



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**DISEÑO DE UN  
OSCILOSCOPIO DIGITAL  
CON INTERFAZ GRÁFICA  
Y A BAJO COSTO**

**Autor:**  
Rodriguez, Mibzar  
CI.: 25.765.087

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master)



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UN OSCILOSCOPIO DIGITAL CON INTERFAZ GRÁFICA Y  
A BAJO COSTO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO TELECOMUNICACIONES.**

**Autor:** Rodríguez, Mibzar  
C.I.: 25.765.087  
**Tutor:** Ing. Oligier V Mendoza

San Diego, noviembre 2020



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ingeniero Oliger Mendoza, titular de la cédula de identidad N° 16.775.513, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Mibzar Rodríguez titular de la cédula de identidad N.º 25.765.087, titulado **“DISEÑO DE UN OSCILOSCOPIO DIGITAL CON INTERFAZ GRÁFICA Y A BAJO COSTO”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 26 del mes de octubre del año 2020

Ing. Oliger Mendoza.  
C.I.: 16.775.513



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES**

**ACEPTACIÓN DEL DECANO**

*Universidad José Antonio Páez  
Decanato de Ingeniería*



FI-T -003-2020-4CE (TG)

Valencia, 13 de octubre de 2020

Ciudadano:  
Rodríguez G., Mibzar E.  
25.765.087  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 06-2020 de fecha 14-09-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **DISEÑO DE UN OSCILOSCOPIO DIGITAL CON INTERFAZ GRÁFICA Y A BAJO COSTO** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Se ratifica la designación de la Ing. Oligier Mendoza C.I: 16.775.513 como Tutora Académica que lo asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

**Dra. Zaida Osto  
Decana ( E )**

## INDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pp.</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>

### CAPÍTULO

#### I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema .....	3
1.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Objetivos de la investigación .....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos .....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance de la Investigación.....	5
1.6 Limitaciones .....	6

#### II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes .....	7
2.2 Bases teóricas .....	9
2.2.1 Osciloscopio Tradicional .....	9
2.2.2. Osciloscopio Digital .....	10
2.2.3 Características de un Osciloscopio Digital (Selección Vertical).....	14
2.2.3.1 Impedancia de Entrada.....	14
2.2.3.2 Selector de Acoplamiento .....	14
2.2.3.3 Amplificador Vertical .....	16
2.2.4 Características de un Osciloscopio Digital (Selección Horizontal).....	17

2.2.4.1 Conversor Analógico – Digital .....	17
2.2.4.2 Memoria .....	19
2.2.5 Osciloscopio Digital vs Osciloscopio Tradicional .....	20
2.2.6 Plataforma de desarrollo Arduino.....	21
2.2.7 Interfaz gráfica LABVIEW .....	23
2.3 Definición de términos básicos .....	24

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1 Tipo de investigación .....	26
3.2. Nivel de la Investigación .....	27
3.3. Diseño de la Investigación .....	27
3.4 Población y Muestra.....	28
3.4.1. Población .....	28
3.4.2. Muestra .....	28
3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	28
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos .....	29
3.6 Fases de la Investigación.....	30

### **IV RESULTADOS**

4.1 Fase I .....	31
4.1.1 Observación directa .....	31
4.1.2 Revisión documental del funcionamiento del osciloscopio digital .....	34
4.1.2.1 Etapa de Acondicionamiento de las Señales.....	35
4.1.2.2 Etapa de digitalización y filtrado. ....	35
4.1.2.3 Almacenamiento y transmisión de datos.....	37
4.2 Fase II .....	38
4.2.2 Diseño del Hardware para el osciloscopio digital .....	39
4.2.3 Plataforma de desarrollo Arduino.....	42

4.2.4 Software de Programación LABVIEW .....	44
4.2.5 .....	45
4.3 Fase III.....	46
4.3.1 Diseño de la conversión analógica-digital en el software arduino .....	46
4.4.2 Diseño de la comunicación entre Arduino y LABVIEW. ....	49
4.4.3 Diseño de la interfaz en el software LABVIEW. ....	52
4.4 Fase IV .....	53
4.4.1 Factibilidad económica.....	53
4.4.1.1 Costos.....	53
4.4.1.2 Presupuesto del personal .....	55
4.4.2 Factibilidad Social.....	56
4.4.3 Factibilidad Ambiental.....	56
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>Pp.</b>
Figura 1. Osciloscopio Analógico.....	9
Figura 2. Esquematación de un Osciloscopio Analógico.....	10
Figura 3. Osciloscopio Digital .....	11
Figura 4. Diagrama de Bloques del osciloscopio digital.....	11
Figura 5. Adquisición del conversor (A/D) .....	12
Figura 6. Velocidad de Muestreo .....	13
Figura 7. Selector tipo Acoplamiento .....	15
Figura 8. Amplificador Vertical.....	16
Figura 9. Conversor Analógico/ Digital.....	18
Figura 10. Curva de entrada-salida de un conversor A/D.....	19
Figura 11. Plataforma de desarrollo Arduino.....	22
Figura 12. Etapas del Funcionamiento del Osciloscopio Digital .....	34
Figura 13. Etapa de Acondicionamiento de las Señales. ....	35
Figura 14. Etapas del ADC (Conversor Analógico Digital) .....	36
Figura 15. Circuito de Protección y reducción del Voltaje.....	39
Figura 16. Protección y acondicionamiento de la señal.....	40
Figura 17. Etapa de Acoplamiento de la señal.....	42
Figura 18. Placa Arduino UNO.....	44
Figura 19. Diagrama de flujo del programa Arduino.....	47
Figura 20. Declaración de librerías y variables en el programa Arduino. ....	47
Figura 21. Inicialización de las variables de entrada en el programa Arduino. ....	48
Figura 22. Ciclo loop en el programa Arduino. ....	48
Figura 23. Comunicación unidireccional. ....	49
Figura 24. Comunicación Arduino- LabView (paso #1). ....	50
Figura 25. Comunicación Arduino- LabView (paso #2). ....	50

Figura 26. Comunicación Arduino- LabView (paso #3). .....	51
Figura 27. Comunicación Arduino- LabView (paso #4). .....	51
Figura 28. Comunicación Arduino- LabView (paso #5). .....	52
Figura 29. Lectura del boque Read. ....	52
Figura 30. Salida de la señal analógica .....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>Pp.</b>
Tabla 1. Especificaciones técnicas del software Arduino .....	23
Tabla 2. Especificaciones técnicas de la placa ArduinoUNO .....	43
Tabla 3. Lista de materiales Chasis y Fuente .....	53
Tabla 4. Lista de materiales Tarjeta de Comunicación .....	54
Tabla 5. Lista de materiales Para el diseño de las etapas .....	54
Tabla 6. Costo de mano de obra .....	55
Tabla 8. Costo Total del Proyecto .....	55



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UN OSCILOSCOPIO DIGITAL CON INTERFAZ GRÁFICA Y  
A BAJO COSTO**

**Autor:** Rodriguez, Mibzar  
**Tutor:** Ing. Oliger Mendoza  
**Fecha:** Noviembre 2020.

**RESUMEN**

Hoy en día un gran número de estudiantes, profesionales e investigadores en el área de la Ingeniería Telecomunicaciones y Electrónica que ven la necesidad de un osciloscopio es más notorio tanto en los laboratorios como en el campo laboral. Es por esto que se pensó en el diseño de un osciloscopio digital a bajo costo basado en controlador Arduino, que utilice el monitor de una PC como interfaz gráfica para de esta manera disminuir su costo. El uso de un computador de escritorio o portátil, es muy extendido a todo nivel, por tanto, que mejor que utilizarlo como una herramienta que posibilite algún ahorro de dinero. Todos aquellos que se dedican de una u otra forma a trabajos en el campo de las telecomunicaciones y electrónica, saben de la importancia de tener al alcance un osciloscopio. En consecuencia, el proyecto de investigación tiene como objetivo principal, proponer el diseño de un osciloscopio digital con interfaz gráfica y a bajo costo, el cual permita la visualización de distintas señales analógicas en tiempo real. Por otro lado, el proyecto de investigación está enmarcado dentro de la modalidad de investigación de proyecto factible, bajo los lineamientos de la investigación de campo, con un nivel descriptivo y documental.

**Descriptor:** dispositivo, interfaz gráfica, osciloscopio digital, bajo costo.

## INTRODUCCIÓN

El osciloscopio es una de las herramientas más importantes en cualquier laboratorio de telecomunicaciones o electrónica, cuyos fines pueden ser industriales, académicos o de investigación, el mismo que es fundamental para la medición instantánea de algunas variables eléctricas y electrónicas de circuitos análogos y digitales, las mismas que se muestran o visualizan en un monitor. Este es un sistema el cual captura diferentes señales eléctricas y electrónicas, que se obtienen en forma de diferencia de potencial o tensiones, esto con el objetivo de estudiarlas en una pantalla, la misma que puede estar integrada al dispositivo, o a su vez hacer uso de un monitor externo como un PC u ordenador portátil.

Es por este motivo que, sería de gran relevancia el poder dotar de un osciloscopio digital económico a entidades educativas como colegios y universidades, para que dispongan de un equipo portátil y confiable que permita y fomente el desarrollo de proyectos y emprendimientos tecnológicos. Hoy en día al ser común el uso de smartphones, tablets o computadoras portátiles con sistema operativos que se adecuen a su mejor forma, es por esto que se puede desarrollar aplicativos que permitan sacar el mayor provecho de las prestaciones de estos dispositivos móviles y máquinas portátiles. Por esta razón y con el objeto de disminuir costos, nace la idea de desarrollar un osciloscopio digital que emplee estos equipos móviles como dispositivos de visualización que son amigables y de uso intuitivo para el usuario.

Es así que el presente proyecto busca de un modo innovador el integrar tecnologías de uso masivo en la actualidad para brindar soluciones prácticas, económicas y versátiles a la colectividad, con el fin de proveer a estudiantes, docentes, investigadores y profesionales del ámbito de la ingeniería telecomunicaciones y electrónica con un osciloscopio digital accesible con adecuadas prestaciones.

Por lo tanto, el objetivo principal del trabajo de grado es Diseñar un osciloscopio digital con interfaz gráfica y a bajo costo.

El presente trabajo de investigación está estructurado en cuatro capítulos, con el fin de cumplir las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez, dichos capítulos se describen a continuación:

**Capítulo I:** referido al problema, su planteamiento el cual se trata de comprobar durante todo el curso de la investigación por medio de los objetivos generales y específicos, así como la justificación del estudio y su alcance.

**Capítulo II:** se hace hincapié en los antecedentes y bases teóricas.

**Capítulo III:** Marco Metodológico se plantea la naturaleza de la investigación, la cual por sus características, se trata de una investigación documental con carácter descriptivo, de modo que la estrategia metodológica seleccionada servirá de guía para el desarrollo del trabajo de grado.

**Capítulo IV:** este capítulo se hablara sobre los resultados y el desarrollo de las fases planteadas en el capítulo III de este trabajo de grado.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El mundo actual, avanzado y en constante evolución tecnológica, demanda cada vez más técnicos y profesionales mejor preparados y competentes, para sostener el proceso de desarrollo económico y social en el que estamos todos involucrados en esta era del conocimiento.

Estas virtudes se logran, por una parte, con el esfuerzo y la dedicación con que cada cual se enfrenta al proceso formativo, pero, por otra parte, y no menos importante, también depende en gran medida de la utilización de dispositivos electrónicos los cuales brinden soluciones prácticas, económicas y versátiles a todos los estudiantes, docentes y profesionales de ingeniería telecomunicaciones y electrónica, así como también a las ramas afines a dichas ingenierías.

Actualmente la necesidad de poseer un osciloscopio digital en los laboratorios de universidades, institutos técnicos y colegios es más notoria hoy por hoy, por ende, los docentes, estudiantes, profesionales en la ingeniería necesitan un osciloscopio al alcance de su economía.

Asimismo, todo Ingeniero en Telecomunicaciones o Electrónico, conoce la importancia que tiene un osciloscopio a la hora de diseñar o probar el funcionamiento de un circuito. Por lo que este instrumento de medición es de gran importancia ya que mide las señales eléctricas y es muy utilizado en el ámbito de la ingeniería. Su principal utilidad radica en la representación gráfica de señales analógicas. Con este dispositivo el usuario tiene la posibilidad de observar la forma que tiene una señal analógica en el tiempo.

Sin embargo, estos dispositivos a pesar de la gran utilidad que ofrecen y lo imprescindibles que llegan a ser para realizar cualquier tipo de diseño de circuitos o

análisis de señales, poseen un costo sumamente elevado. En términos generales se podría decir que son inaccesibles para un estudiante universitario regular.

Debido a esto el problema que se plantea básicamente, es que a pesar de la necesidad inherente que tienen los profesionales o estudiantes de ingeniería telecomunicaciones o electrónica al uso del osciloscopio, a veces se puede hacer imposible adquirir este instrumento debido al elevado costo que este presenta actualmente.

Entonces enfocando el problema hacia la población estudiantil, también se podría mencionar que a veces el estudiantado tiene la necesidad de trabajar en laboratorios caseros y con la situación que presenta el país actualmente, es necesario el uso de un osciloscopio.

Debido a esto sería de gran relevancia el poder dotar de un osciloscopio digital económico a entidades educativas como universidades, o que sean accesibles para el uso personal de estudiantes como para profesionales en el área, el cual dispongan de un equipo portátil y confiable que permita y fomente el desarrollo de proyectos y emprendimientos tecnológicos.

Entorno a esto el diseño un dispositivo que a través de una interfaz gráfica permita al estudiante o profesional observar el comportamiento de las distintas señales analógicas es una necesidad que se hace evidente en el momento. Puesto que, considerando las necesidades mencionadas, se plantea la solución que se basa en el diseño de un osciloscopio digital a bajo costo.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo se puede desarrollar un dispositivo eléctrico que permita medir y monitorear señales analógicas en tiempo real de manera confiable?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar un osciloscopio digital con interfaz gráfica y a bajo costo.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar el funcionamiento de un osciloscopio digital.
- Seleccionar los componentes para el diseño del osciloscopio digital
- Diseñar la interfaz gráfica del osciloscopio digital
- Realizar un estudio de factibilidad, económico, social y ambiental para el diseño del osciloscopio digital

### **1.4 Justificación**

El presente trabajo de tesis tiene como principal objetivo la propuesta de diseño de un osciloscopio digital con interfaz gráfica y a bajo costo. Este trabajo es de gran importancia ya que la necesidad de un osciloscopio es más notorias en los laboratorios estudiantiles de carreras afines como los son la Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, puesto que para el desarrollo de la carrera es de suma importancia el monitoreo de las distintas señales analógicas. Sin embargo los precios de estos dispositivos varían mucho en el mercado y más si este es digital y totalmente portátil, es por esto que desarrollar un dispositivo digital y de última tecnología, puede mejorar el conocimiento de los estudiantes afines de las carreras.

Por otra parte, este trabajo de grado ofrece que, al ser un medidor virtual, reduce la posibilidad de descomponerse con el paso del tiempo o por mal uso, como lo hacen los medidores físicos, y este mismo puede ser utilizado en la universidad u hogar ya que solo es necesaria la instalación en su computadora.

Así mismo la investigación ofrece a la Universidad José Antonio Páez el incentivo a los demás estudiantes a investigar más en el área de las telecomunicaciones digitales y así de esta manera poder impulsar al país en distintas propuestas innovadoras.

### **1.5 Alcance de la Investigación**

Con la investigación se pretende llegar al diseño de un osciloscopio digital, el cual permita mediante una interfaz observar las distintas señales analógicas en tiempo

real, y así el estudiante o profesional pueda contar con un equipo desde su comodidad y bajo costo.

### **1.6 Limitaciones**

Todos los casos de estudio no poseen las mismas limitaciones, cada una de estas prestaran diferentes particularidades, es el tiempo un factor limitante al desarrollo del trabajo, puesto que este no pudiera haber sido suficiente para la mayor profundización en el periodo evaluado. Así mismo, pudo haber limitaciones en cuanto a los recursos especialmente financieros para poder desarrollar un dispositivo con alta calidad, es importante destacar que, aunque se consiguió información relevante para la investigación, la misma fue limitada.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

Torres y Dibujes (2018) realizaron un trabajo titulado “**Diseño e implementación de un osciloscopio con un dsPIC**” para optar por el título de Ingeniero en Electrónica mención Control en la Escuela Politécnica Nacional, Quito (Perú). El presente trabajo de investigación describe el diseño y construcción de un osciloscopio el cual emplea una PC para desplegar las señales a ser analizadas. El objetivo principal de este trabajo de investigación fue ofrecer una alternativa a un osciloscopio comercial. El osciloscopio debía ser capaz de trabajar con las señales que típicamente se encuentran en la industria (60 o 120 Hz) pero debe ser de bajo costo. El diseño del osciloscopio se basó en un dsPIC, específicamente el dsPIC30F3011 para aprovechar su velocidad de procesamiento.

El Firmware del dsPIC fue desarrollado en lenguaje C, utilizando la herramienta de programación MPLAB C30. La interfaz gráfica (programa visualscope 1.0.1) fue desarrollada en el lenguaje Visual Basic 6.0. La comunicación debe gestionarse utilizando la interfaz USB que posee cualquier computador en la actualidad. Para transferir las señales desde el sistema microprocesador hasta la PC se empleó el pórtico USB. El módulo comercial USBMOD4, sirvió para posibilitar la conexión entre el dsPIC y el módulo. El equipo diseñado consta de 3 canales, tiene autoescalamiento de voltaje para poder medir formas de onda de hasta 200 Vpico. El módulo fue probado y funcionó como se esperaba, pero presentó algunas limitantes en cuanto a respuesta de frecuencia. Alrededor de los 15kHz, el sistema pierde precisión para dibujar correctamente estas señales. Hasta 40kHz el sistema trabaja con un porcentaje de error del 2.24%.

El proyecto se vincula con la actual en función del estudio y diseño de un osciloscopio digital, por otra parte, describe como debe estructurarse diseñar el dispositivo para poder leer las distintas señales de 60Hz las cuales son primordiales para nuestro objetivo de estudio.

Por otra parte, Sandoval, B (2017), en su investigación denominada: **“Diseño de un osciloscopio digital con interfaz gráfica realizada en sistema operativo Android”** para optar por el título de Ingeniero Electrónico presentado en la Universidad Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Perú (Quito). El presente trabajo explica el diseño e implementación de un osciloscopio de dos canales, el mismo que emplea un dispositivo móvil con un sistema operativo Android para la visualización de las señales adquiridas. El alcance del osciloscopio plantea adquirir y trabajar con señales en un rango de frecuencias que van desde los 10Hz, hasta los 100KHz, y un voltaje de entrada de hasta 22V<sub>RMS</sub>. El diseño del osciloscopio se basó en un microcontrolador STM, específicamente en el STM32F407, con la finalidad de aprovechar al máximo las prestaciones del mismo, así como también su velocidad de procesamiento, la misma que fue indispensable para el desarrollo del osciloscopio. La programación se realizó en lenguaje C, para lo cual se utilizó la herramienta de programación denominada Keil, la cual es intuitiva para el usuario, haciéndola de esta manera de fácil desarrollo. La interfaz gráfica fue desarrollada en un software especializado para este fin denominado Android Studio, cuyo lenguaje de programación es Java, permitiendo de esa manera la creación y desarrollo de aplicaciones Android para dispositivos móviles.

La investigación citada, se vincula con la actual en función a cómo desarrollar y tener distintas opciones para la interfaz gráfica del proyecto, la cual a través del teléfono se podrá observar en tiempo real en cual la señal debería ser mandada por el dispositivo Arduino el cual se encarga de convertir la señal de analógica a digital.

De la misma manera Tapia Ayala., C (2017) realizo un trabajo titulado **“Evaluación de la plataforma Arduino e implementación de un sistema de control para el estudio de señales analógicas”** para optar por el título de Ingeniero en Telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil (Ecuador). El presente trabajo de investigación describe el desarrollo y avance de la tecnología electrónica dando soluciones para la problemática de ciertos proyectos que resultan demasiado costosos por la forma y estructura del mismo, por este motivo este proyecto dio a conocer la Plataforma Arduino en cuanto a su diseño de hardware y todas las características favorables que se han desarrollado. Por esto desarrollaron un sistema en el cual estudia las señales analógicas por la Plataforma Arduino y mediante una interfaz gráfica de Labview el usuario podrá observar el control y estudio del mismo.

La investigación citada, se vincula con la actual en función del uso de una plataforma Arduino, el cual fue elegido para el desarrollo de este proyecto. Por otra parte, es importante obtener información necesaria de cómo realizar la conexión y el estudio de las señales analógicas con el dispositivo Arduino.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Osciloscopio Tradicional**

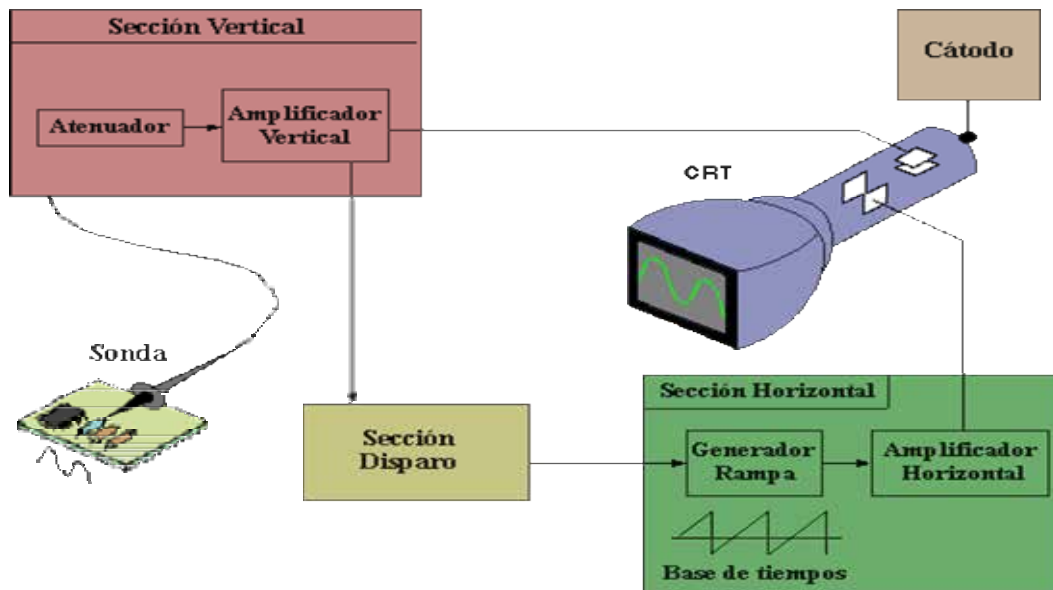
Los osciloscopios tradicionalmente se componen de un hardware cuya interfaz gráfica se basa en un CRT (tubo de rayos catódicos) o los más modernos con pantalla LCD, diseñados para mostrar variaciones de voltaje (periódicas o no periódicas), esto los hace voluminosos y muy caros. En la Figura 1 se muestran dos tipos de osciloscopios que existen en el mercado.



**Figura 1.** Osciloscopio Analógico

Fuente: <https://partesde.info/osciloscopio/>

El corazón del tradicional osciloscopio CRT es la propia pantalla del CRT (tubo de rayos catódicos). El CRT es una bombilla de vidrio al vacío. En el frente se tiene una pantalla de vidrio, que está cubierta por dentro con un material de fósforo. Este fósforo brillará produciendo luz, por el choque de los electrones. La parte trasera está formada por el cañón de electrones. Un pequeño elemento calentador es contenido dentro de un cilindro de metal llamado cátodo. Cuando el calentador es activado por la aplicación de un voltaje a través de él, la temperatura del cátodo se eleva y entonces emite electrones. (Ver figura 2).

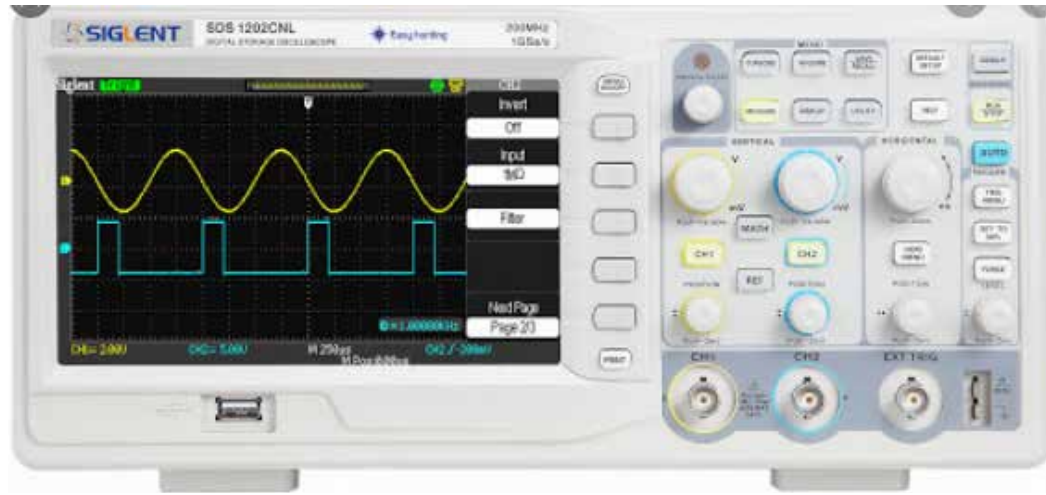


**Figura 2.** Esquemización de un Osciloscopio Analógico.

**Fuente:** Torres y Dibujes (2018). Diseño e implementación de un osciloscopio con un DsPIC. Pag 3

### 2.2.2. Osciloscopio Digital

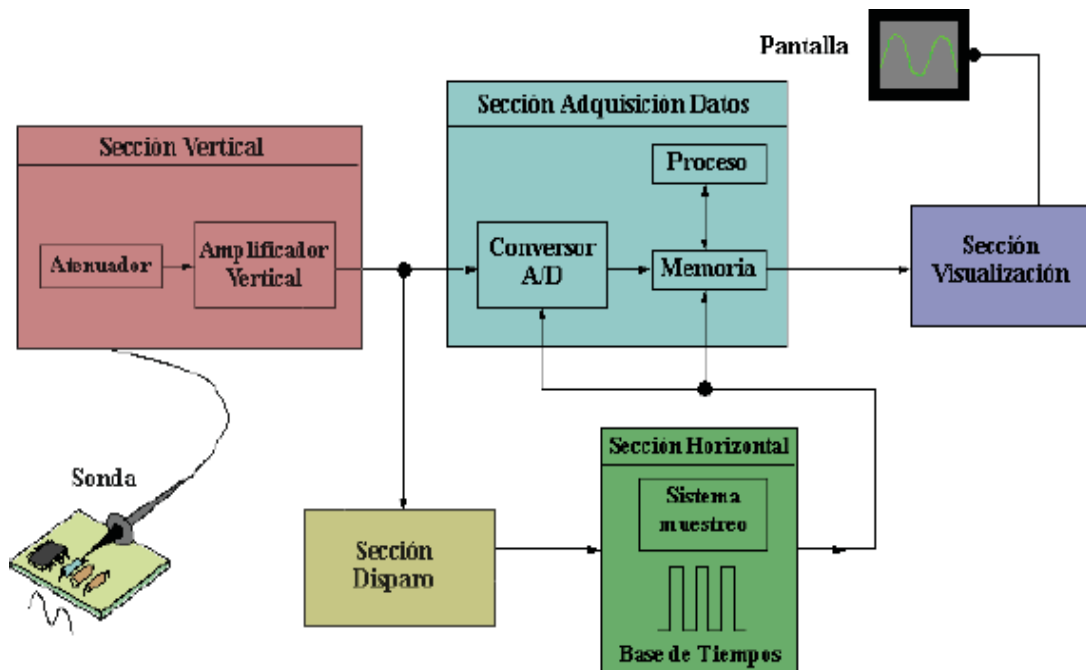
Los osciloscopios digitales pueden medir furtivamente diferentes variables físicas, gracias al uso de transductores (puntas o sondas de prueba) adecuados y a la utilización de un conversor análogo-digital (A/D), el mismo que almacenará digitalmente y posteriormente muestreará la señal aplicada, es decir trabajará con señales binarias o digitales correspondientes a los valores de la señal aplicada . En la figura 3 se puede observar el modelo de un osciloscopio digital.



**Figura 3.** Osciloscopio Digital

Fuente: <http://clubdeintegradoresviakon.com/oscilloscopios-digitales/>

El conversor (A/D) muestrea la señal medida a diferentes intervalos de tiempo, convirtiendo la señal continua de voltaje en una cadena de valores llamados muestras.



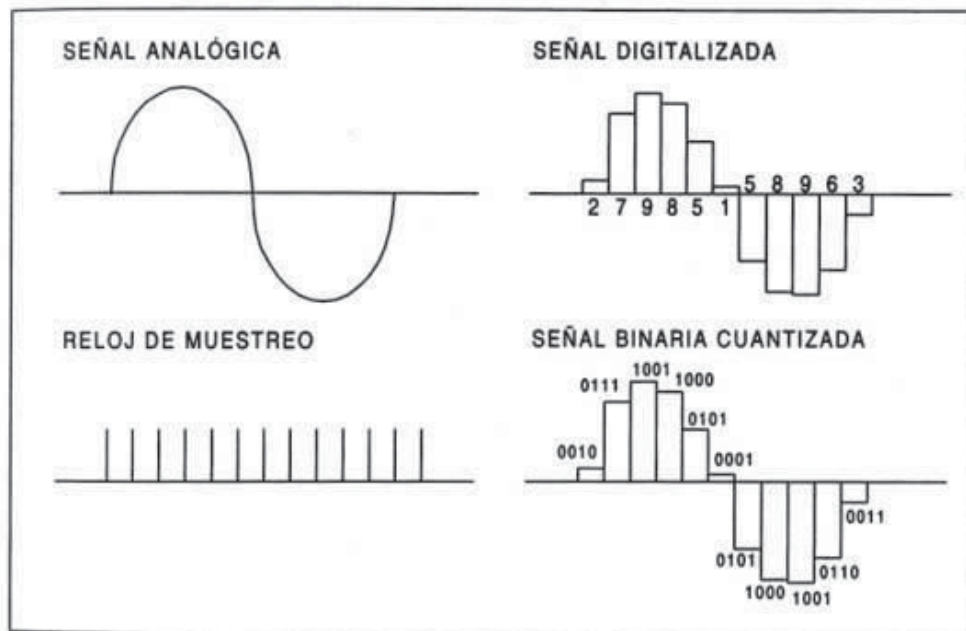
**Figura 4.** Diagrama de Bloques del osciloscopio digital.

Fuente: <http://www.equitek.com.mx/f/ERM-Diagrams-de-Bloques-Osciloscopio-Digital.jpg>

La Figura 4 muestra el diagrama de bloques de un osciloscopio digital, el cual consta inicialmente de una sección vertical donde estará el atenuador y la amplificación. Se debe tener en cuenta que en esta etapa se escoge el tipo de acoplamiento ya sea AC, DC o GND las mismas que se realizaran mediante software.

A continuación de la sección vertical o etapa de entrada se encuentra la sección de adquisición de datos la cual trasforma la entrada vertical (señal analógica) en información digital, mediante el conversor (A/D) y posteriormente almacena dicha información en la memoria de un microprocesador.

Como se mencionó anteriormente, la información digital se almacena en la memoria de un microcontrolador como puntos instantáneos de señal. El número de puntos necesarios para reconstruir la señal en el monitor se denomina registro, esto hace que la duración del almacenamiento este determinada por la capacidad de la memoria, de esta manera se puede ver con mayor detalle el recorrido de la señal y su evolución.



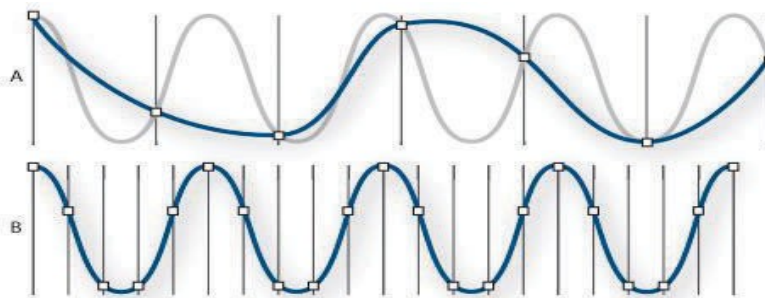
**Figura 5.** Adquisición del conversor (A/D)

Fuente: <http://www.equitek.com.mx/f/ERM-Convertore-Señales-Analógicas.jpg>

Como se puede apreciar en el diagrama de bloques de la Figura 4 se cuenta también con una sección horizontal la cual está constituida por una señal temporal de reloj que determinara el momento en que el conversor (A/D) tome una muestra como se indica en la Figura 5, la misma que indica que al ingresar una señal analógica de voltaje simultáneamente se pone en funcionamiento una señal temporal de reloj o también conocida como señal de reloj de muestreo que indicará el momento exacto de una toma de muestras produciendo de esta manera una señal digitalizada que posteriormente se transformará en una señal binaria cuantizada.

Este reloj trabaja a una determinada velocidad (frecuencia), conocida como velocidad o frecuencia de muestreo, la misma que es medida en muestras por segundo, como se puede ver en Figura 6, se presentan dos gráficas las cuales representan a una velocidad (frecuencia) de muestreo baja y otra a una velocidad (frecuencia) de muestreo alta respectivamente, se puede notar que al tener una velocidad de muestreo baja y proceder a reconstruir la señal la misma nos da una señal que no es la original es decir una señal distorsionada, todo lo contrario sucederá con una velocidad de muestreo alta donde al reconstruir la señal se obtendrá la señal original de forma perfecta.

La reconstrucción distorsionada se genera al tener una velocidad (frecuencia) de muestreo baja, en cuyo caso no se cumple con el Teorema del Muestreo de Nyquist-Shannon.



**Figura 6.** Velocidad de Muestreo

Fuente: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/1/Osciloscopio%20Karina%20y%20Jorge.pdf>

### **2.2.3 Características de un Osciloscopio Digital (Selección Vertical)**

En este apartado se podrá ver los bloques del osciloscopio expuestos por separado para un mayor y más fácil entendimiento. Tomando en cuenta que lo expuesto a continuación es para un solo canal de entrada, el ensamblaje para el segundo canal será exactamente igual.

#### **2.2.3.1 Impedancia de Entrada**

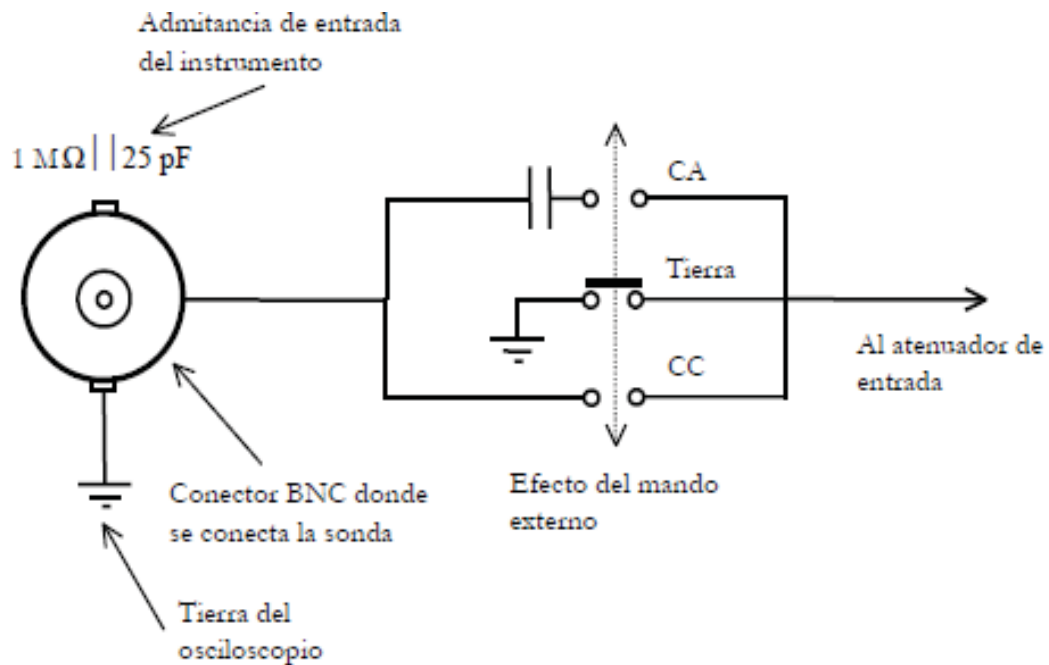
El osciloscopio posee una impedancia de entrada que se modela con un circuito RC, similar a los voltímetros, proporcionando así una alta impedancia de entrada.

Se debe tener en cuenta algunas características sobre la impedancia de entrada del osciloscopio:

- a) Se debe tener en cuenta que cuando se usan dos o más canales simultáneamente, la referencia es común, la cual está conectada internamente en el osciloscopio.
- b) Al conectar un equipo de medida a un circuito, el mismo se modifica, alterando así su funcionamiento. Para evitar esto la impedancia del circuito debe ser menor a la impedancia de entrada del equipo de medida, razón por la cual el osciloscopio debe tener una alta impedancia de entrada.
- c) La impedancia de entrada del osciloscopio es un circuito RC en paralelo. El valor del capacitor puede tomar valores de 15pF o 25pF y su resistencia de 1Mohm, ambos son valores típicos de cualquier osciloscopio.

#### **2.2.3.2 Selector de Acoplamiento**

El circuito mostrado en la Figura 7 provee de flexibilidad al osciloscopio, ya que permite ver la señal de entrada con o sin acoplamiento (AC o DC respectivamente). Estas posiciones de AC o DC son seleccionables por el usuario en base a su necesidad, se las podrá realizar mediante software (Interface Android) que se detallará más adelante.



**Figura 7.** Selector tipo Acoplamiento

Fuente: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/1/Osciloscopio%20Karina%20y%20Selector.pdf>

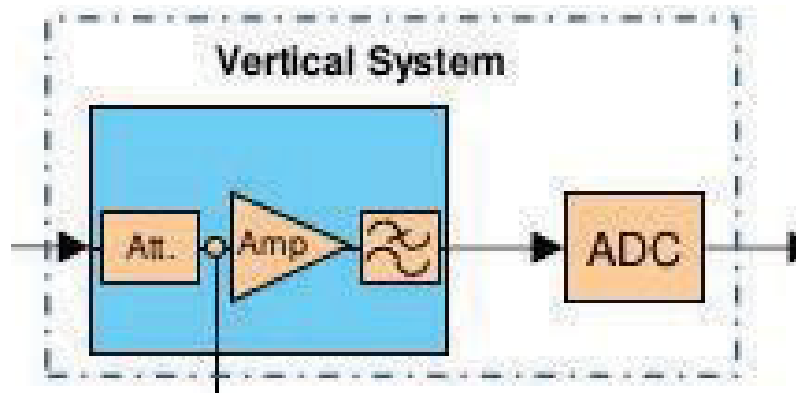
En la posición DC la señal que ingresa se conecta directamente al atenuador de entrada y posteriormente al amplificador vertical ajustando así la amplitud de dicha señal, posteriormente se graficará la señal de tensión con su respectivo nivel de acoplamiento.

En la posición de AC se utiliza un condensador para quitar el nivel de continua DC a la señal de entrada, ya que a menudo se necesita visualizar la señal sin esta parte continua, por ejemplo cuando deseamos medir y observar el rizado de una fuente de alimentación. El inconveniente radica en que las señales de baja frecuencia pueden ser atenuadas de manera indeseable, esto al hacer que la señal de entrada pase por un condensador absorbiendo gran parte de la tensión aplicada.

Adicionalmente se tendrá el acoplamiento GND que suministra 0V y su efecto es una línea recta, el cual sirve para la calibración del instrumento o a su vez para el restablecimiento de su origen de coordenadas una vez que este haya sido desplazado.

### 2.2.3.3 Amplificador Vertical

El amplificador vertical (Ver figura 8), como se indica en su terminología se encarga de atenuar o amplificar la señal, ajustando de esta manera la amplitud de la mencionada señal. Dependiendo de las características del osciloscopio se desea que este tenga la capacidad de analizar y ajustar la amplitud de señales cuyos valores de tensión sean muy elevados (alta potencia), logrando así que el mencionado osciloscopio tenga buenas prestaciones en el campo eléctrico y no solo en el aspecto electrónico.



**Figura 8.** Amplificador Vertical

Fuente: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/1/Osciloscopio%20Karina%20y%20Selector.pdf>

Como se puede observar la figura 8, el amplificador vertical consta de tres partes indispensables que son: circuito amplificador, circuito atenuador y un seguidor catódico o seguidor emisor.

La parte amplificadora es la encargada de amplificar o aumentar el valor de la señal que ingresa, logrando de esta manera amplificar la tensión a un valor mucho más manejable por las siguientes etapas, y del mismo modo logrando que la señal ocupe una parte importante de la pantalla de visualización sin que esta llegue a desbordar los límites.

Del mismo modo se encuentra la etapa de atenuación, la misma que se encarga de disminuir valores de señales demasiado altas, logrando de esta manera bajar los valores de tensión a valores mucho más manejables.

Finalmente se usa un seguidor emisor a la salida de la etapa de atenuación con el fin de acoplar la impedancia de entrada del osciloscopio, y para lograr del mismo modo una alta impedancia de entrada que evitará cargar y modificar el funcionamiento del circuito puesto bajo prueba.

En el sistema vertical como se puede observar en figura 8, también se encuentran los filtros, los mismos que se encargan de que el ancho de banda sea lo mayor posible, logrando de esta manera aumentar la banda de altas y bajas frecuencias.

#### **2.2.4 Características de un Osciloscopio Digital (Selección Horizontal)**

La sección horizontal o sección de adquisición de datos, se basa en un conversor análogo digital, conocido también como conversor A/D, el cual se encargará de transformar la señal analógica en una señal digitalizada, una memoria la cual almacenará los datos digitales y un microcontrolador el cual se encargará de procesar la señal para ser visualizada.

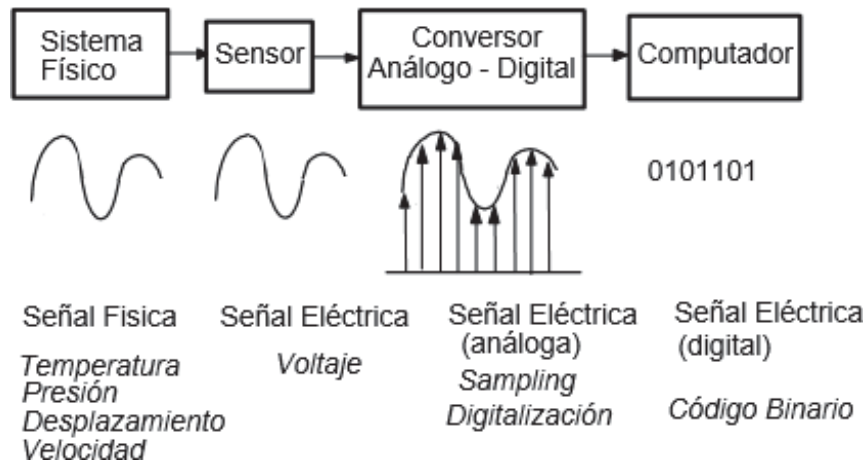
##### **2.2.4.1 Conversor Analógico – Digital**

El mundo real está constituido de magnitudes físicas, las cuales son magnitudes analógicas y continuas. El inconveniente con este tipo de señales es que son muy difíciles de manipular, guardar y después poderlas recuperar y reproducir con exactitud. Para evitar esto y con el uso de un conversor A/D se procede a convertir esta información analógica en información digital, logrando de esta manera manipularla sin problema alguno y de la misma manera se puede guardarla con gran facilidad.

Cabe recalcar que el objetivo básico de un conversor A/D es el lograr transformar una señal eléctrica analógica, en un número digital que sea equivalente a dicha señal.

Dependiendo del componente y la aplicación en el que se utilizará hay varios parámetros que caracterizan a los conversores A/D, entre los cuales se puede citar: la resolución, la velocidad de conversión, número de canales, tensión de referencia necesaria, los rangos de entrada. Como ejemplo se tendrá que a mayor

número de bits del conversor A/D, se tiene una mayor precisión, aunque de la misma forma esto representara mayor complejidad y mayor tiempo al realizar la conversión A/D.



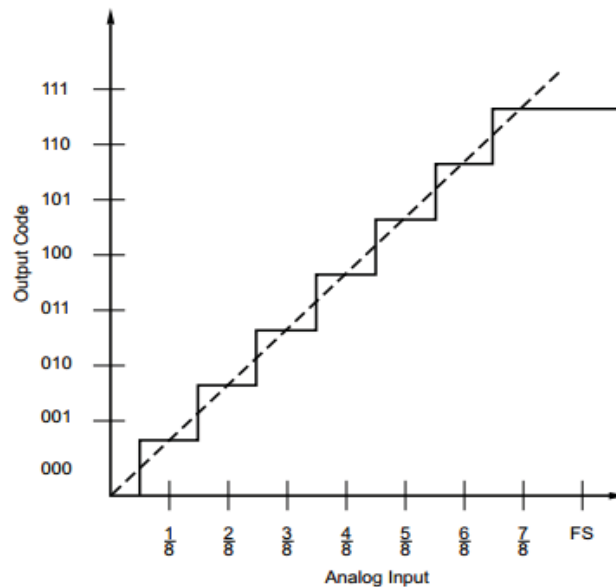
**Figura 9.** Conversor Analógico/ Digital

Fuente: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/1/Osciloscopio%20Karina%20y%20Selector.pdf>

Como se puede observar en el diagrama de bloques de la Figura 9, se muestra secuencialmente el proceso de conversión analógica-digital desde que la señal (variable física), ingresa al sistema hasta que es convertida a señal digital, la misma que estará expresada en código binario (cada dato analógico decimal codificado a una palabra formada por unos y ceros).

Un conversor analógico-digital (A/D) es un circuito electrónico integrado, que tiene por salida una palabra digital resultante luego de haber convertido la señal analógica de entrada. Existen dos fases para la conversión analógica-digital, la primera es la cuantización y la segunda la decodificación, durante la primera fase se muestreará la señal analógica de entrada y se asignará a cada valor analógico un estado, el cual dependerá del número de bits que posea el conversor A/D. La segunda fase consiste en decodificar el valor cuantizado, para decodificarlo este valor se transforma en una palabra digital generalmente en código binario, este código constará de un número determinado de bits dependiendo de las líneas de salida que posea el conversor A/D.

Los conversores A/D están determinador por una función de transferencia entrada- salida. Esta función de transferencia es una representación ideal y muestra la equivalencia entre el mundo análogo y el digital como se puede observar en la imagen de la Figura 10.



**Figura 10.** Curva de entrada-salida de un convertor A/D  
**Fuente:** <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/1/conversores.jpg>

Como se puede observar en la Figura 10 la gráfica de la función de transferencia entrada-salida en un caso ideal es una línea recta, la cual está formada por la evolución de los valores de entrada, los cuales determinan un cambio en la salida.

Un convertor A/D se considera más preciso, mientras más se ajuste el comportamiento real del mismo a esta recta.

#### 2.2.4.2 Memoria

Entre las características de mayor importancia que ofrecen actualmente los osciloscopios de altas prestaciones se encuentra la longitud de memoria de alta velocidad.

Actualmente la profundidad de memoria o longitud de memoria de cualquier osciloscopio digital tiene una influencia muy considerable sobre la

calidad de los resultados, permitiendo el almacenamiento de las muestras luego de la adquisición y la conversión de las mismas.

Cabe considerar que un osciloscopio digital de memoria profunda podrá funcionar durante un periodo de tiempo más prolongado a su máxima velocidad de muestreo sin que esto implique perder información vital de la señal, mientras mayor sea la capacidad de memoria que este posea, la profundidad de memoria necesaria se calculará multiplicando el período de muestreo por la velocidad de muestreo. Los períodos largos de muestreo y las resoluciones temporales elevadas exigen una mayor capacidad de memoria. Se necesita una profundidad de memoria superior a 100 millones de puntos para trabajar con grandes cantidades de datos.

### **2.2.5 Osciloscopio Digital vs Osciloscopio Tradicional**

Los osciloscopios digitales tienen 2 ventajas principales sobre los osciloscopios análogos:

- a) La habilidad de mostrar señales de baja y muy baja frecuencia. Las señales en el rango de 10 a 100 Hz son muy difíciles de apreciar en un osciloscopio análogo tradicional debido al parpadeo del trazo y la corta persistencia del haz sobre la pantalla. Las señales de menos de 10 Hz son imposibles de verse en un osciloscopio análogo. Tan pronto como el haz va formando la forma de onda, la imagen se marchita y desaparece antes de un trazo completo.
- b) La habilidad de mantener o retener una señal en memoria por largos períodos de tiempo.

Los osciloscopios analógicos tienen también ventajas sobre los osciloscopios digitales:

- a) No están limitados por la velocidad de un conversor AD como en los digitales.
- b) Son preferibles cuando es prioritario visualizar variaciones rápidas de la señal de entrada en tiempo real.

Pero los osciloscopios digitales en general tienen 2 grandes desventajas:

- a) Son caros.

- b) Al igual que los osciloscopios análogos, aunque no resulta una desventaja determinante, poseen una pantalla pequeña para apreciar las formas de onda (generalmente de 5 pulgadas). Aunque algunos poseen software para PC, y pueden conectarse a la PC, y así usan a la PC como interfaz (pero continúan con la primera desventaja, son extremadamente caros).

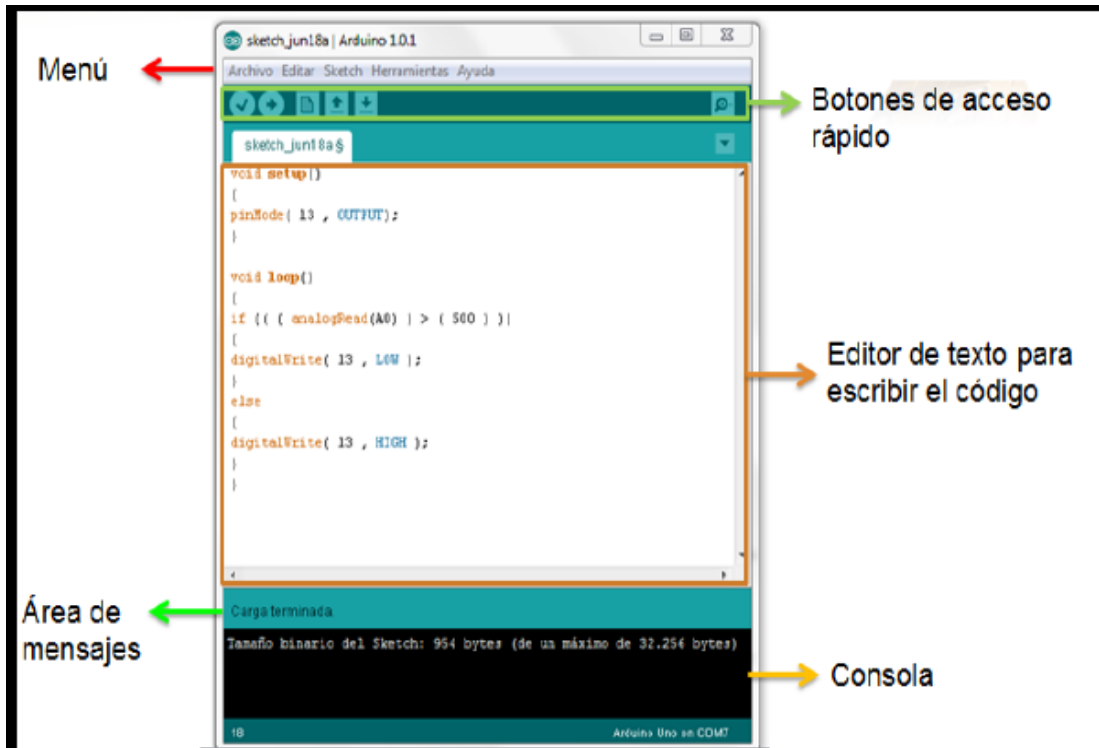
Alguna de las ventajas del osciloscopio digital vs el tradicional son:

- a) Uso de la interfaz gráfica de una PC (monitor), con lo cual se puede apreciar de mejor manera las formas de onda.
- b) Bajo costo comparado con el altísimo costo de los osciloscopios tradicionales.
- c) Uso directo de resultados en un documento, como por ejemplo copiar y pegar un gráfico.

### **2.2.6 Plataforma de desarrollo Arduino**

Es una plataforma electrónica para prototipos de código abierto, está diseñada para hacer el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios accesible fácilmente. El hardware consiste en un diseño simple para la tarjeta Arduino, con un procesador Atmel AVR y soporte de entradas y salidas de la tarjeta. El software consiste en un lenguaje de programación estándar y un boot loader que se ejecuta en la tarjeta. El hardware es programado empleando un lenguaje basado en cableado (sintaxis + librerías), muy similar a C++ con algunas simplificaciones y modificaciones, y un entorno de desarrollo integrado basado en Processing (IDE).

El Arduino es básicamente una placa con un microcontrolador. Un microcontrolador (abreviado  $\mu$ C, UC o MCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida. (Ver figura 11)



**Figura 11.** Plataforma de desarrollo Arduino







Fuente: Desarrollo de un dispositivo Arduino, Página

Para empezar a programar la placa del Arduino UNO es necesario descargarse el programa de la página web de Arduino el entorno de desarrollo IDE. Se dispone de versiones para Windows y para MAC, en la Figura 5 se muestra el aspecto del entorno de programación, el cual está constituido por un editor de texto para escribir el código, una consola de texto, un área de mensajes, una barra de herramientas con botones para las funciones más comunes, y una serie de menús. Permite la conexión con el hardware de Arduino para cargar los programas y comunicarse con ellos.

Cuando se programa en el entorno de Arduino existe la posibilidad de buscar, reemplazar, cortar y pegar texto lo que facilita la programación. En el área de mensajes se puede observar la información mientras se ejecutan los programas y también muestra los errores de los programas. La barra de herramientas permite verificar el

proceso de carga de la tarjeta Arduino, guardado de programas, y la monitorización serie, en la Tabla 1 se puede observar cada función que cumplen sus herramientas.

**Tabla 1.** Especificaciones técnicas del software Arduino

Herramientas	Función
	Verificar Chequea el código en busca de errores.
	Cargar Compila el código y lo graba en la placa E/S de Arduino.
	Nuevo Crea un nuevo sketch
	Abrir Presenta un menú de todos los programas sketch de su “sketchbook”, (librería de sketch). Un click sobre uno de ellos lo abrirá en la ventana actual
	Guardar Guarda el programa Sketch
	Monitor Serial Inicia la monitorización serie

Fuente: Desarrollo de un dispositivo Arduino, Página 22.

### 2.2.7 Interfaz gráfica LABVIEW

LABVIEW es un lenguaje de programación de alto nivel, de tipo gráfico, y enfocado al uso en instrumentación. Pero como lenguaje de programación, debido a que cuenta con todas las estructuras, puede ser usado para elaborar cualquier algoritmo que se desee, en cualquier aplicación, como en análisis, control, juegos, manejo de textos, etc.

Cada programa realizado en LABVIEW es llamado Instrumento Virtual (VI), el cual como cualquier otro ocupa espacio en la memoria del computador, por tanto requiere un hardware adecuado para manejo de gráficos.

La memoria usada la utiliza para cuatro bloques diferentes como son:

- **Panel frontal:** donde se ven los datos, se los manipula y controla.
- **Diagrama de bloques:** en este se aprecia la estructura del programa, su función y algoritmo, de una forma gráfica en lenguaje G, donde los datos fluyen a través de líneas.
- **Programa compilado:** cuando se escribe en LABVIEW, el algoritmo implementado en forma gráfica no es ejecutable por el computador, por tanto, LABVIEW requiere elaborar un código assembler, con base en el código fuente de tipo gráfico.
- **Datos:** como el algoritmo maneja datos, requiere de un espacio de memoria para estos, lo que hace tomar en cuenta que el computador usado debe tener la memoria suficiente para manejarlos. Por ejemplo, como ya se vio en el capítulo anterior, el computador recibe 900 datos de 8 bits en segundo, los que deben ser transformados en 300 datos de 10 bits cada segundo, filtrados y presentados, previo a recibir un nuevo paquete de datos.

### 2.3 Definición de términos básicos

**Arduino:** compañía de fuente abierta y hardware abierto así como un proyecto y comunidad internacional que diseña placas de desarrollo de hardware.

**Android:** sistema operativo móvil desarrollado por Google.

**Convertidor A/D:** es un dispositivo electrónico capaz de convertir una señal analógica, ya sea de tensión o corriente, en una señal digital mediante un cuantificador y codificándose en muchos casos en un código binario en particular.

**Interfaz:** Es el mecanismo o herramienta que posibilita esta comunicación mediante la representación de un conjunto de objetos, iconos y elementos

gráficos que vienen a funcionar como metáforas o símbolos de las acciones o tareas que el usuario puede realizar en la computadora.

**Muestreo:** El muestreo consiste en el proceso de conversión de señales continuas en señales discretas en el tiempo, es decir convertir un fragmento de la señal que ingresa en un número discreto cuyos valores serán binarios. Dicho proceso se lo realizará midiendo la señal a ser muestreada en momentos periódicos de tiempo.

**Osciloscopio:** es un instrumento de visualización electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo. Es muy usado en electrónica de señales, frecuentemente junto a un analizador de espectro.

**PC:** solo envía y/o recibe señales digitales.

**Proceso:** Conjunto de fases sucesivas de un fenómeno o hecho complejo.

**Programación:** la programación refiere a la acción de crear programas o aplicaciones, a través del desarrollo de un código fuente, el cual se basa en el conjunto de instrucciones que sigue el ordenador para ejecutar un programa.

**Sistema:** Conjunto de reglas, principios o medidas que tienen relación entre sí.

**Software:** está compuesto por un conjunto de programas que son diseñados para cumplir una determinada función dentro de un sistema, ya sean estos realizados por parte de los usuarios o por las mismas corporaciones dedicadas a la informática.

**Telecomunicaciones:** sistema de comunicación a distancia que se realiza por medios eléctricos o electromagnéticos.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El marco metodológico de la investigación se puede definir como la explicación de los mecanismos que se utilizan para analizar la problemática que se presente en una investigación. Arias, F. (2012), según el marco metodológico expresa que: “La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “cómo” se realizará el estudio para responder al problema planteado.” (pág. 110).

#### **3.1 Tipo de investigación**

Con lo que respecta al tipo de investigación, Tamayo, M (2003) expresa que una investigación descriptiva “Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta.”

El autor Arias, F. (2012) afirma que: “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. (pag.24).

En relación con lo expresado anteriormente, se dice que la presente investigación se puede calificar como documental – descriptiva, ya que la misma, constituye un estudio sistemático de investigaciones previas ya comprobadas, y a su vez, se realiza bajo el esquema de un proyecto factible, cuyo enfoque se centra en la posibilidad de llevar teorías generales al ámbito práctico, y cuyo esfuerzo se destina a

la implantación de propuestas, que pueden materializarse y brindar soluciones a problemas que se plantean en la sociedad, lo cual en este caso es respaldo de energía eléctrica.

### **3.2. Nivel de la Investigación**

El nivel de investigación se refiere según Arias, F (2012) “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno”. Así pues, el nivel de investigación establece hasta qué punto se llevará a cabo el estudio del tema o problema planteado. Tomando en cuenta el tipo de investigación, se conocerá el nivel en el cual se basa todo el estudio. También el nivel permite saber qué factores tienen que intervenir para el desarrollo de toda la investigación.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, el nivel de investigación que se emplea es Exploratoria, definido por el autor Arias, F (2012) como “la investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto es decir un nivel superficial de conocimientos.

### **3.3. Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es el conjunto de directrices que toma el investigador con el fin de observar, analizar y plantear una solución de ser posible a la problemática objeto de la investigación. Según el autor Palella y Martins (2010), define:

“El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa”. (pag.86).

Según el autor Palella y Martins (2010), define: La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los

hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta. (pag.88)

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1. Población**

La población es todo individuo de características considerables en las estadísticas de una investigación. Arias, F. (2012), realiza la siguiente definición:

“La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.” (pág. 81).

En la población del siguiente trabajo de grado se tomara de los usuarios que posean un osciloscopio.

#### **3.4.2. Muestra**

La muestra es todo aquel subconjunto considerado en una determinada población, a la cual se aplicará la posterior técnica de recolección de datos. Según Arias, F. (2012), expresa que: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. (pág. 83).

### **3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1. Técnicas de recolección de datos**

Es el medio por el cual el investigador facilita la recolección de datos, valiéndose del mismo para obtener la información necesaria. Hurtado, J. (2010), concluye que:

“Los aspectos metodológicos se desarrollan a lo largo del marco metodológico y se evidencian en las técnicas utilizadas para la recolección de datos y para el análisis de resultados... Las técnicas son modos específicos de hacer algo. Por ejemplo, algunas técnicas de recolección de datos son la entrevista y la observación”. (pág. 105 y 110).

La presente investigación, tiene como técnica la entrevista estructurada, la cual, según Arias, F. (2012) define que:

“Es la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado. En este caso, la misma guía de entrevista puede servir como instrumento para registrar las respuestas, aunque también puede emplearse el grabador o la cámara de video”. (pág. 73).

Por ello, es importante destacar que los investigadores utilizarán la entrevista estructurada como técnica de recolección de datos, seleccionando la muestra finita antes planteada, para así aplicar la misma, obteniendo entonces los resultados que se desean lograr.

De igual forma, la observación directa es un método por el cual el investigador se vale para obtener, tal y como lo dice su nombre, la información directa del análisis que se desea desarrollar. Hurtado, J. (2010) cita: “La observación directa y natural de los hechos es el punto de partida del método del empirismo. Según Bacon esta observación debe hacerse dejando de lado los prejuicios, a los que este autor llamó ídolo”. (pág. 112).

### **3.5.2. Instrumentos de recolección de datos**

Un instrumento sirve como recurso material que se relaciona con el individuo al cual se le hace el análisis. Para Arias, F. (2012), los instrumentos: “Son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formatos de cuestionario, guía de entrevista, lista de cotejo, escalas de actitudes u opinión, grabador, cámara fotográfica o de video, etc.”. (pág. 111)

En la presente investigación, tiene como instrumento de recolección de datos la ficha de registro de información que será diseñada por los autores. Esta ficha será diseñada tomando en consideración los objetivos de la investigación, a su vez estará constituida por preguntas cerradas, dicotómicas. Cabe destacar que dicho instrumento será empleado a la muestra determinada.

### **3.6 Fases de la Investigación**

#### **Fase I: “Analizar el funcionamiento de un osciloscopio digital”**

Actividades:

- Se realizará el estudio de cómo funcionan el osciloscopio digital. Para ello primeramente se precisa recurrir a una profunda y asertiva revisión bibliográfica.

#### **Fase II: “Seleccionar los componentes para el diseño del osciloscopio digital”**

Actividades:

- Se procederá a realizar el estudio del circuito electrónico que conforma la etapa analógica del dispositivo, también se estudiar la utilización de la plataforma arduino como parte del diseño y por consiguiente y se procederá a establecer la arquitectura del hardware del dispositivo.

#### **Fase III: “Diseñar la interfaz gráfica del osciloscopio digital”**

Actividades:

- Siguiendo el estudio anteriormente se procederá a realizar una interfaz gráfica el cual permita observar las señales en tiempo real, mediante el cual el diseño se estará realizando en la interfaz gráfica LabVIEW.

#### **Fase IV: “Realizar un estudio de factibilidad, económico, social y ambiental para el diseño del osciloscopio digital”**

Actividades:

- Se evaluará la factibilidad económica, social y ambiental sobre el diseño del osciloscopio digital e instrumentos a utilizar para que sea posible su futuro desarrollo.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Fase I: Analizar el funcionamiento de un osciloscopio digital**

##### **4.1.1 Observación directa**

El osciloscopio es un dispositivo electrónico de medición que representa gráficamente señales eléctricas variables en el tiempo. Hasta hace poco, los osciloscopios eran todos analógicos, los cuales mostraban la señal directamente en una pantalla iluminada por un tubo de rayos catódicos. Estos nos mostraban como iba variando la señal en el tiempo, pero su gran problema es que no podemos guardar la memoria para, por ejemplo, tratar con ella o imprimirla. Por ello, entre otras cosas, se crearon los osciloscopios digitales que, actualmente, ya están sustituyendo a los osciloscopios analógicos. En el osciloscopio se pueden observar distintos tipos de señales como lo son: ondas senoidales, onda cuadra o rectangular, ondas triangulares.

Entonces en el osciloscopio se pueden observar las distintas señales mencionadas anteriormente través de una pantalla, la cual está dividida en 8 divisiones verticales y 10 horizontales. El eje horizontal, X, representa el tiempo en el que queremos visualizar la señal, y el eje vertical, Y, nos indica la amplitud con la que la queremos ver. En el caso de analizar una señal, esto nos ayudaría a saber su amplitud en tensión y su frecuencia. Desde el punto de vista técnico en un osciloscopio se pueden mencionar algunas funciones:

- Determinar la frecuencia y la amplitud de una señal de voltaje.
- Diferenciar en una señal que parte es en corriente continua y que parte es en corriente alterna.
- Localizar errores en un circuito.
- Medir el ruido que hay en una señal.
- Entre otros.

El presente trabajo de grado se basará en un osciloscopio digital. La gran diferencia entre un osciloscopio analógico y uno digital es que, el primero, trabaja directamente con la señal aplicada, mientras que el segundo, la almacena digitalmente y luego la muestra. Esto lo hace mediante un ADC que convierte la señal de entrada en información digital. El osciloscopio digital se recomienda para poder visualizar la señal y si se desea trabajar con ella, además de cuando se desea ver eventos no repetitivos, como picos de tensión. El analógico, en cambio, se usa cuando se desea ver señales rápidas en tiempo real. El objetivo de este trabajo de grado es poder obtener la señal que se aplique, por ello se hará el diseño del osciloscopio digital. Existen distintos tipos de osciloscopio digital, entre los cuales tendremos que escoger el diseño del cual se aplicara:

- Osciloscopio de memoria digital.
- Osciloscopio de muestreo.
- Osciloscopio de fósforo

Se ha optado por el osciloscopio de memoria digital, ya que para la visualización de señales más completas es el más recomendado. El osciloscopio de muestreo no muestra la señal completa, si no que parte de ella, lo que sirve para un mejor análisis de esa parte mostrada. Es más rápido que el de memoria digital, pero se busca la visualización de toda la señal. El osciloscopio de fósforo utiliza una pantalla especial, y este trabajo de grado se ha enfocado al uso con una interfaz gráfica conectada a un computador portátil, es decir, ver la señal se visualizara en un ordenador para poder, entre otras cosas, guardarla y tratarla.

El osciloscopio que se pretende diseñar tiene como objetivo ser económico, por ello se limitará en ciertas características que lo harán más económico, lo cual se trata de un osciloscopio sencillo, el cual haga la función general de un osciloscopio, la de mostrar la señal. A continuación veremos qué factores influyen en la calidad y limitación de un osciloscopio.

Ancho de banda: esta característica indica el rango de frecuencias en el que el osciloscopio medirá bien. Este valor irá desde continua, 0 Hz, hasta la frecuencia en la que la señal senoidal se atenúe 3 dB, o lo que es lo mismo, su amplitud se aproximadamente un 70% de lo esperado.

- **Tiempo de subida:** es el tiempo de subida que veremos en las señales de pulsos. Un osciloscopio no puede visualizar pulsos con un tiempo de subida mayor que el del propio osciloscopio, por tanto, esto influye mucho en la medida de señales con pulsos.
- **Sensibilidad vertical:** este parámetro indica la mínima escala que tiene el osciloscopio en cuanto a visualización de señales pequeñas. Normalmente es de 5 mV/div. Esto nos marca las señales mínimas que puede amplificar el osciloscopio.
- **Velocidad:** en este caso, nos indica el mínimo tiempo posible que podemos visualizar. Cuanto mayor sea este valor, los eventos que podamos ver serán más lentos. En osciloscopios normales, oscilan los nanosegundos.
- **Exactitud de la ganancia:** indica, como su propio nombre indica, la exactitud que proporciona el osciloscopio a la hora de amplificar o atenuar la señal, según la escala de V/div que elijamos.
- **Exactitud en la base de tiempos:** lo mismo que en el caso anterior, pero en este se indica la precisión que hay en la base de tiempos.
- **Velocidad de muestreo:** se da en los osciloscopios digitales. Es la velocidad con la que es capaz de tomar el sistema de adquisición de datos un número de muestras. Viene dado por el ADC. Para ver periodos rápidos se precisan velocidades de muestreo altas, pero también son necesarias bajas para ver variaciones de señales lentas.
- **Resolución vertical:** se mide en bits y es un parámetro que nos da la resolución del conversor ADC. El número de bits del ADC es el que marca la precisión con la que se convierten los datos.

- **Longitud del registro:** indica la cantidad de puntos que se pueden memorizar para reconstruir la onda. Esto depende exclusivamente de la memoria. Cuanto más puntos se tengan que visualizar, más lento será el muestro de la señal.

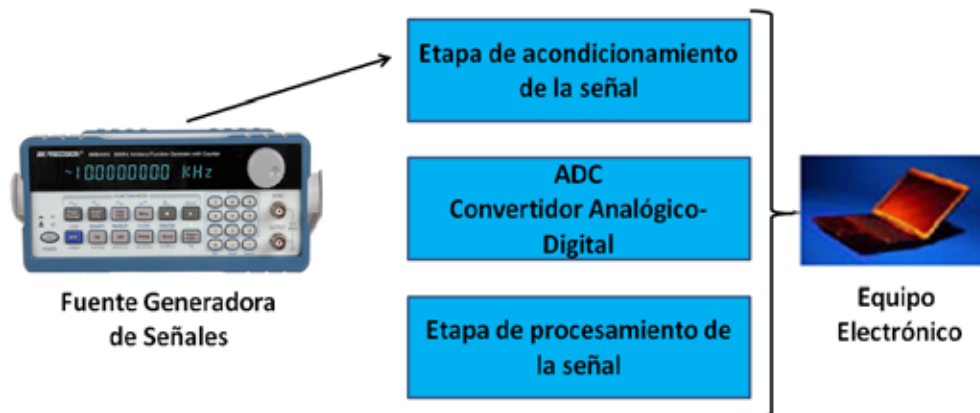
Estas son las características que son más importantes en la influencia de la calidad y, por tanto en el costo para el diseño del osciloscopio.

#### 4.1.2 Revisión documental del funcionamiento del osciloscopio digital

El osciloscopio es un equipo en el cual su sistema básico consiste en cuatro etapas, la cual primeramente es necesario una fuente generadora de señales para pasar por una etapa de acondicionamiento de la señal. Aunado a esto, el sistema a diseñar cuenta con un dispositivo programable que permite transmitir la información a un equipo de cómputo para su posterior análisis. Procesando y generando toda la información se divide la estructura interna del diseño del osciloscopio digital de la siguiente manera:

- Etapa de acondicionamiento de las señales.
- Convertidor Analógico-Digital (ADC).
- Etapa de procesamiento y filtrado de la señal.
- Etapa de almacenamiento y transmisión de datos.

En la figura 12 se puede observar las etapas del funcionamiento del osciloscopio digital a diseñar.



**Figura 12.** Etapas del Funcionamiento del Osciloscopio Digital

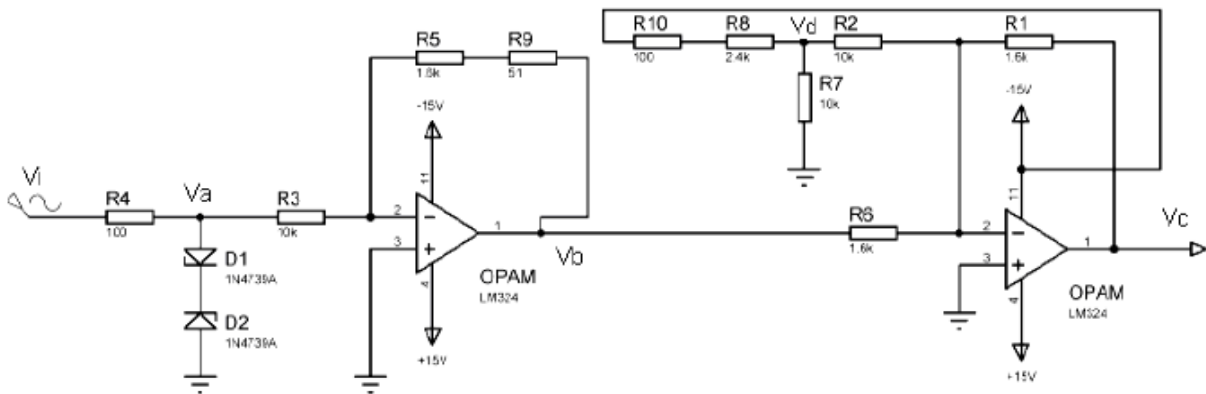
Fuente: Rodríguez (2020)

#### 4.1.2.1 Etapa de Acondicionamiento de las Señales.

Para esta etapa de acondicionamiento de la señal, las señales de entrada son tomadas de una fuente generadora de señales, esta es la primera etapa del diagrama de bloques del osciloscopio digital y está centrado en los principios de la electrónica analógica. El acondicionamiento de la señal se divide de la siguiente manera:

- Protección principal del circuito.
- Selección de la entrada AC/DC.
- Ajuste de amplitud de la señal.
- Selección del canal ajuste de amplitud.
- Protección del ADC.
- Buffer
- Sumador de tensión.
- Filtro paso bajo de 100Hz.

En la figura 13 se muestra una etapa de acondicionamiento de la señal para un osciloscopio digital básico.



**Figura 13.** Etapa de Acondicionamiento de las Señales.

**Fuente:** <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11082/PFC1.pdf?sequence=1&isAllowed=>

#### 4.1.2.2 Etapa de digitalización y filtrado.

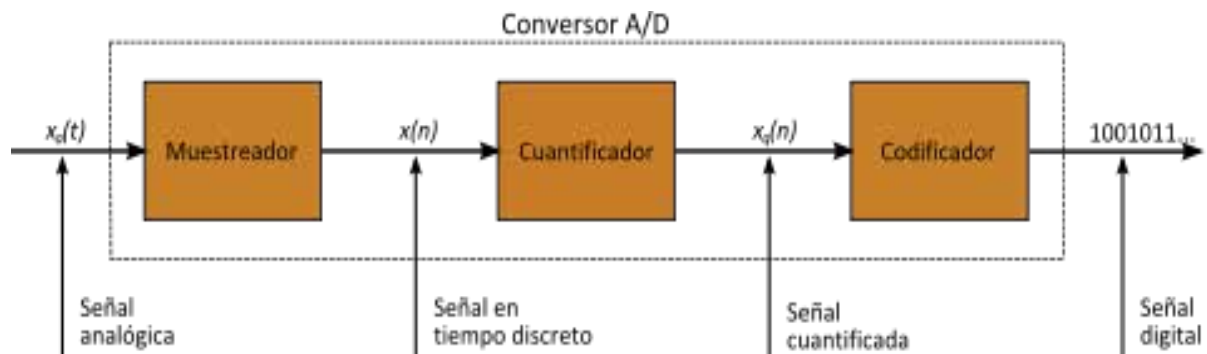
El osciloscopio digital, posee filtros relativamente sencillos que evitan distorsionar las señales analógicas y que permiten reducir al mínimo la cantidad de

ruido agregado a la señal en el proceso de adquisición. Aunado a esto, también necesita un convertidor análogo – digital (ADC), que permite digitalizar la señal para que ésta pueda ser procesada por un controlador lógico programable.

### Conversión Analógico-Digital (ADC)

El objetivo básico de un ADC es transformar una señal eléctrica análoga en un número digital equivalente. De la misma forma, un DAC transforma un número digital en una señal eléctrica análoga. Esta función exige que los pasos intermedios se realicen de forma óptima para no perder información. Según el tipo de componente y su aplicación existen distintos parámetros que lo caracterizan, éstos pueden ser: la velocidad de conversión, la resolución, los rangos de entrada, etc. Por ejemplo, una mayor cantidad de bit, implica mayor precisión, pero también mayor complejidad.

Un transductor permite relacionar las señales del mundo real y sus análogas eléctricas. Para compatibilizar la información con un sistema digital, se requiere de convertidores de datos del tipo ADC o DAC, según corresponda. El diagrama de bloques de la Fig.15 muestra la secuencia desde que la variable física entra al sistema hasta que es transformada a señal digital (código binario). Para dicha señal ingrese al convertidor análogo - digital, ésta debe ser muestreada, es decir, se toman valores discretos en instantes de tiempo de la señal análoga, lo que recibe el nombre de sampling. Matemáticamente es el equivalente a multiplicar la señal análoga por una secuencia de impulsos de periodo constante. Como resultado se obtiene un tren de impulsos con amplitudes limitadas por la envolvente de la señal análoga.



**Figura 14.** Etapas del ADC (Convertor Analógico Digital)

Fuente: <https://www.google.com/search?q=conversor+analogo+digital&rlz=>

Para realizar esa tarea, el conversor ADC (Conversor Analógico Digital) tiene que efectuar los siguientes procesos:

### **1. Muestreo de la señal analógica**

Definimos muestreo como la cantidad de veces que medimos el valor de la señal en un periodo de tiempo (usualmente en 1 segundo). Según el teorema de Nyquist-Shannon la cantidad de veces que debemos medir una señal para no perder información debe de ser al menos el doble de la frecuencia máxima que alcanza dicha señal. En otras palabras, si deseamos grabar una conversación telefónica, como el ancho de banda de la red telefónica es de 3khz, para no perder información deberemos tomar del orden de 6.000 muestras/segundo

### **2. Cuantización de la señal obtenida.**

Definimos cuantificación como el número de símbolos que utilizamos para guardar una medida de una señal. Para guardar la medida la codificamos con un conjunto de bits. A mayor número de bits empleados para guardar la medida mayor exactitud. Habitualmente se emplean valores de 8 y 16 bits por canal de información para almacenar los valores de las medidas adquiridas.

### **3. Codificación del resultado de la Cuantización.**

Codificación digital consiste en la traducción de los valores de tensión eléctrica analógicos que ya han sido cuantificados (ponderados) al sistema binario, mediante códigos preestablecidos. La señal analógica va a quedar transformada en un tren de impulsos de señal digital (sucesión de ceros y unos). Esta traducción es el último de los procesos que tiene lugar durante la conversión analógica-digital. El resultado es un sistema binario que está basado en el álgebra de Boole.

#### **4.1.2.3 Almacenamiento y transmisión de datos.**

La transmisión de datos digitales es la transferencia física de datos (un flujo digital de bits) por un canal de comunicación punto a punto o punto a multipunto. Ejemplos de estos canales son cables de par trenzado, fibra óptica, los canales

de comunicación inalámbrica y medios de almacenamiento. Los datos se representan como una señal electromagnética, una señal de tensión eléctrica, ondas radioeléctricas, microondas o infrarrojos.

### **Tipos de transmisión**

- **Transmisión analógica:** estas señales se caracterizan por el continuo cambio de amplitud de la señal. En ingeniería de control de procesos la señal oscila entre 4 y 20 mA, y es transmitida en forma puramente analógica. En una señal analógica el contenido de información es muy restringido; tan solo el valor de la corriente y la presencia o no de esta puede ser determinado.
- **Transmisión digital:** estas señales no cambian continuamente, sino que es transmitida en paquetes discretos. No es tampoco inmediatamente interpretada, sino que debe ser primero decodificada por el receptor. El método de transmisión también es otro: como pulsos eléctricos que varían entre dos niveles distintos de voltaje. En lo que respecta a la ingeniería de procesos, no existe limitación en cuanto al contenido de la señal y cualquier información adicional.

### **4.2 Fase II: Seleccionar los componentes para el diseño del osciloscopio digital**

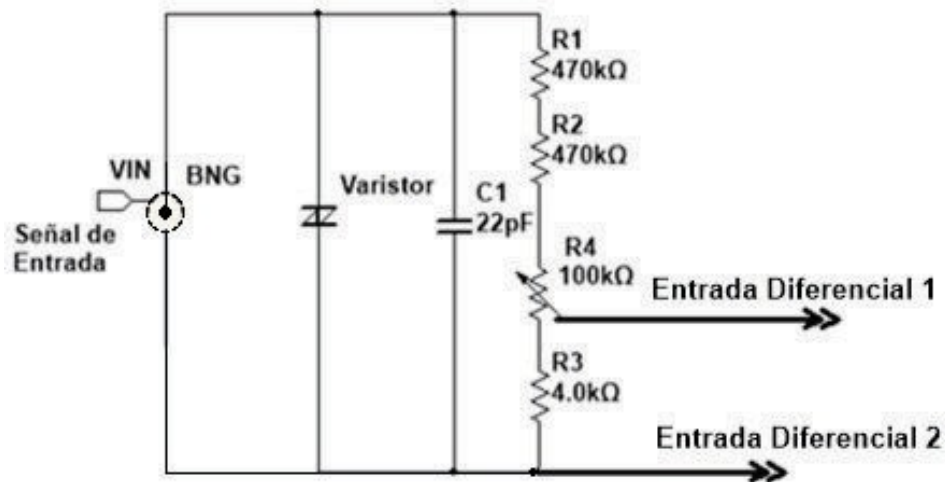
En esta fase del trabajo de grado describe los requerimientos previos, para el diseño, construcción y selección de los componentes del osciloscopio digital, que incluye las protecciones, el acondicionamiento de las entradas de cada canal, la etapa de filtrado, selección de escalas de hardware, selección de acoplamiento, el control y la comunicación, y, finalmente, la fuente de alimentación.

Las protecciones se diseñarán en base a los valores de voltaje y corriente máximos que puedan soportar los elementos constitutivos de toda la etapa de acondicionamiento y filtrados de cada canal. En el osciloscopio que se preñeta en este trabajo de grado se podrán medir señales de voltaje de -200 V pico negativo como mínimo, 200 V pico positivo como máximo, y frecuencias de hasta 100 kHz.

La comunicación entre el arduino y la PC será solamente vía puerto USB 2.0, por ser el puerto actualmente más usado como interfaz para interconectar cualquier tipo de dispositivo electrónico. La fuente es externa no se podrá aprovechar la alimentación que provee el puerto USB de la PC, debido a las limitantes en cuanto a potencia que este presenta, que está por debajo de lo que necesita el diseño del osciloscopio. A continuación se analiza todo lo referente al diseño del mismo.

#### 4.2.2 Diseño del Hardware para el osciloscopio digital

En el siguiente apartado, se diseñará la etapa de entrada y acondicionamiento con sus respectivas protecciones. Como se observa en la figura 15 el presente osciloscopio planteado en este trabajo de grado, cuenta con un circuito de protección y reducción de voltaje, el mismo que está constituido por un varistor de  $27V_{RMS}$  el cual se encargará de proteger al circuito de cualquier sobre voltaje que pueda ingresar al mismo a través de su entrada es decir el conector BNC. El valor del varistor es superior al voltaje de entrada máximo planteado  $22V_{RMS}$  ya que no será conveniente que éste desactive el circuito cuando la entrada se encuentre en valores de voltaje cercanos o levemente superiores al voltaje máximo, con esto logramos una tolerancia de  $5V_{RMS}$ .



**Figura 15.** Circuito de Protección y reducción del Voltaje

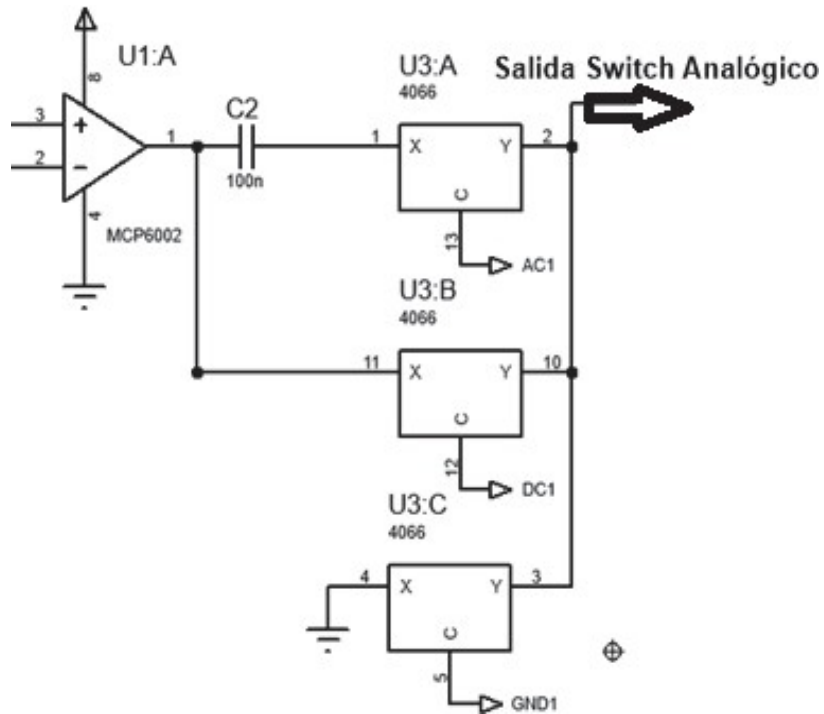
Fuente: Rodríguez (2020)

Del mismo modo se puede observar en la figura 15 la protección de sobre voltaje, una configuración en paralelo entre un capacitor de 22pF y una serie de

Como se puede observar en la Figura 16 se cuenta con un acondicionamiento en modo diferencial con el amplificador operacional MCP6292, el mismo que cuenta con un rango de frecuencia de 10MHz y de ganancia unitaria, el mismo proporcionará una alta impedancia a su entrada y permitirá un acoplamiento de impedancias con la siguiente etapa, es decir tendrá una impedancia de salida baja o idealmente nula, la cual será indispensable para la etapa siguiente. Se determinó que el MCP6292 era el más adecuado para el correcto funcionamiento del osciloscopio. Por otro lado al utilizar un amplificador operacional High-Speed con un ancho de banda de 300MHz la forma de onda se distorsionaba por completo, esto debido a que el mencionado operacional trabaja a partir de 0.3MHz, y el osciloscopio a implementarse debe cumplir con frecuencias menores a esta.

Para la siguiente etapa la cual es la selección del tipo de acoplamiento se decidió el uso de Switch-Analógicos 4066 que serán controlador por pines del microcontrolador en nuestro caso el Arduino, teniendo como característica principal su reducido tamaño en comparación con los relés de 5V convencionales, además tiene altas prestaciones como son un reducido consumo de corriente, puede conmutar y multiplexar señales tanto analógicas como digitales, tiene un rango de frecuencia que alcanza los 40MHZ. Se debe tomar en cuenta que el funcionamiento de un Switch 4066 es digital, a diferencia de un relé de 5V que es un sistema electromecánico por lo tanto su tiempo de conmutación es mayor al tiempo en que conmuta un Switch 4066.

Se puede observar en la figura 17 el circuito de tipos de acoplamiento, donde se seleccionará a través de un dato digital el acoplamiento deseado, ya sea AC, DC o GND, como es el caso del acoplamiento AC donde se ve la necesidad de utilizar un capacitor de 100nF para quitar el nivel de continua de nuestra señal de entrada.



**Figura 17.** Etapa de Acoplamiento de la señal  
Fuente: Rodríguez (2020)

Y por último para alimentar al hardware de osciloscopio, se requiere una fuente de 5V, razón por la cual se utilizará una fuente comercial de este valor. El principio de funcionamiento se basa en un conversor AC-DC, el cual tomará el voltaje alterno de entrada (voltaje de la red), y lo transformará a 12V en DC, para lograr el voltaje necesario se diseña a continuación una fuente controlada de 5V.

#### 4.2.3 Plataforma de desarrollo Arduino

Para realizar el proceso de comunicación, recopilación de datos y posible visualización, se utiliza una plataforma de desarrollo digital que permita realizar estas tareas. La plataforma de desarrollo elegida para este proyecto es Arduino, debido a su bajo costo y la existencia de una gran comunidad, desarrollando numerosos proyectos de distintos ámbitos, incluyendo el sanitario. Esta última característica es muy importante pues existen una gran variedad de proyectos realizados por diversos desarrolladores de los que se puede extraer bastante información específica sobre

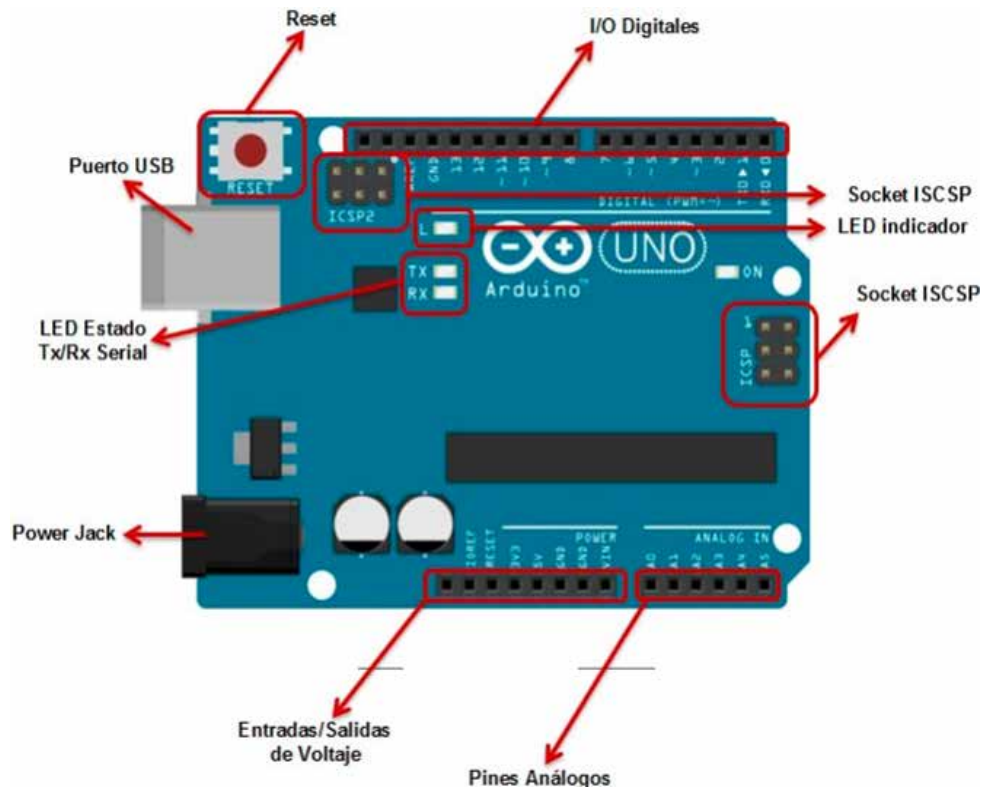
diversos aspectos. Esta plataforma de hardware de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, cuenta con un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing (Hodges et al., 2012). Se trata de un dispositivo que conecta el entorno analógico con el digital. Arduino se basa en un microcontrolador Atmel AVR de 8 bits, existiendo de diferentes tipos dependiendo del modelo de placa que se adquiera. En el presente proyecto, se emplea la versión Arduino UNO, con un microcontrolador ATmega328.

**Tabla 2.** Especificaciones técnicas de la placa Arduino UNO

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
<b>Microcontrolador</b>	ATmega328
<b>Voltaje Operativo</b>	5V
<b>Tensión de entrada (recomendada)</b>	7-12V
<b>Tensión de entrada (limites)</b>	6-20V
<b>Pines de E/S digitales</b>	14
<b>Pines de entrada analógica</b>	6
<b>SRAM</b>	2KB
<b>Memoria Flash</b>	32KB
<b>EEPROM</b>	1KB
<b>Frecuencia reloj</b>	16MHz

Fuente: Rodríguez (2020)

Como se puede observar en la tabla 5, la tensión de funcionamiento de este dispositivo es de 5V, alimentado por una fuente externa de entre 6 y 20 V o vía USB. El problema de la alimentación de este dispositivo es que si se alimenta por debajo de los 7V se puede tener una tensión inestable en los pines de salida de la placa. Otro de los principales motivos por el que se ha elegido la plataforma de desarrollo de Arduino para este proyecto es el precio. Mientras que otras plataformas de desarrollo ofrecen poca variedad de artículos con diferentes características, Arduino presenta una gran variedad de placas con distintas funcionalidades. Existen algunas con posibilidad de módulo de conexión WIFI ya incorporado, aunque siempre se puede conectar uno externo, otras con mayor velocidad de procesamiento de datos y otras con menos, y muchas otras funciones.



**Figura 18.** Placa Arduino UNO  
Fuente: Manual Arduino Uno.

#### 4.2.4 Software de Programación LABVIEW

Para realizar el almacenamiento de la señal, adquisición de datos, análisis de mediciones y presentación de datos, se seleccionó el software de programación LABVIEW, que por sus siglas especifica Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench. El cual este es un entorno de programación grafico, que posee funciones integradas para efectuar control de instrumentos. Este software de programación nos permite directamente obtener la señal biomédica por medio del arduino y de esta manera realizar un análisis y procesamiento de la misma. Por otro lado nos permite realizar la interfaz usuario donde es posible la visualización de datos y visualización de la señal biomédica en tiempo real.

Para el proyecto se escogió específicamente este software de programación ya que posee las siguientes características que se detallan a continuación:

- Análisis y procesamiento de datos.
- Interfaz de usuario.
- Visualización de datos.
- Almacenamiento de datos.
- Reporte de datos.

LABVIEW es un software de gran utilidad puesto que nos permite la realización de instrumentos virtuales, un instrumento virtual es aquel que no es real, se ejecuta en un computador y sus funciones quedan definidas por software. La instrumentación virtual se basa en la utilización del computador como instrumento de medición de una o varias variables físicas ya sean estas de presión, caudal, temperatura, que se representen mediante señales analógicas de voltaje o corriente, en nuestro caso la señal biomédica. El término virtual le permite al instrumento no estar limitado a realizar ciertas funciones y operaciones puntuales, ya que el programador será quien definirá la apariencia, funcionamiento, y los análisis que deberá realizar el instrumento creado. Este es un punto importante ya que no tenemos limitaciones a la hora de diseñar nuestro programa.

Por otra parte este instrumento virtual se complementara con el hardware adecuado para la adquisición de datos (DAQ), la cual en el apartado anterior fue seleccionada la placa Arduino, lo cual da una gran flexibilidad para crear una variedad de aplicaciones que puedan ser manipuladas por software. El instrumento virtual queda definido como el hardware y software, que sumado a un computador, permite a una persona interactuar con esta como si estuviera utilizando un equipo o instrumento electrónico hecho a su gusto.

#### **4.2.5 Establecer la arquitectura del Hardware del osciloscopio.**

Para establecer el diseño del hardware del osciloscopio digital se escogió el software Proteus el cual este es una compilación de programas de diseño y simulación electrónica, desarrollado por Labcenter Electronics. El Proteus 7.1 es una herramienta poderosa para simular programas escritos en alto nivel. Que integra dos programas

para la realización y simulación de circuitos esquemáticos y tarjetas de circuito integrado. El primero de ellos es el ISIS Software, encargado de realizar circuitos esquemáticos con una gran cantidad de periféricos, con una librería que contiene numerosos tipos de microcontroladores que están en el mercado pasando por una gran cantidad de elementos pasivos, hasta llegar a muchos elementos periféricos como pantallas, osciloscopios, amperímetros, entre otros; que permiten a su vez una simulación fiel del proyecto que se va a realizar. El segundo es el ARES Software que se combina por una interfaz con el ISIS software para el diseño de las tarjetas de circuito impreso (por sus siglas en inglés PCB) con una gran cantidad de características que ayudan a mejorar el diseño de las tarjetas hasta llevarlo al nivel profesional que el usuario necesite.

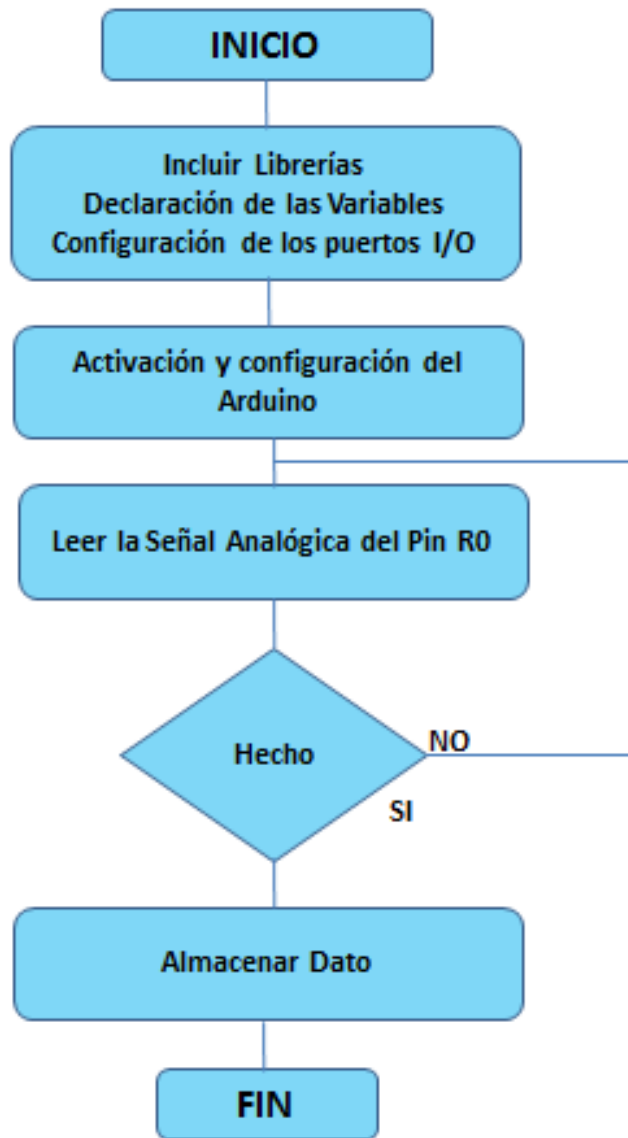
### **4.3 Fase III: Diseñar la interfaz gráfica del osciloscopio digital**

Estableciendo la arquitectura del Hardware y selección de los componentes en la fase II se procederá al diseño de la interfaz gráfica para observar la señal del osciloscopio digital. Para lograr esto se dividirá el trabajo en tres secciones:

- Diseño de la conversión analógica-digital en el software arduino.
- Diseño de la comunicación entre Arduino y LABVIEW.
- Diseño de la interfaz en el software LABVIEW.

#### **4.3.1 Diseño de la conversión analógica-digital en el software arduino**

Para establecer una comunicación entre la señal de entrada, y la interfaz electrónica Arduino Uno, se hace necesario el uso de un firmware, es decir, un código que debe ser cargado a la placa arduino para que ésta interprete adecuadamente las señales que el dispositivo envíe, además de que el software pueda reconocer el puerto de la computadora adecuadamente y se establezca una comunicación exitosa entre ellos. Antes de proceder con el desarrollo del código fuente se elaboró un diagrama de flujo en donde se detalla los procesos que conlleva cada etapa de programación, ver figura 19. Para este sistema se ha hecho uso de varias funciones que ejecutan una tarea específica del sistema.



**Figura 19.** Diagrama de flujo del programa Arduino.  
Fuente: Rodríguez (2020)

**Figura 20.** Declaración de librerías y variables en el programa Arduino.  
Fuente: Rodríguez (2020)

Considerando que en la placa arduino la comunicación se establece por el puerto serial, lo inicializamos en 9600 (ver figura 21), esto establece la velocidad de trasmisión de la comunicación, colocamos el pin 13 como salida.

```

SensorPulso_LCD16x2_0k$ Interrupt
void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
  lcd.init(); // Se inicializa el LCD 16
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  Serial.begin(9600); // Puerto serial configurad
  interruptSetup(); // Configura la interrupcion
}

```

**Figura 21.** Inicialización de las variables de entrada en el programa Arduino.  
Fuente: Rodríguez (2020)

Por ultimo entramos en el ciclo loop (bucle principal del programa), en el cual leemos la señal analógica por el pin A0 mediante la variable señal, luego convertimos la salida a un variable binaria e imprimimos la señal para observarla en el puerto serial.

```

void loop() {
  int pulso = analogRead(A0); //Lee el valor del pulson
  binary = byte (pulso);
  PORTD = binary;
  delay(5);
  Serial.println(pulso); // envia el val
  |
  if (pulso >= 530) { // Enciende led 13 cuando
    digitalWrite(13, HIGH);
  }
  else{
    digitalWrite(13, LOW);
  }
}

```

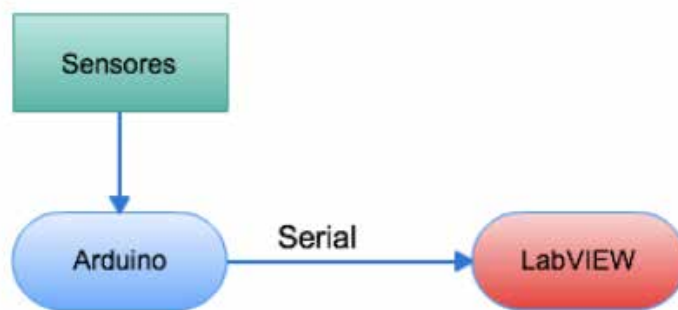
**Figura 22.** Ciclo loop en el programa Arduino.  
Fuente: Rodríguez (2020)

Para la ejecución del programa será necesario conectar el arduino a la computadora, establecer el puerto de conexión en nuestro caso COM11,y posteriormente cargar el programa explicado anteriormente.

#### 4.4.2 Diseño de la comunicación entre Arduino y LABVIEW.

Una vez establecido el código en Arduino para detectar la señal analógica, vamos a realizar una primera comunicación direccional, en este caso solo enviaremos datos desde el Arduino hacia el LABVIEW.

En la figura 23, se muestra un diagrama de bloques entre el Arduino y el software LABVIEW.

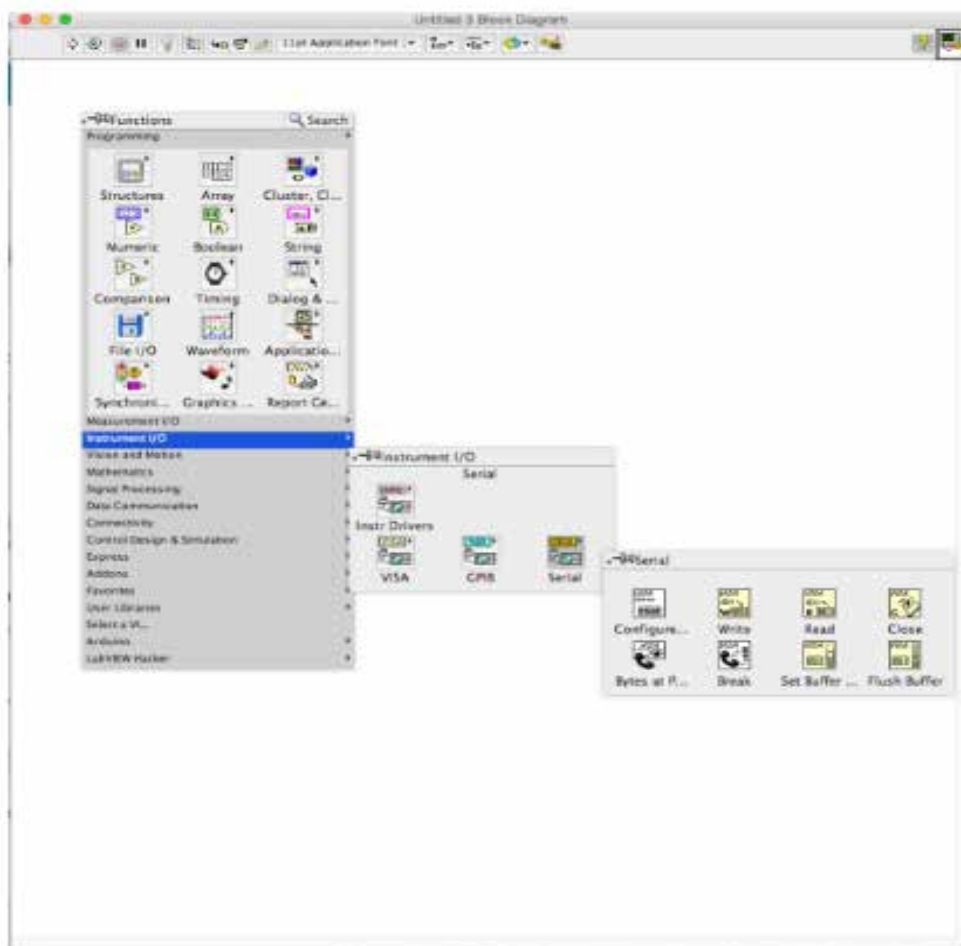


**Figura 23.** Comunicación unidireccional.

Fuente: Rodríguez (2020)

Para establecer el acceso al puerto serial desde LABVIEW se debe iniciar una sesión VISA añadiendo un bloque “VISA configure serial port”, para realizar esto seguimos los siguientes pasos:

- 1) Abrir la pantalla LABVIEW y escoger como plantilla un documento en blanco Pulsamos con el botón derecho sobre ella, desplegando el menú de funciones y nos desplazamos hasta la categoría Instrument I/O -> Serial.



**Figura 24.** Comunicación Arduino- LabView (paso #1).  
Fuente: Rodríguez (2020)

- 2) Luego insertamos los bloques Configure Serial Port, Read, Close y Bytes at Port. (Observar figura 32).



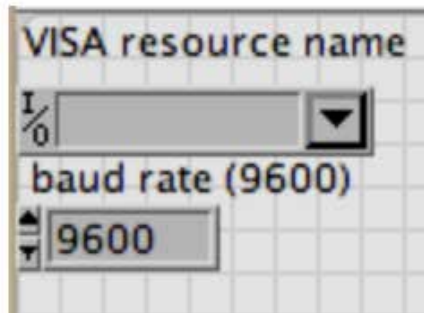
**Figura 25.** Comunicación Arduino- LabView (paso #2).  
Fuente: Rodríguez (2020)

- 3) Lo siguiente es crear el bucle While (Functions -> Programming -> Structures -> While Loop) donde ejecutaremos el programa e introducimos en él los bloques de Read y Bytes at Port.



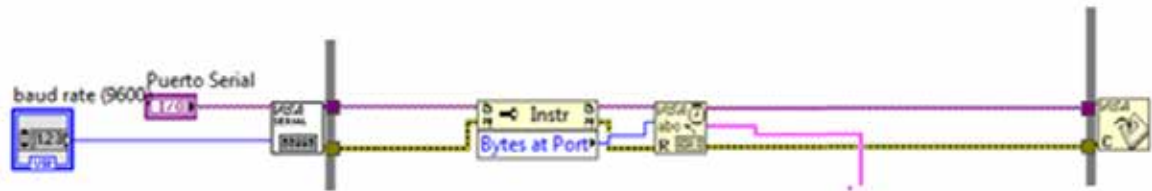
**Figura 26.** Comunicación Arduino- LabView (paso #3).  
Fuente: Rodríguez (2020)

- 4) Se utilizaron dos controles para poder seleccionar el tipo de placa que utilizaremos y la velocidad de transmisión. Para ello, en el bloque Configure Serial Port hacemos clic derecho sobre la opción que deseamos y seleccionamos Create -> Control. De esta manera creamos los controles el primero VISA resource name, el cual sirve para escoger el puerto COM por el cual está conectado el dispositivo Arduino, el segundo baud rate la velocidad de conexión del puerto serial por defecto se coloca en 9600 ya que inicialmente en el código de Arduino se estableció de esta manera y para que la comunicación sea efectiva estos valores deben coincidir.



**Figura 27.** Comunicación Arduino- LabView (paso #4).  
Fuente: Rodríguez (2020)

5) Finalmente conectamos todo, en la figura 28 se observa como quedo la comunicación entre el Arduino y LabView.



**Figura 28.** Comunicación Arduino- LabView (paso #5).  
Fuente: Rodríguez (2020)

#### 4.4.3 Diseño de la interfaz en el software LABVIEW.

Después de haber establecido la conexión entre el Arduino y el software LABVIEW explicado anteriormente, empezaremos a diseñar la interfaz el cual nos permitirá observar la señal del osciloscopio digital

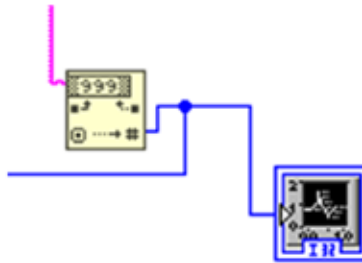
Primeramente configuramos el bloque Read, el cual este nos permite leer el puerto serial, entonces para mostrar los datos que hemos recibido colocamos un indicador a la salida del boque Read (Ver figura 29). Por medio de este read buffer podemos ir observando todos los valores en tiempo real que se van enviando a través de la comunicación serial.



**Figura 29.** Lectura del boque Read.  
Fuente: Rodríguez (2020)

Luego como es necesario poder graficar los valores que se envían por el puerto serial necesitaremos realizar una conversión de string a numérico, esto es necesario ya que los datos son enviados de manera string por el puerto serial y si no se realiza esta conversión no es posible observar la gráfica, después por el panel de control agregamos un Waveform Graph un que este permitirá observar la señal

analógica en tiempo real. El código utilizado para esta sección se observa en la figura 30.



**Figura 30.** Salida de la señal analógica  
Fuente: Rodríguez (2020)

#### 4.4 Fase IV: Realizar un estudio de factibilidad, económico, social y ambiental para el diseño del osciloscopio digital

##### 4.4.1 Factibilidad económica

##### 4.4.1.1 Costos

La Tabla 3 muestra la lista de materiales necesarios para el proyecto con sus respectivos costos. La mayoría de los precios presentados fueron obtenidos mediante pedidos de presupuestos en páginas web especializadas en la venta de equipos electrónicos y eléctricos industriales, algunas de ellas son nacionales y otras extranjeras. Se utilizaron presupuestos de Mercado Libre, Amazon, EBay y otros. Los costos de los listados se muestran a continuación e incluyen todos los elementos, activos y pasivos que conforman el módulo, y demás elementos externos del dispositivo. Los costos se dividieron en 4 partes: Chasis y fuente, tarjeta de control y comunicación y tarjetas de los canales.

**Tabla 3.** Lista de materiales Chasis y Fuente

Ítem	Cant.	Etapa	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	1	Fuente	Fuente para PC de 250W, 6A	40\$	40\$

2	1	Interruptor para carcaza	Switch balancin PND	10 \$	10\$
3	1	Carcaza	Carcaza	10\$	10\$
4	3	Conectores BNC	Jack BNC para chasis	3\$	9\$
5	5m	Cableado y conectores	Cableado y conectores	0.50\$	2,5\$
				<b>TOTAL:</b>	<b>71.5\$</b>

Fuente: Rodríguez (2020)

**Tabla 4.** Lista de materiales Tarjeta de Comunicación

Ítem	Cant.	Etapas	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	1	Tarjeta de Comunicación	Arduino UNO	10\$	10\$
				<b>TOTAL:</b>	<b>10\$</b>

Fuente: Rodríguez (2020)

**Tabla 5.** Lista de materiales Para el diseño de las etapas

Ítem	Cant.	Etapas	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	3	Entrada	Fusible 2A, 250V	0,20 \$	0,60\$
2	3	Entrada	Varistor 180V, 10A	0,50\$	1,5\$
3	3	Entrada	Potenciómetro multivuelta de precisión de 100 kohm	0,50\$	1,5\$
4	6	Entrada	Resistencia 10kohm, 5W	0,20\$	1,2\$
6	5	Acoplamiento	Rele de 5Vdc, 0.5A, 120Vac	1,6\$	8\$

7	8	Acoplamiento	Resistencia de 100 ohm, 1/4W	0,20\$	1,6\$
8	8	Acoplamiento	Capacitor cerámico 0.01uF, 16V	0,40\$	3,2\$
9	2	Acoplamiento	Zócalo 8 pines	1\$	2\$
10	8	Acoplamiento	Capacitor de 1.5pF, 100V	0,40\$	3,2\$
				<b>TOTAL:</b>	<b>22.8\$</b>

Fuente: Rodríguez (2020)

#### 4.4.1.2 Presupuesto del personal

El proyecto se llevara a cabo por 1 Ingeniero en Telecomunicaciones; un asistente técnico. Trabajando 10 días hábiles, 8 horas diarias. La Tabla 6 muestra el costo de personal.

**Tabla 6. Costo de mano de obra**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (\$)
1	Ing. Telecomunicaciones	Horas	80	5	400
2	Asistente técnico	Horas	24	2	48
				<b>TOTAL</b>	<b>448 \$</b>

Fuente: Rodríguez (2020)

En la tabla 6 se muestra el costo total del proyecto.

**Tabla 7. Costo Total del Proyecto**

Costo total de materiales	I.V.A. (16%)	Costo total de mano de obra	Costo total del Proyecto
<b>104,3 \$</b>	<b>16.68 \$</b>	<b>448\$</b>	<b>469 \$</b>

Fuente: Rodríguez (2020)

#### 4.4.2 Factibilidad Social

Como se mencionó en el comienzo del presente trabajo de investigación, el acceso por parte de las personas a un osciloscopio digital que sea óptimo y eficiente es considerado como un buen aporte a los estudiantes y profesionales a fines de la carrera. Es por esto que este trabajo de grado se enfoca directamente en satisfacer las necesidades de estas personas, y su implementación repercutiría en mejoras significativas en la calidad de en materia de estudio y profesionalismo.

En consecuencia, el presente trabajo de grado puede ser considerado como un proyecto social. Existen distintos factores que permiten medir la viabilidad de un proyecto de este tipo como el número de beneficiarios directos, soluciones y sostenibilidad.

- **Número de beneficiarios directos:** con la implementación del presente trabajo de investigación se verían beneficiadas un aproximado de 500 personas, las cuales presentarían mejoras en la calidad de estudio de los estudiantes, este número de beneficiarios se tomó en cuenta un aproximado de estudiantes inscritos en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones.
- **Soluciones:** el proyecto cumple con todos los objetivos planteados, por lo tanto, es una solución eficiente que servirá de gran ayuda a las personas a finar de esta carrera.
- **Sostenibilidad:** los equipos y materiales que fueron usados para realizar el diseño del osciloscopio digital requieren de un mantenimiento mínimo, y si son utilizados de la forma adecuada y en condiciones de trabajo óptimas, los mismos cuentan con una vida útil bastante alta.

#### 4.4.3 Factibilidad Ambiental

El presente trabajo no genera ningún tipo de desechos que pueda ser considerado como nocivo para el medio ambiente, por lo que el grado de contaminación que el mismo genera puede ser considerado despreciable, por lo que el

actual trabajo de investigación cumple con todos los requisitos o parámetros necesarios que garanticen su factibilidad ambiental.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo de grado se ha realizado el diseño de un osciloscopio digital el cual es un canal de instrumentación completo desde el sensado hasta la visualización de los datos. Puesto que esto realiza la lectura de la señal mediante el diseño del hardware, pasando por la placa Arduino, y estableciendo la comunicación entre la computadora y el interfaz desarrollado.

Sin embargo para el diseño del osciloscopio digital hay tres puntos básicos los cuales son, el sensado, procesamiento y el despliegue gráfico de las señales. La interfaz aquí propuesta cae en la parte de despliegue gráfico y nos servirá para simular señales eléctricas o analógicas, y así mismo observar las frecuencias de trabajo, así como, el voltaje o corriente de la señal analógica, esto se lleva a cabo en la plataforma de programación LABVIEW. En un futuro esta interfaz puede ser adaptada a un instrumento real o portada por cualquier osciloscopio digital.

A continuación, se presentan las conclusiones más resaltantes del estudio realizado, así como las recomendaciones para futuras investigaciones, con el propósito de avanzar en el diseño o una futura implementación del osciloscopio digital. De la investigación y el trabajo desarrollado se desprenden una serie de conclusiones como son:

- El desarrollo de este trabajo de grado se aplicaron los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, siendo esta carrera unos de los pilares más importantes en el campo para el desarrollo de tecnologías.
- El trabajo de grado realizado, cumple con el objetivo principal planteado, el cual es proponer el diseño de un osciloscopio digital con interfaz gráfica y a bajo costo.
- El diseño de un osciloscopio digital con una interfaz gráfica realizada en un sistema operativo Android, se cumplió de manera adecuada por cuanto

superó las pruebas realizadas y cumplió con los parámetros técnicos requeridos, dando de esta manera una solución a las necesidades detectadas y requeridas por los usuarios de este tipo de instrumentos.

- Para el desarrollo del presente proyecto de titulación se vio la necesidad de estudiar a detalle tanto el funcionamiento como los elementos constitutivos de un osciloscopio digital comercial, logrando de esta manera contar con un amplio rango de conocimientos necesarios para el desarrollo y cumplimiento del presente proyecto.
- La visualización y el guardado de datos se han realizado mediante un lenguaje de alto nivel, de tipo gráfico, y enfocado al uso en instrumentación. Realizarlo de esta forma nos permite la posibilidad de que el programa sea utilizado por un usuario sin conocimientos previos, y que este programa sea fácil de llevar a otros PC puesto que no requiere de instalación al bastar con un ejecutable.
- El diseño de los circuitos de protección, acondicionamiento, adquisición y transmisión de las señales de voltaje ingresadas, deberían ser verificadas mediante pruebas rigurosas, necesarias para el correcto funcionamiento del osciloscopio a ser desarrollado, de esta manera se puede desarrollar prototipos y sistemas de medición a nivel local.
- Y por último es necesario garantizar el correcto funcionamiento del osciloscopio y su fiabilidad en la obtención, muestreo y visualización de señales de voltaje adquirida así como sus parámetros, razón por la cual es necesario ciertas pruebas que avalen la verificación y validación del prototipo desarrollado

## RECOMENDACIONES

El osciloscopio digital diseñado es un dispositivo de pruebas para observar las señales eléctricas mediante una interfaz gráfica. Para lograr que este diseño tenga posibilidades de ser comercial, se tienen las siguientes recomendaciones:

- Dadas las limitaciones del Arduino Uno debido a su arquitectura, sería de gran utilidad reemplazarlo por otro tipo mucho más potente de mayores recursos, como lo es un Arduino Mega, el cual contiene más memoria RAM, más módulos periféricos y más puertos.
- Integrar una memoria del tipo SD a la tarjeta Arduino, de forma de darle portabilidad a la información almacenada.
- Para la alimentación del osciloscopio, siempre será recomendable que no se conecte directamente a la red (120Vac), sino que se conecte a través de un transformador de aislamiento (relación de transformación unitaria), para evitar cualquier daño por inconsistencia de tierras.
- Agregarle al equipo un sistema de alimentación de respaldo, para que cuente con autonomía en los casos en que se corte la alimentación principal.
- Diseñar una aplicación Android de manera que se observe la señal analógica que es medida en el osciloscopio, y el dispositivo pueda ser portátil.
- Se recomienda realizar pruebas para la verificación del diseño de los circuitos electrónicos necesarios para el correcto funcionamiento del prototipo realizado, ya que la mayoría de los circuitos antes mencionados requieren una cierta calibración que no es tomada en cuenta el diseño realizado, o requieren alguna variación de sus componentes.
- Se recomienda la implementación de una placa profesional con tecnología SMD para el ensamblaje de los circuitos antes desarrollados, logrando así un diseño mucho más profesional y atractivo para el futuro comprador y usuario.

## REFERENCIAS

### Bibliográficas

- Aguilera, P (2002). **Estructura básica del PLC**. Recuperado en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Arias, F. (2010). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica**. 3ra Edición. Caracas: Editorial Episteme.
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas: Editorial Episteme.
- Hurtado, J. (2010). **El proyecto de investigación**. Caracas: Editorial Quirón.
- Martines. M. (2016). **Configuración de un osciloscopio digital**. México. Editorial BMJ.
- Mora, M (2010). **Estructura básica de los osciloscopios analógicos y digitales**. Recuperado en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Palella y Martins (2010). **Metodología de la investigación cualitativa**. Caracas: Editorial Fedupel. Segunda Edición.
- Sandoval, B (2017). **Diseño de un osciloscopio digital con interfaz gráfica realizada en sistema operativo Android**. Quito, Perú. Editorial Politécnica Nacional.
- Tamayo, M. (2003). **El proceso de la investigación científica**. 3ra edición. México: Editorial Limusa.
- Tapia Ayala., C (2017). **Evaluación de la plataforma Arduino e implementación de un sistema de control para el estudio de señales analógicas**. Recuperado en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1335/1/108T0005.pdf>
- Torres y Dibujes (2018). **Diseño e implementación de un osciloscopio con un dsPIC**. Recuperado en:

**<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/9294/ContrerasHurtadoBarrantesM2013.pdf;jsessionid=8B8F6719F0983D83E2EA5922851F8A89?sequence=2>**