

# AMPLIFICADORES BIO-POTENCIALES “ELECTROCARDIOGRAMA”.

Diana Cristina Morocho Navas, *UPS student*, Freddy Homero Valdez Garcia *UPS student*,  
Johana Beatriz Castillo Cabrera, *UPS student*.

**Abstract—** Los últimos avances y la situación actual de los amplificadores de bio-potencial es vital importancia para las personas ya que el potencial bio-eléctrico del cuerpo humano son indeterminados y sus valores cambian con el tiempo, en esta se observara conexiones o derivaciones que se pueden dar en el cuerpo humano y sus filtrados de baja y alta frecuencia para así poder realizar un estudio médico de corazón como es el electrocardiograma que nos permite registrar la actividad eléctrica del corazón que se produce en cada latido cardíaco, medir el ritmo y la regulación de los latidos y además cualquier daño al corazón y los efectos que pueda tener ciertos fármacos.

Los altos inventos de salud de monitoreo de señales de electrocardiogramas están aumentando en el mundo y para lo cual se necesita el diseño de un amplificador que contenga una baja potencia y baja tensión estas son las condiciones que deben ser tomadas en cuenta para la elaboración de los circuitos de monitoreo de la salud personal y así poder obtener el diseño de detección de la señal del electrocardiograma, el diseño constara de un filtro pasa alto, el transistancia y un amplificador transresistencia. Las señales de un electro cardiograma tiene las características de baja amplitud y baja frecuencia como la amplitud de la señal es muy baja vamos a necesitar un amplificador de bajo ruido de alta ganancias y con una alta relación de rechazo de modo común (CMRR)

**Index Terms—** electrocardiograma, filtros, amplificadores de bio-potenciales, Transresistencia, transconducancia, señales.

## I. INTRODUCCIÓN

El estado del arte hace referencia a la situación actual o en su defecto a los últimos avances, en este documento se presenta el estado del arte de los amplificadores de bio-potenciales, estos bio-potenciales se caracterizan por mostrar una amplitud baja y un ancho de banda estrecho, de allí nace la necesidad de amplificar la señal de los potenciales bio-eléctricos, ya que la señal lleva información de gran utilidad y puede ser aplicada en diferentes campos por ejemplo: en la medicina en donde las señales bio-eléctricas del ser humano

son bastante inestables y varían su magnitudes en el tiempo, los valores obtenidos pueden cambiar de manera significativa entre dos personas.

## II. PROCEDIMIENTO DEL ESTADO DEL ARTE EN AMPLIFICADORES BIO-POTENCIALES

### II-A. Estado del arte.

El estado del arte no muestra la situación actual y las investigaciones más recientes que permite el estudio del conocimiento de un tema específico y comparaciones con otros conocimientos paralelos a estos y teniendo así posibilidad de comprensión del problema tratado.

### II-B. Actividad eléctrica del Corazón.

El corazón tiene cuatro cámaras: dos aurículas y dos ventrículos, izquierdos y derechos.[3] La aurícula derecha recibe la sangre venosa del cuerpo y la envía al ventrículo derecho el cual la bombea a los pulmones, lugar en el que se oxigena y del que pasa a la aurícula izquierda. De aquí la sangre se deriva al ventrículo izquierdo, de donde se distribuye a todo el cuerpo y regresa a la aurícula derecha cerrando el ciclo cardíaco.[4]

### II-C. Electrocardiograma.

El electrocardiograma (ECG/EKG, del alemán Elektrokardiogramm) está formado por una línea horizontal a la que se la denomina línea base la que pertenece a las fases isoelectricas, este es el lugar donde no existe actividad cardíaca eléctrica.[8]

Además es la representación gráfica de la actividad eléctrica del corazón, que se obtiene con un electrocardiógrafo en forma de cinta continua. Es el instrumento principal de la electrofisiología cardíaca y tiene una función relevante en el cribado y diagnóstico de las enfermedades cardiovasculares, alteraciones metabólicas y la predisposición a una muerte súbita cardíaca. También es útil para saber la duración del ciclo cardíaco.

### II-D. El ECG.

El trazado típico de un electrocardiograma registrando un latido cardíaco normal consiste en una onda P que se produce, por la sístole auricular, el complejo QRS se produce por la sístole ventricular y una onda T que es generada a la repolarización ventricular. La pequeña onda U normalmente es invisible. Estos son eventos eléctricos que no deben ser

confundidos con los eventos mecánicos correspondientes, es decir, la contracción y relajación de las cámaras del corazón. Así, la sístole mecánica o contracción ventricular comienza justo después del inicio del complejo QRS y culmina justo antes de terminar la onda T. La diástole, que es la relajación y relleno ventricular, comienza después que culmina la sístole correspondiendo con la contracción de las aurículas, justo después de iniciarse la onda P. [1]

### II-E. Frecuencia cardíaca.

La frecuencia cardíaca puede ser derivada de un trazado del electrocardiograma con varias ecuaciones. Una de ellas sigue la regla de los 300, la cual funciona si el ritmo es regular: dividiendo 300 entre el número de cuadros grandes (cinco cuadros pequeños en cada cuadro grande) entre un R y la siguiente. Por ejemplo, en la gráfica abajo, la distancia en cuadros grandes entre un R y el siguiente es aproximadamente de 2,4: dividiendo 300 entre 2,4 produce una frecuencia cardíaca de 125 latidos por minuto. [8]

### II-F. Electrodo del Electrocardiograma.

Son los dispositivos que ponen en contacto al paciente con el electrocardiógrafo. A través de ellos se obtiene la información eléctrica del corazón para la impresión y análisis del Electrocardiograma.

### II-G. Ubicación de los Electrodo.

Los Electrodo Periféricos son cuatro y van colocados en las extremidades del paciente. Normalmente se diferencian con un color distinto para cada uno.

R: Brazo derecho (Right), evitando prominencias óseas.

L: Brazo izquierdo (Left), evitando prominencias óseas.

F: Pierna izquierda (Foot), evitando prominencias óseas.

N: Pierna derecha, es el Neutro (N). [2]

Estos electrodo están conectados a la entrada de un amplificador diferencia.

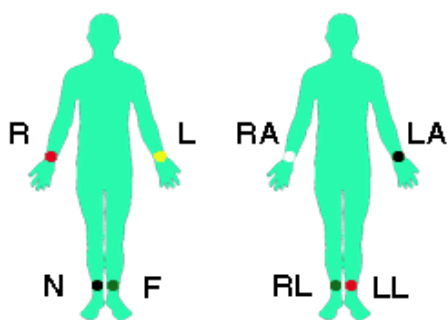


Figura 1. Ubicación de los electrodos.[6]

### II-H. Amplificador de Instrumentación

Un amplificador de instrumentación como se muestra en la Figura 1. Es un dispositivo creado a partir de amplificadores operacionales. Está diseñado para tener una alta impedancia de entrada y un alto rechazo al modo común (CMRR). Se puede construir a base de componentes discretos o se puede encontrar encapsulado (por ejemplo el INA114).

La operación que realiza es la resta de sus dos entradas multiplicada por un factor.

Su utilización es común en aparatos que trabajan con señales muy débiles, tales como equipos médicos (por ejemplo, el electrocardiógrafo), para minimizar el error de medida. [3]

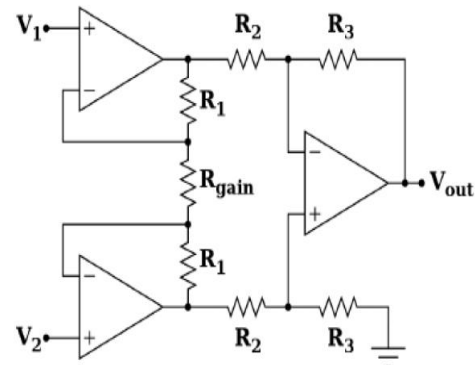


Figura 2: Esquema de un Amplificador Instrumental

### II-J. Amplificadores de aislamiento.

Los amplificadores de aislamiento como su nombre lo indica aislamiento eléctrico la fuente de señal de entrada y los instrumentos energizados. Además también puede desaparecer los lazos de tierra que generen interferencia.

Este tipo de amplificadores es de mucha utilidad debido a los beneficios que brinda, debido a que en su entrada los voltajes son altos en los instrumentos, este protege al equipo como a las personas que los utilizan.[2]

## III. DISEÑO Y DESARROLLO DE UN CIRCUITO ECG

El circuito diseñado para adquirir la señal electrocardiográfica, está conformado por tres fases: Adquisición de la señal (amplificación de instrumentación), etapa de filtrado (filtro pasa banda y notch) y por última etapa de acondicionamiento de la señal (amplificador). [5]

### III-A. Etapa de adquisición de la señal

Para la adquisición de la señal bioeléctrica proveniente del corazón de la persona, diseñamos un amplificador de instrumentación basado en tres amplificadores operacionales ver Figura 2, el operacional utilizado es el TLO74. Esta clase de amplificadores son diseñados para obtener una alta impedancia a la entrada. La función que tiene es la resta de las dos entradas multiplicadas por un factor [12]. El amplificador de instrumentación está conformado por dos amplificadores no inversores y un amplificador diferencial el cual ayuda a reducir el ruido, ya que tiene una muy baja ganancia en modo común. Este amplificador puede adquirir las señales bajas del corazón y amplificarlas con una ganancia de 1000, ya que los operacionales TL074 que se utiliza son de tecnología JFET estos poseen una alta impedancia de entrada y la corriente de polarización es muy baja esto para la seguridad del paciente. [10]

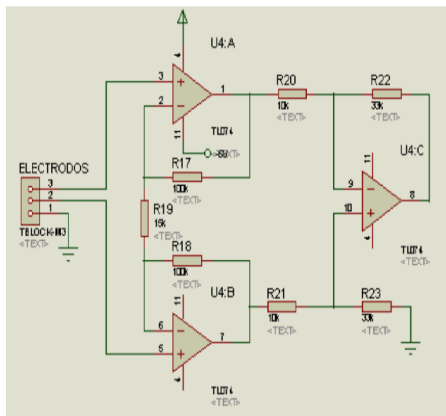


Figura 3: Amplificador Instrumental diseñado con TL074

### III-B. Etapa de Filtrado

Como ya se mencionó anteriormente las señales bio-eléctricas del corazón son de muy baja amplitud en el orden de los mil voltios, por lo que necesita ser amplificados y filtrados, en consecuencia la señal adquirida en la primera fase requiere de ser tratada, es decir, filtrada para eliminar toda clase de ruido introducido. Inicialmente se diseñó un filtro pasa alto, seguido de un filtro pasa bajo y seguidamente de un filtro de notch para eliminar el ruido de la red eléctrica. [11]

#### III B.I Filtro Pasa Banda

Lo que se va a filtrar en señales que tiene bajas frecuencias ya que estas frecuencias son provocadas por la diferencia de potencial que genera el electrodo con la superficie de la piel. [9]

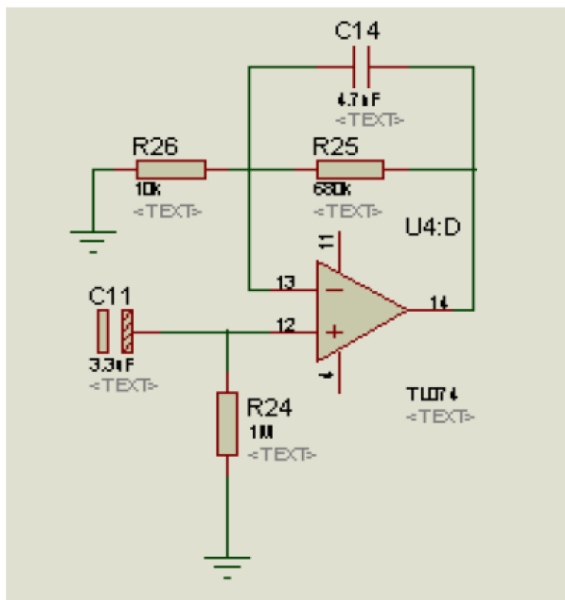


Figura 4: Filtro pasa banda diseñado con TL074

#### III B.II Filtro de Notch

De la misma manera se diseñó un filtro de 60hz, se utilizó un integrador TL72 para reducir más el ruido producido por la red eléctrica. Este filtro fue implementado y su conexión es a continuación del filtro pasa banda como se puede ver en la figura 4.[9]

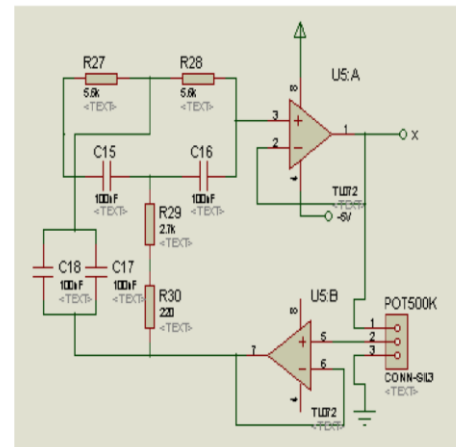


Figura 5: Filtro pasa banda diseñado con TL074

## IV. ESQUEMA DEL CIRCUITO DEL ELECTROCARDIOGRAMA

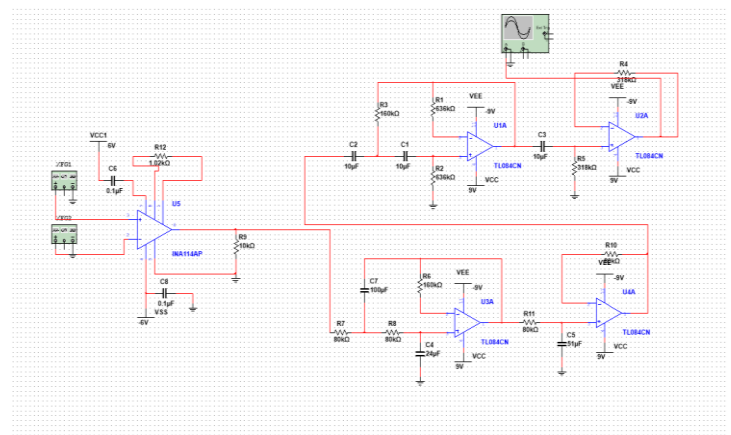


Figura 6. Circuito del electrocardiograma

Como se puede observar la Figura 6 se encuentra constituido por tres etapas la primera por un amplificador de instrumentación, la segunda es un filtro paso bajo de tres polos y la tercera etapa es un filtro paso alto de tercer orden

## V. CONCLUSIONES

Los amplificadores de bio-potenciales están diseñados minimizar los datos no deseados como el ruido, sus principales aplicaciones son en la medicina en donde un bloque de gran importancia es la alta ganancia aun que esta también es configurable, cuenta con una ancho de banda

adecuado para ser utilizado en muchos campos y la masiva integración en dispositivos biomédicos en donde el amplificador de bio-potenciales es el que también constituye la interfaz con el paciente por ende se ha convertido en una parte importante de instrumentos de diagnósticos y tratamientos, el estado actual de estos amplificadores es la tendencia al bajo consumo de tensión, entre 3 a 3.6 V requieren soluciones de circuitos apropiados, su diseño se presenta, con una alta relación de rechazo en modo común (CMRR), una tolerancia de alto voltaje de entrada y la característica de paso alto de primer orden, la mayoría de estas características se deben a un diseño de primera etapa de alta ganancia.

Al culminar la investigación expuesta en nuestro paper, nos percatamos que los elementos que componen el diseño para amplificadores de bio-potenciales, son los que permitan adquirir señales de muy buena calidad, bajo condiciones adversas de medida y sin recurrir a técnicas invasiva para así un bajo consumo, también como un reducido número de componentes.

Para los amplificadores bio-potenciales se optó el tema a la medicina como es el electrocardiograma que es una representación gráfica de actividades eléctricas del corazón este instrumento es muy importante ya que da conocer el diagnostico de las enfermedades cardiovasculares y además saber el ciclo cardiaco, para comprobar se dice que el electrocardiograma es registrado como una onda por cada latido cardiaco teniendo así una frecuencia cardiacas obteniendo así varias ecuaciones del electrocardiograma, este dispositivo tiene unos electrodos los cuales son los contactos hacia el paciente y a través de ellos se obtiene la información eléctrica del corazón lo cual funcionan con amplificadores de instrumentación que pasa por una etapa de filtrado y por un acondicionamiento de señal obteniendo así la señal de la onda de cada latido cardiaco.

#### REFERENCES

- [1] H. S. Raghav and B. P. Singh, "Design of Low Voltage OTA for Bio-medical Application," pp. 1–5, 2013.
- [2] A. R. Trivedi, S. Carlo, and S. Mukhopadhyay, "Exploring tunnel-FET for ultra low power analog applications," *Proc. 50th Annu. Des. Autom. Conf.*, no. V, pp. 109:1–109:6, 2013.
- [3] S. Lotfi Mohammad Abad and K. Maghooli, "Low Supply Voltage Electrocardiogram Signal Amplifier," *2007 1st Int. Conf. Bioinforma. Biomed. Eng.*, pp. 798–801, 2007.
- [4] S. Liu, X. Yang, Q. Cheng, L. Lin, W. Huang, C. Ling, S. Lotfi, M. Abad, S. Finfe, H. Muhammad, N. Ahmad, K. M. Jameel, M. S. Islam, A. R. Ochi, R. Hafiz, A. R. Trivedi, S. Carlo, S. Mukhopadhyay, S. Chakraborty, A. Pandey, S. K. Saw, V. Nath, A. A. Silverio, W. Chung, V. F. S. Tsai, H. S. Raghav, B. P. Singh, K. N. Abhilash, S. Bose, A. Gupta, E. Cheng, M. Lim, X. Zou, Y. Zheng, J. Tan, M. Ghamati, M. Maymandi-nejad, and C. C. Liu, "Design of Low-Power Low-Voltage Biomedical Amplifier for Electrocardiogram Signal Recording 1," vol. 2, no. V, pp. 577–580, 2013.
- [5] S. Chakraborty, A. Pandey, S. K. Saw, and V. Nath, "A 6nW CMOS Operational Amplifier for Bio-Medical and Sensor Applications," no. Gcct, pp. 6–9, 2015.
- [6] S.-C. Liu and K.-T. Tang, "A low-voltage low-power sigma-delta modulator for bio-potential signals," *2011 IEEE/NIH Life Sci. Syst. Appl. Work.*, vol. 2, pp. 24–27, 2011.
- [7] K. N. Abhilash, S. Bose, and A. Gupta, "A High Gain , High CMRR Two-Stage Fully Differential Amplifier Using gm / Id technique for Bio-medical Applications," *2013 IEEE Asia Pacific Conf. Postgrad. Res. Microelectron. Electron.*, vol. 2, no. 1, pp. 40–45, 2013.
- [8] S. Liu, "A Low-Voltage Low-Power Sigma-Delta Modulator for Bio-potential Signals," vol. 2, pp. 24–27, 2011.
- [9] S. Finfe, "el FET-B Based Ultra-Low Power , Low e Amplifier for Bio l Acquisition b," pp. 57–62, 2014.
- [10] M. Ghamati and M. Maymandi-nejad, "A Low-Noise Low-Power MOSFET only Electrocardiogram Amplifier," pp. 6–10, 2013.
- [11] K. N. Abhilash, S. Bose, and A. Gupta, "A High Gain , High CMRR Two-Stage Fully Differential Amplifier Using gm / Id technique for Bio-medical Applications," vol. 2, no. 1, pp. 40–45, 2013.
- [12] C. C. Liu, "A 70dB Gain Low-Power Band-Pass Amplifier for Bio-Signals Sensing Applications," *2007 IEEE Int. Symp. Circuits Syst.*, pp. 577–580, 2007.
- [13] C. C. Liu, "A 70dB Gain Low-Power Band-Pass Amplifier for Bio- Signals Sensing Applications," pp. 577–580, 2007.



**Diana Cristina Morocho Navas** (1990-06-30). Sus padres son: Digna Navas, quien es Secretaria Del Consejo Provincial y su padre Milton Morocho quien es programador en Sistemas. Realizo sus estudios: Primarios en la Escuela La Salle y Secundarios en el Colegio “Luis

Cordero”. Obtuvo su Título de Bachiller en Físico Matemático Actualmente Estudia Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca cursando el quinto ciclo.



**Freddy Homero Valdez Garcia** (1994-21-02). Estudiante de la Carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, Cursando el quinto ciclo. Graduado de bachiller en el Instituto Tecnológico Superior José Peralta de la Provincia del Cañar, Cantón Cañar en la especialidad de

Físico Matemáticas. Mis padres Laudelino Valdez Trabaja en empresa de turismo Valdez Tours Gerente General, Mirian García ama de casa.



**Johana Beatriz Castillo Cabrera** (28-07-1992). Sus padres son: Laura Cabrera, quien es Profesora de Primaria y su padre Mario Castillo. Realizo sus estudios: Primarios en la Escuela Alberto Andrade Arizaga “BRUMEL”. Obtuvo su Título de Bachiller en Ciencias Básicas con la mención Físico Matemático en el Colegio Nacional Manuela Garaicoa de Calderón.

Actualmente Estudia Ingeniería Electrónica en la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca.