

# Educational Interface for Load Flow Analysis with DigSilent PowerFactory

Alex Guzman Cruz<sup>1</sup>, Álvaro Roque Canahuire<sup>1</sup>, Juan Copa Pineda, Dr<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú,  
aguzmanc@unsa.edu.pe, aroqueca@unsa.edu.pe, jcopa@unsa.edu.pe

*Abstract– It is increasingly important to analyze electrical systems, in different situations for academic purposes or real situations at work. There are simulators from different sources, however, many of them do not offer a friendly interface for users with little experience in the area of electricity. This research is presented, where an interactive interface is developed using Digsilent PowerFactory and LabVIEW, for connectivity MatrikonOPC was used; The interface was developed in LabVIEW with two menus, one for diagram, calculation configuration and switch control and the second for control of loads and to visualize the variation of the power values of the reference generator. Finally, the transmission of the measurement data and the control of the switches is done through the bidirectional connectivity of Digsilent and the graphical interface in LabVIEW, obtaining a friendly interface for the analysis of load flow in electrical systems. This proposal made it easy for users with little experience to carry out the analysis of a model of the electrical network of the city of Arequipa.*

**Keywords:** *Digsilent PowerFactory, OPC, LabVIEW.*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.561>  
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

# Interfaz Educativa para el Análisis de Flujo de Carga con DigSilent PowerFactory

Alex Guzman Cruz<sup>1</sup>, Álvaro Roque Canahuire<sup>1</sup>, Juan Copa Pineda, Dr<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú,

aguzmanc@unsa.edu.pe, aroqueca@unsa.edu.pe, jcopa@unsa.edu.pe

**Resumen** – Cada vez es más importante analizar sistemas eléctricos, ante diferentes situaciones para fines académicos o situaciones reales en el trabajo. Existen simuladores de diferente procedencia, sin embargo, muchos de ellos no ofrecen una interfaz amigable para usuarios con poca experiencia en el área de electricidad. Se presenta esta investigación, donde se desarrolla una interfaz interactiva empleando DigSilent PowerFactory y LabVIEW, para la conectividad se empleó a MatrikonOPC; la interfaz fue desarrollada en LabVIEW con dos menús uno para el diagrama, configuración de cálculo y control de interruptores y el segundo para el control de cargas y visualizar la variación de los valores de potencia del generador de referencia. Finalmente, la transmisión de los datos de mediciones y control de interruptores se realiza mediante la conectividad bidireccional de Digsilent y la interfaz gráfica en LabVIEW, obteniéndose una interfaz amigable para el análisis de flujo de carga en sistemas eléctricos. Esta propuesta facilitó a usuarios con poca experiencia realizar el análisis de un modelo de la red eléctrica de la ciudad de Arequipa. *Palabras clave* –DigSilent PowerFactory, OPC, LabVIEW.

**Abstract** - It is increasingly important to analyze electrical systems, in different situations for academic purposes or real situations at work. There are simulators from different sources, however, many of them do not offer a friendly interface for users with little experience in the area of electricity. This research is presented, where an interactive interface is developed using DigSilent PowerFactory and LabVIEW, for connectivity MatrikonOPC was used; The interface was developed in LabVIEW with two menus, one for diagram, calculation configuration and switch control and the second for control of loads and to visualize the variation of the power values of the reference generator. Finally, the transmission of the measurement data and the control of the switches is done through the bidirectional connectivity of Digsilent and the graphical interface in LabVIEW, obtaining a friendly interface for the analysis of load flow in electrical systems. This proposal made it easy for users with little experience to carry out the analysis of a model of the electrical network of the city of Arequipa.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se hace uso de múltiples programas para el análisis de sistemas eléctricos como DigSilent PowerFactory, pero es un software complejo que genera que parte de los usuarios no puedan obtener entendimiento de las funciones del software de una manera intuitiva como lo es la función de análisis de flujo de carga.

Los motivos que nos llevaron a desarrollar una interfaz gráfica para el simulador de sistemas eléctricos PowerFactory, se centran en el área académica ya que es común que los alumnos de pregrado de ingeniería eléctrica en sus primeros

cursos tengan que estar obligados a aprender a utilizar software de simulación complejos.

Para reforzar esta idea se tomó en cuenta características deseables en una interfaz tomadas de una evaluación de Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) como Ayuda, Robustez, Funcionalidad, Efectividad, Consistencia, Flexibilidad, Portabilidad y Estética, que fueron utilizadas en la encuesta sobre la interfaz de DigSilent PowerFactory y la Interfaz propuesta, todo esto nos llevará a concluir si las interfaces son amigables, efectivas y eficientes. Dichas características de evaluación provienen de un proyecto de investigación de Ingeniería de Software [1].

Después de realizada la encuesta sobre el simulador de sistemas eléctricos por 24 estudiantes de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa de la carrera de Ingeniería Eléctrica, a fin de conocer que tan amigable les parece su interfaz y si les es fácil realizar el análisis de un modelo equivalente de la red eléctrica de la ciudad de Arequipa. En la tabla 1, se aprecia que al 12.5% les parece un interfaz muy amigable, al 62.5% les parece amigable y a un 25% les parece poco amigable.

TABLA 1  
RESULTADOS DE LA CALIFICACIÓN DE LA INTERFAZ  
POWERFACTORY

	En una escala del 1 al 10 que tan amigable es el simulador									
	Poco amigable					Amigable		Muy amigable		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alumnos				1	2	3	9	6	2	1
Interfaz PowerF						25.0%		62.5%		12.5%

El objetivo de este trabajo es facilitar el análisis del modelo de red eléctrica, a los usuarios con poca experiencia mediante el desarrollo de una interfaz gráfica que permita manipular la función de flujo de carga de una manera sencilla.

## II. ESTADO DEL ARTE

Gonzales Longatt nos demuestra llevar a cabo la comunicación del servidor OLE for Process Control (OPC) Matrikon con un modelo de un sistema fotovoltaico en DigSilent PowerFactory como cliente OPC “time domain simulation” (TDS) que sirve para simulaciones en el dominio del tiempo [2].

Cristian A. Lara propone la conectividad de una interfaz Scada basado en LabVIEW con OPC Opto como cliente OPC “online state estimation” (OSE) para simulaciones en tiempo real. Esta modalidad es la que se usa en esta investigación para

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.563>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

el intercambio de datos del modelo y Scada diferenciándose por una diferente marca de servidor OPC que fue usada para obtener datos de un Programmable Logic Controller (PLC) [3].

Daniel. Silva nos expone la conectividad de un Scada basado en Wonderware, el servidor OPC Matrikon y Digsilent PowerFactory con similitudes por el uso del cliente OPC OSE, diferenciándose en la red estudiada y marca del software para la interfaz Scada [4].

Un simulador de entrenamiento basado en la integración de Digsilent PowerFactory y una interfaz Scada Siemens Simatic WinCC fue desarrollado, teniendo como objetivo el de capacitar a los operadores ante diferentes situaciones que sufre el modelo de red eléctrica de Turkmenistán y entregando una puntuación al operador por las acciones ejecutadas. Como similitudes es el uso de MatrikonOPC, Digsilent y con la diferencia de la marca de la interfaz Scada y su capacidad de grabar las acciones de los operadores para evaluarlos [5].

#### A. OPC

OPC es un estándar con un conjunto de especificaciones para garantizar el intercambio de datos de seguridad y confiabilidad para aplicaciones industriales y de automatización. Estas especificaciones definen la interfaz entre cliente y servidor que permite el acceso a los datos en tiempo real. La transferencia de datos incluye diferentes valores relacionados con el tiempo y una cierta cantidad de información, que está definida por la capa de Acceso de Datos OPC. Esta capa se basa en la tecnología de Microsoft Windows que utiliza el modelo de objetos de componentes distribuidos (COM / DCOM) para el intercambio de datos entre componentes de software [6].

### III. METODOLOGIA

La encuesta se basa en tomar en cuenta ciertas características deseable en toda interfaz, cada característica se valorará con un puntaje de 1 al 10, luego se obtiene un promedio de todos ellos, para ser colocado en una de tres secciones, 1 al 6 como poco amigable, 7-8 como amigable y 9-10 como muy amigable. Llevando a cabo la encuesta sobre la interfaz gráfica de DigSilent PowerFactory hacia los estudiantes, concluyendo en la Tabla 1 que una cuarta parte de los estudiantes piensa que la interfaz es poco amigable.

Ya conocida la problemática con dicho software de simulación de sistemas eléctricos, uno de los puntos importantes es a que modelo de red aplicar nuestra alternativa como demostración. Para este caso se ha escogido el modelo de red de Transmisión y Distribución de Arequipa, por motivo de mayor accesibilidad de los datos de la red (COES) y para difundir la estructura de la red eléctrica en nuestra ciudad y suburbios hacia los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Toda la red esta interconectada con otras por lo cual se debió aislar dicha red para poder simularla de manera sencilla. Una vez aislada, deberemos identificar todos los elementos y sus respectivas mediciones que deberán ser enviadas hacia la interfaz gráfica, haciendo un conteo de estas.

Para llevar a cabo la comunicación deberemos nombrar a cada variable que fueron identificadas anteriormente con un TAGID, con la cual serán reconocidas en Digsilent PowerFactory, MatrikonOPC y LabVIEW. Para una organización más rápida se colocó todas las variables en una tabla de datos (MS Excel) para luego ser importada a el servidor OPC. Con todas las variables definidas, se dio paso a la creación de los medidores externos en PowerFactory que enviarán y recibirán valores hacia y del servidor OPC mediante un código de programación DPL. Con variables y sus valores guardados en el servidor OPC, podemos compartirlas con el software LabVIEW que nos permitió manejarlas de una manera sencilla, configurándolas como indicadores numéricos, interruptores, casillas con opciones múltiples.

Se verifico que los datos recolectados y transmitidos hacia la interfaz educativa permitirán a los estudiantes y personal en entrenamiento trabajar con datos reales y precisos de nuestro sistema de distribución y transmisión planteado.

Por último, se llevó a cabo la encuesta de interfaz gráfica a la interfaz propuesta concluyendo que la nueva interfaz es más amigable.

#### B. Modelo de la Red Eléctrica Seleccionada

Diferentes modelos de red eléctrica pueden ser utilizados para la interfaz gráfica, en este caso el modelo elegido para el estudio es la red de transmisión y distribución en Arequipa que incluye niveles de tensión de 138 kV y 33kV ver Fig. 1, este modelo consta de varias barras de las zonas de Socabaya, Convertidor, Parque Industrial, Challapampa, Jesus, etc. Los elementos del modelo se resumen en la tabla 2.

TABLA 2  
RESUMEN DEL MODELO DE RED DE AREQUIPA

Tipo	Nombre	Característica
Generadores	Charcani V G1	48.45 MW
	Charcani V G2	48.45 MW
	Charcani V G3	48.45 MW
	Charcani VI	8.96 MW
Líneas	L-3000/3001	7.5 km
	L-3002	4.1 km
	L-3060/3061	2.97 km
	L-3070	5.2 km
	L-3071	0.1 km
	L-3072	3.25 km
	L-3080/3081	8.17 km
	L-3090/3091	8.37 km
	L-3100/3101	9.77 km
	L-1021/1022	20.7 km
	L-1041	31.1 km
	L-1043	10.4 km
L-1126	17.7 km	
Transformadores	TP-2	3D/45 MVA
	T40-13/T41-13	60MVA
	T4-103	75 MVA
	T-Charcani VI	11 MVA
	T-Convertidor	60MVA

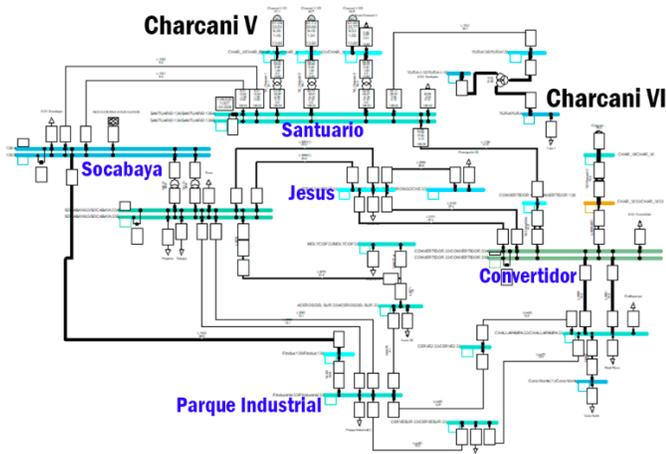


Fig. 1 Modelo Equivalente de la Red de Arequipa

### C. Estructura del Software

Esta estructura se basa en el uso de tres programas, para el cálculo de flujo de carga en sistemas eléctricos, otro para el intercambio de datos, y el último para la creación de la interfaz gráfica, ellos son DigSilent, MatrikonOPC y LabVIEW respectivamente.

### D. Estructura de Comunicación

Para poder realizar este software se hizo de uso de lenguaje de programación, en el caso de DigSilent PowerFactory es DPL, que es muy similar al lenguaje C++, por parte de LabVIEW nos brindó una programación gráfica mediante diagrama de bloques, la estructura del lenguaje se da por subsistemas ya que la programación DPL y de LabVIEW no están unidas directamente, ya que cada una está en un entorno distinto, pero que al ejecutarse conjuntamente forman el sistema completo que quisimos obtener como la Fig. 2.

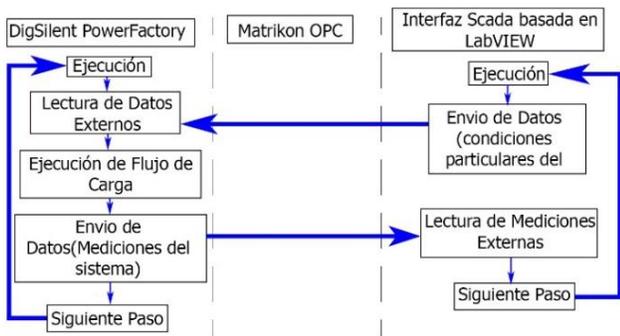


Fig. 2 Estructura de Comunicación

### E. Creación de Etiquetas en Digsilent PowerFactory y Matrikon OPC

Para poder extraer los datos de nuestro modelo hacia la interfaz gráfica se hizo uso de medidores externos Fig. 3 para extraer datos como potencia activa, potencia reactiva, tensión,

intensidad de corriente [7] y además como parte esencial se añadió etiquetas a cada medidor que nos permite diferenciar cada parámetros medido en Digsilent PowerFactory.

Dicha etiqueta tiene un formato donde el prefijo será el nombre del Alias o Grupo de variables y luego el nombre de la variable, cabe aclarar que el alias es siempre el mismo a diferencia del nombre Fig. 4. Todas las etiquetas creadas fueron guardadas en una tabla de datos (MS Excel) para luego ser importadas a Matrikon OPC Fig. 5.

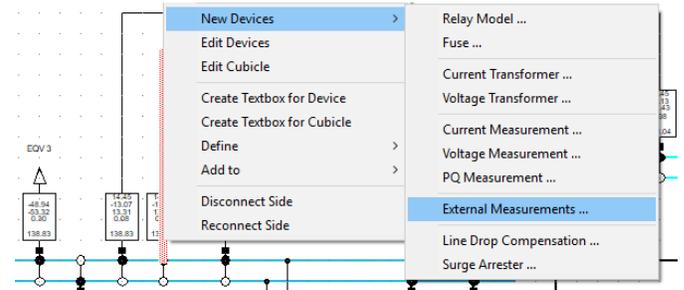


Fig. 3 Creación de medidores externos en PowerFactory

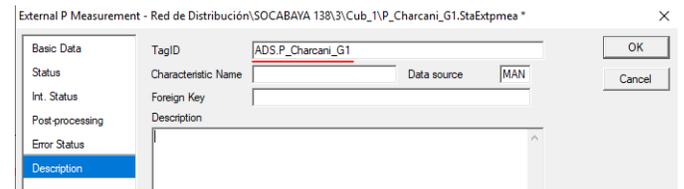


Fig. 4 Submenú descripción de medidores externos

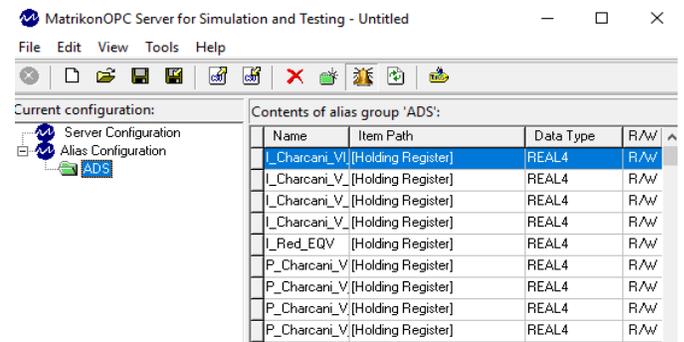


Fig. 5 Importación de Etiquetas a Matrikon OPC

### F. Interfaz Gráfica

La interfaz gráfica de la red eléctrica equivalente de Arequipa en la Fig. 6 brinda la posibilidad de mostrar los cálculos del flujo de carga como potencia activa, potencia reactiva, intensidad de corriente y frecuencia. Además de brindar la posibilidad de accionar los interruptores de la red.

En la Fig. 7 y Fig. 8 se muestran las ventanas que permiten controlar las cargas para visualizar la variación de potencia activa del generador de referencia y las características de los generadores.

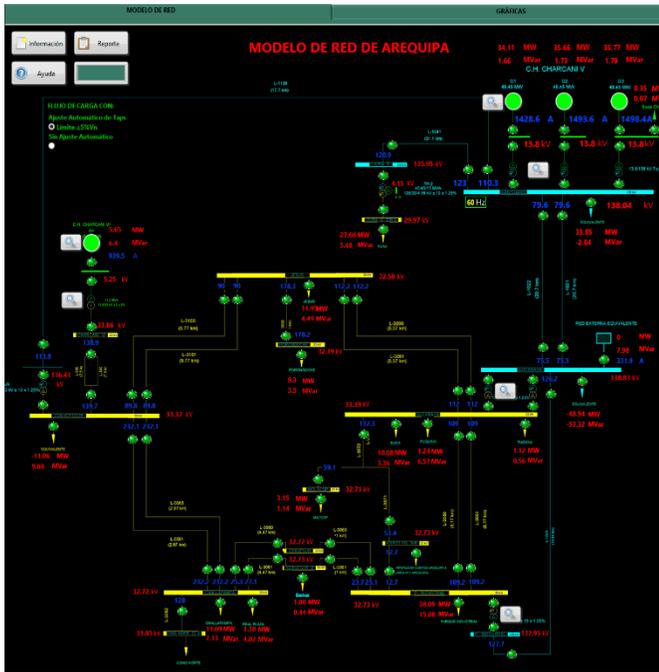


Fig. 6 Interfaz Gráfica 1, red eléctrica equivalente de Arequipa

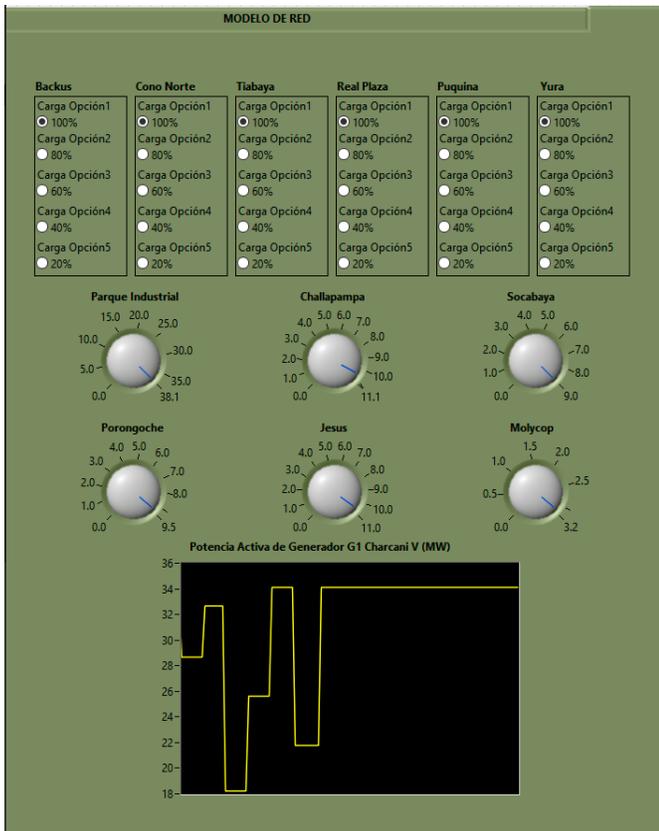


Fig. 7 Interfaz Gráfica 2, Control de Cargas y visualización de Gráficas

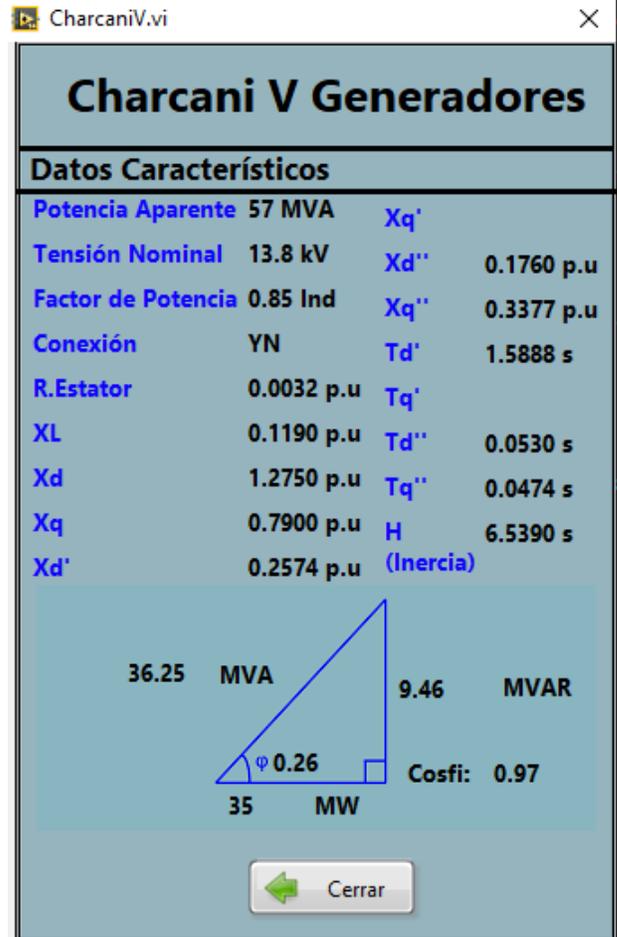


Fig. 8 Ventana de datos de generadores en la Interfaz Gráfica

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego que los 24 estudiantes de la primera fase ejecutaron la interfaz propuesta aplicando la misma encuesta, se observó que al 8.3% les parece un interfaz muy amigable, al 75% les parece amigable y a un 16.7% les parece poco amigable como se muestra en la tabla 3, fila interfaz propuesta.

TABLA 3 RESULTADOS, CALIFICACIÓN DE LA INTERFAZ POWERFACTORY Y LA PROPUESTA

Alumnos	En una escala del 1 al 10 que tan amigable es el simulador									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Interfaz PowerF						25.0%	62.5%	12.5%		
Interfaz Propuesta						16.7%	75.0%	8.3%		
MEJORA						-8.3%	12.5%	-4.2%		

Así mismo en la tabla 3, se analiza que hay una mejora del 8.3% de usuarios que consideran que la propuesta pasa de ser poco amigable a amigable, el 4.2% considera que la propuesta paso hacer de muy amigable a amigable y un 12.5% considera que la propuesta es más amigable; eso quiere decir que se ha logrado una interfaz más amigable y que facilitó a los estudiantes a realizar el análisis de un modelo de la red eléctrica de la ciudad de Arequipa.

Los resultados fueron satisfactorios. Puesto que permitió elaborar en LabVIEW una interfaz educativa que cuenta con características dinámicas, permite monitorear en tiempo real los parámetros, el manejo y el estado de los interruptores. Este modelo de red ha sido verificado por corridas de flujo de potencia, verificándose perfiles de tensiones, y valores de flujo de corriente entre Digsilent PowerFactory en la Fig. 9 y LabVIEW en la Fig. 10. Asimismo, ha sido sometido a maniobras de operación, comprobándose el comportamiento dinámico de Sistemas Eléctricos de Potencia, esta interfaz permitirá a los estudiantes una mejor comprensión e interacción en el análisis de sistemas eléctricos.

Otro punto importante a nombrar es que el intercambio de órdenes y datos para el simulador se actualiza cada 2 segundos por lo cual cada variación de ordenes se actualizará en este intervalo de tiempo, todo esto debido a que DigSilent PowerFactory toma este tiempo para recibir, enviar datos y realizar el análisis de flujo de carga como se muestra en la Fig. 11.

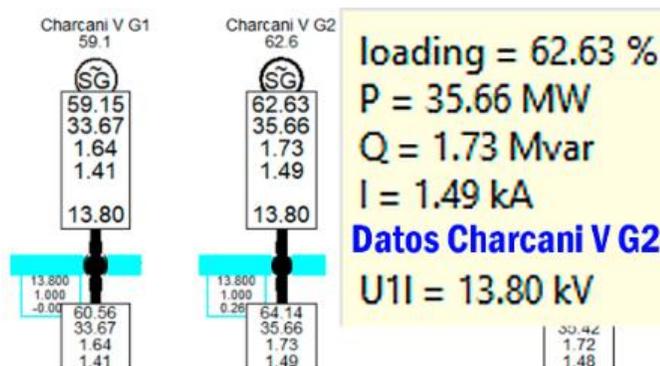


Fig. 9 Resultados de la simulación en Digsilent PowerFactory

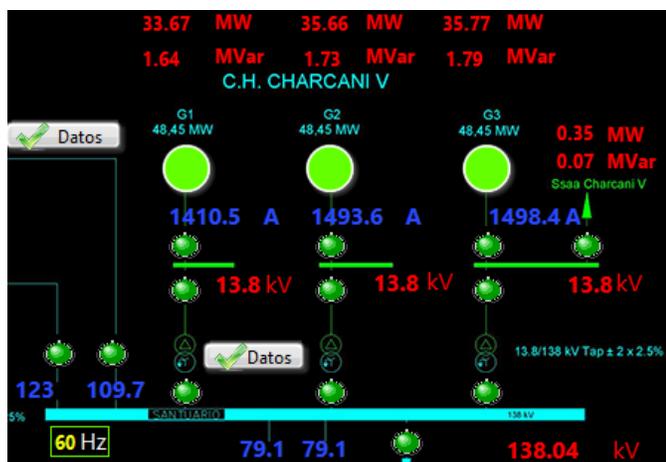


Fig. 10 Resultados de la Interfaz propuesta basada en LabVIEW y MatrikonOPC

```
[2020/06/05 14:35:10] DigSI/info - DPL Program 'DPL OPC' started
[2020/06/05 14:35:10] DigSI/info - A calculation relevant object was changed!
[2020/06/05 14:35:10] DigSI/info - The calculation results have been deleted.
[2020/06/05 14:35:10] DigSI/info - Desactivando Comando Link
[2020/06/05 14:35:10] DigSI/info - OPC Link stopped
[2020/06/05 14:35:10] DigSI/info - Comando Link Iniciando
[2020/06/05 14:35:10] DigSI/info - Matrikon.OPC.Simulation.1
[2020/06/05 14:35:10] DigSI/info - Initialization Done
[2020/06/05 14:35:10] DigSI/info - Comando Link Iniciado Exitosamente
Se recibio 98 datos
[2020/06/05 14:35:11] DigSI/info - Calculating load flow... 1er Ciclo
[2020/06/05 14:35:11] DigSI/info - -----
[2020/06/05 14:35:11] DigSI/info - Start Newton-Raphson Algorithm...
[2020/06/05 14:35:11] DigSI/info - load flow iteration: 1
[2020/06/05 14:35:11] DigSI/info - load flow iteration: 2
[2020/06/05 14:35:11] DigSI/info - load flow iteration: 3
[2020/06/05 14:35:11] DigSI/info - Newton-Raphson converged with 3 iterations.
[2020/06/05 14:35:11] DigSI/info - Load flow calculation successful.
Envio 113 datos
Se recibio 98 datos
[2020/06/05 14:35:11] DigSI/info - A calculation relevant object was changed!
[2020/06/05 14:35:11] DigSI/info - The calculation results have been deleted.
[2020/06/05 14:35:12] DigSI/info - Calculating load flow...
[2020/06/05 14:35:12] DigSI/info - -----
[2020/06/05 14:35:12] DigSI/info - Start Newton-Raphson Algorithm...
[2020/06/05 14:35:12] DigSI/info - load flow iteration: 1
[2020/06/05 14:35:12] DigSI/info - load flow iteration: 2
[2020/06/05 14:35:12] DigSI/info - load flow iteration: 3
[2020/06/05 14:35:12] DigSI/info - Newton-Raphson converged with 3 iterations.
[2020/06/05 14:35:12] DigSI/info - Load flow calculation successful.
```

Fig. 11 Tiempo de Actualización de la Interfaz entre ciclos

### V. CONCLUSIONES

- Empleando la propuesta de esta investigación, se mejora en un 8.3% la cantidad de usuarios que consideran que la interfaz para realizar el análisis de un modelo de la red eléctrica de la ciudad de Arequipa es más amigable, comparado con la simulación utilizando solo PowerFactory.
- El desarrollo de esta interfaz más amigable, facilita el análisis de la red eléctrica a los usuarios con poca experiencia permitiéndoles manipular la función de flujo de carga de una manera sencilla.
- La interfaz educativa propuesta para analizar un modelo de la red eléctrica de la ciudad de Arequipa, es capaz de mostrar los resultados del flujo de carga como tensión en barra, potencia activa, potencia reactiva de cargas y generadores, intensidad de corriente de líneas y generadores. También permite controlar los interruptores, para simular los diferentes casos de estudio; el ajuste automático de taps en transformadores y el control de cargas, pudiendo variarlas por porcentaje para poder visualizar la variación de potencia activa del generador de referencia. A partir de estas opciones que propone la interfaz, los estudiantes que operen este sistema podrán controlar y operar el sistema eléctrico de una forma más didáctica e intuitiva.
- La interfaz gráfica desarrollada en esta primera etapa solo analiza el modelo de la red eléctrica de la ciudad de Arequipa, pero puede ser utilizada como punto de partida para analizar otros modelos de redes eléctricas.

## REFERENCIAS

- [1] M. C. Albornoz, M. M. Berón y G. Montejano, «Evaluación de Interfaces Gráfica de Usuario.» *Repositorio Institucional de la UNLP*, pp. 1-2, 2015.
- [2] F. R. W. P. T. V. González Longatt, «PowerFactory as a Software Stand-in for Hardware in Hardware-In-Loop Testing.» de *PowerFactory Applications for Power System Analysis*, 2014, pp. 374-390.
- [3] R. R. Cristian A. Lara, «Protocolo OPC y Desarrollo del Proyecto en LabVIEW.» de *Implementación de LabVIEW como sistema SCADA para la arquitectura de control OPTO22, mediante una aplicación OPC.*, Bucaramanga, 2010, pp. 11-44.
- [4] D. P. Silva, «Servidor OPC, Power Factory (Digsilent) y Scada Wonderware System Platform.» de *Interconexión entre SCADA Wonderware System Platform y Software de Simulación Power Factory*, Valparaíso, 2017, pp. 13-40.
- [5] B. Ozcelik, M. E. Cebeci, O. B. Tor, G. Unver y K. Ozen, Transmission Dispatcher Training Simulator based on Integration of DigSilent PowerFactory and Siemens Simatic WinCC SCADA Software Platform, Ankara, Turquía, September 3 2018.
- [6] D. Martinez, D. Celeita, D. Clavijo y G. Ramos, Hardware and Software Integration as a Realist SCADA Environment to Test Protective Relaying Control, December 6 2017, p. 2.
- [7] DigSilent, PowerFactory 15 User Manual, 2015, pp. 986-990.