

# APLICACIÓN DEL ANÁLISIS TIEMPO-FRECUENCIA EN ELECTROCARDIOGRAFÍA.

**Ph.D. Ramón Osvaldo Guardado Medina.**

Centro Universitario de la Costa Sur, Autlán de Navarro Jalisco, México  
[ramon.guardado@cucsur.udg.mx](mailto:ramon.guardado@cucsur.udg.mx)

**M.C Donato Vallín González.**

Centro Universitario de la Costa Sur, Autlán de Navarro Jalisco, México  
[dvallin@cucsur.udg.mx](mailto:dvallin@cucsur.udg.mx)

## RESUMEN

En el presente artículo se realiza el análisis del complejo QRS (ECG), mediante técnicas de Tiempo-Frecuencia, se mencionan los diferentes tipos de ruido que le pueden causar mala interpretación y por consiguiente análisis deteriorado. Se explica las herramientas utilizadas para la detección del complejo y para la eliminación de ruido. Las herramientas utilizadas para están desarrolladas en el lenguaje de programación LabVIEW así como el apoyo de MatLab para aplicaciones de filtrado. El objetivo principal es desarrollar una aplicación mediante el análisis tiempo-frecuencia para la detección de patrones en patologías cardiacas. **Palabras Clave:** Electrocardiografía, Análisis tiempo-frecuencia, Procesamiento de señales.

## ABSTRACT

In this paper shows a complex analysis QRS with Time-Frequency technical, mentions a different kinds of topics, who cans to show bad interpretations, explain some tools for complex detection for remove all noise. The languages tools used for this article were LabVIEW and MatLab for obtain and apply digital filtering. The principal objective is to design an application for detection cardiac pathologies.

**Keywords:** Electrocardiography, Time-Frequency analisis, Signal processing.

## INTRODUCCION

Es un órgano hueco y musculoso del tamaño de un puño, rodeado por el Pericardio como se muestra en la Figura 1. Situado entre los pulmones, encerrado en el centro del pecho, dividido en cuatro cavidades: dos Aurículas y dos Ventrículos. Entre la Aurícula y el Ventrículo derecho hay una válvula llamada tricúspide, entre Aurícula y Ventrículo izquierdos está la válvula mitral. Las gruesas paredes del corazón forman el Miocardio. Como una bomba, impulsa la sangre por todo el organismo. Realiza su trabajo en fases sucesivas. Primero se llenan las cámaras superiores o aurículas, luego se contraen, se abren las válvulas y la sangre entra en las cavidades inferiores o ventrículos. Cuando están llenos, los ventrículos se contraen e impulsan la sangre hacia las arterias. (Dalle,1995).

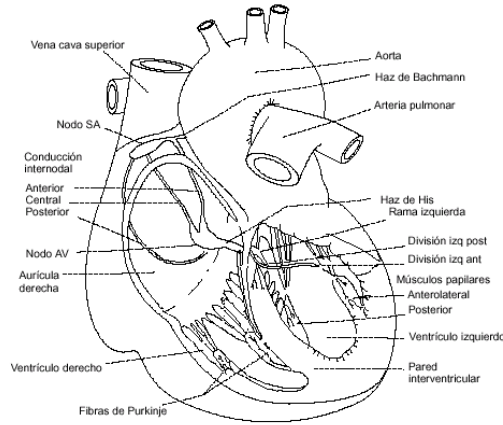
El corazón late unas setenta veces por minuto y bombea todos los días unos 10.000 litros de sangre.

**Capacidad de contracción:** la capacidad de las células musculares del corazón para contraerse; depende de otros factores, por ejemplo la.

**Precarga:** la cantidad de sangre presente en la cámara de bombeo, o ventrículo izquierdo, antes de la contracción; que es afectada por la...

**Postcarga:** las fuerzas que se oponen a la contracción una vez que ésta empieza; entre dichas fuerzas están a la resistencia al flujo sanguíneo en las arterias, que a su vez depende en parte de la frecuencia de los latidos del corazón.

**Frecuencia cardiaca:** el número de latidos por minuto; éste influye en la cantidad de sangre que llega al músculo cardiaco mediante él. (Tompkins,1993).

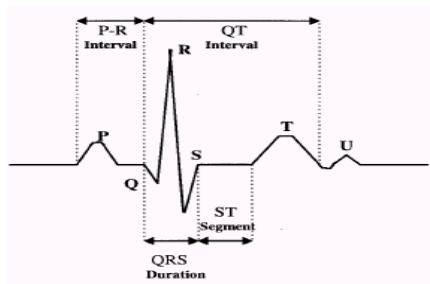


**Figura 1.** El corazón (Gyton).

Esta frecuencia cardiaca es analizada por diferentes metodos y su forma mas básica que es el electrocardiograma que acontinuación se describe para la obtencion del complejo QRS.

**Electrocardiograma:** El electrocardiograma (ECG) es un trazo gráfico de la actividad eléctrica del corazón. Un trazo típico consiste en una serie de formas de onda que ocurren en forma repetitiva. Estas formas de onda se originan de una línea original plana llamada la línea isoelectrica. (Benson M,1993).

- Intervalo P-R 0.12 a 0.20 segundos.
- Intervalo QRS menos que 0.1 segundos.
- Intervalo Q-T menos que 0.38 segundos.



**Figura 2.** Complejo QRS.

Para poder analizar el complejo QRS , Tendríamos que sacar la función matemática que lo representa mediante series de Fourier ya que es una señal periodica, pero aunque sea de las caracteísticas ya mencionadas no podemos decir con esactitud que función predomina en cada intervalo (PR, QRS, etc.)

Es por esto que se utilizan algunas herramientas de software para su análisis, como son el LabVIEW o el MatLab que en conjunto se pueden manipular los datos obtenidos aplicando señales externas de ruido, con el objetivo de diseñar filtros, para la eliminación de él.

### Interferencias para la Detección del complejo QRS.

La presencia del ruido en el registro de biopotenciales es un hecho prácticamente inevitable. En el registro del ECG la existencia de ruido se debe a muchas causas.

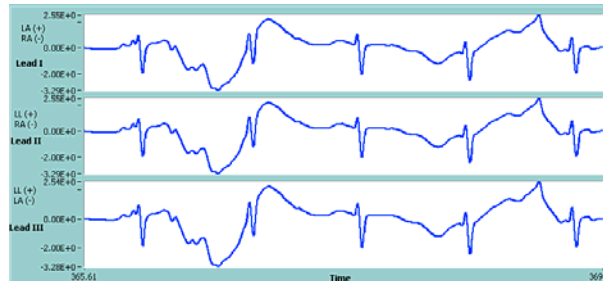


Figura 3. Ruido causado por electro miografía.

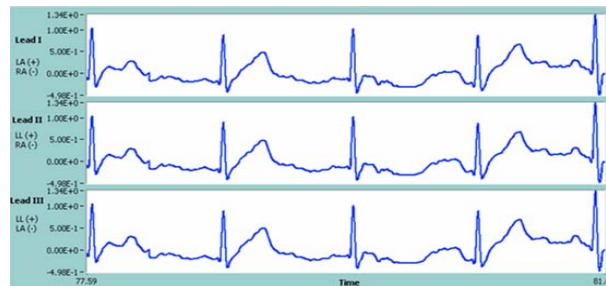


Figura 4. Interfaz electrodo-paciente.

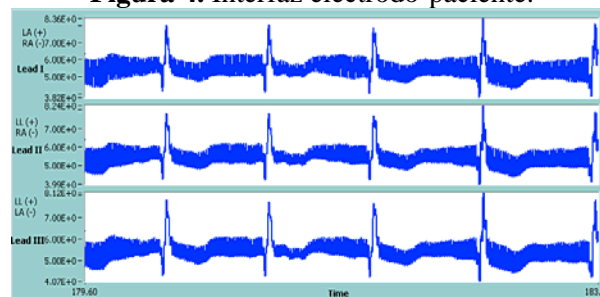


Figura 5. Red de distribución eléctrica.

- Sistema de medida.

Esto causa que la interpretación y el análisis sea erróneo, por eso las técnicas y métodos de análisis del complejo QRS tienen diferentes formas de ser tratados como son:

- Tiempo-Frecuencia. (LabVIEW, MatLab, DSP)
- Espectral. (LabVIEW, MatLab, DSP)
- Wavelets.

Entre otros, para caso al análisis que se utilizará la técnica de Tiempo-Frecuencia mediante herramientas matemáticas y de software. (Guyton,2001).

## DESARROLLO.

Debido a que la señal del complejo QRS, esta interpretada y graficada en el tiempo, la técnica matemática mas recomendada es obtener la ecuación mediante series de Fourier.

$$f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos kw_0x + b_k \text{sen}kw_0x \quad (1)$$

$$X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \cdot e^{-j\omega n} \quad (2)$$

$$x[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega}) \cdot e^{j\omega n} \cdot d\omega \quad (3)$$

Para después utilizar un método de Fourier llamado Transformada de Fourier (FT) y la transformada discreta de Fourier (DFT).

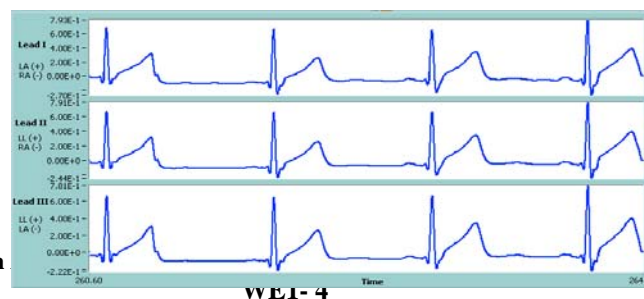
Con la técnica ya mencionada se obtiene un análisis en frecuencia en tiempo continuo y discreto, con el objetivo de poder reducir el ruido.

Eléctricamente se diseño un circuito para la obtención del complejo, consta de un amplificador de instrumentación seguido de un filtro pasa banda desde 0.5 Hz hasta 250 Hz. Rango de trabajo de un electrocardiógrafo según la norma (Falta) de quipos médicos y para terminar un amplificador de Aislamiento con ganancia unitaria. Este ultimo mantiene aislado en su totalidad al paciente con respecto a descargas eléctricas que puedan causar daño fisiológico y hasta la muerte.

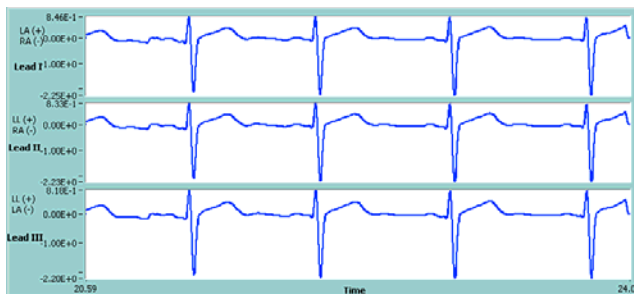
La herramienta utilizada para la detección del complejo QRS es el LabVIEW que es un paquete de programación en lenguaje grafico ó también llamado lenguaje G, donde se pueden realizar desde una presentación en ambiente Windows, Diseño de Filtros digitales, comunicaciones vía Internet. (Rosow E., 2000).

## RESULTADOS.

Las siguientes figuras muestran el panel de control, donde se han obtenido el tratamiento de las señales del electrocardiograma, así como su programación.La figura 6 mostrada anteriormente, representa la señal de la derivación I, pasada ya por las diferentes etapas de tratamiento y filtrados. En terminos medicos se interpretaría como “Una señal en la que su complejo QRS se comporta como sinuoso con características sanas, aunque la señal sola no da datos precisos sobre algunas otras patologías cardiacas, mencionando alguna: engrandecimiento de cavidades, para esto tendríamos que obtener algunas derivaciones más.” (interpretación por el Cardiólogo Fernando Ortíz Galvan, certificado por el Consejo Mexicano de Cardiología CMN siglo XXI) .

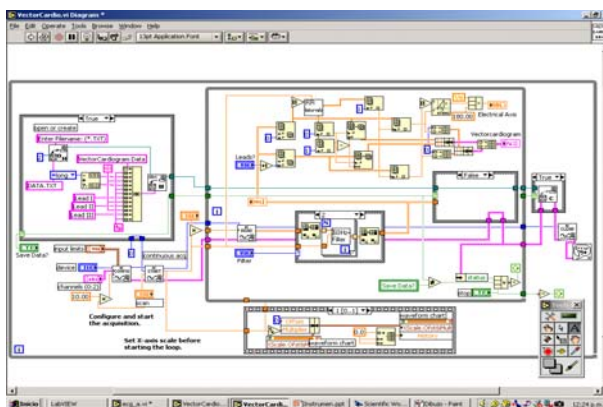


**Figura 6.** Obtención del complejo QRS.(Derivación I).



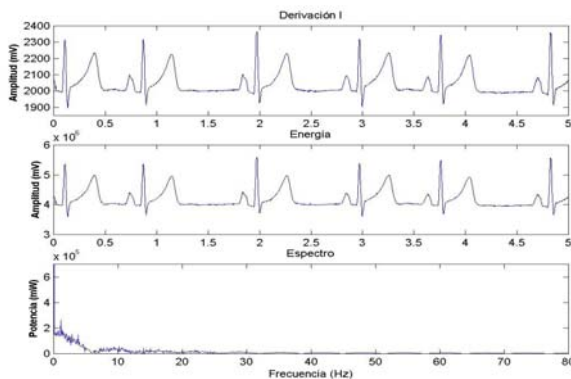
**Figura 7.** Derivación III del Complejo QRS.

La figura 7 representa la señal de la derivación III, relaciona con la figura 3. Aunque esta ya tenía el filtro que eliminaba el ruido de la línea, el ruido muscular estaba presente. Medicamente se recomienda que el paciente se relaje totalmente.



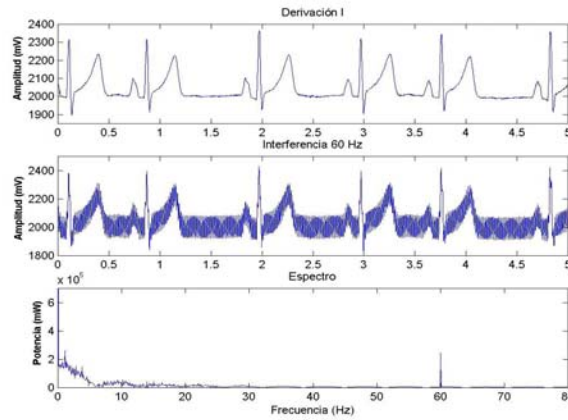
**Figura 8.** Programación (lenguaje G).

Entrando en el análisis espectral de la señal, a continuación se muestran algunas imágenes sobre su desarrollo.



**Figura 9.** Señal del ECG y su espectro de potencia.

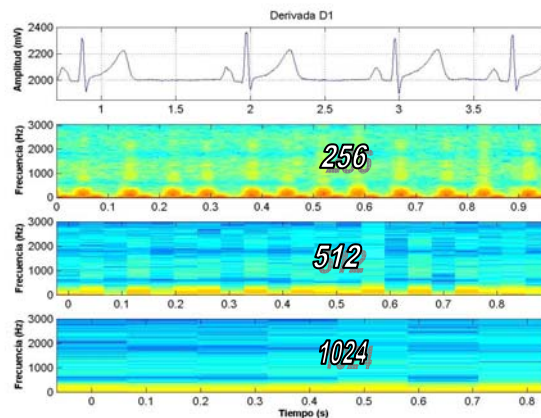
En la figura 9. Se muestra la potencia y el espectro de la señal sin efectos de ruido, se puede observar el dominio de la frecuencia que esta alrededor de los 25 Hz. El efecto que aparece con relativa frecuencia en señales electrocardiográficas y en general, en cualquier señal biomédica, es la superposición de una interferencia debido a la señal de la red, como se muestra en la figura 10



**Figura 10.** ECG con ruido.

### Definición de la FFT Mediante Espectrogramas.

En las siguientes figuras se muestra las definiciones de la FFT para la señal de electrocardiografía en ventana de 256, 512 y 1024. el resultado que muestra las figuras, son que en la ventana de 256 la definición se interpreta mejor que las ventanas de 512 y 1024, ya que en estas la distorsión aumenta. En la relación de incrementar la definición de la FFT, es a la vez utilizar más memoria, por el caso de señales de electrocardiografía es recomendable utilizar una definición mínima. Véase la figura 11. Se analiza la primera derivada como una señal pura, la primera derivada con la interferencia de la línea de 60 Hz., una de las arritmias en la segunda derivada y una fibrilación en la primera derivada.

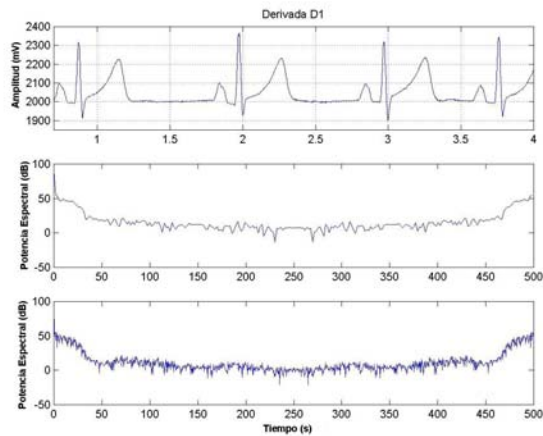


**Figura 11** Espectrograma para DI en Ventanas de 256, 512 y 1024.

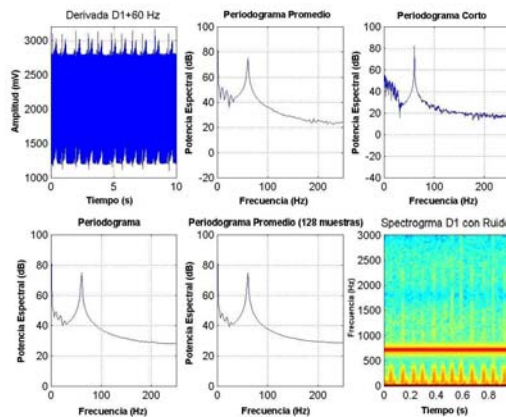
### Densidad Espectral de Potencia (PSD).

En un cierto ancho de banda (gama de frecuencias) se lee el promedio de la potencia de todas las componentes frecuenciales de una señal en un determinado tiempo y nos ayuda a determinar que componente

de frecuencia es la predominante. Como se observa en la figura 11, muestra la señal de de electrocardiografía perteneciente a la derivación I, seguida de la PSD en formato de Averged Periodogram, y la de Short Periodogram, para un muestreo de 500 Hz, muestra como la señal mantiene un promedio de señales, estable durante todo el proceso de obtención. En la figura 12 se muestra la señal de ECG con la perturbación de la línea de 60 Hz. La cual se ve claramente es su definición den las demás ventanas de procesado, se como la línea de 60 Hz predomina ante las demás frecuencias. (Benson M,1993).



**Figura 12.** Representación de la Densidad Espectral de Potencia en DI.



**Figura 13.** PSD del ECG con interferencia de 60 Hz.

## CONCLUSIONES.

Se hace indispensable un buen conocimiento de las señales que se quieren clasificar (Señales puras, Señales con Interferencias, Arritmias, etc.), por lo que se han revisado los procesos que se llevan a cabo en el corazón y ocasionan la generación de del complejo QRS y de patologías. De esta manera, también es indispensable el conocimiento del tipo de patologías que existen, esto conlleva a resultados más convincentes y una distinción de ellas.

Estudio del comportamiento eléctrico del músculo cardiaco. Caracterización de las señales electrocardiográficas que representan el estado del corazón. (Estado normal y patológico).

Una vez conocidas todas las señales, se dispuso a realizar el Hardware de obtención de las señales, tomando en cuenta la condiciones de seguridad para la realización de equipo biomédico. Tomando en cuenta los siguientes pasos:

Un Amplificador de Instrumentación esto permite también una alta impedancia a la entrada, en un solo encapsulado, para que los amplificadores tuvieran la misma característica.

Un filtro pasa altas de 2º orden que elimina en su totalidad las frecuencias causadas por electromiografía, electrogastografía y otras bajas frecuencias.

Un detector del Intervalo R para caracterizar de una forma segura su detección.

Seguido de un filtro pasa bajas de 2º orden, de esta manera se logro el rango de trabajo de 0.3 a 250 MHz.

Por ultimo un amplificado de Asilamiento de Ganancia unitaria, usando diferentes tierras, para lograr un aislamiento completo.

El uso de herramientas de programación fue indispensable para el presente proyecto, El Uso de de la herramientas como LabVIEW, que permito la interfase entre el hardware y el usuario. En la utilización del LabVIEW, se realizo los siguientes pasos:

- Conversión de la señal Analógica a Digital.
- El filtrado para la interferencia de 60 Hz.
- La opción de guardar en formato texto, el muestreo de la señal.
- Visualización en Tiempo Real de la señal obtenida.

Opción de ampliar o reducir el muestreo.

El uso de la herramienta de Matlab, permitió el procesamiento e interpretación de todas las señales adquiridas. En este proceso se realizaron los siguientes pasos.

- Reconstrucción de las señales.
- Adición de fuentes de ruido y filtración de las mismas.
- Análisis de las señales en el espacio Espectro-temporal mediante la Técnica de la FFT, Espectrograma y PSD

Cabe mencionar que estas dos Técnicas fueron la base para este estudio, ya que la primera permite encontrar todas las frecuencias de la señal en el tiempo y por consiguiente permite identificar cualquiera que no caracterice ala señal. Por otro lado El espectrograma en sus diferentes ventanas permite ve la definición de la FFT, y la forma de tener una mejor análisis en particular de este tipo de señales. Por ultimo La Dispersión Espectral de Potencia o DSP permite realizar un análisis del promedio de todas las frecuencias encontradas en la señal y permite de la misma manera encontrar frecuencias ajenas a la señal.

## **REFERENCIAS.**

Benson M. J., Castillo F. D., Wingate D. L., Demetrakopoulos J., Spyrou N. M. (1993): "The computer as referee in the analysis of human small bowel \ motility", Am. J. Physiol., 264: G645-654.

Guyton A. C., Hall J. E. (2001): "Tratado de Fisiología Médica", Mc. Graw Hill-Interamericana .( Libro).

W. J. Tompkins, (1993) Biomedical Digital Signal Processing: C-Language Examples and Laboratory Experiments for the IBM PC, Ed. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall)

Dalle D., Devroede G., Thibault R., Perrault J. (1975): "Computer analysis of BS", Comput. Biol. Med., 4: 247-256.

Rosow E., (2000). "Virtual Bio-Intrumentation", Prentice Hall



***Autorización y Renuncia.***

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

***Authorization and Disclaimer.***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*