

# Diseño de un software para el aprendizaje de las medidas eléctricas en circuitos DC

*Design of an application for electrical measurements learning in DC circuits*

Annyi L. Saavedra G.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Annyis24@hotmail.com

Esneider A. Vargas R.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Andres890508@hotmail.com

Fernando Martínez S.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
fmartinezsr@udistrital.edu.co

Este artículo muestra el desarrollo de una aplicación utilizada para resolver circuitos DC que ayuda a fortalecer el proceso de formación y aprendizaje en elementos de medidas eléctricas. La herramienta soportada en software fue desarrollada íntegramente en LabView, un instrumento amigable al usuario que lo puede orientar fácilmente, y que se compone de todos los aspectos relacionados con circuitos DC y el uso de diferentes instrumentos de medida utilizados en el curso (programa de Tecnología en Electricidad, Universidad Distrital Francisco José de Caldas).

*Palabras clave:* Amperímetro, instrumentación, software, telurómetro, voltímetro

This paper shows the development of an application used for solving DC circuits that helps strengthen the educational process in learning the subject electrical measurements. The software-based tool was developed entirely in LabView, a user friendly tool which can address easily to the user's handling of it, and is composed of all the issues that relate to DC circuits and the use of different measuring instruments used in the course (Electrical Technology program, District University Francisco José de Caldas).

*Keywords:* Ammeter, instrumentation, software, tellurometer, voltmeter

## Introducción

Este artículo muestra el desarrollo de un proyecto de investigación orientado al diseño de un software para el

aprendizaje de las medidas eléctricas en los circuitos DC. El propósito de este desarrollo consiste en proporcionar una herramienta estudiantil para el desarrollo de prácticas de laboratorio en las asignaturas relacionadas a la realización de mediciones eléctricas, electrotecnia, e instrumentación, en el plan de estudio de los proyectos curriculares Tecnología en Electricidad, e Ingeniería Eléctrica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, además de áreas afines a estas profesiones.

---

Fecha recepción del manuscrito: Agosto 29, 2014

Fecha aceptación del manuscrito: Septiembre 22, 2014

Annyi L. Saavedra G., Universidad Distrital Francisco José de Caldas; Esneider A. Vargas R., Universidad Distrital Francisco José de Caldas; Fernando Martínez S., Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Esta investigación fue financiada por: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Correspondencia en relación con el artículo debe ser enviada a: Fernando Martínez Santa. Email: fmartinezsr@udistrital.edu.co

Para el desarrollo de la aplicación basada en una herramienta de software para el análisis de circuitos DC, se hizo uso del programa LabView (I. Gómez y Vargas, 2012). Esta aplicación busca ser una interfaz interactiva la cual pueda ser manejada por alumnos y docentes (Agredo, 2011). Está enfocada en las temáticas de la asignatura *Medidas Eléctricas*, y pretende reducir la mortandad académica en dichos espacios académicos, ya que permite al alumno la realización de laboratorios virtuales, siendo de gran ventaja

el hecho de que no requiere espacios físicos especializados para el modelado o implementación física de circuitos (Aristizabal, Leó, y Jacinto, 2013).

De acuerdo al plan de prácticas previsto en dicho curso, se escribe un manual de uso de aplicación específica, el cual muestra una serie de laboratorios que permiten al estudiante tener una herramienta amigable como guía para el aprendizaje en su quehacer universitario (J. Gómez, Mandow, Fernández, y García, 2011; Zhan, Porter, y Morgan, 2014). Dentro de las prácticas se plantean varios retos, los cuales son progresivos para que la aplicación haga el acompañamiento en el desarrollo de la asignatura.

Resaltando la importancia de la aplicación y el aprendizaje de buenas prácticas en la vida estudiantil, está el hecho de que con este proyecto se pretende el fortalecimiento en el aprendizaje de desarrollo de instrumentación eléctrica, circuitos eléctricos, sistemas computacionales y programación en entornos gráficos (Bello, García, Martínez, y Acero, 2013). Con esto el estudiante tendrá un acercamiento a su quehacer profesional de una manera más amigable y eficaz.

El desarrollo de la herramienta observó algunos elementos de diseño utilizados en (Saavedra, 2011), donde se muestra una plataforma virtual para el desarrollo de prácticas especializadas en varias áreas del saber, dentro de las cuales se encuentran: Física, Matemáticas, Medicina, entre otras. También se tomaron algunos elementos de (López, 2009; Morales, Gutiérrez, Lache, Ramírez, y Quiñones, 2008), donde se detalla la implementación de un sistema de instrumentación virtual programado en LabView y usando la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6008 (National Instruments, 2014). Este último trabajo constituyó una guía importante para la construcción de la interfaz de usuario. En cuanto al acondicionamiento de señales análogas el trabajo de (Ortiz, 2011) fué un referente clave en los diseños.

### Metodología

El desarrollo de la aplicación se realizó según se detalla a continuación. Para la formulación del perfil de diseño se realizó una consulta sobre la funcionalidad esperada con docentes expertos en el curso, así como un estudio de las capacidades del lenguaje G (Roncancio y Cifuentes, 2001). Luego, analizando cómo se desarrollan las diferentes prácticas dentro de la asignatura, se realizó la respectiva simulación usando las diferentes herramientas mostradas en LabView (Astudillo, 2007; Uluisik y Sevgi, 2012).

La aplicación consta de ocho temáticas diferentes, las cuales son reflejadas en los numerales siguientes. Además, se agregó una pestaña de ayuda, la cual permite un acercamiento previo al manejo de la aplicación.

### Presentación

La Fig. 1 muestra la pantalla que se muestra inicialmente al abrir el programa, donde se hace referencia a los desarrolladores y al nombre del mismo.

La pantalla se divide en dos. La sección de color gris oscuro corresponde a la ventana de trabajo, y la gris claro a las características del instrumento de medida. Para el desarrollo del proyecto se tomó como referencia los multímetros Fluke 179, 73 y 17B (Fig. 2) (Fluke, 2012), contando con los catálogos de cada uno, aunque sus características son modificables y aplicables con cualquier otro instrumento. En la parte inferior se encuentra la zona de avisos, en donde se emiten alarmas cada vez que la lectura del instrumento simulado se encuentra fuera de rango.



Figura 2. Fluke 179 y Fluke 73 (Fluke, 2012).

### Práctica 1: Resistencia interna

La resistencia interna de instrumento se presenta cada vez que se conecta al circuito que se desea realizar la medición. Por consiguiente, la primera práctica consiste en la determinación de la resistencia interna del multímetro configurado como voltímetro (Fig. 3) y como amperímetro (Fig. 4). Esta práctica consiste en la determinación de la resistencia interna del multímetro a partir de la caída de tensión producida al colocar el voltímetro en paralelo con otra impedancia.

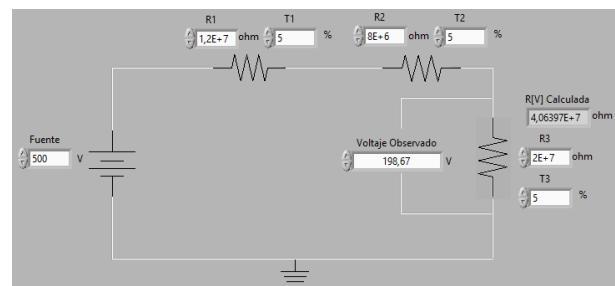


Figura 3. Voltímetro.

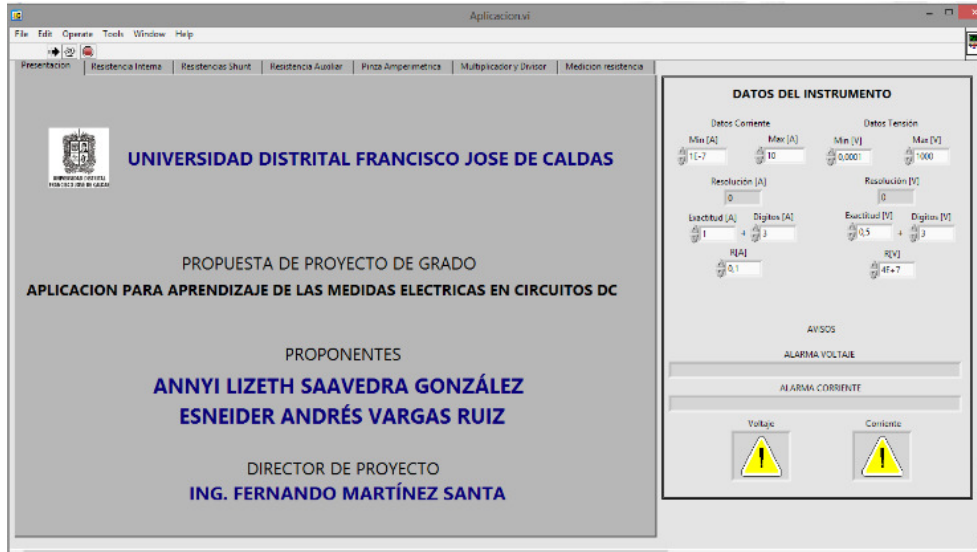


Figura 1. Pantalla principal.

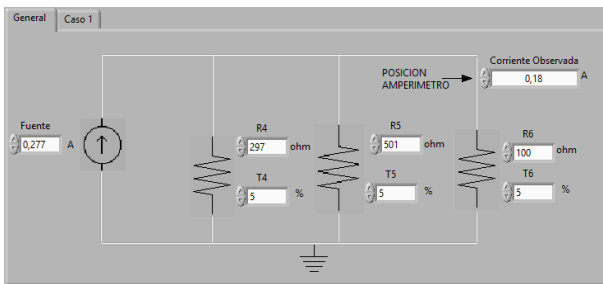


Figura 4. Amperímetro.

La Fig. 4 muestra el circuito de pruebas para la determinación de la resistencia interna del amperímetro a partir de la corriente que circula a través de la rama 3 del circuito planteado. Además de esto, se realiza el equivalente Thevenin para mostrar la impedancia del mismo (Fig. 5).

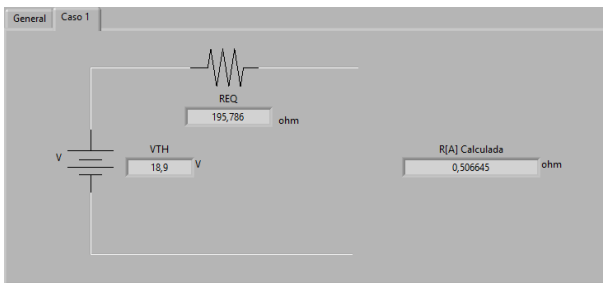


Figura 5. Equivalente Thevenin amperímetro.

**Práctica 2: Resistencia Shunt**

Con este método se busca ampliar la escala de medición del amperímetro en el caso en que la corriente a medir sea

superior a la corriente máxima soportable por el equipo. También puede utilizarse para reducir el error relativo generado en la medición.

Su principio de operación se fundamenta en el divisor de corrientes aplicado, en este caso al amperímetro representado por los puntos A-B de la Fig. 6, junto con una resistencia conocida como resistencia shunt ( $R_{sh}$ ). Como parámetros iniciales de diseño se tiene la resistencia de entrada del amperímetro y la corriente máxima soportada por el mismo en un rango específico.

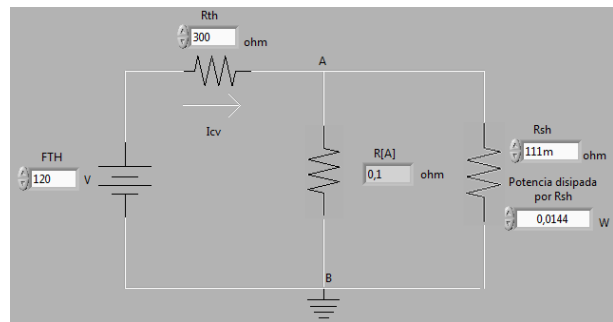


Figura 6. Thevenin con R shunt.

De nuevo, se parte del equivalente Thevenin en los terminales en donde se requiere realizar la medición, pero en este caso la corriente a medir es superior a la corriente máxima soportada por el equipo.

La práctica parte es un circuito Thevenin, ya que este sería un caso general de dos puntos A-B de cualquier circuito con una tensión Thevenin y una resistencia Thevenin, y el estudiante tendrá que introducir el valor de la resistencia R Shunt y la potencia de la misma, y el software le indicara tres tipos de alarmas si la selección de dicha resistencia cumple

con los parámetros de medida. Si el error es menor al 1 % y si la potencia calculada supera la mínima del circuito.

### Práctica 3: Resistencia Auxiliar

Este método es aplicable a circuitos en donde la corriente a ser medida es inferior o comparable con el valor de resolución del amperímetro, lo cual haría que al realizar una medición con conexión de amperímetro, el valor detectado fuese nulo.

En la práctica se propone un circuito Thevenin general indicando los puntos de medida A-B y el estudiante ingresara los datos de  $R_{aux}$  y potencia de la misma, y el software le indicara tres tipos de alarmas si la selección de dicha resistencia cumple con los parámetros de medida, si el error es menor al 1 % y si la potencia calculada supera la mínima del circuito (Fig. 7).

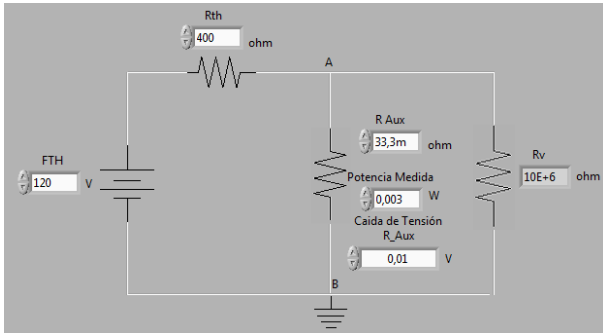


Figura 7. Thevenin con  $R_{aux}$ .

### Práctica 4: Pinza amperimétrica

Esta práctica se planteó para simular la cantidad de espiras que rodean a la pinza, y así calcular la corriente que circula a través de ella y emular el funcionamiento de la pinza, es decir, el efecto Hall (Fig. 8). Es un circuito sencillo de elementos en serie para que la corriente sea la misma en todo el circuito.

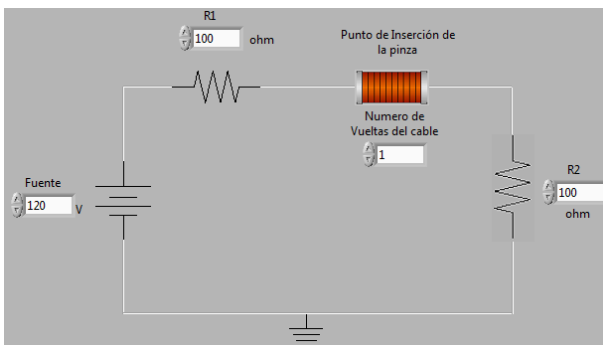


Figura 8. Pinza amperimétrica.

### Práctica 5: Multiplicador y divisor resistivo

Estos métodos son utilizados para ampliar la escala de medición del voltímetro. Cuando la FEM a medir es superior al máximo soportado por el equipo, estas estrategias permiten incrementar el rango de medida. También tiene aplicación en el incremento de la resistencia del sistema de medición, con el fin de reducir el error relativo.

En la práctica se encuentran dos circuitos, el primero se encarga de calcular una resistencia multiplicadora (Fig. 9) y el segundo calcula la resistencia a través de un divisor resistivo (Fig. 10). Para ambos casos se encuentra el error de medición y la relación de transformación a partir de la realimentación del programa de los datos medidos por el multímetro.

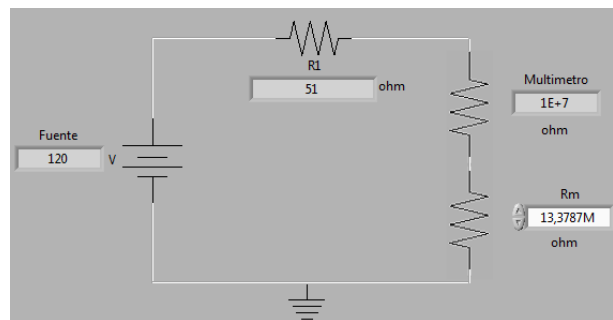


Figura 9. Resistencia multiplicadora.

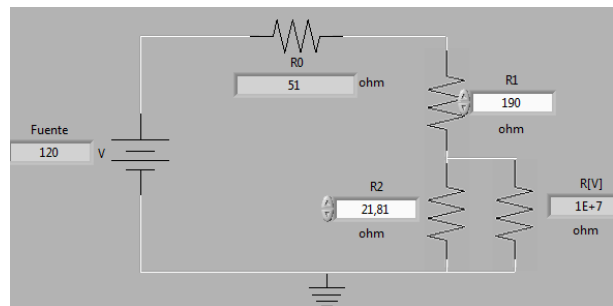


Figura 10. Divisor resistivo.

### Práctica 6: Medición de resistencia

En esta práctica se plantea la medición de resistencias de bajo y alto valor óhmico, y sus estrategias de medición se visualizan dentro de los circuitos propuestos.

Entre las estrategias utilizadas se encuentran:

- Método simultáneo. Este método consiste en la aplicación directa de la ley de Ohm, utilizando para esto un amperímetro y un voltímetro operando en forma simultánea.
- Medición de resistencias de bajo valor óhmico. Se consideran para este caso resistencias cuyo valor óhmico sea del orden de los micro ohmios hasta las décimas de ohmio. El montaje requiere adicionalmente al voltímetro y

al amperímetro una fuente de alimentación  $V_f$  (corriente nominal  $I_n$ ), y una Resistencia Auxiliar de protección  $R_p$ . El valor de  $R_p$  debe determinarse de tal manera que la corriente en la fuente no supere su valor nominal, como también generar una caída de tensión en  $R_p$  por encima del valor de la resolución del voltímetro.

- Medición de Resistencias de alto valor óhmico. Se consideran para este caso resistencias cuyo valor óhmico sea del orden de los mega ohmios hasta los giga ohmios. El montaje requiere adicionalmente al voltímetro y al amperímetro una fuente de alimentación  $V_f$  (corriente nominal  $I_n$ ).

Las prácticas de bajo y alto valor óhmico se muestran en las figuras Fig. 11 y Fig. 12.

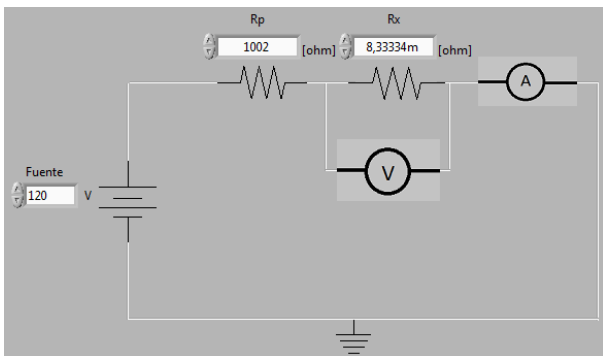


Figura 11. Montaje bajo valor óhmico.

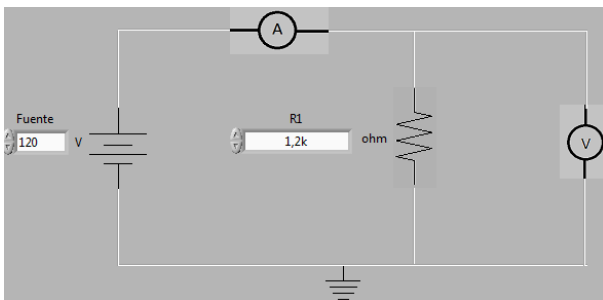


Figura 12. Montaje alto valor óhmico.

### Ventana de ayuda

La aplicación cuenta con una ayuda (Fig. 13) la cual permite el aprendizaje de los parámetros básicos para el manejo de la aplicación. En esta se encuentra cómo acceder a las prácticas, instalación, características técnicas del multímetro utilizado como referencia, entre otras.

### Detalles técnicos del desarrollo

La aplicación se desarrolló enteramente en lenguaje G (Fig. 14), y todas las operaciones matemáticas se identifican de manera explícita, con el fin de permitir entender cómo

se encontraron los diferentes valores de Tensión, Corriente y Resistencia. La navegación a través del código se puede hacer haciendo *click* en la parte superior del código con el ratón, y se hace de igual forma como si se fuese acceder a una práctica.

Para la evaluación final de desempeño, las prácticas fueron implementadas montando los diferentes circuitos como se muestra en la Fig. 15.

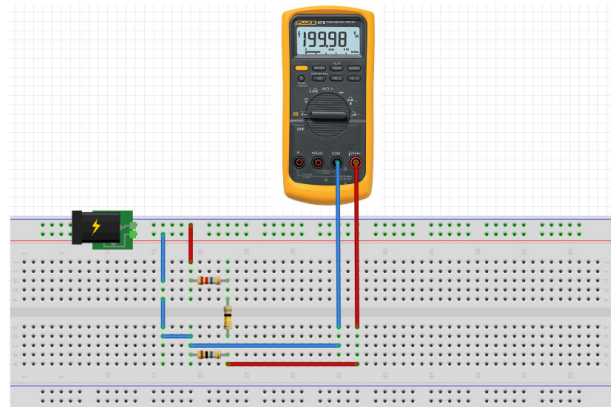


Figura 15. Esquema de conexión del circuito.

El manual de prácticas refleja un paso a paso de cómo se deben implementar los circuitos y manejar la aplicación. Cada práctica está acompañada de un montaje, y se describe cómo hacerlo y cómo se deben realizar las mediciones.

### Resultados

Los resultados obtenidos se muestran resumidos en la tabla 1. Estos muestran una comparación entre los datos obtenidos por el simulador y los datos prácticos duplicados en laboratorio con los instrumentos reales.

El error porcentual muestra que los resultados obtenidos por la simulación en la herramienta desarrollada son casi idénticos a los reales. Se puede observar que se acercan mucho al valor real (diferencias inferiores al 10%), y eso quiere decir que la herramienta virtual puede duplicar fielmente las condiciones de la práctica.

Estos rangos de error son aceptables en la simulación debido a que están contenidos dentro del rango de error del equipo. Además, el tiempo empleado para realizar una práctica simulada es de aproximadamente 0.8 h, y en la vida real sin la simulación se gastan alrededor de 2 h, ya que no se conoce el comportamiento del circuito o sistema a medir.

### Conclusiones

Contar con esta herramienta constituye un complemento en cursos de formación específica de circuitos DC y medidas eléctricas. Permite el análisis y la recolección de datos simplificada enfocando el problema más que en la forma,

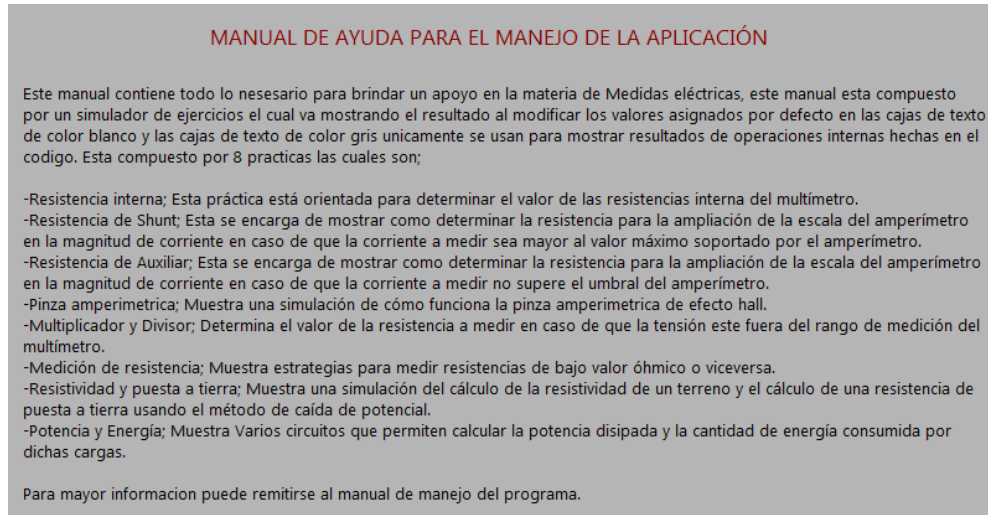


Figura 13. Ventana de ayuda de la aplicación.

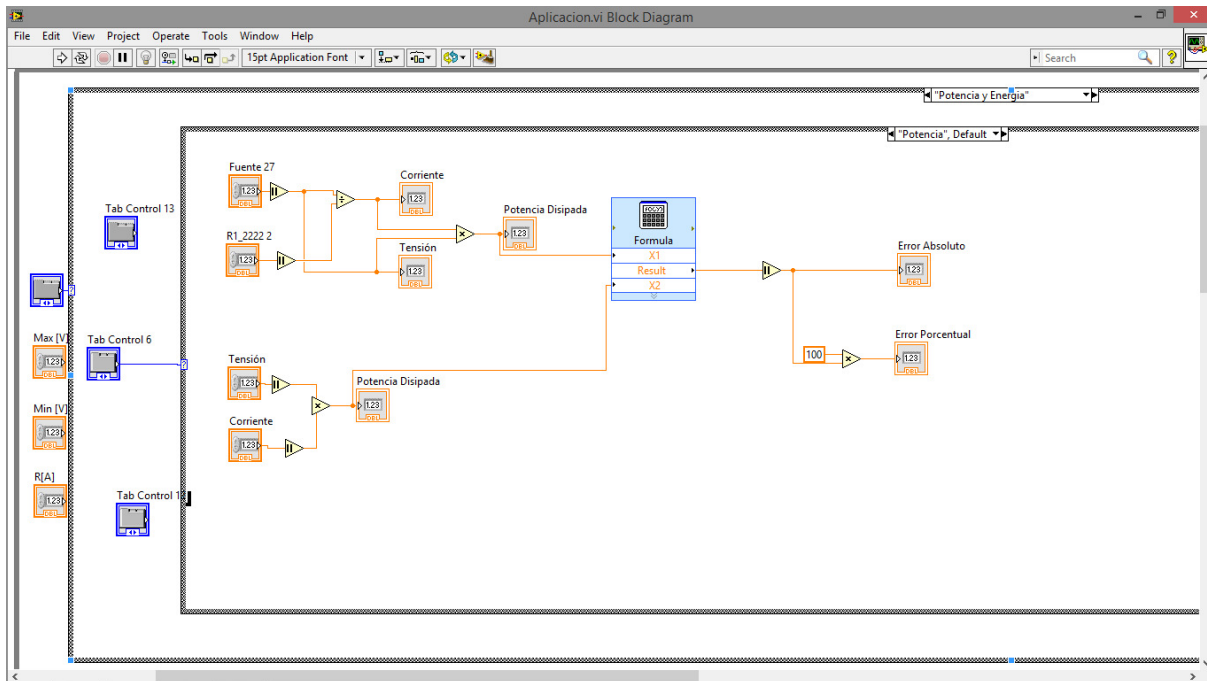


Figura 14. Ejemplo de código propuesto.

esto es fundamental para formación hacia la industria, en lo que compete a las profesiones relacionadas con la ingeniería.

Con la ayuda del programa el usuario puede ver los resultados de circuitos DC simulados, dándole la facilidad de enfocar y realizar sus prácticas de manera remota sin depender de espacios especializados para tal fin, lo que reduce el tiempo de practica real en un 60%. Se consideró el programa LabView como herramienta para elaborar el programa dada su facilidad para la conexión con hardware real, la capacidad de brindar una gran base para la construcción de aplicaciones de software

de pequeño, mediano y gran tamaño, y ya que brindan las herramientas necesarias para su correcta planeación, desarrollo e implementación.

### Trabajo futuro

A partir de este trabajo se pueden desarrollar aplicaciones orientadas a apoyar la docencia en espacios virtuales que promuevan el trabajo individual como herramienta y no como obligación. Entre estas aplicaciones se podrían desarrollar herramientas ingenieriles enfocadas a la parte eléctrica como para el análisis de mallas de puesta a

Tabla 1  
Resultados obtenidos.

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS				
PRACTICA	ELEMENTO O CARACTERISTICA SIMULADA	VALOR MEDIDO Y/O HOJA TECNICA	VALOR SIMULADO	ERROR PORCENTUAL [%]
1	Resistencia Voltímetro [ $\Omega$ ]	40E6	40,06E6	0,150
1	Resistencia Amperímetro [ $\Omega$ ]	0,1	0,12	12,333
2	Corriente Rsh [A]	0,09	0,0952	5,462
3	Corriente R Aux [A]	0,001	0,00025	9,091
4	Corriente Pinza [A]	0,065	0,06	8,333
5	Tensión Observada en el multiplicador [V]	5,705	6	4,917
5	Tensión Observada en el Divisor [V]	11,89	12	0,917
6	Resistencia alto Valor Óhmico [ $\Omega$ ]	999	1000	0,100
6	Resistencia alto Valor Óhmico [ $\Omega$ ]	0,805	1	19,500

tierra, análisis de circuitos en AC, simuladores de robótica, simuladores de PLC, entre otras herramientas orientadas a la automatización.

### Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Universidad Distrital y su personal de laboratorio por el soporte brindado durante las pruebas de desempeño.

### Referencias

- Agredo, J. (2011). *Implementación de un control de velocidad de un motor dc utilizando lógica difusa en la plataforma de LabVIEW*. (Universidad de San Buenaventura Cali. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Electrónica)
- Aristizabal, W., Leó, D., y Jacinto, E. (2013). Sistema de monitoreo y control inalámbrico de potencia activa. *Tekhnê*, 10(2), 42-54. (ISSN 1692-8407)
- Astudillo, N. (2007, Octubre). *Simulación en Labview del sistema de control de espesor (AGC) y control de tensión de banda del laminador Tándem 1*. (Universidad Simón Bolívar. Decanato de Estudios de Posgrado. Especialización en Diseño y Mantenimiento Industrial)
- Bello, D., García, L., Martínez, F., y Acero, D. (2013). Planta robusta de levitación neumática para investigación y formación en control y visión artificial. *Tekhnê*, 10(2), 33-41. (ISSN 1692-8407)
- Fluke. (2012). *The new fluke 17b and 15b digital multimeters. now within your reach*. Retrieved from [http://support.fluke.com/find-sales/Download/Asset/4234267\\_7103\\_ENG\\_A\\_W.PDF](http://support.fluke.com/find-sales/Download/Asset/4234267_7103_ENG_A_W.PDF) (Technical Data)
- Gómez, I., y Vargas, L. (2012). *Objeto de aprendizaje para el diseño e implementación de sistemas SCADA basados en Labview*. (Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica)
- Gómez, J., Mandow, A., Fernández, J., y Garcia, A. (2011). Using LEGO NXT mobile robots with LabVIEW for undergraduate courses on mechatronics. *IEEE Transactions on Education*, 54(1), 41-47. (ISSN 0018-9359)
- López, A. (2009). Tarjeta de adquisición de datos de bajo costo multiplataforma orientada a la enseñanza de los sistemas de control en tiempo real. *Educación en ingeniería*, 4(7), 137-145. (ISSN 1900-8260)
- Morales, M., Gutiérrez, E., Lache, A., Ramírez, A., y Quiñones, C. (2008). Desarrollo de herramientas virtuales para el reconocimiento y uso de un motor eléctrico y un motor paso a paso unipolar utilizando labview. *Revista Colombiana de Física*, 40(2), 367-370.
- National Instruments. (2014, November). *User guide and specifications usb-6008/6009*. Retrieved from <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/14604> (Low-Cost, Bus-Powered Multifunction DAQ for USB 12- or 14-Bit, Up to 48 kS/s, 8 Analog Inputs)
- Ortiz, A. (2011, Agosto). *Acondicionamiento de señales analógicas utilizando módulos portables SCC para el laboratorio de mecatronica*. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas)
- Roncancio, H., y Cifuentes, H. (2001). *Tutorial de LabView*. Retrieved from <http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/labviewtutorialuniversidadfranciscocaldas>.

- pdf (Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Laboratorio de Electrónica. Grupo LIV)
- Saavedra, A. (2011). *Plataforma para desarrollo de prácticas en física*. (Universidad Nacional de Colombia)
- Uluisik, C., y Sevgi, L. (2012). A LabVIEW-based analog modulation tool for virtual and real experimentation. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 54(6), 246-254. (ISSN 1045-9243)
- Zhan, W., Porter, J., y Morgan, J. (2014). Experiential learning of digital communication using LabVIEW. *IEEE Transactions on Education*, 57(1), 34-41. (ISSN 0018-9359)