los servicios de salud es la incorporación permanente de la evidencia científica a la práctica médica, en tanto permite, entre otros aspectos, una mejor adherencia al tratamiento, tanto de carácter preventivo como de control.



### *Uso del Electrocardiógrafo*

Existen una serie de señales que han de ser supervisadas de forma constante o periódica en los pacientes. Las más comunes son; la señal de concentración de oxígeno en la sangre, temperatura, las señales de actividad eléctrica del corazón, etc.

En el Sistema de Salud, tanto en el Sector Público como en el Sector Privado, los médicos y técnicos de la salud utilizan una gran variedad de instrumentos o aparatos electro-médicos, que les sirven para dar diferentes lecturas del comportamiento interno y externo del cuerpo humano; esto como medio de atención y control de los pacientes.

El instrumento principal de la electrofisiología cardiaca es el electrocardiógrafo, el cual capta y amplía la actividad eléctrica del corazón de los pacientes, por medio de la prueba llamada electrocardiograma (ECG o EKG).

La utilidad clínica del ECG es diagnosticar enfermedades cardiovasculares, además de que tiene grandes ventajas pues la prueba no representa riesgos para los pacientes; se utiliza una técnica no invasiva, al no introducirse en el cuerpo.

### *Historia*

En el siglo XIX se hizo evidente que el corazón generaba energía eléctrica. La actividad bioeléctrica correspondiente al latido cardiaco fue descubierta por Kolliker y Mueller en 1856. El primero en aproximarse sistemáticamente a este órgano bajo el punto de vista eléctrico fue Augustus Waller, aunque el logro llegó cuando Willem Einthoven descubrió el galvanómetro de cuerda, mucho más exacto que el galvanómetro capilar que usaba Waller. Einthoven asignó



las letras P, Q, R, S y T a las diferentes deflexiones y describió las características electrocardiográficas de gran número de enfermedades cardiovasculares. Le fue otorgado el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1924 por su descubrimiento.

Fue hasta 1895 que se tuvo el primer registro exacto del electrocardiograma y su utilización clínica. Einthoven, utilizando un voltímetro mejorado y una fórmula de corrección desarrollada independientemente de Burch, distingue cinco ondas, que él denomina P, Q, R, S y T.

#### *Problemática detectada*

Por una parte, el diagnóstico cardiológico o valoración del paciente depende de la lectura precisa del electrocardiograma, por tal motivo, es de suma importancia contar con equipos debidamente calibrados, que se encuentren funcionando correcta y efectivamente.

Un inconveniente llega cuando la lectura del ECG no es correcta, debido al mal funcionamiento del electrocardiógrafo, ya sea por un mal o nulo mantenimiento.

#### *Electrocardiógrafo en la actualidad.*

Hoy en día podemos observar en el mercado electrocardiógrafos muy modernos de los cuales la mayoría ya cuentan con una pantalla LCD donde se observan los datos obtenidos, una batería recargable, y en algunos casos, cuentan con la opción de imprimir la lectura del electrocardiógrafo; sin embargo son dispositivos sumamente caros que llegan a tener precios de hasta 30,000 pesos



## 2. ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES

---

### 2.1. El corazón <sup>6,8\*</sup>

El corazón es una víscera de tejido muscular especializado, es el órgano central del aparato circulatorio. Está situado en la parte izquierda del pecho (hemitórax izquierdo) y está formado por cuatro cavidades:

- I. La aurícula derecha recibe toda la sangre de la periferia, recogida por el sistema venoso y acumulada en la vena cava superior y la vena cava inferior.
- II. El ventrículo derecho recibe la sangre desde la aurícula derecha. Entre uno y otro se encuentra la válvula tricúspide que regula el flujo sanguíneo. De este ventrículo la sangre sale hacia ambos pulmones por medio de la arteria pulmonar, cuyo flujo es regulado por una válvula que se llama sigmoidea pulmonar. En los pulmones, a través de los alveolos, el anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), originado por la respiración celular, se cambia por el oxígeno ( $\text{O}_2$ ) del aire que respiramos, lo que "purifica" la sangre.
- III. A la aurícula izquierda llega la sangre "pura" proveniente de los pulmones, a través de las cuatro venas pulmonares.
- IV. El ventrículo izquierdo es un músculo muy potente que recibe la sangre de la aurícula izquierda. La llamada válvula mitral regula este flujo. De aquí, la sangre es enviada a todo el organismo por medio de una gran arteria, la aorta, en cuyo origen se encuentra una nueva válvula reguladora, la sigmoidea aórtica.



Aunque con frecuencia se piensa que son el mismo padecimiento, las enfermedades cardíacas y cardiovasculares son distintas e involucran a diferentes partes del cuerpo.

Las funciones primarias del corazón consisten en proporcionar oxígeno a todo el organismo y, al mismo tiempo, liberarlo de los productos de desecho (anhídrido carbónico). En concreto, el corazón bombea sangre continuamente a través del sistema circulatorio, que es la red de tubos elásticos que permiten que la sangre fluya por todo el organismo.

El sistema circulatorio comprende dos órganos principales, el corazón y los pulmones, así como los vasos sanguíneos (arterias, capilares y venas). Las arterias y capilares transportan la sangre, rica en oxígeno y nutrientes, del corazón y los pulmones a todas las partes del cuerpo. Las venas regresan la sangre, reducida en oxígeno y nutrientes, al corazón y los pulmones.

### **2.1.1. Vasos sanguíneos**

El resto del sistema circulatorio (cardiovascular) está compuesto por arterias, arteriolas, capilares, vénulas y venas. Las arterias, fuertes y flexibles, transportan la sangre desde el corazón y soportan la mayor presión arterial. Su elasticidad permite mantener una presión arterial casi constante entre cada latido cardíaco. Las arterias y arteriolas más pequeñas tienen paredes musculares que ajustan su diámetro con el fin de aumentar o disminuir el flujo de sangre hacia una zona en particular. Los capilares son vasos minúsculos, con paredes extremadamente finas, que actúan como puentes entre las arterias (que llevan la sangre que sale del corazón) y las venas (que la llevan de vuelta hacia él). Por un lado, los capilares permiten que el oxígeno y las sustancias nutritivas pasen desde la



sangre hacia los tejidos y por otro, dejan que los productos de desecho pasen de los tejidos hacia la sangre.

Los capilares desembocan en las vénulas, que a su vez desembocan en las venas que llegan al corazón. Debido a que las venas tienen paredes muy finas pero son, por lo general, más anchas que las arterias, transportan el mismo volumen de sangre pero con una velocidad menor y con mucha menos presión.

Precisamente, el corazón y el aparato circulatorio tienen la misión de enviar la sangre rica en oxígeno y diferentes nutrientes a todo el organismo y recoger los restos originados por el metabolismo de cada uno de los tejidos y conducirlos a los órganos que han de depurarlos (riñón, pulmones).

### *Gasto cardiaco*

Es la cantidad de sangre que sale del corazón en un minuto.

El gasto cardiaco constituye la resultante final de todos los mecanismos que normalmente se ponen en juego para determinar la función ventricular (frecuencia cardiaca, contractilidad, sinergia de contracción, precarga y poscarga). Si tenemos en cuenta que el gasto cardiaco es de importancia primordial para la vida, se comprenderá como en presencia de enfermedad cardiaca, la disminución del gasto cardiaco de inmediato se normaliza a expensas de utilizar mecanismos compensadores que son causa de síntomas (insuficiencia cardiaca) y cuando a pesar de utilizar todos los mecanismos de compensación no se logra mantener el gasto cardiaco, estaremos en el grado extremo de insuficiencia cardiaca que terminará inexorablemente con la vida del paciente.



## 2.2. ¿Qué son las enfermedades cardíacas y cardiovasculares? 7-8,13\*

La enfermedad cardíaca se refiere únicamente a las enfermedades del corazón y del sistema de vasos sanguíneos del corazón.

La enfermedad cardiovascular se refiere a las enfermedades del corazón y a las enfermedades del sistema de vasos sanguíneos (arterias, capilares, venas) de todo el organismo, tales como el cerebro, las piernas y los pulmones. "Cardio" se refiere al corazón y "vascular" al sistema de vasos sanguíneos.

Las enfermedades cardiovasculares (que incluyen la alta presión sanguínea, colesterol elevado y enfermedades del corazón) afectan el corazón al estrechar las arterias y reducir la cantidad de sangre que el corazón recibe, lo que hace que el corazón trabaje más duro.

Las enfermedades cardiovasculares muchas veces se presentan sin dolor y sin síntomas obvios. Por esa razón, a menudo no se tratan. Esto puede llevar a problemas de salud todavía más serios, como el ataque al corazón, la embolia y el daño a los riñones. Lo que es especialmente peligroso de las enfermedades cardiovasculares es que se puede padecer más de una a la vez sin siquiera saberlo.

Hay muchos tipos de enfermedades cardíacas y cardiovasculares, y la siguiente es una descripción de las más comunes:

- Aterosclerosis.

La aterosclerosis es un tipo de arteriosclerosis (o adelgazamiento y endurecimiento de las arterias). Conforme envejecemos, podría ocurrir espontáneamente cierto endurecimiento de las arterias. Cuando una persona padece de aterosclerosis, las paredes internas de las arterias se



estrechan más debido a la acumulación de placa. La placa es el resultado de depósitos de grasa, colesterol y otras sustancias. Se forman coágulos de sangre que obstruyen el flujo sanguíneo; lo cual puede provocar ataques cardíacos y derrames cerebrales. El colesterol elevado en la sangre, fumar, la hipertensión sanguínea, la diabetes, la obesidad y no ser físicamente activo, le colocan en un riesgo mayor de padecer de aterosclerosis. Es extremadamente importante considerar que 1 de 3 personas mueren de complicaciones atribuidas a la aterosclerosis.

- Enfermedad cardíaca coronaria (o enfermedad de las arterias coronarias).

La enfermedad cardíaca coronaria es una enfermedad ocasionada por un estrechamiento de los vasos sanguíneos que alimentan el corazón, debido a la aterosclerosis. A consecuencia de esto, el flujo sanguíneo puede disminuir o detenerse; ocasionar angina de pecho y provocar un infarto cardíaco.

Las mujeres mayores de 40 años tienen más riesgo de sufrir esta enfermedad porque los problemas relacionados con el corazón tienden a incrementarse con la edad.

- Insuficiencia cardíaca.

La insuficiencia cardíaca significa que el corazón no es capaz de bombear sangre al organismo tan bien como debería hacerlo. NO significa que el corazón se detiene literalmente. La insuficiencia cardíaca se desarrolla lentamente y puede tener un impacto importante en la vida de la persona y en su capacidad para realizar actividades cotidianas; como vestirse, bañarse y desplazarse.

- La cardiopatía reumática.



La cardiopatía reumática se presenta como lesiones del miocardio y de las válvulas cardíacas debidas a la fiebre reumática, una enfermedad causada por bacterias denominadas estreptococos.

- Las trombosis venosas profundas y embolias pulmonares

Son coágulos de sangre (trombos) en las venas de las piernas, que pueden desprenderse (émbolos) y alojarse en los vasos del corazón y los pulmones.

### **2.3. ¿Cómo se desarrollan las enfermedades cardiovasculares? 5,6,10-17\***

Los problemas del corazón y los vasos sanguíneos no suceden rápidamente, con el tiempo; las arterias que llevan la sangre al corazón y al cerebro pueden obstruirse, debido a la acumulación de células, grasa y colesterol (placa.); ocurre la disminución en el flujo de sangre al corazón debido a obstrucciones en las arterias ocasiona ataques cardiacos; la falta de flujo de sangre al cerebro ocasionada por un coágulo de sangre o una hemorragia en el cerebro, debido a la rotura de los vasos sanguíneos es lo que ocasiona un derrame cerebral.

Las enfermedades cardiovasculares ocupan la tercera causa de muerte en los pacientes menores de 15 años. Las cardiopatías congénitas tienen una contribución significativa para esta estadística, pero cada día más, un estilo de vida poco saludable es responsable de un incremento alarmante de problemas cardiovasculares en la infancia y adolescencia.

Estudios basados en la población joven muestran que los predecesores de las enfermedades de corazón empiezan en la adolescencia. Por ejemplo, el proceso de aterosclerosis se desarrolla en décadas y comienza en la infancia. Las



determinantes pato-biológicas de la arterosclerosis en estudios basados en jóvenes demostraron que las lesiones internas aparecieron en todas las aortas y más de la mitad de las arterias coronarias derecha de infantes de 7 a 9 años.

Sin embargo, la mayoría de los adolescentes están más preocupados por otras enfermedades, como el VIH, accidentes y cáncer, que por las enfermedades cardiovasculares. Con el fin de detener la marea de las enfermedades cardiovasculares, la prevención primaria es necesaria.

Muchos factores pueden poner a la persona en riesgo de sufrir enfermedades cardiacas y cardiovasculares, algunos no se pueden controlar, tales como; la edad, los antecedentes médicos familiares y el origen étnico. Entre los que sí se pueden controlar o prevenir se consideran tres como principales: fumar, hipertensión sanguínea y nivel alto de colesterol.

También hay una serie de determinantes subyacentes de las enfermedades crónicas, es decir, "las causas de las causas", que son un reflejo de las principales fuerzas que rigen los cambios sociales, económicos y culturales: la globalización, la urbanización y el envejecimiento de la población. Otros determinantes de las ECV son la pobreza y el estrés.

Factores de Riesgo:

- Uso de tabaco es el factor de riesgo cardiovascular más importante ya que la incidencia de la patología coronaria en los fumadores es tres veces mayor que en el resto de la población. El fumar cigarrillos causa que se forme una placa en las paredes interiores de las arterias. Respirar el humo del tabaco durante largos periodos de tiempo, o todo el tiempo, puede incrementar el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, aunque no fume. La posibilidad de padecer una enfermedad de corazón es



proporcional a la cantidad de cigarrillos fumados al día y al número de años en los que se mantiene este hábito nocivo.

- Presión sanguínea elevada (o hipertensión). Ocurre cuando la presión de la sangre contra la pared de las vías sanguíneas está constantemente más elevada de lo normal, puede ocasionar insuficiencia cardíaca y también puede provocar un derrame cerebral, insuficiencia renal y otros problemas de salud. La lectura de la presión sanguínea, mide la fuerza de la sangre bombeada desde el corazón contra las paredes de los vasos sanguíneos. Se hace un diagnóstico de hipertensión sanguínea cuando la lectura excede constantemente 140/90.
- La hipercolesterolemia es la presencia de niveles elevados del colesterol en la sangre. No puede considerarse una enfermedad sino un desajuste metabólico que puede contribuir especialmente a la enfermedad cardiovascular. La probabilidad de presentar hipercolesterolemia suele aumentar con la edad, con el sobrepeso, la obesidad, el sedentarismo y ante la presencia de diabetes.
- La falta de actividad física. Los individuos que no hacen suficiente actividad física tienen dos veces más probabilidades de desarrollar enfermedades cardiovasculares en comparación a quienes se mantienen físicamente activos. La inactividad física también te puede predisponer a la obesidad y a la diabetes, ambas también pueden provocar enfermedades cardiovasculares. Se ha vinculado el sobrepeso con enfermedades cardíacas coronarias, el derrame cerebral, la insuficiencia cardíaca congestiva y la muerte debido a causas relacionadas con el corazón. Entre más sobrepeso tenga, mayor será su riesgo de sufrir una enfermedad cardíaca.



- Hábitos de alimentación: Los individuos que tienen sobrepeso corren mayor riesgo de tener el colesterol elevado, de desarrollar hipertensión y otras condiciones crónicas cardiovasculares que aquellas personas que mantienen un peso saludable. Se calcula que solamente el 18% de las mujeres y el 20% de los hombres consumen las cinco porciones recomendadas de frutas y verduras por día.
- Diabetes, referida algunas veces como altos niveles de azúcar en la sangre, es una condición grave que aumenta el riesgo de sufrir enfermedades cardíacas y cardiovasculares. La diabetes, la hipertensión sanguínea, el colesterol elevado y la obesidad, a menudo van de la mano y aumentan el riesgo de sufrir enfermedades cardíacas. Además, se ha descubierto que la diabetes duplica el riesgo de sufrir un ataque cardíaco en las mujeres, pero no en los hombres.
- Las píldoras anticonceptivas de dosis reducidas de hoy en día, conllevan un riesgo menor de sufrir enfermedades cardíacas y derrame cerebral, del que conllevaban anteriormente las píldoras de altas dosis. Pero este no es el caso para las mujeres que fuman o tienen hipertensión sanguínea.
- Los latidos del corazón "extra", también llamados palpitaciones o contracciones ventriculares prematuras (CVP), ocurren cuando existe irritación en la parte inferior de las cámaras de bombeo del corazón. Las CVP interrumpen el ritmo normal del corazón y ocasionan latidos irregulares que pueden sentirse como un "latido perdido" o "flip-flop" en el pecho. Esto puede ser inofensivo o puede resultar en problemas más graves.
- Los miembros de familias con antecedentes familiares de ataques cardíacos contemplan un riesgo cardiovascular más alto. El peligro aumenta



proporcionalmente según la cantidad de parientes directos que hayan padecido infartos.

- Estrés, es la tensión provocada por situaciones agobiantes que originan reacciones psicosomáticas o trastornos psicológicos. Se ha demostrado que existe un aumento del riesgo de infarto agudo de miocardio (doble de lo normal) durante las dos horas siguientes a un episodio significativo de alteración emocional o estrés. Se sabe que el estrés mental puede aumentar la frecuencia cardíaca, la presión arterial y las demandas de oxígeno del corazón.
- Drogas, son sustancias cuyo consumo puede producir dependencia, que son empleadas para la estimulación o depresión del sistema nervioso central y que dan como resultado un trastorno en la función del juicio, del comportamiento o del ánimo de la persona. Además, su peligroso impacto sobre nuestro sistema cardiovascular está demostrado científicamente.
- Proteína C reactiva. Estudios epidemiológicos sugieren que la inflamación de las placas de ateroma es un fenómeno que precede a los ataques agudos cardíacos o cerebrales. La proteína C reactiva (PCR) se halla en la sangre como respuesta a la inflamación, así que podemos considerarla como marcador de la existencia de fenómenos inflamatorios, y por tanto, un claro marcador de riesgo cardiovascular.

#### **2.4. Problemas comunes que acompañan a las enfermedades cardíacas y cardiovasculares. 7,11-13\***

Algunas condiciones comunes asociadas con las enfermedades cardiovasculares son:



- Ataque al corazón. Un ataque al corazón ocurre cuando un coágulo bloquea parte o todo el abastecimiento de sangre que va directamente al músculo del corazón. Cuando se cierra por completo el flujo de sangre, el músculo del corazón empieza a morir.
- Embolia. Una embolia ocurre cuando un vaso sanguíneo que abastece de sangre al cerebro se bloquea parcial o completamente, lo cual conduce a una incapacitación del cerebro debido a la reducción del flujo de sangre. El impedimento al cerebro a su vez resulta en la pérdida de movimientos del cuerpo controlados por esa parte del cerebro.
- Angina de pecho. Un dolor o molestia en el pecho que ocurre cuando alguna parte del corazón no recibe suficiente sangre. Sensación de presión o dolor, como si algo lo apretara, a menudo en el pecho, debajo del esternón, pero en algunas ocasiones también ocurre en los hombros, brazos, cuello, mandíbula o espalda. El factor más común que provoca la angina de pecho es el esfuerzo físico. Otros factores pueden ser el estrés emocional, el frío o calor excesivo, el alcohol y fumar. La angina de pecho raras veces ocasiona daños permanentes en el corazón, tal como lo hace un ataque cardíaco. El ataque cardíaco ocurre cuando el flujo sanguíneo que va a alguna parte del corazón se suspende súbita y permanentemente.
- Derrame cerebral. La falta de flujo de sangre al cerebro ocasionada por un coágulo de sangre o una hemorragia en el cerebro debido a la rotura de los vasos sanguíneos es lo que ocasiona un derrame cerebral. Sin un buen suministro de sangre, las células cerebrales no pueden obtener suficiente oxígeno y comienzan a morir. Aún cuando estos ataques no dañen el cerebro, son graves y pueden ponerlo en un riesgo mayor de sufrir un derrame cerebral total. No controlar la hipertensión, fumar y la diabetes, incrementan el riesgo de sufrir un derrame cerebral.



- Insuficiencia cardíaca congestiva. Esta condición ocurre cuando el volumen de sangre que sale en cada latido del corazón disminuye debido al funcionamiento anormal del músculo del corazón o de las estructuras de las válvulas. El abastecimiento de sangre a los tejidos del cuerpo no es suficiente para cumplir con la demanda apropiada de oxígeno que los tejidos necesitan para el trabajo biológico.

Muchas mujeres piensan que las enfermedades cardíacas son un problema de hombres, sin embargo, estas enfermedades afectan gravemente a las mujeres. La edad también es un factor de riesgo en las enfermedades cardíacas y las personas de 65 años o más, son el grupo de más rápido crecimiento.

Conforme envejecen las mujeres, especialmente después de la menopausia, éstas se encuentran en mayor riesgo de padecer de una enfermedad cardiovascular. Se cree que los menores niveles de estrógeno durante y después de la menopausia aumentan este riesgo. La menopausia temprana, natural o quirúrgica, puede duplicar el riesgo de que la mujer desarrolle la enfermedad cardíaca coronaria.

Las mujeres jóvenes también están en riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares si fuman o tienen hipertensión sanguínea, diabetes, niveles de colesterol altos y antecedentes familiares de enfermedades cardiovasculares en edades tempranas. Las mujeres con enfermedad cardíaca congénita tienen un riesgo mayor de tener un bebé con una disfunción en el corazón.

Las enfermedades cardíacas se están volviendo un problema cada vez mayor para las mujeres. Los hombres sufren de ataques cardíacos y derrames cerebrales con mayor frecuencia que las mujeres. Pero, la tasa de mortandad de mujeres con enfermedades cardiovasculares es mayor.



## 2.5. Principales señales de enfermedad cardíaca. 15-21\*

Con frecuencia, la enfermedad cardíaca no tiene síntomas y por esta razón se le denomina asesina "silenciosa". Sin embargo, existen algunos síntomas que pueden alertar sobre un posible problema.

### Síntomas generales de las cardiopatías

Los síntomas de una cardiopatía incluyen ciertos tipos de dolor, disnea (sensación de falta de aire o "sed de aire"), fatiga (cansancio), palpitaciones (la sensación de un latido lento, rápido o irregular), sensación de mareo y desmayos. Sin embargo, estos síntomas no indican necesariamente una cardiopatía. Por ejemplo, el dolor torácico puede indicar una enfermedad del corazón, pero también puede ser debido a un trastorno respiratorio o gastrointestinal.

### *Dolor*

Cuando el aporte de sangre a los músculos es insuficiente (una situación denominada isquemia), la falta de oxígeno y el exceso de desechos causan calambres. La angina, una sensación de tensión o de opresión torácica, aparece cuando el músculo cardíaco no recibe suficiente sangre. De todas formas, el tipo y el grado de dolor o de malestar varían enormemente en cada caso. Una persona puede tener una deficiencia en el suministro de sangre que no le produzca dolor alguno (isquemia silente).

Cuando existe una deficiencia de llegada de sangre a otros músculos, en particular los de la pantorrilla, generalmente aparece un agarrotamiento y un dolor al esfuerzo en el músculo durante el movimiento (claudicación).

La pericarditis, una inflamación o lesión de la membrana que rodea el corazón, causa un dolor que aumenta al echarse en la cama y disminuye al sentarse o al



inclinarse hacia delante. El esfuerzo no empeora el dolor; en cambio, la inspiración o la espiración de aire aumentan o disminuyen el dolor, ya que puede haber también una pleuritis, es decir, una inflamación de la membrana que rodea los pulmones. La válvula entre la aurícula izquierda y el ventrículo izquierdo puede sobresalir de la aurícula con la contracción del ventrículo (prolapso de la válvula mitral). Las personas con este problema a veces tienen breves episodios de dolor parecidos a una puñalada o a un pinchazo. En general, el dolor se localiza debajo del pecho izquierdo y no tiene relación alguna con la posición o el esfuerzo.

### *Disnea*

El ahogo o disnea es un síntoma frecuente de la insuficiencia cardíaca. Se debe a que se filtra líquido al interior de los sacos de aire de los pulmones, una afección llamada congestión o edema pulmonar. En definitiva, esta situación es similar a un ahogamiento.

En los estadios iniciales de una insuficiencia cardíaca, la disnea sólo aparece durante el esfuerzo. A medida que el trastorno se agrava, el ahogo aparece cada vez con más frecuencia ante un esfuerzo menor y, finalmente, aparece también en reposo. El ahogo aumenta al acostarse porque el fluido se esparce por todo el tejido pulmonar y disminuye al sentarse o levantarse, ya que, al ponerse de pie, la fuerza de la gravedad hace que el líquido se acumule en la base de los pulmones. La disnea nocturna es la dificultad de respirar al acostarse por la noche; se alivia al sentarse.

La disnea no se limita a las enfermedades cardíacas, ya que también aparece cuando existen enfermedades pulmonares, de los músculos respiratorios o del sistema nervioso.



### *Edema*

Se denomina así a la acumulación anormal de líquido en el tejido subcutáneo, el cual puede estar localizado en piernas y pies, cara, cavidad abdominal o generalizada. En las enfermedades cardíacas es causado por hipertensión venosa.

### *Fatiga*

Cuando el corazón no funciona adecuadamente, la sangre que llega a los músculos durante un esfuerzo puede ser insuficiente y causar una sensación de debilidad y de cansancio. Los síntomas son por lo general poco llamativos. La persona compensa este trastorno disminuyendo gradualmente su actividad o bien cree que se debe al hecho de envejecer.

### *Palpitaciones*

Normalmente, uno no percibe los latidos del corazón. Pero en ciertas circunstancias (como cuando una persona normal realiza esfuerzos extremos o sufre una experiencia emocional dramática), pueden llegar a percibirse en forma de latidos enérgicos, rápidos o irregulares.

Las palpitaciones que se acompañan de otros síntomas, como disnea, dolor, debilidad, fatiga o desvanecimientos parecen más bien causadas por un ritmo cardíaco anormal o por una enfermedad subyacente grave.

### *Mareos y desmayos*

Un flujo inadecuado de sangre por una anomalía en la frecuencia cardíaca, en el ritmo o por un débil bombeo puede causar mareos, debilidad y desmayos. Estos síntomas pueden deberse a un problema del cerebro o de la médula espinal o



pueden no tener una causa grave. El médico debe distinguir el desmayo causado por un trastorno cardíaco de la epilepsia, en la cual la pérdida de consciencia es provocada por un trastorno cerebral.

### *Cianosis*

Es la coloración azulosa o violácea de la piel y mucosas, aparece cuando se reduce importantemente la cantidad de oxígeno en la sangre que va hacia la circulación sistémica.

### *Síntomas particulares*

Aterosclerosis:

- La aterosclerosis no causa síntomas hasta que el flujo sanguíneo en parte del cuerpo se bloquea o se vuelve lento.
- Si las arterias que van al corazón se estrechan, el flujo sanguíneo allí puede disminuir o detenerse. Esto puede causar dolor torácico (angina estable), dificultad para respirar y otros síntomas en los intestinos, riñones, piernas y cerebro.

Cardiopatía coronaria:

- Opresión en el esternón y/o en; cuello, brazos, abdomen o parte superior de la espalda.
- Dolor entre 1 y 15 minutos; se presenta durante la práctica de una actividad física o con la presencia de emociones fuertes.
- Desaparece con el reposo o con un medicamento que su médico le puede haber prescrito.



- Las mujeres, los ancianos y los diabéticos son más propensos a tener síntomas distintos al dolor torácico, como: fatiga, dificultad para respirar, debilidad.

#### Insuficiencia cardíaca:

Los síntomas comunes son:

- Tos.
- Fatiga, debilidad, desmayos.
- Inapetencia.
- Necesidad de orinar en la noche.
- Inflamación de los pies y los tobillos.
- Pulso irregular o rápido o una sensación de percibir los latidos cardíacos (palpitaciones).
- Dificultad respiratoria cuando usted está activo o después de acostarse
- Abdomen o hígado inflamado (agrandado).
- Despertarse después de un par de horas debido a la dificultad respiratoria.
- Aumento de peso.

#### Insuficiencia cardíaca congestiva:

- Hinchazón de las extremidades inferiores llamada “edema periférico”.
- Intolerancia al ejercicio seguido por respiración entrecortada, fatiga y tos.

#### *Ataque cardíaco*

Los síntomas del ataque cardíaco varían y dependerán de cuánto se ha interrumpido el flujo de sangre que normalmente llega al órgano afectado. Cuando la interrupción del abastecimiento de sangre al cerebro o al corazón es severa, se puede sentir alguno o todos los siguientes síntomas:



- Sensación de malestar en el pecho, o de presión o dolor, como si algo lo aplastara o estrujara o un dolor en el centro del pecho, que puede prolongarse por espacio de varios minutos, o desaparecer y reanudarse.
- El dolor puede extenderse a uno o ambos brazos, la espalda, la mandíbula o el estómago.
- Ligereza en la cabeza, sudoración fría y sensación de náusea, respiración entrecortada o desmayo.

Al igual que en los hombres, el síntoma de ataque cardiaco más común que experimentan las mujeres, es un dolor o malestar en el pecho. No obstante, las mujeres tienen un poco más de probabilidades que los hombres de experimentar otras señales de alerta, en particular la respiración entrecortada, náusea, vómito y dolor en la espalda o mandíbula.

Derrame cerebral:

- Pérdida de sensibilidad repentina o parálisis del rostro, brazo o pierna, especialmente en un solo lado del cuerpo.
- Confusión repentina o dificultad para hablar o comprender frases.
- Dificultad repentina para ver en uno o ambos ojos.
- Dificultad repentina para caminar, mareo o falta de equilibrio o coordinación.
- Fuerte dolor de cabeza de aparición súbita y sin explicación aparente.
- Visión nublada o doble visión, somnolencia y náusea o vómitos.

Trombosis:

La TVP afecta principalmente a las grandes venas en la parte inferior de la pierna y el muslo, casi siempre en un lado del cuerpo. El coágulo puede bloquear el flujo sanguíneo y causar:

- Cambios en el color de la piel (enrojecimiento)



- Dolor de pierna
- Piel que se siente caliente al tacto
- Inflamación (edema)

Embolia:

- Debilidad en los brazos o piernas.
- Pérdida de sensación en la cara o el cuerpo.
- Dificultad para hablar.
- Pérdida repentina de la visión en un ojo.
- Sentirse borracho o con dificultad para caminar.
- Dolor de cabeza repentino e intenso.

### **2.5.1. Pruebas más importantes para detectar y diagnosticar alguna enfermedad cardíaca. <sup>13\*</sup>**

#### *Exploración Física*

La exploración del área precordial (es donde se encuentra situado el corazón) es un conjunto de maniobras clínicas (inspección, palpación, percusión y auscultación) que ofrece gran información al médico acerca del estado funcional del corazón y de su alteración por la enfermedad.

#### *Inspección*

La cuidadosa visualización del área precordial permite conocer, primero, la presencia de deformaciones torácicas, enseguida la localización y características del ápex cardíaco y, finalmente, la presencia de latidos precordiales anormales.



De manera general, la semiología cuidadosa de la inspección, palpación y percusión informa acerca del tamaño del corazón, de la existencia de hipertensión pulmonar y de soplos a través de la presencia de ruidos palpables.

### *Cardiopatía coronaria*

Muchos exámenes ayudan a diagnosticar la cardiopatía coronaria y, generalmente, el médico ordenará más de uno antes de hacer un diagnóstico.

Algunos de los exámenes son:

- Angiografía/arteriografía coronaria, un procedimiento no agresivo diseñado para evaluar las arterias del corazón por medio de rayos X.
- Angiografía por tomografía computarizada, una forma no agresiva de llevar a cabo angiografía coronaria.
- Ecocardiografía.
- Electrocardiografía (ECG).
- Tomografía computarizada por haz de electrones (TCHE) para buscar calcio en el revestimiento de las arterias; cuanto más calcio haya, más alta será la probabilidad de padecer cardiopatía coronaria.
- Prueba de esfuerzo con ejercicio.
- Tomografía computarizada del corazón.
- Angiografía por resonancia magnética.
- Prueba de esfuerzo nuclear.



### *Aterosclerosis*

El médico llevará a cabo un examen físico y auscultará el corazón y los pulmones con un estetoscopio. La aterosclerosis puede producir un sonido de susurro o de soplo sobre una arteria.

Algunas pautas recomiendan hacerse el primer examen de colesterol a la edad de 20 años. Toda persona debe tener su primera prueba de detección hacia la edad de 35 años en los hombres y 45 en las mujeres. (Nota: diferentes expertos recomiendan edades de inicio distintas).

### Principales pruebas

- Exámenes Doppler, que usan ultrasonido u ondas sonoras.
- Arteriografía por resonancia magnética (ARM), un tipo especial de resonancia magnética.
- Tomografía computarizada especial llamada angiografía por TC.
- Arteriografía o angiografía, que utilizan rayos X para ver dentro de las arterias.

### *Insuficiencia cardíaca*

El médico le hará un examen en busca de signos de insuficiencia cardíaca:

- Respiración rápida o difícil.
- Hinchazón (edema) de las piernas.
- Venas del cuello que sobresalen (distendidas).
- Sonidos ("estertores") a raíz de la acumulación de líquido en los pulmones, que se escuchan a través de un estetoscopio.



- Inflamación del hígado o el abdomen.
- Ritmo cardíaco rápido o irregular y ruidos cardíacos anormales.
- Una ecocardiografía con frecuencia es el mejor examen para detectar insuficiencia cardíaca, y el médico la usará para guiar el tratamiento.

Muchos exámenes de sangre se utilizan para:

- Ayudar a diagnosticar y controlar la insuficiencia cardíaca.
- Identificar los riesgos de enfermedades del corazón.
- Buscar las posibles causas de insuficiencia cardíaca o problemas que pueden hacer que su insuficiencia cardíaca empeore.
- Vigilar los efectos secundarios de los medicamentos que esté tomando.

### *Trombosis*

El médico llevará a cabo un examen físico, el cual puede revelar enrojecimiento, inflamación o sensibilidad en la pierna.

Los dos exámenes que se realizan con frecuencia primero para diagnosticar la TVP son:

- Examen de sangre para determinar el dímero D.
- Ecografía Doppler de las extremidades.

Se pueden hacer exámenes de sangre para verificar si hay aumento de la probabilidad de coagulación de la sangre, tales como:

- Resistencia a la proteína C activada (verifica la mutación en el factor V de Leiden).



- Niveles de antitrombina III.
- Anticuerpos antifosfolípidos.
- Conteo sanguíneo completo (CSC).
- Pruebas genéticas para buscar mutaciones que lo hagan a uno más propenso a la formación de coágulos de sangre, como la mutación en protrombina 20210A.
- Anticoagulante lúpico.
- Niveles de proteína C y proteína S.

### *Embolias*

El médico puede encontrar disminución o ausencia de pulso, al igual que presión arterial ausente o disminuida en el brazo o la pierna, y puede haber signos de necrosis o gangrena.

Los exámenes para diagnosticar una embolia arterial o revelar la fuente de los émbolos pueden ser:

- Angiografía de la extremidad o del órgano afectado.
- Ecografía Doppler de una extremidad.
- Ecografía Doppler/dúplex de una extremidad.
- Ecocardiografía.
- Resonancia magnética del brazo o la pierna.
- Ecocardiografía miocárdica de contraste (MCE, por sus siglas en inglés).
- Pletismografía.
- Doppler transcraneal de las arterias que van al cerebro.



- Ecocardiografía transesofágica (ETE).

Esta enfermedad también puede alterar los resultados de los siguientes exámenes:

- Tiempo de lisis de la euglobulina (TLE).
- Análisis del factor VIII.
- Estudio con isótopos del órgano afectado.
- Actividad del inhibidor activador del plasminógeno tipo 1 (PAI-1).
- Examen de agregación plaquetaria.
- Niveles del activador del plasminógeno de tipo tisular (t-PA).



### 3. EL ELECTROGARDIÓGRAFO

---

#### 3.1. Frecuencia y actividad eléctrica del corazón. 17,18\*

El corazón funciona por impulsos eléctricos generados por algunas células de su tejido muscular. Son impulsos similares a los de otras células, como los generados por las neuronas y las células de los músculos esqueléticos.

Las células en cuestión son las del miocardio, tejido muscular del corazón, responsable de bombear la sangre por el sistema circulatorio del cuerpo. El miocardio o músculo cardíaco, funciona involuntariamente ya que es auto-excitable. Posee y puede recibir inervación del sistema nervioso simpático, pero late sin el estímulo de éste.

#### *PROPIEDADES FISIOLÓGICAS DEL CORAZÓN*

- I. Excitabilidad. Es la propiedad del músculo cardíaco para responder a un estímulo (mecánico, químico, eléctrico, etc.).
- II. Automatismo. Es la propiedad del corazón mediante la cual genera sus propios estímulos, es pues una propiedad que hace al corazón independiente en su funcionamiento. El ritmo cardíaco normal depende del automatismo del nódulo sinusal o sinoauricular (SA). La expresión que se utiliza para denominar el ritmo cardíaco normal es ritmo sinusal.
- III. Conducción. Las células son capaces de conducir los estímulos sin decremento, esto es, sin que el potencial de acción pierda intensidad a



lo largo de su viaje a través del tejido. Esta propiedad del tejido especializado de conducción y del miocardio contráctil permite que un estímulo eléctrico originado en el nódulo sinusal o en cualquier otro sitio, difunda con rapidez al resto del corazón. La velocidad de conducción del estímulo varía en función del tejido considerado.

- IV. Período refractario. El miocardio tiene la propiedad intrínseca de poseer período refractario, que es el tiempo medido entre el comienzo del proceso de despolarización del músculo cardíaco y el momento en que un nuevo estímulo provoca una respuesta.
- V. Contractilidad. Es la propiedad mecánica que tienen las miofibrillas para contraerse (desarrollar fuerza y acortarse) y depende importantemente del calcio almacenado en el retículo sarcoplásmico de la célula cardíaca.

### *Latido del corazón*

Cada latido del corazón desencadena una secuencia de eventos llamados ciclos cardíacos. Cada ciclo consiste principalmente en tres etapas: sístole auricular, sístole ventricular y diástole.

El ciclo cardíaco hace que el corazón alterne entre una contracción y una relajación aproximadamente 75 veces por minuto, es decir, el ciclo cardíaco dura 8 décimas de segundo en promedio. Para una persona común se considera un rango del ciclo cardíaco que va desde 60 hasta 100 pulsaciones por minuto.

Durante la sístole auricular, las aurículas se contraen y proyectan la sangre hacia los ventrículos, una vez que la sangre ha sido expulsada de las aurículas, las



válvulas auriculo-ventriculares (ubicadas entre las aurículas y los ventrículos) se cierran. Esto evita el reflujo (retorno o devolución) de sangre hacia las aurículas. El cierre de estas válvulas produce el sonido familiar del latido del corazón. Esta etapa del proceso dura aproximadamente una décima de segundo.

La sístole ventricular implica la contracción de los ventrículos expulsando la sangre hacia el sistema circulatorio. Una vez que la sangre es expulsada, las dos válvulas sigmoideas, la válvula pulmonar en la derecha y la válvula aórtica en la izquierda, se cierran. Esta etapa del proceso dura aproximadamente 3 décimas de segundo.

Por último, la diástole es la relajación de todas las partes del corazón, que permite la llegada de nueva sangre. Esta etapa del proceso dura aproximadamente 4 décimas de segundo.

#### *Adquisición de la información eléctrica.*

El músculo cardíaco tiene un amplio suministro de iones a lo largo de todo el tejido, para llevar a cabo las corrientes eléctricas que resultan de los potenciales eléctricos en cualquier parte de este. La actividad eléctrica de las células cardíacas individuales se manifiesta en la superficie de la piel como potenciales de superficie. Estos son la culminación de todas las despolarizaciones celulares que ocurren al mismo tiempo. El periodo de despolarización es una función de la frecuencia en la cual el músculo cardíaco recibe los pulsos de iniciación.

La duración del período de despolarización asegura que no haya superposiciones inmediatas en las contracciones.

Sin embargo, los períodos de polarización y despolarización están sujetos a ser acortados si es necesario. Conforme la tasa de repetición aumenta, se consigue



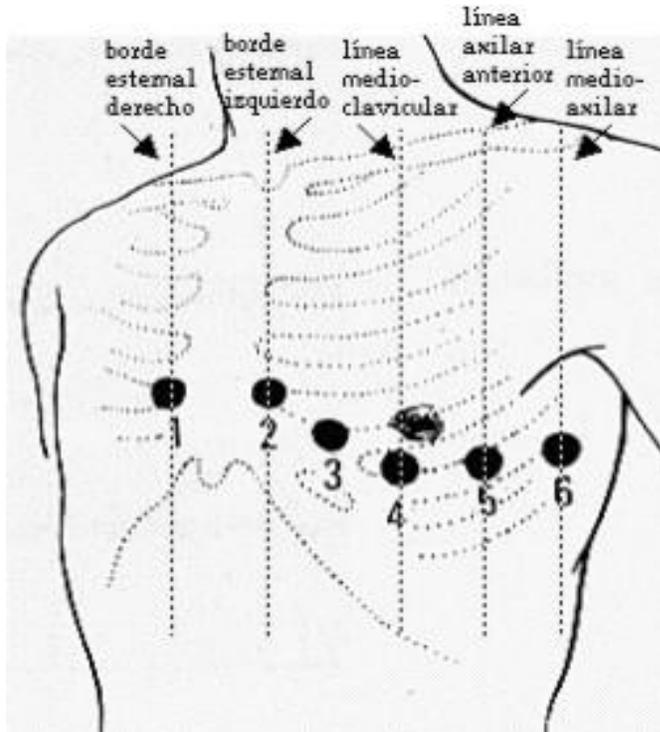
un periodo de despolarización más corto. Esta característica le permite al corazón adaptarse al estado de ejercicio físico.

El músculo cardíaco contiene una malla de células excitables: tejido nodal que atraviesa el tejido del músculo cardíaco. Esta red de células excitables se encarga del control y ajuste del latido del corazón.

### 3.2. ¿Qué es un electrocardiógrafo? 18,21\*

El electrocardiógrafo es un aparato electrónico, producto de una serie de avances tecnológicos, que permite captar y ampliar la actividad eléctrica del corazón (potencial de acción), a través de electrodos conectados sobre la superficie corporal; en las 4 extremidades y en 6 posiciones precordiales(Figura 3.1).

Este aparato está compuesto básicamente por una cuerda de platino, que a su vez atraviesa un gran electroimán, y es así como los pequeños cambios de potencial hacen que esta cuerda se desplace y trace sobre un papel fotográfico. De manera precisa, consta de un galvanómetro, un sistema de amplificación y otro de registro en papel milimetrado.



Posición de los electrodos precordiales

V1: 4° espacio intercostal, borde esternal derecho.

V2: 4° espacio intercostal, borde esternal izquierdo.

V3: Punto equidistante entre V2 y V4.

V4: 5° espacio intercostal izquierdo, línea medio-clavicular.

V5: Línea axilar anterior, mismo nivel que V4.

V6: Línea medioaxilar, mismo nivel que V4.

Figura 3.1 Posición de electrodos 1

### *Potenciales Registrados*

El potencial registrado por el electrocardiógrafo tiene una amplitud aproximada de 1mV y se obtiene aplicando electrodos de registro de biopotenciales. Para las derivaciones frontales se emplean electrodos de placa, mientras que para las derivaciones precordiales se utilizan electrodos adhesivos y electrodos de succión. El espectro en frecuencias de la señal electrocardiográfica normalmente no tiene componentes arriba de los 60Hz en pacientes normales, por lo que se considera adecuado un ancho de banda de trabajo entre 0.05 y 150Hz para electrocardiógrafos.



### *Partes de un electrocardiógrafo*

Las partes de las que consta un electrocardiógrafo se enumeran a continuación, donde las primeras cinco etapas corresponden a un amplificador de biopotenciales.

1. Circuito de protección.
2. Preamplificador.
3. Circuito de aislamiento.
4. Amplificador controlado.
5. Circuito manejado de pierna derecha. Este circuito es capaz de crear una tierra o referencia virtual para la pierna derecha del paciente, con el propósito de reducir los voltajes en modo común. La disminución de los voltajes comunes provocados por una corriente filtrada al paciente (id) se obtiene al reducir la impedancia del electrodo de tierra (ZT).
6. Selector de derivaciones. El selector de derivaciones es un módulo que puede acoplarse fácilmente a un sistema de amplificación de biopotenciales. Este módulo consiste en un arreglo de resistencias que obtiene el contenido de las señales de cada electrodo, ponderando la contribución de cada uno por medio de resistencias y obteniendo de esta manera la derivación de interés.
7. Sistema de memoria. Los sistemas modernos de electrocardiografía guardan la señal en una memoria para después imprimirse junto con la



información introducida vía un teclado digital. Para esto es necesario un convertidor analógico digital .

8. Microcontrolador. El microcontrolador maneja todos los procedimientos llevados a cabo por el electrocardiógrafo. El operador puede seleccionar diversos modos de operación con procedimientos previamente programados. Por ejemplo, el microcontrolador puede realizar un registro de 12 derivaciones con tres latidos en cada una o por segmentos de tiempo determinados. También puede efectuar un análisis entre el tiempo de las ondas R R para determinar la frecuencia cardiaca, además de que puede reconocer arritmias y patrones característicos de cardiopatías.
9. Registrador. Este módulo proporciona un registro impreso de la señal detectada, generalmente empleando plumillas y papel térmico, aunque también se sigue utilizando la inyección de tinta.

El electrocardiógrafo tiene una amplia gama de usos:

- Determinar si el corazón funciona normalmente o sufre de anomalías, como latidos extra o saltos (arritmia cardiaca).
- Indicar bloqueos coronarios arteriales, durante o después de un ataque cardíaco.
- Se puede utilizar para detectar alteraciones electrolíticas de potasio, sodio, calcio, magnesio u otros.
- Permitir la detección de anormalidades conductivas, como bloqueo aurículoventricular o bloqueo de rama.
- Mostrar la condición física de un paciente durante un test de esfuerzo.
- Suministrar información sobre las condiciones físicas del corazón, como hipertrofia ventricular izquierda.



### 3.3. Electrocardiograma. 17,21\*

El electrocardiograma es el registro gráfico de las variaciones de potencial eléctrico de la actividad del corazón (fibras miocárdicas), en un tiempo determinado. Estas variaciones se captan mediante los electrodos (pequeños discos de metal), situados a nivel de la superficie de la piel, en el tórax, brazos y piernas. Las señales captadas se amplifican y, a través de los conductores llegan al electrocardiógrafo y lo registra.

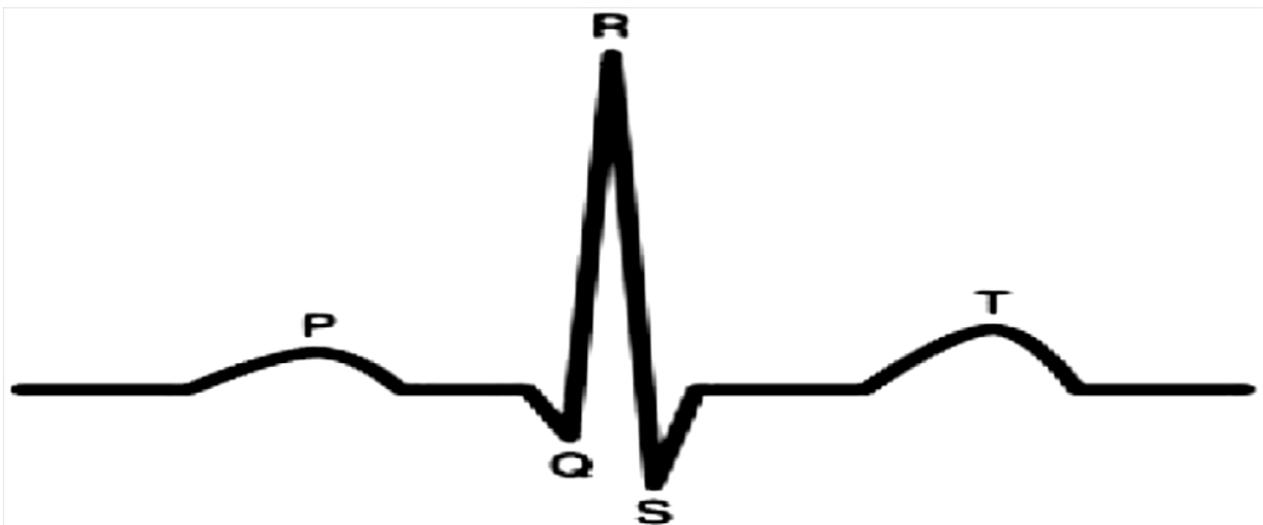


Figura 3.2 Forma gráfica de un ECG 1

Origen de la señal del electrocardiograma. El ECG representa el patrón repetitivo de despolarización y repolarización del músculo del corazón. El ECG está caracterizado por cinco picos, representados por las letras P, Q, R, S y T (Figura 3.2).

Con este estudio es posible averiguar más sobre el ritmo cardíaco, el tamaño y funcionamiento de las cavidades del corazón y el músculo cardíaco. El electrocardiograma de una persona sana presenta un trazo particular. Cuando se



producen cambios en ese trazado, el médico o personal encargado de la salud puede determinar si existe un problema.

### *Registro*

La aguja del galvanómetro sólo se desplaza hacia arriba y hacia abajo. Cuando la corriente eléctrica que está registrando un electrodo va en la misma dirección, lo que se registra en el ECG es una onda positiva; si lo que está registrando el electrodo es una corriente eléctrica que se aleja de él, lo que se obtendrá en el registro es una onda negativa, por el trazado que origina la aguja del galvanómetro al desplazarse hacia abajo.

La mayoría de los electrocardiógrafos actuales tienen un alto grado de automatización, presentando en general buena calidad de registro. Lo más habitual es que la calibración del aparato se haga a  $10\text{mm}=1\text{mv}$  y la velocidad del papel a  $25\text{ mm/s}$ ; así como la inscripción más corriente se hace por chorro de tinta.

El papel del registro es milimetrado de forma que dos barras gruesas equivalen a un tiempo de  $0,20\text{ seg.}$ , dividido a su vez en períodos más cortos de  $0,04\text{ seg.}$  Para obtener un trazado electrocardiográfico adecuado es necesario registrar al menos 5 segundos por derivación y una tira larga entre 30 y 60 segundos en la segunda derivación (D2), pues es la derivación donde la onda P y el complejo QRS pueden ser bien observados.

### **3.4. Características y ondas que componen la señal del electrocardiograma. 18-20\***

Un electrocardiograma habitual se compone de 5 ondas: P, Q, R, S y T. Algunos autores prefieren llamar ondas a los grafoelementos de curso lento, P y T, denominar deflexión a los elementos de curso rápido, Q, R y S.



Dichas ondas aparecen siempre en el mismo orden en un electrocardiograma normal. Excepcionalmente se observa una sexta onda, llamada U, más visible en las derivaciones precordiales derechas (V1, V2).

La onda P es la primera onda del electrocardiograma. Representa la despolarización auricular, y su aspecto morfológico es útil como indicio de enfermedades como la estenosis, la insuficiencia mitral y la cardiopatía pulmonar hipertensiva.

Después de la onda P aparecen Q, R y S, integrando el complejo ventricular, correspondientes a la propagación de la onda de excitación a la musculatura de ambos ventrículos y al tabique interventricular.

Este complejo ventricular está formado por la sucesión de 3 ondas de curso rápido, que representan la despolarización del miocardio ventricular. La onda Q, significa en términos generales, la activación del tabique interventricular, las ondas R y S expresan el mismo proceso en las paredes ventriculares.

Su duración es, normalmente, de 0.06 a 0.08 segundos. Por debajo de esos valores no se describen perturbaciones. Pero su anchura y su voltaje sí pueden aumentar o disminuir.

Como se mencionó, el voltaje puede aumentar o disminuir. La disminución del voltaje de QRS se asocia con enfermedades en las que el músculo cardíaco ve mermados sus potenciales a causa de la muerte del tejido (infarto miocárdico), por infiltración acuosa (beri-beri cardíaco), o por edema intracelular (mixedema).

Terminando el proceso de despolarización de toda la masa muscular auricular y ventricular, aparece una pequeña pausa (que luego conoceremos como segmento



S-T) y más tarde se inscribe la onda T, la expresión del restaurador proceso de repolarización.

El segmento S-T correspondería al lapso comprendido entre la despolarización y la repolarización. Por dicho motivo, debe ser teóricamente isoelectrico, ya que en ese instante no debe fluir corriente de acción alguna al encontrarse totalmente despolarizada la fibra muscular. Los desplazamientos del segmento S-T son la forma de expresión del tejido miocárdico lesionado y constituyen un factor esencial en la fenomenología del infarto miocárdico, señalando la fase aguda de su evolución.

La onda T se diferencia de la onda QRS al ser una onda de configuración lenta. Junto al segmento S-T, integra los grafoelementos del proceso de recuperación o repolarización ventricular.

En algunas ocasiones, la presencia de las 5 ondas deja de tener lugar; se ven trazados con 4 ondas y en ocasiones con 3 ondas, lo que no es anormal.

Sucede que en algunas derivaciones estándares se ven con gran nitidez la onda P y, a continuación, la R y la T, siendo la Q tan pequeña (o ausente) que cuesta trabajo identificarla. Lo mismo sucede con la S, sobre todo en D2.

El electrocardiograma está constituido no sólo por esas 5 ondas. Existen además ciertos intervalos o sectores que expresan momentos distintos de la activación y desactivación auricular y ventricular. Generalmente se consideran solo 3 espacios y un segmento [9]. Los 3 espacios corresponden a P-Q (también denominado PR), Q-T y T-P.

El segmento sobre el cual se hace alusión es el S-T. El espacio P-R o P-Q comienzan al principio de la despolarización auricular y termina al principio del



complejo ventricular QRS. A esa característica debe su dualidad de nombre: algunas veces dicho complejo ventricular comienza con una Q muy nítida; y en otras ocasiones, la onda Q no es perceptible y la primera onda del complejo ventricular es la R.

El espacio Q-T se mide desde el principio de la onda Q hasta el final de la onda T. Es recomendable tomar su longitud en una derivación en las que se observe nítidamente la onda Q.

El espacio T-P es el sector comprendido entre el final de la onda T de un ciclo cardíaco y el comienzo de la onda P del ciclo siguiente. Debe ser isoeléctrico; es decir, que tiene el mismo potencial eléctrico (al igual que P-Q), aunque en ocasiones se inscribe la onda U justamente en su trayecto.

El único segmento propiamente dicho del electrocardiograma es el S-T. Se mide desde el punto donde termina S hasta el comienzo de la onda T. Este segmento en especial del electrocardiograma es de vital importancia en el diagnóstico de las enfermedades coronarias.

El punto J es el lugar de unión de los procesos de despolarización y repolarización; está sujeto a desniveles positivos y negativos en corazones normales (influjos fisiológicos, generalmente autonómicos) y en corazones patológicos que muestren perturbaciones del segmento S-T. Está situado en el punto marcado por la porción final de la onda S y el comienzo del segmento S-T, este punto debe ser isoeléctrico.

La Onda U es la sexta onda del electrocardiograma que no es constante y más bien poco frecuente, tiene dirección positiva, aunque puede ser negativa, porque



en realidad debe su orientación a la dirección de la onda T, de la cual muestra una gran dependencia.

Es más evidente cuando la frecuencia cardíaca disminuye, lo mismo si la bradicardia es sinusal que si obedece a la puesta en marcha de marcapasos ectópicos.

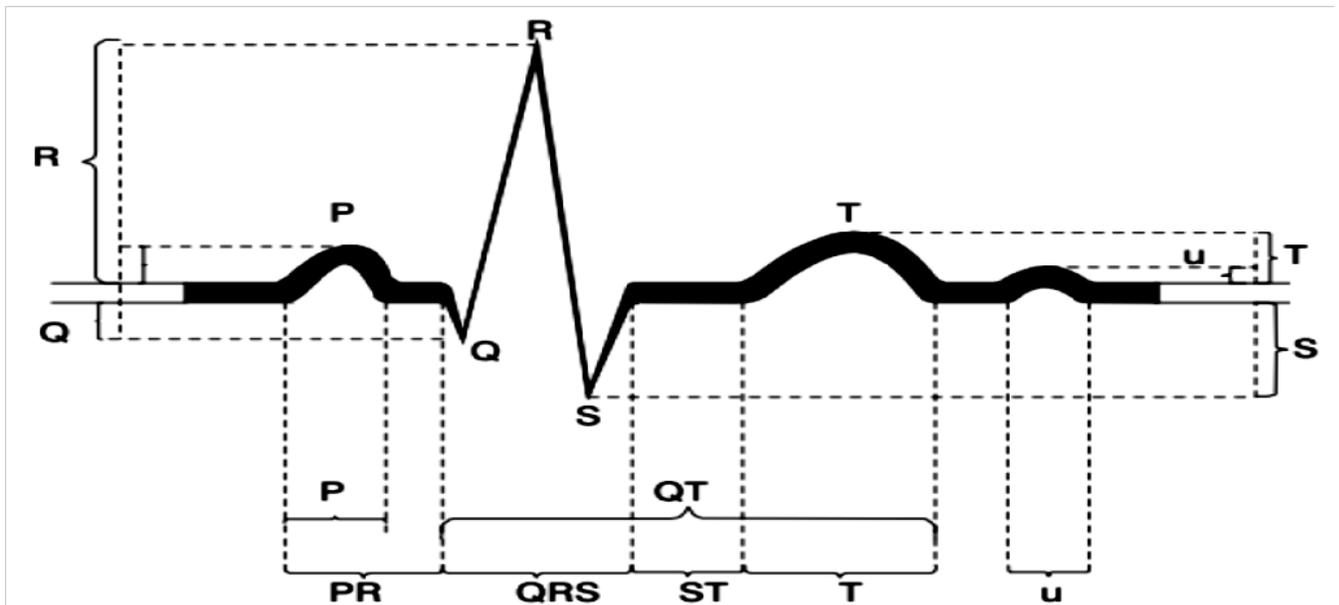


Figura 3.3 Esquema completo ECG normal 1



#### 4. RECEPTOR DE RADIOFRECUENCIA PARA UN ELECTROCARDIÓGRAFO MÓVIL, CON SISTEMA DE ALARMA.

---

Para el diseño del Receptor de radiofrecuencia se utilizaron: un módulo receptor de RF, un microcontrolador PIC, un display y un led. Mientras que para las pruebas de funcionamiento se hizo una simulación virtual con el software Proteus 7.10 y se utilizó ccs compiler, instalados en una computadora LANIX NEURON PX25L con procesador Intel Dual Core T4300 con Windows 7.

##### 4.1 Aplicación y uso de la Radiofrecuencia

El uso de la radiofrecuencia nos permite: tener comunicaciones de corto, medio o gran alcance; atravesar paredes u otros obstáculos; y enlazar señales en ámbitos hostiles.

Las transmisiones de datos entre equipos electrónicos sin cables se están aplicando cada vez más debido a los medios tecnológicos actuales, que son los circuitos integrados. Estos permiten hacer un diseño sin disponer de costosa instrumentación para RF, ya que requieren pocos componentes externos y ningún tipo de ajuste en RF.

Las aplicaciones de radiofrecuencia son múltiples. Algunos ejemplos de ello son:

- radionavegación
- radiodifusión AM y FM
- televisión



- radionavegación aérea
- radioaficionados
  
- telemetría
- sistema satelital

Otras aplicaciones recientes de las comunicaciones utilizando RF son:

- Los teléfonos celulares y PCS (personal communication system) en UHF, entre 900 MHz y 2.4 GHz; WLAN (wireless local area network) entre 900 MHz y 2.4 GHz, en UHF.
- GPS (global positioning system) a 1.5 GHz, en UHF.
- RF ID's (sistemas de identificación RF) entre 900 MHz y 2.4 GHz, en UHF.
- Home Satellite Network a 10 GHz, en SHF.

## 4.2 Estructura básica de un receptor de RF

La función de un receptor consiste en recibir las ondas electromagnéticas de radio, convertirlas en corriente eléctrica y luego separar la información de otras componentes (portadora, ruido, otras emisiones), (Figura 4.1).

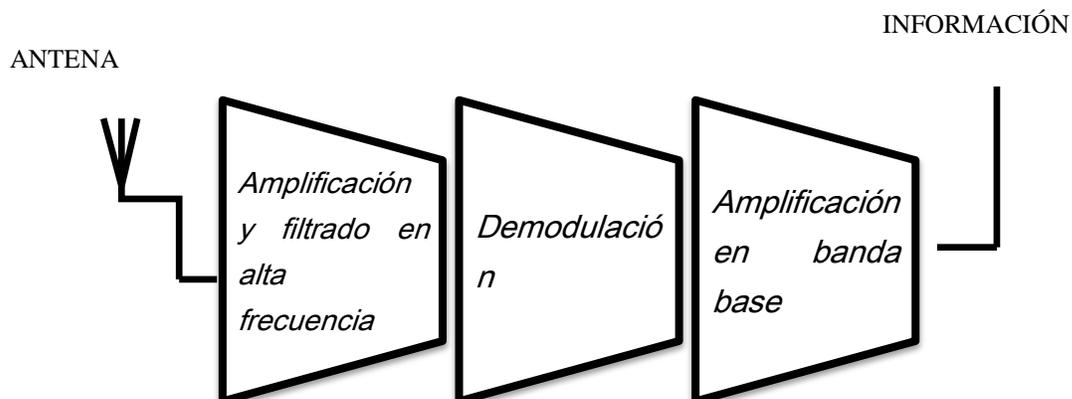


Figura 4.1 Diagrama básico de un receptor 1



Descripción básica:

Dado que generalmente la antena recibe un gran número de emisiones, es necesario seleccionar la frecuencia deseada. Esto se hace con el amplificador de radiofrecuencia (filtro paso banda sintonizable). La señal recibida suele ser de bajo nivel de potencia y debe ser amplificada antes de que llegue al demodulador. Este es el motivo por el que el circuito sintonizado tiene cierta amplificación en la banda de paso. El amplificador sintonizable de radiofrecuencia puede ser realizado con varias etapas conectadas en cascada.

La información puede ahora ser detectada o en otras palabras puede ser demodulada. El tipo de demodulador dependerá de la técnica de modulación empleada. La señal resultante debe parecerse lo más posible a la moduladora del transmisor. La señal demodulada se amplifica hasta alcanzar un nivel de potencia necesario a la salida.

Según el tipo de receptor, y su complejidad, aumentará el número de etapas.

Clasificación de los receptores

Los receptores pueden clasificarse de diferentes formas, como por ejemplo las siguientes:

Por el esquema de Conversiones

- • Homodino
- • Superheterodino
- • Varias etapas de mezcla

Por la modulación

- • AM, DBL, ASK, BLU.



- • FM, FSK, PSK.

- • QAM.

Por la frecuencia de portadora.

- • LF, MF

- • HF, VHF, UHF

- • Microondas

Por el tipo de señales de banda base

- • Analógicas

- • Digitales

Por el servicio.

- • Audio

- • Telefonía

- • Radiodifusión

- • Vídeo

- • Datos.

Cualidades de un receptor:

Hay una serie de características requeridas en el receptor, entre ellas cabe destacar las siguientes:

*Sensibilidad.* Es el nivel de entrada requerido para producir una cierta potencia de audio. Mide la capacidad del receptor de recibir señales débiles y está determinada por la ganancia total del receptor.

*Selectividad.* Es la capacidad del receptor para separar estaciones adyacentes.

Está determinada por el ancho de banda total del receptor. En el caso de un receptor superheterodino, el ancho de banda depende de los anchos de banda de los tres circuitos sintonizados del receptor: el amplificador de RF, el mezclador y la etapa de FI.

*Relación señal a ruido.* Es la relación entre la potencia de señal deseada a la salida y la potencia del ruido a la salida. Mide la pureza de la señal de salida del



receptor. Para obtener una alta relación señal a ruido deben darse dos condiciones: la ganancia del receptor debe ser suficiente para producir la potencia de señal de salida adecuada y el ruido introducido por el propio receptor debe ser mínimo.

*Fidelidad.* Es la capacidad de reproducir la señal de información de forma precisa; o sea, cuanto se parece la señal de salida del receptor a la señal original. Depende principalmente de dos factores: el ancho de banda del receptor y la linealidad del detector y los amplificadores. Para obtener buena fidelidad, el ancho del receptor debe ser suficientemente grande para permitir el paso de todas las componentes de frecuencia de la señal de información. Si algunas de las componentes de frecuencia son atenuadas la fidelidad obviamente se verá reducida por el aumento de la distorsión.

### 4.3 Diagrama a bloques del dispositivo

Forma de Adquisición, Transmisión y Recepción

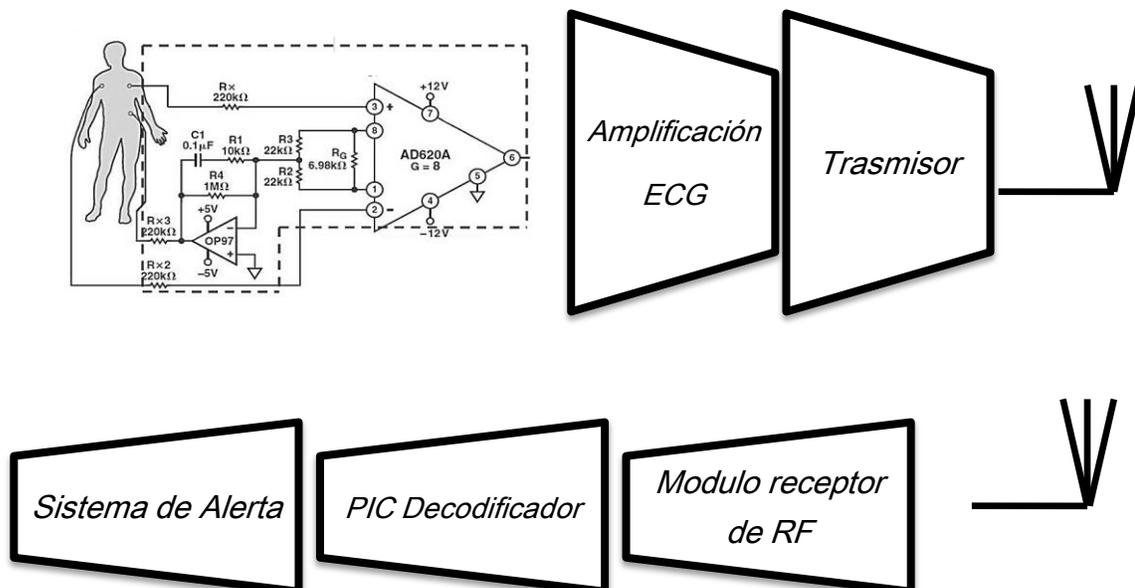


Figura 4.2 Diagrama a bloques del dispositivo 1



Con el trabajo que realizará en su tesis de licenciatura Marcos Pineda Tonis, se obtendrá una señal del corazón en forma de voltajes a través de puntos específicos del cuerpo, el dispositivo contendrá un sistema de alerta, la cual será activada en el momento que se presente alguna anomalía en el corazón y será enviada por un transmisor inalámbrico por medio de un enlace de RF.

Se diseñará un receptor inalámbrico el cual estará compuesto principalmente por tres bloques, un módulo receptor de RF el cual modulará nuestra señal y la amplificará para poder ser enviada, un microcontrolador PIC donde se decodificará nuestra señal, y nuestro sistema de alerta, este será programado y activado por nuestro microcontrolador y estará implementada con indicadores de emergencia del tipo visual (led indicador y display), y Auditivo (bocina) para poder alertar de manera inmediata a la persona que se encuentra al cuidado del paciente.

#### **4.4 Módulo receptor de RF y principios del diseño**

Para el diseño de nuestro dispositivo se utilizará, un módulo receptor de RF que está específicamente diseñado para trabajar en desarrollos integrados. Este módulo junto con su respectivo transmisor son ideales para combinar su trabajo con microcontroladores, siendo útiles para transmisión de información digital a distancias alrededor de los 200 [m] en espacios libres.

Para el propósito del proyecto se utilizará el módulo RWS - 433 de RF que trabaja en un rango de frecuencias que va desde 300-433 MHz. Este módulo tiene un costo entre \$120 y \$200 pesos, dependiendo del fabricante, y un tamaño muy pequeño, lo cual es ideal para cumplir con el objetivo y diseñar un dispositivo portátil que sea pequeño y de bajo costo. Debido a que el mercado nos ofrece una



amplia variedad de fabricantes, las nomenclaturas suelen variar, pero básicamente encontraremos el mismo estilo constructivo de módulo (Figura 4.3).

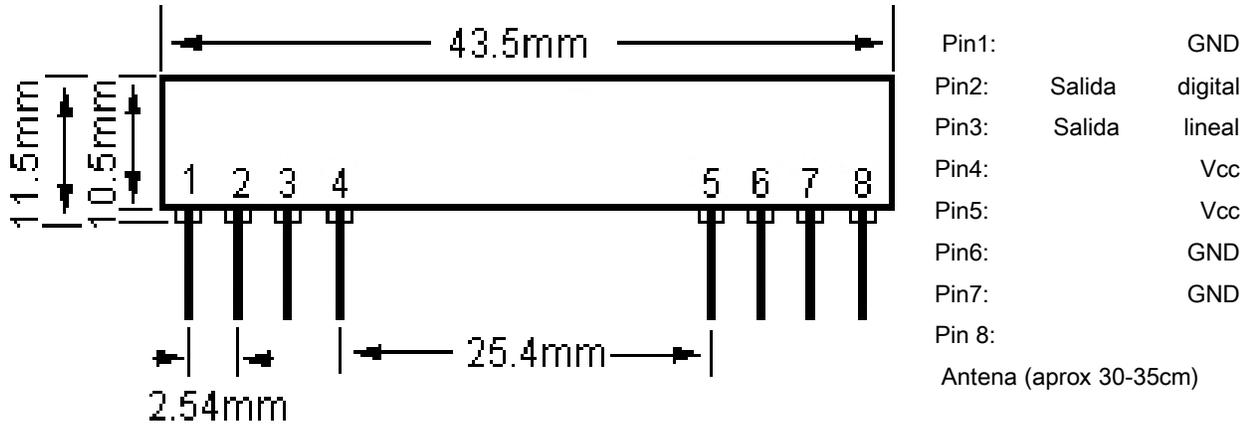


Figura 4.3 Módulo RWS 1

Las características básicas del módulo RWS-433 son las siguientes (Figura 4.4):

The RF Module's Frequency Is From UHF ASK 300MHz TO 434MHz						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• High-Sensitivity Passive Design</li> <li>• 4800 B/S Baseboard Data Rate</li> <li>• Simple To Apply With Low External Count</li> <li>• Low Supply Voltage : Vcc = 5Vdc</li> <li>• ASK Data Shaping Comparator Included</li> </ul>						
DC Characteristics						
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	
vcc	Operating supply voltage		4.9	5	5.1	
ITot	Operating supply voltage		-	4.5	-	
V Data	Data Out	Data = +200 uA ( High )I	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		I Data = -10 uA ( Low )	-	-	0.3	V
Electrical Characteristics						
Characteristics	SYM	Min	Typ	Max	Unit	
Operrationg Radio Frequency	FC	300 - 434			MHz	
Sensitivity	Pref			-106	dBm	
Channel Width		+500			KHz	
Noise equivalent BW	NEB		5	4	KHz	
Baseboard data rate				3	Kb/s	
Receiver tum on time				3	ms	

Figura 4.4 características del módulo RWS-433 1



La tensión de alimentación es de 5 volts y su corriente de trabajo es pequeña y no llega a los [5mA] valor que le otorga un excelente desempeño, ya que su funcionamiento no supone un consumo excesivo de energía desde las baterías, trabaja en una banda de frecuencias que va de los 300 MHz hasta los 434 MHz.

La estructura interna de módulo receptor es superheterodino, utiliza una modulación ASK, y la señal recibida es OOK(On/Off Keying), las ventajas de la modulación por variación de amplitud ASK (Amplitude Shift Keying) son el sencillo diseño (menor coste) y el bajo consumo (Figura 4.5).

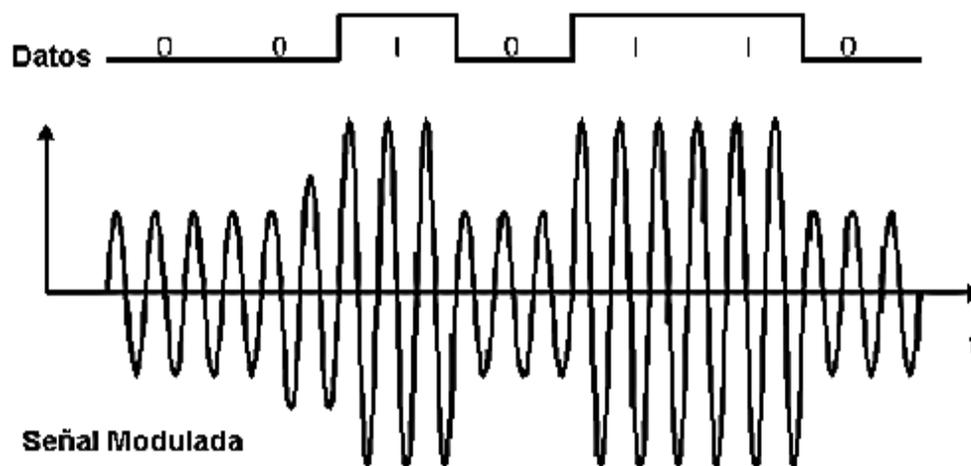


Figura 4.5 Modulación ASK 1

Especialmente para este caso pues se utiliza el método de modulación On/off OOK (On/Off Keying), donde en un 0 digital no hay potencia de salida y en un 1 digital se entrega toda la señal portadora, con lo que reducimos en gran medida el consumo. La desventaja es la fragilidad en presencia de interferencias por ruido eléctrico, que pueden provocar errores en los datos recibidos, sin embargo para nuestro caso no será un punto de relevancia, pues no estamos enviando datos de importancia (Figura 4.6).

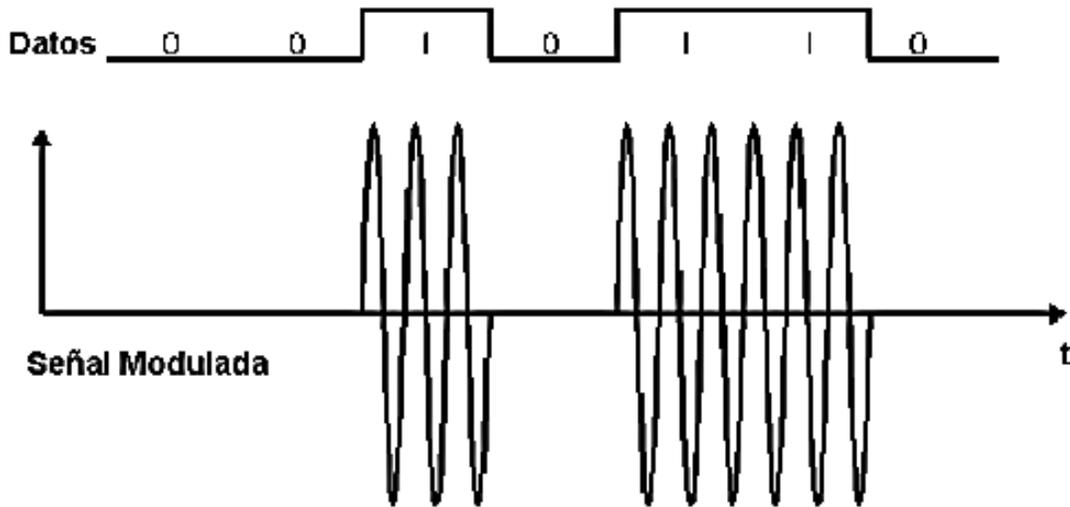


Figura 4.6 Modulación ASK OOK(On/Off Keying) 1

Sensibilidad del receptor.

Otro dato destacable es la sensibilidad que posee. Los dBm no están estrictamente relacionados con la distancia entre transmisor y receptor. Esta unidad caracteriza cuantitativamente la potencia de una señal tomando como referencia una potencia de 1mW (0 dBm). Para nuestro caso el módulo receptor utilizado posee un sensibilidad de -106 dBm:

$$-106 \text{ dBm} = 10 * \log (P(W)/1\text{mW}) \Rightarrow P(W) = 0.025[\text{pW}]$$

Lo que quiere decir que nuestro receptor es capaz de captar señales de esa potencia.

*Antena de nuestro Receptor.*

Parte importante para el mejor desempeño de nuestro receptor es la antena. Para máxima eficiencia del módulo RWS-433 se utiliza una antena de  $\frac{1}{4}$  de onda y usa un cable coaxial de 50 ohmios, y para el cálculo de su longitud se utilizó la siguiente ecuación:



Cálculo de la longitud de onda:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \left[ \frac{m}{s} \right]}{433 \times 10^6 \left[ \frac{1}{s} \right]} = .69 [m]$$

Cálculo de la longitud de la antena:

$$l = \frac{\lambda}{4} = 17.25 [cm]$$

Donde:

$c$  = Velocidad de la luz en el vacío

$f$  = Frecuencia de operación

#### 4.5 PIC demodulador y sistema indicador de alarma.

Los módulos empleados para el proyecto no utilizan tensiones fijas y continuas en las entradas de datos sino que requieren de impulsos bien definidos y estructurados, por lo que fue necesario utilizar un microcontrolador PIC16F628A.

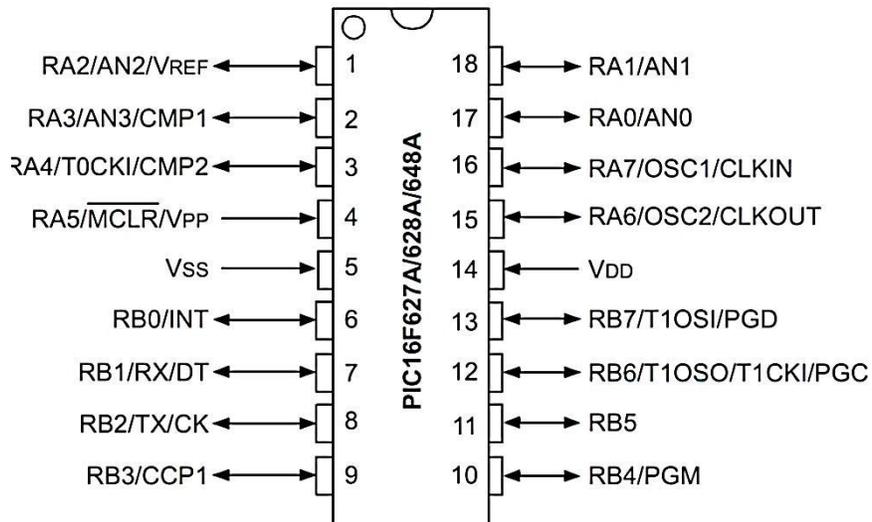


Figura 4.7 PIC16F628A 1



Se eligió el PIC16F628A, pues es uno de los más populares en la actualidad junto con sus variantes PIC16F627A y PIC16F648A, dadas las ventajas que presenta, tales como: un oscilador interno RC de 4MHZ, MCLR programable, mayor capacidad de corriente, programación en bajo voltaje, entre otras, lo cual nos permite que sea relativamente sencillo ponerlo en funcionamiento. Dentro de estas características cabe destacar que tiene un costo sumamente accesible, ya que no rebasa los \$40 pesos, lo cual resulta ideal para nuestro proyecto.

### *Sistema de alarma.*

Se programó el PIC como parte de nuestro receptor el cual se encargará de decodificar la señal enviada y accionar los mecanismos de alarma.

El PIC de nuestro receptor estará programado de tal forma que al recibir una señal específica la cual nosotros decidiremos y que será enviada por el transmisor, este se dé por aludido, y de esta forma asegurar totalmente la comunicación entre el trasmisor evitando falsos comandos provocados por otras transmisiones existentes en la zona o por ruidos.

En el momento en el que sea recibido el tren de pulsos específico (en nuestro caso: 101010101100101010111110) el receptor activará una alerta, lo cual referirá que el paciente en cuestión presenta alguna falla en su ritmo cardiaco (Figura 4.8).

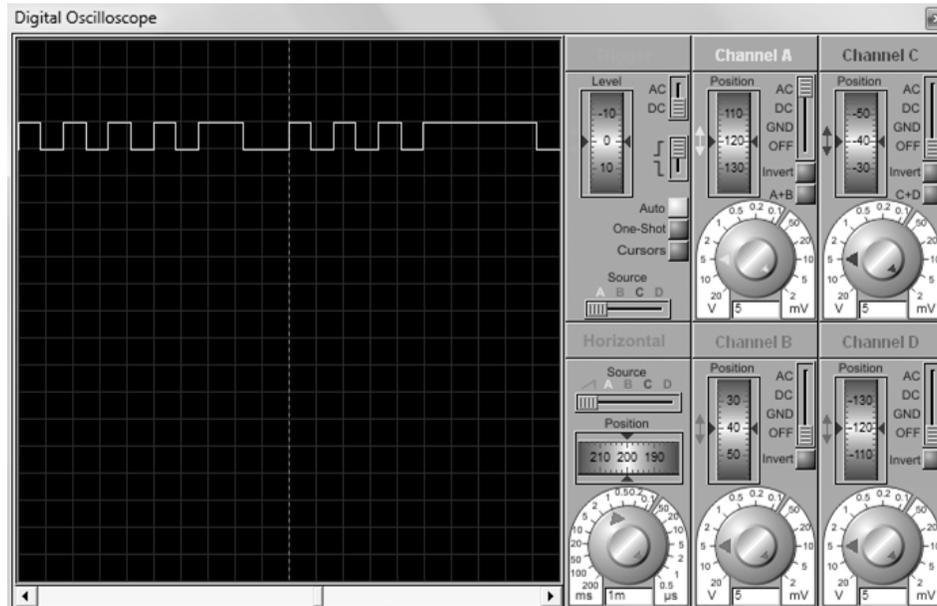


Figura 4.8 Señal de activación de alarma 1

Por otro lado si el tren de pulsos recibido en nuestro receptor es 101010101010110010101111(tren de pulsos elegido por nosotros), la alerta será inmediatamente desactivada, lo que nos indicará que el paciente se encuentra estabilizado (Figura 4.9).

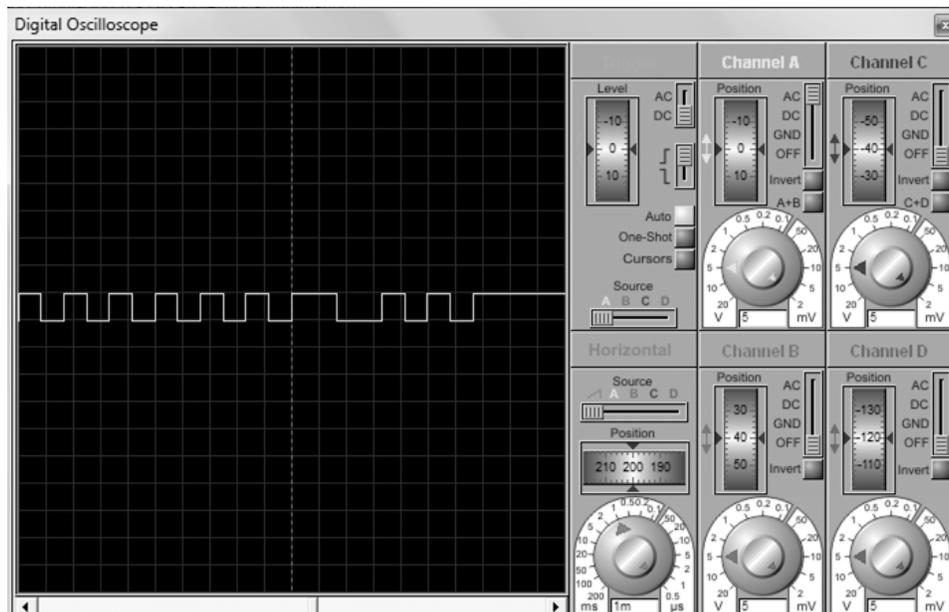


Figura 4.9 Señal para desactivación de alarma 1



El programa cargado en el microcontrolador de nuestro receptor deberá esperar el tren de pulsos correspondiente para saber si es a él a quien le corresponde la transmisión recibida, ignorando así otras transmisiones no destinadas a él.

El sistema de alerta estará conformado por un LED indicador, un buzz para la parte auditiva, y un display que nos dará el mensaje de alerta. La activación de estos indicadores estará programada en el microcontrolador PIC para ser activada en el momento que el paciente presente algún problema en su desempeño cardiaco y la señal de aviso (serie de bits; 101010101100101010111110) sea recibida.

Uniendo cada uno de los bloques diseñados y en conjunto con el diseño del transmisor, tendremos el siguiente resultado:

Mientras nuestro sistema de recepción no reciba la señal de activación de alarma, ninguno de los sistemas de alerta será activado por lo que la alarma de nuestro receptor permanecerá en modo OFF (Figura 4.10).

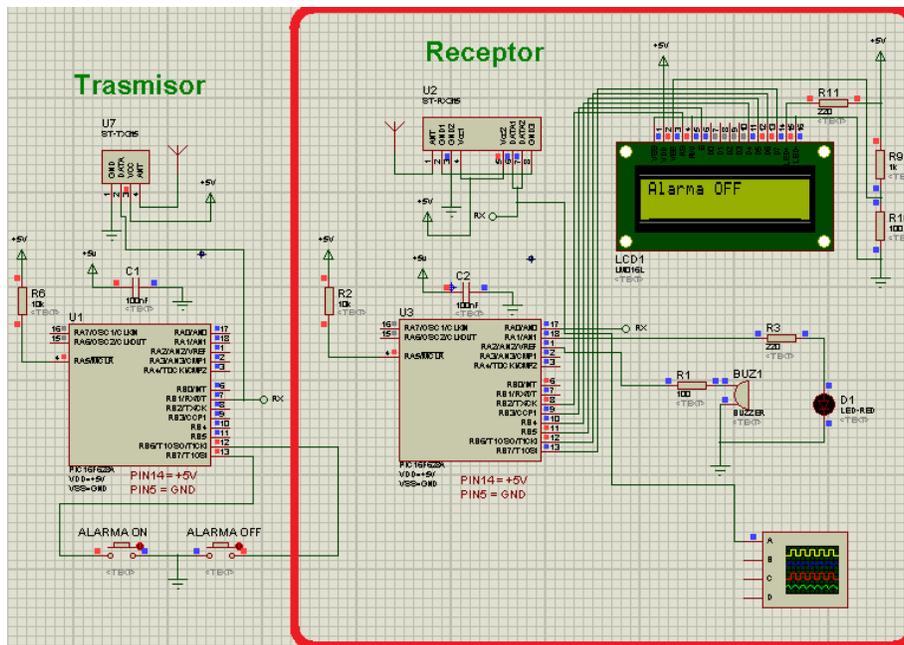


Figura 4.10 Receptor completo con alarma desactivada 1



Se recibirá una señal decodificada a cierta frecuencia, la cual nuestro receptor será capaz de recibir y decodificar, si nuestra señal decodificada resulta ser la de activación se pondrán en funcionamiento nuestros elementos de alarma, en este caso nuestro led indicador, el display con el mensaje de alarma encendida, y una bocina, los cuales alertarán de una variación o inestabilidad en la frecuencia cardíaca del paciente en cuestión.

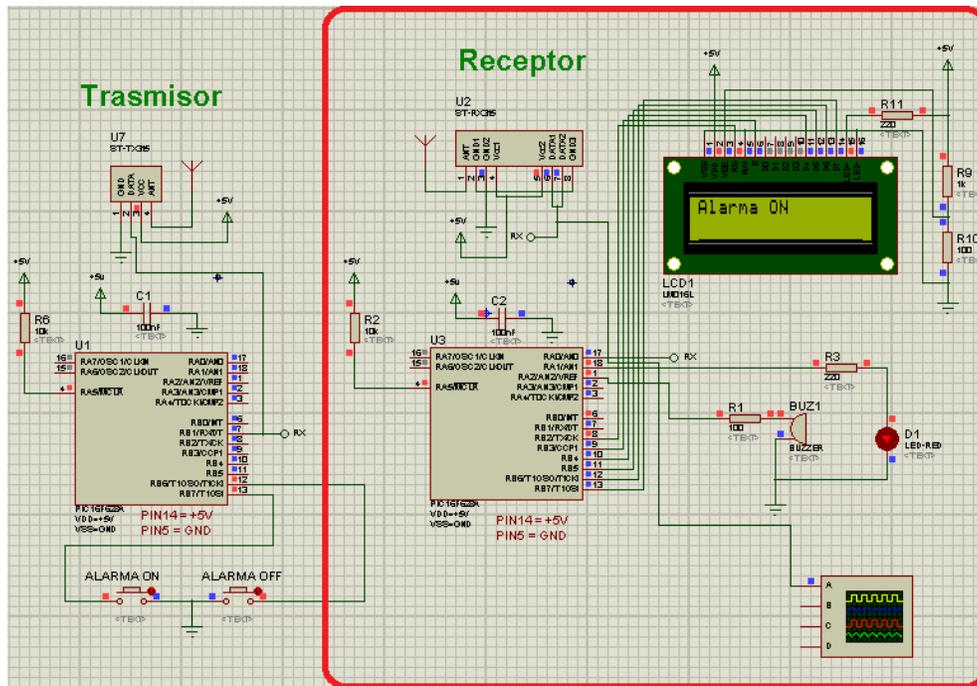


Figura 4.11 Receptor completo con alarma activada 1

La figura 4.11 nos muestra en su totalidad cómo está diseñado nuestro sistema de comunicaciones, dividido en dos partes principales, el transmisor y el receptor diseñado en el presente trabajo de tesis.

Por parte de nuestro receptor podemos observar cada uno de los bloques diseñados para cumplir con nuestro objetivo; como es nuestro PIC, los indicadores



de emergencia; como son el buzz, el LED y el display, y de manera virtual nuestro módulo receptor RWS-433.



## CONCLUSIONES

---

Se diseñó un sistema de recepción de radiofrecuencia de bajo costo, que será parte de un sistema de comunicaciones empleado para un electrocardiógrafo móvil, cumpliéndose de esta manera nuestro objetivo.

Con la realización del proyecto tendremos una base de datos con información relevante acerca de las enfermedades cardiovasculares, sus principales causas, cómo puede ser detectada y qué recomendaciones seguir para prevenirlo.

Gracias a la utilización del módulo RWS-433 se logró optimizar en gran medida el diseño de nuestro dispositivo, logrando así diseñar un dispositivo portátil y de calidad, el cual se pretende en un futuro sea accesible y útil para aquella persona que lo necesite o para hospitales públicos.

Se diseñó un receptor pequeño de bajo costo, que será ideal para que en trabajo conjunto con el transmisor realizado en por Marcos Pineda Tonis, conformen un sistema de comunicaciones el cual es empleado en el uso de un electrocardiógrafo móvil. Nuestro sistema será capaz de recibir una señal de alerta en un rango de distancia teórico de hasta 200 metros en su nivel óptimo en espacio libre, o de 100 a 150 metros en un espacio con obstáculos. Superando y mejorando los diseños que en la actualidad se han presentado como son; electrocardiógrafos con transmisión por infrarrojo o por medio de Bluetooth, teniendo estos, alcances de 10 y 5 metros máximo, respectivamente.



En la actualidad el 10% de las muertes en el país están relacionadas con fallas cardiacas y alrededor de 750,000 personas padecen insuficiencia cardiaca. El sistema de recepción diseñado en trabajo conjunto con el transmisor, aplicados al electrocardiógrafo crean un prototipo accesible, reduciendo el costo de estos dispositivos en el país, pues en la actualidad son muy caros. Creando de esta manera un dispositivo preventivo, que podrá actuar de manera eficiente para el cuidado de personas con problemas cardiacos.



## REFERENCIAS

---

1. Gómez, J. (2011), Electrocardiógrafo Móvil con Sistema Inalámbrico de Alerta.
2. Nemours, KidsHealt, Enfermedad Cardíaca, 19 de julio del 2012, disponible en:  
[http://kidshealth.org/kid/en\\_espanol/adultos/heart\\_disease\\_esp.html](http://kidshealth.org/kid/en_espanol/adultos/heart_disease_esp.html)
3. INEGI, , 17 de junio del 2012, disponible en:  
<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/estadisticas/2010/poblacion10.asp?s=inegi&c=2765&ep=40>
4. SSA, Programa de Acción Específico 2007-2012, Riesgo Cardiovascular, México, D.F., Editorial Raf, S.A. de C.V., 1ra. Edición, 2008.  
ISBN: 978-607-460-041-4, 29 de agosto del 2012, disponible en:  
[www.libreroonline.com/.../programa-de-accion-especifico-2007-2012](http://www.libreroonline.com/.../programa-de-accion-especifico-2007-2012)
5. SSA, Programa de Acción, Enfermedades Cardiovasculares e Hipertensión Arterial, México D.F, 1ra. Edición, 2001.  
ISBN: 970-721-002-8, 29 de agosto del 2012, disponible en:  
[www.salud.gob.mx/docprog/...3/enfermedades\\_cardiovasculares.pdf](http://www.salud.gob.mx/docprog/...3/enfermedades_cardiovasculares.pdf)
6. Del Río, Dr. Alfonso L. El corazón y sus funciones, Circulación coronaria, Servicio de Cardiología Hospital Universitario "Lozano Blesa". Zaragoza, 22p, 12 de septiembre del 2012, disponible en:  
[www.from.es/multimedia/capitulo1\\_tcm85-31919.pdf](http://www.from.es/multimedia/capitulo1_tcm85-31919.pdf)
7. GEOSALUD, Enfermedades Cardíacas y Cardiovasculares (Fuente: The National Women's Health Information Center), 12 de septiembre del 2012, disponible en:  
<http://geosalud.com/EnfermedadesCardiovasculares/cardiovasculares.htm>
8. La Alianza Nacional Para la Salud Hispana, La línea: Su familia (1-866-783-2645, [SuFamilia@hispanichealth.org](mailto:SuFamilia@hispanichealth.org)), 4 de octubre del 2012, disponible en:



<http://www.hispanichealth.org>

9. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Public Health Emergency Preparedness and Response, 4 de octubre del 2012, disponible en:

<http://www.bt.cdc.gov/>

10. University of Maryland Medical Center, Niveles altos de colesterol y triglicéridos en la sangre, 6 de octubre del 2012, disponible en:

[http://www.umm.edu/esp\\_ency/article/000403all.htm](http://www.umm.edu/esp_ency/article/000403all.htm)

11. Texas Heart Institute at St. Lukes Episcopal Hospital, Centro Cardiovascular, 12 de octubre, disponible en:

[http://www.texasheartinstitute.org/HIC/Topics\\_Esp/HSmart/riskspan.cfm](http://www.texasheartinstitute.org/HIC/Topics_Esp/HSmart/riskspan.cfm)

12. Española del Corazón. Sociedad Española de Cardiología, Cardiopatía Isquémica, 12 de octubre, disponible en:

<http://www.fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/enfermedades-cardiovasculares>

13. Medline Plus, Enciclopedia Médica, 18 de octubre, disponible en:

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/encyclopedia.html>

14. Cardiopatía Coronaria, 18 de octubre, disponible en:

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/007115.htm>

15. Johns Hopkins University, The Center for Civilian Biodefense Studies, 22 de octubre, disponible en:

<http://www.hopkins-biodefense.org/index.html>

16. Merk Sharp & Dohme, Biología Cardiovascular, Cáp.14, Enfermedades Cardiovasculares, Sec.3, 24 de octubre disponible en:

[http://www.msd.es/publicaciones/mmerck\\_hogar/seccion\\_03/seccion\\_03\\_014.html](http://www.msd.es/publicaciones/mmerck_hogar/seccion_03/seccion_03_014.html)



17. OMS, Enfermedades Cardiovasculares, Sep. 2012, disponible en:

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>

18. Guadalajara, J.F. (2006). Cardiología. México: Méndez Editores, 6ta Ed., pp. 28-30, 32, 3, 36-38, 42, 65-85.

19. Castellanos C. & Peres de Juan M.A. (2004), Electrocardiografía Clínica, 2da Ed., Madrid: ELSEVIER.

20. Bolaños M., Homayoun N., Gonzalez I., Parra I. and Martinez C. (2004). *A PDA- based Electrocardiogram/Blood Pressure Telemonitor for Telemedicine*, Proceedings of the 26th Annual, International Conference of the IEEE EMBS.

21. Esteve J, Mitjans J. (2002) Electrocardiograma. Enfermería. Técnicas clínicas. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

22. Radiocontrol: Módulos comerciales en UHF, 28 de octubre, disponible en:

<http://www.neoteo.com/radiocontrol-módulos-comerciales-en-uhf>

23. Eduardo J. Carletti, Comunicación – Radiofrecuencia, Descripción y funcionamiento, 1 de noviembre disponible en:

[http://robots-argentina.com.ar/Comunicacion\\_RF.htm](http://robots-argentina.com.ar/Comunicacion_RF.htm)

24. Capítulo 12. Receptores, Parámetros característicos y tipos de receptores, 6 de noviembre disponible en:

[http://www.gr.ssr.upm.es/docencia/grado/elcm/actual/pdf/BN\\_EC0912-Receptores.pdf](http://www.gr.ssr.upm.es/docencia/grado/elcm/actual/pdf/BN_EC0912-Receptores.pdf)

25. Radiofrecuencias y microondas, 12 de noviembre disponible en:

<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/RadioyMicro.htm>