

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FLUXTOOL

SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DEL FLUJO DE CARGA EN SISTEMAS DE POTENCIA

EJEMPLO PRÁCTICO

EDWIN FLOREZ BAUTISTA
JUAN CAMILO CORTES BORRAY

DIRECTOR DE PROYECTO: ING DIEGO ARMANDO GIRAL RAMIREZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD

BOGOTÁ-COLOMBIA
2019

Índice

1. EJEMPLO PRÁCTICO **2**

1.1. Recopilación de los datos del ejemplo 2

2. GUIA DE INGRESO DEL EJEMPLO PRÁCTICO EN EL SOFTWARE FLUXTOOL **3**

2.1. Matriz de admitancias 3

2.1.1. *Importar la matriz de admitancias* 3

2.1.2. *Ingresar la matriz de admitancias de forma manual* 4

2.2. Ingreso de la información principal 5

2.3. Ingreso de la información de líneas y nodos 6

2.4. Resultados 7

1. EJEMPLO PRÁCTICO

La Figura 1 muestra el diagrama de un sistema de potencia de tres nodos con generación en los nodos 1 y 3. El voltaje en el nodo 1 es de $V_1 = 1.025\angle 0°[pu]$. El voltaje del nodo 3 es de $|V_3| = 1.03[pu]$, con una potencia activa generada de $300[MW]$. Una carga de $400[MW]$ y $200[Mvar]$ para el nodo 2. Las impedancias de las lineas se dan en por unidad con una potencia base de $100MVA$ para todo el sistema.

Resolver el flujo de carga usando los métodos de Gauss-Seidel, Newton Raphson, Newton Raphson Desacoplado y Newton Raphson Desacoplado Rápido con un error de convergencia de 0.001.

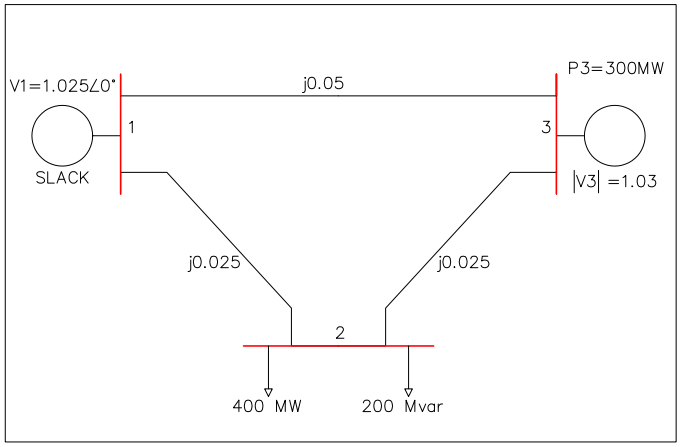


Figura 1: Diagrama del sistema de potencia para el ejemplo práctico.

1.1. Recopilación de los datos del ejemplo

Se procede a calcular todas las potencias del sistema en por unidad.

$$S_{nodo2} = \frac{400 + 200j[MVA]}{100[MVA]} = 4 + 2j[pu]$$

$$S_{nodo3} = \frac{300 + 0j[MVA]}{100[MVA]} = 3[pu]$$

Teniendo las potencias del sistema en por unidad, se plantean los datos de condiciones iniciales para los nodos y líneas del sistema en las Tablas 1 y 2.

Nodo	Típo	Tensión [pu]	Pg [pu]	Pd [pu]	Qd [pu]
1	Slack	$1.025\angle 0°$	-	-	-
2	PQ	$1.0\angle 0°$	-	4	2
3	PV	$1.03\angle 0°$	3	-	-

Tabla 1: Condiciones iniciales.

Líneas	Impedancia de la línea [pu]	Longitud [km]
1-3	$j0.05$	1
1-2	$j0.025$	1
2-3	$j0.025$	1

Tabla 2: Datos de las líneas.

A continuación se construye la matriz de admitancias o Ybus, a partir de los datos de las líneas.

$$Ybus = \begin{bmatrix} -60j & 40j & 20j \\ 40j & -80j & 40j \\ 20j & 40j & -60j \end{bmatrix}$$

2. GUIA DE INGRESO DEL EJEMPLO PRÁCTICO EN EL SOFTWARE FLUXTOOL

Ya se tienen los datos necesarios para trabajar en Fluxtool. A continuación, se describirá el paso a paso que se debe seguir, mostrando cada ventana de interacción del software y así ingresar la información de un ejemplo práctico al programa y obtener la información deseada.

2.1. Matriz de admitancias

Una vez se de inicio en la interfaz principal del programa, se abrirá la ventana **Matriz de Admitancias,** donde el usuario podrá ingresar la matriz de admitancias. Para esta tarea se contará con dos opciones que permitirán entregarle a Fluxtool la matriz Ybus; las posibilidades son las siguientes:

2.1.1. *Importar la matriz de admitancias*

La Figura 2 muestra un archivo Excel llamado **ybus**, el cual fue creado previamente. Este archivo contiene la matriz de admitancias del ejercicio en la hoja número 3. Es importante saber el número de la hoja donde se tiene la matriz ybus del ejercicio, ya que el software no necesita de un archivo único para importarlo, solo requiere que se le indique la hoja del archivo con la que se desea trabajar.

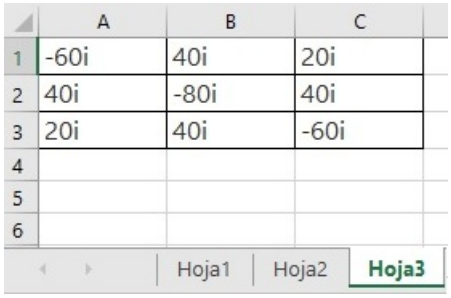


Figura 2: Archivo Excel con la matriz de admitancias.

La Figura 3 muestra el formato que debe ser empleado en el Excel al momento de introducir los valores de la matriz de admitancia, para que sea leído correctamente por Fluxtool. Se debe escribir al inicio de cada celda el simbolo de apóstrofe o comilla simple, seguido del valor de la admitancia del elemento de la matriz..

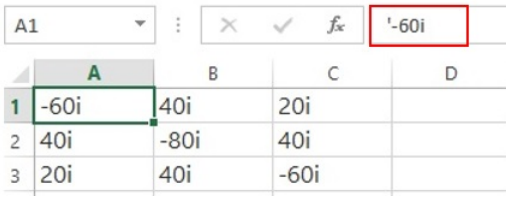


Figura 3: Formato de escritura en Excel para ingresar la matriz de admitancias.

Para importar la matriz de admitancias del ejemplo, se digita el número de la hoja de Excel donde se encuentra la matriz y se pulsa **IMPORTAR,** como se muestra en la Figura 4.

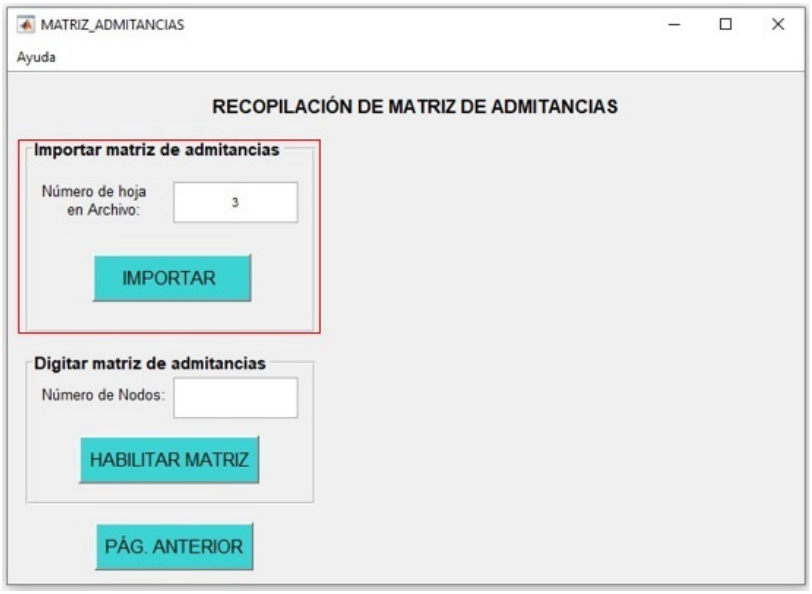


Figura 4: Interfaz de ingreso de la matriz de admitancia.

Seguido de esto aparecerá la siguiente ventana:

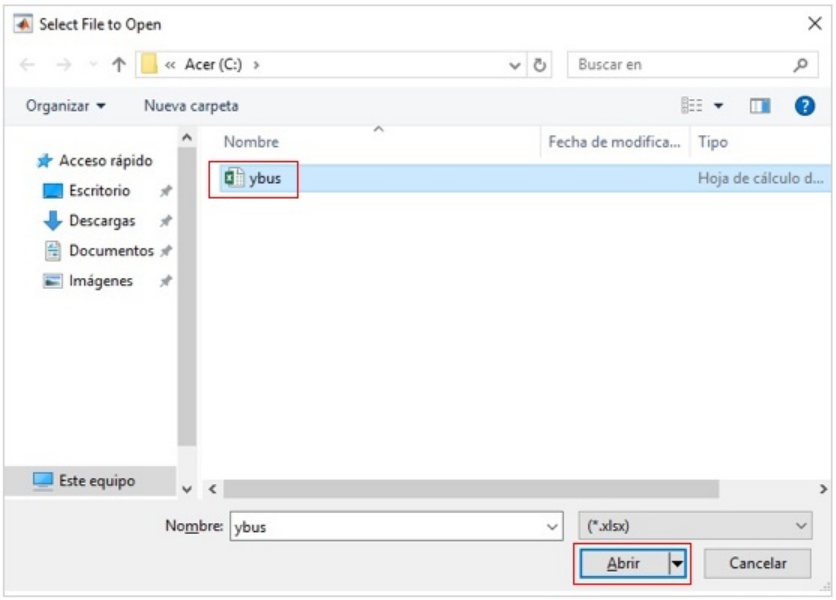


Figura 5: Importar archivo Excel con la matriz de admitancias.

En la ventana de la Figura 5, se debe asignar la ruta donde se tiene guardado el archivo Excel, el cual no requiere que sea guardado en un sitio específico o en la misma ruta del software. Se recomienda que se encuentre cerrado el archivo para evitar cualquier tipo de conflicto de ejecución.

Una vez se ha encontrado la ruta del archivo Excel en el computador, se selecciona y luego se pulsa el botón **Abrir**, lo que automáticamente ingresará la matriz de admitancias al programa y dará paso a la siguiente ventana de **Información principal.**

2.1.2. *Ingresar la matriz de admitancias de forma manual*

Se ingresa el número de nodos en la casilla del mismo nombre, para este caso el sistema de potencia tiene 3 nodos, luego se pusla **HABILITAR MATRIZ,** como se muestra en la Figura 6.

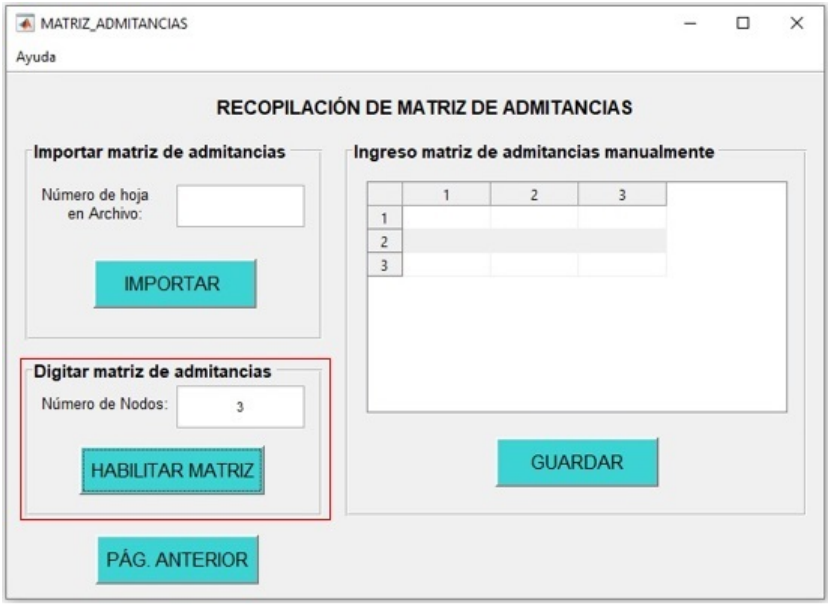


Figura 6: Habilitar tabla para el ingreso manual de la matriz de admitancia.

Como se puede observar en la Figura 7, se ha creado una tabla con dimensiones 3x3 para ingresar uno a uno los valores de la matriz de admitancias. Una vez se hace esto, se pulsa el botón **GUARDAR,** para seguir a la ventana de **Información principal.**

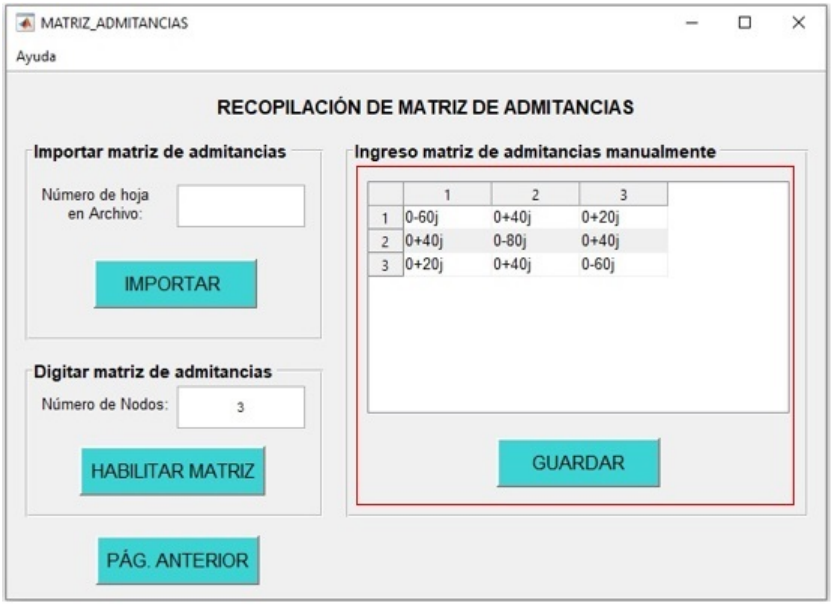


Figura 7: Ingreso manual de la matriz de admitancia.

2.2. Ingreso de la información principal

La Figura 8 muestra la información que debe ser ingresada en las casillas, de acuerdo a lo planteado en el enunciado del ejemplo práctico, además se sabe que el sistema no posee transformadores ni capacitancias en sus líneas.

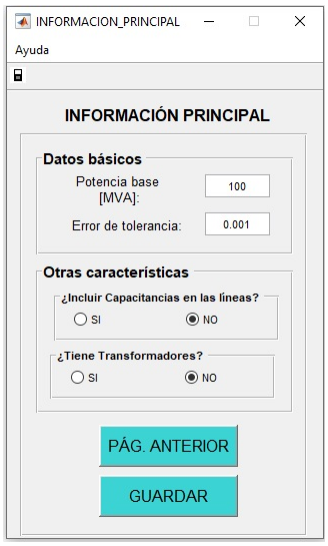


Figura 8: Ingreso de datos en la ventana de información principal.

2.3. Ingreso de la información de líneas y nodos

Se iniciará escribiendo el número de líneas del sistema, para este caso son 3 líneas. Una vez se pulse el botón **Entrar valor** y la tabla se haya creado, se procede a llenar los párametros de conexión de las líneas entre nodos, como se muestra en la Figura 9.

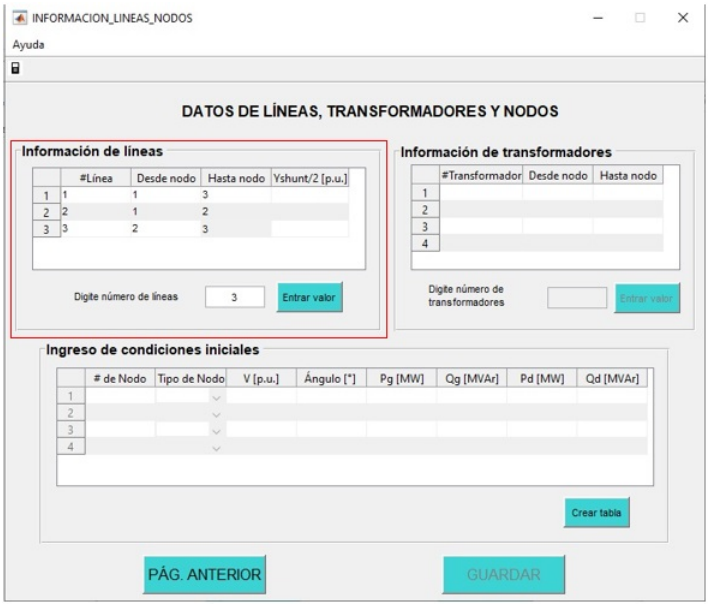


Figura 9: Ingreso de datos en la tabla Información de líneas.

- Cuando el sistema tenga transformadores, el ingreso de estos se realiza de la misma forma descrita anteriormente, pero en la tabla de **Información de transformadores**. Se introduce el número de transformadores para activar la tabla y se llena la informacion requerida.

- Cuando las líneas posean capacitancias, el ingreso de estas se debe realizar en la casilla **Yshunt/2** de la tabla **Información de líneas,** en valor de susceptancia y sin añadir la letra **j** o **i**, ya que el software reconoce que forma parte del imaginario de la admitancia.

Cuando se llene la tabla de **Información de líneas**, se podrá habilitar la tabla de condiciones iniciales pulsando el botón **Crear tabla**, en donde se podrán ingresar los párametros de típos de nodos, tensiones, ángulos y potencias planteados inicialmente en el desarrollo del ejercicio, como lo muestra la Figura 10.

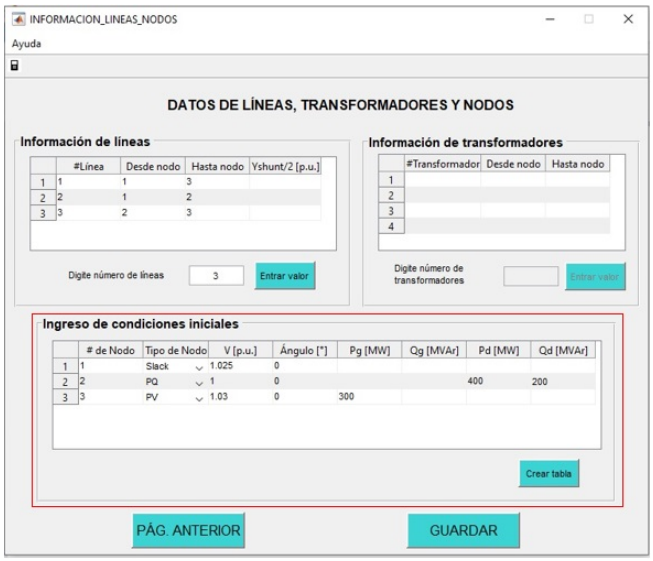


Figura 10: Ingreso de las condiciones iniciales.

Se pulsa el botón **GUARDAR** para continuar con la ventana final de **Resultados.**

2.4. Resultados

Para obtener los resultados finales de las tensiones y el balance de potencias en los nodos, se pulsará el botón **CALCULAR**. A continuación se muestran las diferentes posibilidades que brinda Fluxtool para obtener los datos finales del ejemplo.

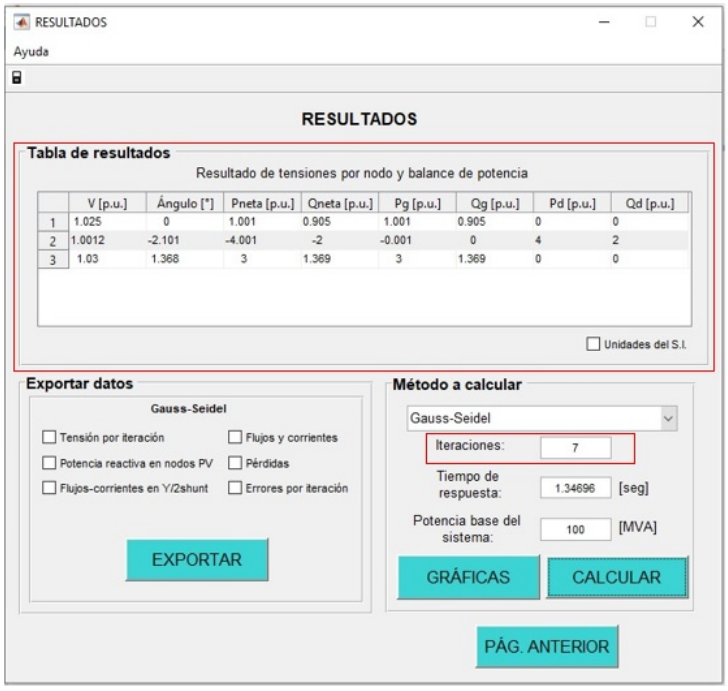


Figura 11: Resultados del ejemplo 1 por Gauss-Seidel.

En la Figura 11, se evidencia los valores de tensión, ángulo y balance de potencia por nodo del ejemplo práctico. También se observa un total de 7 iteraciones para el método de Gauss-Seidel y aproximadamente menos de un segundo le toma al ordenador procesar dicho cálculo.

Ahora se dará paso a exportar los resultados del ejemplo y otros datos relacionados con la solución teórica del método Gauss-Seidel. Para esto seleccionamos las casillas de interés y se procede a pulsar el botón **EXPORTAR**, como se muestra en la Figura 12.

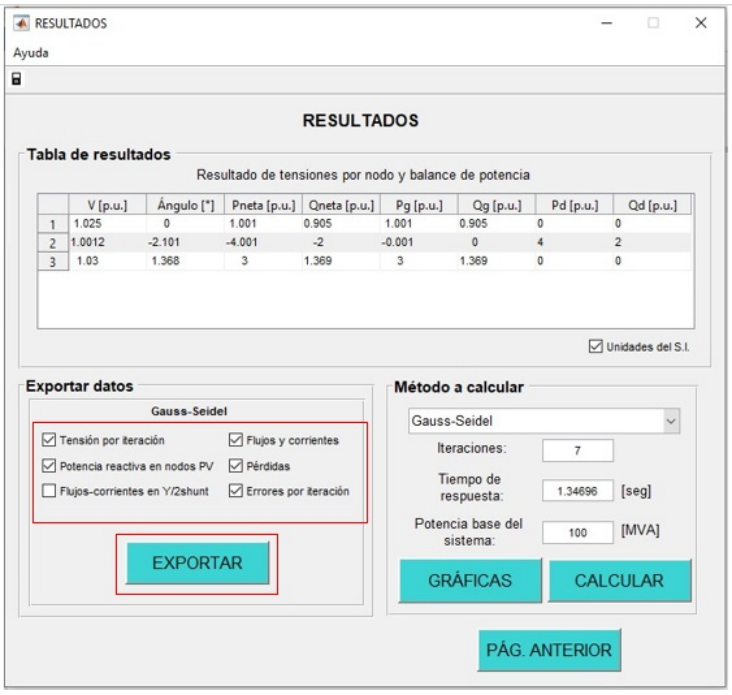


Figura 12: Exportar datos.

Como herramienta de salida de datos, Fluxtool genera dos gráficas que relacionan variables de tensión en los nodos y el número de iteraciones. Para acceder a estas gráficas, se pulsar el botón **GRÁFICAS.**

La Figura 13 muestra la gráfica del valor de tensión por cada iteración en los nodos, para Gauss-Seidel en el ejemplo práctico. El usuario puede observar como va cambiando el valor de la tensión en el nodo 2 el cual es un nodo PQ, hasta alcanzar la convergencia en la iteración número 7.

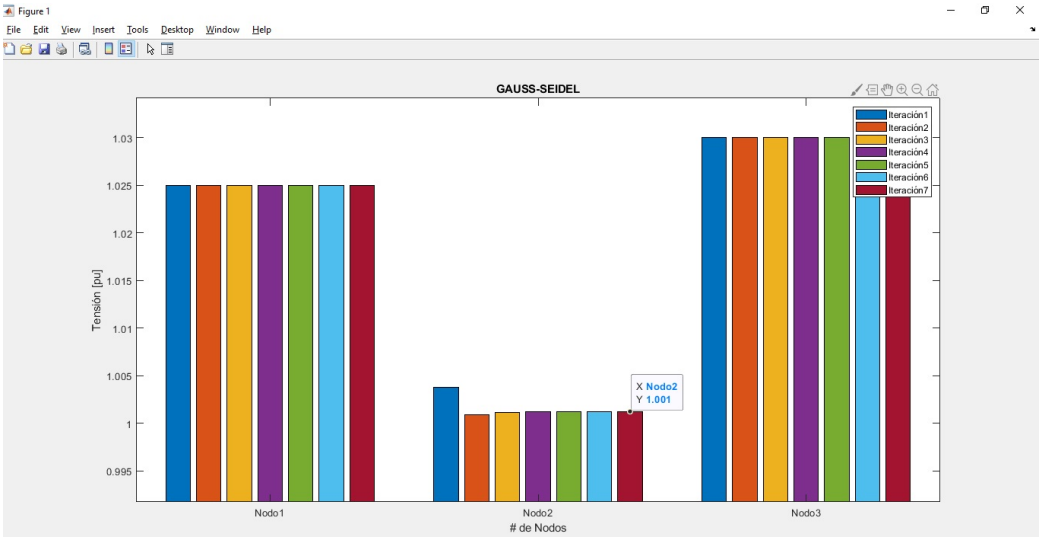


Figura 13: Gráfica de Tensión vs Número de nodos para el ejemplo práctico.

La Figura 14 muestra la gráfica del valor del número de iteraciones por cáda método en el ejemplo práctico. El usuario puede tener una perspectiva más amplia de la eficiencia de cáda método para lograr la convergencia en el flujo de carga del ejemplo actual, basado en el número de iteraciones.

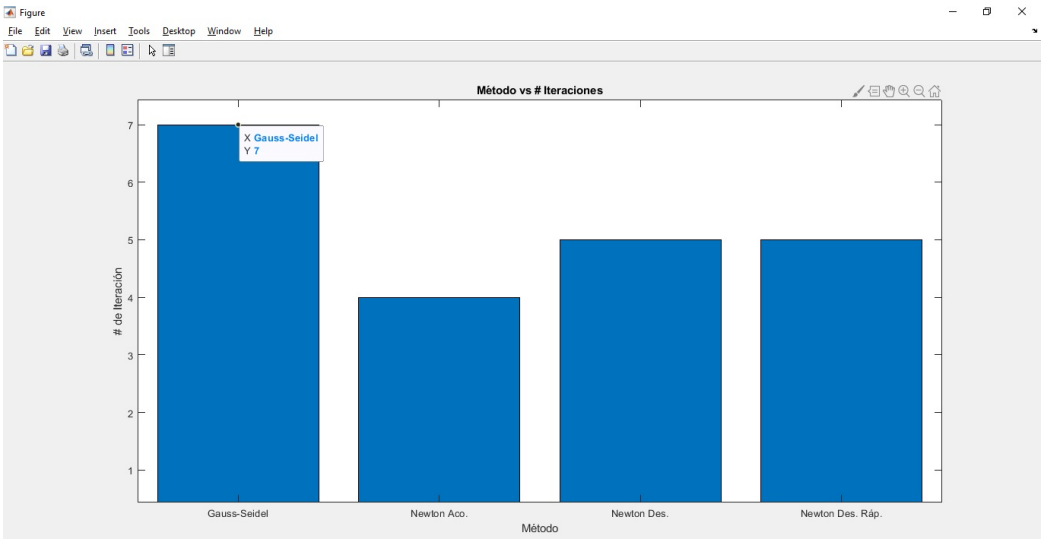


Figura 14: Gráfica del número de iteraciones vs métodos numéricos para el ejemplo práctico.