

# **PRACTICA 1. INSTRUCCIONES DE MANEJO. PRIMEROS EJEMPLOS.**

## **1 PREGUNTAS BÁSICAS.**

### 1.1 ¿DONDE SE OBTIENE EL PROGRAMA?

Maxima es un potente programa de software libre para la manipulación de expresiones numéricas y simbólicas (es muy semejante, en cuanto a su entorno y en cuanto a su uso, de otros programas de cálculo simbólico -como por ejemplo Mathematica). Es decir, Maxima se puede usar como calculadora, pero además nos permite trabajar con expresiones en las que aparecen matrices, variables o parámetros (como  $x+y$  o  $\cos(x+3)$ ). En particular podremos emplear el programa para resolver las operaciones más habituales de la asignatura, como operar con vectores o matrices, resolver sistemas de ecuaciones lineales, calcular límites, derivadas, integrales, desarrollos en serie; resolver ecuaciones diferenciales; o representar las gráficas de funciones de 1 y 2 variables.

El programa se puede descargar desde la página web  
<http://maxima.sourceforge.net/es/>

Su instalación no presenta ningún problema (basta con ejecutar el fichero .exe). La versión con la que se han elaborado este manual es la versión de wxMaxima 12.04.0

### 1.2 ¿CÓMO FUNCIONA?

El entorno de ejecución de Maxima puede resultar duro ya que consiste en la clásica línea para ejecutar comandos. Afortunadamente existen entornos más amigables de ejecución y nosotros vamos a trabajar con wxMaxima ya que incluye menús desplegados con la mayoría de los comandos y cuadros de diálogo para introducir los datos necesarios en cada caso, que hace que sea más sencillo trabajar con Maxima.

Una vez instalado y lanzado el programa wxMaxima, para empezar a trabajar con él hay que pulsar la tecla ENTER y aparece el símbolo:  
[-->

Ya podemos escribir a continuación la operación que queramos: Por ejemplo, si queremos calcular  $3+5$  escribiremos dicha operación a continuación de lo anterior, le damos a MAYUSCULA+ENTER (o también a la tecla INTRO del teclado numérico) y obtendremos

```
--> 3+5;
```

Aunque por defecto el programa nos pondrá ";" al final del cada operación, es aconsejable que lo pongamos nosotros (se justifica más adelante).

El programa también nos pone por defecto (%i1) y (%o1) para indicarnos que es la primera entrada (input 1) que hemos introducido y la primera salida (output 1) que hemos obtenido.

También es posible acudir a cualquiera de los resultados anteriores que hayamos obtenido y escribir encima del mismo (por ejemplo, si nos hemos equivocado a la hora de plantear una operación); o copiar el resultado con el cursor y trasladarlo más abajo (es decir, las mismas operaciones que solemos hacer bajo windows, por ejemplo con word, o programas similares).

Si en lugar de ejecutar la operación que queramos hacer con MAYUSCULA+ENTER (o con la tecla INTRO del teclado numérico) ponemos ";" y le damos directamente a ENTER, veremos que obtenemos una nueva línea debajo de la anterior, en la que podremos incluir otras operaciones. Cuando le demos entonces a INTRO, veremos que nos calcula todas las operaciones que hayamos incluido en dicha entrada:

```
--> 3+6;  
      4-2;  
      4*(-8);
```

### 1.3 ¿CÓMO OBTENEMOS AYUDAS?

El programa Maxima dispone de una ayuda en castellano (si se ha instalado la versión en este idioma) a la que se accede a través del menú superior o pulsando la tecla F1. En la pantalla que aparece se pueden consultar la información de tres formas distintas:

1. Contenido: Nos permite navegar por el manual. la información aparece agrupada por materias y en cada materia, casi siempre después de una breve introducción, aparecen los comandos relacionados con esa materia en orden alfabético.

2. Índice: Es un listado de todos los comandos disponibles. Seleccionando uno nos aparece su descripción a la derecha.

3. Buscar: Debe introducir una palabra relacionada con lo que desea buscar y obtendrá las materias en las que la palabra proporcionada aparece.

También se accede a la ayuda escribiendo "??" (para búsqueda aproximada), seguido del término a buscar (y sin ";" al final, pero pulsando SHIFT+ENTER).

Por ejemplo, si queremos saber lo que hay relacionado con log, haremos

```
--> ??log
```

En el mismo menú superior tenemos algunos comandos que nos pueden ser útiles, como:

- describe(expr), que nos da ayuda sobre expr
- Ejemplo(expr), que nos da un ejemplo de expr
- A propósito("expr"), que nos da comandos relacionados con expr

#### 1.4 OTROS MANUALES

A través de la web se pueden encontrar gran variedad de manuales (aunque los mismos, y a diferencia de lo que ocurre con el programa, que es libre, son de diferentes autores, que tendremos que reseñar si se van a utilizar por nuestra parte). Yo os puedo recomendar los siguientes:

<http://maxima.sourceforge.net/docs/manual/es/maxima.html>

[http://www.ugr.es/~dpto\\_am/docencia/Apuntes/Practicas\\_con\\_Maxima.pdf](http://www.ugr.es/~dpto_am/docencia/Apuntes/Practicas_con_Maxima.pdf)

<http://www.unp.edu.pe/pers/ripanaque/download/manual.pdf>

<http://calculoparaingenieros.files.wordpress.com/2012/09/manualmaxima2.pdf>

## 2 MANEJO DE WXMAXIMA.

### 2.1 INTRODUCCIÓN DE DATOS.

Tenemos la posibilidad de escribir varios comandos dentro de una celda. Por ejemplo, podemos escribir (acabar cada línea con ";" y darle a ENTER):

```
--> 3!;
      %/3;
      %01*10;
      100/3;
      100.0/3.0;
      cos(%pi);
```

Ahora DAR a INTRO del teclado numérico y observar los resultados. Como vemos para cada entrada aparece una salida en una línea distinta y numerada.

El símbolo "%" tiene varios usos en la ordenes anteriores que vamos a aclarar:

En la segunda línea "%" se utiliza para hacer referencia a la última salida generada por Maxima. En "%01" se utiliza para hacer referencia a la salida número 1 output 1. Por último el "%pi" en la última línea se utiliza para hacer referencia a la constante pi. Otras constantes que Maxima reconoce son el número e (%e) y la unidad imaginaria i (%i).

Cada entrada que le damos al programa debe terminar con ";" o con "\$". Si termina con ";", Maxima devuelve el resultado, pero si no se desea que aparezca ningún resultado, se debe terminar la línea con \$. Este símbolo es útil cuando se quieren hacer varias operaciones intermedias y no se desea que aparezcan los resultados.

Obsérvese que los resultados de 100/3 y en 100.0/3.0 son distintos, aunque aparentemente la operación es la misma. Esto es porque Maxima intenta mantener la precisión y no evalúa expresiones como 100/3 o sqrt(2) (la raíz cuadrada es sqrt) a no ser que se indique. En la entrada %i5 se utiliza coma flotante y, por eso, Maxima evalúa el resultado. Sin embargo, observar lo que ocurre al hacer

```
--> sqrt(2*%e);
```

Para obtener la aproximación numérica de una operación utilizamos el comando float, de manera que

```
--> float(sqrt(2*%e));
```

Podemos escribir comentarios dentro de una determinada sentencia (por ejemplo, para indicar lo que estamos haciendo) para lo que escribiremos dicho comentario entre "/\*" y "\*/", a continuación le damos a ENTER y debajo escribimos la operación a efectuar:

```
--> /*vamos a calcular el valor aproximado de la raiz de 2e*/
float(sqrt(2*%e));
```

Maxima puede trabajar con números enteros con cualquier número de dígitos. Sin embargo, cuando la representación es demasiado larga por defecto elimina la mayor parte de los dígitos intermedios. Por ejemplo, si evaluamos  $123^{123}$ , tendremos

```
--> 123^123;
```

## 2.2 OPERACIONES ARITMÉTICAS ELEMENTALES.

Los operadores aritméticos son: suma "+", resta "-", producto "\*", cociente "/" y elevado "^" o "\*\*". Como siempre, para combinar estos operadores han de tenerse en cuenta los criterios de prioridad en matemáticas: En un primer nivel de prioridad está la potencia; en un segundo nivel están el producto y el cociente; finalmente aparecen la suma y la resta. Si dos operadores tienen la misma prioridad se evalúa primero el que figura a la izquierda y después el de la derecha. Para cambiar el orden de ejecución de las operaciones pueden utilizarse paréntesis.

Veamos algunos ejemplos: Teclar lo que viene a continuación y observar los resultados (después de cada línea dar a INTRO):

```
--> pez*pez+4*pez+pez;
```

```
--> 2.3;
/*el punto está reservado para los decimales*/
```

```
--> 3y;
/*si tecleamos 3y el programa no lo entiende*/
/*lo correcto es poner 3*y*/
```

### EJERCICIO 1:

Ejecutar las siguientes operaciones y observar el orden en que se realizan las operaciones:

- |              |              |                     |                       |
|--------------|--------------|---------------------|-----------------------|
| 1) $2*4+3$   | 5) $6/(3-2)$ | 9) $2*(3^2)$        | 13) $(b/c + a)^d - e$ |
| 2) $2*(4+3)$ | 6) $(6/3)-2$ | 10) $(2*3)^2$       | 14) $b/(c+ a^d-e)$    |
| 3) $(2*4)+3$ | 7) $6/3 - 2$ | 11) $2*3^2$         | 15) $(b/c + a)^(d-e)$ |
| 4) $6/3-2$   | 8) $(2*3)^2$ | 12) $b/(c+a)^(d-e)$ | 16) $(3-8)*10$        |

## 2.3 VALORES NUMÉRICOS

Maxima devuelve los resultados de operaciones con números reales (o complejos) de forma exacta y sin aproximaciones decimales. Veamos ejemplos:

```
--> 2/3+2;
```

```
--> %*5;
```

```
--> 2/3+4/5-3/7*8;
```

Pero si trabajamos con valores decimales el resultado que obtenemos será del mismo tipo:

```
--> sqrt(5.0);
```

```
--> exp(6);
```

```
--> exp(6.0);
```

Para obtener el valor decimal de un número real podemos usar:

- el comando float (ya lo hemos visto con anterioridad).
- añadir una coma "," seguida de numer.
- desde el menú de wxMaxima, seleccionar Numérico->A real (float).

```
--> %pi*2, numer;
```

Maxima redondea, por defecto, a los primeros 16 dígitos. Se puede cambiar la precisión desde Numérico->Establecer precisión. Para representar un número real en este formato se usa el comando bfloat o bien desde Numérico->A real grande (bigfloat).

### EJERCICIO 2: Calcular

- 1)  $(2/3 - 3/5)*5/2$  y lo mismo pero con 30 cifras significativas.
- 2)  $2^{100}$  y lo mismo pero con 10 cifras significativas.
- 3) Raíz cuadrada de 2 con 47 cifras significativas.
- 4) Raíz cúbica de 35 con 400 cifras significativas.

## 2.4 CONSTANTES Y FUNCIONES

En esta última sección de esta práctica introductoria vamos a ver como se definen, asignan o borran valores a variables o etiquetas y cómo se define y evalúa una función.

### 2.4.1 Etiquetas

Una etiqueta se define mediante el símbolo ":" seguido del valor que queremos darle. Por ejemplo, si queremos que la etiqueta "amapola" tome el valor 6, haremos

```
--> amapola:6;
```

de forma que si calculamos  $3 \cdot \text{amapola} - 15$  obtendremos

```
--> 3*amapola-15;
```

De igual forma podemos definir una fórmula y asignar valores a una variable. Veamos el siguiente ejemplo (observar lo que se hace):

```
--> v:2$ w:3$
      formula:v*2/w-v*5;
```

#### 2.4.2 Constantes

Maxima tiene constantes matemáticas predeterminadas. Por ejemplo el número  $e$  y por lo tanto conviene no usar dichas constantes como nombres de etiquetas o variables para evitar errores. Dichas constantes se diferencian porque llevan el símbolo  $\%$  delante de la constante y sin espacio ( $\%e$ ). Otros ejemplos son:  $\%i$  (número  $i$ ),  $\%pi$  (número  $\pi$ ),  $\%phi$  (razón aurea), etc. Tampoco conviene utilizar como nombres de etiquetas aquellas que definen algún comando en Maxima, por ejemplo, `integrate`, `diff`, `sum`, ...

#### 2.4.3 Funciones

Para definir cualquier función, la sintaxis es: nombre de la función y argumentos, por ejemplo,  $f(x)$  o  $h(x;y)$  seguido del símbolo `:=` y la definición de la función.

Ejemplos de función de una y varias variables:

```
--> f(x):=x^2+sin(x)/x;
```

```
--> h(x,y):=2*%e^(x*y)-3/x^2;
```

Se evalúa una función sustituyendo los argumentos por sus valores correspondientes:

Por ejemplo, si queremos evaluar la anterior función  $f(x)$  en el punto  $x=2$ , y la función  $h(x,y)$  en el punto  $(2,4)$ , haremos

```
--> f(2);
      h(2,4);
```

Maxima tiene funciones predefinidas. Algunas de las más comunes son: `sqrt` (raíz cuadrada), `sin` (seno), `cos` (coseno), `tan` (tangente), `exp` (exponencial), `log` (logaritmo en base  $e$ ), `abs` (valor absoluto).

Podemos ver (y borrar) las funciones que hemos definido y su definición a través del menú superior, en  
 Maxima->Mostrar funciones (borrar funciones)  
 y  
 Maxima->Mostrar definiciones.

También podemos definir funciones a trozos con  
`if condición then expresión 1 else expresión 2`.  
 Por ejemplo si hacemos

```
--> g(x):=if x<=0 then x^3-x^2+3 else exp(x);
      [g(-2),g(0),g(4)];
```

habremos definido la función  $g(x)=x^3-x^2+3$ , si  $x \leq 0$ , mientras que si  $x > 0$ , se tiene que  $g(x)=\exp(x)$ ; también le hemos pedido que evalúe dicha función en  $x=-2, 0$  y  $4$ .

EJERCICIO 3: Definir las funciones  $f(x)=x^3-x^2+3$  y  $g(x)=x^3-x^2+k$  y calcular  $f(-2)$ ,  $f(1/2)$ ,  $g(-2)$ . Si hacemos  $k=-1$ , calcular  $g(f(x))$  y  $g(f(0))$ .

EJERCICIO 4: Definir la función  $f(x,y)=x^3-y^2-1$  y evaluarla en los puntos  $(-2,1)$  y  $(0,3)$ .

### 3 UN RÁPIDO REPASO POR wxMAXIMA.

A continuación vamos a efectuar un rápido repaso por las operaciones que podemos efectuar en wxMaxima. En esta primera aproximación, solo se trata de que el alumno comprenda lo que wxMaxima puede realizar, aunque inicialmente no comprenda como se escriben determinadas sentencias.

En las prácticas siguientes de la asignatura, estudiaremos con más profundidad cada uno de los apartados siguientes. De momento, sólo se trata de que se vaya entendiendo lo que se va a realizar en los ejercicios siguientes:

#### 3.1 SOBRE ALGEBRA LINEAL

##### 3.1.1 Ejercicios con vectores

Podemos definir los vectores:  $v=(2,-3)$  y  $w=(1,2)$ :

```
--> v:[2,-3];
      w:[1,2];
```

Si queremos escoger la componente de un vector; por ejemplo la segunda componente del vector  $v$  anterior:

```
--> v[2];
```

Si queremos realizar la suma:  $v+w$

```
--> v+w;
```

po el Producto por escalares:  $-3 \cdot v$

```
--> -3*v;
```

También podemos calcular el Producto escalar de dos vectores:  $v \cdot w$

```
--> v.w;
```

o calcular la Norma (o módulo) de un vector:  $||v||$

```
--> sqrt(v.v);
```

### 3.1.2 Ejercicios con matrices

Podemos definir las matrices siguientes:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$$

```
--> A:matrix([1,2],[3,4]);
      B:matrix([1,1],[-1,1]);
      C:matrix([1,2,3],[4,5,6],[7,8,9]);
```

Elegimos el coeficiente {2,3} de C:

```
--> C[2][3];
```

Si queremos sumar dos matrices: A+B

```
--> A+B;
```

o realizar el producto por escalares:  $3 \cdot A$

```
--> 3*A;
```

o el producto de dos matrices:  $A \cdot B$  (OJO: no es  $A * B$ )  
Comprobar la diferencia tecleando lo siguiente:

```
--> A.B;
      A*B;
```

Se puede multiplicar una matriz por un vector vector:  $A \cdot v$

```
--> A.v;
```

o hallar la matriz traspuesta:  $A^t$

```
--> transpose(A);
```

o la inversa:  $A^{-1}$  (OJO: no es  $A^{(-1)}$ ); ver la diferencia:

```
--> invert(A);
      A^-1;
```

Si queremos hallar el determinante:  $|A|$

```
⟨ --> determinant(A);
```

o calcular su rango:  $\text{rg}(C)$

```
⟨ --> rank(C);
```

Más adelante veremos la importancia de calcular el Núcleo:  $\text{Ker}(C)$

```
⟨ --> nullspace(C);
```

```
⟨ --> args(%);
```

y de la Imagen:  $\text{Im}(C)$

```
⟨ --> columnspace(C);  
    args(%);
```

3.1.3 Ejercicios con sistemas de ecuaciones lineales

SCD:  $x+y=2, 2x+3y=2$

```
⟨ --> linsolve([x+y=2,2*x+3*y=2],[x,y]);
```

SI:  $x+y=2, 2x+2y=2$

```
⟨ --> linsolve([x+y=2,2*x+2*y=2],[x,y]);
```

SCI (solución paramétrica):  $x+y=2, 2x+2y=4$

```
⟨ --> linsolve([x+y=2,2*x+2*y=4],[x,y]);
```

SCI (solución implícita):  $x+y=2, 2x+2y=4$

```
⟨ --> linsolve_params:false$  
    linsolve([x+y=2,2*x+2*y=4],[x,y]);
```

3.1.4 Ejercicios de diagonalización

Para hallar el polinomio característico:  $p_A(x)$

```
⟨ --> charpoly(A,x);
```

```
⟨ --> expand(%);
```

y los Autovalores:  $\lambda_i$

```
⟨ --> eigenvalues(A);
```

```

--> solve(charpoly(A,x),x);

```

o los Autovectores:  $v_i$

```

--> eigenvectors(A);

```

### 3.2 SOBRE CÁLCULO

#### 3.2.1 Ejercicios sobre Cálculo Diferencial

Podemos calcular límites finitos:  $\lim_{x \rightarrow 0} \sin x/x$

```

--> limit(sin(x)/x, x, 0);

```

o límites infinitos:  $\lim_{x \rightarrow -\infty} (2x-1)^3/(x^2+1)$

```

--> limit((2*x-1)^3/(x^2+1),x,-inf);

```

Se puede obtener la suma de Series numéricas:  $\sum 1/n^2$

```

--> simpsum;
sum(1/n^2, n, 1, inf);
simpsum:true;
sum(1/n^2, n, 1, inf);
reset(simpsum)$

```

Para hallar la derivada de una función (de una o varias variables). Por ejemplo, para hallar la derivada parcial 3 veces respecto de  $x$  de la función  $\sin 2xy$ :

```

--> diff(sin(2*x*y),x,3);

```

o la matriz Hessiana:  $H(\sin(x+y))$

```

--> hessian(sin(x+y),[x,y]);

```

o un polinomio de Taylor:  $(\sin x)/x$ ,  $n=10$ ,  $x_0=0$

```

--> taylor(sin(x)/x,x,0,10);

```

```

--> ratdisrep(%);

```

```

--> powerdisp;
powerdisp:true$
ratdisrep(taylor(sin(x)/x,x,0,10));
powerdisp:false$
ratdisrep(taylor(sin(x)/x,x,0,10));

```

#### 3.2.2 Ejercicios sobre Cálculo Integral

Podemos hallar una Primitiva: Por ejemplo de  $f(x) = x/(x^3 - 2x^2 + 1)$ :

```
--> integrate(x/(x^3-2*x^2+1),x);
```

o una integral definida: Por ejemplo, para calcular en el intervalo  $[0, \pi]$  la integral de  $(\cos(x))^2$ :

```
--> integrate(cos(x)^2,x,0,%pi);
```

También podemos hallar integrales impropias: Para hallar en el intervalo  $[-\infty, \infty]$  la integral de  $f(x) = e^{-x^2/2}$ :

```
--> integrate(exp(-x^2/2),x,-inf,inf);
```

```
--> rootscontract(%);
```

### 3.2.3 Ejercicios sobre Cálculo Vectorial

Gradiente:  $\text{grad } x \cdot y^2 \cdot \sin(z)$

```
--> load(vect)$
```

```
--> express(grad(x*y^2*sin(z)));
```

```
--> ev(% ,diff);
```

Divergencia:  $\text{div } (x, z \cdot y^2, \sin(x+z))$

```
--> express(div([x,z*y^2,sin(x+z)]));
```

```
--> ev(% ,diff);
```

Rotacional:  $\text{rot } (x^2, y^3, z)$

```
--> express(curl([x^2,y^3,z]));
```

```
--> ev(% ,diff);
```

Laplaciano:  $\text{lap } x \cdot y^2$

```
--> express(laplacian(x*y^2));
```

```
--> ev(% ,diff);
```

## 3.3 SOBRE ECUACIONES DIFERENCIALES

### 3.3.1 Ejercicios sobre EDO de 1er orden

De variables separadas:  $y' = \sin x / \sqrt{y}$

```
[ --> ode2('diff(y,x)=sin(x)/sqrt(y),y,x);
```

EDO Lineales:  $y'=y/x+1$ ,  $y(1)=3$

```
[ --> ode2('diff(y,x)=y/x+1,y,x);
```

```
[ --> ic1(% ,x=1,y=3);
```

Homogéneas:  $y'=(x+y)/(2x+y)$

```
[ --> ode2('diff(y,x)=(x+y)/(2*x+y),y,x);
```

Factor integrante:  $y'=(4x^3-y)/(2x-x^4/y)$

```
[ --> ode2('diff(y,x)=(4*x^3-y)/(2*x-x^4/y),y,x);
```

### [ 3.4 SOBRE REPRESENTACIONES GRÁFICAS

#### [ 3.4.1 Representaciones en 2D

```
[ --> plot2d(sin(2*x),[x,-2*pi,2*pi]);
```

```
[ --> plot2d([x^2,sqrt(2*x)],[x,-2,2]);
```

#### [ 3.4.2 Representaciones de curvas y superficies en 3D

```
[ --> plot3d(cos(x*y),[x,-3,3],[y,-3,3]);
```

```
[ --> plot3d([cos(u)*cos(v),sin(u)*cos(v),sin(v)],  
[u,0,2* %pi],[v,- %pi/2, %pi/2]);
```