Curso de Matlab. Nivel Básico

Guillem Borrell i Nogueras

12 de octubre de 2013

Antes de empezar

- Guillem Borrell i Nogueras.
- `http://iimyo.forja.rediris.es/`
  - Introducción Informal a Matlab y Octave
  - Matemáticas en Ingeniería con Matlab y Octave
  - Transparencias y ejercicios de este curso
  - Material de otros cursos

Funcionamiento

- Visitar la página del curso
- Descargarse la hoja de ejercicios
- Parar el vídeo para intentar el ejercicio antes que se de la solución.

Recordad...

Ningún lenguaje se aprende por osmosis

¿Qué es Matlab?

- Un lenguaje de programación
- Un lenguaje de programación *interpretado*
- Un lenguaje de programación *interactivo*

Usar Matlab == Programar en Matlab

¿Qué no es Matlab

- Una hoja de cálculo
- Un programa de cálculo simbólico. Matlab puede hacer $\int_0^1 erf(x)\, dx = 0.486$ pero no $\int erf(x)\, dx = x\, erf(x) + \frac{e^{-x^2}}{\sqrt{\pi}}$
- La solución a todos nuestros problemas.

¿Qué significa interpretado?

- Un intérprete es un programa.
- Es como un actor que hace todo lo que le dice un *guión*
- Muy parecido a la una calculadora.
- Es interactivo.

```
1       >>
```

Os presento a la consola de Matlab

Algunas mentiras

- Para ser ingeniero aeronáutico no es necesario saber programar.
- Programar es difícil.
- Programar *bien* es fácil.
- Los ingenieros programan bien
- En la vida basta un lenguaje de programación mientras se domine.

Un autoengaño

Si en la escuela sólo me dan seis créditos de informática es porque no es importante.

En Arquitectura nadie enseña Autocad.

Problema:

Representar I(y), la integral de la función de Bessel

$$I(y) = \int_0^y J_{2.5}(x)\, dx$$

con $y \in [1, 5]$

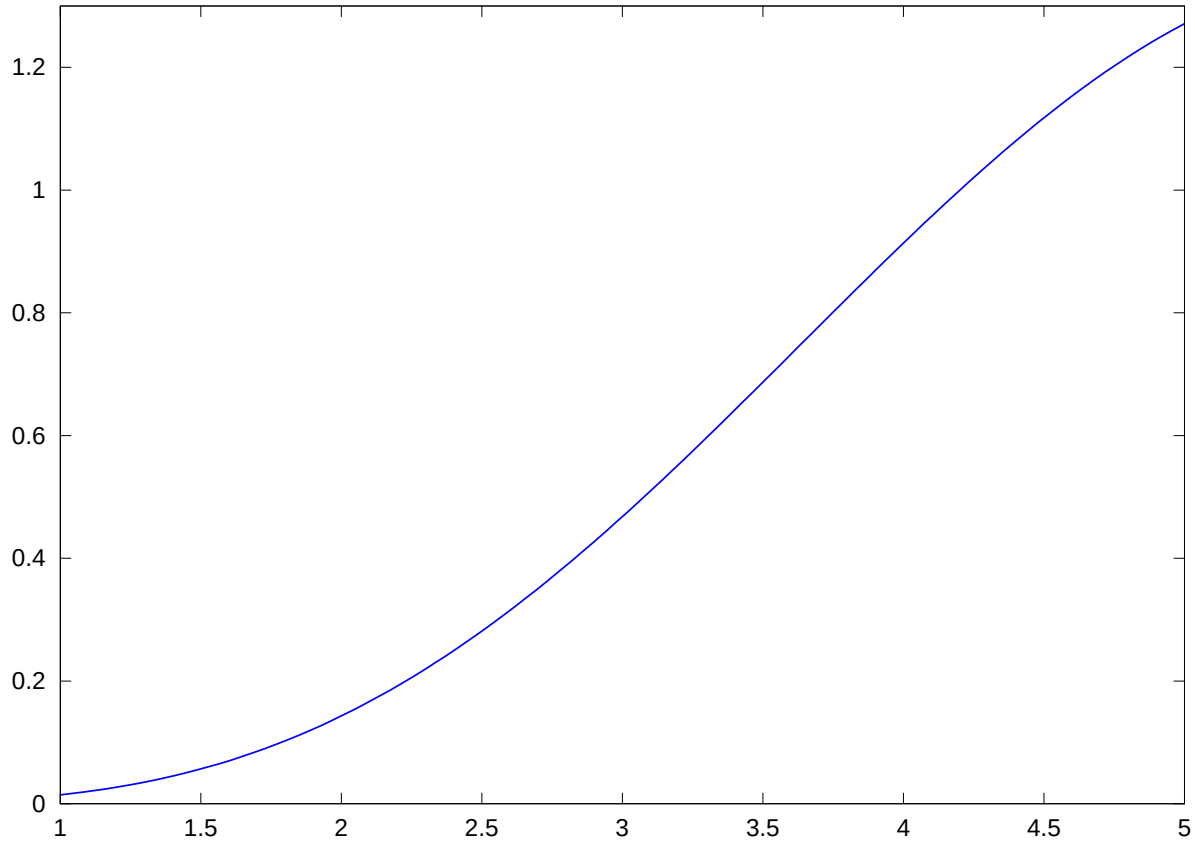
- ¿Cómo se haría en Fortran?
- ¿Cómo se haría en Excel?

En Matlab son 6 líneas

```
1  x=linspace(1,5,100);
2  intbessel=@(y) quad(@(x) besselj(2.5,x),0,y);
3  for i=1:100
4    z(i)=intbessel(x(i));
5  end
6  plot(x,z);
```

No os preocupéis si no entendéis nada. Esto es Matlab avanzado.

El resultado



¿Una calculadora programable?

```
>> 2+2
ans =  4
>> mean([1,2,3,4,5,6,7,8,9])
ans =  5
>> abs(3+4i)
ans =  5
```

Todo esto es muy bonito pero...

- ¿Es una herramienta realmente útil?
- ¿Se usa masivamente en la industria?
- ¿Por qué?
- ¿Cuánto cuesta Matlab?
- ¿Es la única solución?

Octave

- Implementación libre y gratuita del lenguaje Matlab
- `http://www.octave.org`
- Programa muy utilizado en GNU/Linux
- Versiones para Windows y Mac
- QtOctave
- *Libre y gratuito*

El lenguaje Matlab

- Caracteres especiales
- Funciones y scripts
- Tipos
- Variables
- Operadores
- Sentencias
- Contenendores
  - *Function handles*

Caracteres especiales

```
1  >> % Este comando sera ignorado
2  >> 'hola' % 'Hola,Matlab!'
3  ans = hola
4
5  >> 'hola';
6  >> 'hola', 'que tal'
7  ans = hola
8  ans = que tal
9
10 >> 'hola', ...
11 'que tal'
12 ans = hola
13 ans = que tal
```

El directorio de trabajo

- Matlab puede ejecutar archivos con código
- Matlab puede cargar archivos de datos
- La biblioteca de funciones está formada por archivos con código.
- Matlab busca en sus directorios de sistema más el *directorio de trabajo*
- Variable `path`

Funciones. Sintaxis

```
1  function [sal1,sal2,...] = nombre(ent1,ent2,...)
2    sentencias ejecutables
3    sal1 = ...
4    sal2 = ...
```

Lo guardaremos todo en *el directorio de trabajo* en un archivo llamado *nombre.m*

Scripts

- Un script es un programa
- Un programa es una secuencia de instrucciones ejecutables
- Un programa no depende de variables externas
- También se guarda en un archivo *.m* en el *directorio de trabajo*
- Se ejecuta escribiendo el nombre del archivo en la consola o pulsando `F5` en el editor.

Nuestra primera función

Abrimos un archivo nuevo en el editor

```
1 function y = aprsin(x)
2   y=x-(x.^3)/6
```

Y lo guardamos en el directorio de trabajo como `aprsin.m`.

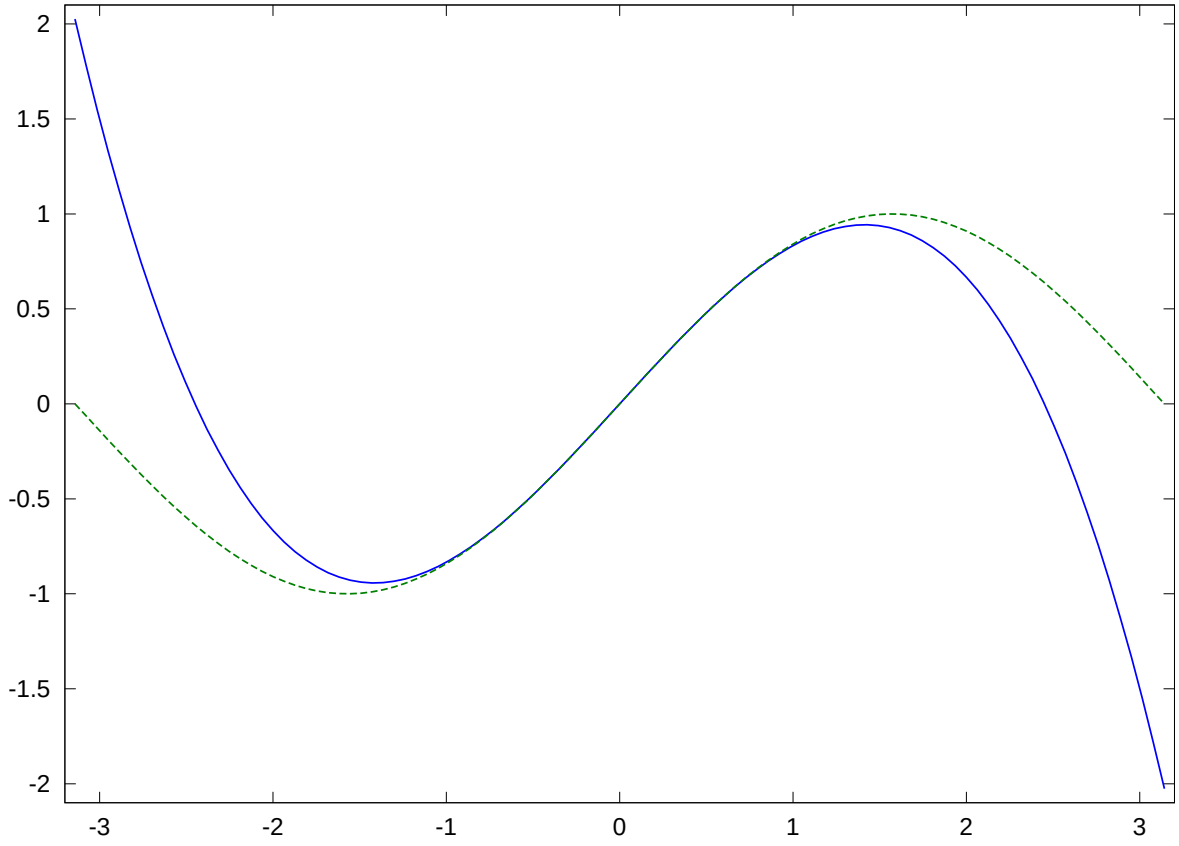
Nuestro primer script

En un archivo nuevo del editor

```
1 x=linspace(-pi,pi,100);
2 for i = 1:100
3   y(i)=aprsin(x(i));
4 end
5 plot(x,[y;sin(x)])
```

Lo guardamos con el nombre `comparar.m` *en el directorio de trabajo*. Luego pulsamos `F5`

El resultado



Ayuda. Función `help`

- En Matlab todo es una función
- Cada función contiene una pequeña ayuda
- Para consultar la ayuda existe la función `help`

```
1 help eig
```

Tipos

Es importante diferenciar los conceptos de

Tipo Cualquier elemento de un código tiene un tipo: caracteres, números, matrices...

Variable Identificador asignado a un tipo o a un contenedor

Argumento Variable de entrada o salida de una unidad de programa

Tipos numéricos

- Tipo por defecto: arrays n-dimensionales de doble precisión
- Simple precisión
- Enteros de varios bits

Mira qué curioso

```
1  >> a = pi
2  a = 3.1416
3  >> a(1)
4  ans = 3.1416
5  >> a(1,1)
6  ans = 3.1416
7  >> a(1,1,1)
8  ans = 3.1416
```

Escribir matrices

- El espacio o la coma separan elementos de la misma fila
- El retorno de carro o el punto y coma separa filas

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$$

Ejercicio 1

```
1 M=[1,2,3;4,5,6;7,8,9];
```

Escribir

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$$

de otros 3 modos posibles.

Subíndices

- En Matlab el primer índice cuenta elementos en la columna
- El segundo índice cuenta elementos en la fila
- *Pero* un vector es siempre fila a no ser que se diga lo contrario.
- El truco es que no nos preocupen las filas y las columnas, sólo los índices

$$M_{ij} = M(i, j)$$

No hay quien te entienda

```
>> v(4)=2
v =

     0     0     0     2

>> w(4,1)=2
w =

     0
     0
     0
     2
```

Un vector...

$$v = (1, 2, 3, 4, 5)$$

```
1  >> v=[1,2,3,4,5];
2  >> v(4)
3  ans = 4
```

Una matriz...

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$$

```
>> M=[1,2,3;4,5,6;7,8,9];
>> M(2,3)
ans =   6
```

Podemos indexar con vectores

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$$

```
>> M([1,2],[2,3])
ans =

     2     3
     5     6
```

O con índices mudos

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$$

```
>> M(2,:)
ans =

    4    5    6
```

Secuencias

- Es una abreviatura común para escribir un vector fila
- La sintaxis es
  `inicio:incremento:final`

```
>> 0:2:10
ans =
    0    2    4    6    8   10

>> 0:5
ans =
   0   1   2   3   4   5
```

Ejercicio 2

Crear la matriz siguiente y extraer de ella la submatriz marcada en rojo.

$$\begin{pmatrix} 11 & 12 & 13 & 14 & 15 \\ 21 & 22 & 23 & 24 & 25 \\ 31 & 32 & 33 & 34 & 35 \\ 41 & 42 & 43 & 44 & 45 \\ 51 & 52 & 53 & 54 & 55 \end{pmatrix}$$

Otros tipos

- La unidad imaginaria es *i*, *j*, *I* o *J*
- Las cadenas de texto se introducen entre comillas simples
- Los tipos lógicos son *true* y *false*. *true* es $\neq 0$ y *false* es $\equiv 0$

Operadores

- Operadores matriciales `+`, `-`, `*`, `/`, `^`
- Operadores escalares `.*`, `./`, `.^`
- Operadores lógios matriciales `&`, `|`, `!`
- Relaciones de comparación `<`, `>`, `==`, `<=`, `>=`, `!=`
- Relaciones lógicas `&&`, `||`

El error más común de Matlab

```
>> a=rand(3,3);
>> a=rand(3,3);b=rand(3,3);
>> a*b
ans =
    1.0297    0.9105    0.3293
    0.9663    0.8267    0.4211
    0.5355    0.4318    0.3279
>> a.*b
ans =
    0.1824    0.3253    0.0563
    0.5500    0.6003    0.1897
    0.0458    0.0017    0.1822
```

El error más común de Matlab

```
>> a=[1,2,3;4,5,6;7,8,9];
>> a.^pi
ans =
    1.0000    8.8250   31.5443
   77.8802  156.9925  278.3776
  451.8079  687.2913  995.0416
>> a^pi
ans =
 1.0e+03 *
 0.69 - 0.0004i 0.85 - 0.0001i 1.01 + 0.0002i
 1.57 - 0.0000i 1.93 - 0.0000i 2.29 + 0.0000i
 2.45 + 0.0003i 3.01 + 0.0001i 3.57 - 0.0002i
```

Ejercicio 3

Control de flujo

- Las sentencias son palabras clave necesarias para programar
- Son comunes a la mayoría de lenguajes de programación
- Control de flujo es el uso de bucles, condicionales, casos...
- El control de flujo implica el encapsulamiento de una tarea.

Condicionales o `if`

```
1 if cond
2   sentencias
3 elseif cond
4   sentencias
5 else
6   sentencias
7 end
```

Bucles o `for`

```
1 for var=contador
2   sentencias
3 end
```

- `contador` puede ser un vector o una secuencia
- Para cada paso `i` avanza de valor en `contador`
- Las sentencias pueden depender o no de `i`

Más control de flujo

case	Control de casos finitos
while	Bucle controlado por condición lógica
try	Control de excepciones
break	Salida de bloques
continue	Idem
return	vuelta al programa principal

Ejercicio 4

Contenedores

- Estructuras de datos. Forma de árbol
- Cell arrays. Forma de matriz
- Function handles. Contenedor para una función.
  - Funciones anónimas

Estructuras de datos

```
>> ed.num=1.234;
>> ed.str='hola';
>> ed.logic.true=1;
>> ed.logic.false=0;
>> ed

ed =

      str: 'hola'
      num: 1.2340
    logic: [1x1 struct]
```

Cell arrays

```
>> celda={1.234,'hola';true,false}
celda =
  [1.2340]    'hola'
  [     1]    [   0]

>> celda{1,1}
ans =  1.2340
```

Function Handles

Es capaz de contener una función.

```
>> fhsin = @sin
fhsin =

    @sin

>> fhsin(pi/2)
ans =  1
```

Ejercicio 5

Funciones anónimas

Permiten crear un *function handle* definiendo la función directamente.

```
>> test1 = @(x) x.*sin(x)
test1 =
@(x) x .* sin (x)
>> test1(1)
ans =  0.84147

>> test2 = @(x,y) exp(-(x.^2+y.^2))
test2 =
@(x, y) exp (-(x .^ 2 + y .^ 2))
>> test2(1,i)
ans =  1
```

Conclusiones

- El lenguaje Matlab es muy limitado
- Es sencilloy su sintaxis es clara
- Sus estructuras son muy matemáticas
- Está basdo en funcionesy no conocemos ninguna
- La biblioteca de funciones de Matlab es tan grande como quieras pagarla.

Creación de matrices

eye	matriz de ceros con unos en la diagonal
linspace	Vector de elementos equiespaciados
logspace	Vector de elementos con el exponente equiespaciado
meshgrid	Matrices de elementos equiespaciados en 2D
ones	Matriz de unos
zeros	Matriz de ceros
rand	Matriz de números aleatorios

Manipulación de matrices

reshape	Cambia la forma de la matriz conservando el número de elementos
transpose	Traspuesta. Equivale a .’
ctranspose	Matriz conjugada. Equivale a ’
rot90	Gira la matriz 90 grados hacia la izquierda

Ejercicio 6

Resolución de SEL

Para resolver sistemas de ecuaciones lineales contamos con un operador universal

```
>> A=[1,0;2,1];y=[2;4];
>> x=A\y
x =

   2
   0
```

Cálculo Simbólico

- Podéis hacer operaciones simbólicas con Matlab

Cálculo Simbólico

- Podéis hacer operaciones simbólicas con Matlab
- Que pueda hacerse no significa que tenga que hacerse

Cálculo Simbólico

- Podéis hacer operaciones simbólicas con Matlab
- Que pueda hacerse no significa que tenga que hacerse
- También podéis depilaros las cejas con una sierra mecánica

Integración numérica

quad	Integración numérica. 3 argumentos de entrada
quadl	Algoritmo de integración mejorado
dblquad	Integración bidimensional de funciones de dos variables
trapz	Regla del trapecio

Ejercicio 7

Desarrollos en serie de funciones

- Los coeficientes de un desarrollo en serie son un vector

$x^2 + x$ es $1x^2 + 1x + 0$, es decir [1 1 0]

```
>> p = [1 1 0];
>> polyval(p,1)
ans =  2
>> roots(p)
ans =
  -1
   0
```

Polinomios

polyval	Obtiene el valor en un punto
roots	Obtiene las raíces del polinomio
polyder	Deriva un polinomio
polyinteg	Integra un polinomio
conv	Multiplica dos polinomios
residue	Desarrollo en fracciones parciales.

Funciones que devuelven polinomios

poly	Obtiene el polinomio característico de una matriz.
polyfit	Modelo polinómico de una serie de datos.

Representación gráfica

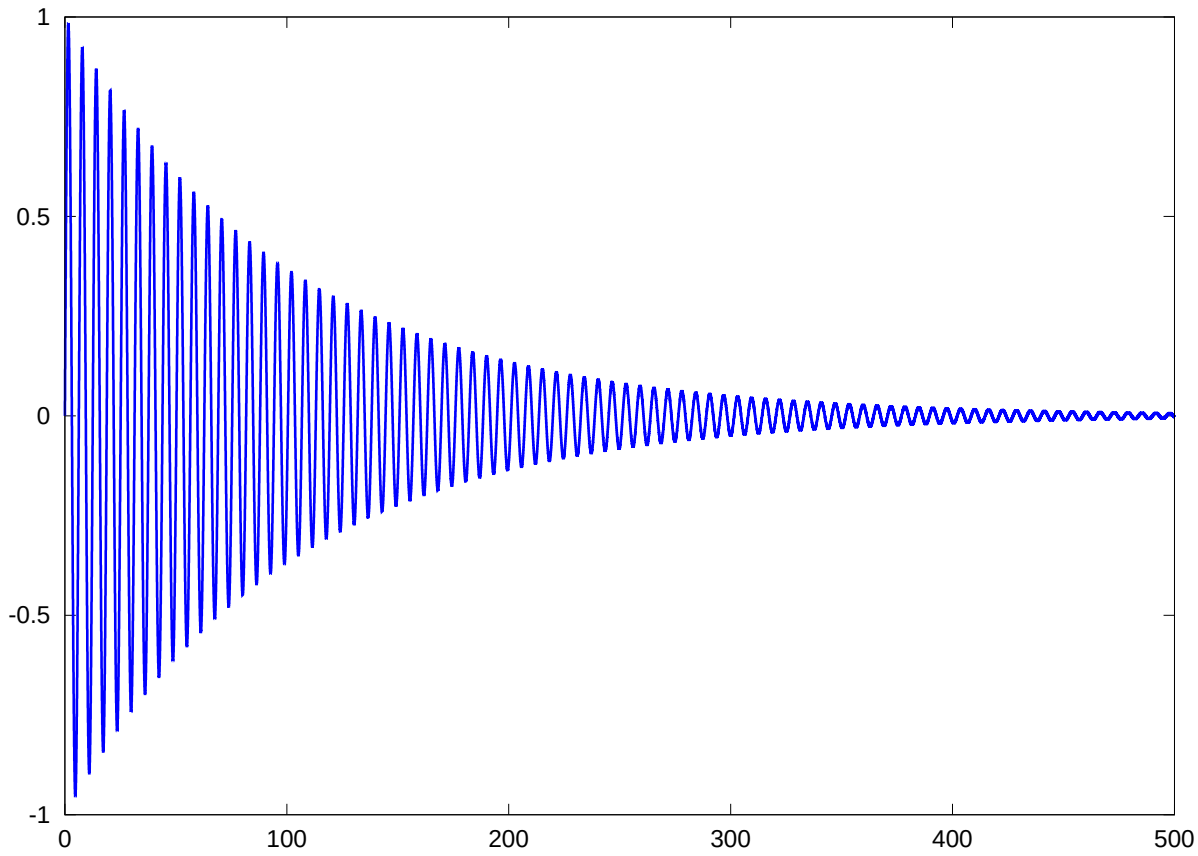
- Representar datos es sencillo e intuitivo
- No hay que emocionarse con la representación gráfica
- Sólo veremos curvas en el plano
- ¿Necesitamos más?

Plot

Representa curvas en el plano. $e^{-x/100} \sin x$ para $x \in [0, 500]$

```
1 >> x=linspace(0,500,100000);
2 >> plot(x,exp(-x/100).*sin(x))
```

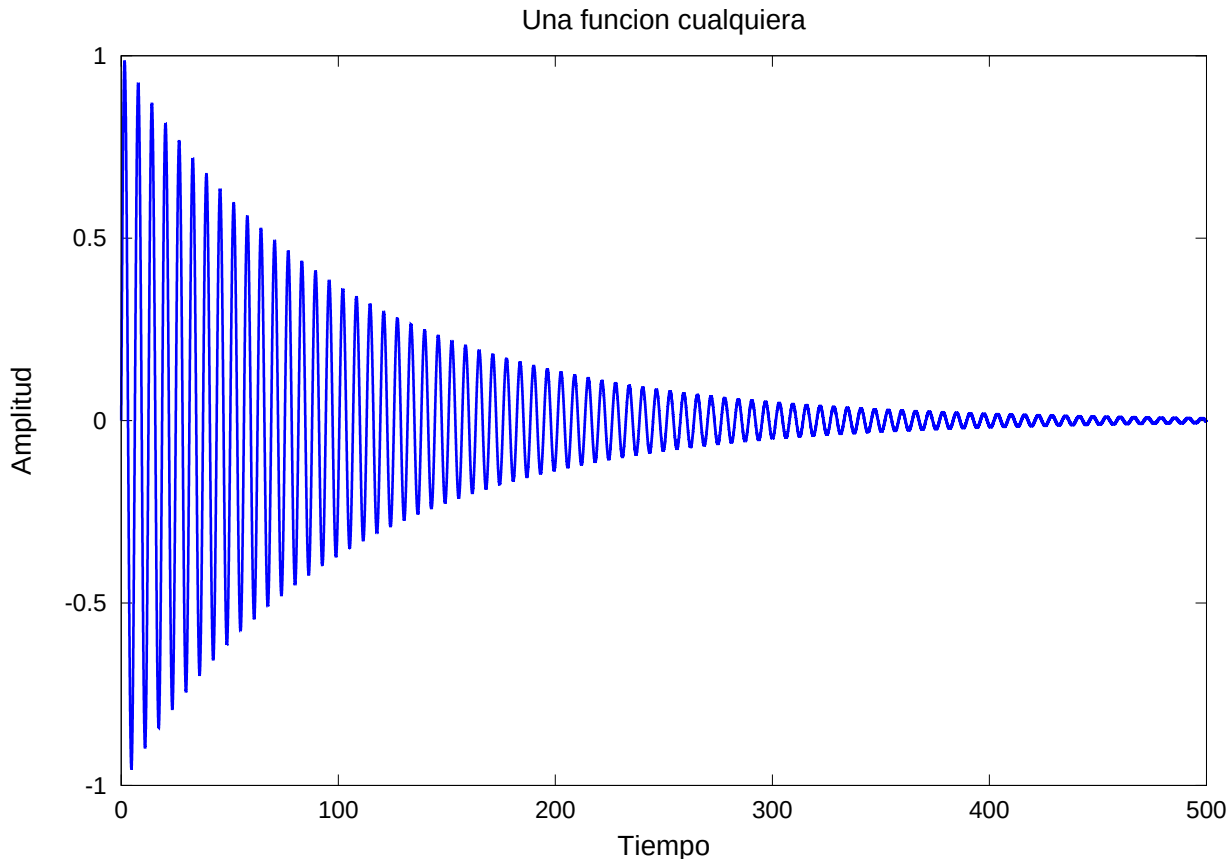
El resultado



Etiquetas

```
1 >> title('Una funcion cualquiera')
2 >> xlabel('Tiempo')
3 >> ylabel('Amplitud')
```

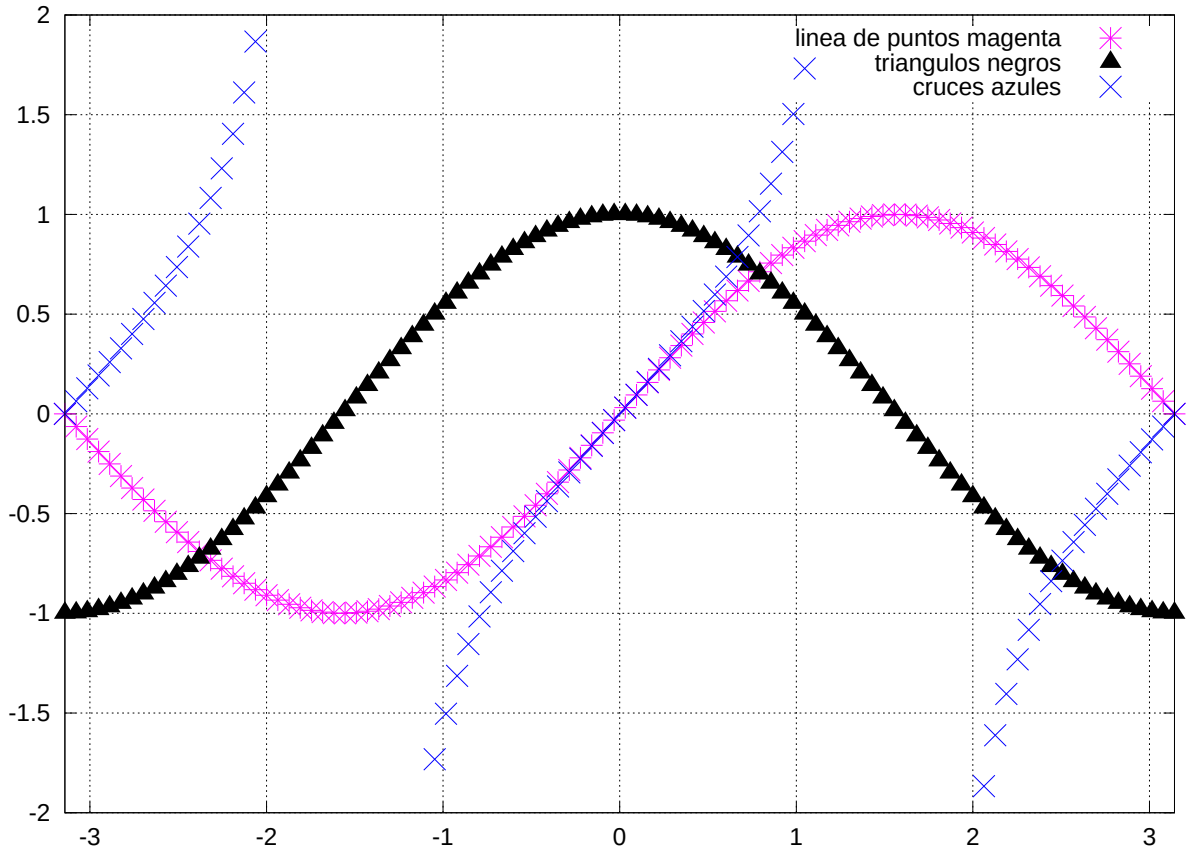
El resultado



Estilos

```
1  >> x=linspace(-pi,pi,100);
2  >> plot(x,sin(x),'m:',...
3  x,cos(x),'k^',x,tan(x),'bx')
4  >> axis([-pi,pi,-2,2])
5  >> grid on
6  >> legend('linea de puntos magenta',...
7            'triangulos negros',...
8            'cruces azules')
```

El resultado



hold

- La ventana gráfica se borra automáticamente cada vez que dibujamos algo
- Para cambiar el comportamiento anterior se usa la función *hold*
  - `hold on` mantiene todo lo dibujado en la pantalla
  - `hold off` vuelve al comportamiento inicial
- Para borrar la ventana gráfica usamos `clf`

`figure`

- Las ventanas gráficas se manipulan con la función `figure`
- Cada ventana gráfica tiene asociada un número entero
  - `figure` se llama con un número que corresponde al de la ventana
  - Si utilizamos un número que no corresponde a ninguna ventana existente crearemos una nueva con este número asociado
  - Si utilizamos un número existente activaremos la ventana correspondiente

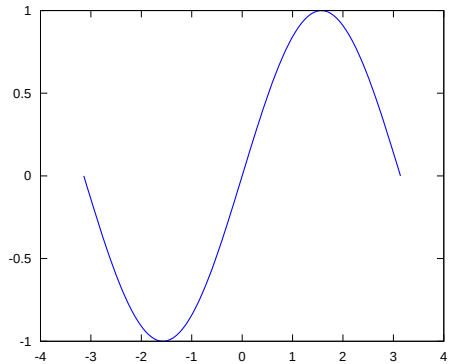
subplot

Es el comando que permite poner varios ejes en una misma figura

```
1 >> x= linspace(-pi,pi,100);
2 >> subplot(2,2,1)
3 >> plot(x,sin(x))
```

Primero de los cuatro sectores.

El resultado

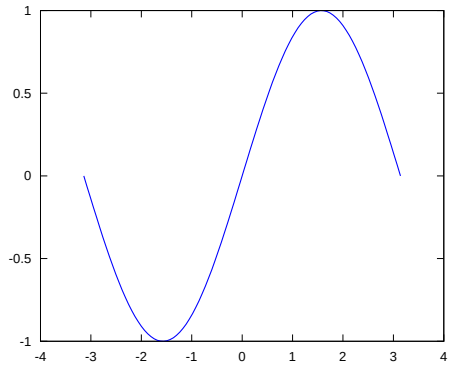


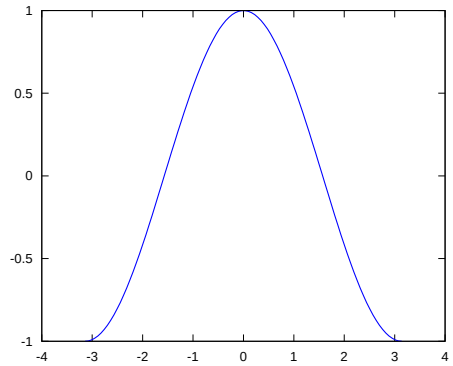
subplot

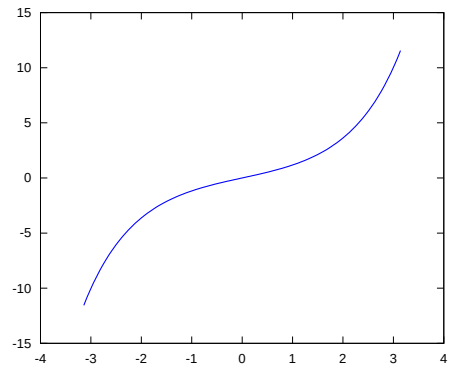
Ahora completamos los cuatro cuadrantes.

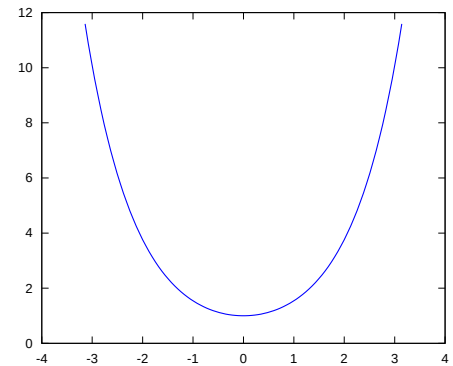
```
1 >> subplot(2,2,2)
2 >> plot(x,cos(x))
3 >> subplot(2,2,3)
4 >> plot(x,sinh(x))
5 >> subplot(2,2,4)
6 >> plot(x,cosh(x))
```

El resultado









Otros comandos

semilogx	Dibuja una curva con el eje x en escala logarítmica
semilogy	Dibuja una curva con el eje y en escala logarítmica
loglog	Dibuja una curva en escala logarítmica

Ejercicio 8

Representar en una misma ventana y dos frames (uno superior y otro inferior) la función

$$\sqrt{x}\sin(1/x) \quad x \in [0.001, 1]$$

en escala normal y en escala semilogarítmica en el eje x.

Comandos interesantes

`get, set` Cambia los atributos de un plot handle

`text` Pone texto en la figura

`contour` Isolíneas de una matriz de datos en 3D

`griddata` Interpola para el contour

Desarrollos de datos

`interp1` Interpolación de una serie de puntos

`interp2` Interpolación de una nube de puntos

`polyfit` Coeficientes del polinomio de grado n con mínimo error cuadrático

`fft` Realiza la transformada de Fourier

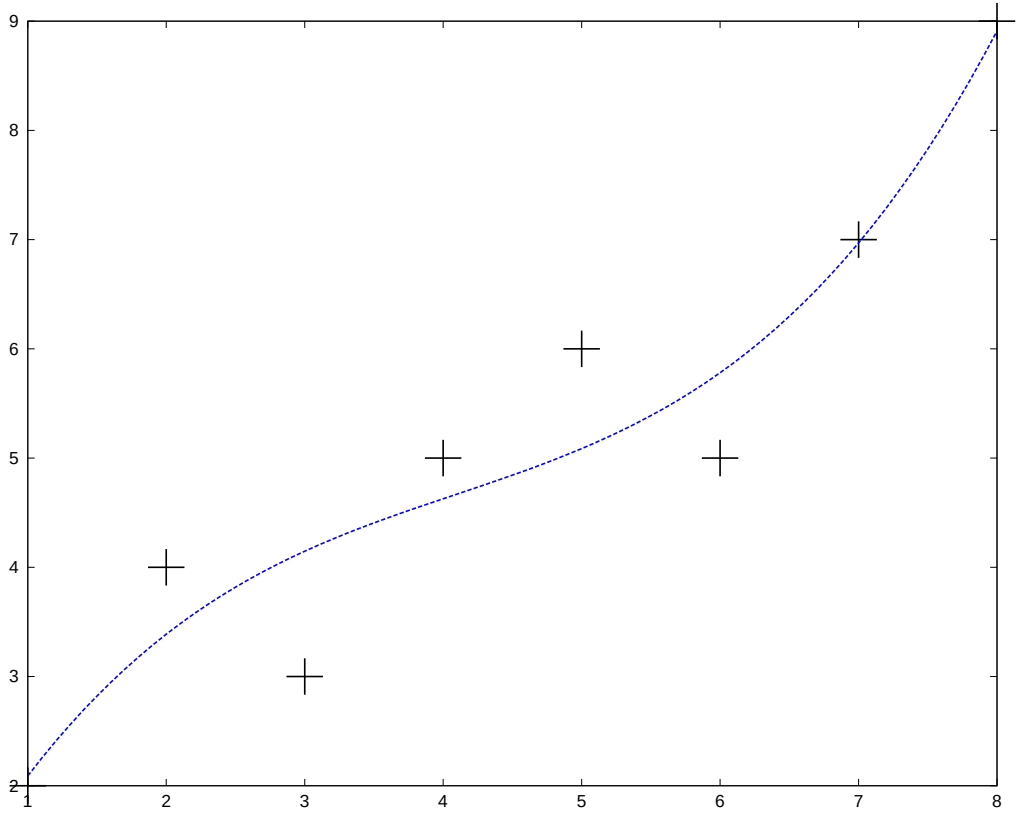
interp1

```
>> x=[1 2 3 4 5 6 7 8];
>> y=[1 4 2 5 7 4 2 7];
>> interp1(x,y,7.234,'spline')
ans = 2.3437
>> test=@(x,y,z) interp1(x,y,z,'spline');
>> test(x,y,7.234)
ans = 2.3437
```

polyfit

```
1 >> x=[1 2 3 4 5 6 7 8];
2 >> y=[2 4 3 5 6 5 7 9];
3 >> coeff=polyfit(x,y,3);
4 >> plot(x,y,'k+',1:0.1:8,...
5 polyval(coeff,1:0.1:8),'b-')
```

El resultado



Estadística descriptiva

`mean`	Media
`std`	Desviación típica
`median`	Mediana
`sort`	Orena los elementos de menor a mayor
`center`	Elimina la media de una muestra

EDO

- Es una de las aplicaciones más importantes del Cálculo Numérico
- Los problemas más comunes son los problemas de Cauchy no lineales
- En ese caso la solución numérica es esencial
- Lo más importante es saber si nuestro problema es stiff

Stiff

- Un problema es *stiff* cuando el paso temporal viene determinado por la estabilidad del esquema.
- Suelen relacionarse con problemas no lineales o condiciones de contorno muy exigentes
- Requieren esquemas de integración temporal implícitos

Funciones

`ode45`	Runge-Kutta de paso variable orden 4-5
`ode113`	Adams multipaso
`ode23s`	Esquema implícito Rosenbrock
`lsode`	Octave

Van der Pol

Un caso típico es la ecuación de Van der Pol

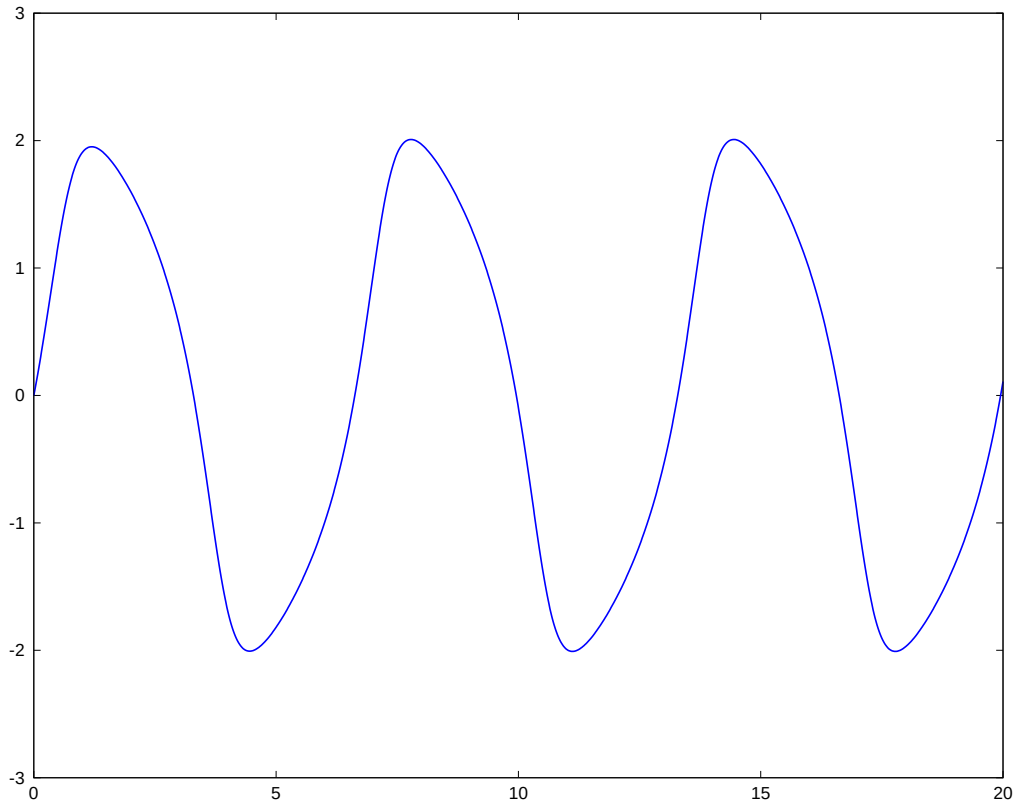
$$x'' + x + \mu(x'^2 - 1)x = 0$$

Dependiendo del valor de μ el problema va a ser *stiff* o no.

Solución

```
1 >> [tout,xout]=ode45(@vdp1,[0 20],[2 0])
2 >> plot(tout,xout(:,1))
```

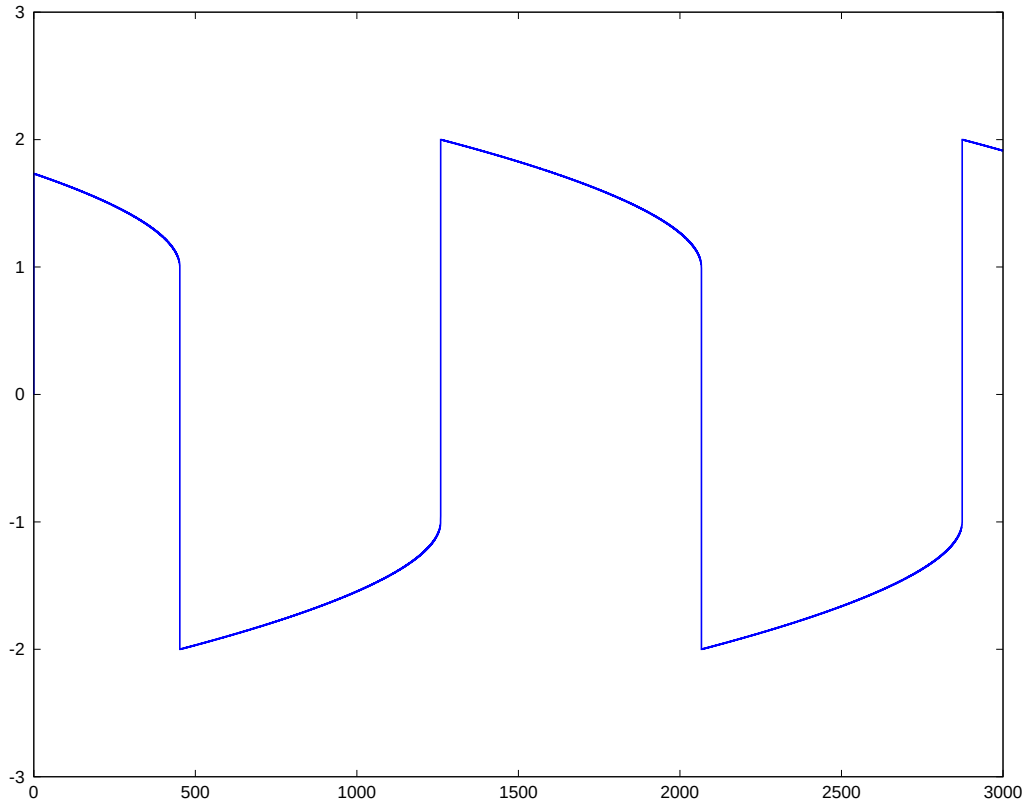
Solución



Solución

```
1 >> [tout,xout]=ode23s(@vdp1000,[0 20],[2 0])
2 >> plot(tout,xout(:,1))
```

Solución



Ejercicio 9