

# Operating MATLAB by Internet

Bonifacio Castaño, Juan Llovet, Javier Sánchez

University of Alcalá de Henares, Departament of mathematics.

**Abstract.** In this work we demonstrate an interactive web-page, that allows the users of the network to access a symbolic and numerical calculus computation program, such as MATLAB. The system works alongside the MATLAB web-server, which is the intermediate link between the user and the Internet; although the- calculus- computation program is located on the server of our laboratory. The viability of this solution has been proven by designing an application that uses all of the described Information Systems to allow a series of relative questions on polynomial calculus to be solved and produces several graphical representations.

# **Operación con MATLAB a través de Internet.**

Bonifacio Castaño    Juan Llovet    Javier Sánchez

Universidad de Alcalá de Henares, Departamento de matemáticas.

**Abstract.** En este trabajo se desarrolla una página web interactiva que pretende poner a disposición de los usuarios de la red las prestaciones de un sistema de cálculo simbólico y numérico como MATLAB. El desarrollo se hace empleando el servidor Web de MATLAB que es el intermediario entre el usuario de Internet y el programa de cálculo que está ubicado en el servidor. La viabilidad de esta solución se ha comprobado desarrollando una aplicación que utiliza todo el sistema descrito para resolver un conjunto de cuestiones relativas al cálculo de raíces de polinomios y la representación gráfica de los mismos

## **1. Introducción.**

En este trabajo se conjugan dos de los elementos más importantes en la actividad, tanto formativa como profesional, de un estudiante del ámbito científico en la actualidad. Por un lado están los aspectos relativos a las necesidades de cálculo —es decir de conocimientos de matemática aplicada— y, por otro, la utilización de los medios modernos para realizar dichos cálculos, esto es: los ordenadores, los programas de cálculo automático e Internet.

En este contexto, es muy interesante la utilización de los sistemas de cálculo simbólico y numérico que existen en el mercado. Sin embargo, la operación de este tipo de programas puede entrañar ciertas dificultades para algunos usuarios. Entre ellas se podría pensar en su carácter generalista que los convierte en herramientas de una gran capacidad y, consecuentemente, de coste elevado. Además de lo anterior, también hay que tener en cuenta la necesidad de un equipo informático de potencia suficiente para que la ejecución de dichos programas de cálculo sea dinámica y eficiente. Otros aspectos, quizás de menos importancia, son los relativos a la portabilidad de los mismos y a la necesidad de familiarizarse con la sintaxis propia de la aplicación que se utilice.

## **2. Una solución al problema.**

Una vez examinadas las dificultades anteriores, en este artículo se describe una estrategia que trata de aportar una solución para poner a disposición de los usuarios interesados algunas de las prestaciones de un sistema de cálculo comercial. En este caso se ha elegido el programa MATLAB por su capacidad de interacción con Internet.

Este sistema de cálculo tiene un enorme potencial. Sin embargo, muchas de sus funcionalidades tienen una gran especialización y sólo son aplicables en entornos científicos muy concretos. Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo se ha ocupado de crear una aplicación que pueda ser asequible a un amplio espectro de estudiantes, por ello se ha concretado en el cálculo de raíces de polinomios.

Para ello, se ha desarrollado un sistema de comunicación entre un usuario de la red Internet –situado en cualquier ordenador conectado a la misma- y el programa MATLAB que se encuentra ubicado en un servidor. Esto se consigue utilizando una página elaborada en HTML dinámico. Por medio de dicha página el usuario puede interrogar al programa MATLAB y obtener las respuestas a las cuestiones planteadas. De esta forma, la página hace labores de intermediación, lo cual se concreta en: ofrecer ciertas de las potencialidades de MATLAB, facilitar la comunicación y, entre otras cosas más, salvar los problemas de portabilidad. Además, todo ello evita la necesidad de que el usuario conozca el funcionamiento de dicho programa.

### **3. Una página web interactiva.**

Para verificar la viabilidad de todo este proceso se ha elaborado una página web, realizada en HTML dinámico, orientada al cálculo de raíces de polinomios y algunas otras cuestiones relacionadas con este particular. A través de ella es posible interrogar a MATLAB, tanto en lo referente a la obtención de soluciones, como a la representación gráfica y evaluación. El entorno programado se encarga de conectar con MATLAB, transmitirle las demandas realizadas y gestionar sus respuestas para ofrecérselas al usuario de forma adecuada.

Para facilitar la comunicación al máximo, la página ofrece una interface diseñada como un formulario y, por tanto, no es necesario que el usuario conozca la sintaxis concreta del programa. Las cuestiones introducidas a través de dicho formulario son las mínimas posibles. Así, el resto de las funcionalidades de MATLAB que se utilizan se activan por medio de un conjunto de botones que invocan cada una de las prestaciones del programa que se quieran utilizar.

La forma de interactuar con la página creada comienza por la introducción del polinomio que se quiera estudiar. Se han diseñado dos posibilidades. En la primera de ellas se solicita a MATLAB la generación de un polinomio, de forma aleatoria, con un grado determinado, un rango para el valor de los coeficientes y un número de términos concreto. Una vez hecho esto, se invoca al programa que devuelve el polinomio generado. En la segunda posibilidad el usuario elige un valor para el grado del polinomio y a continuación es interrogado por los coeficientes de dicho polinomio. En ambos casos, el grado del polinomio puede ser, como máximo, igual a 15. Esta limitación en el grado se ha hecho por dos razones: en primer lugar por tratarse, hasta el momento, de un desarrollo experimental, que sólo pretende investigar la viabilidad de todo el proceso, y en segundo por evitar que las expresiones tengan una escritura engorrosa, ya que esto supondría una complicación añadida en este desarrollo inicial. Se debe mencionar, no obstante, que en todo momento está abierta la posibilidad de admitir un valor arbitrario, para el grado del polinomio, lo cual no supondría ninguna dificultad especial.

Una vez introducido el polinomio, por cualquiera de las dos opciones mencionadas en el párrafo anterior, se visualiza en la parte correspondiente de la página, utilizando la escritura convencional. A partir de este momento, se ofrecen al usuario cuatro posibilidades para su estudio:

1. Raíces y representación gráfica de soluciones.
2. Evaluación en un punto
3. Comparación gráfica con su derivada.
4. Representación gráfica.

El aspecto que tiene la página de inicio es el siguiente:

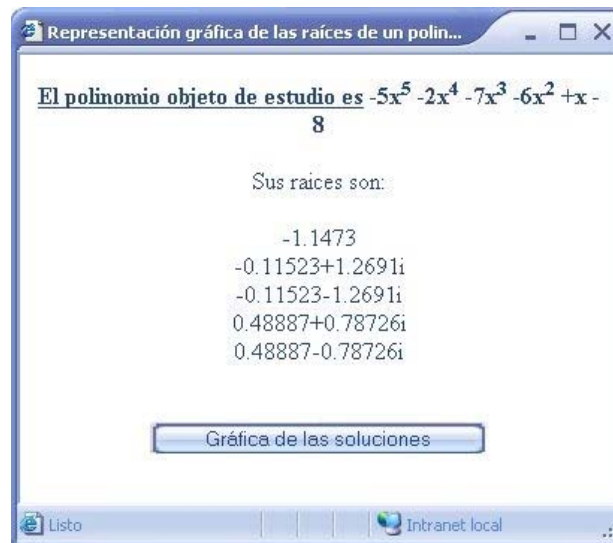
**Figura 1.** Página inicial.

En esta pantalla se observan los botones correspondientes a las cuatro funcionalidades de la página. Además, se observa que el polinomio de estudio, en este caso, es:  $P(x) = -5x^5 - 2x^4 - 7x^3 - 6x^2 + x - 8$ . Este polinomio ha sido generado, de forma aleatoria, por la propia página, de acuerdo con los parámetros introducidos en los cuadros de diálogo de la misma. En este caso se le ha pedido un polinomio de grado 5, con 6 términos y coeficientes enteros en el rango  $[-10, 10]$ . Dicho polinomio será utilizado como ejemplo, en los siguientes párrafos, para la descripción del funcionamiento de la página.

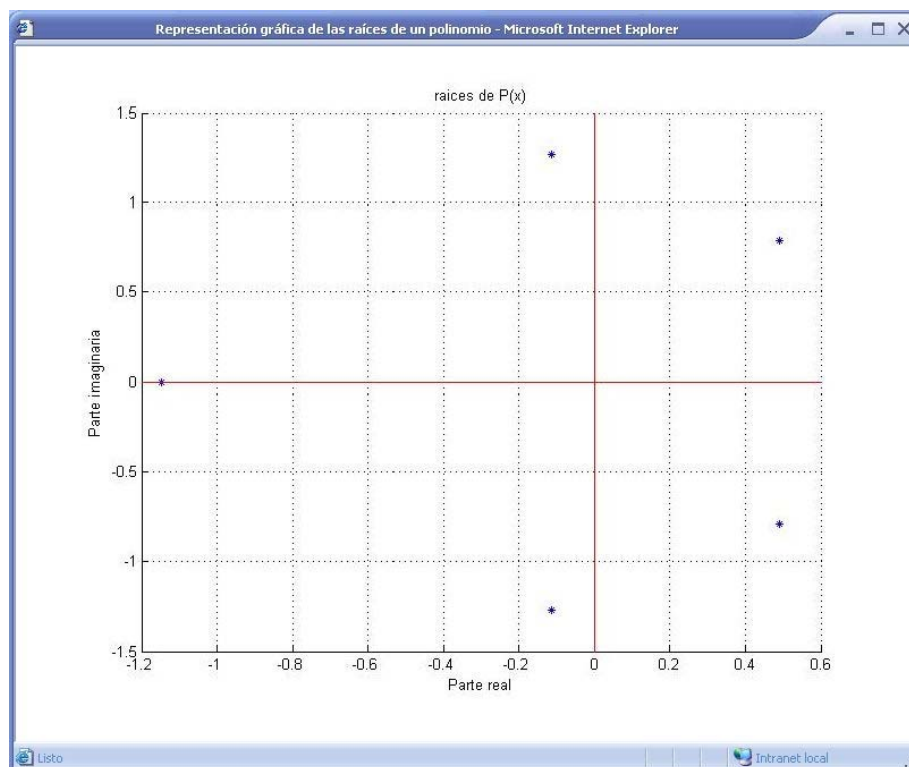
En la primera de las opciones: *Raíces y representación gráfica de soluciones*, se calculan todas las raíces del polinomio y se ofrece la posibilidad de obtener una representación gráfica de las mismas en el plano complejo. Esta posibilidad es muy interesante a la hora de comprobar las propiedades de acotación de los ceros, de un polinomio, en función del valor de sus coeficientes. También puede ser útil, por ejemplo, para calcular y representar las raíces complejas de  $-1$ .

En el caso del polinomio de ejemplo se obtienen las siguientes pantallas. La presentada en la Figura 2 muestra las raíces del polinomio. En la Figura 3 se puede ver la representación gráfica de las mismas. Es fácil observar cómo las soluciones se distribuyen

en una corona circular, la diferencia de representación entre los distintos tipos de raíces y cómo a cada raíz compleja la acompaña su conjugada. Además, en este caso, se puede comprobar fácilmente que el polinomio de ejemplo no admite la solución  $x=0$ .



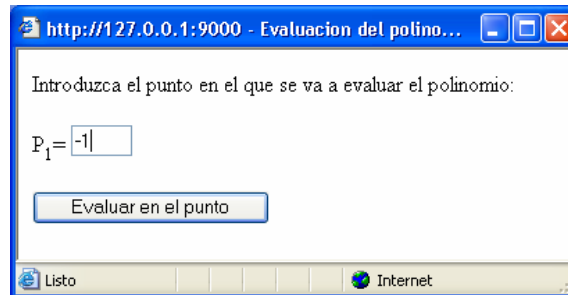
**Figura 2.** Raíces del polinomio  $P(x) = -5x^5 - 2x^4 - 7x^3 - 6x^2 + x - 8$



**Figura 3.** Representación gráfica de las raíces del polinomio:  $P(x) = -5x^5 - 2x^4 - 7x^3 - 6x^2 + x - 8$

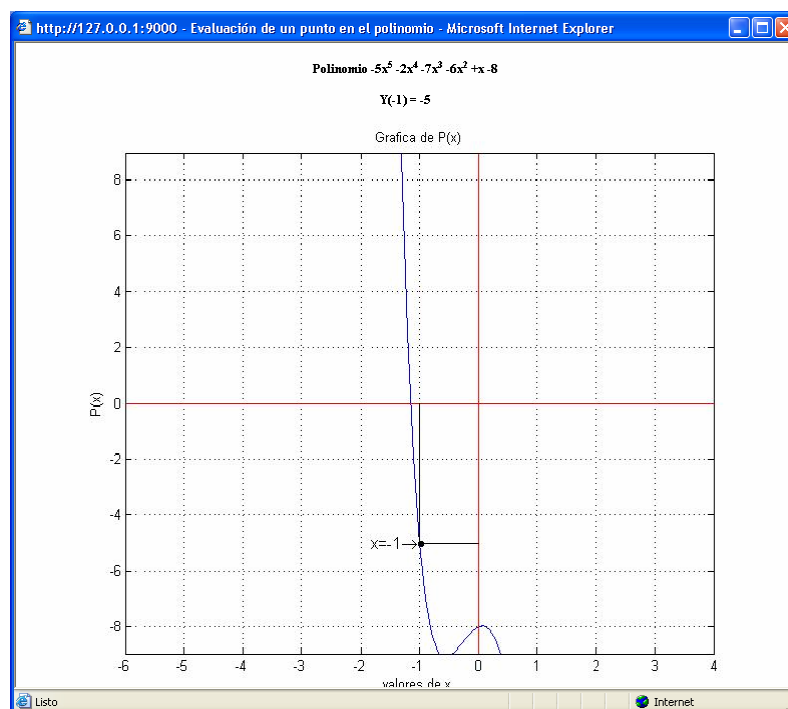
En la segunda opción: *Evaluación en un punto*, se solicita al usuario introducir un valor de la indeterminada  $x$  para realizar la evaluación del polinomio en dicho punto. El resultado de esta operación se devuelve al usuario mediante el valor del polinomio, para dicho valor de la variable independiente, tanto de forma numérica como gráfica.

Al invocar esta opción emerge una ventana de diálogo -tal y como aparece en la figura 4- en la que se introduce el valor en que se desea que MATLAB realice la evaluación. En este caso se ha decidido asignar el valor  $x=-1$  a la variable independiente.



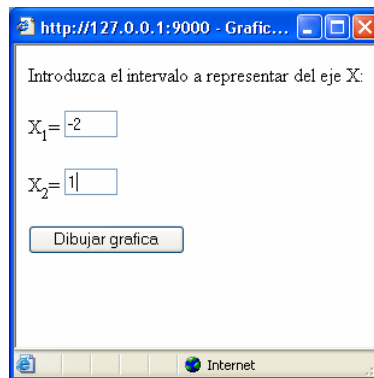
**Figura 4.** Selección del valor  $x=-1$ .

A continuación, se presenta la figura 5 en la que puede verse el resultado final de utilizar esta opción. Se observa una representación gráfica del polinomio ejemplo, su valor  $y(-1)=-5$ , para  $x=-1$ , y la representación gráfica del punto de la evaluación  $(-1,-5)$ .



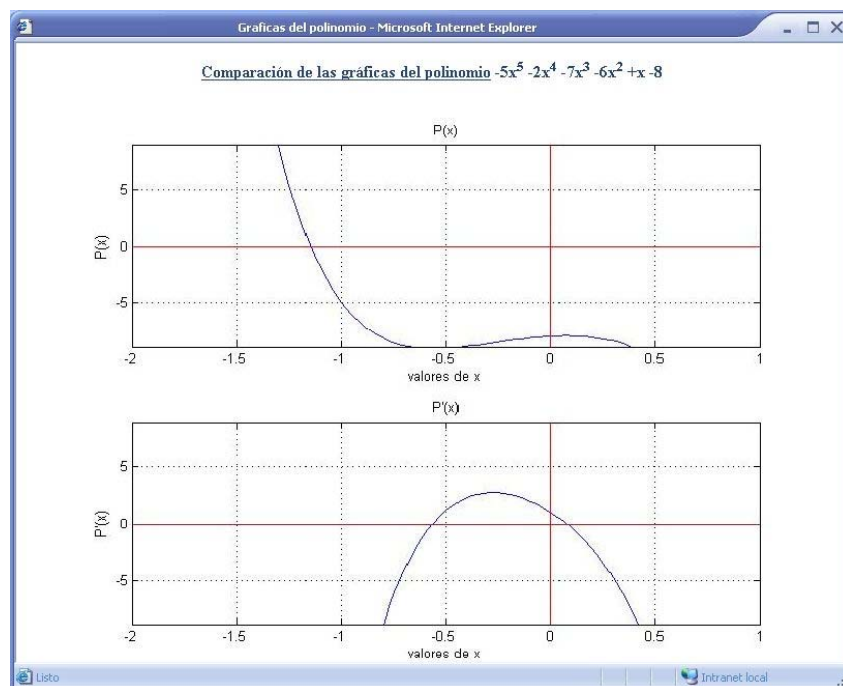
**Figura 5.** Evaluación del polinomio  $P(x) = -5x^5 - 2x^4 - 7x^3 - 6x^2 + x - 8$  en el punto  $x=-1$ .

La tercera opción: *Comparación gráfica con su derivada* permite obtener una representación gráfica del polinomio introducido y compararla con la de su polinomio derivado. La derivación del polinomio se realiza, naturalmente, a través del programa MATLAB y las representaciones gráficas de ambas funciones también. Esta parte permite verificar las propiedades de crecimiento o decrecimiento del polinomio y comprobar la ubicación de sus extremos de acuerdo con los cambios de signo del polinomio derivado. En la figura 6 se puede observar el cuadro de diálogo para introducir los valores del rango de la variable independiente. En este caso se utiliza el rango  $[-2, 1]$ .



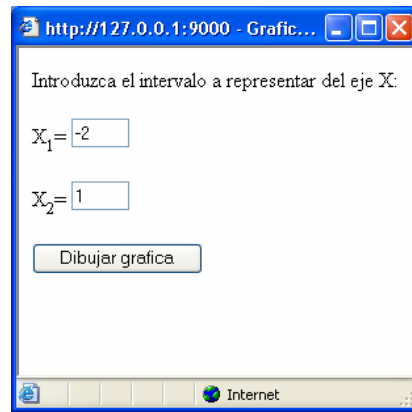
**Figura 6.** Selección del rango para la comparación gráfica con la derivada.

Como resultado de esta opción el programa MATLAB devuelve la gráfica del polinomio y de su derivada, tal y como se presenta en la figura 7. En ella puede observarse, por ejemplo, la concordancia entre las regiones de crecimiento y decrecimiento del polinomio con los valores positivo y negativo de su derivada.



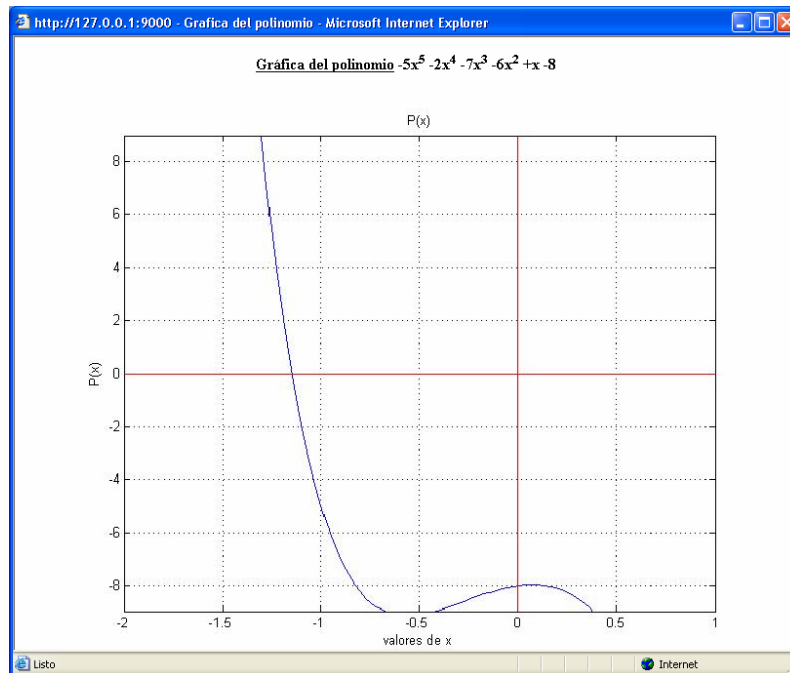
**Figura 7.** Representación gráfica polinomio  $P(x) = -5x^5 - 2x^4 - 7x^3 - 6x^2 + x - 8$  y su derivada.

El último de los botones de la página corresponde a la opción: *Representación gráfica*. Ésta confiere al usuario la posibilidad de obtener una representación gráfica del polinomio dentro del rango de valores de la variable independiente que se le indiquen. Para seleccionar este rango, el programa ofrece al usuario una ventana de diálogo, presentada en la figura 8, en la que se han elegido lo mismos valores que para la comparación con la gráfica de la derivada.



**Figura 8.** Selección del rango de valores de la variable  $x$ .

A continuación, se solicita e MATLAB la gráfica del polinomio que, una vez obtenida, se presenta al usuario por medio de una ventana como la que aparece en la figura 9. En todos los casos, el rango de valores de la variable dependiente está determinado por el programa MATLAB.



**Figura 9.** Representación gráfica del polinomio  $P(x) = -5x^5 - 2x^4 - 7x^3 - 6x^2 + x - 8$ .

#### 4. El entorno del servidor Web de MATLAB.

El desarrollo de esta aplicación, aparte de utilizar el programa MATLAB, está basada en el servidor Web de MATLAB (“MATLAB Web Server”). Esta herramienta permite al desarrollador crear aplicaciones de MATLAB que utilicen las capacidades de la “World Wide Web”, pudiendo enviar datos a MATLAB, para que éste opere con ellos y devuelva los resultados, que se mostrarán en un navegador Web.



Este servidor requiere de una conexión TCP/IP para realizar la transmisión de datos entre el cliente (el ordenador del usuario) y MATLAB, por lo que, para que funcione, es necesario que el ordenador donde se instale MATLAB cuente con una conexión a Internet.

La configuración más simple (la utilizada en este proyecto), consta de:

- Un ordenador servidor, en el que se encuentra instalado MATLAB, que tiene activos, al menos, los servicios de Servidor Web y Servidor Web de MATLAB.
- Un ordenador cliente (el del usuario), que ejecuta un navegador Web que demanda la página Web de la aplicación al ordenador servidor. En esta página Web, se solicita al usuario que introduzca los datos que desea analizar (en este caso, un polinomio) y, una vez introducidos éstos, los remite al servidor Web de MATLAB, que, a su vez, los envía a MATLAB para que realice las operaciones correspondientes con ellos. Cuando MATLAB termina, devuelve los resultados al servidor Web de MATLAB y éste los muestra en otra página Web, solicitada por el cliente.

Antes de terminar este artículo, se debe tener en cuenta que este trabajo pretende ser el primer paso de un proyecto más amplio en el que se pongan a disposición de los usuarios de Internet, de los estudiantes, profesionales etc., otras posibilidades de los sistemas de cálculo simbólico y numérico.

## **5. Bibliografía.**

Allen Smith, W., *Análisis numérico*, Ed. Prentice Hall, 1995.

Higham Desmond, J., Higham Nicholas, J., *MATLAB guide*, SMS, 2002.

Nakamura, s., *Applied numerical methods with software*, Ed. Prentice Hall, 2001.

Rodríguez Vidal, R., *Álgebra lineal*, Ed. Vicens Vives, 1999.