 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SONDA DE MEDIDA PARA MEDIA TENSIÓN EN DC

Reiner Alexander Osorio

Brayan Andrés Gutiérrez Córdoba

Programa Académico

Ingeniería electromecánica

Director del trabajo de grado

Santiago Gómez Arango

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

10-07-2018

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño y construcción de una sonda de media tensión hasta 15 kV en corriente directa, utilizando como configuración un arreglo resistivo puro.

Las sondas de los equipos de medida convencionales se encuentran a un máximo de tensión de 600V, las cuales no permiten hacer medidas en media tensión. Partiendo de esta necesidad, el prototipo diseñado puede adaptarse a equipos de medición convencionales como multímetros y osciloscopios sin alterar la precisión en la medida. Este dispositivo construido de manera artesanal permite una solución de bajo costo con materiales disponibles en el mercado y con un tamaño que permite su transporte.

El arreglo final tiene una relación de 1:100, con medidas de 700 mm de largo y diámetro de 38.1 mm, con aislamiento de poliuretano rígido con espesor 30 mm y conexiones en borna hembra.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Durante estos meses en los cuales hemos tenido toda clase de obstáculos para lograr el tan anhelado trabajo que nos dará como resultado nuestro título, no queda más que agradecer a todas las personas que nos apoyaron en la realización de este proyecto, brindando aportes directa o indirectamente, queremos empezar agradeciendo a todos por igual porque todo aporte por pequeño que parezca es de gran ayuda.

Damos las gracias a nuestras familias por la paciencia al vernos tan sumergidos en nuestros pensamientos a veces sin tener tiempo para dedicarles todo por el empeño de lograr lo proyectado, también extender el agradecimiento al semillero de redes de distribución y alta tensión dirigido por el docente Santiago Gómez; que entre risas y dolores de cabeza nos hacían caer en cuenta de los errores en el trabajo, a los colegas ya graduados que nos dieron información relevante para conseguir los elementos necesarios para la construcción del prototipo. A nuestros amigos que cuando nos veían decaídos y con ganas de tirar la toalla nos daban una palabra de apoyo para continuar luchando para lograrlo.

Finalmente agradecer a nuestros padres que siempre han sido un aliciente y que cuando nos miran nos hacen saber que somos capaz de grandes cosas, de todo corazón a cada uno de ustedes reconocemos que no estuvimos solos y no queda más que dar gracias de todo corazón.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

DC corriente directa (siglas en ingles)

kV símbolo kilovoltio en el sistema internacional de unidades

AC corriente alterna (siglas en ingles)

k Ω símbolo de kilohmio en sistema internacional de unidades

M Ω símbolo de megohmio en el sistema internacional de unidades

PVC policloruro de vinilo

RETIE reglamento técnico de instalaciones eléctricas

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....
2.	MARCO TEÓRICO.....
3.	METODOLOGÍA
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO
	REFERENCIAS

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Generalidades.

Las medidas de tensión se dividen en: directas e indirectas, para el primer caso el valor de la magnitud se obtiene directamente en el instrumento de medida. Mientras que, para las medidas indirectas la magnitud leída por el instrumento requiere un cálculo mediante una relación ya establecida, para determinar el valor real de lo que se quiere medir, En cualquiera de los casos una medición eléctrica involucra la implementación de un medio físico (la sonda) para determinar la magnitud de la variable a medir. (Kushnir, 1978)

Justificación y problema abordado.

Los dispositivos de medición de tensión convencionales están diseñados para medir hasta 600 V (baja tensión), en ese orden de ideas cuando se pretende medir más de 1000 V, media tensión (RETIE, 2013), es necesario utilizar un atenuador entre la fuente de tensión y el voltímetro (Velázquez, 2015).

Los valores utilizados en la relación del divisor de tensión son 1:10, 1:100 y 1:1000. Un valor de tensión máxima en las sondas atenuadoras de 1:10 es de 500 V, mientras que las sondas atenuadoras 1:100 y 1:1000, se emplea siempre en medidas de alta tensión por lo que se fabrican en materiales dieléctricos capaces de soportar dichas tensiones (Usunariz, 2011). Donde para el diseño propuesto, se utiliza la relación 1:100 esto quiere decir que por cada 100 voltios a la entrada de la sonda habrá un 1 voltio a la salida de la misma.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Objetivo general.

- Diseñar y construir una sonda para la medida de 15 kV en DC.

Objetivos específicos.

- Diseñar y calcular un circuito divisor de tensión con relación 1:100.
- Validar los valores de los circuitos seleccionados por medio de una simulación apoyada en el software Simulink Matlab.
- Construir una sonda de medida hasta 15 kV en corriente directa, que se pueda conectar a voltímetros y osciloscopios convencionales.
- Realizar comparación de resultados teóricos con los medidos en el laboratorio.

Para el desarrollo del trabajo fue necesaria una serie de procedimientos los cuales se detallan a continuación:

En el numeral 1, se presenta la introducción donde se hace énfasis en el problema abordado y los objetivos a desarrollar.

En el numeral 2, se muestra el marco teórico donde se compone de estado del arte que muestra los trabajos, relaciones y las definiciones de los conceptos relevantes.

En el numeral 3, se explica la metodología empleada para dar solución al problema planteado.

El numeral 4, está dedicado al análisis y discusión de resultados apoyado en la recolección de resultados obtenidos en pruebas de laboratorio.

En el numeral 5, finalmente se presenta las conclusiones, referencias y se deja en evidencia oportunidades de mejora para futuros trabajos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

Estado del arte.

Las sondas facilitan el contacto del instrumento con el punto de medida, garantizando la interacción directa con la señal que se pretende medir. Hay dos tipos de sondas para medidas de tensión: activas, que requieren una fuente de alimentación y pasiva que no necesita de una alimentación externa. Estos instrumentos son importantes en los sistemas eléctricos de media tensión. Estos dispositivos también son relativamente sencillos en su estructura física conformado por tres componentes fundamentales: punta, cuerpo y manija de agarre. El método que se implementa para medir la señal es llamado atenuación, el cual consiste en hacer fluir la señal por varios elementos pasivos (resistencias y condensadores) para minimizar la tensión (Usunariz, 2011; Vega, 2015)

Las sondas más efectivas para la medición de potencial en media tensión y señales de baja frecuencia son las pasivas, para señales DC pueden ser modeladas por un par de conductores con algunas resistencias en serie y una resistencia terminal. Una sonda ideal debería operar sin perturbaciones sobre la fuente de la señal medida, sin embargo, en la práctica la sonda de prueba puede comportarse como una carga adicional al circuito en el punto donde se realiza la medición lo que implica cambios en la medida que se realiza (Contreras, 2017).

Para mitigar el impacto de un efecto de carga adicional sobre el circuito es necesario tener una resistencia de entrada de una gran magnitud. Si la resistencia de entrada es menor a la del sector del circuito que se pretende medir, la conexión no se manifiesta en el régimen del circuito que se mide, de esta manera la potencia que se consume por la entrada del voltímetro es gastada por pérdidas térmicas en la sonda lo que produce el calentamiento de las resistencias (Kushnir, 1978)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con base en los trabajos anteriores, para garantizar los valores de los elementos pasivos a utilizar (resistencias y condensadores) se verifican los valores con simulaciones previas, realizadas en el software Simulink -Matlab. Es así, cómo se diseña una sonda utilizando como aislamiento tubos de PVC con relleno de poliuretano para aislar los componentes internos de arcos eléctricos. Esta alternativa representa una construcción artesanal para una sonda de tensión que permite medir hasta 15 kV proporcionando seguridad a los usuarios. (Zapata, Gutiérrez, Gómez, & Valencia, 2017).

Definiciones.

En este apartado se dan algunas definiciones.

Ley de Ohm:

“la ley de ohm establece que la tensión v a lo largo de un resistor es directamente proporcional a la corriente i que fluye a través del resistor”. (C. K. Alexander & Sadiku, 2013).

Dado por la siguiente Ecuación.

$$v = IR \quad (1)$$

De la Ecuación (1) se deduce la Ecuación (2).

$$I = \frac{V}{R} \quad (2)$$

Dónde:

V= Tensión

R= Resistencia

I=Corriente

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Segunda ley de Kirchhoff.

La ley de las caídas de tensiones establece que, para todo circuito cerrado, la tensión de la fuente es igual a la caída de tensiones de las resistencias que constituyen el circuito. (Pérez, 2016).

Según (Salazar, 2010) se puede deducir que la resistencia de varios resistores conectadas en serie, se comporta como un único resistor cuyo valor de resistencia es igual a la suma individual de los resistores conectados al circuito, como en la Ecuación (3).

$$R_{eq} = \sum_{n=1}^N R_n \quad (3)$$

R_{eq} = a la resistencia equivalente del circuito.

De acuerdo con (C. K. Alexander & Sadiku, 2013; Salazar, 2010) también establece que para determinar la caída de tensión en cada una de las resistencias en un arreglo divisor de tensión se utiliza la siguiente Ecuación (4):

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V, \quad V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V \quad (4)$$

Dónde:

V=voltaje de la fuente

R1= resistencia de alta tensión

R2=resistencia de baja tensión

V1= caída de tensión en resistencia de alta

V2=caída de tensión resistencia de baja

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ley de Watt:

“la potencia eléctrica suministrada por un receptor es directamente proporcional a la tensión de la alimentación (v) del circuito la intensidad (i) que circule por él”. (Sena, 2009) Ecuación (5).

$$P = VI \quad (5)$$

Sustituyendo la Ecuación (2) en la Ecuación (5) se deduce la Ecuación (6).

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (6)$$

Relación de tensión.

Es un factor que describe la proporción que hay entre la tensión de entrada con respecto a la de salida.

Tensión.

Es la fuerza eléctrica necesaria para desplazar una carga eléctrica de un punto a otro.

Elemento pasivo.

Son los componentes de los circuitos que son receptores y no emisores de la energía eléctrica.

Arco eléctrico.

Es una descarga producida entre dos o más componentes conductores inmersos en un ambiente gaseoso.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Media tensión

En Colombia se denomina de esta manera a las tensiones superiores o iguales a 1 kV e inferiores a los 57.5 kV (RETIE, 2013).

Baja tensión

En Colombia se denomina de esta manera a las tensiones desde 25V a 1 kV (RETIE, 2013).

Arreglo en serie.

Es la conexión de dos o más elementos eléctricos consecutivos uno tras otro.

Divisor de tensión.

Es un circuito eléctrico conformado por varias impedancias con un arreglo en serie, capaz de atenuar la tensión de la fuente.

Corriente directa.

La naturaleza particular de esta corriente es que, los flujos de sus electrones conservan siempre la misma magnitud y sentido.

Rigidez dieléctrica.

Es la máxima tensión por unidad de longitud que puede soportar un material dieléctrico sin perder sus propiedades.

Dieléctrico.

Se le denomina así a un material con capacidad nula de conducir corriente eléctrica a través de él, comúnmente son utilizados como aislantes eléctricos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

Diseño y cálculo.

En esta sección se presentan las pautas de diseño seleccionadas para la construcción de la sonda, de igual manera se ilustran los análisis matemáticos hechos para conseguir un arreglo resistivo divisor de tensión 1:100. En la Figura 1 se muestra el diagrama de bloques de la sonda.

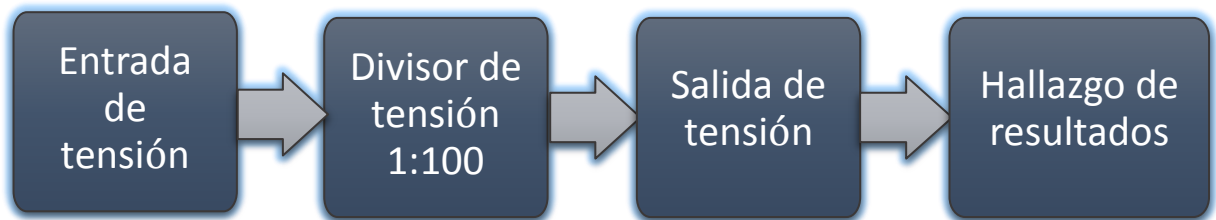


Figura 1. Diagrama de bloques sonda de medición, elaboración propia.

Divisor de tensión.

El cálculo del arreglo resistivo para una relación de tensión de 1:100 se despeja de la siguiente igualdad. Como se muestra en la Ecuación (7).

$$K = \frac{V_1}{V_2} \quad (7)$$

Dónde:

K= relación de tensión

Ahora reemplazando la Ecuación (4) en la Ecuación (7) y se sustituye el valor de K por la relación deseada como se muestra en la Ecuación (8).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$\frac{1}{100} = \frac{\frac{R_1}{R_1+R_2}V}{\frac{R_2}{R_1+R_2}V} \quad (8)$$

Aplicando la ley algebraica de extremos e internos se obtiene la Ecuación (9).

$$0.01 = \frac{R_1}{R_2} \quad (9)$$

Consideraciones de diseño.

Aislamiento.

Esta sonda trabaja para media tensión, por tanto, esta debe garantizar la seguridad del usuario con un recubrimiento que protege los componentes internos de arcos eléctricos. Una solución práctica y eficaz es la que proponen (Zapata, Gutiérrez, Gómez, & Valencia, 2017.), utilizando aislamiento en PVC como cuerpo de la sonda y en su interior adecuar tubos concéntricos con relleno de poliuretano rígido para aislar los componentes.

Valores de resistencia.

Teniendo en cuenta la Ecuación (9) y según los valores de resistencias disponibles en el mercado que se presentan en (J. Alexander, 2013), se utilizan resistencias comerciales con un valor resistivo alto, con el fin de formar dos circuitos de resistencia de alta igual a 56 kΩ y de 10 MΩ respectivamente las resistencias son de 3W (ver Tabla1).

Tabla 1

Arreglos propuestos para el divisor de tensión.

Modelo	Valor de resistencia de Alta (R1)	cantidad	Valor de resistencia de Baja (R1x 1%)	Cantidad
1	56 kΩ	1 x 56 kΩ	566 Ω	6 x 100 Ω
2	10 MΩ	10 x 1 MΩ	100 kΩ	5 x 20 kΩ

Lo anterior muestra la cantidad y magnitud respectiva de las resistencias utilizadas en cada uno de los arreglos propuestos, las resistencias tienen una longitud de 15 mm cada una con el fin de que su cuerpo fuera lo más largo posible para reducir el efecto de disrupción eléctrica.

Validación de resultados y simulaciones.

Se validan los datos obtenidos en los cálculos por medio de la simulación en Simulink Matlab en ambos diseños como se muestra en las Figuras 2, 3, 4, y 5.

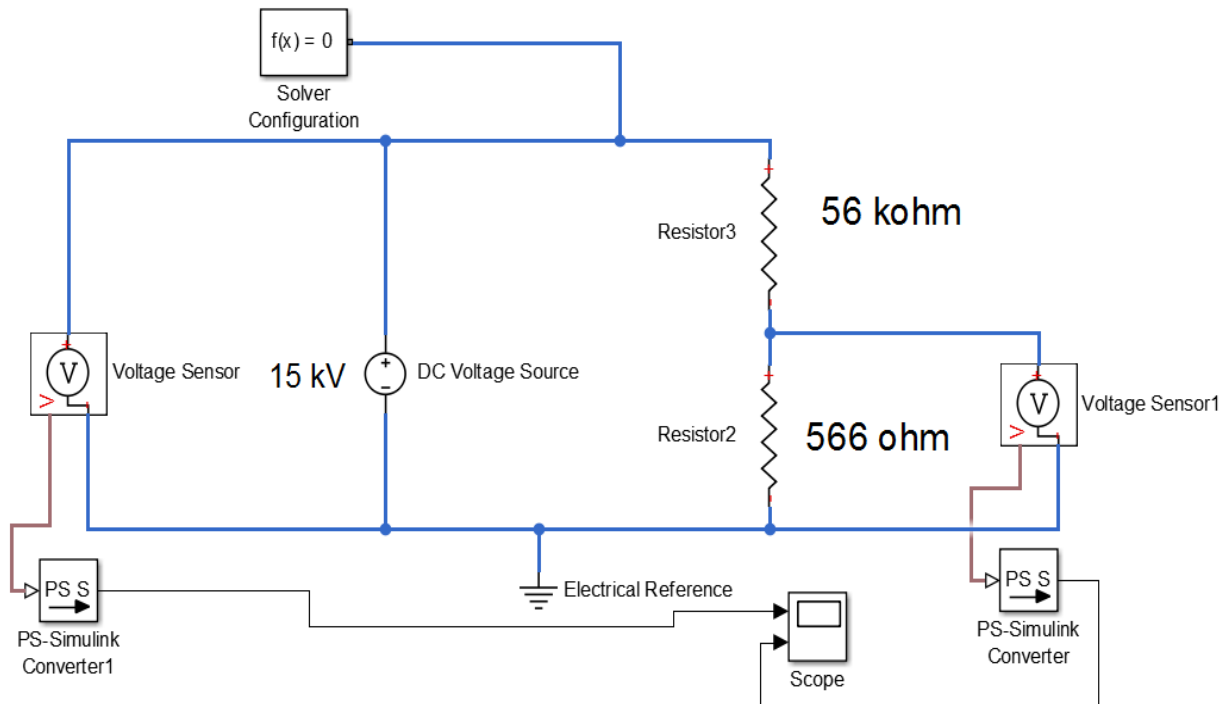


Figura 2. Arreglo resistivo simulación diseño inicial, elaboración propia.

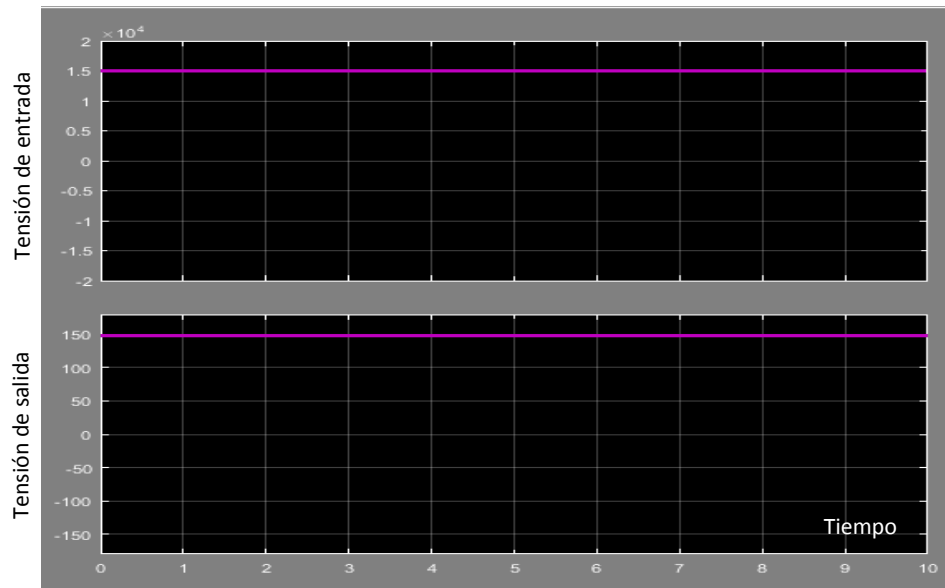


Figura 3. Tensión de entrada vs tensión de salida diseño inicial, elaboración propia.

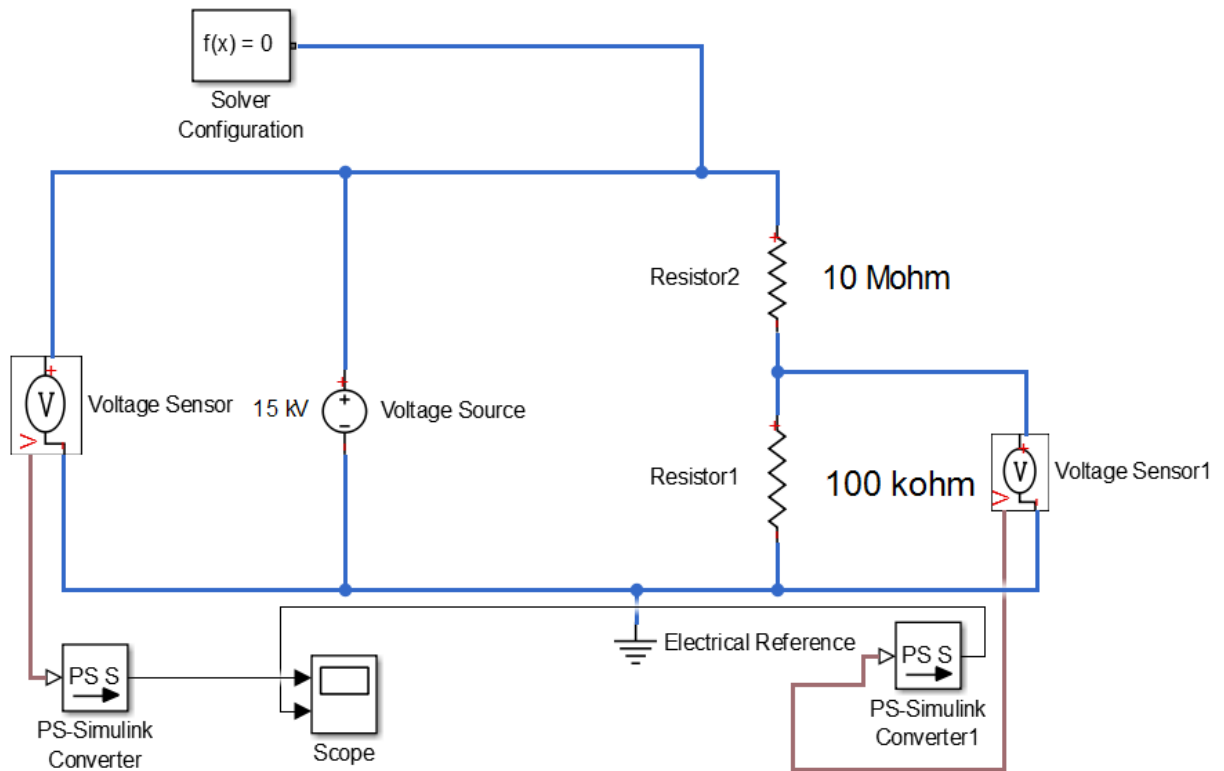


Figura 4. Arreglo resistivo simulación diseño final, elaboración propia.

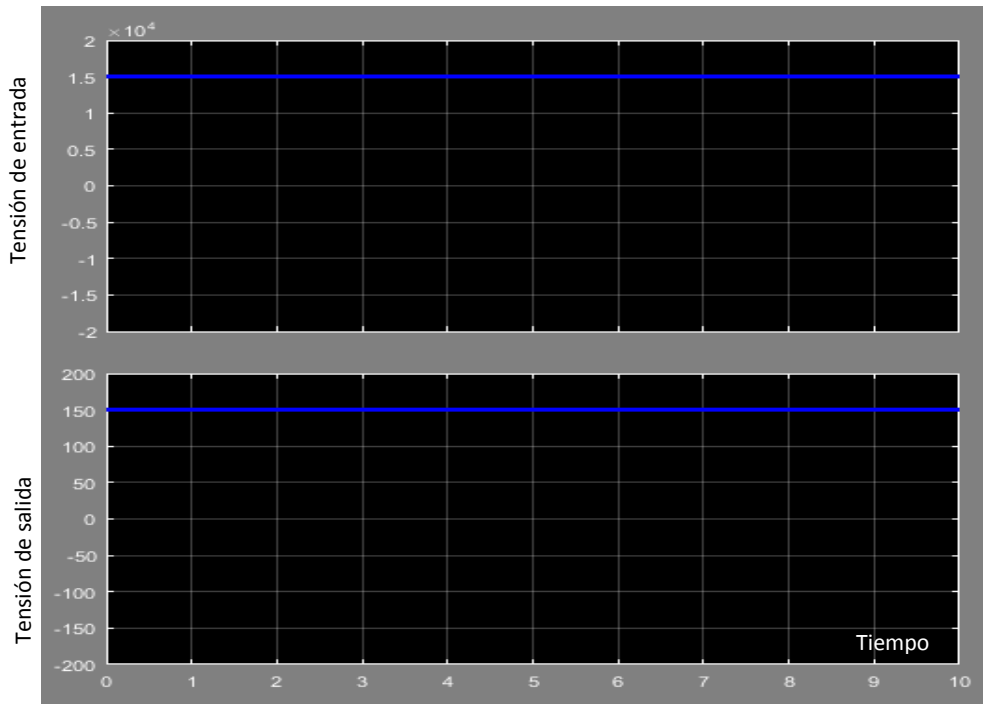


Figura 5. Tensión de entrada vs tensión de salida diseño final, elaboración propia.

Construcción de la sonda.

la sonda se hizo de manera artesanal basados en un prototipo capacitivo amortiguado (Zapata, Gutiérrez, Gómez, & Valencia, 2017), sin embargo, se presenta un diseño resistivo puro, con el mismo nivel de aislamiento brindando seguridad en el uso de la sonda para el usuario.

Dimensiones y componentes.

Con el fin de facilitar el transporte del equipo. Se debe tener en cuenta el número de resistencias empleadas, debido a la incidencia directa con el aumento de longitud del cuerpo de la sonda. En la Figura 6 se muestran las dimensiones que cumplen para los dos arreglos propuestos, la sonda tiene una punta de contacto en borna hembra para el acople de un conector banana-banana o banana-caimán, su punto de agarre es el mismo cuerpo de la sonda aprovechando su longitud para maniobrarla, las bornas permiten al usuario realizar una conexión segura y rápida.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

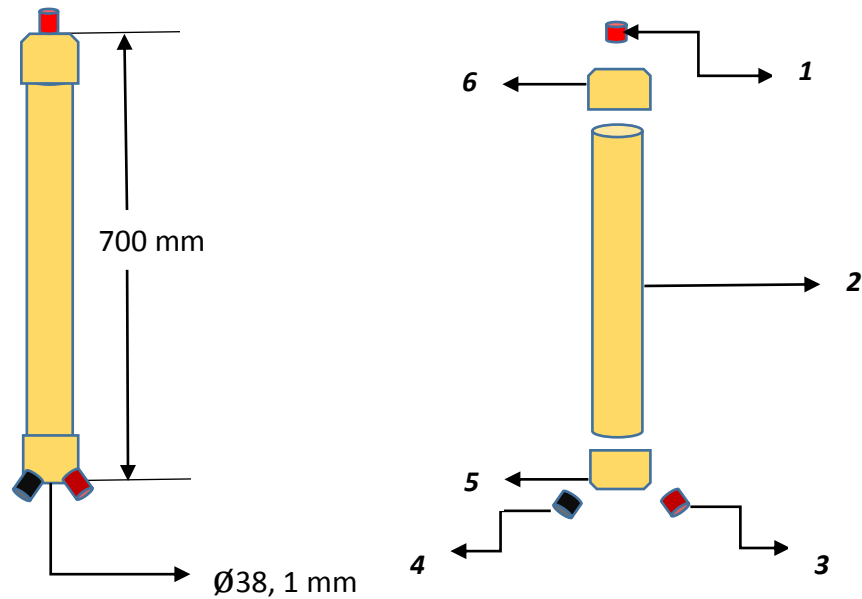


Figura 6. Dimensiones y componentes de la sonda, elaboración propia.

Dónde:

1. Borna hembra entrada de tensión alta.
2. Cuerpo de la sonda.
3. Borna hembra entrada de tensión de baja.
4. Borna hembra entrada común.
5. Tapón inferior.
6. Tapón superior.

Disposición del aislamiento.

Se utilizaron dos tubos concéntricos aislados con relleno de poliuretano rígido (Zapata, Gutiérrez, Gómez, & Valencia, 2017), donde el tubo que está en el interior del cuerpo de la sonda es el que aloja el arreglo de resistencias. Adicionalmente, el aislamiento del arreglo también tiene relleno de poliuretano para aislar las resistencias de posibles arcos eléctricos internos. La Figura 7 ilustra la manera como se aisló los componentes de la sonda.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

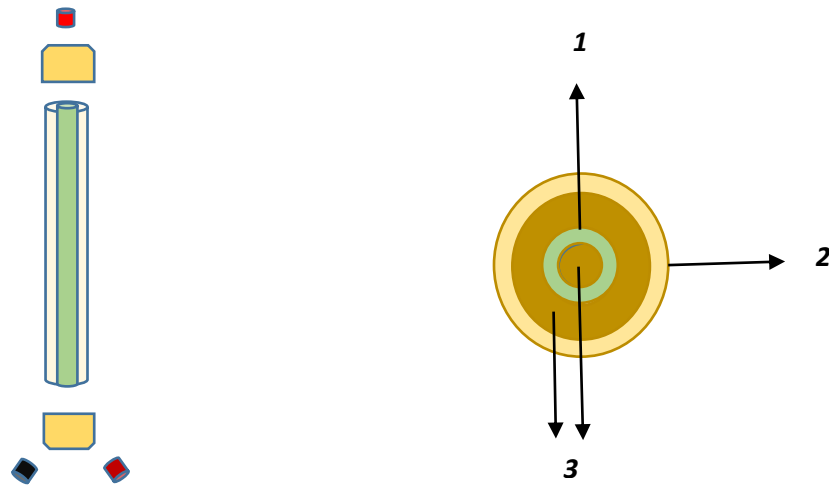


Figura 7. Disposición del relleno de poliuretano en la sonda, elaboración propia.

Dónde:

1. Tubo de PVC de \varnothing 12,7 mm.
2. Tubo de PVC de \varnothing 38,1 mm.
3. Relleno de espuma de poliuretano rígido.

Pruebas de laboratorio.

Para ello fue necesario la implementación de una fuente auxiliar de media tensión (C. Benítez, S. Charry, S. Gómez, J. Valencia, 2017) gracias a este recurso se pudo obtener tensiones alrededor de los 9 kV DC.

La metodología de la prueba consistía en ir aumentando la tensión de entrada de la sonda y tabular esta magnitud a la vez se registraba la tensión de salida, para esto se utilizaron varios multímetros dispuestos en los puntos de interés de la toma de datos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

A continuación, se muestra el banco de prueba implementado para llevar a cabo las pruebas de laboratorio, Figura 8.



Figura 8. Banco de laboratorio, elaboración propia.

En la Figura 9 se muestra la disposición y conexión de los elementos que integran la prueba, además sirve como guía para los usuarios que implementen la sonda para realizar mediciones.

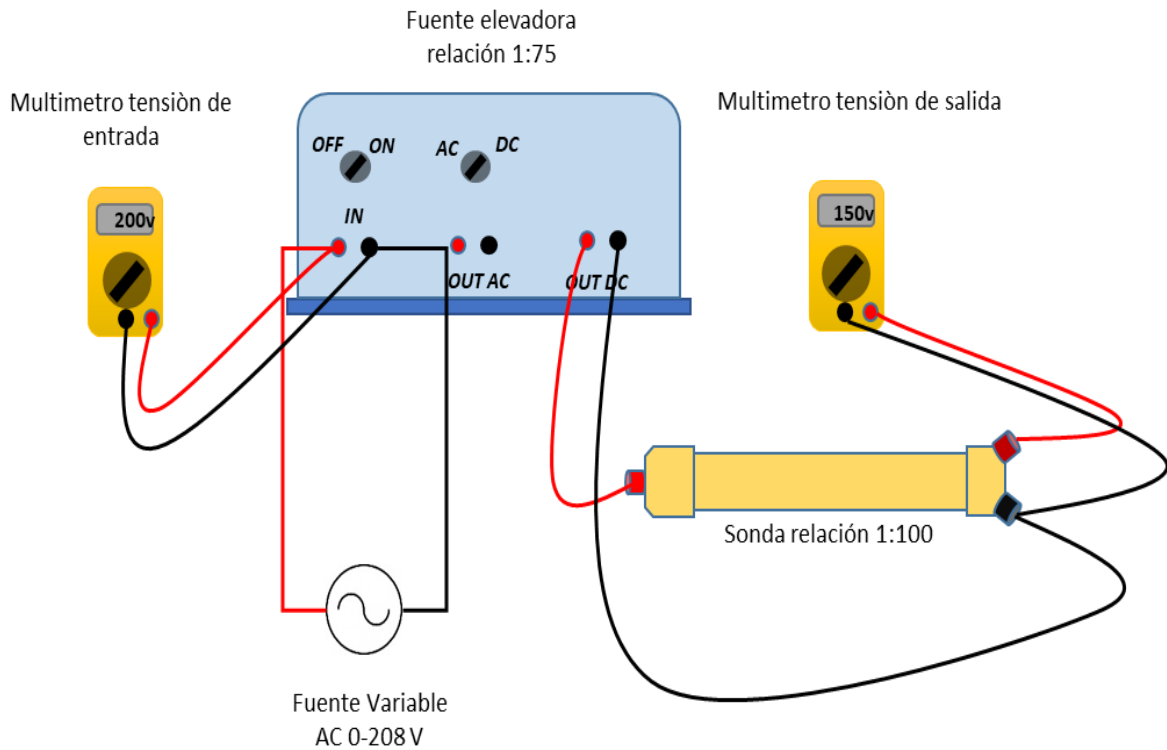


Figura 9. Conexión de la sonda en banco de prueba, elaboración propia.

Para este ejemplo presentado, en el punto “OUT DC” deberían de haber alrededor de 15 kV por lo que no puede haber un equipo de medición convencional, en este punto primero se debe atenuar la tensión con la sonda y a la magnitud de tensión resultante en la salida aplicar la relación de tensión para saber la magnitud real de la tensión a la entrada.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de laboratorio.

Para los dos modelos propuestos se presenta la recolección de datos en las pruebas hechas en el laboratorio. A continuación, se muestran los resultados encontrados en la Tabla 2, y el comportamiento de la sonda en la Figura 10.

Tabla 2
Prueba de laboratorio Modelo 1

<i>Tensión de entrada</i>	<i>Tensión de salida</i>
102	0,98
201	2
307	3,1
400	4,2
487	4,8
616	6,4
707	7,1
817	8,2
903	9,1
1025	10,2
1500	15,7
2000	2,4
2500	0,7
3000	0,63
3500	0,57
4000	0,21
4500	-
5000	-
5500	-
6000	-
6500	-
7000	-
7500	-
8000	-

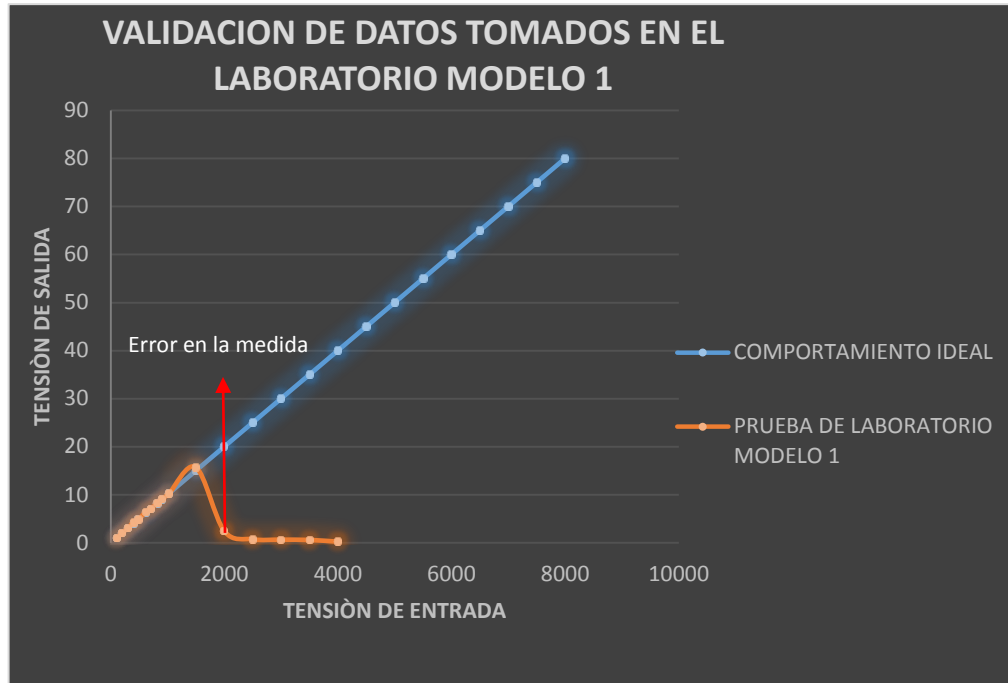


Figura 10. Grafica de pruebas obtenidas con modelo 1, elaboración propia.

Aunque el modelo 1 había cumplido con lo esperado en simulaciones, en la prueba de laboratorio se presentó otro escenario, donde se iba aumentando proporcionalmente la tensión y en el rango de los 2 kV hasta los 4 kV la sonda presentó alteraciones en la magnitud que debería corresponder al valor teórico de tensión aplicado en ese momento. La resistencia de alta de 56 kΩ presentaba un excesivo calor lo que quería decir que la potencia de la fuente estaba siendo disipada por la impedancia de la sonda comportándose como una carga, este fenómeno se describe en (Contreras, 2017).

Siguiendo las sugerencias encontradas en (Kushnir, 1978) se determina la necesidad de un segundo modelo, el cual debería tener una resistencia de entrada lo más alta posible, en las sondas pasivas, es común un valor de impedancia de entrada de 10 MΩ según (Technologies, 2011).

Basados en los valores de las resistencias comerciales presentados en (Alexander, 2013) y teniendo en cuenta la Ecuación (9), se escoge el arreglo resistivo 2 de la Tabla 1; Para suprimir el fenómeno de carga adicional en la fuente. A continuación, se muestra los resultados obtenidos en la Tabla 3 y el comportamiento en la Figura 11.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 3
Prueba de laboratorio modelo 2.

<i>Tensión de entrada</i>	<i>Tensión de salida</i>
102	0,94
201	1,8
307	2,8
400	3,7
487	4,8
616	5,7
707	6,6
817	7,5
903	8,4
1025	9,6
1500	15
2000	19,9
2500	25,6
3000	31,7
3500	36,6
4000	42,13
4500	47,6
5000	53,3
5500	58,3
6000	64,4
6500	69
7000	73,8
7500	76,8
8000	78,3

Se evidencia que el modelo 2 cumple con lo proyectado en las simulaciones con respecto al valor teórico. La prueba se pudo llevar alrededor de los 8.5 kV. Por lo tanto, este es el arreglo del divisor de tensión seleccionado para la construcción.

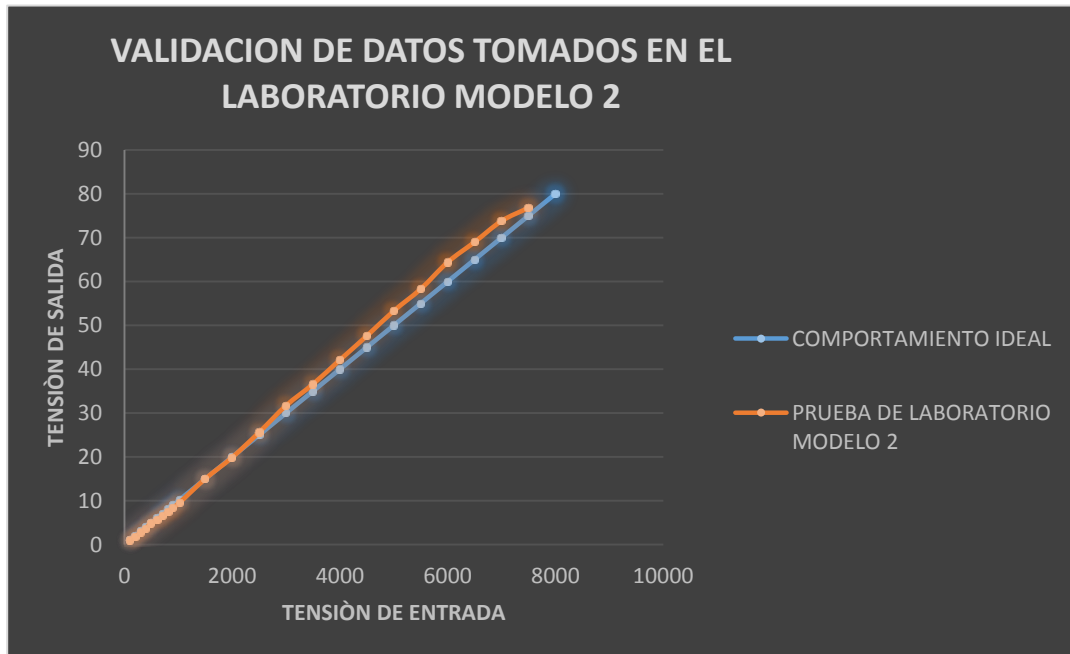


Figura 11. Gráfica de pruebas obtenidas con modelo 2, elaboración propia.

En la Figura 12 se muestra la sonda con los acabados finales y su diseño definitivo el cual cumplió con lo proyectado en esta sección.



Figura 12. Fotografía sonda terminado prototipo final, elaboración propia.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

A continuación, se muestra en la Tabla 4 una proyección del valor teórico de la potencia demandada por los dos modelos, utilizando las Ecuaciones (3) y (6), adicionalmente se grafica la comparación de los resultados en la Figura 13.

Tabla 4
Demanda de potencia de los dos modelos propuestos.

<i>Tension aplicada (V)</i>	<i>Potencia máxima de la fuente en (W)</i>	<i>Potencia modelo 1 (w)</i>	<i>Potencia modelo 2(w)</i>
102	2080	0,18	0,0010
201	2080	0,71	0,0040
307	2080	1,67	0,0094
400	2080	2,83	0,0160
487	2080	4,19	0,0237
616	2080	6,70	0,0379
707	2080	8,83	0,0500
817	2080	11,79	0,0667
903	2080	14,41	0,0815
1025	2080	18,56	0,1051
1500	2080	39,75	0,2250
2000	2080	70,67	0,4000
2500	2080	110,42	0,6249
3000	2080	159,01	0,8999
3500	2080	216,43	1,2249
4000	2080	282,69	1,5998
4500	2080	357,77	2,0248
5000	2080	441,70	2,4998
5500	2080	534,45	3,0247
6000	2080	636,04	3,5996
6500	2080	746,47	4,2246
7000	2080	865,72	4,8995
7500	2080	993,82	5,6244
8000	2080	1130,74	6,3994

Esta Tabla contiene una proyección teórica de la potencia consumida por las resistencias En función de la tensión aplicada en los dos modelos.

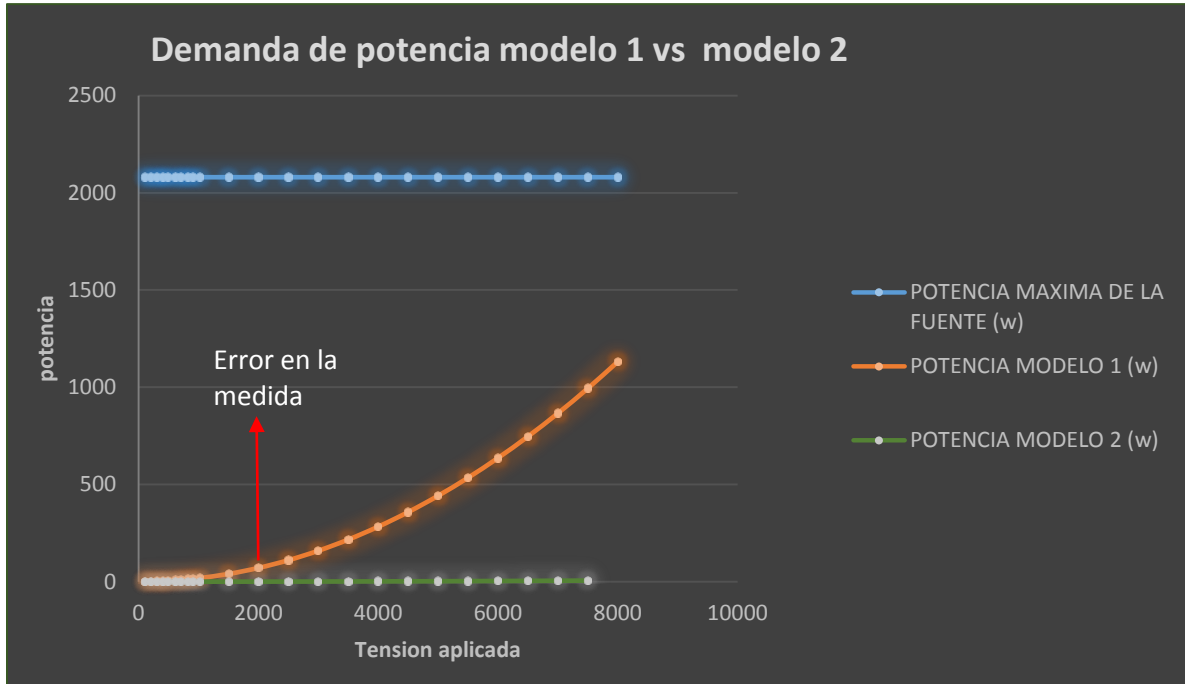


Figura 13. Proyección de la demanda de potencia de los modelos propuestos, elaboración propia.

Se puede observar un comportamiento parabólico que crece exponencialmente en el modelo 1 con un manifiesto de demanda más grande respecto al modelo 2, a partir de los 2 kV el modelo 1 se comporta como una carga para la fuente mientras la demanda del modelo 2 es una magnitud menor confirmando nuevamente lo estudiado en (Contreras, 2017; Kushnir, 1978).

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Conclusiones.

- La magnitud de la resistencia de entrada debe ser siempre mayor a la suma de las resistencias de los dispositivos utilizados para evitar una caída de tensión en la fuente.
- La resistencia de entrada debe ser de un valor suficientemente alto para que la corriente consumida sea mínima, lo cual es directamente proporcional con el consumo de potencia, minimizando la posibilidad de un calentamiento en los arreglos resistivos.
- La resistencia de salida o de baja tensión representa el 1% de la resistencia de alta tensión. Todo arreglo que cumpla con este requerimiento tendrá una relación de tensión de 1:100.
- En las simulaciones para los modelos presentados con una tensión de entrada de 15 kV, la tensión de salida es de 150 V cumpliendo con la relación 1:100, sin embargo el modelo 1, en la práctica no se comporta de la misma manera.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Recomendaciones para trabajos futuros.

- Para trabajos futuros se recomienda implementar una resistencia variable en la cola del circuito divisor de tensión, para obtener una medida más precisa con una compensación resistiva que permita el ajuste y calibración de manera sencilla.
- Se propone para la construcción de una sonda similar, hacer los tapones inferior y superior roscados para que permitan un desensamble rápido de la sonda. Para realizar una inspección visual de los elementos internos a modo de mantenimiento preventivo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

-
- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2013). *Fundamentos de Circuitos Eléctricos. Book*.
- Alexander, J. (2013). *valores comerciales de las resistencias*. Retrieved from <http://www.electrontools.com/Home/WP/2016/04/14/valores-comerciales-de-resistencias/>
- C. Benítez, S. Charry, S. Gómez, J. Valencia, I. (2017). Design and construction of a medium voltage source.
- Contreras, R. (2017). La Sonda de Prueba del Osciloscopio. *Researchgates*.
- Kushnir, F. v. (1978). *Medidas Radioeléctricas* (1st ed.). Moscú: Mir Moscú.
- Pérez, I. A. N. (2016). Leyes y conceptos técnicos básicos, para lograr instalaciones eléctricas seguras.
- RETIE. (2013). RETIE resolución 9 0708 de agosto 30 de 2013 con sus ajustes. *Resolución 90708*, 127.
- Salazar, A. (2010). Leyes de voltajes y corrientes de Kirchhoff., *1*, 13–34.
- Sena. (2009). a Servicio nacional de aprendizaje, *00015(1)*, 1–32.
- Usunariz, I. (2011). *Una aproximación al mundo de las Sondas*. Madrid.
- Vega, P. (2015). Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Aeroespacial Medidas en Circuitos Digitales de Alta Velocidad.
- Velázquez, A. (2015). Sonda de medición para alto voltaje y alta frecuencia, 56.
- Zapata, E., Gutiérrez, J., Gómez, S., & Valencia, J. (2017). Diseño y construcción de una sonda de medida para media tensión en ac design and construction of a measurement probe for ac medium voltage.
- Technologies, A. (2011). Cómo elegir las mejores sondas de osciloscopio pasivas y activas para sus tareas, 52–54.

FIRMA ESTUDIANTES 



FIRMA ASESOR 

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____