

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTOS VIRTUALES UTILIZADOS EN LA MEDICIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS CON DISPOSITIVOS MÓVILES BAJO LA PLATAFORMA ANDROID, PARA EL LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Chicaiza Aimacaña Jorge D. Nieto Condo Raúl E.  
Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

**Resumen:** El presente proyecto está orientado al estudio y desarrollo de un dispositivo que permita crear productos comercialmente rentables, utilizando dispositivos móviles que trabajen con software libre, en este proyecto se analiza y crea las bases para el desarrollo de instrumentos virtuales utilizados en la medición de variables eléctricas, sobre la plataforma de código abierto Android. Para el desarrollo del dispositivo se utiliza un microcontrolador de 32 bits, que permite realizar el procesamiento digital de las variables eléctricas, además gestiona la comunicación con cualquier dispositivo que trabaje con Android, a través de un protocolo de comunicación inalámbrica, como lo es Bluetooth. Una vez desarrollado el equipo, se presenta el producto como concepto comercial, desarrollando la presentación propia del producto, su funcionamiento, ventajas y características, su valor distintivo frente a otros equipos de la competencia. El análisis de mercado del producto, permitirá posicionarlo en el nicho de negocios esperado, considerando la competencia y estrategia de venta, tomando en cuenta su análisis de costos y proyección de producción.

**Palabras Clave**— Instrumento Virtual, Android, Bluetooth, Arduino.

## I. INTRODUCCION

Actualmente la necesidad de contar con instrumentos de medición de señales eléctricas para cualquier persona que estudia o se dedica a la electrónica es indispensable, pero debido al elevado costo que estos representan son muy pocas las personas que cuentan con estos instrumentos a su disposición.

Los instrumentos autónomos tradicionales, tales como osciloscopios y generadores de ondas, son muy poderosos, caros y diseñados para llevar a cabo una o más tareas específicas definidos por el fabricante. Sin embargo, el usuario por lo general no puede extender o personalizar esas tareas. Las perillas, botones, circuitos electrónicos y las funciones disponibles para el usuario son todas delimitadas a la naturaleza del instrumento. Además, debe desarrollarse una tecnología especial y componentes costosos para construirlos, lo cual los hace muy caros. Los instrumentos virtuales debido a que están basados en la PC, aprovechan inherentemente los beneficios de la última tecnología de las computadoras personales. [1]

Los instrumentos tradicionales también adolecen frecuentemente de falta de portabilidad, en tanto que los instrumentos virtuales que se ejecutan en las computadoras automáticamente incorporan esta naturaleza. Los ingenieros y científicos cuyas necesidades, aplicaciones y requerimientos varían muy rápidamente, necesitan

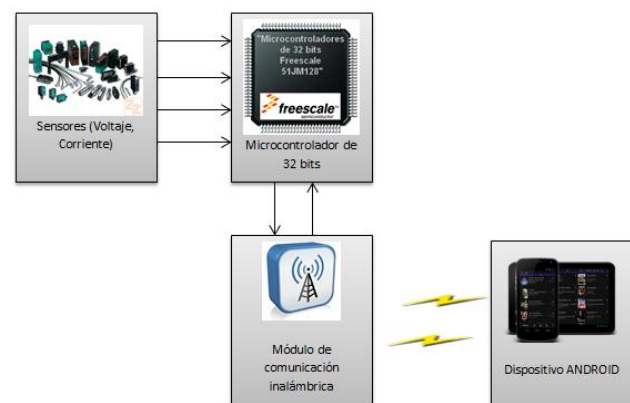
flexibilidad para crear sus propias soluciones. Un instrumento virtual se puede adaptar a las necesidades particulares de cualquier persona, sin necesidad de reemplazar todo el instrumento dado que posee el software de aplicación instalado en el dispositivo móvil y al amplio rango disponible de hardware para instalar en él. [2]

### 1.1 Descripción del problema

El presente proyecto tiene como propósito desarrollar instrumentos virtuales para la medición de variables eléctricas, que son muy necesarios para toda persona que se dedica al estudio de la electrónica, tales como: un óhmetro, un osciloscopio, un voltímetro y un amperímetro para señales de AC y DC, estas aplicaciones se ejecutarán sobre la plataforma Android, debido a que esta plataforma es de arquitectura abierta, y permite desarrollar diversas aplicaciones, sin tener que pagar por licencias.

Además se implementará un dispositivo electrónico portátil y de bajo costo que permita adquirir las señales a medir, y gestione la comunicación con el dispositivo móvil, que puede ser un Smartphone o una Tablet. Para esto se utilizará una tarjeta de adquisición de datos con un microprocesador de 32 bits.

En la Fig. 1 se puede observar el diagrama de bloques del proyecto a implementar.



**Fig. 1 Diagrama de bloques del proyecto a ser implementado.**

### 1.2 Justificación e Importancia

El desarrollo de este proyecto es muy importante debido a que la utilización de dispositivos móviles en los últimos

años han ido en aumento, no solo los teléfonos celulares en sus modalidades de teléfono y Smartphone se encuentran presentes en el diario vivir de las personas; toda una cantidad de dispositivos móviles para múltiples propósitos se han vuelto disponibles, desde los ya conocidos PDA, hasta dispositivos increíblemente especializados como por ejemplo los navegadores basados en GPS, esto se debe a que tienen muchas ventajas tales como: movilidad, conectividad, menor tamaño, entre otros. [3]

Gracias a las ventajas que estos presentan, se los puede utilizar para diversas aplicaciones. En este caso se los utilizará como instrumentos de un laboratorio de electrónica básico.

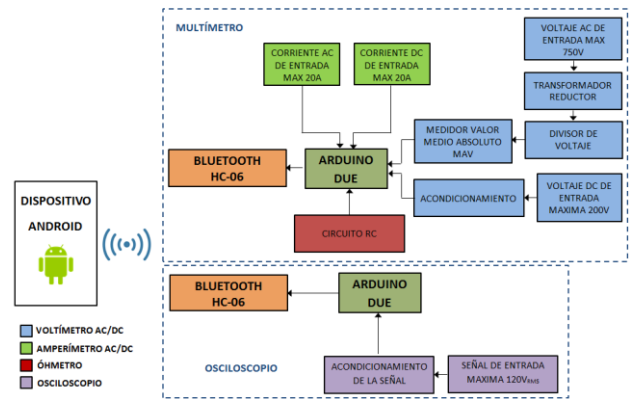
El desarrollo de este proyecto es muy importante por:

- En Ecuador los avances tecnológicos no se han desarrollado de forma creciente en los últimos tiempos, por lo que es conveniente fomentar la investigación en nuevos dispositivos que permitan realizar aplicaciones de uso común que permitan cubrir una necesidad en la sociedad como lo es la plataforma Android, en conjunto con los microcontroladores de 32 bits.
- Al implementar instrumentos virtuales para la medición de variables eléctricas con transmisión de datos a través del protocolo Bluetooth, permitirá realizar un monitoreo de dichas variables en cualquier dispositivo que trabaje con el sistema operativo Android, de forma remota.
- El costo de los instrumentos físicos para la medición de variables eléctricas es alto ya que poseen Software y Hardware propietario, es por ese motivo que a través de este proyecto se pretende realizar un dispositivo de bajo costo ya que se trabajará con plataformas de código libre.
- La implementación de este proyecto permitirá tener en un solo dispositivo móvil los diferentes instrumentos necesarios para la medición de variables eléctricas, con tan solo ejecutar la aplicación correspondiente al instrumento que se requiera utilizar.

## II. ANÁLISIS Y DISEÑO DE INSTRUMENTOS VIRTUALES

### 2.1 Diseño del Hardware del Instrumento Virtual

El hardware implementado para el proyecto se lo ha dividido en varias partes. En la Fig. 2 se muestra el diagrama de bloques del hardware del proyecto.



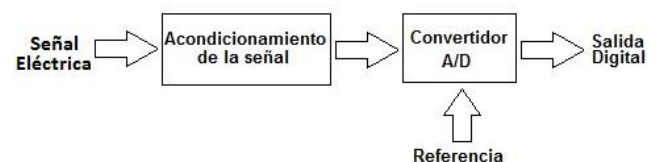
**Fig. 2 Diagrama de bloques del proyecto a ser implementado.**

El proyecto consta de dos etapas: la primera integra las funciones básicas de un multímetro y la segunda las funciones básicas de un osciloscopio.

- *Multímetro:* El núcleo del multímetro se basa en una tarjeta Arduino Due, la que se encarga de realizar la lectura de las señales acondicionadas tanto de Voltaje AC/DC (para el voltímetro) como de Corriente AC/DC (para el amperímetro), así también como la señal de un circuito RC (Resistivo-Capacitivo para el óhmetro), y gestiona la comunicación con el dispositivo Android a través de modulo Bluetooth HC-06.
- *Osciloscopio:* Realiza el muestreo de la señal de entrada utilizando una tarjeta Arduino Due y esta a su vez se comunica con la tarjeta Arduino Due del multímetro para obtener el dato de frecuencia de la señal de entrada, y envía los datos tanto de frecuencia como de la señal muestreada por medio del módulo bluetooth HC-06 específico para esta opción hacia el dispositivo Android para visualizar de forma gráfica.

#### 2.1.1 Sistema de Adquisición de Datos

En el presente proyecto se trabaja con señales eléctricas por lo que el sistema de adquisición de datos quedaría reducido al acondicionamiento de señal y conversión A/D (Análoga/Digital) como se muestra en la Fig. 3; mediante el acondicionamiento de las señales se proporciona una salida utilizable para la tarjeta Arduino Due en respuesta a las magnitudes que se van a medir.

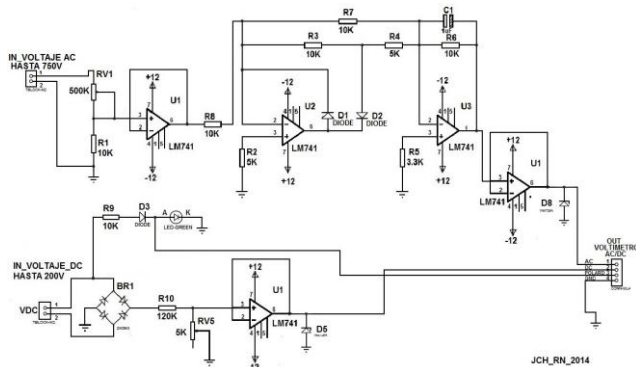


**Fig. 3 Diagrama de bloques del proyecto a ser implementado.**

##### 2.1.1.1 Acondicionamiento de la señal de voltaje

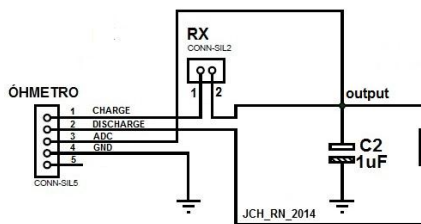
Para el desarrollo del proyecto se realizó el acondicionamiento de señales de voltaje tanto en alterna

como continua, en la Fig. 4 se muestra el circuito de acondicionamiento para que estas señales puedan ingresar al conversor analógico-digital de la tarjeta Arduino Due, utilizando divisores de tensión, seguidores de tensión, y el extractor de valor medio absoluto (MAV).



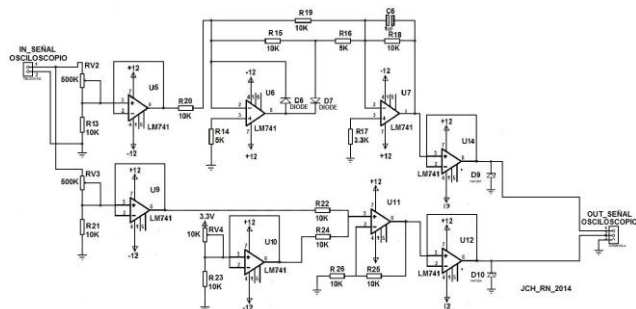
**Fig. 4 Diagrama esquemático del acondicionamiento de la señal de voltaje alterno y continuo**

La medición de la resistencia se la realizó mediante el principio de carga y descarga de un capacitor en un circuito RC, que es un circuito con una resistencia y un capacitor en serie, donde las corrientes, voltajes y potencias cambian en el tiempo, pero para ello se debe cargar o descargar dicho capacitor. En la Fig. 5 se puede observar el diagrama esquemático del circuito RC implementado en el proyecto.



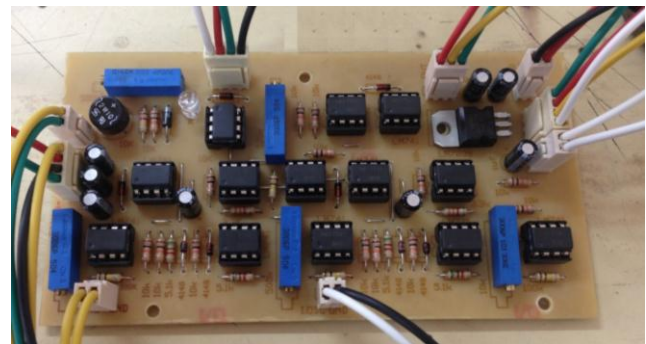
**Fig. 5 Diagrama esquemático del circuito RC implementado.**

Para el osciloscopio se realiza el muestreo de la señal de entrada utilizando divisores de tensión, seguidores de tensión, y el extractor de valor medio absoluto (MAV). Se suma una señal de voltaje continuo de 1.65V para obtener la señal de entrada completa en un rango de 0-3.3V. En la Fig. 6 se muestra el diagrama esquemático del circuito donde se obtiene la señal de entrada para el osciloscopio.



**Fig. 6 Diagrama esquemático del circuito donde se obtiene la señal de entrada para el osciloscopio.**

La placa final de los acondicionamientos tanto de voltajes AC y DC, óhmetro (circuito RC), señal de entrada del osciloscopio se muestra en la Fig. 7.



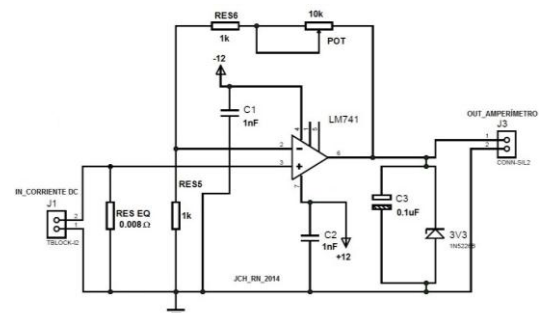
**Fig. 7 Placa de acondicionamiento de las señales de voltaje alterno y continuo**

### 2.1.1.2 Acondicionamiento de la señal de corriente

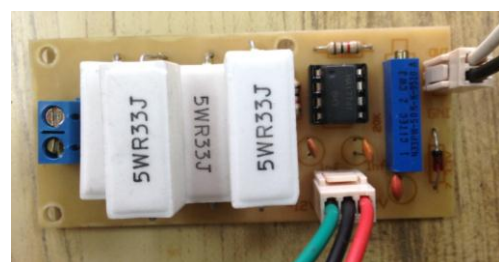
Para el desarrollo del proyecto se realizó el acondicionamiento de corrientes tanto en alterna como continua.

Para el acondicionamiento de la señal de corriente continua se realizó utilizando el método invasivo el cual nos permite obtener un voltaje proporcional a la corriente que circula a través de una resistencia cuyo valor debe ser bien bajo colocada en serie al circuito que se requiere medir.

En la Fig. 8 y Fig. 9 se muestran el diagrama esquemático del acondicionamiento de la señal de corriente continua y la placa final respectivamente, implementados en el proyecto.



**Fig. 8 Diagrama esquemático del acondicionamiento de la señal de corriente continua.**

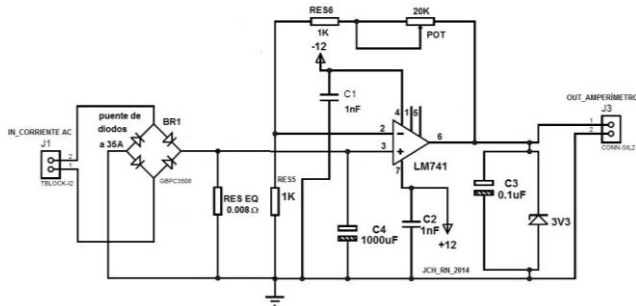


**Fig. 9 Placa final del acondicionamiento de la señal de corriente continua.**



La medición de corriente alterna se realizó de la misma forma que la señal de corriente continua, con una modificación en el circuito de acondicionamiento, al cual se le aumentó una etapa de rectificación, para convertir la señal de corriente alterna en señal de corriente continua.

En la Fig. 10 y Fig. 11 se muestran el diagrama esquemático del acondicionamiento de la señal de corriente alterna y la placa final respectivamente, implementados en el proyecto.



**Fig. 10 Diagrama esquemático del acondicionamiento de la señal de corriente alterna.**



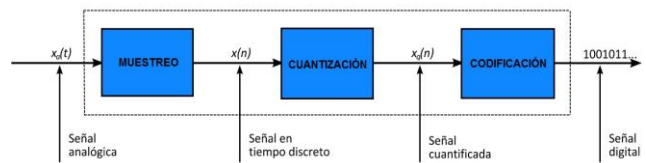
**Fig. 11 Placa final del acondicionamiento de la señal de corriente alterna**

### 2.1.1.3 Conversión Análoga Digital

La tarjeta Arduino Due abre las posibilidades de programación en particular para el procesamiento Analógico / Digital, la razón del muestreo teórico va desde los 15 Ksps hasta los 1000 kbps (kilomuestras por segundo), tiene 12 entradas análogas conectadas a un convertor análogo digital de 12 bits. Esto significa que convertirá tensiones entre 0 y 3.3V que soporta los pines de entrada, a un número entero entre 0 y 4095.

El convertor análogo digital (ADC) recibe señales eléctricas con las que se trabaja en el proyecto y a continuación las convierte en señales digitales, codificadas en valores numéricos binarios, “ceros” y “unos”, para realizar esta tarea tiene que efectuar los siguientes procesos (Fig. 12):

- Muestreo
- Cuantización
- Codificación



**Fig. 12 Proceso de la conversión análoga digital.**

### 2.1.2 Comunicación Serial

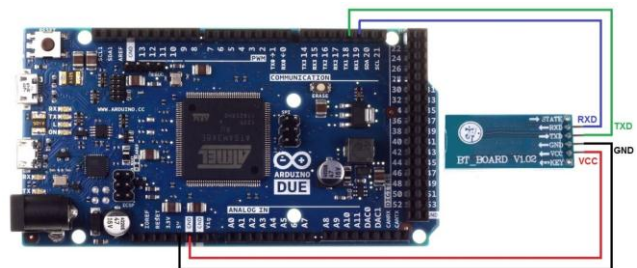
Se utilizó un módulo Bluetooth HC-06 (Fig. 13) para realizar la comunicación entre el módulo de adquisición de datos y la aplicación Android. Este módulo se comunica con la tarjeta Arduino Due a través del protocolo de comunicación RS-232.



**Fig. 13 Módulo Bluetooth HC-06.**

El módulo Bluetooth HC-06 utiliza el protocolo UART RS 232 serial, una de las principales ventajas de éste módulo, además de su pequeño tamaño y sus buenas características de transmisión y recepción que brindan un alcance muy amplio (por tratarse de un sistema local Bluetooth), es el bajo consumo de corriente que posee tanto en funcionamiento, como en modo de espera, es decir, alimentado con energía, o sin conexión o enlace, en nuestro caso con un dispositivo Android. [4]

Otro detalle particular es que su tensión de alimentación es de 3,3V y su bajo consumo (8mA en transmisión/recepción activa) lo transforman en un dispositivo ideal para trabajar con la tarjeta Arduino Due de la misma tensión, logrando de este modo trabajar con la misma fuente de alimentación, demostrando características excepcionales en la implementación de éste proyecto. En la Fig. 14 se observa la conexión de la tarjeta Arduino Due con el módulo Bluetooth HC-06. [5]



**Fig. 14 Conexión física entre tarjeta Arduino Due y módulo Bluetooth HC-06**

## 2.2 Diseño del Software del instrumento virtual

Una vez revisado el diseño del hardware del proyecto, se explica cómo se diseñó el software tanto en Arduino como en Android.

### 2.2.1 Entorno de desarrollo para Arduino

El entorno de desarrollo Arduino (Fig. 15), está constituido por un editor de texto para escribir el código, un área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones para las funciones comunes, y una serie de menús. Permite la conexión con el hardware de Arduino para cargar los programas y comunicarse con ellos. [6]



Fig. 15 Entorno de desarrollo para Arduino

Arduino utiliza para escribir el software lo que denomina "sketch" (programa). Estos programas son escritos en el editor de texto. Existe la posibilidad de cortar/pegar y buscar/reemplazar texto. En el área de mensajes se muestra información mientras se cargan los programas y también muestra errores. La consola muestra el texto de salida para el entorno de Arduino incluyendo los mensajes de error completos y otras informaciones. La barra de herramientas permite verificar el proceso de carga, creación, apertura y guardado de programas, y la monitorización serie

### 2.2.2 Programación de la tarjeta Arduino Due

Para cumplir con el objetivo planteado en el proyecto se utilizó dos tarjetas Arduino Due, cada una con especificaciones diferentes:

- Multímetro
- Osciloscopio

#### 2.2.2.1 Multímetro

Este programa realiza las siguientes actividades:

- Muestra la señales de entradas eléctricas como voltaje, corriente, resistencia.
- Analiza la señal de entrada del osciloscopio, calcula su frecuencia y envía una señal de voltaje proporcional a través del convertor digital/análogo hacia la tarjeta que se encarga de gestionar las funciones del osciloscopio.

- Acondiciona digitalmente la señal de voltaje alterna a un rango de 0-750V
- Acondiciona digitalmente la señal de voltaje continuo a un rango de 0-200V
- Acondiciona digitalmente la señal de corriente alterna a un rango de 0-20A
- Acondiciona digitalmente la señal de corriente continua a un rango de 0-20A
- Mide el tiempo en que se demora en cargar un capacitor de 1uF para calcular la resistencia que se conecta en serie a dicho capacitor.

El diagrama de flujo del programa del multímetro se muestra en la Fig.15.

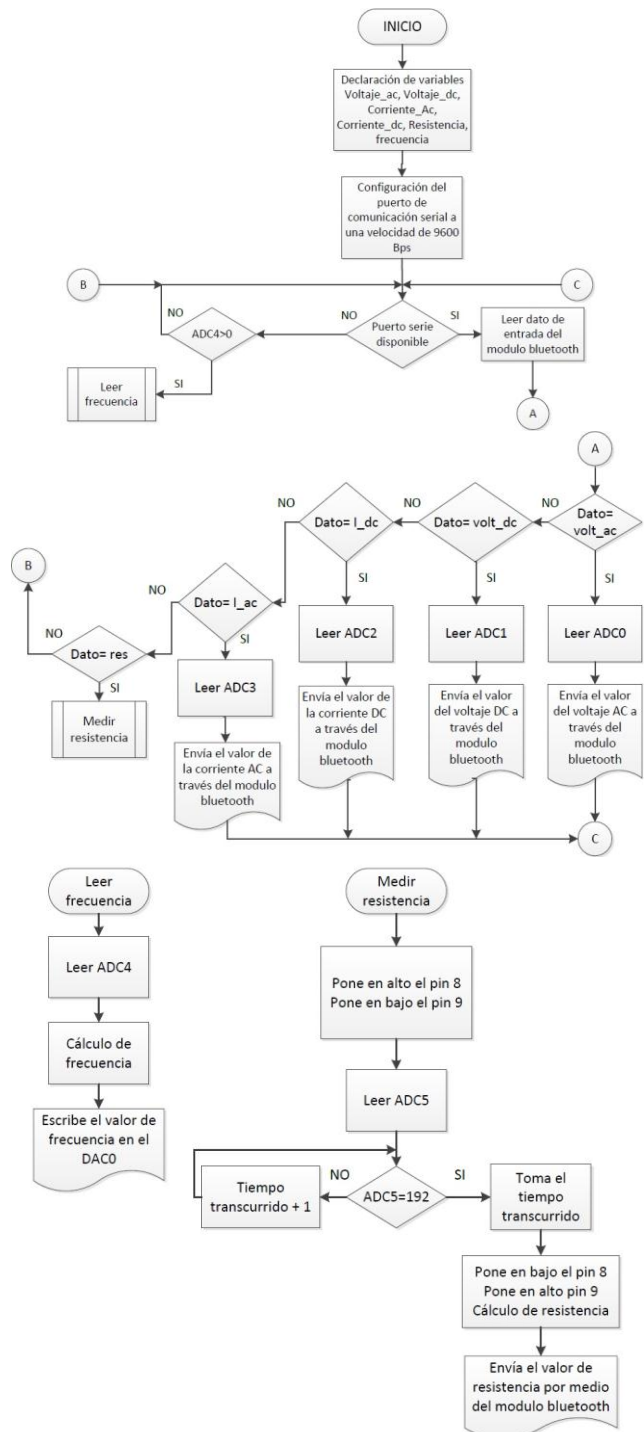


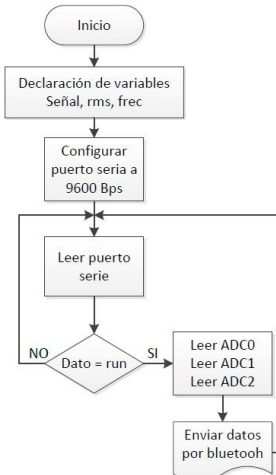
Fig. 15 Diagrama de flujo de la programación del Multímetro en la Tarjeta Arduino Due

### 2.2.2.2 Osciloscopio

Este programa realiza las siguientes actividades:

- Muestra la señal de entrada a 100Ksps.
- Lee el dato de frecuencia que es enviado por la tarjeta que gestiona las funciones de multímetro
- Calcula el voltaje VRMS de la señal de entrada.

El diagrama de flujo del programa del multímetro se muestra en la Fig.16.



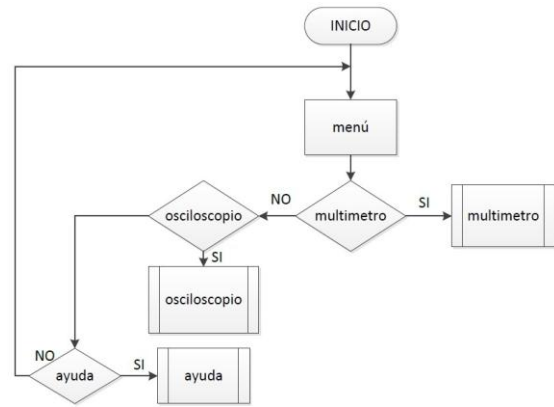
**Fig. 16 Diagrama de flujo de la programación del osciloscopio en la tarjeta Arduino Due**

### 2.2.3 Instrumentos Virtuales para la plataforma Android

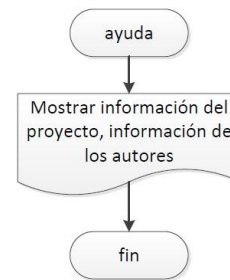
Android proporciona acceso a una amplia gama de bibliotecas y herramientas que pueden ser utilizadas para construir una gran variedad de aplicaciones, la aplicación que se desarrolla en este proyecto se trata de Instrumentos Virtuales, esta aplicación puede correr en cualquier dispositivo Android, la aplicación de éste proyecto se la realiza en particular para el laboratorio de circuitos electrónicos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Extensión Latacunga.

El proyecto se familiariza con la plataforma Android al tener un ambiente de desarrollo integrado, que permita la conexión entre las librerías de Android con el lenguaje de programación JAVA, para facilitar al momento del desarrollo la detección de errores en el momento de la compilación del código.

El diagrama de flujo del código de la aplicación realizada en la plataforma Android, con su Layout correspondiente se puede observar en la Fig. 17, Fig. 18, Fig. 19 y Fig. 20.



**Fig. 17 Diagrama de flujo de la Activity (Principal) y su Layout correspondiente en la aplicación Android.**



**Fig. 18 Diagrama de flujo de la Activity (Ayuda) y su Layout correspondiente en la aplicación Android.**

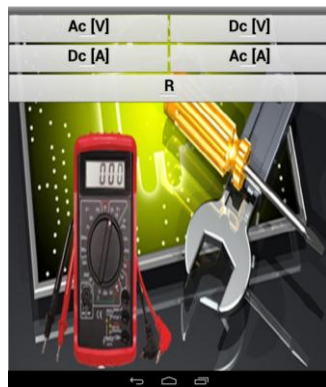
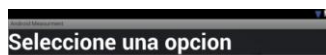
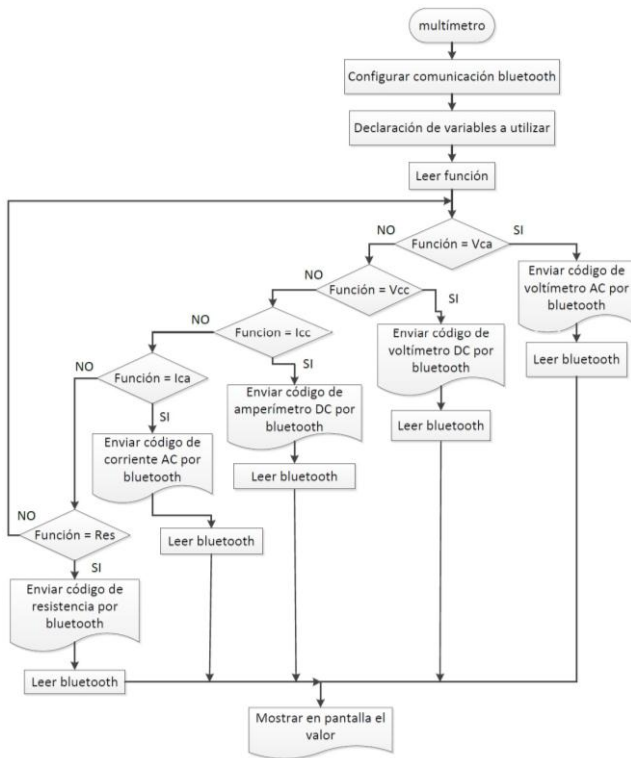


Fig. 19 Diagrama de flujo de la Activity (Multímetro) y su Layout correspondiente en la aplicación Android.

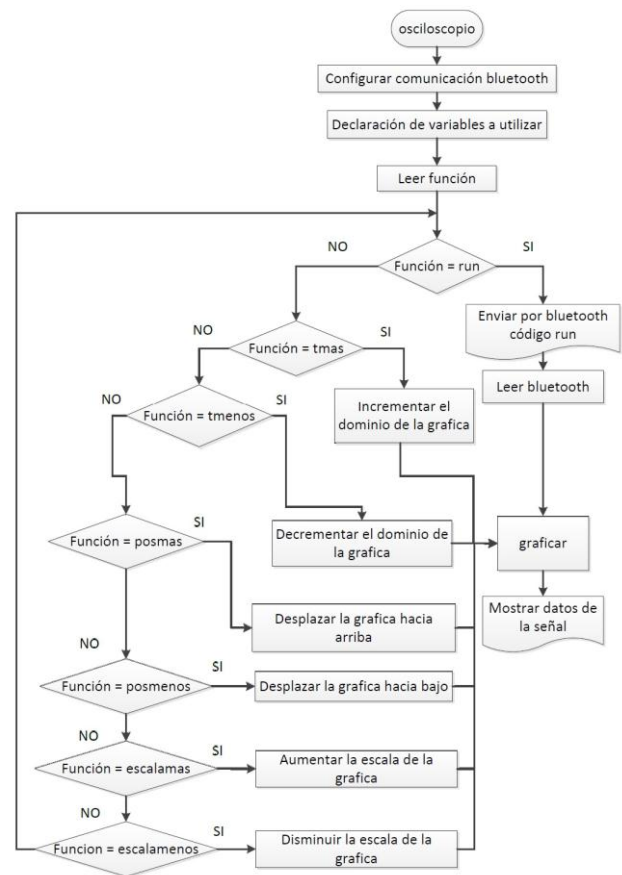


Fig. 20 Diagrama de flujo de la Activity (Osciloscopio) y su Layout correspondiente en la aplicación Android.

### III. PRUEBAS Y OPERACIÓN DEL SISTEMA

Las pruebas realizadas al prototipo ayudaron a conocer los errores que se produjeron durante el funcionamiento para mejorar el sistema y realizar las respectivas correcciones. En tanto que los resultados de las pruebas ayudaron a la determinación de importantes conclusiones.

#### 3.1 Pruebas Realizadas al multímetro implementado

Para las pruebas de voltaje se utilizó la fuente de alimentación de LabVolt, disponible en el laboratorio de control eléctrico de la Universidad de Las Fuerzas Armadas - ESPE Extensión Latacunga, la cual es capaz de suministrar un voltaje AC variable de 0 a 208V y un voltaje DC entre 0 y 120V. Para las pruebas de corriente se



conectó una carga resistiva tanto a la fuente de alimentación variable AC como DC, logrando una variación de corriente entre 0 y 8 Amperios para los dos casos. Para las pruebas del óhmetro se utilizó una década de resistencias la cual tiene un rango de operación de 0 a 9 MΩ.

El instrumento patrón utilizado para estas pruebas fue el multímetro Agilent 34410A. En las Tablas No. 1, No. 2, No. 3 y No. 4 se indican los resultados de las pruebas realizadas al dispositivo implementado.

Para el cálculo del error se utilizó la siguiente fórmula:

$$Error(\%) = \frac{V_P - V_{IBP}}{V_P} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

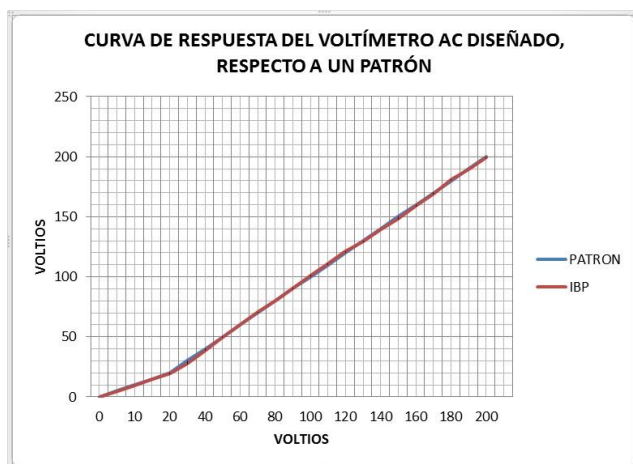
Dónde:

$V_P$ : Valor indicado por el instrumento patrón

$V_{IBP}$ : Valor indicado por el instrumento bajo prueba.

**Tabla No. 1. Comparación de las mediciones realizadas para el voltaje alterno.**

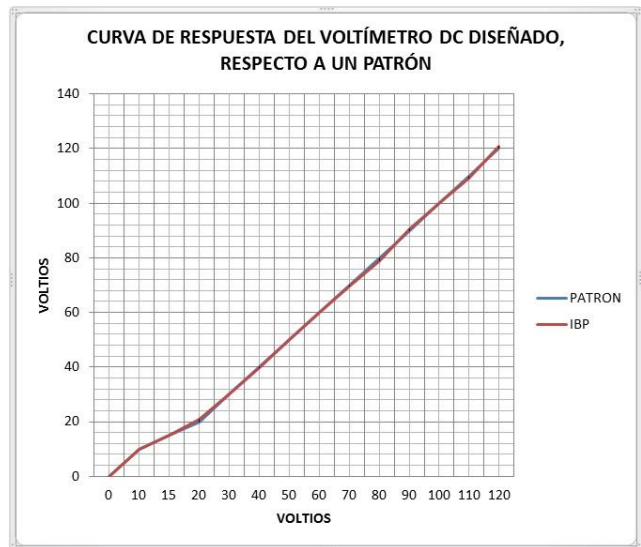
PATRÓN (V)	IBP (V)	ERROR (%)
0	0	0,00
5	4,8	4,00
10	9,4	6,00
15	14,8	1,33
20	19,2	4,00
30	27,3	9,00
40	38,5	3,75
50	49,67	0,66
60	60,06	0,10
70	70,6	0,86
80	80,02	0,02
90	90,4	0,44
100	101,1	1,10
110	111,1	1,00
120	121,1	0,92
130	129,2	0,62
140	139,7	0,21
150	147,9	1,40
160	159	0,63
170	169	0,59
180	181	0,56
190	189,6	0,21
200	199,4	0,30
Error promedio		±1,64



**Fig. 21 Curva de respuesta del voltímetro AC diseñado, respecto a un patrón.**

**Tabla No. 2. Comparación de las mediciones realizadas para el voltaje continuo.**

PATRÓN (V)	IBP (V)	ERROR (%)
0	0	0,00
10	9,9	1,00
15,1	15,16	0,40
30	30,3	1,00
40	39,6	1,00
50	50,01	0,02
60	60	0,00
70	69,6	0,57
90	90,5	0,56
100	99,9	0,10
110	109,3	0,64
120	121	0,83
130	129,6	0,31
139,4	139,8	0,29
Error promedio		±0,74



**Fig. 22 Curva de respuesta del voltímetro DC diseñado, respecto a un patrón.**

**Tabla No. 3. Comparación de las medidas de corriente alterna realizadas.**

PATRÓN (A)	IBP (A)	ERROR (%)
0	0	0,00
1	0,93	7,00
2	1,98	1,00
3	2,94	2,00
4	4,1	2,50
5,02	5,05	0,60
6,01	5,88	2,16
7,35	7,42	0,95
Error promedio		±2,03



**Fig. 23 Curva de respuesta del amperímetro AC diseñado, respecto a un patrón.**



**Tabla No. 4. Comparación de las medidas de corriente continua realizadas.**

PATRÓN (A)	IBP (A)	ERROR (%)
0	0	0,00
1	1	0,00
2	2	0,00
3	3	0,00
4	4	0,00
5	5,01	0,20
6	6,01	0,17
7	7,01	0,14
8	8,1	1,25
8,7	8,8	1,15
Error promedio		±0.29



**Fig. 24 Curva de respuesta del amperímetro DC diseñado, respecto a un patrón.**

**Tabla No. 5. Comparación de las mediciones de resistencia realizadas.**

PATRÓN (Ω)	IBP (Ω)	ERROR (%)
100	100	0,00
200	200	0,00
300	300	0,00
400	420	5,00
500	500	0,00
1000	990	1,00
1500	1510	0,67
1800	1830	1,67
2000	2030	1,50
2200	2230	1,36
2500	2550	2,00
3000	3030	1,00
3300	3350	1,52
4700	4780	1,70
5000	5100	2,00
6000	6140	2,33
7000	7180	2,57
8000	8180	2,25
9000	9200	2,22
10000	10260	2,60
11000	11260	2,36
15000	15400	2,67
30000	30900	3,00
100000	99670	0,33
200000	207000	3,50
300000	304000	1,33
500000	505000	1,00
900000	920000	2,22
1000000	1000400	0,04
2000000	2010000	0,50
Error promedio		±1,61



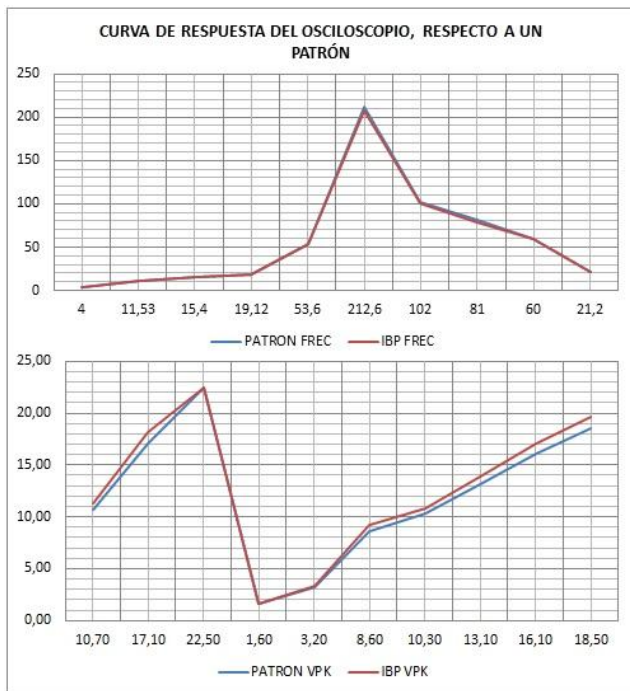
**Fig. 25 Curva de respuesta del óhmetro diseñado respecto a un patrón**

### 3.2 Pruebas Realizadas al osciloscopio implementado

Para la prueba de funcionamiento del osciloscopio implementado se utilizó un generador de funciones Tektronix CFG253 y un osciloscopio Agilent DSO-X 2014A, existentes en el laboratorio de circuitos electrónicos de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Extensión Latacunga, la forma en la que se llevó a cabo esta prueba fue mediante la comparación de las mediciones del dispositivo implementado y las señales obtenidas por parte del generador de funciones anteriormente mencionado. En las tablas 3.6 se indican las mediciones realizadas para esta prueba.

**Tabla No. 6. Comparación de las señales mostradas en el osciloscopio Agilent DSO-X 2014A y las señales mostradas en la aplicación Android**

VPK (V)	FRECUENCIA (Hz)	VRMS (V)	VPK (V)	ERROR FREQ (%)	ERROR VPK (%)
10,70	4,16	7,98	11,28	4	5,42
17,10	10,49	12,86	18,19	9,02	6,37
22,50	15,24	15,91	22,50	1,04	0
1,60	18,4	1,12	1,58	3,77	1,25
3,20	53,2	2,32	3,28	0,75	2,5
8,60	208,2	6,51	9,20	2,07	6,98
10,30	100,67	7,61	10,76	1,30	4,45
13,10	78,5	9,83	13,90	3,09	6,12
16,10	59,53	12,02	17,00	0,78	5,59
18,50	21,57	13,86	19,60	1,75	5,95
Error promedio				±2,76	±4,46



**Fig. 26** Curva de respuesta de un osciloscopio diseñado respecto a un patrón

#### IV. CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo principal del proyecto, el cual consiste en el diseño e implementación de un sistema de adquisición de señales eléctricas, transmisión vía Bluetooth y una interfaz gráfica en un dispositivo móvil bajo la plataforma Android.
- Para la implementación de este proyecto se utilizó la tarjeta Arduino Due que posee un microcontrolador de 32 bits, 8 conversores analógicos digitales con una resolución de 12 bits.
- El multímetro implementado permite la medición de corriente y voltaje dentro de un rango aceptable de error. Además presentó una alta velocidad de actualización de los datos.
- Se cumplió con el objetivo de desarrollar un dispositivo compacto que integre las funciones de un multímetro y un osciloscopio básicos en una sola aplicación para dispositivos móviles bajo la plataforma Android.
- Se desarrolló una aplicación móvil sencilla, que satisface las necesidades tanto del multímetro como de un osciloscopio, que permita una fácil conexión entre el dispositivo de adquisición de datos y el dispositivo móvil con sistema Android, a través del protocolo de comunicación inalámbrica bluetooth.
- Los valores medidos difieren en un pequeño porcentaje de los valores calculados, debido principalmente a las tolerancias de los elementos pasivos utilizados.
- El osciloscopio implementado permite medir señales con una frecuencia de hasta 300Hz, esto se debe a las limitaciones que presentan tanto la comunicación serial como la transmisión de datos por bluetooth.
- Para la implementación de este proyecto se utilizaron dos tarjetas Arduino Due y dos módulos bluetooth, puesto que al tratar de integrar las funciones del osciloscopio dentro de la tarjeta que gestiona el

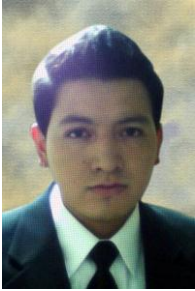
multímetro se presentaron conflictos entre las tramas de las dos aplicaciones.

- La medición de la frecuencia de la señal que se presenta en la aplicación del osciloscopio se la realizó mediante la tarjeta que gestiona las funciones del multímetro, debido a que al medir con la misma tarjeta que gestiona el osciloscopio la velocidad de muestreo de la señal se reduce notablemente lo que hace que la señal mostrada en el dispositivo móvil con sistema operativo Android difiera de la señal real.
- Las señales de las variables eléctricas a medir deben ser acondicionadas a un rango de 0 a 3.3 voltios, que es el máximo voltaje que se permite a la entrada de la tarjeta Arduino Due.
- Para la programación del firmware del dispositivo se utilizó el IDE de Arduino, en su versión 1.5.2, puesto que sus versiones anteriores no poseen las librerías necesarias para la tarjeta Arduino Due.
- El desarrollo de la aplicación Android se la realizó en la plataforma de programación JAVA, con la ayuda del software de programación Eclipse, por la gran cantidad de tutoriales que se encuentran disponibles en la web.
- El desarrollo del osciloscopio se lo hizo con la ayuda de la librería androidplot que permite representar gráficamente un vector numérico de n posiciones, de una forma sencilla, además existen tutoriales y algunos ejemplos básicos de la utilización de esta librería en la web.
- La comunicación entre el módulo de adquisición de datos y el dispositivo móvil con sistema Android fue satisfactoria dentro de un rango de 10m, luego del cual la comunicación se ve interrumpida.

#### V. REFERENCIAS

- [1] E. M. LTDA., «ELECTRO INDUSTRIA,» 14 11 2011. [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=471>. [Último acceso: 12 2 2014].
- [2] P. TRUJILLO, «DISPOSITIVOS MÓVILES,» 12 5 2013. [En línea]. Available: <http://dispmoviless.blogspot.com/p/importancia-en-el-mundo-actual.html>. [Último acceso: 22 2 2014].
- [3] V. CHÁVEZ, «MAKE-A-TRONIK,» 4 5 2013. [En línea]. Available: <http://blog.make-a-tronik.com/tutorial-modulo-bluetooth-hc-06-parte-1/>. [Último acceso: 15 3 2014].
- [4] A. P. ELECTRÓNICOS, «ABC PROYECTOS ELECTRÓNICOS,» 3 12 2013. [En línea]. Available: <http://www.abcelectronica.net/productos/wireless/bluetooth/>. [Último acceso: 15 4 2014].
- [5] ARDUINO, «ARDUINO,» 5 4 2012. [En línea]. Available: <http://www.arduino.cc/es/>. [Último acceso: 2 1 2014].
- [6] P. ISMAEL, «VIRTUALES S.A.,» 22 12 2013. [En línea]. Available: <http://www.depi.itchihuahua.edu.mx/electro/archivo/electro2001/>. [Último acceso: 18 01 2014].

## VI. BIOGRAFÍA



**Nieto Condo Raúl.** Nació en Ambato, Provincia de Tungurahua en Ecuador. Realizó sus estudios de bachillerato en el Instituto Superior Tecnológico Docente “Guayaquil, Ambato – Ecuador donde obtuvo el título de Bachiller Técnico Industrial, especialización en Electrónica.

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga – Ecuador.

e-mail: [renieto@espe.edu.ec](mailto:renieto@espe.edu.ec)  
[raednieto@yahoo.com](mailto:raednieto@yahoo.com)



**Chicaisa Aimacaña Jorge.** Nació en Latacunga, Provincia de Cotopaxi en Ecuador. Realizó sus estudios de bachillerato en el Instituto Técnico Superior “Ramón Barba Naranjo”, Latacunga – Ecuador donde obtuvo el título de Bachiller Técnico, especialización en Mecánica Automotriz.

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga – Ecuador.

e-mail: [jdchicaisa@espe.edu.ec](mailto:jdchicaisa@espe.edu.ec)  
[davichi\\_89@yahoo.com](mailto:davichi_89@yahoo.com)