

Perspectiva Académica en el Departamento de Ciencias Exactas e Ingeniería de la UCB Utilizando el GUIDE

Francisco J. T. Vargas¹, Rossio N. Oros Molina²

¹ Empresa Brasileira de Aeronáutica, ² Departamento de Ciencias Exactas e Ingeniería,
Universidad Católica Boliviana

e-mail: ¹ francisco.vargas@embraer.com.br, nathaly_oros@hotmail.com

Resumen

Debido al continuo avance tecnológico, se ha tornado necesaria la utilización de programas computacionales que contribuyan a la modernización de la enseñanza en ingeniería. Dentro de este contexto la Universidad Católica Boliviana de Cochabamba ha dado inicio a la familiarización de profesores y alumnos con algunos de estos programas. Específicamente el MATLAB, programa que viene siendo utilizado mundialmente en unidades de enseñanza y en algunos complejos industriales. Entre los objetivos de este artículo están: la socialización, uso y desarrollo del GUIDE (Graphical User Interface Development Environment) de MATLAB como herramienta en la resolución de problemas de ingeniería y ciencias exactas a través de dos ejemplos, uno para el ciclo básico que es la presentación de una interfase para la resolución de ecuaciones diferenciales y otra para el ciclo avanzado que corresponde a la configuración de una interfase para estudiar el problema de atenuación de señal en comunicaciones vía satélite.

Palabras clave: MATLAB, GUIDE, programas computacionales, modelaje.

1 Introducción

MATLAB [3] es un sistema grafico que integra la capacidad de realizar cálculos, programación y la visualización grafica en un ambiente interactivo bastante amigable, donde los problemas y sus soluciones son expresados en un lenguaje matemático simple. El programa en cuestión posee herramientas bastante poderosas para diferentes tipos de aplicaciones, tanto en ingeniería como en otras áreas [8]. Es sabido que en las diferentes áreas de ingeniería usualmente son necesarias herramientas que simplifiquen las rutinas corrientes de los estudiantes y de los propios ingenieros, esto principalmente cuando se trata del desarrollo de modelos computacionales asociados a proyectos reales

o teóricos. Estas herramientas deben permitir la visualización completa de todas las etapas del proceso.

Intentando satisfacer la creciente demanda por nuevas tecnologías, diversas instituciones de enseñanza, entre ellas la Universidad Católica Boliviana, así como algunos complejos industriales, han establecido metas para crear laboratorios virtuales, que permitan no solamente el uso del MATLAB sino también de otros programas de alto desempeño [4].

Es en este sentido que el presente artículo tiene por objetivos la difusión, uso y desarrollo de la interfase GUIDE (Graphical User Interface Development Environment) de MATLAB en problemas enfrentados por los alumnos de ingenierías y ciencias exactas, en los ciclos básico y avanzado. Por otro lado, se pretende también contribuir en el sentido de desmitificar estos programas, mostrando de la manera más simple su utilización. El enfoque presentado está totalmente direccionado a problemas de ingeniería y ciencias exactas.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: el ciclo básico y la descripción del problema correspondiente se describe en la sección 2. En la sección 3 son presentados los resultados correspondientes a la interfase grafica del ciclo básico. En la sección 4 se realiza la introducción al ciclo avanzado y la presentación del problema. En la sección 5 son presentados los resultados obtenidos para el ciclo avanzado. Finalmente en la sección 6, se plantean algunas conclusiones.

2 Ciclo básico

El ciclo básico en las carreras de ingeniería y ciencias exactas comprende materias como cálculo, álgebra, ecuaciones diferenciales, transformadas, integrales, variable compleja, circuitos eléctricos y algunas otras. Considerando estos aspectos, a continuación se realiza la descripción de un problema empleando *ecuaciones diferenciales*.

2.1 Descripción del problema

La mayoría de los fenómenos que se presentan en la naturaleza involucran la variación de una cantidad en relación a otra, llevando naturalmente a modelos matemáticos basados en *ecuaciones diferenciales* [5]. Las *ecuaciones diferenciales* son expresiones obtenidas a través del modelaje de estos fenómenos empleando leyes como la segunda ley de Newton, la ley de conservación de energía y las leyes de Kirchhoff. Se pueden observar ejemplos tales como la variación temporal de la posición de un objeto, la temperatura de un material, la densidad de bacterias en cultivo, la densidad de masa de un gas, etc. Además de las variaciones temporales, se tiene también la variación en relación a otras cantidades como la variación de la densidad de masa en relación a la temperatura, etc. A continuación se establece el modelo para obtener la ecuación de *Van der Pol*.

2.2 Ecuación de Van der Pol

La figura 1 ilustra una importante clase de circuitos electrónicos oscilatorios.

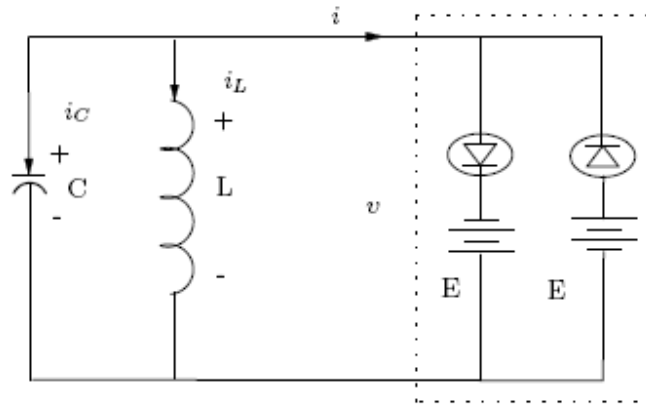


Figura 1: Circuito oscilatorio básico

Para establecer el modelo matemático de este circuito los valores de L y C pueden ser asumidos como lineales e invariables en el tiempo, o sea tienen valores mayores a cero. El elemento resistivo compuesto por dos diodos túnel es un circuito activo caracterizado por una relación corriente-tensión $i \times v$, que puede ser definida como $i = h(v)$ [6]. La función $h(\cdot)$ satisface las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned} h(0) &= 0 & \dot{h} &< 0 \\ h(v) &\rightarrow \infty & v &\rightarrow \infty \\ h(v) &\rightarrow -\infty & v &\rightarrow -\infty \end{aligned} \quad (1)$$

donde $\dot{h}(v)$ corresponde a la primera derivada de la función en relación a v .

Utilizando las leyes de corriente y voltaje de Kirchoff [1], la ecuación del circuito puede ser escrita como:

$$C \frac{dv}{dt} + \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t v(s) ds + h(v) = 0 \quad (2)$$

Derivando la ecuación (2) con relación al tiempo,

$$CL \frac{d^2v}{dt^2} + v + Lh'(v) \frac{dv}{dt} = 0 \quad (3)$$

Haciendo $\tau = t/\sqrt{LC}$ se puede expresar la ecuación (3) como componentes de las siguientes derivadas

$$\frac{dv}{dt} = \sqrt{CL} \frac{dv}{d\tau} \quad (4)$$

$$\frac{d^2v}{d\tau^2} = \sqrt{CL} \frac{d^2v}{dt^2} \quad (5)$$

Reemplazando las ecuaciones (4) y (5) en (3) y haciendo $h(v) = -v + 1/3v^3$, la ecuación del circuito está dada por:

$$\ddot{v} - \varepsilon(1 - v^2)\dot{v} + v = 0 \quad (6)$$

Donde $\varepsilon = \sqrt{L/C}$.

La ecuación (6) es conocida como la ecuación de *Van der Pol*. Esta ecuación se constituye en un ejemplo fundamental de la teoría no lineal de oscilaciones. Para escribir el modelo matemático como una ecuación de estado, son asumidas las siguientes igualdades $y_1 = v$ y $y_2 = \dot{v}$, de esta forma la ecuación obtenida es:

$$\begin{aligned} y_1 &= y_2 \\ y_2 &= -y_1 + \varepsilon(1 - y_1^2)y_2 \end{aligned} \quad (7)$$

2.3 Desarrollo

La interfases graficas desarrolladas utilizando el GUIDE de MATLAB están constituidas por varios bloques. La estructura de ejecución está ilustrada en la figura 2.

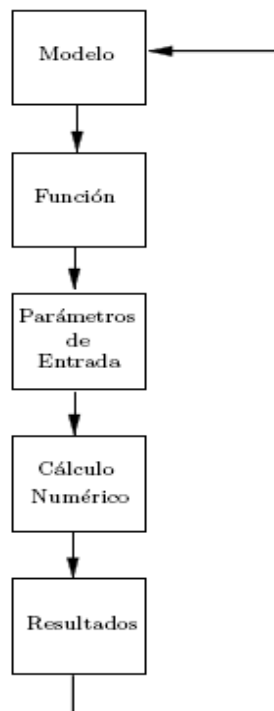


Figura 2: Estructura de las interfases graficas

En el bloque **Modelo** se realiza la selección del mismo. El próximo paso corresponde a la descripción matemática escrita como **Función** de MATLAB de la siguiente forma:

```
function dydt = f_vdp(t,y,epsilon)
% f_vdp To evaluate the van der Pol ODE
%
dydt = [y(2); epsilon*(1-y(1)^2)*y(2)-y(1)];
return;
```

Los **parámetros de entrada** corresponden al intervalo de tiempo t_{vec} , el conjunto de condiciones iniciales $[y(0) \quad \dot{y}(0)] = in_cond$ y la variable ε que varía entre 0 y 1.

El **cálculo numérico** se realiza empleando la función **ODE45** del MATLAB (otras funciones también pueden ser empleadas), la misma que se presenta a continuación:

```
[t,y]=ode45(@f_vdp,t_vec,in_cond,options,epsilon);
```

En esta línea de código, se puede observar que las variables de entrada corresponden exactamente a las mencionadas en el párrafo anterior, las variables de salida son los estados correspondientes al voltaje y y su derivada \dot{y} , así como el tiempo t .

3 Resultados del ciclo básico

La primera interfase correspondiente a la selección de los modelos está ilustrada en la figura 3. En este primer resultado se puede observar que no solamente se tiene acceso al análisis de la ecuación de *Van der Pol* sino también a otros problemas como el del péndulo con fricción, el diodo túnel o la ecuación de *Volterra*.

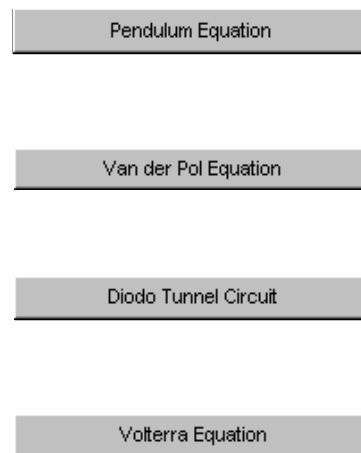


Figura 3: Modelos matemáticos

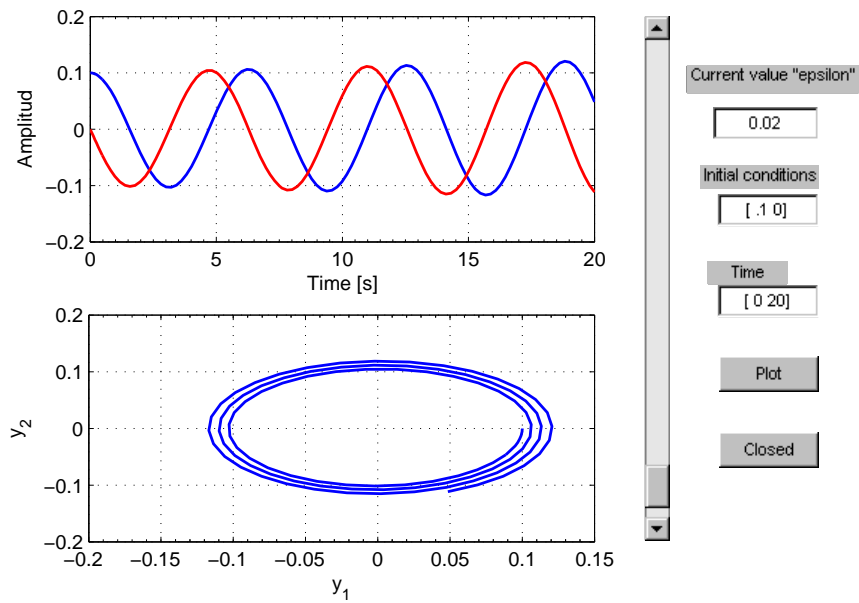


Figura 4: Resultados obtenidos para $\varepsilon = 0,02$

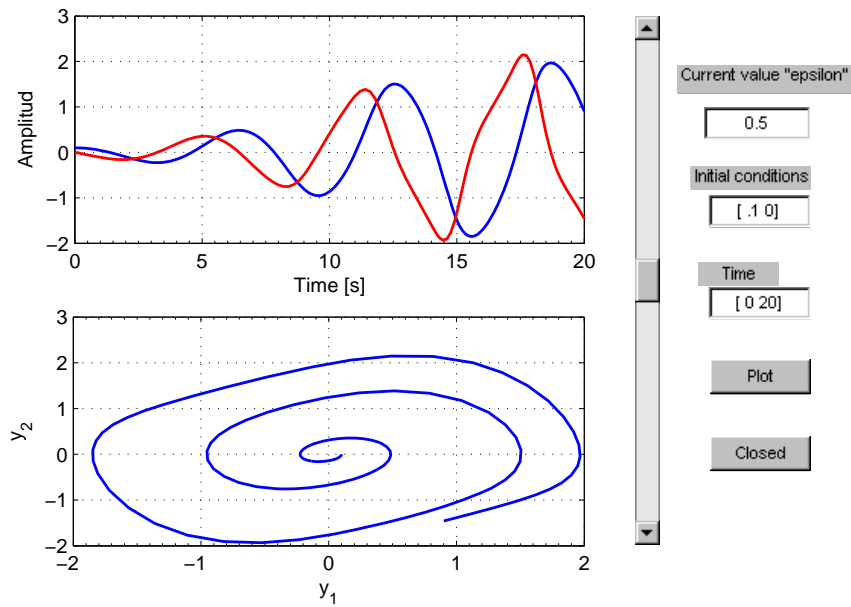


Figura 5: Resultados obtenidos para $\varepsilon = 0,5$

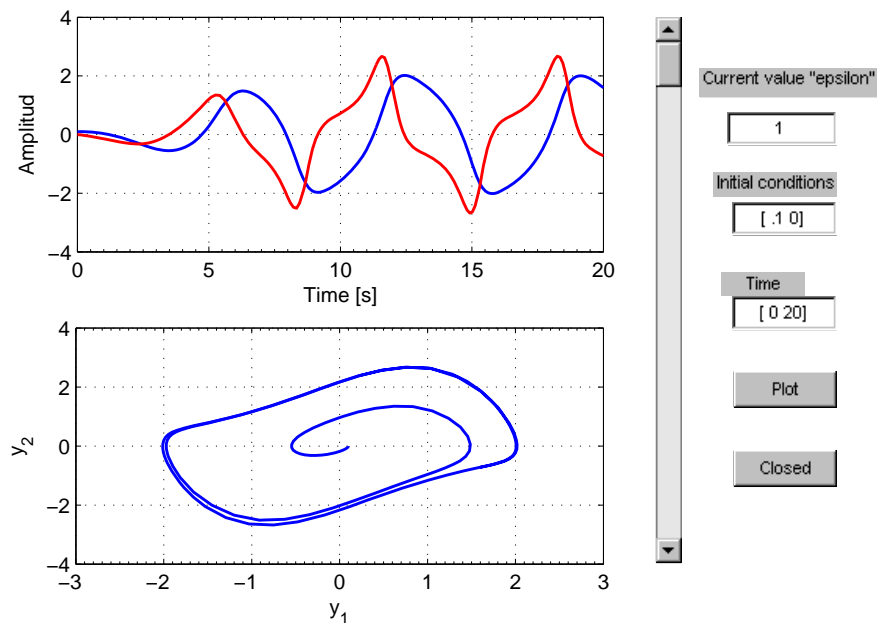


Figura 6: Resultados obtenidos para $\varepsilon = 1$

La segunda interfase puede ser visualizada en las figuras 4, 5 y 6. El primer resultado corresponde al análisis de la ecuación para un valor de $\varepsilon = 0,02$. En este resultado es posible observar las condiciones iniciales utilizadas, el intervalo de tiempo, la respuesta temporal de la función y el diagrama de fase. A través de este análisis se puede verificar que el comportamiento del sistema es oscilatorio.

Los diagramas de fase y el comportamiento temporal para valores de $\varepsilon = 0,5$ y $\varepsilon = 1$ ilustrados en las figuras 5 y 6, corresponden a trayectorias periódicas aisladas llamadas ciclos límite [6].

Como se puede observar la interfase permite la utilización de otras condiciones iniciales, otros valores de ε y otros intervalos de tiempo.

4 Ciclo avanzado

En el ciclo avanzado de las carreras de ingenierías y ciencias exactas son presentados al alumno problemas reales abarcando la especialidad elegida. Con esta consideración, a continuación se presenta una breve introducción a las comunicaciones vía satélite correspondiente a la especialidad de telecomunicaciones y la descripción del problema de la atenuación de señal debida a fenómenos meteorológicos.

4.1 Descripción del problema

Como es sabido, un sistema de comunicaciones vía satélite está compuesto básicamente por el satélite y las estaciones de radio de origen y destino de las informaciones, las mismas que son denominadas estaciones terrestres. La figura. 7 ilustra la configuración básica del sistema.

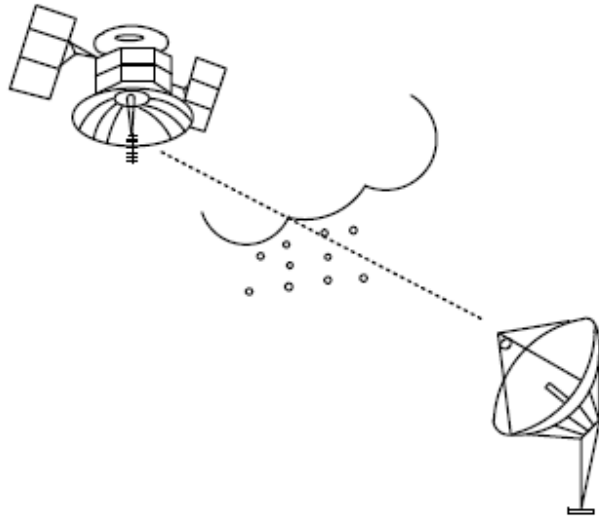


Figura 7: Configuración básica

Las frecuencias de subida y bajada son establecidas considerando las siguientes bandas:

Tabla 1. Principales fajas de frecuencia

Banda	Subida [GHz]	Bajada [GHz]
C	6	4
Ku	14	12
Ka	29	19

Los sistemas de comunicación vía satélite en las Bandas Ku (12 a 18 GHz) y Ka (18 a 40 GHz), se constituyen en una tecnología moderna y de gran potencial en términos de servicios de telecomunicaciones. Debido a la alta frecuencia, servicios de telefonía, de datos y de televisión pueden ser ofrecidos a través de estaciones terminales VSAT (Very Small Aperture Terminals) y USAT (Ultra Small Aperture Terminals), lo que le permite al sistema adquirir características técnicas y económicas viables.

Sin embargo, en las bandas Ka y Ku los fenómenos meteorológicos ocurridos en la troposfera son motivo de preocupación debido a la atenuación que ocasionan en la propagación de la señal. Algunos de los factores que ocasionan esta atenuación son: la presencia de lluvia, la absorción de gases, las nubes y la neblina, entre otros [2]. A lo

largo de las últimas décadas, amplios estudios teóricos y experimentales han permitido obtener modelos de atenuación con muy buena precisión. En este artículo para la realización de la interfase gráfica está descrito solamente el modelo de atenuación debido a la absorción de gases

4.2 Atenuación por absorción de gases

El método para determinar la atenuación por absorción de gases (oxígeno y vapor de agua) está dado por la recomendación ITU-R-P.618 [2]. Algunos de los parámetros de entrada corresponden a la frecuencia f , el ángulo de elevación de la terminal terrestre θ , la altitud al nivel del mar y la densidad de vapor de agua μ .

La atenuación por absorción de gases es calculada como la suma de las componentes debidas al oxígeno y al vapor de agua. De esta forma la atenuación específica del vapor de agua γ_ω dB/Km para una presión de 1013 hPa, una temperatura de 15° y para $f < 350$ GHz está dada por:

$$\gamma_\omega = (0,05 + 0,0021\mu + aux)f^2\mu 10^{-4} \quad (8)$$

donde f corresponde a la frecuencia, μ es la densidad del vapor de agua, y

$$aux = \frac{3,6}{(f - 22,2)^2 + 8,5} + \frac{10,6}{(f - 183,3)^2 + 9} + \frac{8,9}{(f - 325,4)^2 + 26,3}$$

La atenuación total en dB debida al vapor de agua está dada por:

$$A_\omega = \frac{h_\omega \gamma_\omega}{\sin \theta} \quad \theta > 10 \quad (9)$$

$$A_\omega = \frac{\gamma_\omega \sqrt{R_e h_\omega}}{\cos \theta} F\left(\tan \theta \sqrt{\frac{R_e}{h_\omega}}\right) \quad \theta \leq 10 \quad (10)$$

donde R_e corresponde al radio efectivo de la tierra igual a 8.500 Km, θ es el ángulo de elevación, h_ω es la altura equivalente del vapor de agua dado por:

$$h_\omega = h_{\omega 0} \left(1 + \frac{3}{(f - 22,2)^2 + 5} + \frac{5}{(f - 183,3)^2 + 6} + \frac{5}{(f - 325,4)^2 + 4} \right) \quad (11)$$

tal que $h_{\omega 0} = 1,6$ Km y

$$F(x) = \frac{1}{0,661x + 0,339 + \sqrt{x^2 + 5,51}} \quad (12)$$

La atenuación específica del oxígeno γ_o dB/Km para una $f < 57$ GHz está dada por:

$$\gamma_o = \left(7,19 \times 10^{-3} + \frac{6,09}{f^2 + 0,227} + \frac{4,81}{(f - 57)^2 + 1,5} \right) f^2 10^{-3} \quad (13)$$

La atenuación total en dB está dada por:

$$A_o = \frac{h_o \gamma_o}{\sin \theta} \quad \theta > 10 \quad (14)$$

$$A_o = \frac{\gamma_o \sqrt{R_e h_o}}{\cos \theta} F\left(\tan \theta \sqrt{\frac{R_e}{h_o}}\right) \quad \theta \leq 10 \quad (15)$$

donde h_o es la altura equivalente de oxígeno igual a 6 Km.

Finalmente la atenuación por absorción de gases debido al oxígeno y al vapor de agua en dB está dada por:

$$A_g = A_w + A_o \quad (16)$$

En este punto es importante observar que este y otros modelos hacen parte del trabajo de licenciatura que viene siendo desarrollado por los autores en la Universidad Católica Boliviana [7].

4.3 Desarrollo

Nuevamente el diagrama de bloques para la elaboración de la interfase está ilustrada en la figura 2. La descripción matemática del problema de atenuación por absorción de gases es escrita como una **Función** de MATLAB de la siguiente manera:

```
function [At, Aw, Ao, gw, go, bw, bo, gw_correc, go_correc] = f_gaseousabs(fr, Te, th, mu)
%fr = 10.:1:50;

% Water vapor attenuation
aux01 = 3.6./((fr - 22.2).^2 + 8.5);
aux02 = 10.6./((fr - 183.3).^2 + 9.0);
aux03 = 8.9./((fr - 325.4).^2 + 26.3);
aux04 = fr.^2;
gw = (0.05 + (0.0021*mu) + aux01 + aux02 + aux03) .* aux04 .* mu * 1E-4;
aux05 = 3.0./((fr - 22.2).^2 + 5);
aux06 = 5.0./((fr - 183.3).^2 + 6);
aux07 = 2.5./((fr - 325.4).^2 + 4);
```

```

% Oxigen attenuation
aux09 = 6.09./ (fr.^2+0.227);
aux10 = 4.81./ ((fr-57).^2+ 1.5);
go = (7.19*1E-3+aux09+aux10).*aux04.*1E-3;
%go = (7.19*1E-3+aux09+aux10).*aux04.*1E-4;
% Temperatur Correction
gw_correc = gw.*(1-0.006*(Te-15));
go_correc = go.*(1-0.01*(Te-15));
% Altitude Oxigen and Water
%bwo = 1.6;
bwo = 2.2;
bw = bwo.*(1+(aux05./ bwo)+(aux06./ bwo)+(aux07./ bwo));
%bw = (2.2.+aux05+aux06+aux07);
bo = 6;
if th > 10,
    Aw = (bw.*gw_correc)./ sin(th);
    Ao = (bo.*go_correc)./ sin(th);
    At = Aw+Ao;
else
    Re = 8500;
    aux08 = tan(th)*sqrt(Re./ bw);
    Aw =
    ((gw_correc.*sqrt(Re*bw))./ cos(th)).*(1./ (0.661.*aux08+0.339*sqrt((aux08.^2)+5.51)));
    aux11 = tan(th)*sqrt(Re./ bo);
    Ao =
    ((go_correc.*sqrt(Re*bo))./ cos(th)).*(1./ (0.661.*aux11+0.339*sqrt((aux11.^2)+5.51)));
    At = Aw+Ao;
end
return;

```

Los **Parámetros de entrada** corresponden a las variables frecuencia f , el ángulo de elevación θ , la temperatura ambiente T_e y la densidad del vapor de agua μ .

El **cálculo numérico** es realizado de manera simple solamente llamando la función de la siguiente forma:

$$[At, Aw, Ao, gw, go, bw, bo, gw_correc, go_correc] = f_gaseousabs(fr, Te, th, mu)$$

A partir de esta línea de código es posible trabajar con los resultados obtenidos para la elaboración de los análisis que sean pertinentes.

5 Resultados Ciclo Avanzado

La interfase correspondiente al modelo de atenuación implementado y lo que serán implementados está ilustrado en la figura 9.

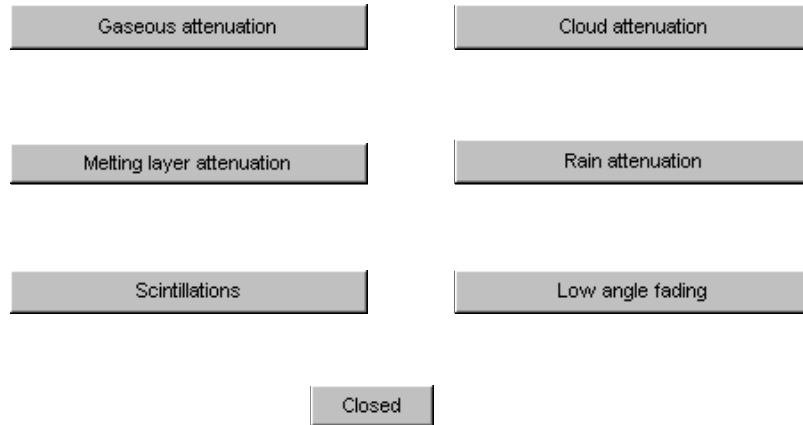


Figura 8: Modelos matemáticos de atenuación

La segunda interfase con los resultados obtenidos para diferentes condiciones está ilustrada en las figuras 10 y 11.

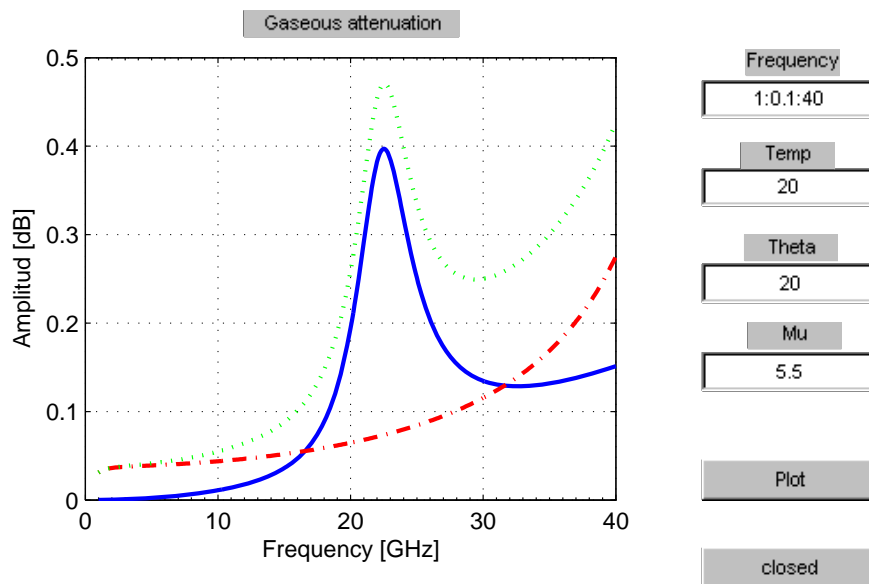


Figura 9: Resultados obtenidos para $\theta = 20$ y $\mu = 5,5$.

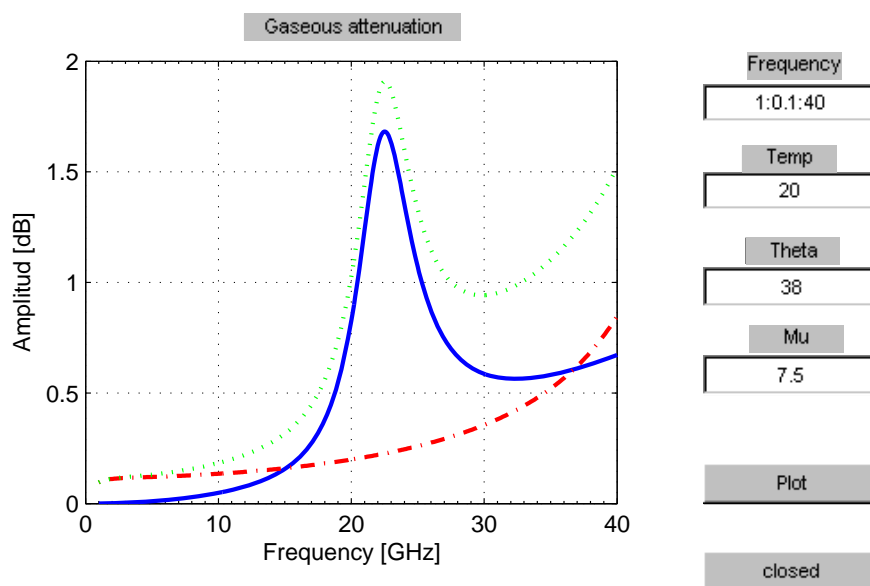


Figura 10: Resultados obtenidos para $\theta = 38$ y $\mu = 7,5$.

En estos resultados es posible observar la componente total de atenuación debido a la absorción de gases (línea punteada), así como cada una de las componentes, vapor de agua (línea solida) y oxígeno (línea trazada y punteada). Al mismo tiempo se puede verificar que el valor máximo de atenuación debido a la absorción de gases se encuentra a una frecuencia de 22 GHz. De esta misma manera otros valores de atenuación pueden ser encontrados y otros parámetros de entrada utilizados mostrando la robustez y flexibilidad de las interfases presentadas en este artículo.

6 Conclusiones

En este artículo fue presentada la primera iniciativa en sentido de desmitificar y demostrar de la manera más simple, la utilización del GUIDE (Graphical User Interface Development Environment) de MATLAB. Como se puede observar, el enfoque presentado está direccionado a la resolución de problemas de ingeniería y ciencias exactas en los ciclos básico y avanzado.

Los objetivos de este artículo se concentran en la creación y desarrollo de laboratorios virtuales en instituciones de enseñanza y plantas industriales empleando el MATLAB y sus aplicaciones. Para alcanzar los objetivos propuestos los primeros pasos ya fueron ejecutados en sentido de familiarizar a docentes y alumnos con el programa.

Algunos resultados ya pueden ser verificados, con la realización de trabajos de grado, como el presentado a lo largo de este artículo.

Finalmente se pretende dar una primera contribución en sentido de modificar y modernizar la enseñanza de algunas materias del ciclo básico y avanzado permitiendo que los profesores y alumnos adquieran características de análisis cuantitativos y cualitativos elevadas.

Referencias

- [1] Alexander, C. K.; Sadiku, M. N. O. 2003. *Fundamentos de Circuitos Eléctricos*. Segunda Edición. McGraw-Hill Companies.
- [2] Asoka, K.; Haidara, F. 2002. *A Prediction Model that Combines Rain Attenuation, and other Propagation Impairments Along Earth Satellite Paths*. Online Journal of Space Communication.
- [3] Chapman, S. 2003. *Programación en Matlab para Ingenieros*. McGraw-Hill Thompson.
- [4] Gao, W.; Hung, J.C. 1993. *Variable Structure Control of Nonlinear Systems: a New Approach*. IEEE Transactions on Industrial Electronics. Vol 1, N° 40.
- [5] Junior, E. C.; Penney, D. E. 1995. *Ecuaciones Diferenciales Elementales con Problemas de Contorno*. Prentice Hall do Brasil.
- [6] Khalil, H. K. 1996. *Non Linear Systems*. Prentice Hall.
- [7] Molina, R. N. O. *Estudio de los Factores Atmosféricos que Influyen en la Degradación de Calidad de un Enlace Satelital*. (Este trabajo viene siendo elaborado por la coautora de esta publicación y su finalización está prevista para inicios del próximo año).
- [8] Vargas, F. J. T. 2007. *Cursos de Formación Continua: MATLAB para Docentes y MATLAB Avanzado para Docentes*. Universidad Católica Boliviana.