



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 5 – ABRIL DE 2008

“ANÁLISIS DE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS EN LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DEL CURRÍCULO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL II”

AUTORIA JUAN MANUEL DÍAZ CABRERA
TEMÁTICA SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL EN EL CURRÍCULO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL II
ETAPA BACHILLERATO

Resumen

En este artículo se comparan, desde la materia de Tecnología Industrial II, distintos métodos de suavización de los datos adquiridos mediante un Sistema de Adquisición de Datos. Se observará en el presente artículo que el método de Fernández Palop *et al* propuesto para suavizar los datos experimentales y obtener la E.E.D.F. presenta ventajas significativas frente a los otros métodos analizados en el artículo. Entre ellas, caben destacar las siguientes: Los datos suavizados obtenidos requieren únicamente un proceso de suavización, no se impone ningún límite para el valor de la resistencia del sensor utilizado para las medidas y un cambio significativo en los parámetros que controlan la suavización no afecta mucho a la suavización obtenida.

1. RELACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON EL CURRÍCULO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL II.

A lo largo del último siglo, la *tecnología*, entendida como el *conjunto de actividades y conocimientos científicos y técnicos empleados por el ser humano para la construcción o elaboración de objetos, sistemas o entornos, con el objetivo de resolver problemas y satisfacer necesidades, individuales o colectivas*, ha ido adquiriendo una importancia progresiva en la vida de las personas y en el funcionamiento de la sociedad.

La formación de los ciudadanos requiere actualmente una atención específica a la adquisición de los conocimientos necesarios para tomar decisiones sobre el uso de objetos y procesos tecnológicos, resolver problemas relacionados con ellos y, en definitiva, utilizar los distintos materiales, procesos y objetos tecnológicos para aumentar la capacidad de actuar sobre el entorno y mejorar la calidad de vida.

Una de las características esenciales de la actividad tecnológica es su carácter integrador de diferentes disciplinas. Esta actividad requiere la conjugación de distintos elementos que provienen del conocimiento científico y de su aplicación técnica, pero también de carácter económico, estético, etc.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 5 – ABRIL DE 2008

Todo ello de manera integrada y con un referente disciplinar propio basado en un modo ordenado y metódico de intervenir en el entorno.

Enmarcada dentro de las materias de modalidad de bachillerato, *Tecnología Industrial II* pretende fomentar aprendizajes y desarrollar capacidades que permitan tanto la comprensión de los objetos técnicos, como sus principios de funcionamiento, su utilización y manipulación. Para ello integra conocimientos que muestran el proceso tecnológico desde el estudio y viabilidad de un producto técnico, pasando por la elección y empleo de los distintos materiales con que se puede realizar para obtener un producto de calidad y económico. Se pretende la adquisición de conocimientos relativos a los medios y maquinarias necesarios, a los principios físicos de funcionamiento de la maquinaria empleada y al tipo de energía más idónea para un consumo mínimo, respetando el medio ambiente y obteniendo un máximo ahorro energético.

Todo este proceso tecnológico queda integrado mediante el conocimiento de distintos dispositivos de control automático que, con ayuda del ordenador, facilitan el proceso productivo.

La importancia de los contenidos de *Sistemas Automáticos* radica en la integración, a través de los mismos, del resto de contenidos vistos a lo largo del bachillerato. Actualmente los sistemas de producción se controlan mediante el uso de herramientas informáticas que envían ordenes a las máquinas, ya sean eléctricas o térmicas para que, mediante la potencia desarrollada por sistemas hidráulicos, se pueda producir un objeto con los materiales adecuados, ajustándose a unas medidas de calidad que podemos comprobar mediante ensayos, de manera económica y respetando el medio ambiente y los recursos energéticos.

La enseñanza de la Tecnología Industrial en el bachillerato tendrá como finalidad el desarrollo de las siguientes capacidades:

1. Adquirir los conocimientos necesarios y emplear éstos y los adquiridos en otras áreas para la comprensión y análisis de máquinas y sistemas técnicos.
2. Comprender el papel de la energía en los procesos tecnológicos, sus distintas transformaciones y aplicaciones, adoptando actitudes de ahorro y valoración de la eficiencia energética.
3. Comprender y explicar cómo se organizan y desarrollan procesos tecnológicos concretos, identificar y describir las técnicas y los factores económicos y sociales que concurren en cada caso. Valorar la importancia de la investigación y desarrollo en la creación de nuevos productos y sistemas.
4. Analizar de forma sistemática aparatos y productos de la actividad técnica para explicar su funcionamiento, utilización y forma de control y evaluar su calidad.
5. Valorar críticamente, aplicando los conocimientos adquiridos, las repercusiones de la actividad tecnológica en la vida cotidiana y la calidad de vida, manifestando y argumentando sus ideas y opiniones.

6. Transmitir con precisión sus conocimientos e ideas sobre procesos o productos tecnológicos concretos y utilizar vocabulario, símbolos y formas de expresión apropiadas.
7. Actuar con autonomía, confianza y seguridad al inspeccionar, manipular e intervenir en máquinas, sistemas y procesos técnicos para comprender su funcionamiento.

2. COMPARATIVA DE MÉTODOS DE SUAVIZACIÓN DE DATOS.

En este apartado se van a comparar distintos métodos de suavización de datos empleados frecuentemente. Como consecuencia de ello observaremos las ventajas de utilizar, para la suavización, el Método de Fernández Palop et al.

2.1. Método de Fernández Palop et al.

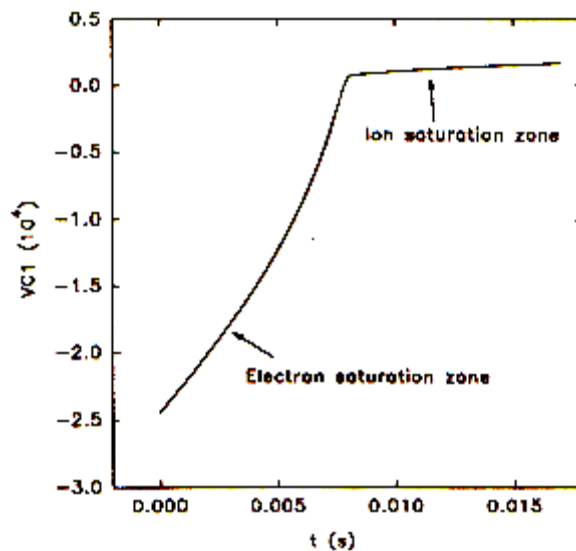


Figura 1. Datos tomados por el canal 1 del convertidor A/D frente al tiempo que dura la medida.

Para poder comparar con los diferentes métodos consideraremos la siguiente función, cuya segunda derivada es similar a la de la función medida en los experimentos que van a ser suavizados:

$$f(x) = \frac{1}{2} \cdot \tanh(x) + \frac{1}{2}$$

Vamos a considerar 2000 puntos uniformemente distribuidos en el intervalo $[-10,10]$. La distancia entre dos puntos consecutivos es $\Delta x = 0.01$. Al analizar los métodos de suavización añadiremos ruido a la función evaluada en esos puntos. El nivel de ruido debe ser similar al experimental para que el análisis sea significativo. Las medidas han sido realizadas por un convertidor A/D, el cual nos dará la señal medida como una sucesión de números enteros comprendidos en el intervalo $[-3 \times 10^4, 3 \times 10^4]$. La Figura 1 muestra una gráfica de los datos tomados por el canal 1 (VC1) durante una medida. Se ha

estimado que la desviación estándar del ruido en los datos enteros ha de ser aproximadamente 10. Esta estimación ha sido tomada por tres caminos diferentes:

- (1) Por un ajuste lineal de los datos en una porción de la zona iónica de saturación.
- (2) Por ajuste de los datos a la función $\sqrt{at+b}$ en una parte de la zona de saturación electrónica.
- (3) Por suavización de los datos y considerando el ruido como la diferencia de los datos suavizados y los datos experimentales.

Una desviación estándar de 10 en los datos enteros corresponde a una desviación estándar de $3.3 \times 10^{-4} \text{V}$ cuando las medidas son realizadas usando el rango $\pm 1 \text{V}$ del convertidor A/D, para el canal 1. El valor máximo de la función $f(x)$ es la unidad y por lo tanto, el ruido considerado debe tener una desviación estándar menor de $3.3 \times 10^{-4} \text{V}$. Si consideramos poco ruido, esta desviación estándar corresponde a un ruido de amplitud 5.7×10^{-4} . Añadiremos a la función $f(x)$ un ruido débil de amplitud 10^{-3} en la simulación.

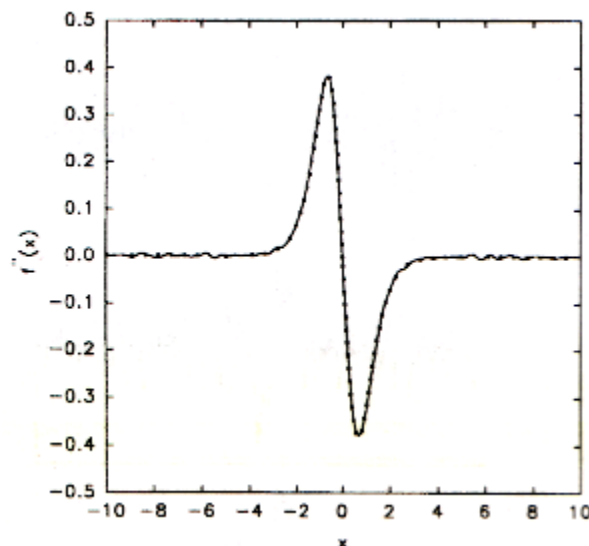


Figura 2. Gráfica de la segunda derivada de la función $f(x)$ (línea salpicada) y la segunda derivada de la misma función una vez que el ruido ha sido añadido y eliminado (línea sólida) usando dos iteraciones en el método de Fernández Palop *et al* con una función de distribución Gaussiana para la función instrumento ($\sigma=22.0$).

La *Figura 2* muestra la gráfica de la segunda derivada de la función $f(x)$. Hemos usado el método de Fernández Palop *et al* para eliminar el ruido y evaluar la segunda derivada de los datos suavizados. Han sido tomadas dos iteraciones con una función de distribución Gaussiana, siendo su desviación estándar $\sigma = 22.0$. La segunda derivada de los datos suavizados por el método de Fernández Palop *et al* se muestra en la *Figura 2*. Por tanto, podemos mostrar los efectos de la desviación estándar en la función instrumento debido a la suavización. A continuación, usamos otra representación en la cual se muestra la diferencia de la f'' (segunda derivada de $f(x)$) con y''_s (segunda derivada de los datos

suavizados). La *Figura 3* muestra esta representación para tres valores diferentes de la desviación estándar. Para $\sigma=18$ se obtiene una buena suavización, sin embargo la suavización puede ser mejorada para valores mayores de σ . Como se puede observar en la *Figura 3b* se obtienen mejores resultados para $\sigma=22$. Para un valor mayor de σ , por ejemplo, $\sigma=26$, la segunda derivada comienza a distorsionarse en los alrededores de los puntos donde la función f'' es máxima, como se muestra en la *Figura 3c*.

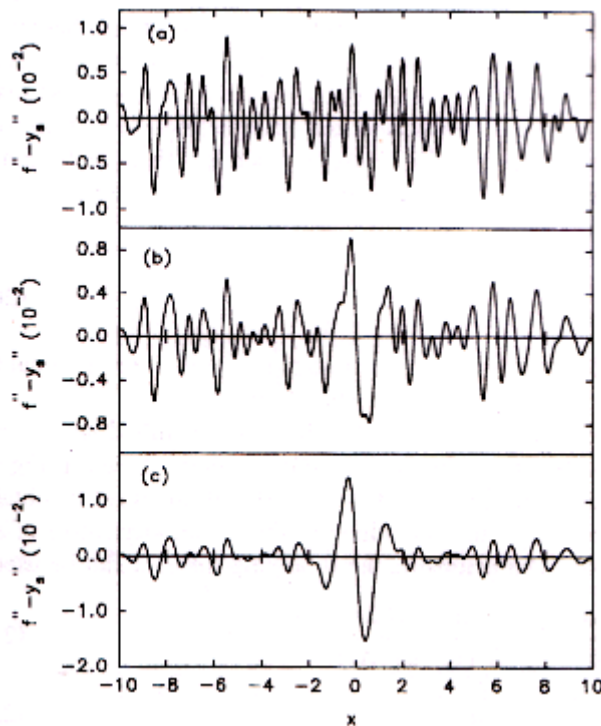


Figura 3. Gráfica de la función $f'' - y_s''$ obtenida usando dos iteraciones en el método de Fernández Palop *et al* y con una función de distribución Gaussiana para la función instrumento. a) $\sigma=18$, b) $\sigma=22$, c) $\sigma=26$.

2.2. Método de los Filtros de Savitzky-Golay.

Vamos a comparar los resultados previos con otros obtenidos usando otras técnicas de suavización. Un método frecuentemente empleado es el que usa los filtros de Savitzky-Golay. Este método está basado en el ajuste por mínimos cuadrados de un número específico de datos, alrededor de los datos que van a ser suavizados, a un polinomio. El grado de suavización está controlado por el número específico de datos usados en el ajuste y por el orden del polinomio usado. Fujita y Yamazaky han empleado este método usando polinomios de segundo orden. Judit y Woods también lo han usado pero con polinomios de tercer y quinto orden.

Si tenemos datos ruidosos y_i , los correspondientes datos suavizados $y_{s,i}$ usando los filtros de Savitzky-Golay deben ser expresados como sigue:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 5 – ABRIL DE 2008

$$y_{s,i} = \sum_{j=-n}^n c_j y_{i+j}$$

Vamos a mostrar como los coeficientes c_j pueden ser evaluados para el caso específico de ajustes polinómicos de segundo orden. La función va a ser suavizada en los alrededores de un punto i y puede ser aproximada por el siguiente polinomio:

$$a_0 + a_1(j-i) + a_2(j-i)^2 \quad j = -n+i, \dots, n+i$$

donde los coeficientes a_0 , a_1 y a_2 son evaluados por el ajuste de mínimos cuadrados de los datos de el polinomio y_j . Por tanto, la siguiente función tiene que ser minimizada:

$$I = \sum [y_j - a_0 - a_1(j-i) - a_2(j-i)^2]^2$$

Como ejemplo, el coeficiente a_0 es

$$a_0 = \sum_{j=-n}^n \frac{s_4 - j^2 s_2}{s_0 s_4 - s_2^2} y_{i+j} \quad s_l = \sum_{j=-n}^n j^l$$

Finalmente, los datos suavizados $y_{s,i}$ serán los valores del polinomio en el punto central:

$$y_{s,i} = a_0$$

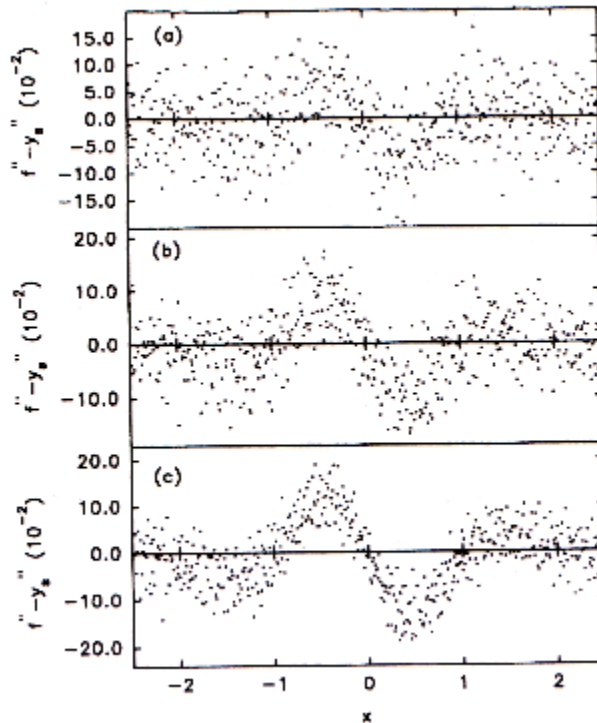


Figura 4. Gráfica de la función $f'' - y_s''$ obtenida usando los filtros de Savitzky-Golay con polinomios de segundo orden. a) $n=110$, b) $n=130$, c) $n=150$.

La *Figura 4* muestra la gráfica de la función $f'' - y_s''$, donde y_s'' ha sido obtenida usando un filtro de Savitzky-Golay con polinomios de segundo orden, y $n=3$ (se ha representado solo el intervalo $[-2.5, 2.5]$ y usando puntos en lugar de líneas para hacer la figura más clara). Aunque este método ha suavizado los datos ruidosos, los resultados obtenidos no son mejores que los obtenidos usando el método de Fernández Palop *et al.* Como se muestra en la *Figura 4a*, para $n=110$, la función y_s'' obtenida es ruidosa. Si queremos mejorar la suavización debemos incrementar el valor de n . Como se muestra en las *Figuras 4b* y *4c* para $n=130$ y $n=150$ la segunda derivada comienza a distorsionarse. Se puede concluir que el método de suavización usando el filtro de Savitzky-Golay con polinomios de segundo orden para suavizar los datos ruidosos no es mejor que el método de Fernández Palop *et al.*

2.3. Modificación del Método de Savitzky-Golay.

Mejores resultados pueden ser obtenidos usando una modificación del método de Savitzky-Golay, obteniendo la segunda derivada de la función ruidosa. Esta modificación del método consiste en obtener la segunda derivada suavizada a partir de la segunda derivada de el ajuste polinomial. El suavizado de la segunda derivada en el punto i se puede obtener evaluando la segunda derivada del ajuste polinomial en el punto central

$$y''_{s,i} \approx z_i = \frac{2a_2}{(\Delta x)^2} = \frac{2}{(\Delta x)^2} \sum_{j=-n}^n \frac{j^2 s_0 - s_2}{s_0 s_4 - s_2^2} y_{i+j}$$

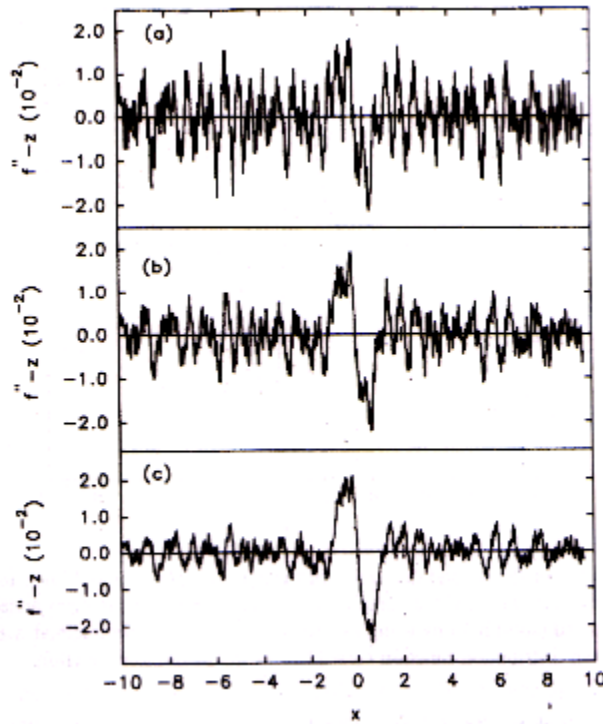


Figura 5. Gráfica de la función $f''-z$ obtenida usando el método modificado basado en los filtros de Savitzky-Golay con polinomios de segundo orden. a) $n=30$, b) $n=35$, c) $n=40$.

La *Figura 5* muestra la gráfica de la función $f''-z$ obtenida usando este método para distintos valores de n . Como se muestra, los resultados obtenidos son mucho mejores, sin embargo, no son tan buenos como los obtenidos usando el método de Fernández Palop *et al.* Además, hay algunas desventajas en el uso de este método al obtener la segunda derivada de la característica $I-V$ de la sonda.

El circuito más simple que se puede usar para la medida de la característica $I-V$ de la sonda consta de un sistema de generación de funciones, el cual proporciona una señal con forma de diente de sierra, en serie con una resistencia, R , usada para medir la corriente recogida por la sonda. Finalmente, la resistencia está conectada en serie con la sonda. Por tanto, si $V_b = V_0 + \alpha t$ (barrido lineal en el tiempo) es la señal proporcionada por el sistema generador de funciones y V_R es la caída de potencial en la resistencia, entonces, el potencial de la sonda y la corriente recogida por la sonda debe ser:

$$V = V_b + V_R$$



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 5 – ABRIL DE 2008

$$I = V_R / R$$

Si la señal V_R es grabada en el tiempo y la señal V_b es conocida, entonces, la característica $I-V$ de la sonda puede ser medida. La función V_R está dividida en intervalos equivalentes y por tanto, el filtro de Savitzky-Golay puede usarse para suavizarla. De las ecuaciones se pueden obtener las siguientes expresiones para la segunda derivada de la característica $I-V$ de la sonda:

$$\frac{d^2 I}{dV^2} = \frac{1}{R} \frac{\alpha V_R''}{(\alpha + V_R')^3}$$

donde las primas indican las derivadas en el dominio del tiempo. Por tanto, la segunda derivada de la característica $I-V$ de la sonda no es proporcional a la función V_R'' . Si queremos que sea proporcional, la función V_R' debe ser mucho menor que α . Para que esta condición sea verificada la resistencia R del sensor debe ser mucho menor que la mínima resistencia diferencial de la sonda, donde la resistencia diferencial de la sonda se define como:

$$\left(\frac{dI}{dV} \right)^{-1}$$

Este límite en la resistencia del sensor implica un valor bajo de la señal de ruido en la función experimental V_R .

Los resultados obtenidos debidos a la modificación del método de suavización mediante los filtros de Savitzky-Golay se muestran en la *Figura 5* de acuerdo a las ecuaciones. Si queremos obtener mejores resultados en la suavización de la segunda derivada de la característica $I-V$ de la sonda, se puede usar la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{d^2 I}{dV^2} \right)_s = \frac{1}{R} \frac{\alpha 2a_2 / (\Delta t)^2}{(\alpha + a_1 / \Delta t)^3}$$

$$(V)_s = V_b + a_0$$

Aparecen las siguientes desventajas usando esta fórmula para obtener la segunda derivada de la característica $I-V$ de la sonda suavizada:

1. Son llevados a cabo tres procesos de suavización. Esto implica un incremento en el tiempo de cálculo.
2. La comparación de la característica $I-V$ de la sonda suavizada con la original, para ver si el proceso de suavización ha distorsionado a ésta, no significa que la segunda derivada suavizada

obtenida de las ecuaciones no es de hecho la segunda derivada de la característica $I-V$ de la sonda suavizada.

3. El valor óptimo de n para obtener la función suavizada V_R'' no tiene que ser el valor óptimo para obtener la función suavizada de V_R' , o el óptimo para obtener la función suavizada de V_R .

Como consecuencia, el uso de los filtros de Savitzky-Golay para obtener la segunda derivada de la característica $I-V$ de la sonda suavizada será solamente útil si la segunda derivada es proporcional a la función V_R'' , lo cual implica un límite en la resistencia del sensor usado. En este caso, como se mencionó, se obtiene un valor bajo de la señal de ruido en la función V_R , y es necesario que se promedie en conjunto para obtener buenos resultados. Este promedio en conjunto aumenta el tiempo empleado en la medida.

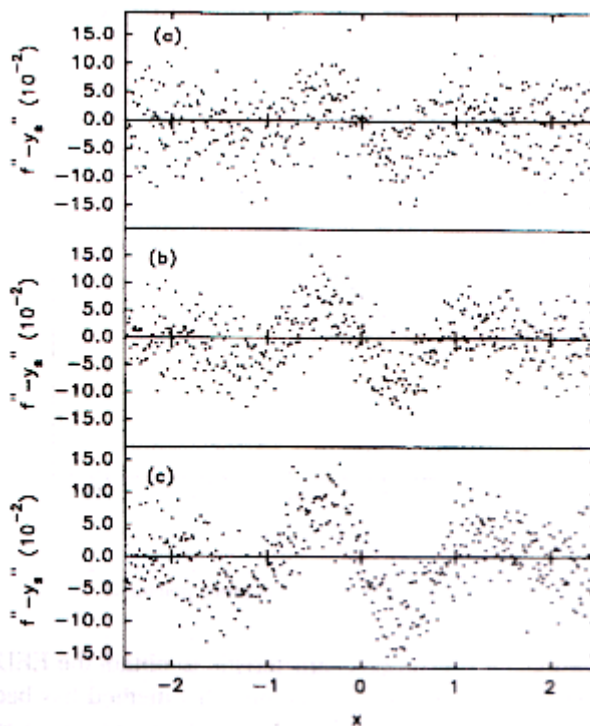


Figura 6. Gráfica de la función $f'' - y_s''$ obtenida usando los filtros de Savitzky-Golay con polinomios de cuarto orden. a) $n=160$, b) $n=180$, c) $n=200$.

2.4. Método de los Filtros de Savitzky-Golay con Polinomios de Orden Elevado.

Otra elección para suavizar los datos experimentales es usar los filtros de Savitzky-Golay con polinomios de orden elevado. La *Figura 6* muestra la gráfica de la función $f'' - y_s''$ evaluada usando los filtros de Savitzky-Golay con polinomios de tercer y cuarto orden. Si comparamos las *Figuras 4* y *6* se observa que los mejores resultados se obtienen para los polinomios de segundo orden. Sin embargo, la suavización no es tan buena como la obtenida usando el método de Fernández Palop *et al.*

Como se hizo con los polinomios de segundo orden, podemos obtener la segunda derivada suavizada evaluando la segunda derivada del ajuste polinomial en el punto central (obteniendo una fórmula análoga a la ecuación para los polinomios de cuarto orden). La *Figura 7* muestra una gráfica de la función $f'' - z$ para distintos valores de n . Como se puede observar, el resultado obtenido es muy bueno, pero este método tiene las mismas desventajas que se vieron con el de los filtros de Savitzky-Golay para polinomios de segundo orden, cuando es aplicado para obtener la segunda derivada de la característica $I - V$ de la sonda.

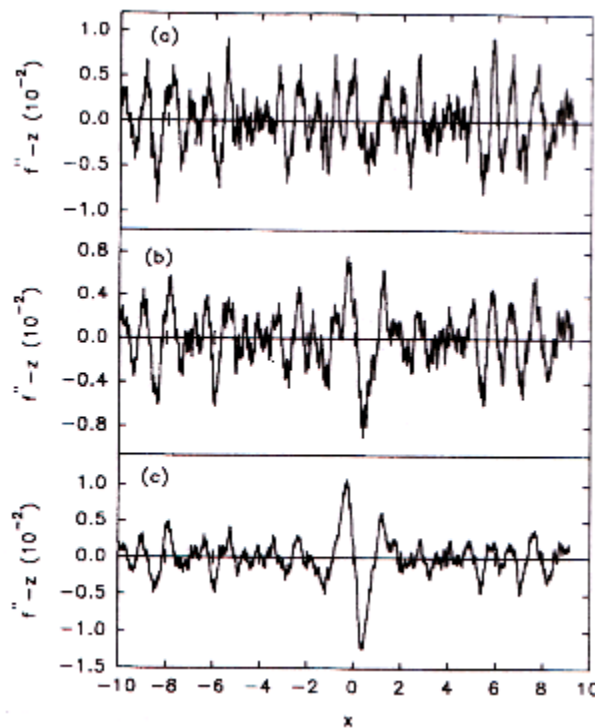


Figura 7. Gráfica de la función $f'' - z$ obtenida usando el método modificado basado en los filtros de Savitzky-Golay con polinomios de cuarto orden. a) $n=65$, b) $n=75$, c) $n=85$.

2.5. Método de la Aproximación B-Spline.

Finalmente otro método que ha sido usado para suavizar la característica $I - V$ de la sonda, y de este modo obtener la E.E.D.F., es la aproximación B-Spline. Este método ha sido usado satisfactoriamente por Trunec. En la aproximación B-Spline, el grado de suavización está controlado por la dimensión del espacio del Spline, el cual será denotado por n . La *Figura 8* muestra la gráfica de $f'' - y_s''$ obtenida usando B-Splines de sexto orden y para tres valores de n . Como se muestra en la *Figura 8*, resultados excelentes se obtienen para $n = 30$, pero si se incrementa o decrementa solamente en una unidad el valor de n , el resultado obtenido es mucho peor. La razón de esto es que para $n = 30$ existe en el B-Spline una caída en el máximo y mínimo de la función f'' y esto no sucede para $n = 29$ o

$n = 31$. La aproximación B-Spline no es realmente un método de extracción del ruido sino más bien un método de ajuste.

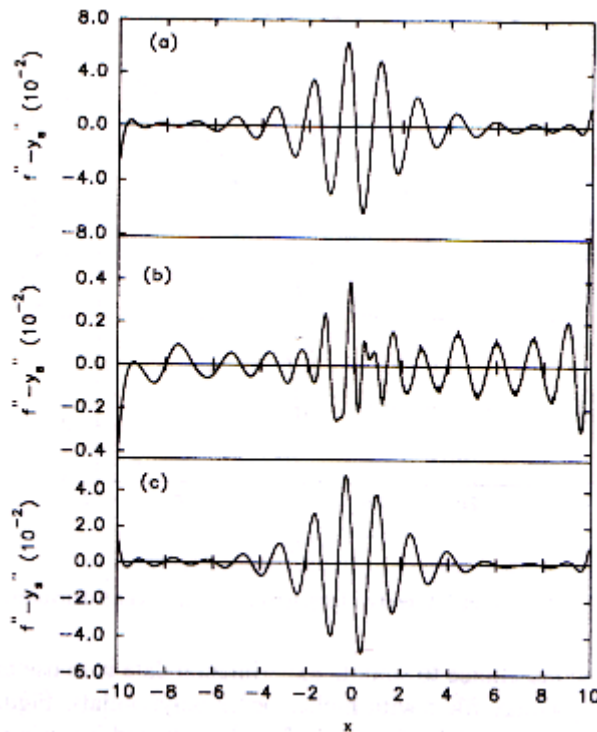


Figura 8. Gráfica de la función $f''-y_s''$ obtenida por aproximación con B-Splines. a) $n=29$, b) $n=30$, c) $n=31$.

3. CONCLUSIÓN.

Como conclusión se puede decir que el método de Fernández Palop *et al* propuesto para suavizar los datos experimentales y obtener la E.E.D.F. presenta las siguientes ventajas:

1. Los datos suavizados obtenidos requieren únicamente un proceso de suavización, el cual consiste en la convolución de los datos con una función filtro. Son suavizados bastante para que los datos de V_R se suavicen, de manera que la característica $I-V$ pueda ser evaluada y entonces poder obtener su segunda derivada.
2. No se impone ningún límite para el valor de la resistencia del sensor utilizado para las medidas.
3. Un cambio significativo en los parámetros que controlan la suavización (desviación estándar de la función instrumento) no afecta mucho a la suavización obtenida.
4. La segunda derivada obtenida es también una función suavizada por lo que pueden obtenerse derivadas superiores, las cuales en algunos casos son necesarias.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 5 – ABRIL DE 2008

Como resultado de este estudio comparativo podemos concluir que el método de Fernández Palop *et al* presenta ventajas significativas con respecto a los otros métodos ilustrados en el estudio.

La materia de Tecnología Industrial II posee un carácter más ingenieril, precursor de opciones formativas para la actividad profesional en la industria, que denota una preferencia por las aplicaciones prácticas. *El papel central de la materia lo asume el estudio teórico y práctico de los circuitos y Sistemas Automáticos*, complementado con un conocimiento de materiales y máquinas marcadamente aplicativo y procedimental.

El valor formativo de esta asignatura en el Bachillerato deriva tanto de su papel en la trayectoria formativa del alumno, cuanto de su estructura y composición interna. La Tecnología constituye la prolongación del área homónima de la etapa Secundaria Obligatoria, profundizando en ella desde una perspectiva disciplinar. A la vez, proporciona conocimientos básicos para emprender el estudio de técnicas específicas y desarrollos tecnológicos en campos especializados de la actividad industrial. Vértebra una de las modalidades del Bachillerato, proporcionando un espacio de aplicaciones concretas para otras disciplinas, especialmente para las de carácter científico. Finalmente, y de acuerdo con la función formativa del Bachillerato, conserva en sus objetivos y contenidos una preocupación patente por la formación de ciudadanos autónomos y con independencia de criterio, capaces de participar activa y críticamente en la vida colectiva.

Por último, aclarar que en el estudio de la Tecnología Industrial debe darse más importancia a la comprensión de los fenómenos físicos y leyes que al modelo matemático que se utilice para su deducción, que más bien debe servir como complemento a la explicación del fenómeno físico o Ley. Aunque el método de enseñanza de esta materia tiene un marcado carácter expositivo deben realizarse aplicaciones prácticas y experiencias que complementen los conceptos estudiados.

Por otra parte, los diferentes contenidos no deben explicarse por separado, sino de forma integral; en consecuencia, debe tratarse como una disciplina inmersa en las realizaciones prácticas y próxima al ejercicio de una profesión.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- Materiales Curriculares para la Educación Postobligatoria del Bachillerato del Ministerio de Educación y Ciencia. En concreto, el Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas en la Ley Orgánica, 2/2006 de 3 de mayo, de Educación.
- Aguayo, F. y Lama, J.R. (1998); *Didáctica de la Tecnología*. Editorial Tébar.
- Val Blasco, S., González Esteras, J., Ibáñez Belle, J., Huertas Talón, Torres Leza, F. (2005), *Tecnología Industrial II*, Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España S.A.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 5 – ABRIL DE 2008

- Espino, J. (2001). *Proyecto fin de carrera: "Diseño de un Banco de Adaptación y Tratamiento de Señales para un Sistema de Adquisición de Datos por Ordenador"*.
- Obregón Gutiérrez, D., Bravo Romero, C. M. (2004). *Proyecto fin de carrera: "Obtención de diagramas de ensayo en materiales mediante un Sistema de Adquisición de Datos"*.
- Alexeff, E. y Howell, D. F. (1969). *J. Appl. Phys.* **40**, 4877.
- Amemiya, H. (1986). *Jpn. J Appl. Phys.* **25**, 595.
- Amemiya H. (1986), *J. Phys. Soc. Jpn.* **55**, 169.
- Ballesteros, J., Fernández Palop, J. I., Hernández, M. A., Morales Crespo, R. y Borrego del Pino, S. (2004). *Rev. Sci. Instrum.*, **75**, 90.
- Díaz Cabrera, J. M., Ballesteros, J., Fernández Palop, J. I., Hernández, M. A. y Morales Crespo, R. (2002). "*Using LabView® in automatic plasma diagnostic by Langmuir probes*", in *Contributed Papers of the XVI European Sectional Conference on the Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases, Grenoble (Francia), 2002*.
- Dilecce, G. (1992). in *Plasma Technology Fundamentals and Applications*, edited by M. Capitelli and C. Gorse (Plenum, New York), pp. **27-44**.
- M. J. Druyvesteyn, Z. (1930). *Phys.* **64**, 781.
- Fernández Palop, J. I. (1994). Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Fernández Palop, J. I., Ballesteros J., Colomer, V. y Hernández, M. A. (1995). *Rev. Sci. Instrum.* **9**, 4625.
- Fernández Palop J. I., Ballesteros, J., Colomer, V, Hernández, M. A. (1995). *J. Appl Phys.* **66** 4625.
- Fujita, F. y Yamazaki, H. (1990). *Jpn. J. Appl. Phys.* **29**, 2139.
- Godyak, V. A., Lagushenko, R. y Maya, J. (1988). *Phys. Rev. A* **38**, 2044.
- Godyak, V. A. (1990). in *Plasma Surface Internations and Processing of Materials*, edited by Auciello, O. *et al.* (Kluwer, Dordrecht), pp. **95-134**.
- Godyak, V. A. (1991). in *Invited Papers of the XX International Conference on Phenomena in Ionized Gases, Pisa, 1991*, edited by Palleschi, V. and Vallesi, M. (Istituto di Fisica Atomica e Molecolare, Pisa), p.**162**.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 5 – ABRIL DE 2008

- Hayden, H. C. (1987). Comput. Phys. 1, **74**.
- Hopkins, M. B. y Graham, W.G. (1986), Rev. Sci. Instrum. **57**, 2210.
- Hopkins, M. B. y Graham, W. G. (1987). J. Phys D:Appl. Phys. **20**, 838.
- Morales Crespo, R., Fernández Palop, J. I., Hernández, M. A. y Ballesteros, J. (2004). J. Appl. Phys., **95**, 2982.
- Mott-Smith, H. M. y Langmuir, I. (1926). Phys. Rev. **28**, 727.
- Richard, S. L. F., Jones, R. P. y Lloyd, G. J. (1975). Int. J. Electron. **38**, 551.
- Sudit, L. D. y Woods, R. C. (1993). Rev. Sci. Instrum. **64**, 2440.
- Swift, J. D. y Schwar, M. J. R. (1979). *Electrical Probes for Plasma Diagnostics* (Illife Books, London).
- Trunec, D. (1992). Contrib. Plasma Phys. **32**, 523.

Autoría

-
- Nombre y Apellidos: Juan Manuel Díaz Cabrera.
 - Centro, localidad, provincia: I.E.S. Macarena (Sevilla).
 - E-MAIL: juanmadita@hotmail.com