

# TUTORIAL DE MATHCAD WORKING MODEL

En este capítulo se incluye un tutorial en el que se describe la metodología de trabajo que se debe seguir en la aplicación *Mathcad Working Model*, que permite realizar cálculos científico-técnicos de una forma bastante sencilla, ya que se basa en el entorno Windows.

## 1. INTRODUCCIÓN

*Mathcad* es un programa que permite trabajar con ecuaciones, números, texto y gráficos como cualquier editor de textos de los que se conocen, pero con la ventaja de que el documento que se crea es “vivo”, es decir, si se realiza un cambio en una variable, cambiarán automáticamente todas las variables, ecuaciones o gráficos que estén relacionados con la misma.

Otra ventaja importante es que permite escribir las ecuaciones, definir las funciones o crear los gráficos de una forma bastante cómoda y sencilla, utilizando las distintas herramientas que incorpora.

La operativa que se debe seguir con el programa, es la siguiente:

Se definen e inicializan las variables que se vayan a utilizar en los cálculos, se escriben las ecuaciones o funciones que se deseen resolver y a continuación se puede obtener mediante el programa el valor o la representación gráfica de las mismas.

Se debe tener en cuenta que el programa analiza las variables de arriba a abajo y de izquierda a derecha, por eso una variable que se utilice en una determinada expresión deberá estar situada bien encima o bien a la derecha de ésta.

En la versión de distribución gratuita, que se trata de una copia limitada del programa original, todos los cálculos y operaciones que se deseen hacer, se tendrán que realizar en el *Scratchpad*, es decir, en la ventana que se puede abrir dentro del programa y que está destinada para este fin. Por tanto, lo primero que habrá que hacer para poder realizar el trabajo será ir al menú Books y elegir el comando *Open Scratchpad*. Una vez abierta dicha ventana, ya se pueden realizar las operaciones que se describen a continuación. Cuando a continuación se hagan indicaciones a la ventana, si no se especifica lo contrario, se estará haciendo referencia a esta ventana destinada a realizar operaciones. En la Figura 1 se muestra el aspecto que debe representar la pantalla una vez entrado en el programa y ejecutado el comando *Open Scratchpad* del menú Books.

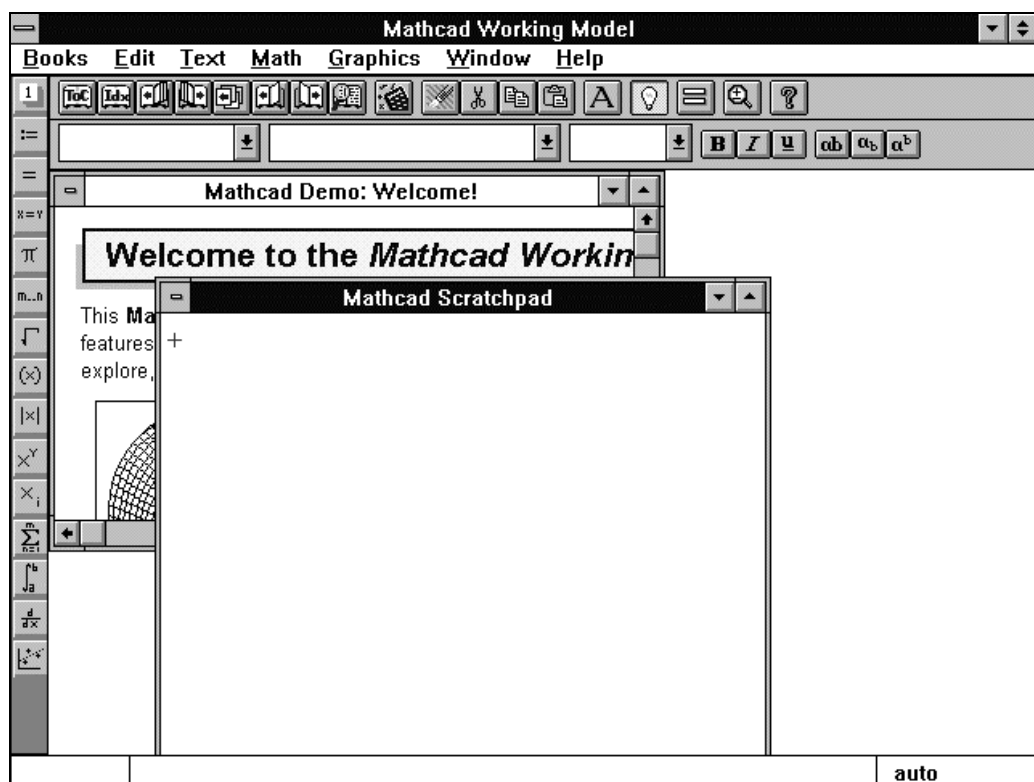


Figura 1. Pantalla completa de Mathcad Working Model

Dicha ventana se puede maximizar haciendo clic en el botón izquierdo de la parte superior derecha de la misma.

Un gran inconveniente que presenta esta versión limitada del programa, es que no permite guardar los documentos que se crean, ni abrir documentos nuevos, ni imprimirlos, por eso todo lo que se realice en el *Scratchpad* se perderá al cerrar dicha ventana. Esta versión limitada solo permite ver el contenido de los documentos que acompañan a la *Demo* y realizar en los mismos algunos cambios para modificar valores y ver las variaciones que producen, cambios que no se guardan al salir del programa y que por tanto no estarán disponibles al volver a entrar en el mismo.

A continuación se va a realizar una breve descripción de algunas de las tareas que se pueden realizar con el programa con el objeto de que sirvan de iniciación para trabajar con el mismo:

## 2. REALIZAR UN CÁLCULO SENCILLO

Hacer clic en un lugar de la ventana, con lo que aparecerá un cursor en forma de cruz y de color rojo, esto indica que cualquier cosa que se escriba aparecerá en ese punto.

Escribir por ejemplo **20+15/6.32=**. Al escribir el signo =, el programa realiza las operaciones necesarias y muestra el resultado. En la pantalla aparecerá el siguiente resultado:

$$20 + \frac{15}{6.32} = 22.373$$

Se ve cómo la representación que utiliza el programa es similar a la que se acostumbra a ver en cualquier libro de matemáticas.

## 3. REALIZAR MODIFICACIONES

Para cambiar por ejemplo el denominador de la expresión anterior, se haría clic en el mismo, con lo que el cursor se convierte en una barra vertical, a partir de este momento se puede utilizar la tecla SUPR o la tecla de RETROCESO para borrar exactamente igual a como se haría en un editor de textos. Se borra el valor anterior y se escribe 5.5, se hace clic en cualquier lugar fuera de la expresión si se tiene activado el modo automático o se pulsa F9 si no se tiene y aparecerá el resultado actualizado, que será el siguiente:

$$20 + \frac{15}{5.5} = 22.727$$

Si se quisiera multiplicar esa expresión por el valor 7/5, se haría clic dentro de la expresión, el cursor se convierte en la barra vertical, se pulsa la barra espaciadora tantas veces como sea necesario para que la expresión quede enmarcada por un

cuadrado azul y a continuación se escribe  $*7/5$ , el resultado que se obtiene es el siguiente:

$$\left(20 + \frac{15}{5.5}\right) \cdot \frac{7}{5} = 31.818$$

Si se quisiera multiplicar sólo por la fracción  $20/5.5$ , y no la expresión completa por los  $7/5$ , se tendría que encerrar dentro del cuadrado azul solo a dicha fracción, obsérvese como el resultado es completamente distinto:

$$20 + \frac{15}{5.5} \cdot \frac{7}{5} = 23.818$$

Mediante las teclas de desplazamiento del cursor, también se puede aumentar y disminuir la selección que encierra el cuadrado azul.

La función que realiza cada una de las teclas es:

- [ $\uparrow$ ] Hace aumentar el cuadrado de selección. También convierte el cursor en forma de barra vertical en recuadro de selección.
- [ $\downarrow$ ] Disminuye el tamaño del cuadrado del cuadrado de selección. Si el cuadrado de selección encierra un nombre o un número, se convierte en la barra vertical.
- [ $\rightarrow$ ] Mueve el punto de inserción hacia la derecha. Si se tiene una expresión seleccionada, se mueve la selección hacia la expresión de la derecha.
- [ $\leftarrow$ ] Mueve el punto de inserción hacia la izquierda. Si se tiene una expresión seleccionada, se mueve la selección hacia la expresión de la izquierda.

Pruebe a borrar la expresión anterior, enmarcándola por completo y seleccionando a continuación el comando *Cut* del menú *Edit*, o bien pulsar la combinación CTRL+X.

## 4. DEFINIR VARIABLES

Para definir un valor que se va a utilizar posteriormente, se puede hacer asignando el mismo a una variable, para ello se escribe el nombre que se desea para dicha variable y a continuación se pulsa la tecla : (dos puntos) o bien se selecciona el botón de asignación que se encuentra en la paleta 1 ( $:=$ ) y por último se escribe en el espacio en negro que aparece en la parte derecha el valor que se desea.

Escribir por ejemplo **a:45**, con lo que el resultado será:

$$a := 45$$

la variable **a** tendrá asignado a partir de este momento dicho valor.

La parte izquierda de  $:=$  puede contener cualquiera de los siguientes definiciones:

- Una variable simple, como  $a$ .
- Una variable cuyo nombre tiene un subíndice de vector, como  $v_i$ . Este subíndice se escribe con el botón de elementos de un vector ( $x_i$ ) de la paleta N° 1 o con el teclado pulsando la tecla del paréntesis cuadrado izquierdo ([). El subíndice indica el elemento  $i$  del vector  $v$  en este caso.
- Una variable cuyo nombre tiene un subíndice, como  $V_{\text{inicial}}$ . La representación de esta es muy similar a la anterior, pero en lo referente a los cálculos, son dos cosas totalmente diferentes. Aquí el subíndice solo tiene la misión de representación. Para escribir el subíndice se pulsa la tecla de punto (.) a continuación del nombre de la variable.
- Una matriz cuyos elementos pueden ser cualquiera de los anteriores. Por ejemplo:

$$\begin{pmatrix} v_i \\ V_{\text{inicial}} \end{pmatrix}$$

- Una función cuyos argumentos sean variables. Por ejemplo  $f(x,y,z)$ , donde  $f$  es el nombre de la función y  $x, y, z$  son los argumentos.
- Un nombre con superíndices, por ejemplo  $M^{<2>}$  que representa la columna número 2 de una matriz llamada  $M$ .

## 5. REALIZAR CÁLCULOS CON VARIABLES

Una vez definidas las variables, se puede realizar con ellas los cálculos que se desean. Por ejemplo  $a/10$ ,  $a^3$ , etc., obteniéndose lo siguiente al escribir  $a/10=\text{ENTRAR}$  y  $a^3=\text{ENTRAR}$ :

$$\frac{a}{10} = 4.5$$

$$a^3 = 9.113 \cdot 10^4$$

## 6. CREAR REGIONES PARA ESCRIBIR TEXTO

Se pueden crear regiones en la ventana para introducir comentarios, explicaciones, etc. Para ello se selecciona el comando *Create Text Region* del menú Text o bien se pulsa la tecla “ (comillas) y se comenzará a escribir como si se encontrase en un procesador de textos.

## 7. CAMBIAR LA FUENTE DE TEXTO

Se puede realizar dos tipos de cambios en lo que a la fuente de texto se refiere. Uno es que los cambios que se realice solo afecten al texto que se tiene seleccionado, y otro que los cambios afecten a todo el texto que se tiene en el documento.

Para cambiar la fuente de un trozo de texto dentro de un párrafo, se tiene que seleccionar dicho trozo y a continuación seleccionar el comando *Change Font...* del menú *Text*, con lo cual aparecerá una ventana de diálogo en la que se muestra la fuente, el estilo y el tamaño de dicho texto, y que se pueden cambiar a los valores que se deseen.

Para cambiar la fuente dentro de todo el documento o bien para que la fuente de texto por defecto sea una distinta de la que tiene el programa, se selecciona el comando *Change Default Text* del menú *Text* y en la ventana de diálogo que aparece, que es la misma que la mostrada por el comando anterior, se realiza la selección deseada. Este cambio se puede hacer en cualquier momento de la realización del documento.

## 8. CREAR UN RANGO DE VALORES PARA UNA VARIABLE

Se va a definir una variable **x** que pueda tomar una serie de valores, por ejemplo desde el 20 al 30 con un salto de dos en dos, esto es, 20, 22, 24...30

Primero se escribe el nombre para dicha variable, en este caso **x**, a continuación se pulsa la tecla **:** o bien el botón **:=** (realizar una asignación, de la paleta Nº 1), después se pulsa la tecla **;** (punto y coma) o bien el botón **m..n** de la misma paleta, con lo que aparecerá la siguiente representación:

**x := ■ .. ■**

en la que se selecciona con el ratón el primero de los dos espacios negros y se escribe el primer valor que se desee que tome dicha variable, se coloca una coma, se escribe el siguiente valor y bien con el ratón o la tecla de tabulación se va al segundo cuadrado y se escribe el último valor que se desee para la variable.

El resultado será el siguiente:

**x := 20,22.. 30**

Si ahora se deseara visualizar los valores de dicha variable, se escribiría **x=**, con lo que se obtendría una tabla vertical que contendría los siguientes valores: 20, 22, 24, 26, 28 y 30.

## 9. DEFINIR FUNCIONES

Se puede definir una función dándole un nombre para la misma y asociándole una variable. Por ejemplo para definir una función que se llamará **f** y cuya variable independiente sea **t** se escribiría lo siguiente: **f(t)**: y a continuación se escribiría la expresión de dicha función, por ejemplo **t^2+2\*t+20** con lo que el resultado que se obtendría sería el siguiente:

$$f(t) := t^2 + 2 \cdot t + 20$$

Dando valores a la variable **t**, el programa calcularía el valor de la función para dicho valor, por ejemplo, para ver el valor que toma la función para un determinado valor de **t**, se podría asignar un valor a **t** y calcular el valor de la función:

$$t := 10 \qquad f(t) = 140$$

o bien introducir directamente en la función dicho valor:

$$f(10) = 140$$

También se puede hallar el valor de la función para un rango de valores de la variable introduciendo una variable que este definida para un rango de valores como se ha hecho anteriormente con la variable **x**, el resultado al escribir **f(x)**= sería el siguiente:

f(x)
460
548
644
748
860
980

Donde se muestran todos los valores que toma la función **f(t)** para cada valor que toma la variable **t**, que ahora se corresponde con la variable **x**.

## 10. MODIFICAR EL FORMATO DE LOS RESULTADOS

Si por ejemplo se tiene una tabla en la que la representación de los resultados que por defecto aparece tal y como se muestra en a continuación, y se desea que aparezcan sin la representación exponencial, se hará lo siguiente como la siguiente:

$$10 \cdot f(x)$$

$4.6 \cdot 10^3$
$5.48 \cdot 10^3$
$6.44 \cdot 10^3$
$7.48 \cdot 10^3$
$8.6 \cdot 10^3$
$9.8 \cdot 10^3$

Hacer clic en un lugar de la tabla, con la tecla [ $\uparrow$ ] hacer que el recuadro de selección englobe la tabla completa y se elige el comando *Numerical Format...* del menú *Math* o bien haciendo doble clic dentro de la tabla. Aparecerá una ventana de diálogo en la cual se muestra la selección actual del formato de los resultados, selección que se puede variar. En este caso concreto la variación que se tendría que realizar es cambiar el umbral para la representación exponencial que actualmente se encuentra en 3 y ponerlo en 4, con lo que se obtendría la siguiente representación:

$$10 \cdot f(x)$$

4600
5480
6440
7480
8600
9800

Cuando se cambia el formato de un resultado, solo afecta a la representación del mismo. El programa internamente mantiene la precisión para los cálculos.

## 11. CREAR GRÁFICAS

La versión limitada *Mathcad Working Model* permite crear gráficos en forma cartesiana, en forma polar, superficies y contornos.

Se va a realizar una representación gráfica en forma cartesiana de una función que se define a continuación  $f(x)$ . Los pasos a seguir para realizar la gráfica son:

- Escribir la expresión o función que se desea representar, que en este caso sería:



$$f(x) := -2 \cdot x^2 + 7 \cdot x + 50$$

- Especificar el rango de valores que se desea que tome la variable independiente de dicha función, por ejemplo:

$$x := 0, 1 \dots 10$$

para que la x tome los valores 1, 2, 3 ....10.

- Seleccionar el comando *Create X-Y Plot* del menú *Graphics*, con lo que aparecerá una gráfica vacía en la que se muestran los espacios reservados para escribir las expresiones que se desea representar. Los espacios del eje de abscisas son para la variable independiente (el que se encuentra en el centro) y para los límites inferior y superior que se desea para dicha variable los de los extremos. Los espacios del eje de ordenadas son para la expresión o expresiones que se desea representar (el espacio central) y para los límites inferior y superior para dicho eje los que se encuentran en los extremos. Los espacios reservados para los límites se pueden dejar en blanco, con lo que el programa los ajustará directamente al valor que considere más adecuado.

En este caso se escribe **x** para la variable independiente y **f(x)** para la expresión a representar. El resultado sería el que aparece en la Figura 2.

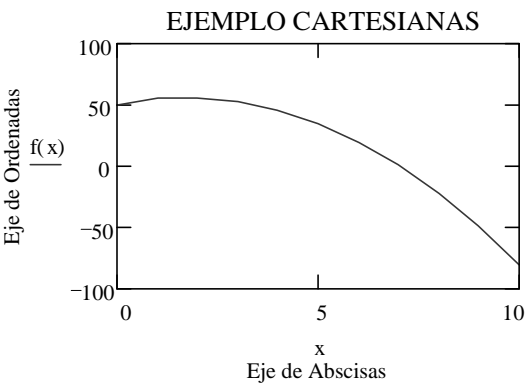


Figura 2. Gráfica obtenida con Mathcad Working Model

## 12. VARIAR EL TAMAÑO DE UNA GRÁFICA

El tamaño que aparece para la gráfica es el tamaño por defecto, el cual se puede variar a nuestro gusto. Para ello se hace clic cerca del gráfico y se arrastra hacia el mismo y se suelta el botón del ratón, con lo que aparecerá el gráfico con un recuadro punteado a su alrededor. Pasando el cursor con el ratón cerca del lado derecho de

dicho recuadro, éste se convierte en una doble flecha, en ese momento se pulsa el botón izquierdo y se arrastra hacia la derecha si se quiere aumentar el tamaño o hacia la izquierda si lo que se desea es reducirlo. Se puede hacer lo mismo en el lado inferior del recuadro para variar en tamaño según la dirección vertical.

### 13. FORMATO DE UN GRÁFICO

Si se quiere cambiar las características con las que aparece el gráfico por defecto, se haría doble clic en el mismo, con lo que aparece una ventana en la muestra las características que tiene dicho gráfico, y que se puede modificar, tales como si se desea una escala lineal o bien logarítmica para los ejes, si se quiere ver o no la cuadrícula, los números representados, una escala determinada, cambiar la forma y el color de las trazas, etc. La traza 1 corresponde a la primera expresión que se tenga representada, la traza 2 a la segunda y así sucesivamente.

Se debe tener en cuenta que al hacer clic sobre una gráfica, esta aparece rodeada por un recuadro de color azul que indica que esa gráfica es la seleccionada y que el menú Graphics pasa a ser un nuevo menú llamado *X-Y Plot* en este caso de gráfica cartesiana, en el cual hay 5 comandos *Format...*, *Crosshair...*, *Zoom...*, *Title...*, *Axis Label...*, que permiten realizar las siguientes acciones.

- *Format...* Tiene los mismos efectos que el hacer doble clic en el gráfico, que se ha visto anteriormente.
- *Crosshair...* Muestra una ventana en la que aparece el valor que toma la función representada en el punto que se sitúa el cursor, tanto para el eje de abscisas como para el de las ordenadas.
- *Zoom...* Sirve para variar el tamaño de la gráfica.
- *Title...* Permite añadir un título a la gráfica, como le “Ejemplo cartesianas” que se ha realizado anteriormente.
- *Axis Label...* Permite escribir anotaciones en los ejes X e Y, como por ejemplo Eje de Abscisas y Eje de Ordenadas que aparecen en la gráfica anterior.

### 14. TRABAJAR CON MATRICES Y VECTORES

Para crear una matriz se pulsan las teclas CTRL+M o bien el botón crear matrices de la paleta número 2, con lo cual aparece una ventana de diálogo que en la que se puede introducir el número de filas (*Rows*) y el número de columnas (*Columns*) que se desea para la matriz. Aparecerá una matriz con sus elementos en blanco preparados para ser introducidos. Para saltar de un elemento al siguiente, se puede hacer bien seleccionándolo con el ratón bien con la tecla de tabulación.

Para crear un vector, se hace exactamente lo mismo que para las matrices, salvo que se elige para el número de columnas el valor 1. El número de filas será 2 si el

vector es de dos dimensiones, 3 si es de tres dimensiones, etc. A lo largo del libro siempre se representarán los vectores y las matrices en negrita, para lo cual se definirá el estilo de fuente *User1* con aspecto negrita **B**. Una descripción detallada de como hacerlo se realiza en el siguiente apartado 1.5.8.15 Representación de vectores y matrices.

El operando vectorización: Este operando se utiliza para matrices y vectores en los que se desean realizar determinadas operaciones.

Por ejemplo, para realizar el producto entre los elementos de dos matrices. La diferencia entre utilizar y no utilizar este operando se muestra en la siguiente multiplicación entre las matrices **A** y **B**:

$$\begin{array}{cc} \mathbf{A} := \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{pmatrix} & \mathbf{B} := \begin{pmatrix} 0 & 5 \\ 4 & 1 \end{pmatrix} \\ \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 12 & 8 \\ 16 & 14 \end{pmatrix} & \xrightarrow{\quad} (\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}) = \begin{pmatrix} 0 & 15 \\ 8 & 4 \end{pmatrix} \end{array}$$

En el primer caso se ha realizado un producto matricial como tal, mientras que en el segundo caso el resultado es una matriz cuyos elementos son el producto de los elementos que ocupan el mismo lugar en las matrices **A** y **B**.

Otro ejemplo si **V** es un vector, la expresión cos(**V**) es ilegal, pero si se aplica el operador vectorizar, el programa considera el resultado como un nuevo vector cuyos elementos son el coseno de cada uno de los elementos del vector inicial. Para aplicar este operador se tendrá primero que definir el vector, y a continuación cuando se realicen operaciones con el mismo, se escribirá su nombre y se aplica el operador, bien pulsando las teclas CTRL -, bien seleccionándolo de la paleta N° 2 (botón 5). Un ejemplo para un vector **V** sería el siguiente:

$$\mathbf{V} := \begin{bmatrix} \pi \\ 2 \cdot \pi \\ \frac{\pi}{2} \\ 2 \end{bmatrix} \quad \xrightarrow{\quad} \cos(\mathbf{V}) = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Otro ejemplo, en el que se va a realizar el producto de dos vectores **v** y **w** sería el siguiente, en el que el nombre de los vectores se ha escrito en negrita.

$$\mathbf{v} := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{w} := \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{v} \cdot \mathbf{w} = 3 \quad \longrightarrow \quad (\mathbf{v} \cdot \mathbf{w}) = \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

En el primer caso se ha realizado el producto escalar de los mismos, cuyo resultado es la suma de los productos de los elementos que ocupan el mismo lugar e ambos vectores, y en el segundo caso se ha realizado una multiplicación entre los elementos que ocupan la misma posición, siendo el resultado un nuevo vector formado por dichos productos.

## 15. REPRESENTACIÓN DE VECTORES

Los vectores se representarán en negrita para poder distinguirlos, en lo que a representación se refiere, del resto de las variables escalares que se utilicen. Para realizar esta representación de una forma cómoda, se va a utilizar el estilo de fuente *User1*, definiéndolo con negrita. Para definir un estilo de fuente se pueden seguir cualquiera de las dos formas que se describen a continuación.

Una forma sería haciendo que aparezca visible en la pantalla la barra de las fuentes (Figura 3) si ésta estuviese oculta, para lo cual se debe desactivar el comando *Hide Font Bar* del menú *Window*, y en los distintos campos de dicha barra realizar las selecciones que se deseen. Aplicando los detalles que se especificaron anteriormente la barra debe tener el aspecto que se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Barra de fuentes

La otra forma sería ejecutando el comando *Modify Font Tag...* del menú *Math*, con lo que aparecerá una ventana de diálogo (Figura 4) en la que se presentan todos los estilos de que dispone el programa. Elegir el denominado *User1*, el estilo de letra que se desee en el recuadro llamado *Font Family* que por defecto el programa lo tiene definido con *Arial* y se pasará a **Times New Roman**, el tamaño para la letra *Point Size* que por defecto está en **10** y seleccionar la casilla *Bold* (negrita), dicha ventana deberá quedar después de realizar las selecciones antes señaladas deberá quedar tal como se muestra en la Figura 4.

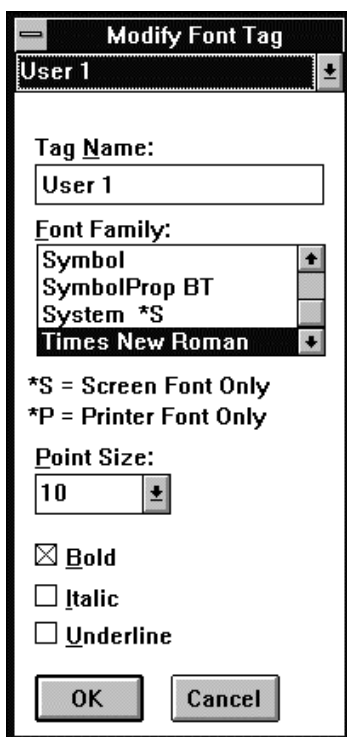


Figura 4. Ventana para definir el estilo de fuente

En los ejercicios que se incluyen en el CD-ROM que acompaña a esta guía, también se puede ver como realizar otras operaciones que aquí no se han descrito y que se utilizan para desarrollar los mismos.

En algunos de los problemas que se han resuelto con este programa, el tamaño de la ventana de operaciones (*Scratchpad*) resulta insuficiente para colocar todas las ecuaciones y resultados que se muestran a lo largo de la resolución del mismo. Para solucionar este problema existen tres posibilidades.

- Una posibilidad es ir borrando de la pantalla los resultados que se hayan obtenido y dejar solamente las ecuaciones que definen las variables necesarias para realizar los cálculos que se deseen tener en ese momento, es decir, se trata de ir borrando todo aquello que no se necesite para la realización del cálculo que se está tratando.
- Otra posibilidad es trabajar con un tamaño de letra menor que los 10 puntos que el programa tiene definido por defecto.
- La tercera posibilidad, es utilizando cualquier espacio disponible en los “libros” de ejemplo de la aplicación. Esta es una opción bastante buena, pues en estos libros se podrá encontrar gran cantidad de espacio libre, en el que se podrán realizar las operaciones que se consideren necesarias.