

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

C B I

DESARROLLO DE UN ALGORITMO DE
APROXIMACION FUNCIONAL Y PROPUESTA DE
VALORACION PARA LA CURVA DE
TOLERANCIA ORAL A LA GLUCOSA

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERIA BIOMEDICA

PRESENTA

HECTOR MIGUEL TRUJILLO ARRIAGA

México, D.F. 3 de junio de 1988.

ASESORES:



IZTAPALAPA
SERVICIOS DOCUMENTALES

Dra. Patricia Saavedra Barrera, Departamento de Matemáticas,
División de Ciencias Básicas e Ingeniería, U.A.M. -
Iztapalapa.

Dr. Fernando Prieto Hernández, Departamento de Ingeniería
Eléctrica, División de Ciencias Básicas e Ingeniería,
U.A.M. - Iztapalapa.

Hugo S. 26. Sept. 58

DEDICATORIA:

A MI MUY QUERIDA Y AMADA ESPOSA JULITA, POR SU PACIENCIA Y APOYO.

A MIS DOS HIJOS: RODRIGO Y MARIANA, CON TODO MI AMOR.

A MIS PADRES Y HERMANOS.

A MIS SUEGROS Y CUÑADOS

A LA MEMORIA DEL DR. ROLANDO LARA Y ZAVALA. (q. e. p. d.)

078797

AGRADECIMIENTOS

Dr. David González Bárcena. Hospital de Especialidades,
Centro Médico "La Raza", IMSS, México, D.F.

Q.F.B. Ofelia Del Pino. Instituto Nacional de la Nutrición
"Salvador Zubirán", México, D.F.

M. en C. Verónica Medina Bañuelos. Departamento de
Ingeniería Eléctrica, Area de Ing. Biomédica,
Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa,
México, D.F.

M. en C. Caupolicán Muñoz Gamboa. Departamento de
Ingeniería Eléctrica, Area de Ing. Biomédica,
Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa,
México, D.F.

M. en C. Miguel Cadena Méndez. Departamento de
Ingeniería Eléctrica, Area de Ing. Biomédica,
Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa,
México, D.F.

Dr. Ismael Espinosa Espinosa. Departamento de
Ingeniería Eléctrica, Area de Ing. Biomédica,
Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa,
México, D.F.

M. en C. Francisco Rodríguez Ramírez. División de Ingeniería
Mecánica y Eléctrica. Facultad de Ingeniería, C.U.
Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

INDICE

	PAGINA
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	2
III. OBJETIVOS	13
IV. DESARROLLO	14
V. BASE MATEMATICA DEL ALGORITMO DE OPTIMIZACION	23
VI. CALCULO DE LOS PARAMETROS INICIALES	31
VII. DESARROLLO DEL ALGORITMO DE IDENTIFICACION DE PARAMETROS	40
VIII. CALCULO DE LOS PARAMETROS DINAMICOS	49
IX. EVALUACION ESTADISTICA DE LA BONDAD DEL AJUSTE	81
X. TIEMPO DE TOMA DE MUESTRAS	84
XI. VALORACION	89
XII. RESULTADOS	92
XIII. DISCUSION	213
XIV. SUGERENCIAS	217
XV. MEJORAS	222
XVI. PERSPECTIVAS A FUTURO	223
XVII. CONCLUSIONES	226
XVIII. REFERENCIAS	230

I. INTRODUCCION

La diabetes es una enfermedad conocida desde la antigüedad.

La primera descripción de que se tiene noticia respecto a ella, se encontró en un papiro egipcio escrito hacia el año 1 500 antes de la Era Cristiana, y fué hasta el siglo II después de la Era Cristiana cuando Aretaeus la llamó diabetes, (del griego : diabainein, que significa "pasar a través", "como un sifón") y en el pasado se describía como un padecimiento en el que "el cuerpo se vacía en la orina", lo que en realidad no estaba muy alejado de la verdad. En 1674, Sir Thomas Willis observó que ciertos pacientes diabéticos presentaban un sabor dulce en la orina, de ahí que se diera en llamarle diabetes sacarina o diabetes "mellitus" - que significa dulce, meloso - a la de los pacientes que presentan la enfermedad con esta característica, y para diferenciarla de otro tipo de diabetes conocida como insípida.

II. ANTECEDENTES

La diabetes sacarina o mellitus, es una enfermedad severa, fuertemente influenciada por diferentes factores como son:

- Factor hereditario. Cuando los dos padres son diabéticos, se espera que el 90 % de los hijos también lo sean. Si sólo es diabético uno de los padres, el 22 % de los hijos también tendrán esta enfermedad.
- Factor nutricional. El exceso en el consumo de alimentos, especialmente aquellos ricos en grasas y/o carbohidratos, predispone a una persona a la obesidad, y como una consecuencia de esto, puede presentarse la diabetes.
- Factor infeccioso. Existen ciertos virus que afectan a las células β del páncreas, produciendo diabetes.
- Factor emocional. Las personas que tienen predisposición a la diabetes, y que en forma constante sufren alteraciones emocionales (ansiedad, angustia, nerviosismo, etcétera) pueden presentar en forma temprana la aparición de la diabetes.

La diabetes es una enfermedad caracterizada principalmente por los siguientes síntomas:

- Hiperglucemia (aumento de la concentración de glucosa en la sangre)
- Glucosuria (excreción de glucosa por la orina)
- Cetonuria (excreción de cuerpos cetónicos por la orina)
- Poliuria (excreción excesiva de orina)
- Polidipsia (aumento exagerado en la ingestión de agua)
- Polifagia (aumento excesivo en la ingestión de alimentos)
- Pérdida notable de peso
- Astenia (cansancio y debilidad)

Generalmente se presenta después de los 40 años y es más frecuente en la mujer. Afecta a una gran cantidad de personas; se calcula que aproximadamente del 3 % al 5 % de la población mundial padece esta enfermedad. En México, ocupa el noveno lugar como causa de muerte, y es una enfermedad que se caracteriza por las siguientes complicaciones graves:

- Daño en los pequeños vasos sanguíneos (microangiopatía) que produce como resultado:
 - a) enfermedades en la retina (retinopatías que pueden llegar a la ceguera total)
 - b) Daño en los riñones (nefropatía, insuficiencia renal)
 - c) Daño en las fibras nerviosas (neuropatía, pérdida de sensibilidad)

d) Daño en las extremidades inferiores (dificultad en la cicatrización de las heridas)

- Propensión a las infecciones severas y difíciles de controlar.
- Propensión a la gangrena
- Arterioesclerosis (infarto al miocardio, enfermedad vascular cerebral)
- Coma
- Muerte

La diabetes es una enfermedad incurable pero controlable, y debe ser atendida en cuanto se manifiesten los primeros síntomas.

Los cuidados principales que debe tener un diabético incluyen:

- Control en la dieta, principalmente en lo referente a la ingestión de carbohidratos.
- Aseo odontológico.
- Aseo y cuidado de los pies.
- Evitar la ingestión de bebidas alcohólicas.
- Ejercicio físico.
- Autocontrol constante.
- Adaptación a la terapia.

Además de las características del cuadro clínico clásico que presenta un diabético, existen algunas pruebas de laboratorio clínico que ayudan a conformar el diagnóstico. Una de ellas, es la conocida como CURVA DE TOLERANCIA ORAL A LA GLUCOSA.

En la práctica médica, ésta es una de las pruebas clínicas que se realizan con mayor frecuencia, y cuyo resultado proporciona al médico una valiosa información relacionada principalmente con el estado funcional del metabolismo de los glúcidos de un paciente, lo cual es una manera indirecta de determinar: la cantidad y/o la calidad (actividad biológica) de la insulina liberada por el páncreas, la velocidad de metabolismo de la glucosa, la capacidad de recuperación del sistema endócrino ante un estímulo, la manera en que se metabolizan los ácidos grasos libres, etcétera.

Esta prueba consiste en administrar a una persona en ayunas, por vía oral, una cierta cantidad de glucosa disuelta en agua, y que puede ser, dependiendo de diferentes criterios, de 30, 50, 75, 100, 200 y hasta 300 gramos de glucosa para los adultos⁽¹⁴⁾, y en el caso de los niños, de 1.0 a 1.75 gramos de glucosa por cada kilogramo de peso corporal ideal, hasta un máximo de 75 gramos.⁽²⁹⁾

Esta cantidad de glucosa se diluye en 200 o 300 mililitros de agua, y a la solución preparada de esta manera, se le conoce con el nombre de "carga de glucosa" o simplemente, "carga"

La Asociación Americana de la Diabetes (The American Diabetes Association)⁽³⁶⁾, recomienda las siguientes cargas de glucosa en una solución al 25 % (peso / volumen):

EDAD	CARGA
0 - 18 meses	2.5 gr/kg
1.5 - 3 años	2.0 gr/kg
8 - 12 años	1.75 gr/kg
> 12 años	1.25 gr/kg

En un tiempo t_0 considerado como el inicial, ($t = 0$), se toma una muestra de sangre con la que se determina la concentración de glucosa basal, e inmediatamente después, se le indica al paciente que ingiera la carga de glucosa lo más rápido que le sea posible. Posteriormente, se recolectan muestras de sangre a intervalos regulares de tiempo a fin de determinar la concentración de glucosa en cada una de estas muestras, mismas que normalmente son tomadas a cada 30 minutos durante 3 horas (180 minutos) y en algunos casos, hasta 5 horas (300 minutos).

Aunque existen diferentes criterios de valoración de la prueba, todos ellos son muy similares y son criterios semi-cuantitativos y por ello son poco precisos, desde el punto de vista de una interpretación formal y objetiva, por lo que puede decirse que en un gran número de casos los resultados son poco confiables, o cuando menos, inexactos.

Normalmente, la concentración de glucosa en la sangre se expresa como la cantidad en miligramos de glucosa que se encuentran en 100 mililitros de sangre venosa total, o sangre capilar total, o plasma, y se mide en [mg/100 ml] o en [mg/dl], que en realidad es una unidad equivalente. Todavía no se ha hecho práctica común el medir la concentración en milimol/litro [mM/l], como se propone en el Sistema Internacional de Unidades.

Entre los criterios más conocidos y usados en la práctica para el diagnóstico de la Diabetes Mellitus con esta prueba, se mencionan los siguientes:

a) METODO DEL PUNTO DE WILKERSON. (31,36)

Este método asigna el valor de un punto o de medio punto a las glucemias consideradas anormales de la siguiente manera:

TIEMPO DE TOMA DE MUESTRA [minutos]	CONCENTRACION GLUCOSA EN PLASMA [mg/100 ml]	PUNTOS
0	≥ 130	1
60	≥ 195	1/2
120	≥ 140	1/2
180	≥ 130	1

Si la suma de los puntos es ≥ 2 , se diagnostica Diabetes Mellitus.

b) EL CRITERIO DEL GRUPO UNIVERSITARIO DEL PROGRAMA DE

DIABETES MELLITUS. (31)

Este criterio establece que una persona se considera diabética, si la suma de las concentraciones obtenidas en las cuatro muestras del inciso anterior (ayunas, 1, 2 y 3 Horas) es de 600 mg/dl o más.

(36)

c) CRITERIO DE FAJANS - CONN. (Valores numéricos

ajustados por Niejadlik y colaboradores. 1973).

TIEMPO DE TOMA DE MUESTRA [minutos]	CONCENTRACION DE GLUCOSA EN PLASMA [mg/100 ml]
60	≥ 185
90	≥ 165
120	≥ 140

Si el paciente reporta estas concentraciones en los tiempos indicados, se diagnostica Diabetes Mellitus.

d) CRITERIO DEL NATIONAL DIABETES DATA GROUP. (29)

Este es el más reciente (1979) y es el que se sigue en la práctica diaria en la mayor parte de los laboratorios clínicos, ya sea privados o institucionales, y especifica los tiempos y los valores de concentración de glucosa que deberá presentar una persona para considerarse como diabética.

Este criterio, para una persona adulta no embarazada, que ingiere una carga de 75 gramos de glucosa, es el siguiente:

A) La presencia de los síntomas del cuadro clásicos, tales como: poliuria, polidipsia, polifagia, cetonuria, glucosuria, astenia y pérdida rápida de peso.

B) Concentraciones elevadas de glucosa basal en más de una ocasión de acuerdo a los siguientes valores:

PLASMA VENOSO	≥ 140 mg/dl
SANGRE VENOSA TOTAL	≥ 120 mg/dl
SANGRE CAPILAR TOTAL	≥ 120 mg/dl

Si las concentraciones basales de glucosa sanguínea están de acuerdo con estos valores, no es necesario efectuar la curva de tolerancia oral a la glucosa, puesto que se considera que para cualquier persona que presente una concentración basal de glucosa plasmática mayor o igual a 140 mg/dl, se obtendrá una curva de tolerancia oral a la glucosa que incluirá o excederá los valores del inciso siguiente.

C) Los valores de concentración de glucosa basal que sean menores a los presentados en el inciso B), pero que presentan altas concentraciones de glucosa en más de una ocasión en la muestra de las 2 horas y en cualquiera otra muestra entre el momento de la ingestión de la carga y las 2 horas posteriores, de acuerdo a los siguientes valores:

PLASMA VENOSO ≥ 200 mg/dl

SANGRE VENOSA TOTAL ≥ 180 mg/dl

SANGRE CAPILAR TOTAL ≥ 200 mg/dl

Los valores de concentración de glucosa que se consideran normales son los siguientes:

VALORES NORMALES DE CONCENTRACION DE GLUCOSA EN LA SANGRE

TIEMPO DE TOMA DE MUESTRA [minutos]	PLASMA VENOSO [mg/dl]	SANGRE VENOSA TOTAL [mg/dl]	SANGRE CAPILAR TOTAL [mg/dl]
0	< 115	< 100	< 100
30	< 200	< 180	< 200
60	< 200	< 180	< 200
90	< 200	< 180	< 200
120	< 140	< 120	< 140

Como se puede observar, en todos estos criterios se especifican los tiempos y los valores de concentración de glucosa que permiten decidir si una persona es diabética o no, pero en ninguno de ellos se indica con exactitud el grado de severidad de la diabetes.

Por otro lado, estas concentraciones cambian si se modifica la cantidad de glucosa con que se prepara la carga.

Es por ello que, con base en estos criterios, y tratando de encontrar formas de valoración más objetivas, varios investigadores en todo el mundo, han desarrollado diferentes modelos, principalmente de tipo matemático, para describir el

comportamiento en el tiempo que presenta la concentración de la glucosa en la sangre para esta prueba.

Estos modelos matemáticos se pueden agrupar en cuatro categorías:

- a) Los que proponen que la concentración de la glucosa en la sangre se puede representar, de manera aproximada, por una gráfica que es la concatenación de dos funciones: Inicialmente una línea recta y después del valor de concentración máxima, una exponencial decreciente. (5,20)
- b) Los que proponen el análisis compartamental de un sistema formado por 2 o 3 compartimentos. (1,9)
- c) Los que proponen un sistema descrito por dos ecuaciones diferenciales lineales simultáneas con coeficientes constantes. (12)
- d) Los que proponen un sistema de control formado por dos subsistemas: Uno que incrementa la concentración de la glucosa en la sangre y otro que la disminuye. El que se active uno u otro subsistema, depende de una determinada condición de error obtenida de la suma algebraica entre la concentración de glucosa real en la sangre y la concentración de glucosa ideal (basal), representada como una señal proporcionada por el sistema

nervioso central. (22)

Estos modelos presentan varios inconvenientes, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- a) Los datos reales o propuestos, y los valores calculados por el modelo, difieren considerablemente.
- b) No son suficientemente generales, y solamente pueden representar determinados casos.
- c) Requieren de conocer, suponer o estimar el volúmen de sangre del sujeto de experimentación.
- d) Algunos de ellos estiman los parámetros de la función por prueba y error, sin llegar a definir un algoritmo en particular.

El propósito principal del presente trabajo, es presentar el desarrollo de un programa de aproximación que:

- Ajuste los valores experimentales de la Curva de Tolerancia Oral a la Glucosa a una función conocida.
- Identifique los parámetros de esta función.
- Analice esta función de ajuste con las técnicas que proporciona la Teoría de Control.

III. OBJETIVOS

- a) Proponer y probar un algoritmo de optimización que aproxime los datos experimentales obtenidos en el laboratorio, a una curva teórica conocida, de una manera suficientemente rápida y convincente.
- b) Presentar una forma más confiable y precisa de medir las áreas comprendidas entre la curva de tolerancia oral a la glucosa y el nivel de glucosa basal.
- c) Proponer, en lugar del criterio semicuantitativo que se emplea actualmente, un criterio de diagnóstico numérico que permita medir, con cierta exactitud, el grado de intolerancia a los carbohidratos.
- d) Justificar, desde el punto de vista del Teorema del Muestreo, los tiempos entre toma de muestras.

IV. DESARROLLO

La hipótesis principal de trabajo, es considerar que la dinámica de la curva de tolerancia oral a la glucosa se comporta como la respuesta impulso de un sistema lineal, invariable con el tiempo (SLIT), de segundo orden y de parámetros concentrados. Esta suposición se hace de acuerdo con la observación de la tendencia que presentan los valores experimentales típicos, y de acuerdo con la bibliografía consultada (1,3,7,12,14,18,19,21,22,28,36,39).

Inicialmente y de manera muy simplificada, el sistema en condiciones normales se puede representar como se muestra en la figura 1.

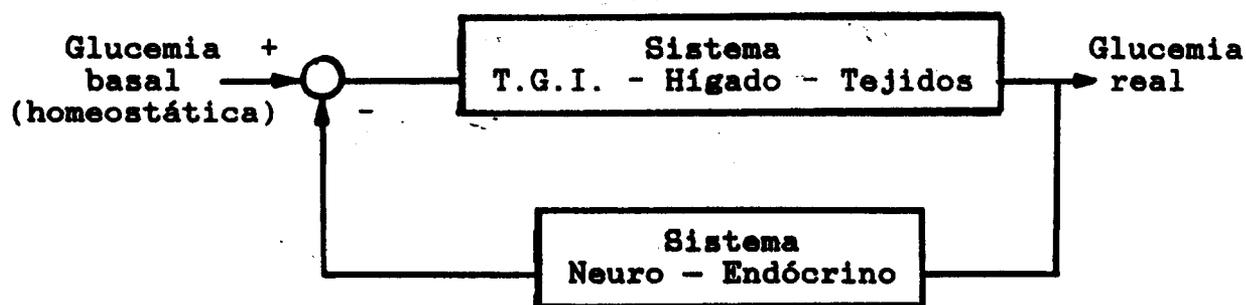


Figura 1. Diagrama simplificado del sistema de control de regulación de glucosa en la sangre.
T.G.I = Tracto Gastro Intestinal.

A lo largo del desarrollo del proyecto, se presentaron diferentes casos de comportamiento del sistema, pudiéndose clasificar en cuatro grandes categorías, que son:

- Normales.
- Diabéticos.
- Hipoglucémicos.
- Casos particulares. (por ejemplo: glucosa basal elevada y las demás concentraciones de glucosa dentro del rango considerado como normal, o glucosa basal normal y las demás concentraciones de glucosa francamente diabéticas)

Aunque estos grupos parecen ser mutuamente excluyentes, comparten una serie de características en común que se discutirán en el capítulo XIII.

De acuerdo con la literatura revisada, existe una gran cantidad de trabajos que representan la dinámica de la curva de tolerancia oral a la glucosa como la respuesta impulso de un sistema de segundo orden. Esto se debe a que, si se analiza detenidamente, la función de excitación es prácticamente un pulso, pero debido a que la(s) constante(s) de tiempo del sistema es(son) muy grande(s), (capítulo XII) dicha excitación se puede aproximar, con muy poco error, como un impulso.

El presente trabajo, propone ajustar los datos experimentales a una función que es la solución general de una ecuación diferencial lineal, de segundo orden, de coeficientes constantes, de parámetros concentrados, y que en general puede ser de cuatro formas:

- a) Senoidal no amortiguada
- b) Senoidal sub amortiguada
- c) Senoidal críticamente amortiguada
- d) Senoidal sobre amortiguada

En la prueba de tolerancia oral a la glucosa, el caso a) nunca se presenta, y c) se puede considerar como un caso particular de b) o d).

Las razones fundamentales para considerar el comportamiento del sistema con base en dos funciones diferentes pero íntimamente relacionadas para el ajuste de la curva de la prueba de tolerancia oral a la glucosa son las siguientes:

A) CASO SOBRE AMORTIGUADO.

Después de la ingestión por vía oral de la carga de glucosa, se produce un aumento progresivo y lento del nivel de glucosa en la sangre que se mantiene en altos niveles de concentración en tiempos de hasta 2 o 3 horas después de la ingestión de la carga de glucosa. Por lo general, el valor de concentración basal de glucosa en la sangre no se recupera antes de 5 o 6 horas.

b) La glucemia sanguínea nunca baja del nivel basal.

Estos hechos sugieren la idea de que el comportamiento de la curva de tolerancia oral a la glucosa de un sujeto que presenta intolerancia a los carbohidratos, se puede considerar como la respuesta impulso de un sistema de segundo orden sobre amortiguado.

Para este caso, la suposición es que los diferentes puntos experimentales siguen una curva del tipo: (véase figura 2)

$$g(t) = K + C1.e^{-\alpha1.t} + C2.e^{-\alpha2.t} \quad t \geq 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

K = Nivel de glucosa basal [mg/100 ml]

C1 = Valor máximo de la envolvente exponencial superior en t = 0 [mg/100 ml]

C2 = Valor máximo de la envolvente exponencial inferior en t = 0 [mg/100 ml]

$\alpha1$ = Factor de amortiguamiento real de la envolvente exponencial superior [1/min]

$\alpha2$ = Factor de amortiguamiento real de la envolvente exponencial inferior [1/min]

B) CASO SUB AMORTIGUADO.

Después de la ingestión de la carga de glucosa, se produce un aumento relativamente rápido de la glucemia hasta alcanzar niveles de concentración máxima entre 30 y 60 minutos después de

la ingestión de la carga de glucosa. Posteriormente, la concentración de glucosa en sangre baja de una manera relativamente rápida y alcanza el valor basal aproximadamente 90 minutos después de la ingestión de la carga; normalmente existe una fase de glucemia por debajo del nivel basal y este nivel se vuelve a recuperar aproximadamente a los 180 minutos.

Después de esta fase, la glucemia generalmente presenta ligeras oscilaciones, pero estas se mantienen en valores muy cercanos al basal.

Estos hechos, permiten suponer que el comportamiento de la curva de tolerancia oral a la glucosa de un sujeto normal, se puede considerar como la respuesta impulso de un sistema de segundo orden sub amortiguado.

Para este caso, la suposición es que los diferentes puntos experimentales siguen una curva del tipo: (véase figura 3)

$$g(t) = K + C.e^{-\alpha.t} . \text{sen}(w.t - \phi) \quad t \geq 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

K = Nivel de glucosa basal [mg/100 ml]

C = Valor máximo de la envolvente exponencial en $t = 0$
[mg/100 ml]

α = Factor de amortiguamiento real [1/min]

w = Frecuencia real de oscilación [rad/min]

ϕ = Desfasamiento [rad]

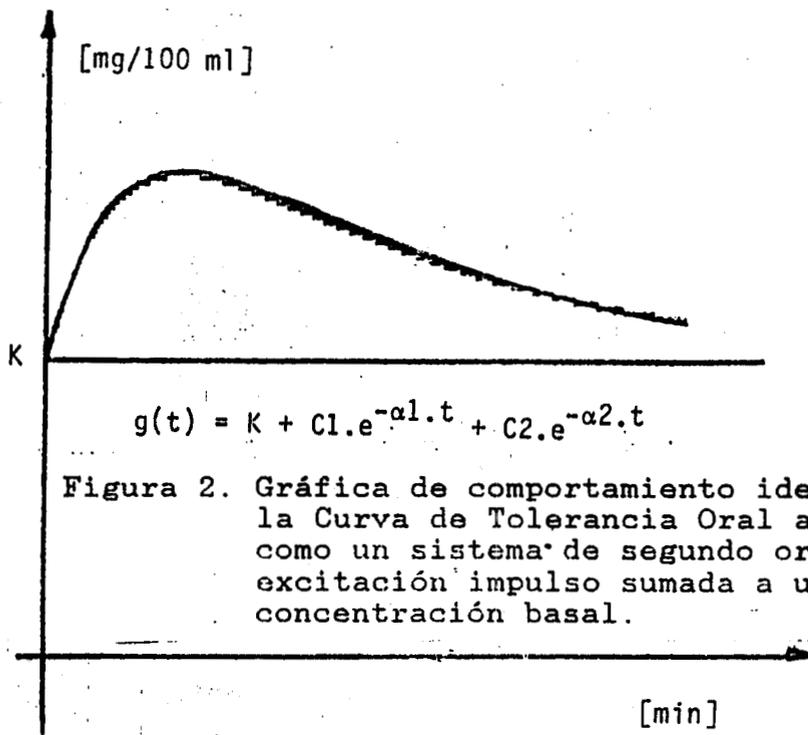


Figura 2. Gráfica de comportamiento ideal para la respuesta de la Curva de Tolerancia Oral a la Glucosa considerada como un sistema de segundo orden sobre amortiguado a excitación impulso sumada a una componente de concentración basal.

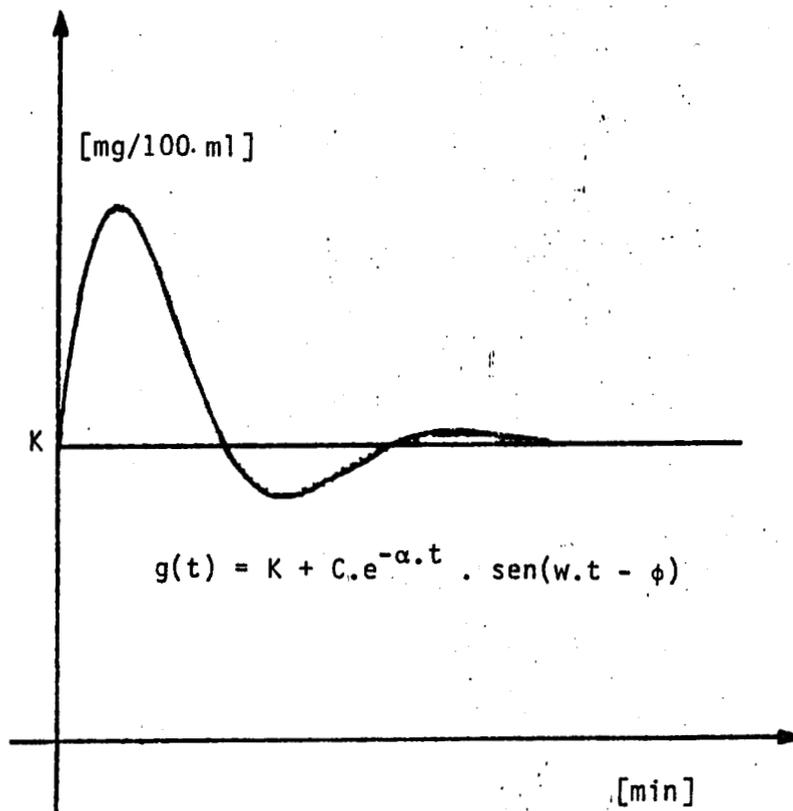


Figura 3. Gráfica de comportamiento ideal para la respuesta de la Curva de Tolerancia Oral a la Glucosa considerada como un sistema de segundo orden sub amortiguado a excitación impulso sumada a una componente de concentración basal.

C) CASO HIPOGLUCEMICO.

Este caso se caracteriza porque durante el desarrollo de la prueba, la glucemia baja del nivel basal de manera muy rápida y posteriormente, también de manera relativamente rápida, se recupera el nivel basal. Esta curva se obtiene cuando un paciente presenta hiperinsulinismo, cierto tipo de cáncer en el páncreas, o bajo condiciones controladas de hipoglucemia inducida.

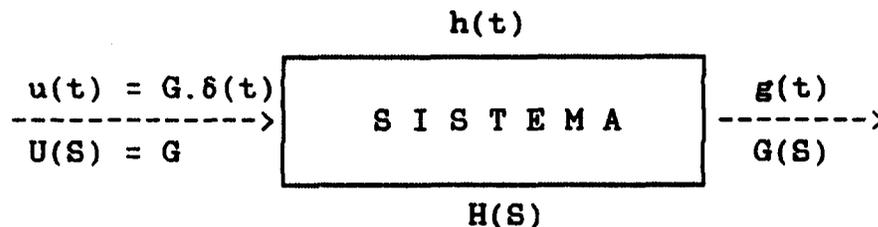
En realidad, este es un caso particular de las curvas sub amortiguado o sobre amortiguado, ya que se obtiene una gráfica similar a la imagen espejo de estos casos con respecto al nivel de concentración de glucosa basal.

D) CASOS PARTICULARES.

Algunos de estos se presentan en la sección de resultados (capítulo XII)

De acuerdo a las consideraciones anteriores, el diagrama de la figura 1. se puede replantear como un sistema formado por un solo bloque, (caja negra) considerando como la excitación impulso a la carga de glucosa, y como respuesta, los diferentes valores de la concentración de glucosa en la sangre.

Con el propósito de simplificar el análisis y poder contar con un cierto marco de referencia, en el presente trabajo se considera que esta respuesta es determinística, de manera que las variaciones en la concentración de glucosa en la sangre con respecto al nivel basal, se pueden representar como una función continua, tal como se muestra en la figura 4.



Donde :

$g(t)$ = respuesta del sistema en función del tiempo:

$g(t) = C \cdot e^{-\alpha \cdot t} \cdot \sin(\omega \cdot t - \phi)$ para el caso sub amortiguado.

$g(t) = C1 \cdot e^{-\alpha1 \cdot t} + C2 \cdot e^{-\alpha2 \cdot t}$ para el caso sobre amortiguado.

$u(t)$ = excitación al sistema en función del tiempo.

$\delta(t)$ = impulso unitario (Delta de Dirac).

$h(t)$ = respuesta impulso del sistema (función o patrón de peso).

G = carga de glucosa.

S = variable de Laplace

$G(S)$ = transformada de Laplace de la variable de salida.

$U(S)$ = transformada de Laplace de la variable de entrada.

$$H(S) = \frac{G(S)}{U(S)} = \text{función de transferencia del sistema.}$$

Figura 4. Diagrama de bloques simplificado (caja negra) del sistema de regulación de la glucosa en la sangre.

En realidad, el conjunto de los diferentes valores de la concentración de la glucosa en la sangre se puede considerar como la variable de salida de un sistema analógico, sin embargo en la práctica, y a falta de un transductor de glucosa en tiempo real, se emplean los datos que se obtienen en un laboratorio clínico con el empleo de un autoanalizador o con un glucómetro (reflectómetro) y una tira reactiva a intervalos de tiempo definidos. En otras palabras, se trata de un sistema analógico muestreado a intervalos regulares de tiempo.

Estas consideraciones hacen muy atractivo el hacer un estudio del sistema desde el punto de vista del análisis de sistemas, particularmente haciendo uso de los conceptos de la Teoría de Control.

V. BASE MATEMATICA DEL ALGORITMO DE OPTIMIZACION

Introducción.

Inicialmente se pensó en obtener un ajuste a través de una aproximación polinomial. Pronto se vió que de esta manera no es posible describir el comportamiento sobre amortiguado o sub amortiguado de las funciones propuestas, y a pesar de que la aproximación polinomial es suficientemente buena para valores dentro del rango de los datos experimentales, no es predictiva en el sentido de hacer interpolaciones y/o extrapolaciones válidas fuera del dominio de los mismos datos experimentales.

Debido a esta razón, se optó por plantear el problema de ajuste como un problema de optimización⁽¹⁵⁾.

Los problemas de optimización se pueden presentar de dos formas:

A) Optimización con restricciones.

Este consiste en maximizar o minimizar una cierta función sujeta a un conjunto de restricciones. Estas generalmente se expresan como igualdades o desigualdades, y delimitan una región D en R^n dentro de la que debe buscarse el punto extremo, ya sea el máximo o el mínimo, dependiendo de lo que se desee encontrar.

B) Optimización sin restricciones.

Esta se presenta cuando no existen restricciones y se desea encontrar el punto extremo en todo el espacio R^n .

El problema de encontrar los parámetros que mejor se ajusten a los datos experimentales g_i , es equivalente a encontrar la

El problema de encontrar los parámetros que mejor se ajusten a los datos experimentales g_i , es equivalente a encontrar la solución de los siguientes problemas de optimización:

Encontrar un punto $P^* \in D \subset R^n$ tal que:

$$G_k(P^*) \leq G_k(P) \quad \text{para toda } P \in D \quad k = 1, 2.$$

En el presente trabajo, se hace el ajuste para dos funciones en particular:

Para el caso sobre amortiguado se tiene:

$$G_1(P) = \sum_{i=1}^N | g_i - [K + C_1 \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t} + C_2 \cdot e^{-\alpha_2 \cdot t}] |^2$$

Para el caso sub amortiguado se tiene:

$$G_2(P) = \sum_{i=1}^N | g_i - [K + C \cdot e^{-\alpha \cdot t} \cdot \text{sen}(w \cdot t - \phi)] |^2$$

Donde:

N = número de puntos experimentales.

g_i = i -ésimo valor experimental de concentración de glucosa en la sangre

Existen en la literatura muchos métodos numéricos específicos para resolver este caso. Todos ellos son iterativos y se requiere de un punto inicial en D suficientemente cercano al valor extremo que se busca. A partir de este punto inicial P_0 ,

se genera una sucesión de puntos de tal manera que en el límite, converjan a la solución del problema. Debido a que se busca un punto extremo en una vecindad del punto inicial, todos estos métodos tienen un efecto local, por lo que dada τ , la región D donde se busca el mínimo de G_k es:

$$D = \{ P \in R^n \mid \| P - P_0 \| < \tau \}$$

Esta sucesión de puntos se genera de la siguiente manera:

Dado $P_0 \in D$, encontrar el punto P_{k+1} tal que:

$$P_{k+1} = P_k + S_k^* \cdot d_k \quad \dots\dots (3)$$

Donde:

P_{k+1} = valor presente.

P_k = valor anterior.

d_k = vector de dirección.

S_k^* = paso o incremento que debe avanzarse en la dirección de d_k .

Estos valores se deben calcular en cada iteración y deben satisfacer la relación:

$$G(P_{k+1}) \leq G(P_k) \quad \dots\dots\dots (4)$$

Estos métodos se pueden clasificar, de acuerdo a la información que cada uno de ellos requiere del comportamiento de la función G en D para construir el vector d_k , de la siguiente manera:

a) Los métodos directos solamente requieren del valor de G en cada punto de D . El vector d_k , $k = 1, 2, \dots, n$, se puede elegir en la dirección de cada uno de los ejes coordenados. (Búsqueda de Patrones, Búsqueda de uno a la vez, Método de Rosenbrock, Método de Powell, Método de Stewart)

b) Los métodos de gradiente necesitan evaluar la función y el gradiente para determinar la mejor dirección en cada iteración, lo que en ciertos casos resulta muy complicado y aún imposible de determinar, puesto que la función G puede no ser derivable en cada punto de D . (Gradiente por tangentes paralelas, Gradientes conjugados, Direcciones conjugadas).

c) Los métodos hessianos adicionalmente requieren de evaluar la segunda derivada de la función, lo que los hace muy costosos y en muchas ocasiones difíciles de implementar.

La determinación de S_k^* se reduce a resolver un problema de optimización en una sola variable. Esto se puede plantear de la siguiente manera:

Dado d_k y P_k , encontrar $S_k^* \in R$ tal que

$$G(P_k + S_k^* \cdot d_k) \leq G(P_k + S \cdot d_k) \text{ para toda } S \in R \quad \dots\dots\dots (5)$$

Para resolver la ecuación (4) numéricamente, se pueden usar cualquiera de los siguientes métodos: Búsqueda de Fibonacci,

Búsqueda de la Sección Dorada, Método de Bolzano, Método de Newton - Raphson.

Se denotará como S_k a la estimación numérica de S_k^* .

Debido a que este tipo de búsqueda se debe hacer para cada iteración, es importante que se haga de la forma más eficiente.

El presente trabajo se basa en un método directo: El algoritmo de búsqueda secuencial de uno a la vez, en la dirección de los ejes coordenados (DEC). Su principio de operación es general, y fácilmente puede modificarse para ajustar una función de "n" parámetros, lo que en realidad, es estar trabajando en un espacio n - dimensional.

Este algoritmo se describe a continuación:

Defínase al vector e_j como un vector en R^n que tiene todas sus componentes nulas a excepción de la j-ésima componente que es unitaria.

El algoritmo genera los vectores p_0^1, \dots, p_0^n recorriendo secuencialmente el espacio n - dimensional en la dirección de cada uno de los ejes coordenados y buscando en cada dirección el paso o incremento que minimice la función.

Es decir:

1) Dado un vector inicial P_0 , se debe buscar el vector

$$P_k = P_{k-1} + S_k^* \cdot e_k \quad \text{para } k = 1, 2, \dots, n$$

donde S_k^* satisfice:

$$G(P_k + S_k^* \cdot e_k) \leq G(P_{k-1} + S \cdot e_k) \quad \text{para toda } S \in R$$

2) Elegir $P^* = P_n$

3) Hacer la relación: $|P^* - P_{n-1}| \leq \tau \dots\dots (6)$

Si la relación (6) se cumple, entonces se escoge a P^* como el mínimo, donde τ es el valor de la tolerancia especificada.

Si esto no sucede, entonces hacer $P_0 = P^*$ y regresar al paso 1)

Este algoritmo es muy sencillo puesto que sólo considera en cada iteración una búsqueda lineal, misma que se propone hacer de la siguiente manera:

Sea P_{k-1}^k la k -ésima componente del vector P_{k-1}

Entonces, dado el vector P_{k-1}

$$P_k = P_{k-1} + S_k^* \cdot e_k \quad \text{para } k = 1, \dots, n$$

Donde S_k^* satisfice:

$$G(P_k \pm S_k^* \cdot e_k) \leq G(P_{k-1} \pm S_k^B \cdot e_k) \quad \text{para } B = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$y \quad S_k^B = \frac{P_{k-1}^k}{2^B} \quad \text{para } B = 1, 2, 3, \dots, m$$

El algoritmo (DEC) se repite durante z iteraciones, hasta que se cumple el criterio de convergencia (ecuación (6)).

De acuerdo con lo anterior, se hacen las siguientes consideraciones:

1) Para el caso del programa desarrollado, se tiene un espacio de dimensión 5 ($n = 5$); m puede tomar los valores de 1 a 32, y los parámetros a calcular están definidos de la siguiente manera:

Caso sobre amortiguado: (ecuación 1)

$$P1 = K \quad P2 = C1 \quad P3 = \alpha1 \quad P4 = C2 \quad P5 = \alpha2$$

Caso sub amortiguado: (ecuación 2)

$$P1 = K \quad P2 = C \quad P3 = \alpha \quad P4 = w \quad P5 = \phi$$

2) Se fijó el valor de la tolerancia como: $\tau = 0.9 \times 10^{-4}$

El programa tiene un control que hace que el proceso termine cuando se han generado 50 iteraciones como máximo.

3) Se hace notar al lector que el algoritmo desarrollado, no requiere de calcular el Gradiente ni el Hessiano de la función $g(t)$. Esto hace que su implementación en una microcomputadora

resulte ser muy sencilla, además de que no se requiere de reservar grandes espacios en la memoria de la computadora ni del empleo de un coprocesador especial.

4) Con respecto a la convergencia, del método, cabe mencionar que el algoritmo propuesto (DEC), es un método de descenso que converge globalmente, ya que en cada iteración se cumple la relación (4)

Sin embargo, la rapidez de convergencia es más lenta que en los métodos de gradiente, (por ejemplo: Gauss - Southwell).

Se ha demostrado (24) que se requiere de n iteraciones para lograr reducir el error al mismo orden que una sola iteración del método de descenso más pronunciado o el de mayor pendiente ("steepest descent"), considerando que la búsqueda lineal que se hace es exacta. En el presente caso, para estimar el valor del error, se requiere tomar en cuenta el error que se comete al estimar numéricamente el valor de S_k^* .

De acuerdo con esto, la convergencia global se garantiza y el método encuentra el valor óptimo para cualquier conjunto de valores iniciales que se elijan.

VI. CALCULO DE LOS PARAMETROS INICIALES

Cualquiera que sea el método de optimización que se emplee, se requiere de calcular, estimar o suponer un punto a partir del cual se inicie la búsqueda del punto óptimo.

El presente trabajo calcula los valores iniciales para cada caso a partir de los datos experimentales originales, respetando la siguiente nomenclatura y definiciones:

- La multiplicación se expresa de manera explícita con un punto o con una \times
- Las variables que aparecen con dos letras o con una letra y un número, se consideran como un solo parámetro.

$g(t)$ = Función a optimizar

t = Tiempo [minutos]

K = Valor de la concentración basal de glucosa en la sangre
[mg/100 ml]

$\alpha, \alpha_1, \alpha_2$ = Factor de amortiguamiento real [1/min]

C, C_1, C_2 = Valor de la envolvente exponencial evaluada en
 $t = 0$ [mg/100 ml]

β, β_1, β_2 = Constante de tiempo [minutos]

w = Frecuencia real de oscilación [rad/min]

ϕ = Desfasamiento [rad]

t_r = Tiempo de retraso [minutos]

t_a = Tiempo de asentamiento [minutos]

A) CASO SUB AMORTIGUADO.

FRECUENCIA REAL DE OSCILACION (w):

El valor inicial de la frecuencia real de oscilación, se estima a partir del tiempo en que se presenta el primer cruce por el nivel basal después del valor máximo, y se considera como la primera aproximación de la mitad del periodo.

Para esto se localiza el primer punto que está por debajo del nivel basal $g(l_0)$ y el tiempo en que éste ocurre ($t(l_0)$). Se localiza el punto anterior a éste ($g(l_0 - 1)$) - que deberá ser mayor que el valor basal - y el tiempo en que ésta concentración se presenta ($t(l_0 - 1)$). Con esto, se obtiene la ecuación de la recta que une a estos dos puntos: (véase figura 5)

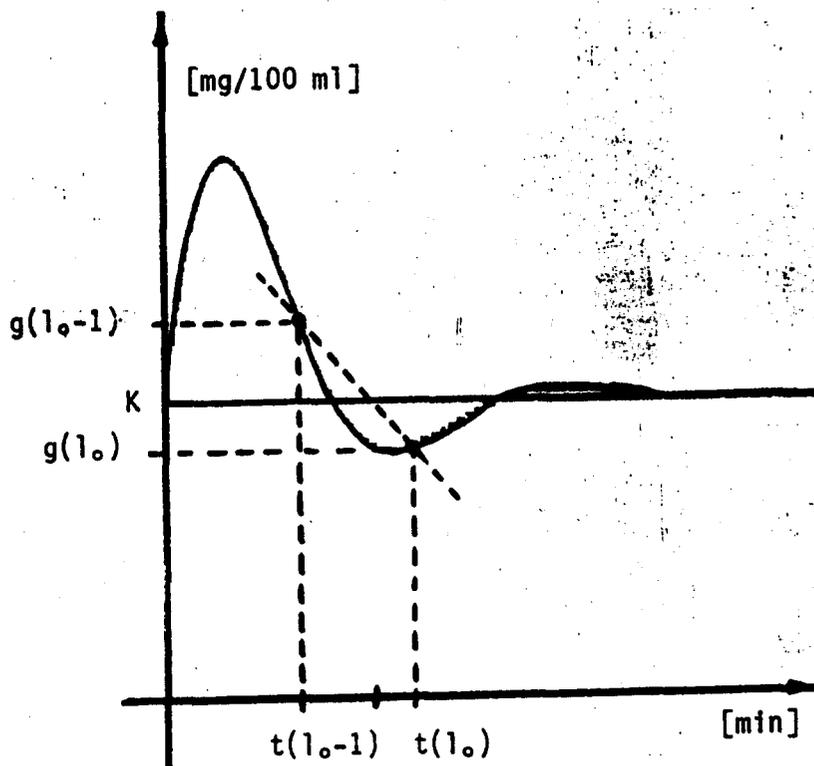


Figura 5. Cálculo del valor inicial para el parámetro w .

$$\text{Pendiente} = M_o = \frac{g(1_o) - g(1_o-1)}{t(1_o) - t(1_o-1)} \dots\dots\dots (7)$$

$$\begin{aligned} \text{Ordenada de origen} = B_o &= g(1_o) - M_o \cdot t(1_o) \\ &= g(1_o-1) - M_o \cdot t(1_o-1) \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

La solución del sistema de ecuaciones simultáneas formado por la línea definida por $g = M_o \cdot t_o + B_o$ y la línea del valor de la concentración basal $g = K$ es:

$$t_o = \frac{K - B_o}{M_o} \dots\dots\dots (9)$$

por lo que la primera aproximación al valor de la frecuencia real de oscilación es :

$$w \approx \frac{\pi}{t_o} \dots\dots\dots (10)$$

AMORTIGUAMIENTO REAL (α) :

Se parte de la suposición de que la envolvente superior de la respuesta es una función del tipo: (véase figura 6)

$$g(t) = K + C \cdot e^{-\alpha \cdot t} \dots\dots\dots (11)$$

y la envolvente inferior es del tipo: (véase figura 6)

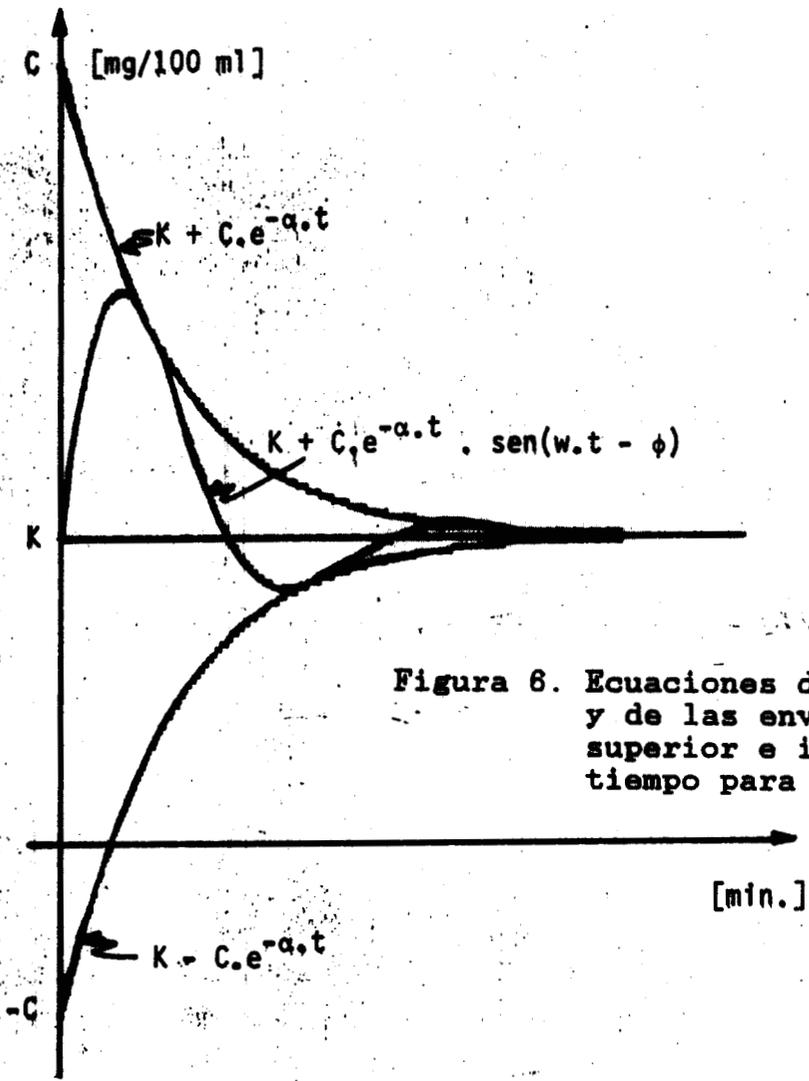


Figura 6. Ecuaciones de la función $g(t)$ y de las envolventes exponenciales superior e inferior con respecto al tiempo para el caso sub amortiguado.

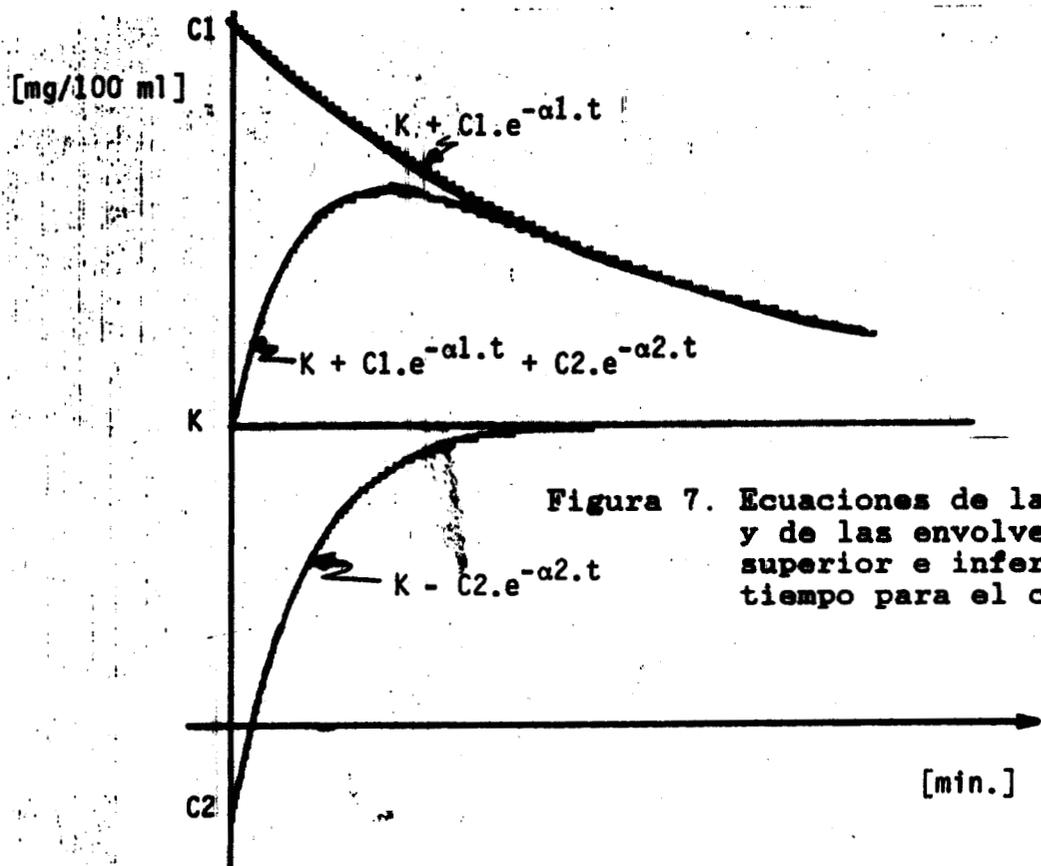


Figura 7. Ecuaciones de la función $g(t)$ y de las envolventes exponenciales superior e inferior con respecto al tiempo para el caso sobre amortiguado.

$$g(t) = K - C.e^{-\alpha.t} \dots\dots\dots (12)$$

Se localizan los valores y los tiempos en que se presentan las concentraciones experimentales máxima (M5, t5) y mínima (M7, t7).

De acuerdo con esto, se tiene que:

$$M5 - K \sim C.e^{-\alpha.t5} \dots\dots\dots (13)$$

$$M7 - K \sim - C.e^{-\alpha.t7} \longrightarrow K - M7 \sim C.e^{-\alpha.t7} \dots\dots\dots (14)$$

Dividiendo la ecuación (13) entre la ecuación (14) :

$$\frac{M5 - K}{K - M7} \sim \frac{e^{-\alpha.t5}}{e^{-\alpha.t7}} \sim e^{\alpha.(t7-t5)} \dots\dots\dots (15)$$

y despejando:

$$\alpha \sim \frac{\text{Ln} \left[\frac{M5 - K}{K - M7} \right]}{t7 - t5} \dots\dots\dots (16)$$

DESFASAMIENTO (ϕ):

El parámetro ϕ se calcula de acuerdo a la siguiente consideración:

Se obtiene la derivada de la función (ecuación 2), se iguala a cero y se evalúa para el tiempo en que se presenta la concentración experimental máxima ($t = t_5$)

$$\left. \frac{dg}{dt} \right|_{t = t_5} = 0 \approx C \cdot e^{-\alpha \cdot t_5} \cdot w \cdot \text{COS}(w \cdot t_5 - \phi) - C \cdot e^{-\alpha \cdot t_5} \cdot \alpha \cdot \text{SEN}(w \cdot t_5 - \phi) \dots\dots (17)$$

De donde se obtiene que:

$$C \cdot e^{-\alpha \cdot t_5} \cdot w \cdot \text{Cos}(w \cdot t_5 - \phi) \approx C \cdot e^{-\alpha \cdot t_5} \cdot \alpha \cdot \text{Sen}(w \cdot t_5 - \phi) \dots (18)$$

Entonces:

$$w \cdot \text{Cos}(w \cdot t_5 - \phi) = \alpha \cdot \text{Sen}(w \cdot t_5 - \phi) \dots\dots (19)$$

Dividiendo toda esta expresión entre $\alpha \cdot \text{Cos}(w \cdot t_5 - \phi)$ se llega a:

$$\frac{w}{\alpha} = \text{Tan}(w \cdot t_5 - \phi) \dots\dots (20)$$

Finalmente, despejando el valor de ϕ :

$$\phi \approx w \cdot t_5 - \text{Tan}^{-1} \left[\frac{w}{\alpha} \right] \dots\dots (21)$$

El valor inicial del parámetro C se calcula de acuerdo a :

$$C \approx \frac{M_5 - K}{e^{-\alpha \cdot t_5} \cdot \text{sen}(w \cdot t_5 - \phi)} \dots\dots (22)$$

B) CASO SOBRE AMORTIGUADO.

AMORTIGUAMIENTO REAL DE LA ENVOLVENTE SUPERIOR (α_1)

Para cuando el tiempo es muy grande, el tercer término de la ecuación 1, $[C_2 \cdot e^{-\alpha_2 \cdot t}]$, tiende al valor basal K de manera muy rápida, (véase figura 7) por lo que se obtiene:

$$g(t) \sim K + C_1 \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (23)$$

De acuerdo con esto, se localizan los dos puntos muestrales finales, de donde se obtiene que :

$$g(N) \sim K + C_1 \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t(N)} \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$g(N-1) \sim K + C_1 \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t(N-1)} \quad \dots\dots\dots (25)$$

Dividiendo la ecuación (25) entre la ecuación (24), se tiene que:

$$\frac{g(N-1) - K}{g(N) - K} \sim e^{\alpha_1 \cdot [t(N) - t(N-1)]} \quad \dots\dots\dots (26)$$

Despejando el valor de α_1 :

$$\alpha_1 \sim \frac{\text{Ln} \left[\frac{g(N-1) - K}{g(N) - K} \right]}{t(N) - t(N-1)} \quad \dots\dots\dots (27)$$

078797

El valor de C_1 se obtiene también de este análisis:

$$C_1 \sim \frac{g(N) - K}{e^{-\alpha_1 \cdot t(N)}} \dots\dots\dots (28)$$

AMORTIGUAMIENTO REAL DE LA ENVOLVENTE INFERIOR (α_2)

La influencia de los parámetros α_2 y C_2 , es más notoria al inicio de la curva de respuesta, (véase figura 7) por lo que para el cálculo de estos valores, se localizan los primeros 2 (dos) puntos experimentales

$$g(1) \sim K + C_1 \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t(1)} + C_2 \cdot e^{-\alpha_2 \cdot t(1)} \dots\dots\dots (29)$$

$$g(2) \sim K + C_1 \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t(2)} + C_2 \cdot e^{-\alpha_2 \cdot t(2)} \dots\dots\dots (30)$$

Restando el valor de K en ambos miembros de las ecuaciones (29) y (30) y reorganizando:

$$g(1) - K - (C_1 - K) \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t(1)} \sim (C_2 - K) \cdot e^{-\alpha_2 \cdot t(1)} \dots\dots\dots (31)$$

$$g(2) - K - (C_1 - K) \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t(2)} \sim (C_2 - K) \cdot e^{-\alpha_2 \cdot t(2)} \dots\dots\dots (32)$$

Dividiendo la ecuación (31) entre la ecuación (32) y despejando el valor de α_2 , se llega a:

$$\alpha_2 \sim \frac{\text{Ln} \left[\frac{g(1) - K - (C_1 - K) \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t(1)}}{g(2) - K - (C_1 - K) \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t(2)}} \right]}{t(2) - t(1)} \dots\dots\dots (33)$$

Generalmente $g(1) = K$, y de acuerdo a la ecuación (29), el valor de $C2$ se puede calcular de la siguiente manera:

$$C2 \sim - \frac{C1 \cdot e^{-\alpha 1 \cdot t(1)}}{e^{-\alpha 2 \cdot t(1)}} \quad \dots, \dots (34)$$

VII. DESARROLLO DEL ALGORITMO DE IDENTIFICACION DE PARAMETROS

En esta sección, se presenta el desarrollo del algoritmo de identificación de parámetros del sistema y se discute la estrategia a seguir.

Elección del número de bits de resolución (B).

Este número está relacionado con la precisión con que se desea calcular los parámetros. Durante el desarrollo del proyecto, se experimentó con diferentes valores de B, y se llegó a la conclusión de que un buen número es $B = 18$, aunque el programa ofrece la opción de trabajar hasta con 32 bits de resolución. Esto obviamente se traduce en un compromiso:

Mientras se desee una mayor precisión en los parámetros calculados, será mayor el tiempo de procesamiento.

El programa desarrollado en el presente trabajo presenta algunas ventajas:

a) Realiza la búsqueda de parámetros de uno a la vez haciendo uso de una matriz [A], en lugar de hacerlo solamente con un vector.

b) Esta búsqueda se hace dentro del rango:

$$P_i - \frac{P_i}{2B} \leq P_i \leq P_i + \frac{P_i}{2B}$$

- c) La sustitución del valor con el menor error encontrado en una iteración se hace "in situ", modificando la misma matriz [A].

Una mejor manera de describir la forma en que trabaja el algoritmo propuesto en su forma matricial, se describe a continuación:

A) Se genera una matriz [A] de dimensión $(2.B) \times (5)$ y se llena inicialmente de la siguiente manera:

En la i -ésima columna se coloca el valor del parámetro P_i calculado de la forma que se mencionó en el capítulo VI, de manera que la matriz [A] inicial, se puede considerar como un equivalente del vector P_0 inicial :

$$\begin{bmatrix} P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \\ P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \end{bmatrix} \quad 2.B \times 5$$

B) Se modifica la primera columna de esta matriz [A] (lo que equivale a modificar el primer elemento del vector P_0) de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix}
 P1+(P1/2^1) & P2 & P3 & P4 & P5 \\
 P1+(P1/2^2) & P2 & P3 & P4 & P5 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 P1+(P1/2^B) & P2 & P3 & P4 & P5 \\
 \hline
 P1-(P1/2^1) & P2 & P3 & P4 & P5 \\
 P1-(P1/2^2) & P2 & P3 & P4 & P5 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 P1-(P1/2^B) & P2 & P3 & P4 & P5
 \end{bmatrix}$$

La mitad superior de esta matriz [A] (renglones 1 a B), busca los parámetros calculando valores mayores que los valores iniciales.

La mitad inferior de esta matriz [A] (renglones B+1 a 2.B), busca los parámetros calculando valores menores que los valores iniciales

C) Se calcula un vector formado por el error cuadrático calculado para cada renglón de la matriz [A], haciendo que:

$$\text{error} = \sum_{i=1}^N ([G]_i - [Y]_i)^2 \quad \dots \quad (36)$$

Donde:

[G]_i = concentración experimental.

[Y]_i = concentración calculada.

N = número de puntos experimentales.

Por lo que la matriz [A] y el vector de error cuadrático [E] asociado a la matriz [A], se presentan de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} P_1+(P_1/2) & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \\ P_1+(P_1/4) & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_1+(P_1/2^B) & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \\ \hline P_1-(P_1/2) & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \\ P_1-(P_1/4) & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_1-(P_1/2^B) & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_B \\ \hline e_{B+1} \\ e_{B+2} \\ \vdots \\ e_{2.B} \end{bmatrix}$$

D) De todos los valores de este vector de error [E], se elige el valor del mínimo error, y se actualiza la primera columna de la matriz [A] con el valor del parámetro P_1 que genera este error mínimo, (equivalente al vector P_0^1) por lo que la matriz [A], queda de la siguiente manera :

$$\begin{bmatrix} P_{1\min} & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \\ P_{1\min} & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{1\min} & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 \end{bmatrix} \quad (2.B) \times (5)$$

E) Se realiza un procedimiento similar para modificar los parámetros de la segunda columna, (lo que equivale a modificar el segundo elemento del vector P_0) de manera que la matriz [A], queda de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix}
 P1_{\min} & P2+(P2/2) & P3 & P4 & P5 \\
 P1_{\min} & P2+(P2/4) & P3 & P4 & P5 \\
 P1_{\min} & P2+(P2/8) & P3 & P4 & P5 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 P1_{\min} & P2+(P2/2^B) & P3 & P4 & P5 \\
 \hline
 P1_{\min} & P2-(P2/2) & P3 & P4 & P5 \\
 P1_{\min} & P2-(P2/4) & P3 & P4 & P5 \\
 \vdots & P2-(P2/8) & \vdots & \vdots & \vdots \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 P1_{\min} & P2-(P2/2^B) & P3 & P4 & P5
 \end{bmatrix}$$

F) Se vuelve a calcular el vector de error cuadrático [E] que se genera en cada renglón de esta matriz [A] modificada, por lo que esta matriz [A] modificada y el vector de error [E], se presentan de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix}
 P1_{\min} & P2+(P2/2) & P3 & P4 & P5 \\
 P1_{\min} & P2+(P2/4) & P3 & P4 & P5 \\
 P1_{\min} & P2+(P2/8) & P3 & P4 & P5 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 P1_{\min} & P2+(P2/2^B) & P3 & P4 & P5 \\
 \hline
 P1_{\min} & P2-(P2/2) & P3 & P4 & P5 \\
 P1_{\min} & P2-(P2/4) & P3 & P4 & P5 \\
 \vdots & P2-(P2/8) & \vdots & \vdots & \vdots \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 P1_{\min} & P2-(P2/2^B) & P3 & P4 & P5
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 e_1 \\
 \vdots \\
 \vdots \\
 \vdots \\
 e_B \\
 \hline
 e_{B+1} \\
 \vdots \\
 \vdots \\
 e_{2.B}
 \end{bmatrix}$$

G) Se calcula el valor de error cuadrático mínimo, y se actualiza la matriz [A], pero ahora para el valor del parámetro de la segunda columna (P2), de manera que la matriz [A], queda de la siguiente manera (vector P_0^2):

$$\begin{bmatrix} P1_{\min} & P2_{\min} & P3 & P4 & P5 \\ P1_{\min} & P2_{\min} & P3 & P4 & P5 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P1_{\min} & P2_{\min} & P3 & P4 & P5 \end{bmatrix} \quad (2.B) \times (5)$$

Y de manera similar, se realiza este proceso para todas las columnas (lo que es equivalente al vector P_n).

Se contabiliza una iteración cuando se ha realizado la modificación descrita para todas las columnas

El algoritmo termina cuando se cumple cualquiera de las siguientes dos condiciones:

$$a) \quad |V_e| = \sqrt{\sum ([V_z - V_{z-1}]^2)} \leq \tau = 0.9 \times 10^{-4}$$

Donde z es el contador de iteraciones. Si se cumple esta relación, se considera que el punto V_z es suficientemente cercano al punto V_{z-1} .

b) Cuando se ha realizado un máximo de 50 iteraciones. En este caso, el punto al que se llega no es el mejor posible.

En tanto no se cumpla una de estas dos condiciones, el algoritmo vuelve a iniciar la modificación de los valores de los parámetros de la matriz $[A]$ modificada, a partir de la primera columna (P_1). (inciso B)

En cualquiera de estas opciones terminales, se considera que los parámetros obtenidos son los que mejor ajustan los puntos experimentales a la función propuesta.

Con base en lo anterior, y solamente como sugerencia, se podría designar a esta forma de optimización como un método de "MINIMOS CUADRADOS POR APROXIMACIONES SUCESIVAS".

Una vez calculados los parámetros de ajuste, es posible obtener información adicional que ayuda a tener una mejor interpretación de la dinámica que sigue la concentración de la glucosa en la sangre para esta excitación en particular.

Para este proyecto, se obtuvo el cálculo de los siguientes valores, definidos de acuerdo a la siguiente nomenclatura:

función calculada o función de ajuste $g(t)$. Es la función de aproximación calculada con el algoritmo propuesto.

tiempo de retraso (t_r). Valor de tiempo en que la glucosa sanguínea se empieza a incrementar en el punto de toma de muestra, que normalmente es en la vena basílica a nivel del pliegue del codo del brazo. Este tiempo está expresado en minutos.

tiempo pico (t_p). Es el tiempo en el que se alcanza el valor de concentración máxima calculada (pendiente en t_r positiva) o mínima (pendiente en t_r negativa) y se expresa en minutos.

tiempo de asentamiento (t_a). Es el tiempo, después del tiempo de pico, en el que se presentan concentraciones dentro de una franja imaginaria de $\pm 5\%$ con respecto al valor de concentración basal y se expresa en minutos.

pendiente en el tiempo de retraso (m_{tr}). Indica la velocidad con que se incrementa la glucosa sanguínea en el punto de toma de muestra. Esta pendiente es una relación entre la unidad de concentración con respecto a la unidad de tiempo y se expresa en $[\text{mg}/100 \text{ ml}] / \text{minuto}$

energía de la señal. Para todos los casos, se define como:

$$E = \int_{t_r}^{t_a} |f(t)|^2 dt$$

área bajo la curva. Es la zona del plano concentración con respecto al tiempo que comprende el área bajo la curva de la función calculada, evaluada en los tiempos en que esta función cruza el nivel de concentración basal (sub amortiguada), o llega hasta el tiempo de asentamiento, (sobre amortiguada), y la línea que define el nivel de concentración basal. Se expresa en $([\text{mg}/100 \text{ ml}] \times \text{minuto})$.

concentración media de glucosa. Es la concentración promedio que se obtiene al calcular el cociente del área bajo la curva entre los puntos de tiempo en que la concentración cruza el nivel basal, o llega al tiempo de

asentamiento, dividida entre este intervalo de tiempo, y se expresa en [mg/100 ml].

función de transferencia ($H(S)$). Es la relación de la transformada de Laplace de la función calculada respecto a la transformada de Laplace de la función de excitación.

valor extremo. Es el valor calculado de concentración máxima, (pendiente en tr positiva) o mínima, (pendiente en tr negativa) y se expresa en unidades de concentración [mg/100 ml].

VIII. CALCULO DE LOS PARAMETROS DINAMICOS

TIEMPO DE RETRASO (tr).

Este tiempo se calcula resolviendo simultáneamente la función calculada, ($g(t)$) con la ecuación del valor de la concentración basal.

a) Para el caso sub amortiguado estas ecuaciones son:
(véase figura 8)

$$g(tr) = g(0) = K \quad \dots\dots\dots (37)$$

$$g(tr) = K + C.e^{-\alpha.tr} . \text{sen}(w.tr - \phi) \quad \dots\dots\dots (38)$$

donde $K \neq 0$ y $C.e^{-\alpha.tr} \neq 0$

De acuerdo con esto, el tiempo de retraso se presenta cuando $\text{sen}(w.t - \phi) = 0$ es decir:

$$tr = \frac{\phi}{w} \quad \dots\dots\dots (39)$$

b) Para el caso sobre amortiguado, el sistema de ecuaciones es: (véase figura 9)

$$g(tr) = g(0) = K \quad \dots\dots\dots (40)$$

$$g(tr) = K + C1.e^{-\alpha1.tr} + C2.e^{-\alpha2.tr} \quad \dots\dots\dots (41)$$

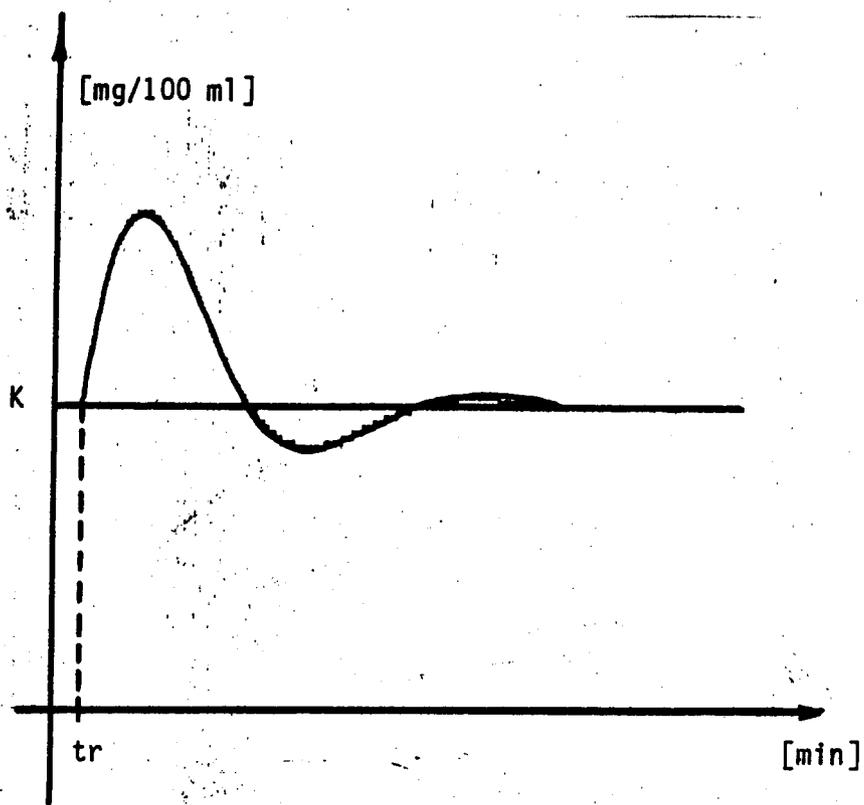


Figura 8. Tiempo de retraso (caso sub amortiguado)

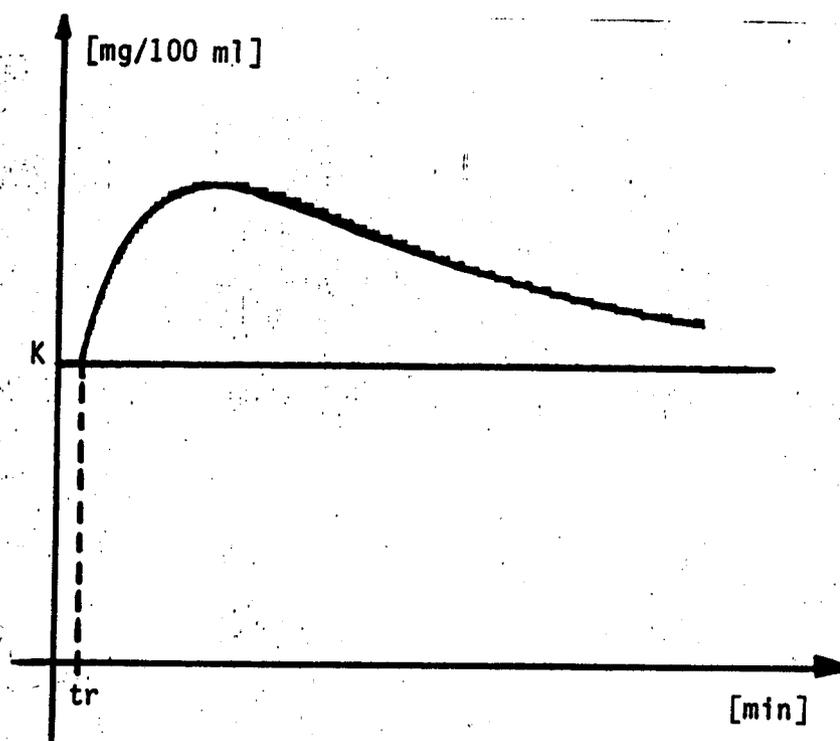


Figura 9. Tiempo de retraso (caso sobre amortiguado)

Entonces:

$$C_1 \cdot e^{-\alpha_1 \cdot tr} = - C_2 \cdot e^{-\alpha_2 \cdot tr} \quad \dots\dots\dots (42)$$

De aquí:

$$-\frac{C_1}{C_2} = \frac{e^{-\alpha_2 \cdot tr}}{e^{-\alpha_1 \cdot tr}} = e^{tr(\alpha_1 - \alpha_2)} \quad \dots\dots (43)$$

Obteniendo el logaritmo natural en ambos lados de la ecuación y despejando se obtiene :

$$tr = \frac{\text{Ln} \left[-\frac{C_1}{C_2} \right]}{(\alpha_1 - \alpha_2)} \quad \dots\dots\dots (44)$$

PENDIENTE EN EL TIEMPO DE RETRASO (m_{tr}).

Este valor indica la rapidez con la que se empieza a incrementar la concentración de glucosa en la sangre, y a su vez, es la mayor pendiente positiva de la curva para el caso en que la concentración de glucosa en sangre aumente, o de manera equivalente, la mayor pendiente negativa de la curva, en caso de que la concentración de glucosa en sangre disminuya.

Dimensionalmente, las unidades son [mg/100 ml] / min

La manera de obtener este valor es la siguiente:

a) Caso sobre amortiguado.

Derivando la ecuación (1) y evaluando en t_r :

$$\text{Pendiente en } t_r = \left. \frac{dg}{dt} \right|_{t = t_r} = -C_1 \alpha_1 e^{-\alpha_1 t} - C_2 \alpha_2 e^{-\alpha_2 t} \dots (45)$$

b) Caso sub amortiguado.

Derivando la ecuación (2) y evaluando en t_r :

$$\text{Pendiente en } t_r = \left. \frac{dg}{dt} \right|_{t = t_r} = C e^{-\alpha t} [w \cos(wt - \phi)] + \text{sen}(wt - \phi) [-C \alpha e^{-\alpha t}] \dots (46)$$

TIEMPO DE ASENTAMIENTO (t_a).

Este es un valor que indica el tiempo en que la curva se encuentra dentro de un rango de $\pm 5\%$ del valor basal después de haber alcanzado el valor máximo o mínimo. Esto es equivalente a decir que se considera la amplitud de la función cuando ha transcurrido un tiempo equivalente a 3 (tres) veces la constante de tiempo.

La manera como se obtiene este parámetro es la siguiente:

a) Caso sobre amortiguado.

Para esta función, la glucosa no tiene valores por debajo del nivel basal, y es por ello que se considera solamente la envolvente superior de la curva. (véanse figuras 7 y 10)

Analizando esta envolvente, se tiene lo siguiente:

$$g(ta) = K + (0.05).(K) = K + C1.e^{-\alpha_1.ta} \dots\dots\dots (47)$$

Ordenando, obteniendo el logaritmo natural en ambos lados de la ecuación y despejando :

$$ta = - \frac{\text{Ln} \left[\frac{(0.05).(K)}{C1} \right]}{\alpha_1} \dots\dots\dots (48)$$

b) Caso sub amortiguado.

Para este caso, considerense las dos funciones exponenciales de la envolvente de la señal senoidal subamortiguada: (véanse figuras 6 y 11)

$$g(ta) = K + C.e^{-\alpha.ta} = K.(1.05) \dots\dots\dots (49)$$

$$g(ta) = K - C.e^{-\alpha.ta} = K.(0.95) \dots\dots\dots (50)$$

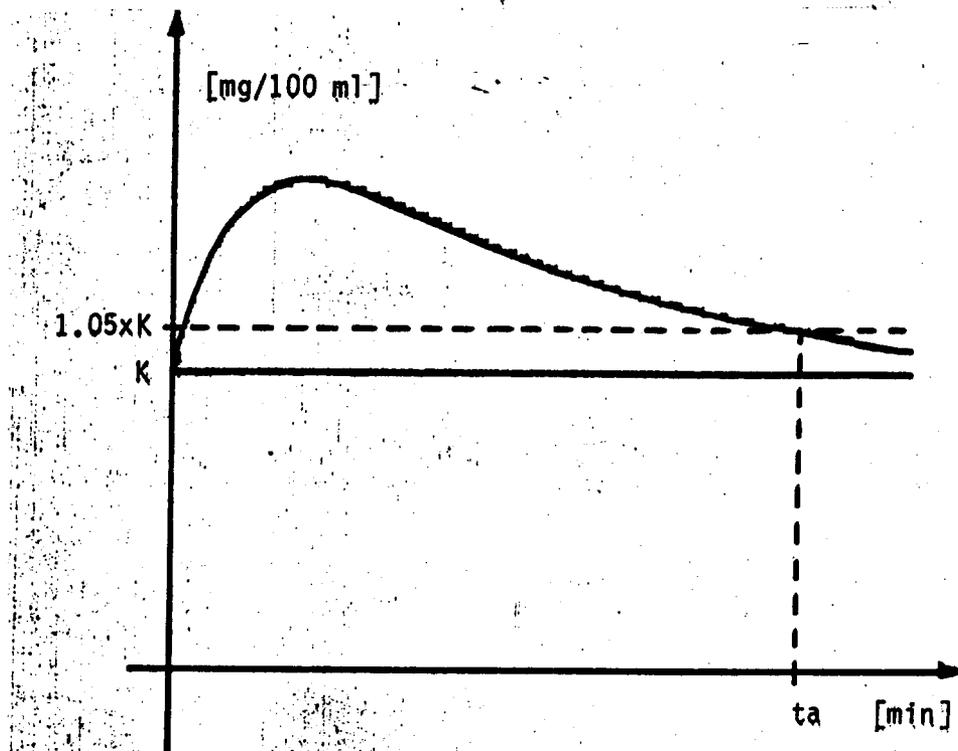


Figura 10. Tiempo de asentamiento @ 5% (caso sobre amortiguado)

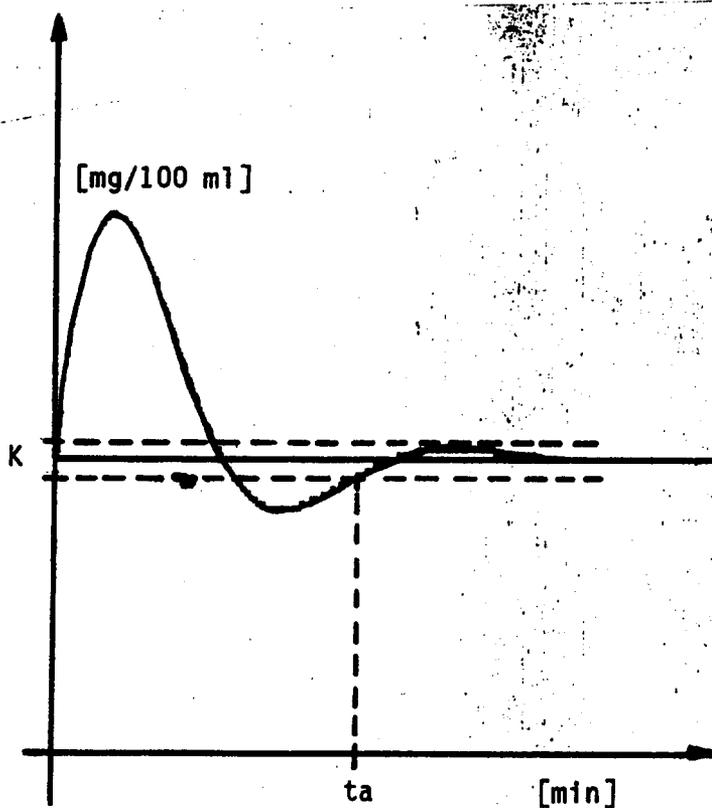


Figura 11. Tiempo de asentamiento @ 5% (caso sub amortiguado)

Entonces:

$$g(ta) = C.e^{-\alpha.ta} = (K).(1.05 - 1) = K.(0.05) \dots (51)$$

$$g(ta) = -C.e^{-\alpha.ta} = (K).(0.95 - 1) = -K.(0.05) \dots (52)$$

Es decir, que considerando cualquiera de las envolventes, se debe llegar a una expresión única (ecuación 51).

Obteniendo el logaritmo natural en ambos lados de esta ecuación y despejando, se tiene:

$$ta = - \frac{\text{Ln} \left[\frac{(0.05).(K)}{C} \right]}{\alpha} \dots (53)$$

CONSTANTE DE TIEMPO (β).

Si C es el valor máximo de la envolvente exponencial (evaluada en el tiempo $t = 0$), y K el valor al que tiende esta envolvente (evaluada en el tiempo $t = \infty$), se define la constante de tiempo a el tiempo que tarda esta envolvente exponencial para alcanzar el valor del producto:

$$C.e^{-1} = C \times 0.3678794412 \approx 36.8\% \text{ del valor máximo}$$

Esta constante se calcula de la siguiente manera:

Para cualquiera de los casos aquí analizados, se presentan dos envolventes exponenciales: una superior y otra inferior

a) Caso sub amortiguado.

Si se considera el valor de la envolvente superior en $t=0$ como el 100 % , y el valor de K como el 0% , (véase figura 12) entonces

$$K + C.e^{-\alpha.t} = K + C.exp(-\alpha.\beta) = K + C.e^{-1} \quad \dots\dots\dots (54)$$

Por otra parte, si se considera el valor de la envolvente inferior en $t = 0$ como el 100 % , y el valor de K como el 0%, (véase figura 12) entonces

$$K - C.e^{-\alpha.t} = K - C.exp(-\alpha.\beta) = K - C.e^{-1} \quad \dots\dots\dots (55)$$

De cualquiera de estas ecuaciones, se obtiene que :

$$\beta = \frac{1}{\alpha} \quad \dots\dots\dots (56)$$

b) Caso sobre amortiguado.

Si se considera el valor de la envolvente superior en $t=0$ como el 100 % , y el valor de K como el 0% ,(véase figura 13) entonces

$$K + C1.e^{(-\alpha1.t} = K + C1.exp(-\alpha1.\beta1) = K + C1.e^{-1} \quad \dots\dots\dots (57)$$

De aquí se obtiene que:

$$\beta1 = \frac{1}{\alpha1} \quad \dots\dots\dots (58)$$

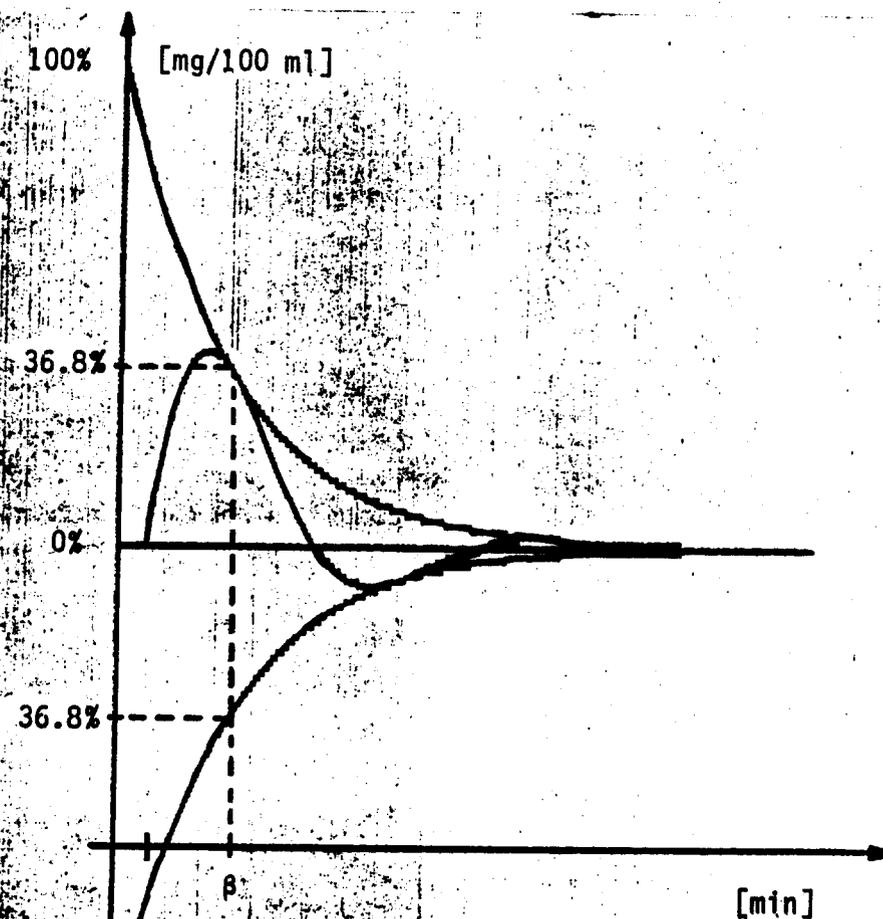


Figura 12. Constante de tiempo (β) para el caso sub amortiguado.

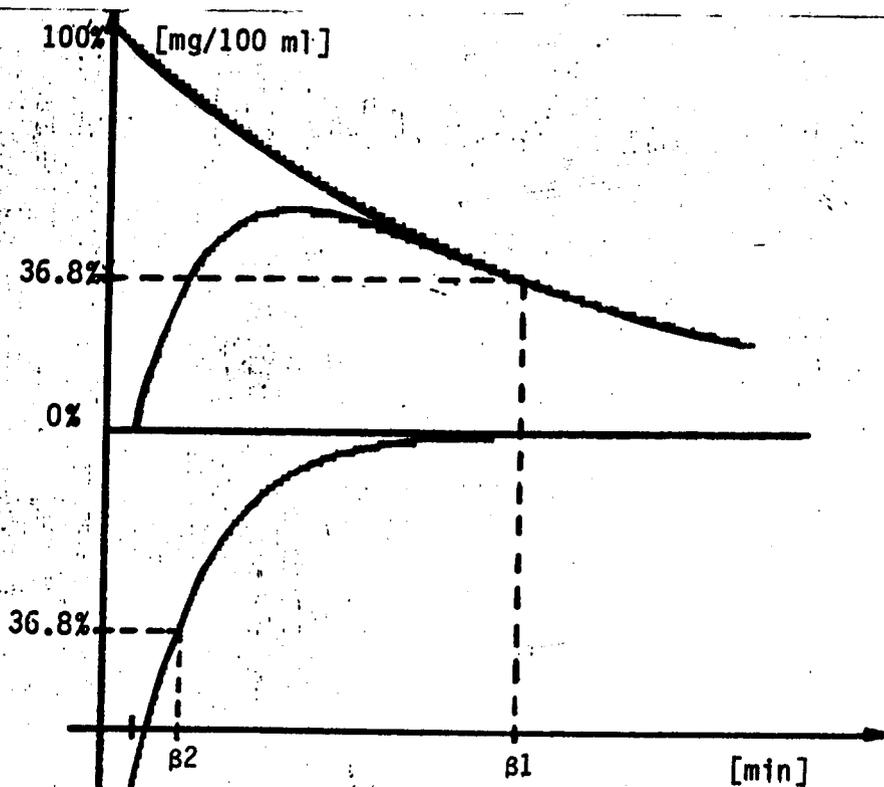


Figura 13. Constantes de tiempo ($\beta_1 > \beta_2$) para el caso sobre amortiguado.

Si se considera el valor de la envolvente inferior en $t=0$ como el 100 % , y el valor de K como el 0% , (véase figura 13) entonces:

$$K - C2.e^{-\alpha2.t} = K - C2.exp(-\alpha2.\beta2) = K - C2.e^{-1} \quad \dots\dots (59)$$

De aquí se obtiene que :

$$\beta2 = \frac{1}{\alpha2} \quad \dots\dots\dots (60)$$

Y se cumple que $\beta1 > \beta2$

En las gráficas de resultados obtenidas, (Capítulo XII) se observa que estas constantes de tiempo son mucho muy grandes con respecto a la duración que se emplea en ingerir la carga - en general menos de 15 segundos - además, se sabe que la absorción en el tracto digestivo, principalmente de agua y glucosa, son también muy rápidas, lo que justifica la hipótesis de que la excitación se puede considerar como un impulso.

CALCULO DE LA ENERGIA Y AREA BAJO LA CURVA.

En el presente trabajo, se considera que la función de ajuste es lo suficientemente aceptable como para calcular el área bajo la curva de manera analítica.

Para el cálculo de estos parámetros, se emplearon las siguientes fórmulas de integración⁽³⁴⁾:

$$\int e^{-\alpha.t} . \text{sen}(w.t) dt = - \frac{e^{-\alpha.t}}{w^2 + \alpha^2} \left[-\alpha . \text{sen}(w.t) + w . \text{cos}(w.t) \right] \dots\dots\dots (61)$$

$$\int e^{-\alpha.t} . \text{cos}(w.t) dt = - \frac{e^{-\alpha.t}}{w^2 + \alpha^2} \left[-\alpha . \text{cos}(w.t) + w . \text{sen}(w.t) \right] \dots\dots\dots (62)$$

$$\int e^{-\alpha.t} . \text{sen}^2(w.t) dt = \frac{e^{-\alpha.t} . \text{sen}(w.t)}{\alpha^2 + 4.w^2} \left[-\alpha . \text{sen}(w.t) - 2.w . \text{cos}(w.t) \right] + \frac{2.w^2 . e^{-\alpha.t}}{(\alpha^2 + 4.w^2) . \alpha} \dots\dots\dots (63)$$

$$\int e^{-\alpha.t} . \text{cos}^2(w.t) dt = \frac{e^{-\alpha.t} . \text{cos}(w.t)}{\alpha^2 + 4.w^2} \left[-\alpha . \text{cos}(w.t) + 2.w . \text{sen}(w.t) \right] - \frac{2.w^2 . e^{-\alpha.t}}{(\alpha^2 + 4.w^2) . \alpha} \dots\dots\dots (64)$$

CALCULO DE LA ENERGIA

El cálculo de la energía de la señal, se hace solamente como una ayuda para la mejor interpretación de la curva. En los dos casos considerados, se calcula de la siguiente manera:

$$E = \int_{tr}^{ta} |f(t)|^2 dt \quad \dots\dots\dots (65)$$

a) Caso sub amortiguado.

La función a evaluar es:

$$E = \int_{tr}^{ta} |C.e^{-\alpha.t} \cdot \text{sen}(w.t - \phi)|^2 dt \quad \dots\dots\dots (66)$$

Empleando la identidad trigonométrica :

$$\text{sen}(w.t - \phi) = \text{sen}(w.t) \cdot \cos(\phi) - \cos(w.t) \cdot \text{sen}(\phi) \quad \dots\dots\dots (67)$$

y haciendo que: $a = \cos(\phi)$ y $b = \text{sen}(\phi)$ se obtiene:

$$E = \int_{tr}^{ta} |a.C.e^{-\alpha.t} \cdot \text{sen}(w.t) - b.C.e^{-\alpha.t} \cdot \cos(w.t)|^2 dt \quad \dots\dots (68)$$

Desarrollando :

$$E = \int_{tr}^{ta} [a^2.C^2.e^{-2.\alpha.t} \cdot \text{sen}^2(w.t) + b^2.C^2.e^{-2.\alpha.t} \cdot \cos^2(w.t) - 2.a.b.C^2.e^{-2.\alpha.t} \cdot \text{sen}(w.t) \cdot \cos(w.t)] dt \quad \dots\dots (69)$$

$$E = a^2.C^2 \int e^{-2.\alpha.t} \cdot \text{sen}^2(w.t) dt + b^2.C^2 \int e^{-2.\alpha.t} \cdot \cos^2(w.t) dt - 2.a.b.C^2 \int e^{-2.\alpha.t} \cdot \text{sen}(w.t) \cdot \cos(w.t) dt \quad \dots\dots (70)$$

Aplicando las relaciones (63) y (64) en (65), y empleando la identidad trigonométrica:

$$\text{sen}(A) \cdot \cos(B) = \frac{1}{2} [\text{sen}(A - B) + \text{sen}(A + B)] \dots (71)$$

$$\text{sen}(w.t) \cdot \cos(w.t) = \frac{1}{2} [\text{sen}(w.t - w.t) + \text{cos}(w.t + w.t)] \dots (72)$$

$$= \frac{1}{2} [\text{cos}(2.w.t)] \dots \dots \dots (73)$$

Entonces, la relación anterior se puede escribir como :

$$E = a^2.C^2 \int_{tr}^{ta} e^{-2.\alpha.t} \cdot \text{sen}^2(w.t) dt + b^2.C^2 \int_{tr}^{ta} e^{-2.\alpha.t} \cdot \text{cos}^2(w.t) dt \\ - a.b.C^2 \int_{tr}^{ta} e^{-2.\alpha.t} \cdot \text{cos}(2.w.t) dt \dots \dots \dots (74)$$

$$E = a^2.C^2 \left[\frac{e^{-2.\alpha.t} \cdot \text{sen}(w.t)}{4.\alpha^2 + 4.w^2} \cdot [-2.\alpha.\text{sen}(w.t) - 2.w.\text{cos}(w.t)] \right. \\ \left. + \frac{2.w^2 \cdot e^{-2.\alpha.t}}{(4.\alpha^2 + 4.w^2) \cdot 2.\alpha} \right] \Bigg|_{tr}^{ta} \\ + b^2.C^2 \left[\frac{e^{-2.\alpha.t} \cdot \text{cos}(w.t)}{4.\alpha^2 + 4.w^2} \cdot [-2.\alpha.\text{cos}(w.t) - 2.w.\text{sen}(w.t)] \right. \\ \left. - \frac{2.w^2 \cdot e^{-2.\alpha.t}}{(4.\alpha^2 + 4.w^2) \cdot 2.\alpha} \right] \Bigg|_{tr}^{ta}$$

$$- a.b.C^2 \cdot \left[\frac{e^{-2.\alpha.t}}{(4.\alpha^2 + 4.w^2)} \cdot [-2.\alpha.\text{sen}(2.w.t) + 2.w.\text{cos}(2.w.t)] \right] \Bigg|_{tr}^{ta}$$

..... (75)

b) Caso sobre amortiguado.

La función a evaluar es:

$$E = \int_{tr}^{ta} | C_1.e^{-\alpha_1.t} + C_2.e^{-\alpha_2.t} |^2 dt \quad \text{..... (76)}$$

Desarrollando :

$$E = \int_{tr}^{ta} | C_1^2.e^{-2.\alpha_1.t} + 2.C_1.C_2.e^{-\alpha_1.t}.e^{-\alpha_2.t} + C_2^2.e^{-2.\alpha_2.t} |^2 dt$$

..... (77)

$$E = \left[\frac{C_1^2.e^{-2.\alpha_1.t}}{2.\alpha_1} - \frac{2.C_1.C_2.e^{-t.(\alpha_1+\alpha_2)}}{(\alpha_1+\alpha_2)} - \frac{C_2^2.e^{-2.\alpha_2.t}}{2.\alpha_2} \right] \Bigg|_{tr}^{ta}$$

..... (78)

CALCULO DEL AREA BAJO LA CURVA.

Un parámetro que se maneja con cierta frecuencia, es el área bajo la curva. Sin embargo, hasta este momento, esta área se estima trazando una poligonal que une a todos los puntos experimentales de concentración y obteniendo el área que se forma entre esta poligonal y la línea de concentración de glucosa basal, lo que genera errores importantes en el cálculo (véase figuras 14 y 15) y de acuerdo con Chandalia & Boshell⁽⁸⁾, esta

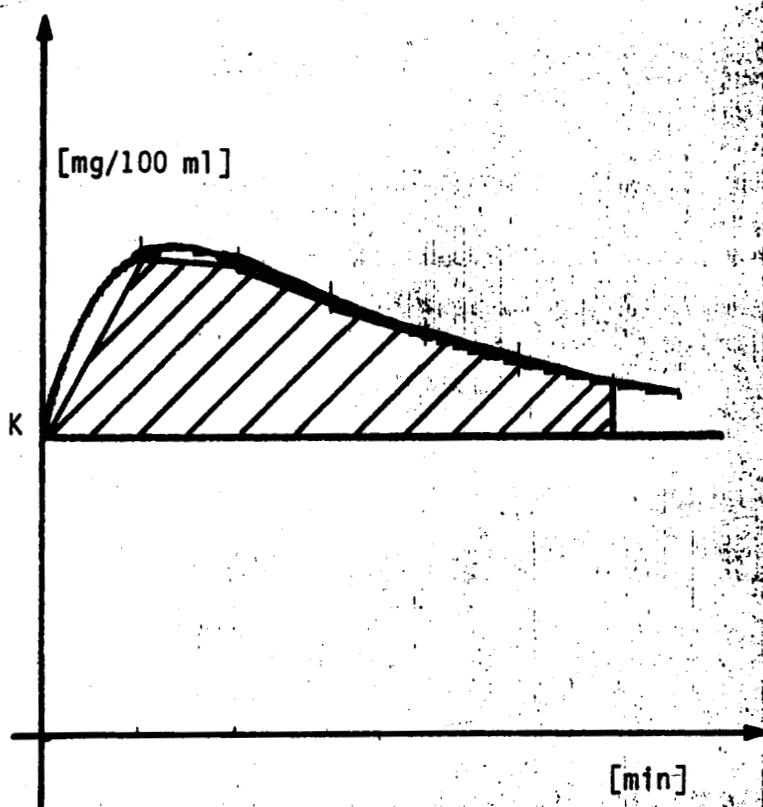


Figura 14. Area bajo la curva estimada con una poligonal (caso sobre amortiguado)

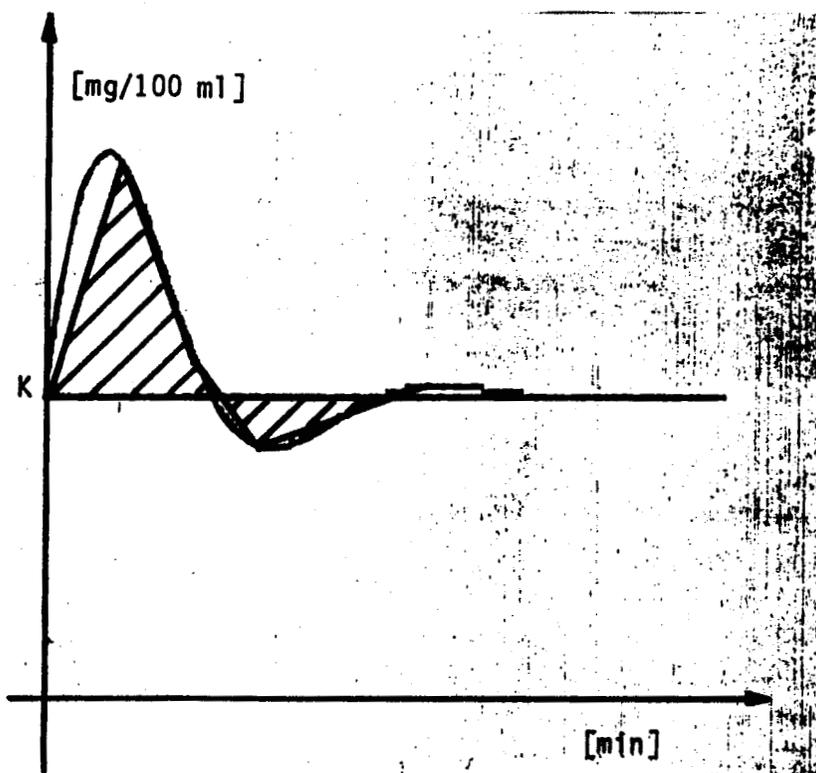


Figura 15. Area bajo la curva estimada con una poligonal (caso sub amortiguado)

área se estima de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{AREA} = 30. & \left[\frac{1}{2} \cdot [\text{glucosa}]_0 \text{ min} + [\text{GLUCOSA}]_{60 \text{ MIN}} + [\text{GLUCOSA}]_{90 \text{ MIN}} \right. \\ & \left. + [\text{GLUCOSA}]_{120 \text{ MIN}} + [\text{GLUCOSA}]_{150 \text{ MIN}} + \frac{1}{3} \cdot [\text{GLUCOSA}]_{180 \text{ MIN}} \right] \\ & \dots\dots\dots (79) \end{aligned}$$

Este es el método del trapecio múltiple compuesto para calcular el área bajo la curva a partir de las fórmulas de integración numérica. Sin embargo, los valores que se obtienen no son muy precisos, debido a las siguientes razones:

- La más obvia, es que el cálculo de este valor se trata como el área bajo una poligonal, cuando en realidad la curva que se obtiene es más suave, es decir una función.

Naturalmente, se puede seguir haciendo uso de las técnicas de integración numérica. Sin embargo, si se desea calcular el área bajo la curva a partir de los datos experimentales, es necesario tomar un mayor número de muestras; tantas como lo requiera el grado de precisión deseada.

- De cualquiera de las maneras, este enfoque trunca la función hasta un cierto tiempo (180 minutos) y no considera el área que existe después de este tiempo.
- No todos los laboratorios toman las muestras de sangre en

los tiempos indicados.

Por otra parte, a partir de la función de ajuste, se pueden calcular valores tan cercanos como se quiera, lo que en el límite, para cuando el intervalo entre muestras tiende a cero, es la integral, por lo que en el presente trabajo, la obtención de esta área se hace integrando la función calculada entre intervalos de tiempo específicos.

Dependiendo del caso que se esté analizando, el área bajo la curva se calcula de la siguiente manera:

a) Para el caso sobre amortiguado se obtiene el área bajo la curva entre el tiempo de retraso y el tiempo de asentamiento. (véase figura 16):

$$\text{AREA} = \int_{tr}^{ta} f(t) dt \quad \dots\dots\dots (80)$$

Entonces la función a evaluar es:

$$\int_{tr}^{ta} K + C1.e^{-\alpha1.t} + C2.e^{-\alpha2.t} dt - \int_{tr}^{ta} K dt \quad \dots\dots (81)$$

$$= C1. \int_{tr}^{ta} e^{-\alpha1.t} dt + C2. \int_{tr}^{ta} e^{-\alpha2.t} dt \quad \dots\dots\dots (82)$$

$$\text{AREA} = - \frac{C1.e^{-\alpha1.t}}{\alpha1} - \frac{C2.e^{-\alpha2.t}}{\alpha2} \Big|_{tr}^{ta} \quad \dots\dots (83)$$

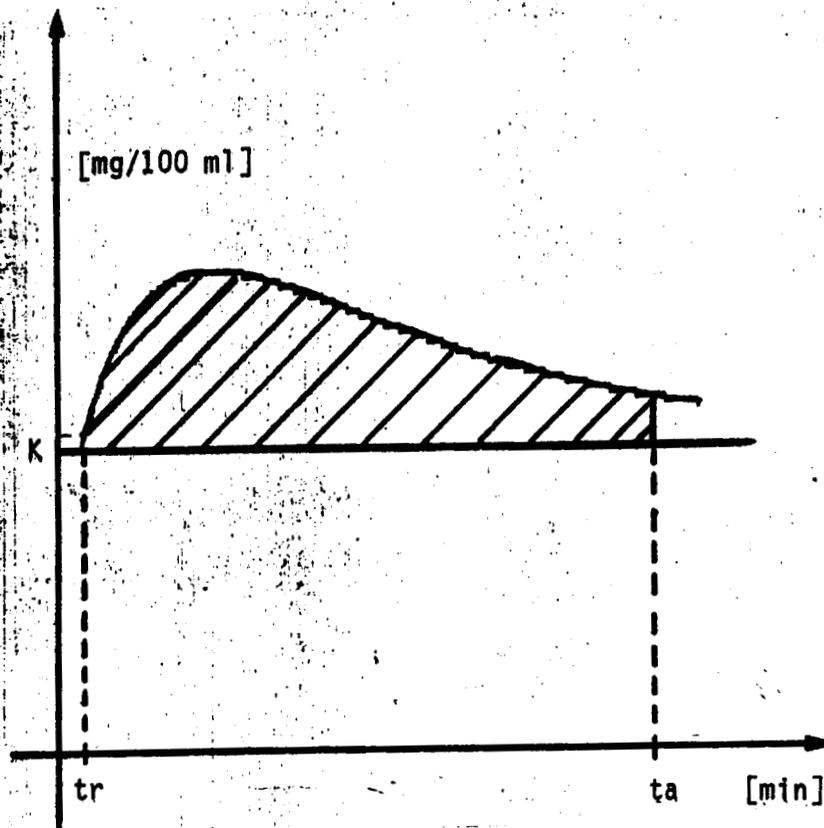


Figura 16. Area bajo la curva, para el caso sobre amortiguado, calculada integrando la función de ajuste entre los límites de tiempo indicados.

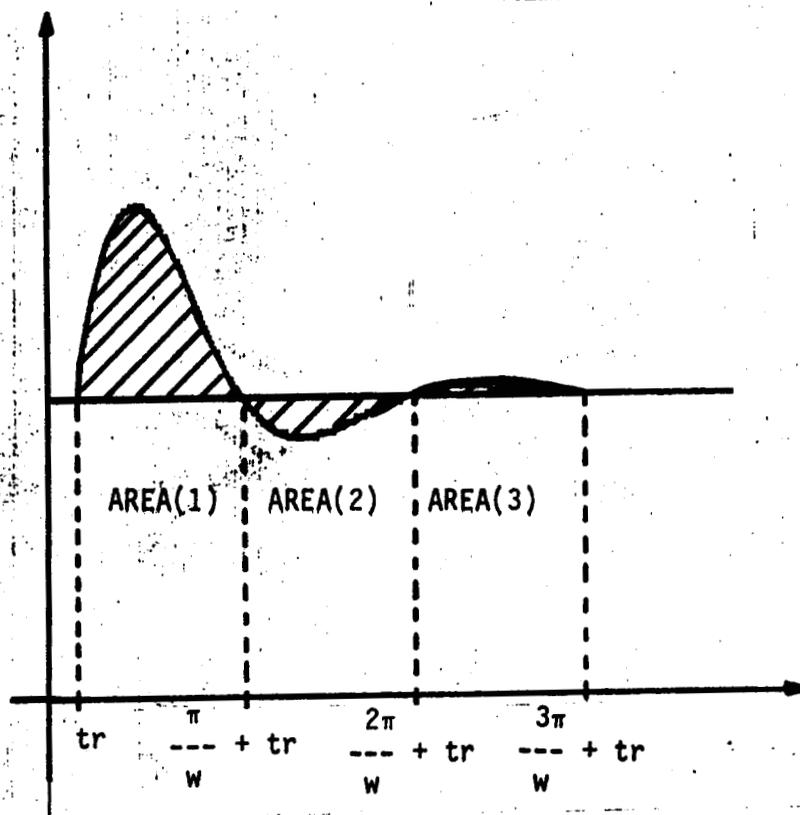


Figura 17. Areas bajo la curva, para el caso sub amortiguado calculadas integrando la función de ajuste entre los límites de tiempo indicados.

b) Para el caso sub amortiguado, se pueden definir varias areas bajo la curva, y el cálculo de estas se hace de acuerdo con la expresión (84), donde los límites de tiempo se muestran en la figura 17. (Recuérdese que el periodo es : $T = (2.\pi)/w$)

$$AREA(n) = \int_{[(n-1).\pi/w] + tr}^{[(n.\pi)/w] + tr} f(t) dt \quad n = 1, 2, 3. \quad \dots\dots\dots (84)$$

Entonces, la función a evaluar es:

$$AREA(n) = \int K + C.e^{-\alpha.t}. \text{sen}(w.t - \phi) dt - \int K dt \quad \dots\dots\dots (85)$$

$$= \int C.e^{-\alpha.t}. \text{sen}(w.t - \phi) dt \quad \dots\dots\dots (86)$$

Empleando nuevamente la identidad trigonométrica (ecuación 67)

$\text{sen}(w.t - \phi) = \text{sen}(w.t).\text{cos}(\phi) - \text{cos}(w.t).\text{sen}(\phi)$, y haciendo que $a = \text{cos}(\phi)$ y $b = \text{sen}(\phi)$, se obtiene:

$$AREA(n) = \int C.e^{-\alpha.t} . [a.\text{sen}(w.t) - b.\text{cos}(w.t)] dt \quad \dots\dots (87)$$

$$= \int C.a.e^{-\alpha.t}.\text{sen}(w.t) - C.b.e^{-\alpha.t}.\text{cos}(w.t) dt \quad \dots\dots (88)$$

Empleando las relaciones (57) y (58) y evaluando en los límites de integración, se tiene:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{C.a.e^{-\alpha.t}}{w^2 + \alpha^2} \cdot \left[\alpha.\text{sen}(w.t) - w.\text{cos}(w.t) \right] \Bigg|_{[(n-1).\pi/w] + tr}^{[(n.\pi)/w] + tr} \\
 &+ \frac{C.b.e^{-\alpha.t}}{w^2 + \alpha^2} \cdot \left[-\alpha.\text{cos}(w.t) + w.\text{sen}(w.t) \right] \Bigg|_{[(n-1).\pi/w] + tr}^{[(n.\pi)/w] + tr}
 \end{aligned}$$

Para los valores de $n = 1, 2, 3$ (89)

TIEMPO PICO (t_p).

Es el tiempo teórico en que se presenta el valor de concentración extrema (máxima o mínima), y se obtiene de la siguiente manera:

a) Caso sobre amortiguado.

La función es :

$$g(t_p) = K + C1.e^{-\alpha1.t_p} + C2.e^{-\alpha2.t_p} \quad \text{..... (90)}$$

Obteniendo la primera derivada de esta función, igualando a cero y despejando la variable t_p :

$$t_p = \frac{\text{Ln} \left[- \frac{C1.\alpha1}{C2.\alpha2} \right]}{\alpha1 - \alpha2} \quad \text{..... (91)}$$

078797

b) Caso sub amortiguado.

La función a evaluar es:

$$g(tp) = K + C.e^{-\alpha \cdot tp} \cdot \text{sen}(w \cdot tp - \phi) \quad \dots\dots\dots (92)$$

Derivando e igualando a cero:

$$\frac{dg(tp)}{dt} = C.e^{-\alpha \cdot tp} \cdot [w \cdot \cos(w \cdot tp - \phi)] + \text{sen}(w \cdot tp - \phi) \cdot [-C \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot tp}] = 0$$

\dots\dots\dots (93)

De aquí se obtiene que :

$$tp = \frac{\tan^{-1} \left[\frac{w}{\alpha} \right] + \phi}{w} \quad \dots\dots\dots (94)$$

VALOR EXTREMO (MAXIMO O MINIMO).

Este parámetro es el valor de la concentración teórica máxima o mínima que deberá alcanzar la función. Su cálculo se realiza substituyendo en la función correspondiente, el tiempo de pico calculado.

$$g(tp) = K + C.e^{-\alpha \cdot tp} \cdot \text{sen}(w \cdot tp - \phi) \quad \dots\dots\dots (95)$$

$$g(tp) = K + C1.e^{-\alpha1 \cdot tp} + C2.e^{-\alpha2 \cdot tp} \quad \dots\dots\dots (96)$$

La concentración media se obtiene de la siguiente manera:

a) Caso sobre amortiguado.

$$[\text{GLUCOSA}]_{\text{med}} = K + \frac{\text{AREA}}{(\text{ta} - \text{tr})} \dots\dots\dots (97)$$

b) Caso sub amortiguado.

$$[\text{GLUCOSA}]_{\text{med}(1)} = K + \frac{\text{AREA}(1)}{\left[\frac{\pi}{w} + \text{tr} \right] - \text{tr}} \dots\dots\dots (98)$$

$$[\text{GLUCOSA}]_{\text{med}(2)} = K - \frac{\text{AREA}(2)}{\left[\frac{2.\pi}{w} + \text{tr} \right] - \left[\frac{\pi}{w} + \text{tr} \right]} \dots\dots\dots (99)$$

$$[\text{GLUCOSA}]_{\text{med}(3)} = K + \frac{\text{AREA}(3)}{\left[\frac{3.\pi}{w} + \text{tr} \right] - \left[\frac{2.\pi}{w} + \text{tr} \right]} \dots\dots\dots (100)$$

Estos valores, la energía de la señal, el área bajo la curva, y la concentración media, se pueden interpretar como estimadores de la capacidad de transporte de glucosa del sistema neuroendócrino, o en otras palabras, la cantidad de trabajo que debe efectuar el sistema neuroendócrino, en especial la insulina, para introducir a los tejidos la glucosa que se encuentra en la sangre.

FUNCION DE TRANSFERENCIA (H(S)).

Si se tiene un sistema con una sola señal de excitación $u(t)$, y una sola señal de salida $g(t)$, entonces la función de transferencia $H(S)$, se define como la relación de la transformada de Laplace de la función de salida, $G(S)$ con respecto a la transformada de Laplace de la función de entrada, $U(S)$. (véase figura 4)

Para los casos analizados en este trabajo, se considera solamente la variación de la función, producida por la excitación, con respecto al valor basal. Esta relación se puede obtener de la siguiente manera:

a) Caso sobre amortiguado.

Las ecuaciones que caracterizan a este caso son:

$$u(t) = G \cdot \delta(t) \quad \dots\dots\dots (101)$$

$$g(t) = C_1 \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t} + C_2 \cdot e^{-\alpha_2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (102)$$

Obteniendo la Transformada de Laplace en ambos lados de las ecuaciones (101) y (102), se tiene que:

$$U(S) = G \quad \dots\dots\dots (103)$$

$$G(S) = \frac{C_1}{(S + \alpha_1)} + \frac{C_2}{(S + \alpha_2)} \quad \dots\dots\dots (104)$$

Desarrollando la ecuación 104 :

$$G(S) = \frac{C1.(S + \alpha2) + C2.(S + \alpha2)}{(S + \alpha1).(S + \alpha2)} \dots\dots (105)$$

La función de transferencia $H(S) = \frac{G(S)}{U(S)}$ es :

$$H(S) = \frac{G(S)}{U(S)} = \frac{S.(C1 + C2) + C1.\alpha2 + C2.\alpha1}{G.(S + \alpha1).(S + \alpha2)} \dots\dots (106)$$

Normalizando el polinomio del denominador:

$$H(S) = \frac{(C1.\alpha2 + C2.\alpha1) + S.(C1 + C2)}{(G.\alpha1.\alpha2) \cdot \left[\frac{S}{\alpha1} + 1 \right] \cdot \left[\frac{S}{\alpha2} + 1 \right]} \dots\dots (107)$$

Si se define a $wn^2 = \alpha1 \cdot \alpha2$

Entonces la función de transferencia normalizada es :

$$H(S) = \frac{\left[\frac{C1.\alpha2 + C2.\alpha1}{G.wn^2} \right] \cdot \left[\frac{S.(C1 + C2)}{C1.\alpha2 + C2.\alpha1} + 1 \right]}{\left[\frac{S}{\alpha1} + 1 \right] \cdot \left[\frac{S}{\alpha2} + 1 \right]} \dots\dots (108)$$

En esta expresión se observa lo siguiente:

Existe un cero real en :

$$Z = - \frac{(C1.\alpha2 + C2.\alpha2)}{(C1 + C2)}$$

Existen dos polos reales en :

$$P1 = - \alpha1 \quad y \quad P2 = - \alpha2$$

La frecuencia natural es:

$$Wn = \sqrt{(\alpha1.\alpha2)}$$

El factor de amortiguamiento es :

$$\sigma = \frac{\alpha1 + \alpha2}{2.\sqrt{(\alpha1.\alpha2)}}$$

El amortiguamiento real es :

$$\alpha = \frac{\alpha1 + \alpha2}{2}$$

b) Caso sub amortiguado.

Para este caso, se considera que la respuesta del sistema es de la forma :

$$g(t) = C.e^{-\alpha.t}.\sin(w.t - \phi) \quad \dots\dots\dots (109)$$

Empleando la identidad trigonométrica (ecuación 67)

$\sin(w.t - \phi) = \sin(w.t).\cos(\phi) - \cos(w.t).\sin(\phi)$ y haciendo que
 $a = \cos(\phi)$ y $b = \sin(\phi)$, se llega a que:

$$g(t) = C.e^{-\alpha.t}.\left[\sin(w.t).\cos(\phi) - \cos(w.t).\sin(\phi) \right]$$

Entonces la función de salida es:

$$g(t) = a.C.e^{-\alpha.t}.\sin(w.t) - b.C.e^{-\alpha.t}.\cos(w.t) \quad \dots\dots\dots (110)$$

y la función de entrada es:

$$u(t) = G.\delta(t) \quad \dots\dots\dots (111)$$

Obteniendo la Transformada de Laplace en ambos lados de las ecuaciones (110) y (111) se tiene que:

$$U(S) = G \quad \dots\dots\dots (112)$$

$$G(S) = \frac{a.C.w}{(S + \alpha)^2 + w^2} - \frac{b.C.(S + \alpha)}{(S + \alpha)^2 + w^2} \quad \dots\dots\dots (113)$$

Desarrollando la ecuación 113 :

$$G(S) = \frac{a.C.w - b.C.S - b.C.\alpha}{S^2 + 2.\alpha.S + \alpha^2 + w^2} \quad \dots\dots\dots (114)$$

Si se define a $wn^2 = w^2 + \alpha^2$, la ecuación 110 se puede expresar como:

$$G(S) = \frac{- b.C.\alpha + a.C.w - b.C.S}{S^2 + 2.\alpha.S + wn^2} \quad \dots\dots\dots (115)$$

Entonces, la función de transferencia $H(S) = \frac{G(S)}{U(S)}$ es :

$$H(S) = \frac{G(S)}{U(S)} = \frac{-b.C.\alpha + a.C.w - b.C.S}{G.(S^2 + 2.\alpha.S + wn^2)} \quad \dots (116)$$

Normalizando el polinomio del denominador :

$$H(S) = \frac{G(S)}{U(S)} = \frac{-b.C.\alpha + a.C.w - b.C.S}{G.wn^2 \left[\frac{S^2}{wn^2} + \frac{2.\alpha.S}{wn^2} + 1 \right]} \quad \dots (117)$$

Entonces, la función de transferencia normalizada es:

$$H(S) = \frac{\left[\frac{a.C.w - b.C.\alpha}{G.wn^2} \right] \cdot \left[\frac{S.(-b.C)}{a.C.w - b.C.\alpha} + 1 \right]}{\left[\left[\frac{S}{wn} \right]^2 + \frac{2.\alpha.S}{wn^2} + 1 \right]} \quad \dots (118)$$

De esta expresión se observa que :

Existe un cero real en:

$$Z = -\alpha + \frac{a.w}{b}$$

Existen dos polos complejos conjugados en:

$$P1 = -\alpha + j.w$$

$$P2 = -\alpha - j.w$$

La frecuencia natural es :

$$\omega_n = \sqrt{\alpha^2 + \omega^2}$$

El coeficiente de amortiguamiento es:

$$\sigma = \frac{\alpha^2}{\sqrt{\alpha^2 + \omega^2}}$$

El factor de amortiguamiento real es α

En resumen, la función de transferencia del comportamiento de este sistema se puede considerar como la respuesta de un solo sistema de segundo orden a entrada impulso, y esta respuesta depende del valor de la constante de Bode (K_{BODE}) y de la localización en el plano complejo de los polos y del cero. (un cero real y dos polos reales para el caso sobre amortiguado, y un cero real y dos polos complejos conjugados para el caso sub amortiguado). Generalizando :

$$H(S) = \frac{G(S)}{G} = \frac{(K_{BODE}) \cdot (S + \text{CERO})}{(S + \text{POLO}_1) \cdot (S + \text{POLO}_2)}$$

Las funciones de respuesta y los parámetros que caracterizan el comportamiento de este sistema se pueden resumir en la Tabla I

Si se analizan estos términos, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

CASO SUB AMORTIGUADO	CASO SOBRE AMORTIGUADO
$g(t) = C.e^{-\alpha.t} . \sin(w.t - \phi)$	$g(t) = C1.e^{-\alpha1.t} + C2.e^{-\alpha2.t}$
$\sigma = \frac{\alpha}{wn}$	$\sigma = \frac{\alpha1 + \alpha2}{2\sqrt{\alpha1.\alpha2}}$
$CERO = \frac{a.w}{b} - \alpha$	$CERO = \frac{-(\alpha1.C2 + \alpha2.C1)}{C1 + C2}$
$POLO1 = -\alpha + j.w$	$POLO1 = -\alpha1$
$POLO2 = -\alpha - j.w$	$POLO2 = -\alpha2$
$K_{BODE} = \frac{a.C.w - b.C.\alpha}{G.wn^2}$	$K_{BODE} = \frac{C1.\alpha2 + C2.\alpha1}{G.wn^2}$
$a = \cos(\phi) \quad b = \text{sen}(\phi)$	$wn^2 = \alpha1.\alpha2$
$\alpha = \sigma.wn$	$\alpha = \frac{\alpha1 + \alpha2}{2}$
$wn^2 = w^2 + \alpha^2$	

Tabla I.- Resumen de las funciones y los parámetros de la respuesta del sistema.

El valor numérico de K_{BODE} está relacionado con la cantidad y la manera en que se modifica la concentración de glucosa en sangre con respecto a la carga de glucosa. Esta interpretación se basa en el análisis dimensional de este factor:

$$K_{BODE} = \frac{[\text{mg}/100 \text{ ml}].[\text{1}/\text{min}]}{[\text{carga}].[\text{1}/\text{min}]^2} = \frac{[\text{mg}/100 \text{ ml}].[\text{min}]}{[\text{carga}]}$$

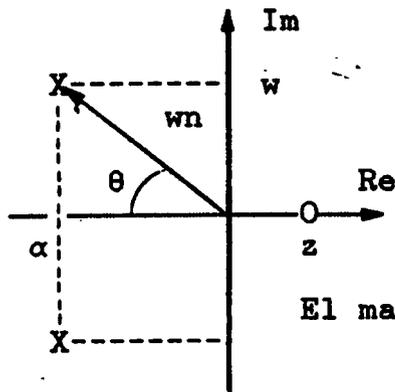
$$K_{BODE} = \frac{[\text{concentración de glucosa en la sangre}] \cdot [\text{min}]}{[\text{carga de glucosa}]}$$

El valor numérico del coeficiente de amortiguamiento (σ), es un factor adimensional que indica la manera en que la glucosa sanguínea tiende a regresar al nivel basal, y además es un indicador de la localización de los polos del sistema en el plano complejo. Dimensionalmente, este factor es :

$$\sigma_{\text{SUB AMORT.}} = \frac{\alpha}{\omega_n} = \frac{[\text{1}/\text{min}]}{[\text{1}/\text{min}]} ; \sigma_{\text{SOBRE AMORT.}} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2 \cdot \sqrt{\alpha_1 \cdot \alpha_2}} = \frac{[\text{1}/\text{min}]}{[\text{1}/\text{min}]}$$

Dependiendo de la localización del cero, se pueden tener diferentes casos de ubicación de las raíces en el plano complejo

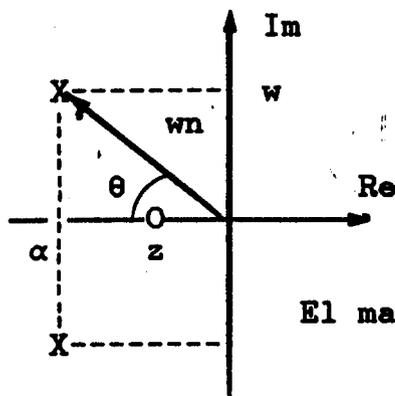
Para el caso sub amortiguado :



$$\cos \theta = \frac{\alpha}{wn} = \frac{\sigma \cdot wn}{wn} = \sigma$$

$$0 < \sigma < 1$$

El margen de ganancia es finito.

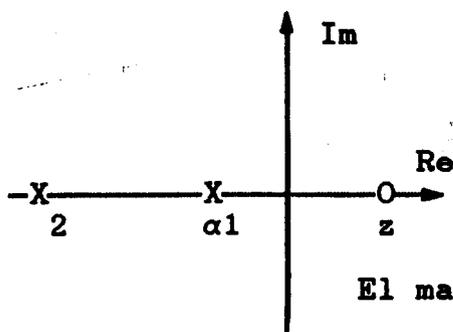


$$\cos \theta = \frac{\alpha}{wn} = \frac{\sigma \cdot wn}{wn} = \sigma$$

$$0 < \sigma < 1$$

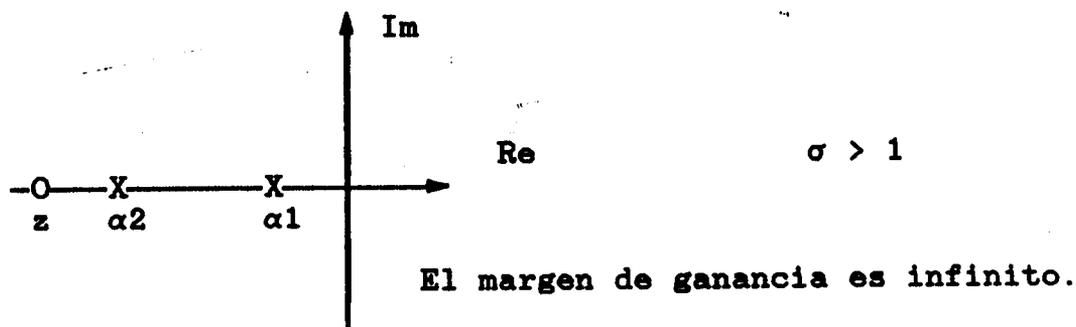
El margen de ganancia es infinito.

Para el caso sobre amortiguado :



$$\sigma > 1$$

El margen de ganancia es finito.



El caso crítico amortiguado, es un caso particular del sobre amortiguado en el que $\alpha_1 = \alpha_2$ y $\sigma = 1$

Debido a este razonamiento, se propone que los valores de K_{BODE} y σ , son los parámetros más representativos para determinar la dinámica de la función propuesta.

La localización del cero sobre el eje real, es un indicador del valor del margen de ganancia, es decir, del grado de estabilidad del sistema.

IX. EVALUACION ESTADISTICA DE LA BONDAD DEL AJUSTE

Para obtener una medida estadísticamente confiable de la bondad del ajuste obtenido, la distribución de las concentraciones en cada tiempo considerado debe presentar una distribución gaussiana, lo que está de acuerdo con la literatura consultada (21, 40). En este trabajo, se emplearon los siguientes cinco (5) estimadores : (véase figura 18)

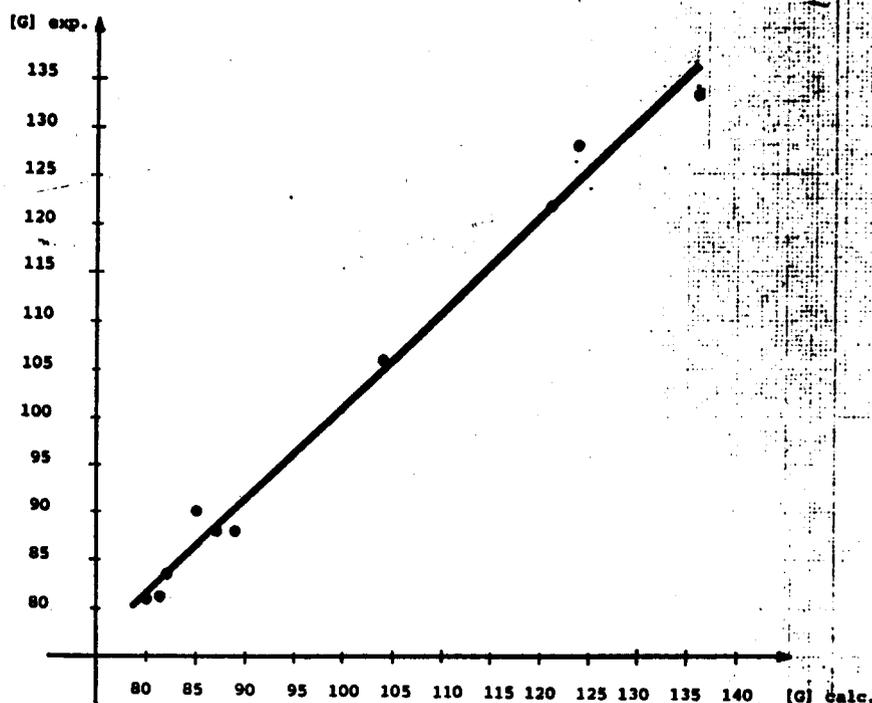


Figura 18. Recta de correlación para los datos de la figura 21.a

a) COEFICIENTE DE CORRELACION. (r) [adimensional]. Valor ideal; $r = 1$, lo que significa que los datos experimentales y calculados están perfectamente correlacionados.

Este valor se calcula de acuerdo a la siguiente relación:

$$r = \frac{\sum ([Y]_i - \overline{[G]})^2}{\sum ([G]_i - \overline{[G]})^2} \dots\dots\dots (119)$$

b) PENDIENTE DE LA RECTA DE REGRESION. [Y] con respecto a [G]. $m = [G]/[Y]$; [adimensional]; valor ideal; $m = 1$. Este valor es la pendiente de la recta de correlación. El valor ideal se obtiene cuando las concentraciones experimentales ([G]) y las concentraciones calculadas ([Y]) están perfectamente bien correlacionados. Este parámetro se calcula de acuerdo con la siguiente relación :

$$m = \frac{N \cdot \sum ([G] \cdot [Y]) - (\sum [Y]) \cdot (\sum [G])}{N \cdot \sum ([Y])^2 - (\sum ([G]))^2} \dots\dots\dots (120)$$

c) DESVIACION MEDIA. (D.M.) [mg/100 ml]. valor ideal; D.M.=0

El obtener este valor, indica que, en promedio, no existe diferencia entre los valores calculados y los datos obtenidos experimentalmente. Este parámetro se obtiene de la siguiente manera:

$$D.M. = \sqrt{\frac{\sum ([Y]_i - [G]_i)^2}{N}} \quad \dots\dots\dots (121)$$

d) REGULACION MEDIA. (R.M.) [adimensional]; valor ideal; R.M. = 0. Este estimador indica la desviación promedio expresada en porcentaje de los datos experimentales con respecto a los datos calculados y se obtiene con la siguiente expresión:

$$R.M. = \sqrt{\frac{\sum \left[\frac{[Y]_i - [G]_i}{[Y]_i} \right]^2}{N}} \quad \dots\dots\dots (122)$$

e) ERROR CUADRÁTICO MEDIO. [mg/100 ml]². Valor ideal; E.C.M. = 0. Este es un valor que mide el error promedio entre los valores calculados y los datos experimentales, y se obtiene con la siguiente expresión :

$$E.C.M. = (D.M.)^2 = \frac{\sum_{i=1}^N ([Y]_i - [G]_i)^2}{N} \quad \dots\dots\dots (123)$$

Donde:

[G] = concentración experimental.

[Y] = concentración calculada.

N = número de puntos experimentales.

X. TIEMPO DE TOMA DE MUESTRAS

En la práctica, se toman las muestras de sangre a intervalos de 30 minutos. Sin embargo, en la literatura revisada no se encontró el criterio que justifique esto, por lo que se optó por verificar el intervalo entre toma de muestras (frecuencia de Nyquist) haciendo uso del Teorema del Muestreo^(2,23,30).

Para hacer esto, y tener una idea bastante aproximada del intervalo entre toma de muestras, se tomó como base un programa codificado en Turbo-Pascal que calcula la Transformada Rápida de Fourier (25).

Se modificó la rutina de adquisición de datos de manera que el programa calcula los puntos de la función con base a los parámetros calculados (CTOG) y extrapola esta curva hasta un tiempo de asentamiento para el que las variaciones de la función están dentro de una franja imaginaria de $\pm 0.1\%$ con respecto al nivel basal.

También se modificó la rutina de presentación de resultados, de manera que este programa trabaja con las unidades de los parámetros calculados para las funciones propuestas.

El programa genera la función de tiempo y almacena esta información en un vector de 512 elementos. En los elementos 1 a 256 se almacenan los valores de la función hasta un tiempo de asentamiento tal que la envolvente exponencial superior llega al 0.1% del valor basal ($0.001 \times K$). Es decir, la envolvente

exponencial se trunca en un tiempo en el que ha cubierto el 99.9% de toda su extensión.

Este tiempo se calcula de la siguiente manera:

Si $e^{-tf} = 0.001$, entonces $tf = 6.9$ Es decir, este tiempo se alcanza cuando han transcurrido 6.9 constantes de tiempo.

De acuerdo con las ecuaciones (48) y (58) o (53) y (56), se tiene que:

$$tf|_{0.1\%} = tf|_{6.9 \times \beta} = -\text{Ln} \left[\frac{K \cdot e^{-6.9}}{C} \right] \cdot \beta = -\text{Ln} \left[\frac{K \times 0.001}{C} \right] \cdot \beta$$

En los elementos 257 a 512, se almacenan los valores de la imagen espejo de esta función de tiempo.

Al hacer esto, se cumple con tres características importantes para procesar esta función con el algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier:

- a) Trabajar con una función periódica.
- b) Evitar el ruido espectral que se genera si se corta la función de manera brusca. Esto genera una discontinuidad y por lo tanto, un impulso no deseado en la gráfica de la Transformada de Fourier

c) Reducir el efecto de superposición espectral ("aliasing")

De acuerdo con lo anterior, el programa genera la función de tiempo como si estuviera muestreada a cada $256 / \tau_a | 0.1\%$ puntos por minuto.

Si se analizan los resultados obtenidos para la curva con frecuencia real de oscilación más grande, (véase figura 22.c) se genera una curva como si estuviera muestreada aproximadamente cada $256 / 236 \sim 1.08$ muestras por minuto, cuando en realidad bastaría con obtener una muestra cada 11.3636 minutos para el caso extremo (véase figura 22.d).

Esto garantiza que con el mismo intervalo de muestreo, es posible recuperar la información para funciones más lentas.

Por otra parte, la gráfica de la Transformada Rápida de Fourier, se obtiene con un número de puntos tal que:

$$| F(w) | \leq 0.0001x | F(w) | \text{ máximo} = 0.01\% \text{ de } | F(w) | \text{ máximo}$$

Es decir, que se está considerando el 99.99 % de la amplitud del espectro en frecuencia, o lo que es equivalente, se tienen

$$20 \times \log_{10}[0.0001] = - 80 \text{ dB de atenuación.}$$

Para los casos en que la curva es hipoglucémica, el intervalo de muestreo es de aproximadamente una muestra cada 4.38 minutos para el caso más extremo.

En otras palabras, los puntos calculados con el programa de Transformada Rápida de Fourier (FFT), a partir de los parámetros óptimos (CTOG), están generados a una frecuencia mucho mayor que la requerida por la frecuencia de Nyquist, lo que hace válido el análisis de la función a través de esta técnica.

En este punto, cabe hacer una serie de consideraciones de tipo práctico:

Por una parte, se tiene el argumento formal de obtener las muestras, para el caso más extremo, a cada 11.3636 minutos (4.38 minutos para el caso hipoglucémico).

Por otra parte, se debe considerar la manera como se obtienen estas muestras.

Normalmente, cada muestra significa una punción, y si se muestrea con el intervalo sugerido, esto significa que en 3 horas, al paciente deben hacersele 10 punciones, a diferencia de las 6 o 7 que normalmente se toman. Sin embargo, si se canaliza al paciente, en general se requiere de una sola punción.

Además de esto, el tiempo invertido en obtener una muestra es de alrededor de un minuto, por lo que no se puede ser muy preciso respecto al tiempo en que se toma la muestra. En algunos laboratorios se considera que el tiempo en que se toma la muestra debe medirse al iniciar la punción, en otros, al terminar

ésta, y en otros en un tiempo intermedio entre el inicio y el final de la toma de la muestra.

Otro aspecto importante a considerar, es el costo que se genera por el procesamiento de cada muestra

Un criterio que cumple con lo anterior, es tomar las muestras en los siguientes tiempos: 0, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 y 180 minutos para los casos en que se sospecha que el sujeto sea una persona normal o diabética, y a los 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 y 120 minutos para el caso en que se sospecha de que el sujeto presenta hiperinsulinismo o cuando se realizan experimentos de hipoglucemia inducida bajo condiciones experimentales controladas.

XI. VALORACION

La hipótesis inicial del presente trabajo, proponía que con base en la obtención de la función de transferencia, se podrían calcular los valores del margen de ganancia y del margen de fase, y con estos valores sería posible hacer una valoración más objetiva del grado de intolerancia a los carbohidratos de un determinado sujeto. Sin embargo, esta forma de valoración no se pudo llevar a cabo con éxito debido a las siguientes razones:

a) El modelo propuesto para la función de transferencia, en algunos casos, presenta un cero sobre la parte positiva del eje real del plano complejo y dos polos con parte real negativa, por lo que el sistema que se obtiene es de fase no mínima, lo que implica que el ángulo de desfase nunca llega a cruzar el valor de -180° , y por lo tanto, se obtiene un sistema con un margen de ganancia infinito. Sin embargo, los polos siempre presentan parte real negativa, por lo que el sistema es estable para todos los casos.

En otras palabras: si bien es cierto que para todos los casos es posible obtener el margen de fase, el margen de ganancia no siempre es finito, por lo que este último valor no aporta información útil para obtener una valoración adecuada del sistema.

078797

Sin embargo, a partir de los parámetros calculados de la dinámica en el tiempo y la función de transferencia del sistema, es posible extraer información útil que se puede correlacionar con el grado de intolerancia a los carbohidratos.

Específicamente, se propone una relación normalizada entre los valores de K_{BODE} / σ como los parámetros indicadores de esta valoración, y que pueden representarse en un plano K_{BODE} con respecto al coeficiente de amortiguamiento (σ).

Una representación gráfica de esta forma de valoración, se presenta en el plano K_{BODE} con respecto al coeficiente de amortiguamiento (σ) de la figura 19.

Para facilitar la localización de los puntos sobre el eje de las ordenadas (K_{BODE}), se presentan las siguientes relaciones:

$$K_{BODE} = 0.1 \times 10^{\text{centímetros sobre el eje de las ordenadas}/2.5}$$

$$\text{centímetros sobre el eje de las ordenadas} = 2.5 \times \log_{10}[K_{BODE}/0.1]$$

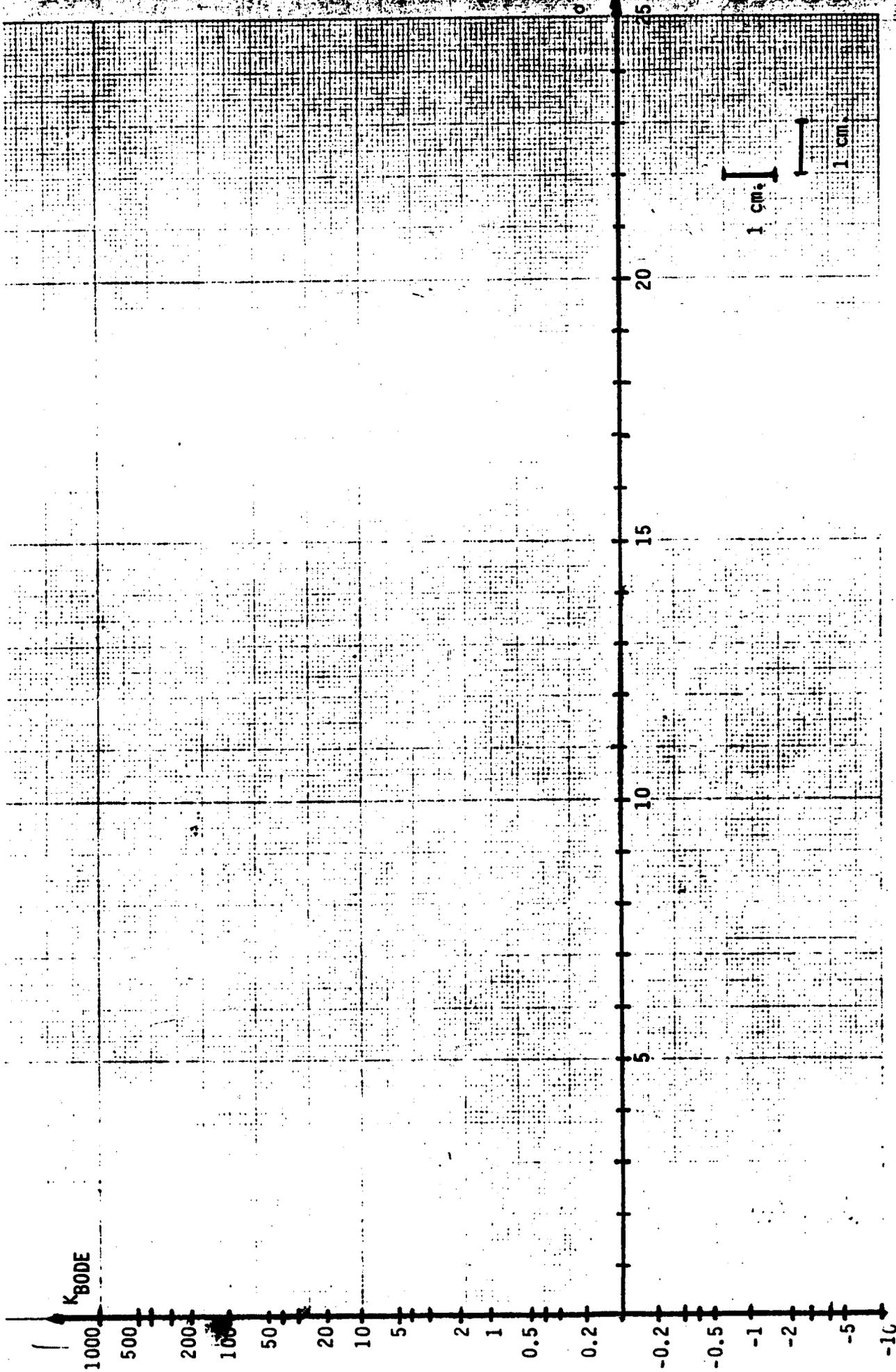


Figura 19. Plano $K_{BODE} - \sigma$.

XII. RESULTADOS

Se presentan las gráficas y los valores calculados de todos los parámetros mencionados obtenidas con el programa para datos reales y su correspondiente gráfica de Transformada Rápida de Fourier(37,38).

En esta sección de resultados cabe hacer una aclaración:

En algunos casos, la función de aproximación no sigue la dinámica de los puntos experimentales suficientemente bien. Sin embargo, se puede considerar como un ajuste entre regular y bueno, y en algunos otros casos, realmente la función de aproximación no es en absoluto representativa de la dinámica de los puntos experimentales.

Sin pretender justificar esto, se presenta una serie de argumentos que pudieran explicar esta discrepancia.

- El sistema que se trata de representar es un sistema real, por lo que es de esperarse que un modelo teórico como el aquí propuesto, no satisfaga plenamente todos los casos.
- En la práctica, se obtienen las muestras de sangre de una persona haciendo varias punciones, lo que puede generar diversos grados de nerviosismo, falta de colaboración, miedo, impaciencia, etcétera, lo que se puede traducir en descargas de adrenalina, y esto modifica de manera importante la concentración de la glucosa en la sangre.

- En algunos casos, la concentración de glucosa en la sangre no corresponde al tiempo en que fué tomada. (por ejemplo, se toma una muestra a los 70 minutos y se reporta la concentración obtenida como si la muestra de sangre se hubiera recolectado a los 60 minutos)
- Ninguna de las curvas que se reportan en este trabajo, fueron muestreadas conforme a los intervalos de tiempo sugeridos por el Teorema del Muestreo
- Algunos de los datos con que se generan las curvas, son tomados de la literatura, y otros se obtuvieron de dos fuentes: El Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" y el Hospital de Especialidades del Centro Médico "La Raza", del I.M.S.S. Ambas instituciones, de México, D.F.

Se presentan solamente algunas gráficas representativas de los aproximadamente 500 casos reales de que se dispone.
- De acuerdo con los resultados obtenidos con el programa desarrollado, no es necesario que al paciente se le administren cargas con cantidades relativamente altas de glucosa (≥ 75 gr.). Se sugiere que una carga de 30 a 50 gramos es suficiente, evitandose así el riesgo de una situación de hiperglucemia severa.

- Para todos los casos que se presentan, los valores de K_{BODE} y σ , se pueden graficar en un plano K_{BODE} contra el coeficiente de amortiguamiento (σ) y están normalizados con respecto a los parámetros obtenidos para el caso de un sujeto normal ideal que ingiere una carga de glucosa de 100 gr. (véanse las figuras 20 y 20.b)⁽²⁸⁾.

Para los casos sub y sobre amortiguado, los resultados se calculan e imprimen a intervalos de 10 minutos, por lo que es posible observar los valores de concentración de glucosa en la sangre de acuerdo al intervalo de muestreo propuesto (20 minutos) y el intervalo empleado hasta la fecha (30 minutos)

Para el caso hipoglucémico, los valores calculados de concentración de glucosa en la sangre se grafican a cada 5 minutos, por lo que es posible observar los resultados de acuerdo al intervalo de muestreo propuesto (10 minutos) y el intervalo empleado hasta la fecha para este caso (15 minutos).

Por otra parte, para algunos resultados no se presenta la correspondiente gráfica de la Transformada Rápida de Fourier.

Esto se debe a que el tiempo de asentamiento al 0.1 % del valor basal, o 6.9 veces la constante de tiempo, es demasiado grande, y el programa no está diseñado para manejar estos tiempos.

Sin embargo, al poderse establecer el intervalo de muestreo para una señal suficientemente rápida sin pérdida de información,

consecuentemente las señales más lentas podrán ser recuperadas con menor pérdida de información.

Los resultados obtenidos en la pantalla del monitor para el caso normal ideal se presentan en la figura 20.a., en donde se observa claramente que en cada iteración, el valor del error cuadrático medio disminuye. En la figura 20.c., se presentan los resultados obtenidos al procesar con el programa de Transformada Rápida de Fourier los parámetros para este caso.

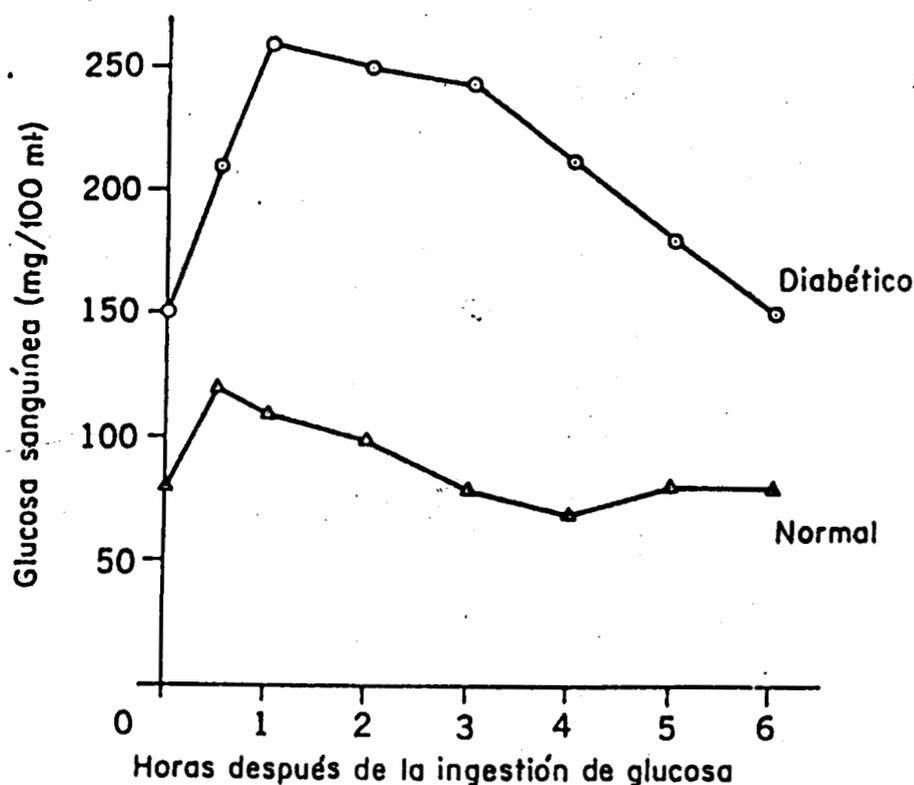


Figura 20. Resultados de las curvas de tolerancia oral a la glucosa, a una carga de 100 gramos, en sujetos normales y diabeticos ideales. Mountcastle (1981).

A:\ >CTOG

NOMBRE DEL PACIENTE ? MOUNTCASTLE (1981).
 EDAD ? ---
 SEXO ? ---
 PESO ? ---
 ESTATURA ? ---
 CARGA DE GLUCOSA ? 100
 COMENTARIOS ? NORMAL IDEAL
 NUMERO DE PUNTOS =? 8
 BITS DE RESOLUCION B = ? (SE SUGIERE B = 18; MAXIMO B = 32)? 18
 NUMERO MAXIMO DE ITERACIONES = 50

PUNTO # 1

TIEMPO =? 0
 CONCENTRACION =? 80

PUNTO # 2

TIEMPO =? 30
 CONCENTRACION =? 120

PUNTO # 3

TIEMPO =? 60
 CONCENTRACION =? 107

PUNTO # 4

TIEMPO =? 120
 CONCENTRACION =? 100

PUNTO # 5

TIEMPO =? 180
 CONCENTRACION =? 80

PUNTO # 6

TIEMPO =? 240
 CONCENTRACION =? 65

PUNTO # 7

TIEMPO =? 300
 CONCENTRACION =? 80

PUNTO # 8

TIEMPO =? 360
 CONCENTRACION =? 80

DESHA HACER EL ANALISIS DE PENDIENTE DE LOS DOS ULTIMOS PUNTOS MUESTRALES (S/N
 ?? N

K = 80 C = 177.5819 A = 4.670615E-03 W = 1.745329E-02 F = .7857178 TR = 45 MIN.

1 SEG. E.C.H. = 22.9049 PEND. EN TR = 2.5117

16:24:23

ITERACION # 1

K = 79.9997 C = 88.7909 A = .007 W = .0262 F = .3929 TR = 14 MIN. 59 SEG.

E.C.H. = 9.852 PEND. EN TR = 2.0945

Figura 20.a. Resultado del despliegue en pantalla al procesar los datos de la figura 20.

16:24:47

ITERACION # 2
 K = 79.9994 C = 44.3955 A = .0071 W = .0229 F = .1965 TR = 8 MIN. 34 SEG.
 E.C.H. = 4.5649 PEND. EN TR = .9566

16:25:10

ITERACION # 3
 K = 79.9991 C = 55.4944 A = .0075 W = .0215 F = .0983 TR = 4 MIN. 34 SEG.
 E.C.H. = 3.2894 PEND. EN TR = 1.1529

16:25:33

ITERACION # 4
 K = 79.9988 C = 62.4312 A = .0084 W = .0202 F = .0492 TR = 2 MIN. 26 SEG.
 E.C.H. = 2.6408 PEND. EN TR = 1.2356

16:25:57

ITERACION # 5
 K = 79.9985 C = 66.3331 A = 8.500001E-03 W = .0196 F = .0246 TR = 1 MIN. 15 SEG.
 E.C.H. = 2.3533 PEND. EN TR = 1.2863

16:26:20

ITERACION # 6
 K = 79.9982 C = 68.406 A = .0088 W = .019 F = .0123 TR = 0 MIN. 38 SEG.
 E.C.H. = 2.2442 PEND. EN TR = 1.2923

ITERACION # 7

K = 79.9979 C = 69.4748 A = .0089 W = .0189 F = .0061 TR = 0 MIN. 19 SEG.
 E.C.H. = 2.2019 PEND. EN TR = 1.3093

16:27:07

ITERACION # 8
 K = 79.9976 C = 70.5603 A = .009 W = .0188 F = .0031 TR = 0 MIN. 9 SEG.
 E.C.H. = 2.1824 PEND. EN TR = 1.3246

16:27:30

ITERACION # 9
 K = 79.9973 C = 70.8359 A = .0091 W = .0187 F = .0016 TR = 0 MIN. 5 SEG.
 E.C.H. = 2.1744 PEND. EN TR = 1.3236

16:27:53

ITERACION # 10
 K = 79.997 C = 71.3893 A = .0092 W = .0187 F = .0008 TR = 0 MIN. 2 SEG.
 E.C.H. = 2.1697 PEND. EN TR = 1.3345

16:28:17

ITERACION # 11
 K = 79.9967 C = 71.947 A = .0093 W = .0187 F = .0004 TR = 0 MIN. 1 SEG.
 E.C.H. = 2.1669 PEND. EN TR = 1.3451

16:28:40

ITERACION # 12
 K = 79.9964 C = 72.228 A = .0094 W = .0187 F = .0002 TR = 0 MIN. 0 SEG.
 E.C.H. = 2.1657 PEND. EN TR = 1.3505

16:29:03

ITERACION # 13
 K = 79.9961 C = 72.7923 A = .0095 W = .0187 F = .0001 TR = 0 MIN. 0 SEG.
 E.C.H. = 2.1647 PEND. EN TR = 1.3611

16:29:22

ITERACION # 14
 K = 79.9958 C = 73.361 A = 9.600001E-03 W = .0186 F = .0001 TR = 0 MIN. 0 SEG.
 E.C.H. = 2.1639 PEND. EN TR = 1.3644

K = 79.9958 C = 73.361 A = 9.600001E-03 W = .0186 F = .0001 TR = 0 MIN. 0 SEG.
 E.C.H. = 2.1639 PEND. EN TR = 1.3644

Figura 20.a. (continuación) Resultado del despliegue en pantalla al procesar los datos de la figura 20.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:24:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:29:28 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 100
PACIENTE : MOUNTCASTLE (1981).
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : NORMAL IDEAL

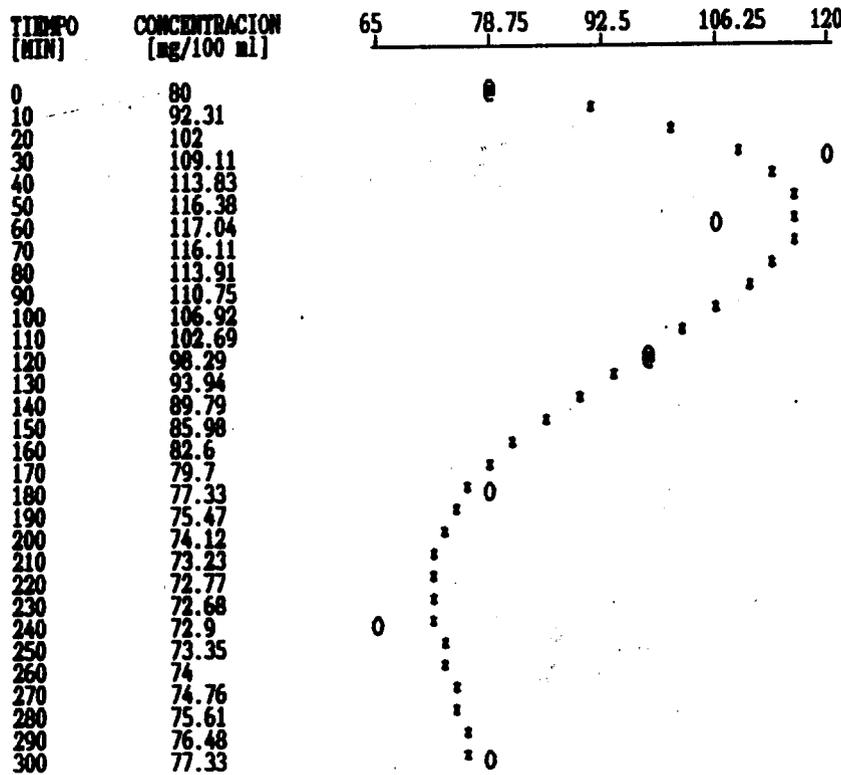
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	80	80	
30	120	109.11	
60	107	117.04	
120	100	98.29	
180	80	77.33	
240	65	72.9	
300	80	77.33	
360	80	80.92	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9207 n = 1.01 D.M. = ± 6.122 mg/100 ml R.M. = ± 6.3176 %



K = 79.9958 C = 73.361 α = 9.600001E-03 W = .0186 θ = .0001
TA(5%) = 5 HRS. 12 MIN. 3 SEG. E.C.M. = 2.1639 ENERGIA = 1.1027 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 1.3644
TIEMPO DE PICO (TP) = 58 MIN 50 SEG VALOR MAXIMO = 117.0522
AREA (1) = 3729.924 [GLUCOSA] media = 102.0791
AREA (2) = 737.0649 [GLUCOSA] media = 75.632
AREA (3) = 145.6503 [GLUCOSA] media = 80.85809
FRECUENCIA NATURAL (ωN) = .0209 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .4586

$$Y(S) = \frac{(34.1111)(S/[-185.9904] + 1)}{[(S/.0209)^2 + 48S + 1]} \quad \beta = 104.17$$

Figura 20.b. Resultado obtenido con el programa desarrollado para el caso normal ideal (véase figura 20).

NOMBRE DEL PACIENTE ? mountcastle (1981)

13:32:49

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

99

1-

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 79.9958

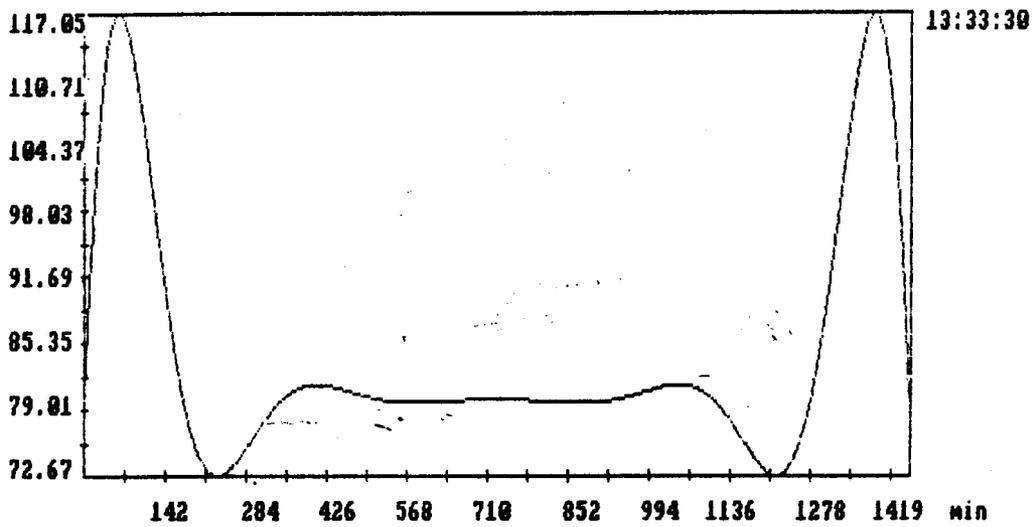
C = [mg/100 ml] ? 73.361

A = [l/min] ? .0096

W = [rad/min] ? .0186

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? n

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 106

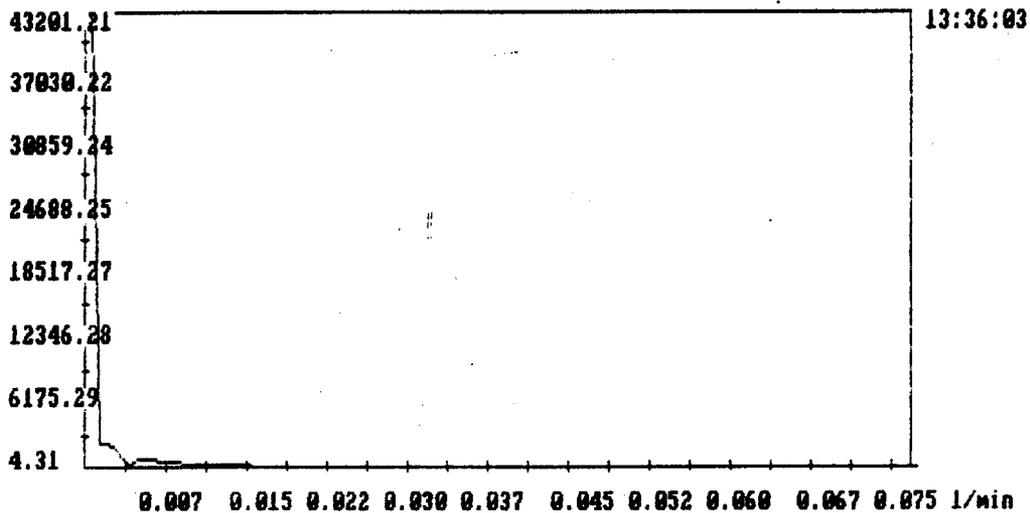


Figura 20.c. Resultado de procesar los parametros calculados para el caso normal ideal, (figura 20.b) con el programa de Transformada Rápida de Fourier.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.015) = 33.333$ minutos.
 Atenuación $\square = -80.03$ dB.

Desde el punto de vista de la hipótesis de trabajo, es de esperarse que la gráficas de comportamiento del sistema, y por lo tanto los parámetros de evaluación, presenten diferencias significativas para diferentes casos, (por ejemplo, considerense tres casos típicos: normal, diabetes moderada y diabetes severa).

Esto está de acuerdo con la literatura⁽³⁶⁾, (véase figura 21)

Los resultados obtenidos con el programa desarrollado para estos tres casos se presentan en las figuras 21.a ; 21.c y 21.e , y muestran claramente estas diferencias.

Por otra parte, es de esperarse que dentro de un cierto rango de magnitud en cuanto a la carga de glucosa, los resultados de la prueba sean muy semejantes. Esta suposición también está de acuerdo con la literatura^(7,14). Por ejemplo, considérense las concentraciones promedio de trece sujetos de experimentación que ingieren diferentes cargas de glucosa (véase Tabla II).

Los resultados obtenidos con el algoritmo desarrollado para los datos de la Tabla II, se presentan en las figuras 22.a ; 22.c ; 22.e ; 22.g ; y 22.i.

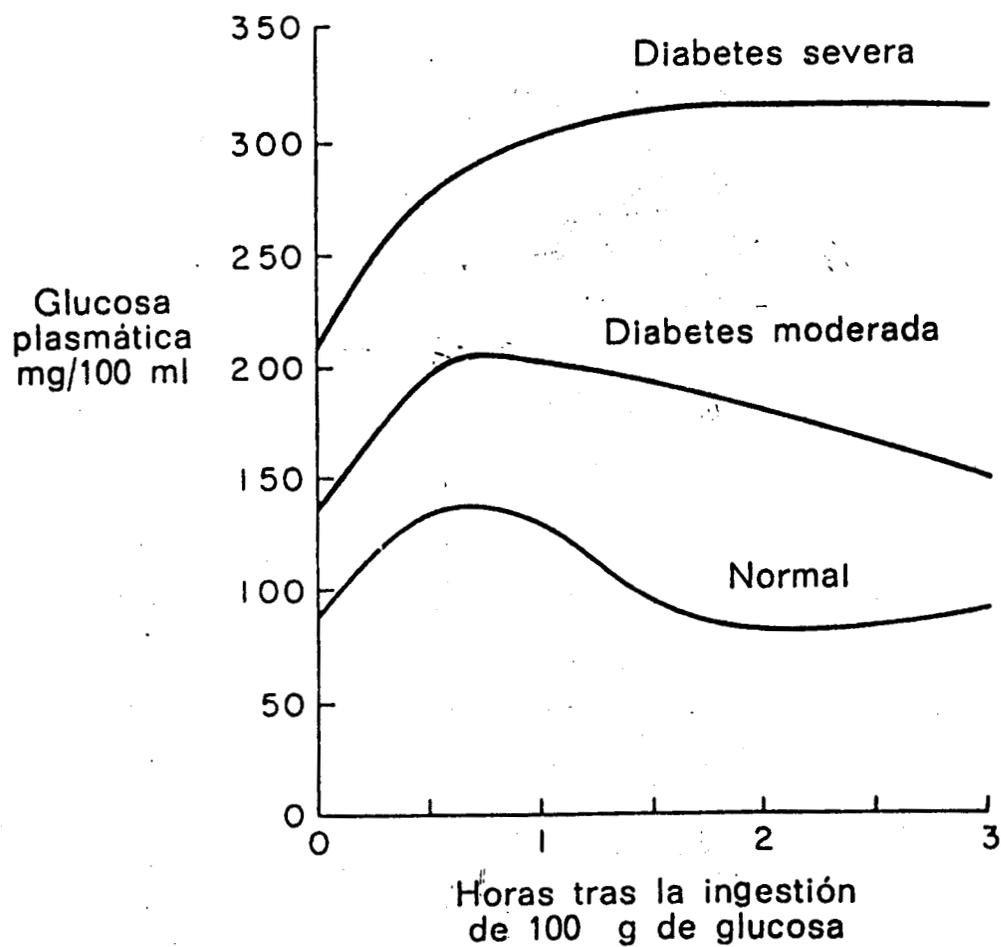


Figura 21. Graficas de las curvas de tolerancia oral a la glucosa, a una carga de 100 gramos, para los casos: Normal, Diabetes moderada y Diabetes severa. Tomado de Todd - Sanford (1974)



INICIO DE PROCESAMIENTO : 22:30:02 HRS
 FIN DE PROCESAMIENTO : 22:33:10 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 100
 PACIENTE : TODD - SANFORD
 EDAD : ---
 SEXO : ---
 PESO : ---
 ESTATURA : ---
 COMENTARIOS : NORMAL

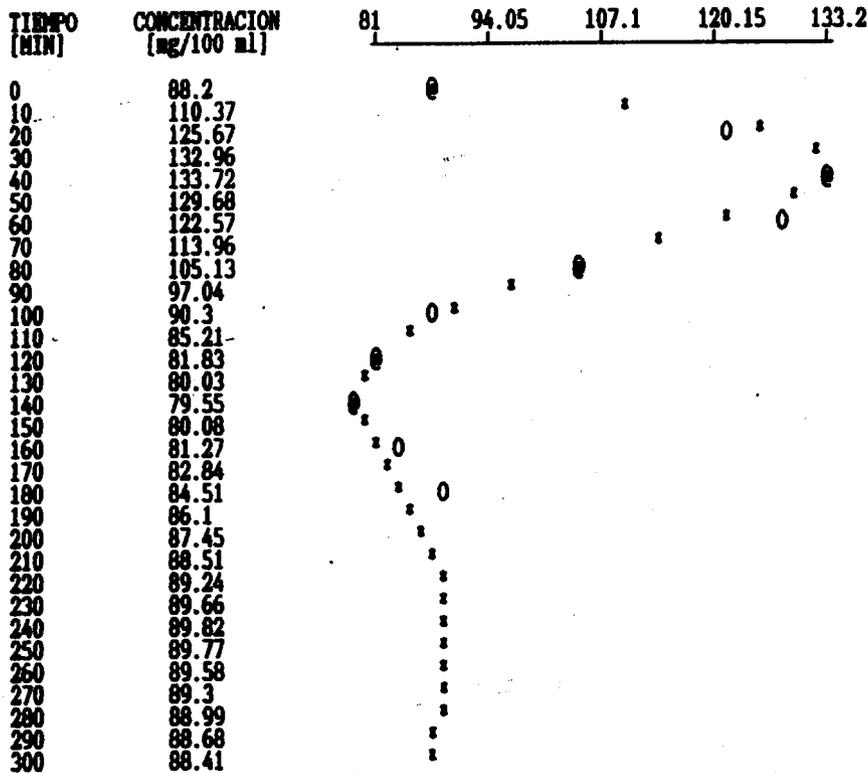
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
 UNIDAD IZTAPALAPA
 INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 7 ITERACIONES

TIEMPO (MIN)	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	88.2	88.2	
20	122.4	125.67	
40	133.2	133.72	
60	128	122.57	
80	106.2	105.13	
100	88.2	90.3	
120	81	81.83	
140	81	79.55	
160	84.6	81.27	
180	90	84.51	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

$r = .9812$ $n = .97$ D.M. = ± 3.0004 mg/100 ml R.M. = ± 3.1087 %



K = 88.1979 C = 93.4536 $\alpha = .0162$ W = .0305 $\theta = .0223$
 TA(5%) = 3 HRS. 4 MIN. 55 SEG. E.C.M. = .9714 ENERGIA = .9691 E+6
 TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 43 SEG. PENDIENTE EN TR = 2.8168
 TIEMPO DE PICO (TP) = 36 MIN 13 SEG VALOR MAXIMO = 134.0937
 AREA (1) = 2839.427 [GLUCOSA] media = 115.7643
 AREA (2) = 535.2362 [GLUCOSA] media = 83.0016
 AREA (3) = 100.8928 [GLUCOSA] media = 89.1774
 FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0345 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .4691
 $Y(S) = \frac{(23.4656)(S/[-1.3513]+1)}{(S/.0345)^2+27S+1}$ $\beta = 61.73$
 U(S)

Figura 21.a. Resultado obtenido con el programa desarrollado para el caso normal (véase figura 21).

IZTAPALAPA
 SERVICIOS DOCUMENTALES

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 88.1979

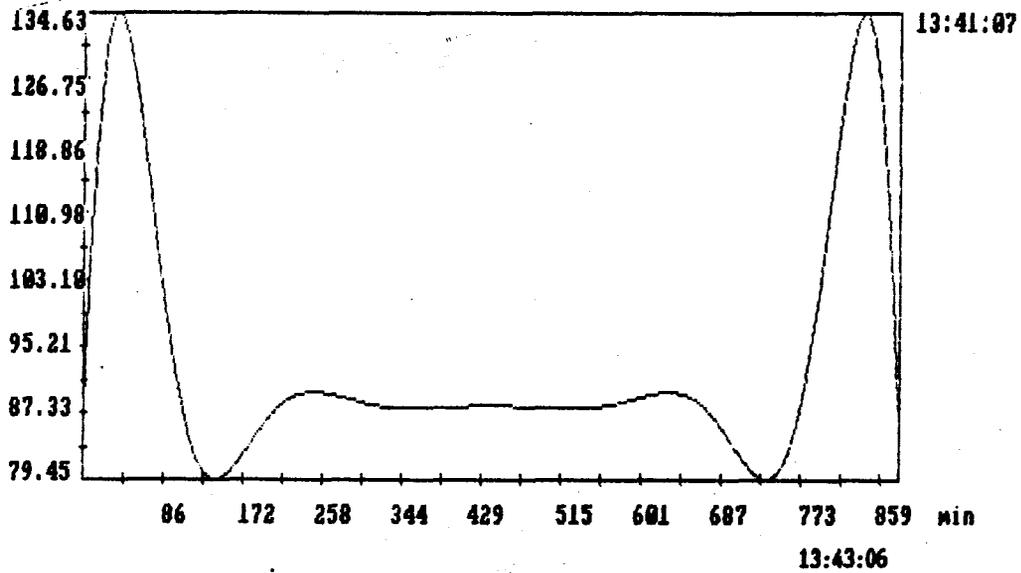
C = [mg/100 ml] ? 93.4536

A = [l/min] ? .0162

W = [rad/min] ? .0305

F = [rad] ? .0223

TR = [min] ? 0.71666



Desea graficar todo el arreglo S/N ? n

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 113

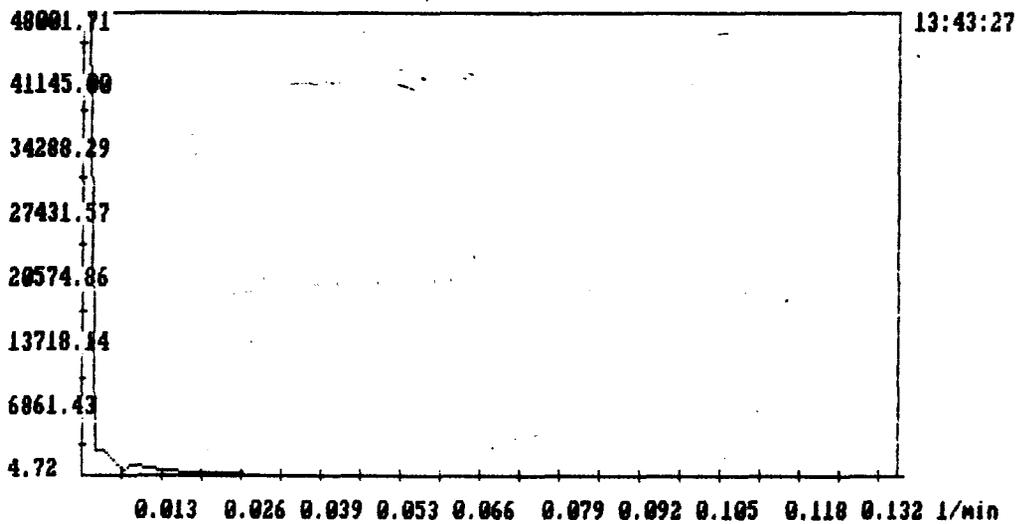


Figura 21.b. Resultado de procesar los datos para el caso normal con el programa de Transformada Rápida de Fourier. Los parametros se obtuvieron de la figura 21.a. Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.026) \approx 19.23$ minutos. Atenuación = - 80.15 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 22:07:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 22:18:28 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 100
PACIENTE : TODD - SANFORD (1974)
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : DIABETES MODERADA

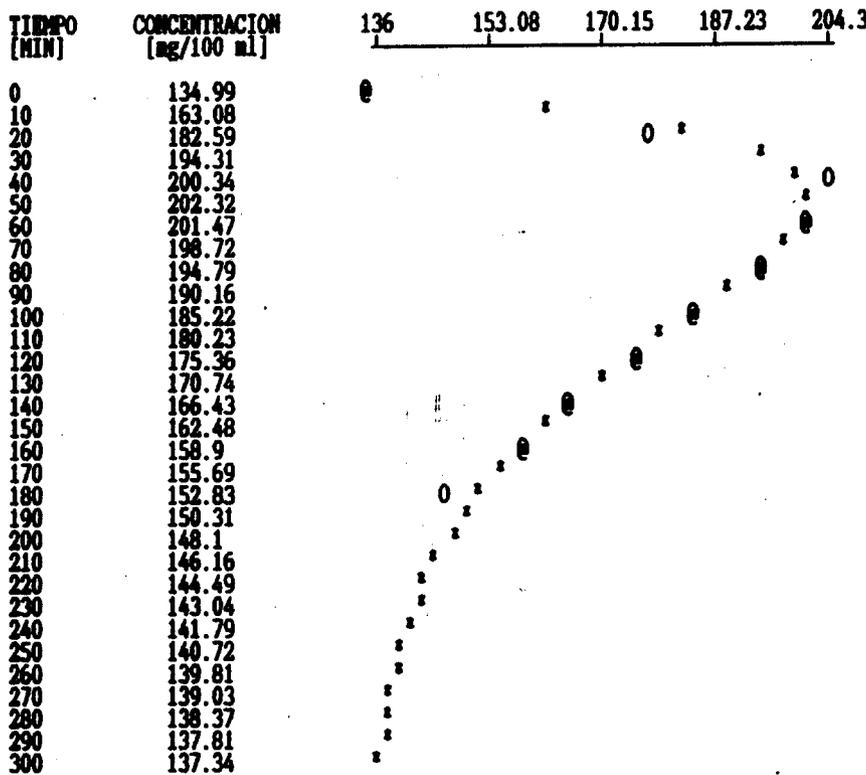
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 26 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL x.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	135	134.99	
20	177.3	182.59	
40	204.3	200.34	
60	199.8	201.47	
80	194.4	194.79	
100	187.2	185.22	
120	177.3	175.36	
140	168.3	166.43	
160	158.4	158.9	
180	147.6	152.83	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9609 n = 1.03 D.M. = ± 2.9222 mg/100 ml R.M. = ± 1.6922 %



K = 134.987 C = 783.5462 a = .0193 W = .0046 θ = .0025
TA(5%) = 2 HRS. 35 MIN. 13 SEG. E.C.M. = .9449 ENERGIA = 1.7556 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 32 SEG. PENDIENTE EN TR = 3.5667
TIEMPO DE PICO (TP) = 51 MIN 24 SEG VALOR MAXIMO = 202.3423
AREA (1) = 9155.624 [GLUCOSA] media = 148.3929
AREA (2) = .0173 [GLUCOSA] media = 134.987
AREA (3) = 0 [GLUCOSA] media = 134.987
FRECUENCIA NATURAL (ωN) = .0198 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .9728
Y(S) = (89.1624) (S/[-1.8207]+1)
U(S) = ((S/ .0198]*2+ 96.5 S+1) β = 51.81

Figura 21.c. Resultado obtenido con el programa desarrollado para el caso diabetes moderada (véase figura 21).

\$ NOMBRE DEL PACIENTE ? TODD - SANFORD

13:14:47

CASO SUB AMORTIGUADO 1

105

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 134.987

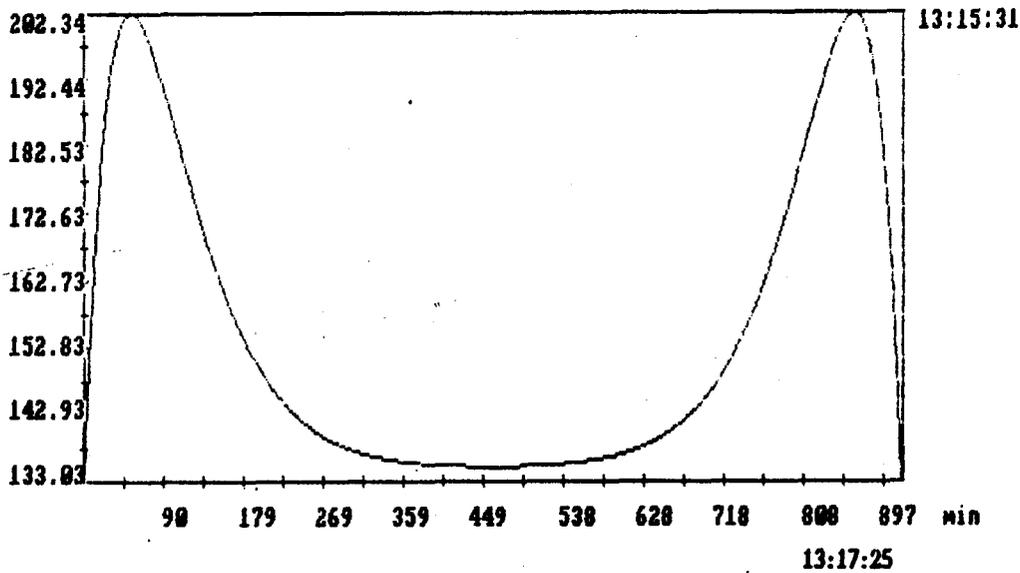
C = [mg/100 ml] ? 783.5462

A = [1/min] ? .8193

W = [rad/min] ? .0046

F = [rad] ? .0025

TR = [min] ? .5333



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 102

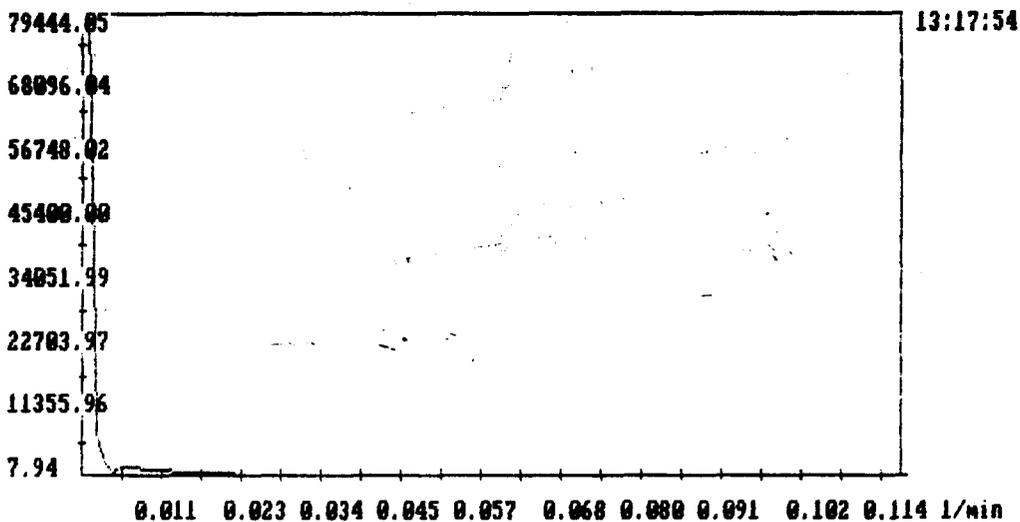


Figura 21.d. Resultado de procesar los datos para el caso diabetes moderada con el programa de Transformada Rápida de Fourier.
 Los parametros se obtuvieron de la figura 21.c.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.023) = 21.74$ minutos



INICIO DE PROCESAMIENTO : 22:22:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 22:26:29 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 100
PACIENTE : TODD - SANFORD (1974)
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : DIABETES SEVERA

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 10 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	207	206.99	
20	257.4	257.8	
40	284.4	284.43	
60	297	298.25	
80	306	305.32	
100	312	308.84	
120	311.6	310.49	
140	311.4	311.16	
160	309.6	311.31	
180	309	311.2	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9974 n = 1 D.M. = ± 1.4569 mg/100 ml R.M. = ± .4774 %

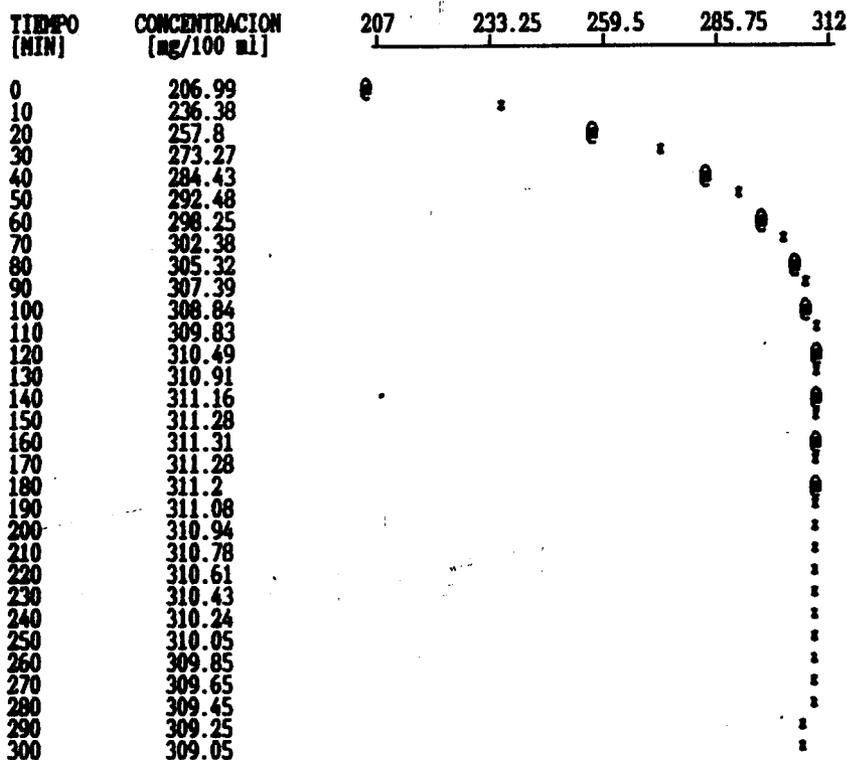


Figura 21.e. Resultado obtenido con el programa desarrollado para el caso diabetes severa (véase figura 21).

K = 206.992 C1 = 108.3741 a1 = .0002 C2 = -108.5782 a2 = .0321
TA(5%) = 195 HRS. 43 MIN. 12 SEG. E.C.M. = .4614 ENERGIA = 2854.96 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 3 SEG. PENDIENTE EN TR = 3.4571
TIEMPO DE PICO = 159 MIN 15 SEG VALOR MAXIMO = 311.3146
AREA (TR - TA) = 486.7401 E+03 [GLUCOSA] med = 248.4409 a = .0162
FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0025 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 6.3739
Y(S) = (5384.88) (S/[-16.9381]+1)
U(S) = (S/[.0002]+1)(S/[.0321]+1) β1 = 5000 β2 = 31.15

TIEMPO [MINUTOS]	CARGA DE GLUCOSA (gramos)				
	30	50	100	200	300
0	84.6±4.3	86.9±2.8	85.8±1.7	82.0±2.7	88.4±3.0
10	108.0±5.1	114.5±7.0	119.3±5.2	117.3±9.5	122.5±6.6
15	114.9±7.1	125.2±6.3	122.0±3.1	129.4±10.4	130.2±6.5
20	115.2±8.5	132.8±5.9	133.2±8.3	129.6±12.5	137.0±6.0
30	114.6±8.9	118.0±5.2	136.6±9.1	120.0±12.2	130.4±6.3
45	103.6±9.2	104.2±6.3	124.2±9.3	99.3±9.8	114.5±8.9
60	89.0±9.5	90.6±5.7	101.6±8.1	90.0±9.5	94.1±5.9
90	76.3±7.5	75.1±3.9	94.4±6.9	87.4±4.9	86.1±3.4
120	77.6±2.3	72.0±2.5	91.2±5.4	84.3±5.6	87.6±7.4
150	81.4±2.9	73.1±2.5	84.2±5.7	83.9±4.6	90.6±4.9
180	83.8±2.3	75.9±3.6	71.7±6.2	79.6±3.4	83.5±4.4

TABLA II.- Resultados de concentración de glucosa en sangre venosa (vena cubital) obtenidos por Förster y colaboradores (1972)⁽¹⁴⁾.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 12:31:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 12:37:35 HRS

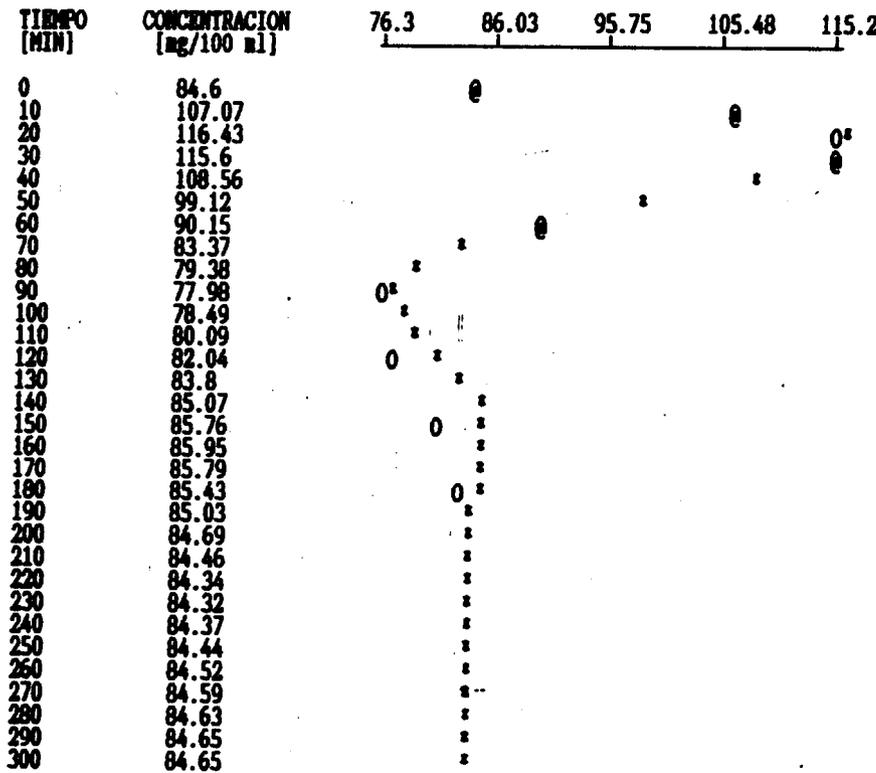
CARGA DE GLUCOSA : 30
PACIENTE : FORSTER y cols. (1972)
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 13 ITERACIONES

TIEMPO (MIN)	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	84.6	84.6	
10	108	107.07	
15	114.9	113.25	
20	115.2	116.43	
30	114.6	115.6	
45	103.6	103.94	
60	89	90.15	
90	76.3	77.98	
120	77.6	82.04	
150	81.44	85.76	
180	83.8	85.43	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9309 n = 1.07 D.M. = ± 2.1615 mg/100 ml R.M. = ± 2.5171 %



K = 84.5961 C = 63.6084 α = .0234 W = .0463 θ = .0001
 TA(SX) = 2 HRS. 8 MIN. 1 SEG. E.C.H. = .6522 ENERGIA = .3431 E+6
 TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 2.9449
 TIEMPO DE PICO (TP) = 23 MIN 49 SEG VALOR MAXIMO = 117.1072
 AREA (1) = 1317.972 [GLUCOSA] media = 104.02
 AREA (2) = 269.371 [GLUCOSA] media = 80.6262
 AREA (3) = 55.0549 [GLUCOSA] media = 85.4075
 FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0519 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .4511

$$Y(S) = \frac{(36.357)(S/[-462.9766] + 1)}{((S/.0519)^2 + 17.3333 S + 1)}$$

$$\beta = 42.74$$

Figura 22.a. Resultado obtenido con el programa desarrollado para una carga de 30 gr. Véase la Tabla II.

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 84.5961

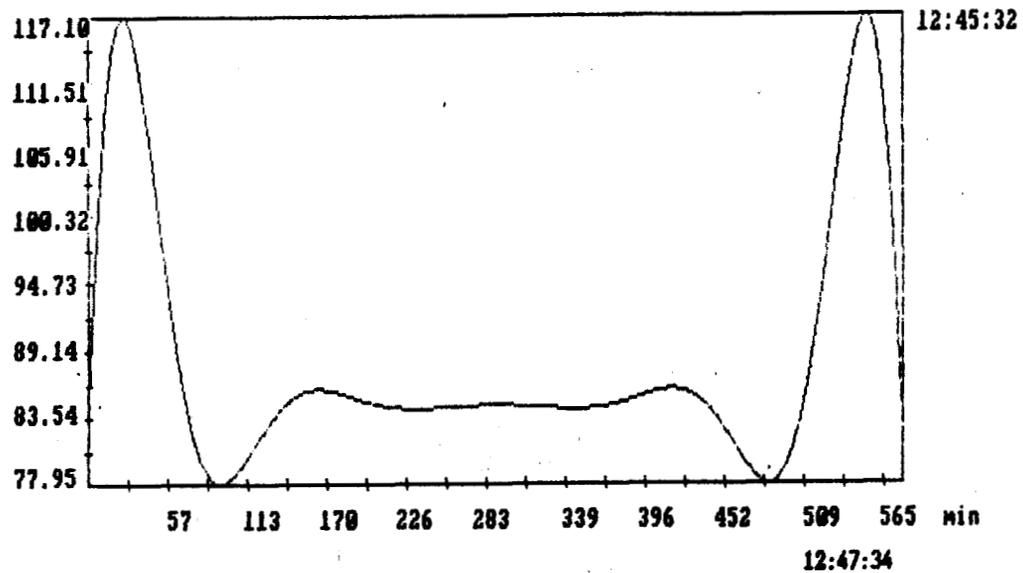
C = [mg/100 ml] ? 63.6084

A = [l/min] ? .0234

W = [rad/min] ? .0463

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N. ? n

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 97

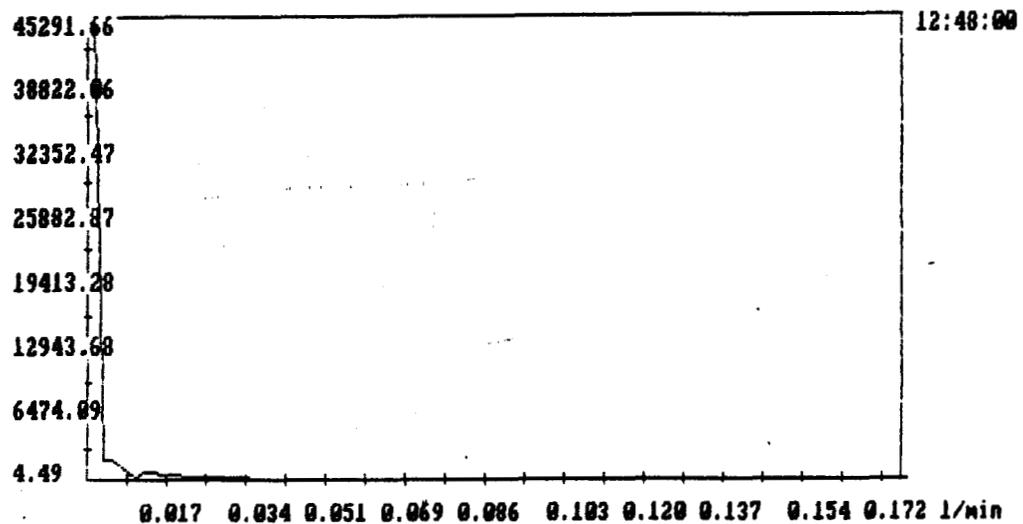


Figura 22.b. Resultado de procesar con el programa de Transformada Rápida de Fourier, los parametros de la figura 22.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.034) = 14.7$ minutos.
 Atenuación = - 80.07 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 12:55:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 13:02:05 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 50
PACIENTE : FORSTER y cols. (1972)
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

110

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	86.9	86.9	
10	114.5	117.12	
15	125.2	124.15	
20	132.8	126.86	
30	118	122.94	
45	104.2	106.34	
60	90.6	90.79	
90	75.1	81.14	
120	72	85.61	
150	73.1	87.74	
180	75.9	87.21	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .8235 n = 1.22 D.M. = ± 7.6052 mg/100 ml R.M. = ± 8.547 %

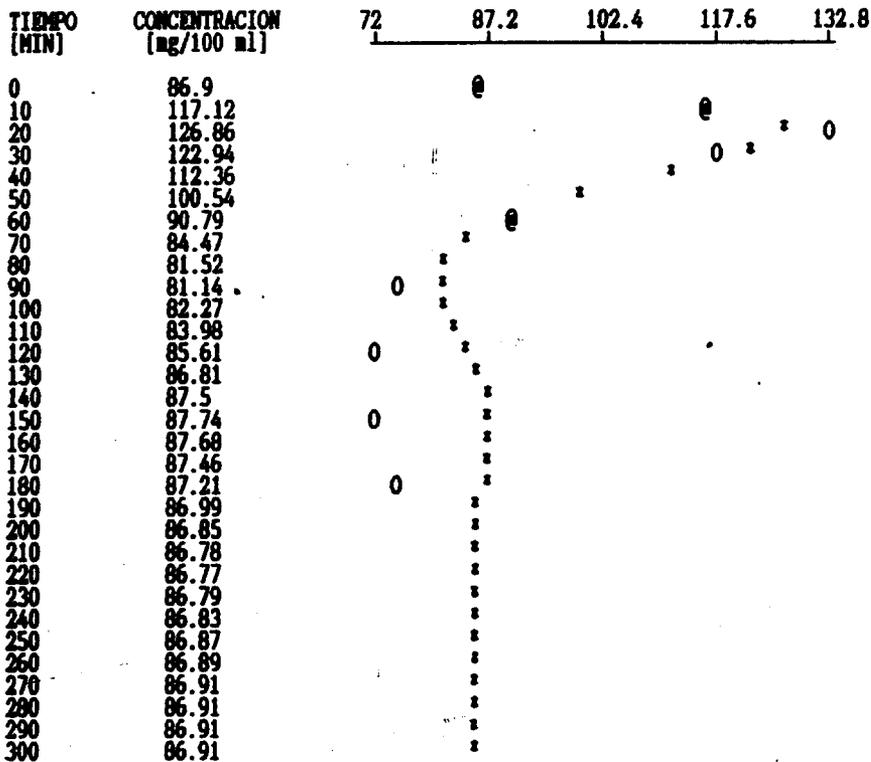


Figura 22.c. Resultado obtenido con el programa desarrollado para una carga de 50 gr. Véase la Tabla II.

K = 86.8958 C = 87.829 a = .0294 W = .048 θ = .0001

TA(5%) = 1 HRS. 41 MIN. 53 SEG. E.C.M. = 2.2931 ENERGIA = .4762 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 4.2155

TIEMPO DE PICO (TP) = 21 MIN 17 SEG VALOR MAXIMO = 126.9623

AREA (1) = 1524.843 [GLUCOSA] media = 110.1937
AREA (2) = 222.6099 [GLUCOSA] media = 83.4946
AREA (3) = 32.4985 [GLUCOSA] media = 87.3923

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0563 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .5223

$$Y(S) = \frac{(26.3471)(S/[-479.9707] + 1)}{([S/.0563]^2 + 18.375 S + 1)}$$

β = 34.01

NOMBRE DEL PACIENTE ? Forster y cols. (1972)

13:06:21

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

111

1

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 86.8958

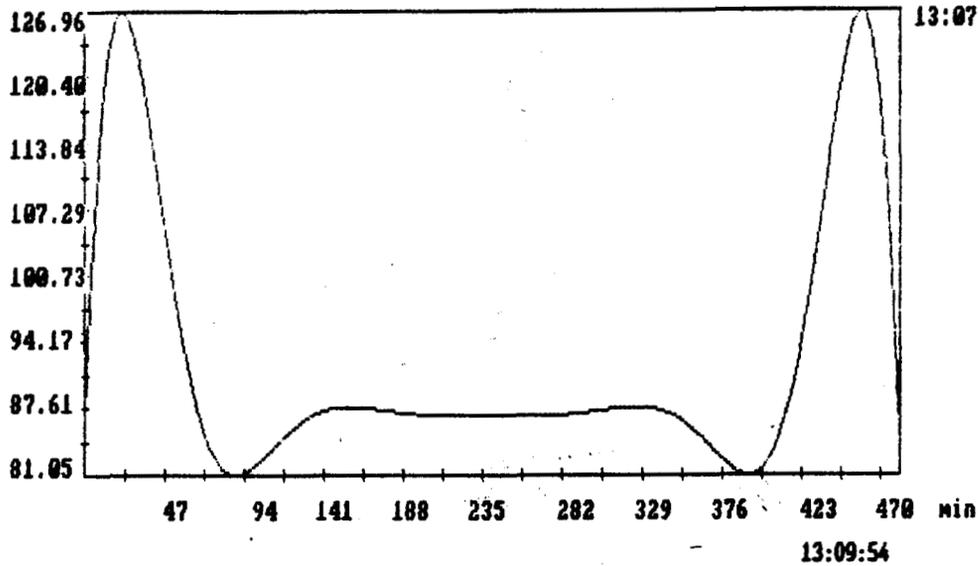
C = [mg/100 ml] ? 87.829

A = [1/min] ? .0294

W = [rad/min] ? .048

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? n

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 103

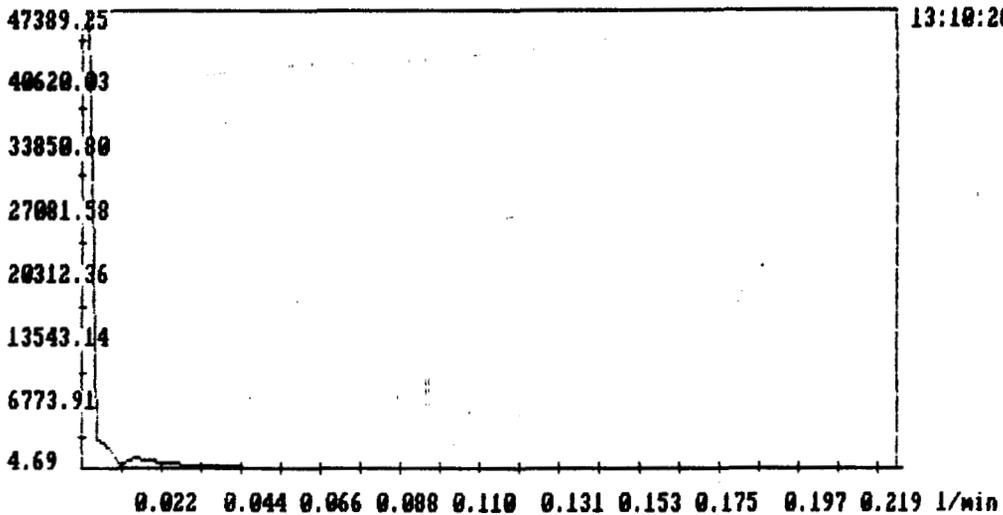


Figura 22.d. Resultado de procesar con el programa de Transformada Rápida de Fourier, los parametros de la figura 22.c.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.044) = 11.3636$ minutos.
 Atenuación = - 80.09 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 21:06:02 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 21:12:47 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 100
PACIENTE : FÖRSTER y cols. (1972)
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	86.8	86.8	
10	119.3	117.81	
15	122	126.09	
20	133.2	130.67	
30	136.6	131.76	
45	124.2	122.17	
60	101.6	108.88	
90	94.4	90.12	
120	91.2	84.73	
150	84.2	85.23	
180	71.7	86.37	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9069 n = 1.06 D.M. = ± 5.8956 mg/100 ml R.M. = ± 6.3842 %

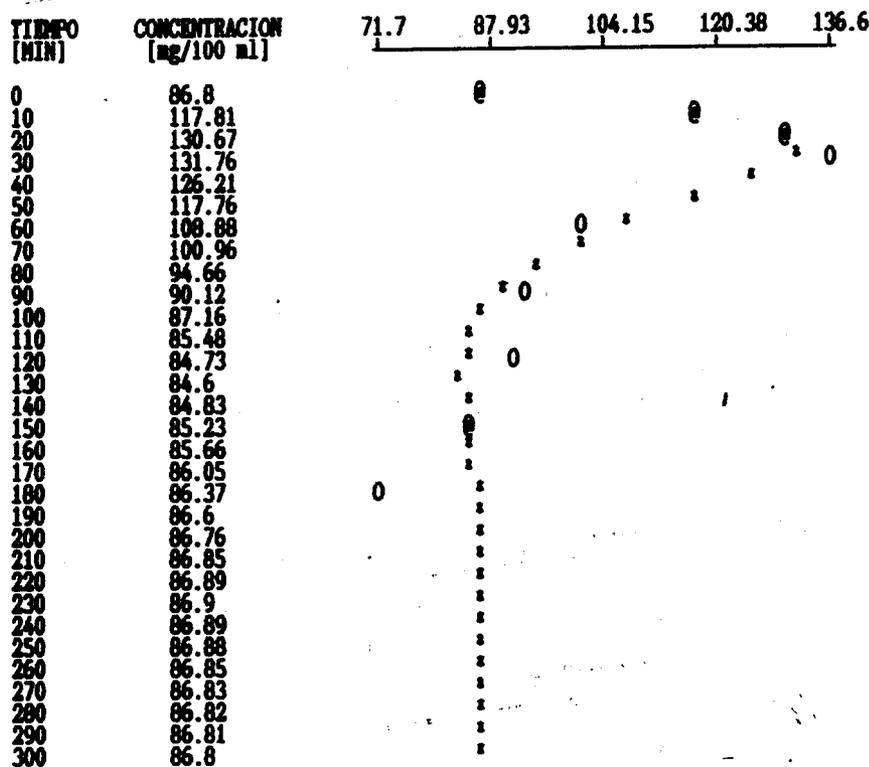


Figura 22.e. Resultado obtenido con el programa desarrollado para una carga de 100 gr. Véase la Tabla II.

K = 86.7958 C = 137.4504 a = .0298 W = .0309 θ = .0001

TA(5%) = 1 HRS. 40 MIN. 31 SEG. E.C.M. = 1.7775 ENERGIA = .8182 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 4.2468

TIEMPO DE PICO (TP) = 26 MIN 0 SEG VALOR MAXIMO = 132.3761

AREA (1) = 2416.081 [GLUCOSA] media = 110.5598
AREA (2) = 116.763 [GLUCOSA] media = 85.6473
AREA (3) = 5.6429 [GLUCOSA] media = 86.8513

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0429 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .6942

$$\frac{Y(S)}{U(S)} = \frac{(23.5934)(S/[-308.9702] + 1)}{([S/.0429]^2 + 33.1111 S + 1)} \quad \beta = 33.56$$

NOMBRE DEL PACIENTE ? Forster y cols. (100 gr)

13:52:12

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

113

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 86.7958

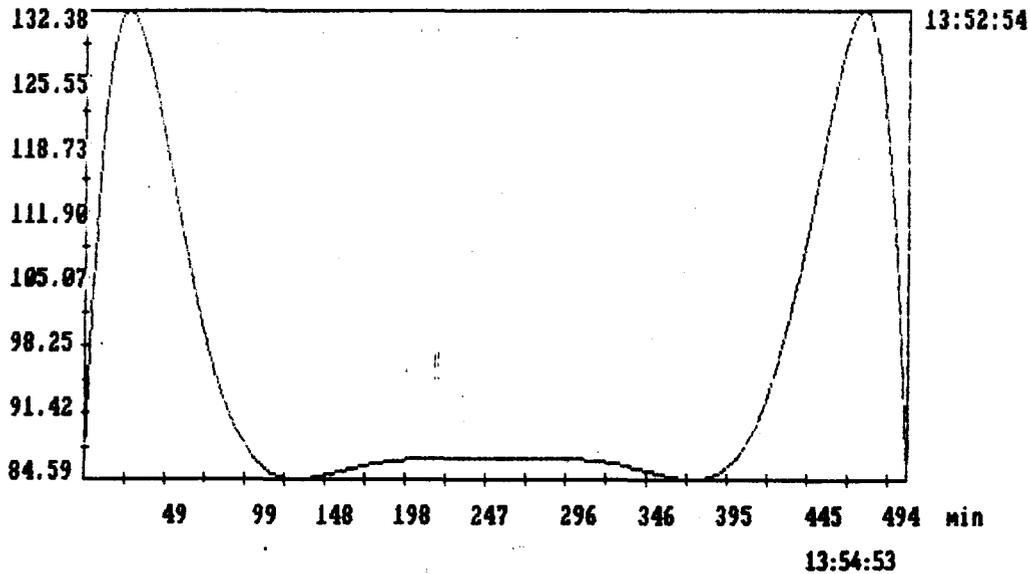
C = [mg/100 ml] ? 137.4504

A = [l/min] ? .0298

W = [rad/min] ? .0309

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? n

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 104

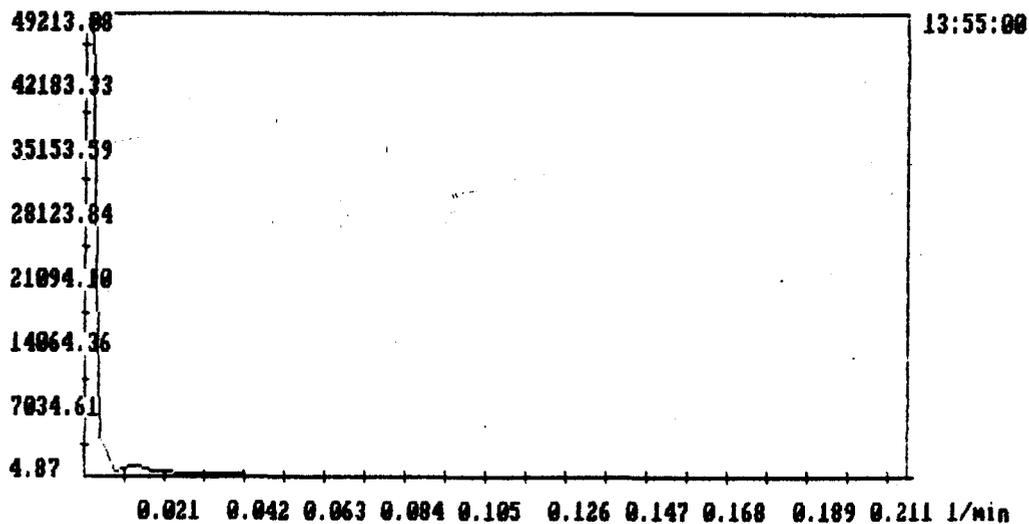


Figura 22.f. Resultado de procesar con el programa de Transformada Rápida de Fourier, los parametros de la figura 22.e.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.042) = 11.9$ minutos.
 Atenuación = - 80.10 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 21:16:02 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 21:22:48 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 200
PACIENTE : FORSTER y cols. (1972)
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

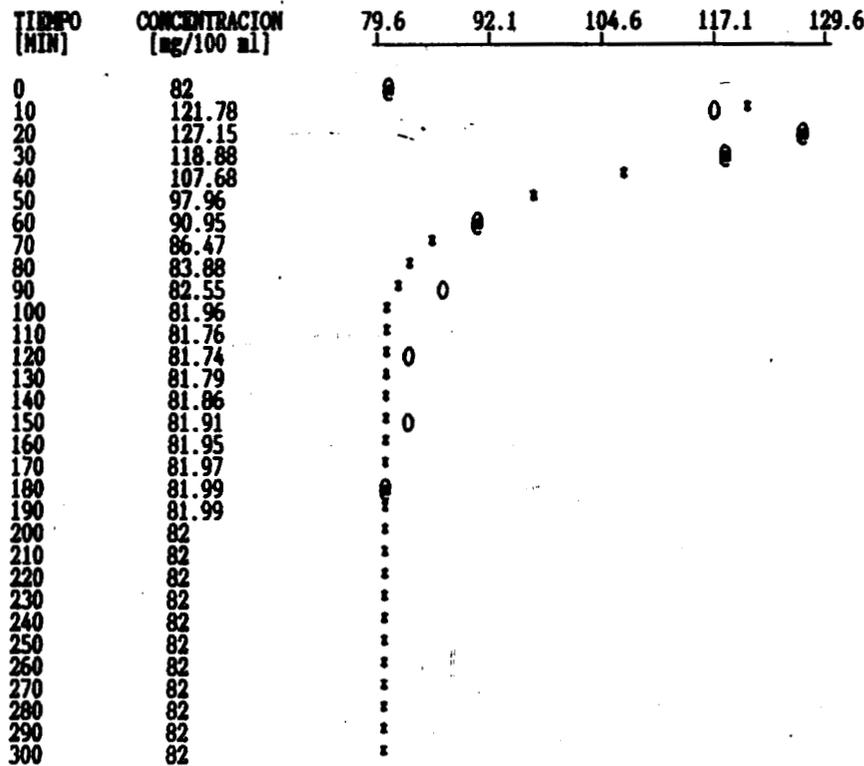
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	82	82	
10	117.3	121.78	
15	129.4	127.2	
20	129.6	127.15	
30	120	118.88	
45	99.3	102.51	
60	90	90.95	
90	87.4	82.55	
120	84.3	81.74	
150	83.9	81.91	
180	79.6	81.99	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9916 n = .98 D.M. = ± 2.7489 mg/100 ml R.M. = ± 2.8772 %



K = 81.9958 C = 217.1096 a = .0522 W = .0318 θ = .004
TA(5%) = 0 HRS. 57 MIN. 23 SEG. E.C.M. = .8327 ENERGIA = .5428 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 7 SEG. PENDIENTE EN TR = 6.8589
TIEMPO DE PICO (TP) = 17 MIN 20 SEG VALOR MAXIMO = 127.7027
AREA (1) = 1858.537 [GLUCOSA] media = 100.8084
AREA (2) = 10.7037 [GLUCOSA] media = 81.8875
AREA (3) = .0616 [GLUCOSA] media = 81.9964
FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0611 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .854
Y(S) = (9.2685)(S/[-7.8978]+1)
U(S) = ((S/ .0611]^2+ 28.2162 S+1) β = 19.16

Figura 22.g. Resultado obtenido con el programa desarrollado para una carga de 200 gr. Véase la Tabla II.

NOMBRE DEL PACIENTE ? Forster y cols (200 gr)

13:56:53

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

115

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 81.9958

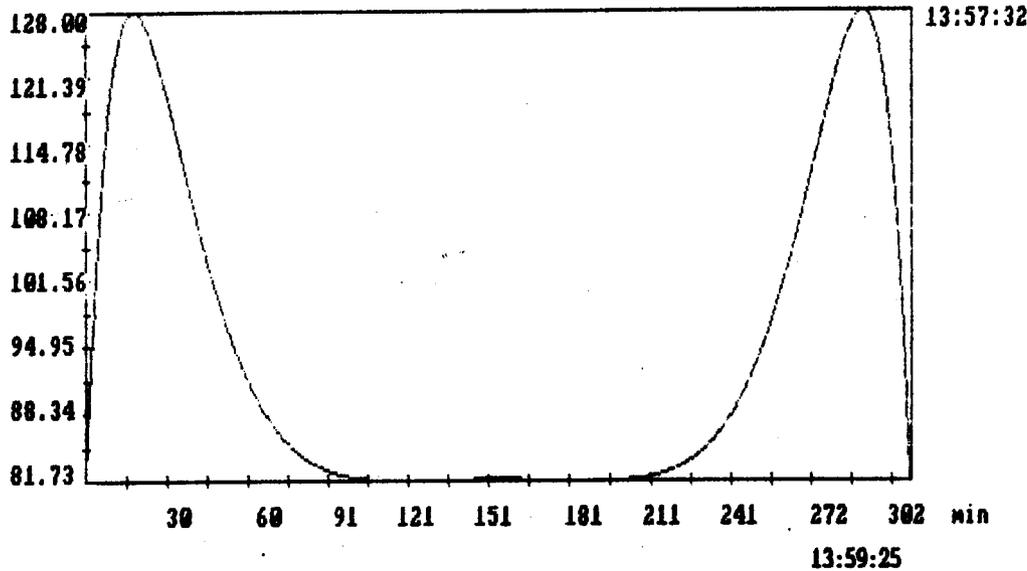
C = [mg/100 ml] ? 217.1096

A = [l/min] ? .0522

W = [rad/min] ? .0318

F = [rad] ? .004

TR = [min] ? 0.11666



Desea graficar todo el arreglo S/N ? n

Quantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 105

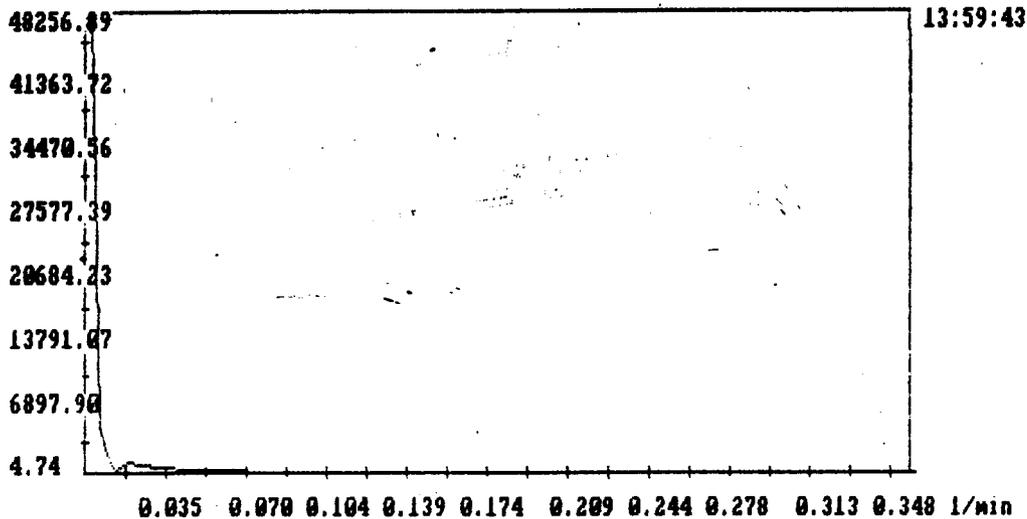


Figura 22.h. Resultado de procesar con el programa de Transformada Rápida de Fourier, los parametros de la figura 22.g.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.07) = 7.14$ minutos.
 Atenuación = - 80.16 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 21:26:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 21:32:46 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 300
PACIENTE : FORSTER y cols. (1972)
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

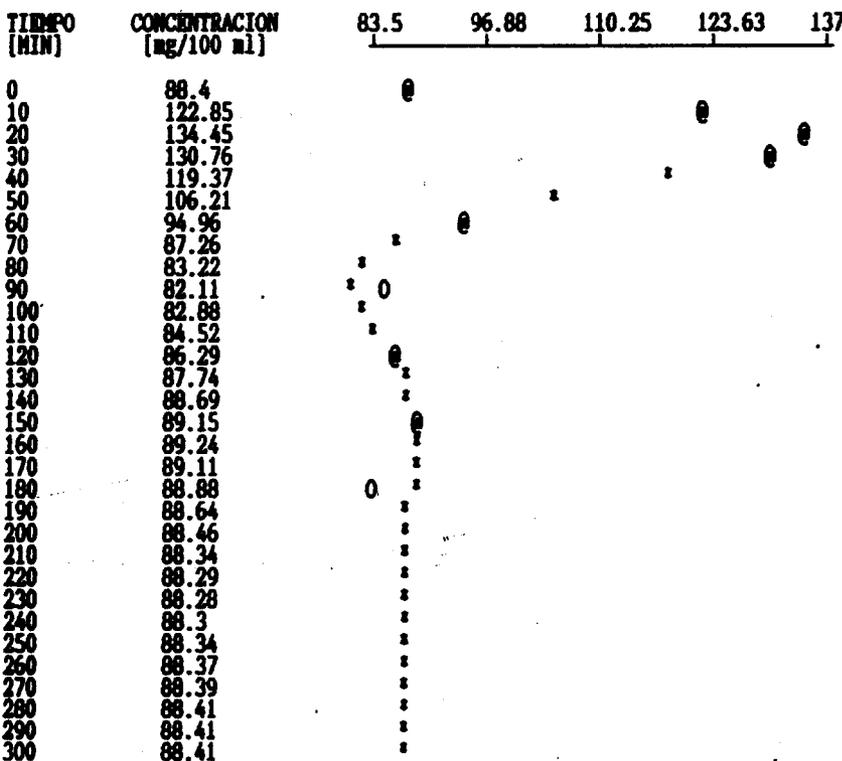
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	O.- VALOR EXPERIMENTAL x.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	88.4	88.4	
10	122.5	122.85	
15	130.2	131.06	
20	137	134.45	
30	130.4	130.76	
45	114.5	112.73	
60	94.1	94.96	
90	86.1	82.11	
120	87.6	86.29	
150	90.6	89.15	
180	83.5	88.88	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9922 n = 1 D.M. = ± 2.3365 mg/100 ml R.M. = ± 2.5753 %



K = 88.3958 C = 103.8507 a = .0293 W = .0461 θ = .0001

TA(SX) = 1 HRS. 42 MIN. 14 SEG. E.C.M. = .7043 ENERGIA = .6548 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 4.7872

TIEMPO DE PICO (TP) = 21 MIN 48 SEG VALOR MAXIMO = 134.6766

AREA (1) = 1822.425 [GLUCOSA] media = 115.1382
AREA (2) = 247.4493 [GLUCOSA] media = 84.76469
AREA (3) = 33.5987 [GLUCOSA] media = 88.88879

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0546 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .5364

$$Y(S) = \frac{(5.3191)(S/[-460.9708] + 1)}{([S/.0546]^2 + 19.5333 S + 1)}$$

β = 34.13

Figura 22.i. Resultado obtenido con el programa desarrollado para una carga de 300 gr. Véase la Tabla II.

NOMBRE DEL PACIENTE ? Forster y cols (300 gr)

14:03:31

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

117

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 88.3958

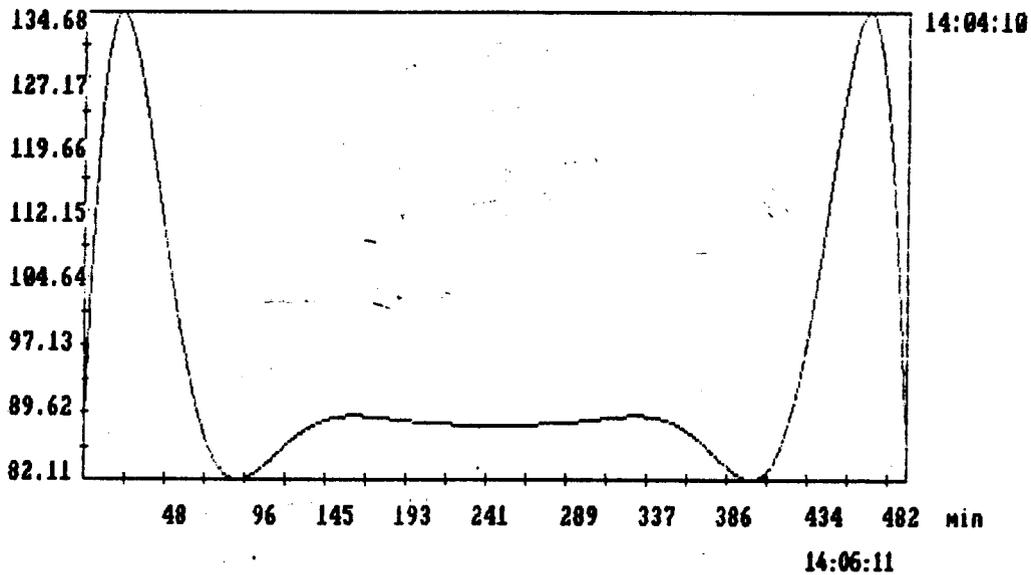
C = [mg/100 ml] ? 103.8507

A = [1/min] ? .0293

M = [rad/min] ? .0461

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? n

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 109

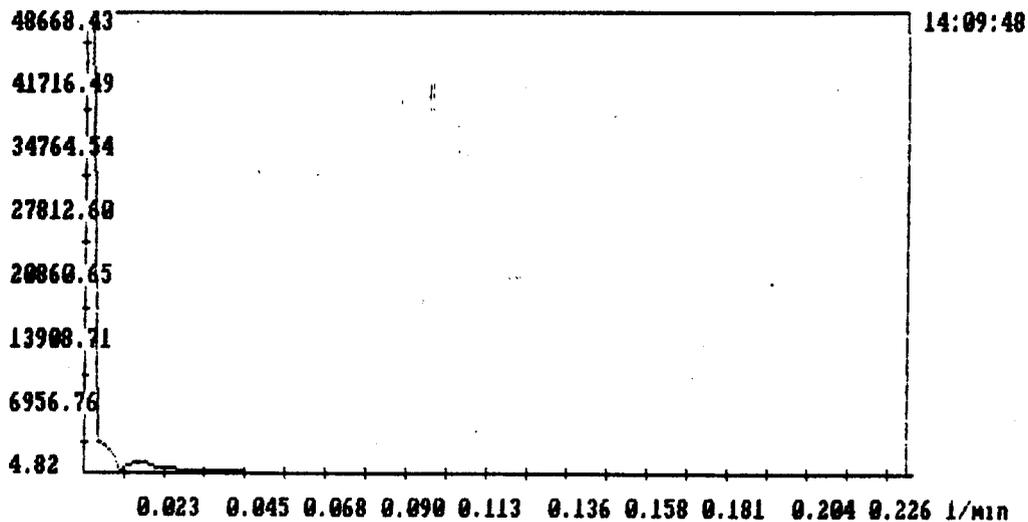


Figura 22.j. Resultado de procesar con el programa de Transformada Rápida de Fourier, los parametros de la figura 22.i.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.045) = 11.111$ minutos.
 Atenuación = - 80.09 dB.

FIGURA	ω_n	σ	POSICION DEL CERO	K_{BODE}	α	K_{BODE}/σ NORMALIZADO
20. b	0.0209	0.4586	185.9904	34.1111	0.0096	1/1
21. a	0.0345	0.4691	1.3513	23.4656	0.0162	0.69/1.02
21. c	0.0198	0.9728	1.8207	89.1624	0.0193	2.61/2.12
21. e	0.0025	6.3739	16.9381	5384.88	0.0162	157/13.9
22. a	0.0519	0.4511	462.9766	36.3067	0.0234	1.06/0.98
22. c	0.0563	0.5189	480.9708	26.2288	0.0292	0.77/1.13
22. g	0.0429	0.6942	308.9702	23.5934	0.0298	0.69/1.51
22. e	0.0611	0.854	7.8978	9.2685	0.0522	0.27/1.86
22. i	0.0546	0.5364	460.9708	5.3191	0.0293	0.16/1.17

Tabla III.- Resumen de los parámetros obtenidos para los datos de las figuras: 20.b (normal ideal) ; 21.a (normal) ; 21.c (diabetes moderada) ; 21.e (diabetes severa) ; 22.a (30 gr) ; 22.c (50 gr) ; 22.e (100 gr) ; 22.g (200 gr) ; 22.i (300 gr)

El diagrama de la figura 23, presenta los valores de K_{BODE} y σ normalizados para estas graficas.

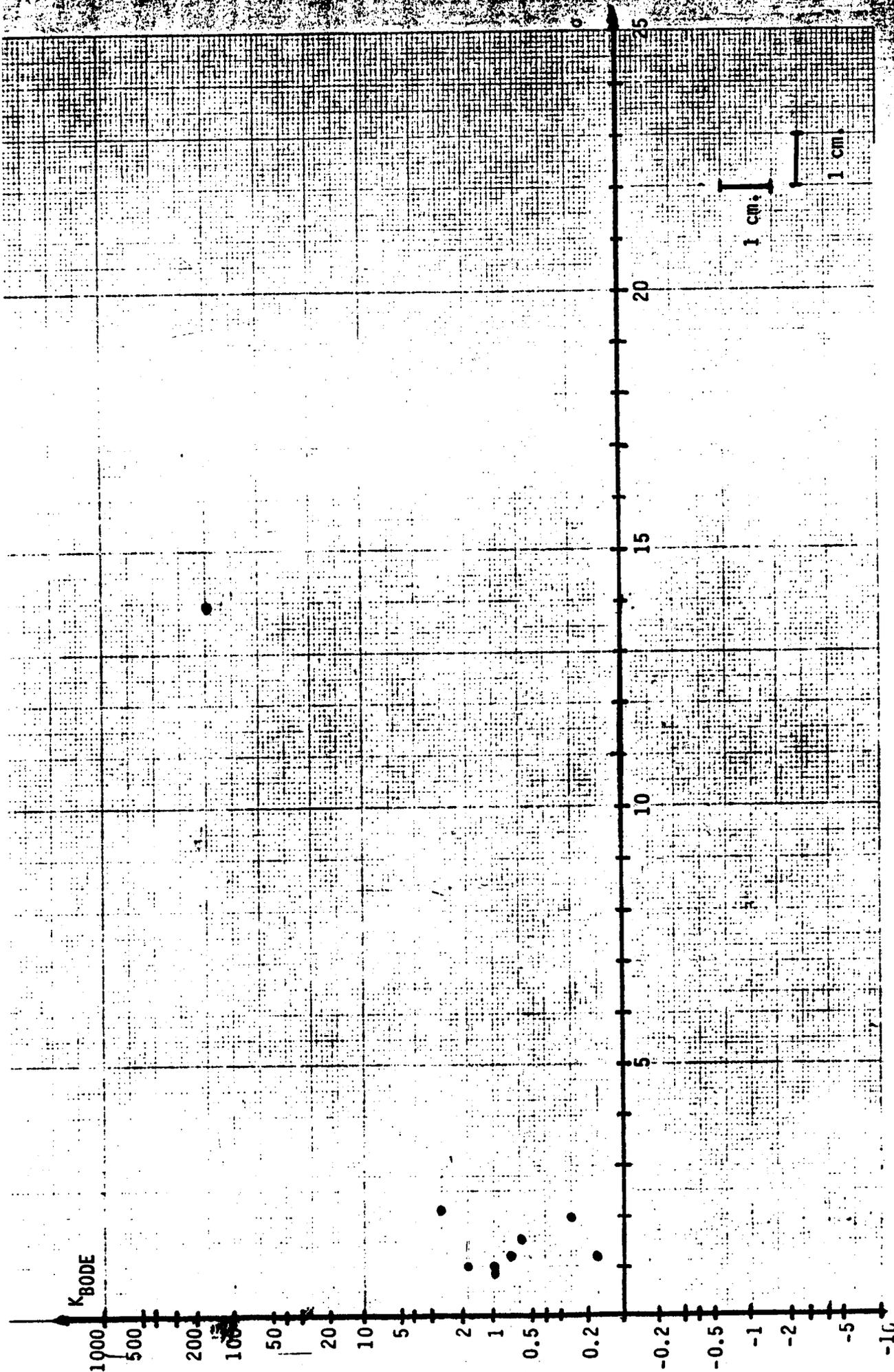


Figura 23. Diagrama $K_{BODE} - \sigma$ para los parametros de las figuras 20.b. ; 21.a. ; 21.c. ; 21.e. ; 22.a. ; 22.c. ; 22.e. ; 22.g. y 22.i.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:12:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:16:05 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 100
PACIENTE : MEDINA E.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 8 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	63	63	
30	138	138.65	
60	156	153.63	
90	132	133.12	
120	93	100.95	
150	89	72.84	
180	49	55.52	
210	44	49.05	
240	52	50.09	
270	60	54.62	
300	60	59.52	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9938 n = .99 D.M. = ± 6.2703 mg/100 ml R.M. = ± 9.1186 %

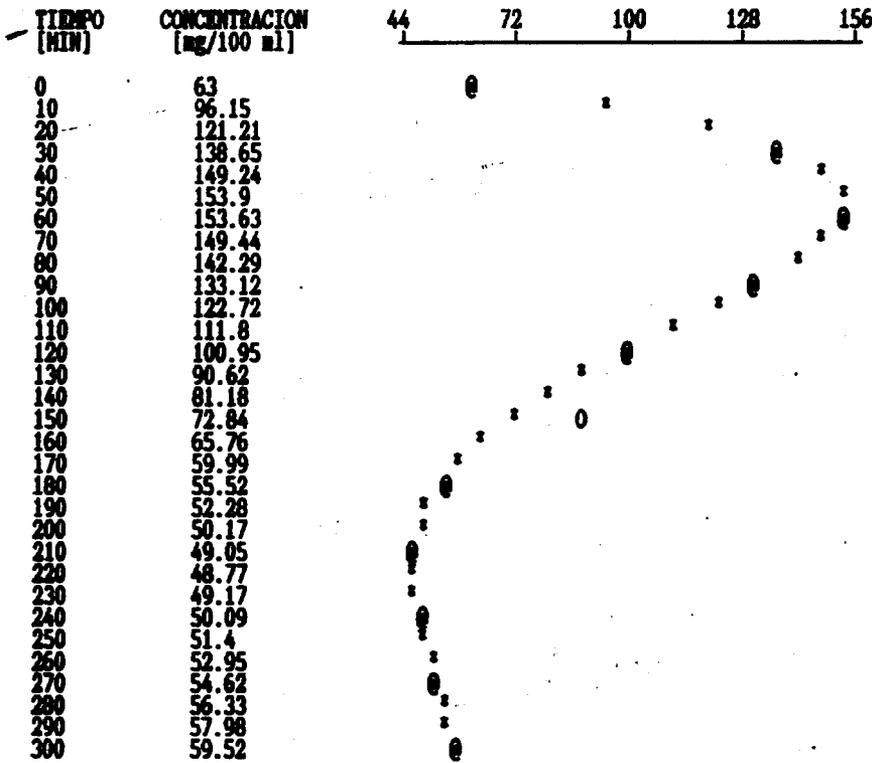


Figura 24.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Medina E. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 62.9984 C = 195.9999 α = .0113 W = .0191 θ = .0005

TA(5%) = 4 HRS. 25 MIN. 6 SEG. E.C.M. = 1.8901 ENERGIA = 6.2706 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 1 SEG. PENDIENTE EN TR = 3.7425

TIEMPO DE PICO (TP) = 54 MIN 18 SEG VALOR MAXIMO = 154.3309

AREA (1) = 8786.126 [GLUCOSA] media = 116.4156
AREA (2) = 1369.622 [GLUCOSA] media = 54.6715
AREA (3) = 213.5031 [GLUCOSA] media = 64.2964

FRECUENCIA NATURAL (ωN) = .0222 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .5092

$$Y(S) = \frac{(74.8498)(S/[-38.1887]+1)}{((S/.0222)^2+45.2S+1)}$$

β = 88.5

NOMBRE DEL PACIENTE ? MEDINA E.

14:12:01

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

121

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 62.9984

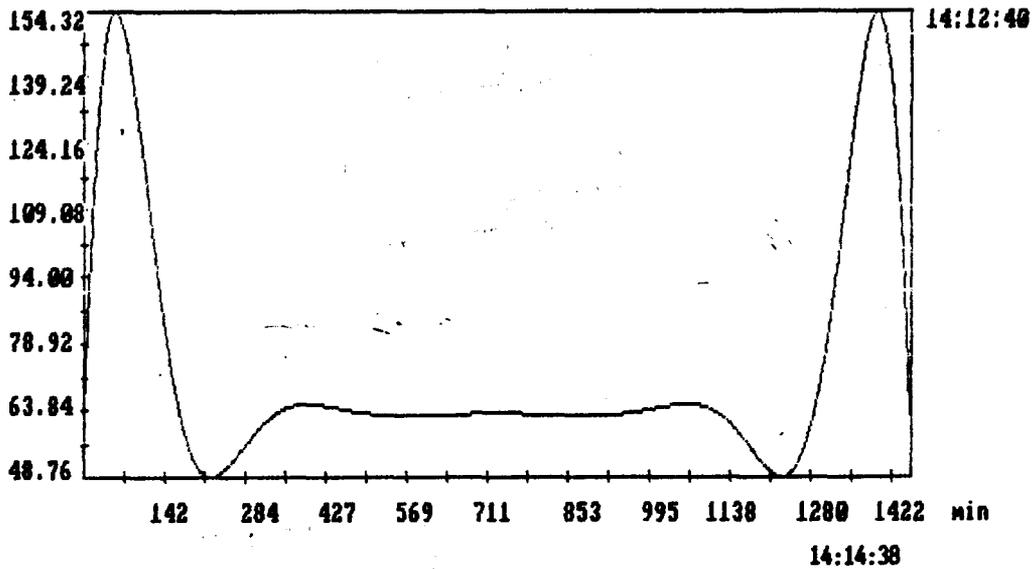
C = [mg/100 ml] ? 195.9999

A = [1/min] ? .0113

H = [rad/min] ? .0191

F = [rad] ? .0005

TR = [min] ? 0.01666



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 169

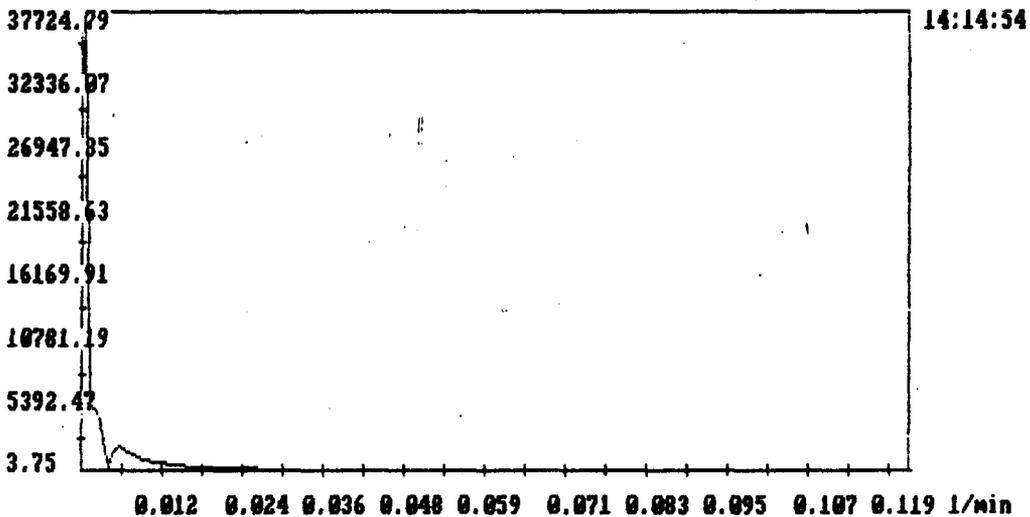


Figura 24.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 24.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.024) = 20.8333$ minutos.
 Atenuación = - 80.06 dB.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SUBDIRECCION GENERAL MEDICA

Fecha de esta Solicitud 21nov85	Fecha de próxima Consulta <input type="checkbox"/>	Paciente Externo <input type="checkbox"/>	Cama No. 848
Hacer Exámenes el día	Presentarse en el Laboratorio a las horas	Servicio Solicitante endocrino	
Diagnóstico de Presunción o Datos Clínicos acromegalia			

Segovia Reyes Engracia
160-26-1603

HE CNR

NAJERA R2E/ DR VAZQUEZ MB

BACTERIOLOGIA

- Hemocultivo
- Coprocultivo
- Urocultivo
- Exudado faríngeo
- Exudado cervicovaginal
- Exudado uretral
- Exudado próstatovesicular
- Espermocultivo
- Bacilos ácido-alcohol resistentes

Bacterioscópico

Cultivo

Inoculación

100 MICOLOGIA

Microscopía

Cultivo

PARASITOLOGIA

- Plasmodio
- Coproparasitoscópico 1-2-3 - Muestras
- Respado perianal
- Amiba en fresco

Otros exámenes:

RESULTADOS

glucosab

Basal.....	71
30min	171
60min	193
90min	136
120min	109
150min	67
180min	54

MICROBIOLOGIA 4 - 102 - 80

Nombre y firma de quién informa

Fecha de entrega:

Figura 25. Datos reales de la paciente: Segovia Reyes E. a una carga de 75 gramos de glucosa.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 14:41:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 14:45:25 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : SBOGOVIA REYES E.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : ACROMEGALIA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 13 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL x.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	71	71	
30	171	172.66	
60	193	184.02	
90	136	147.46	
120	109	101.31	
150	67	67.7	
180	54	52.67	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9922 n = 1 D.H. = ± 6.2806 mg/100 ml R.M. = ± 4.6371 %

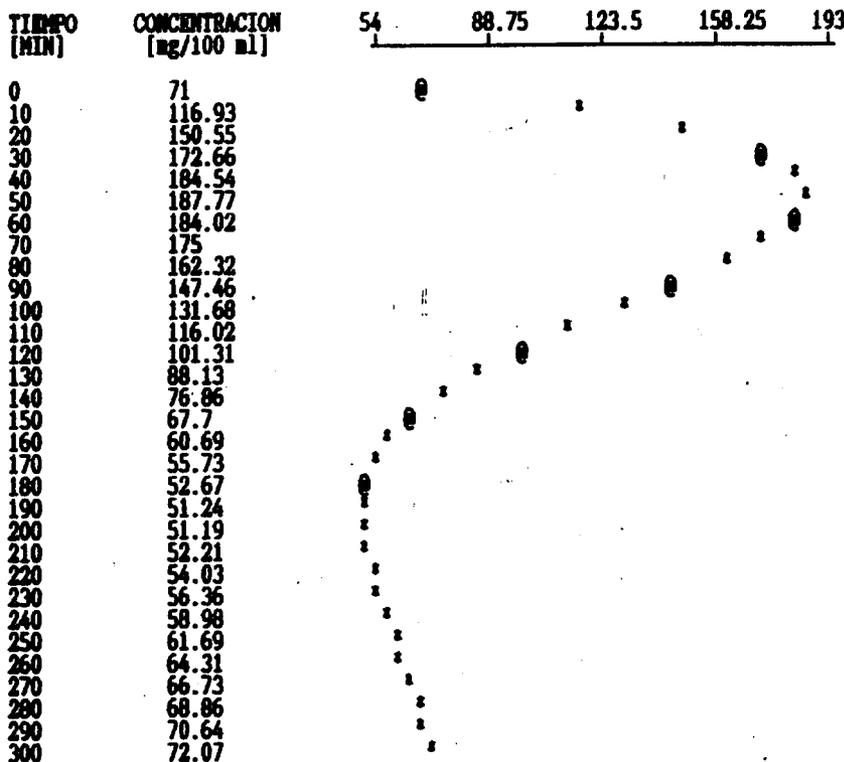


Figura 25.a Resultado obtenido con el programa para los datos presentados en la figura 25.

K = 70.9961 C = 243.1285 α = .0121 W = .0215 θ = .0001

TA(5%) = 4 HRS. 7 MIN. 34 SEG. E.C.M. = 2.3734 ENERGIA = 9.2462 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 5.227

TIEMPO DE PICO (TP) = 49 MIN 13 SEG VALOR MAXIMO = 187.791

AREA (1) = 10053.84 [GLUCOSA] media = 139.8012
AREA (2) = 1715.827 [GLUCOSA] media = 59.2536
AREA (3) = 292.8297 [GLUCOSA] media = 73.0001

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0247 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .4905

$$Y(S) = \frac{(116.1549) \{S/[-214.9879] + 1\}}{[(S/.0247)^2 + 40.3333 S + 1]} \quad \beta = 82.64$$

NOMBRE DEL PACIENTE ? SEGOVIA REYES E.

14:17:51

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

124

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 70.9961

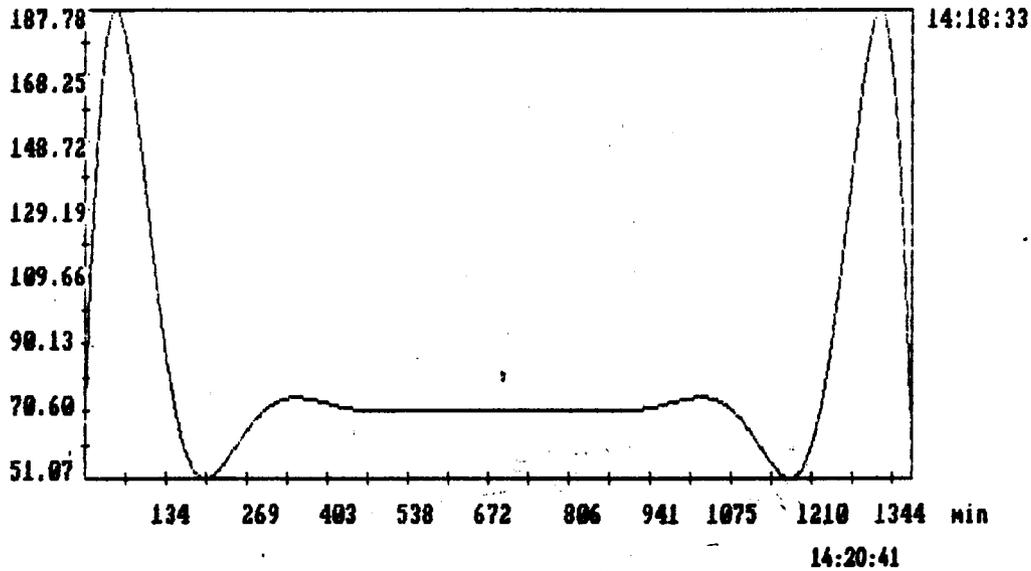
C = [mg/100 ml] ? 243.1285

A = [l/min] ? .0121

W = [rad/min] ? .0215

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 178

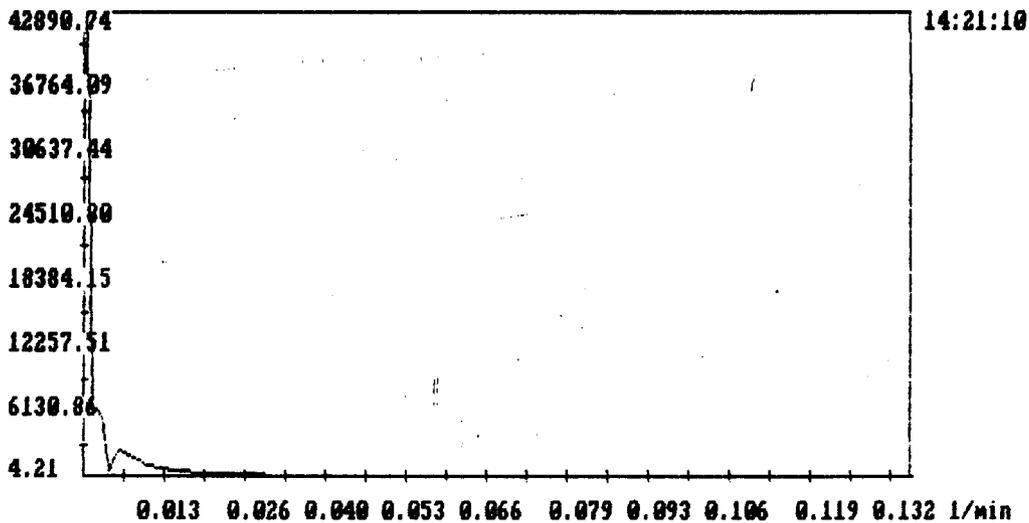


Figura 25.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 25.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.02925) = 17.094$ minutos.
 Atenuación = - 80.16 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 17:11:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 17:15:45 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : VAZQUEZ C.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

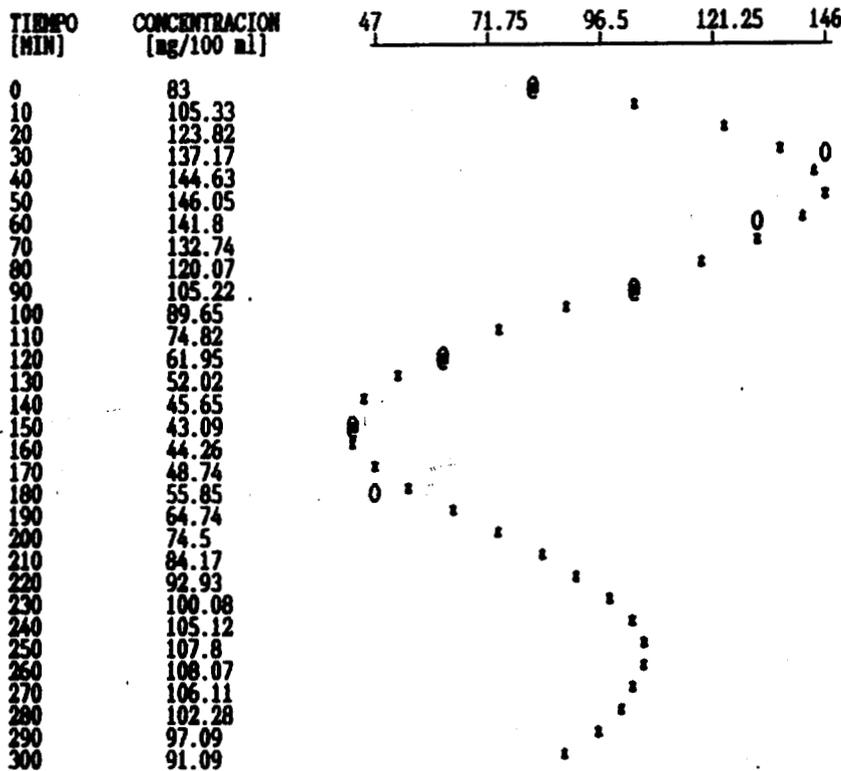
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO (MIN)	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	83	83	
30	146	137.17	
60	132	141.8	
90	103	105.22	
120	59	61.95	
150	47	43.09	
180	47	55.85	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9796 n = 1.01 D.M. = ± 6.3387 mg/100 ml R.M. = ± 8.020701 %



K = 82.9958 C = 78.7356 a = .0044 W = .0301 θ = .0001

TA(5%) = 11 HRS. 20 MIN. 50 SEG. E.C.M. = 2.3955 ENERGIA = 3.44 K+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 2.3699

TIEMPO DE PICO (TP) = 47 MIN 22 SEG VALOR MAXIMO = 146.2467

AREA (1) = 4179.075 [GLUCOSA] media = 123.036
AREA (2) = 2640.198 [GLUCOSA] media = 57.6997
AREA (3) = 1667.987 [GLUCOSA] media = 98.977

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0304 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .1446

$$Y(S) = \frac{(35.1097)(S/[-300.9956] + 1)}{(S/.0304)^2 + 9.7778 S + 1} \quad \beta = 227.27$$

Figura 26. a Resultado obtenido con el programa para los datos de la paciente: Vázquez C. a una carga de 75 gramos de glucosa.

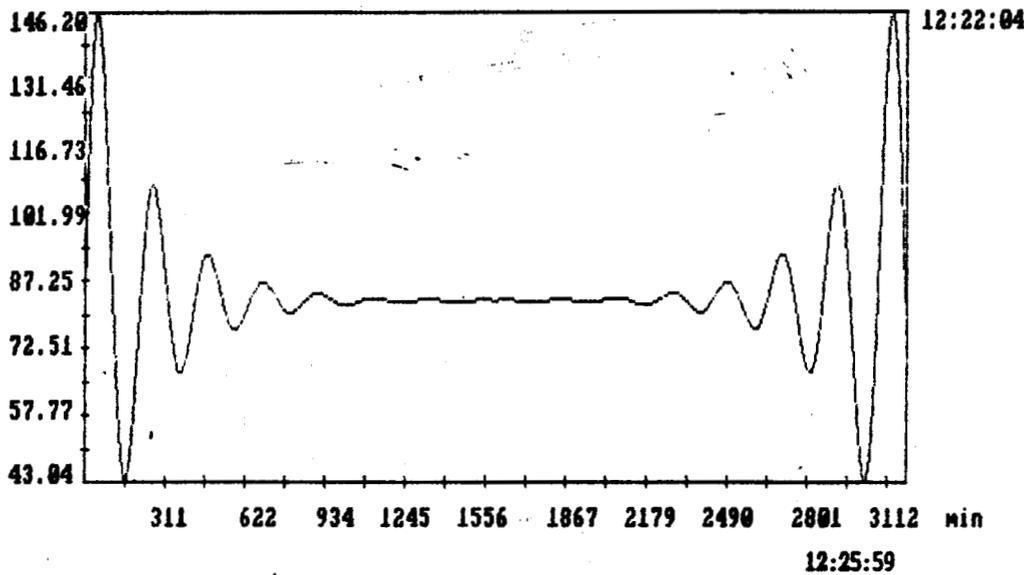
CASO SUB AMORTIGUADO 1
CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

126

K = [mg/100 ml] ? 82.9958
C = [mg/100 ml] ? 78.7356
A = [1/min] ? .0044
W = [rad/min] ? .0301
F = [rad] ? .0001
TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511)? 180

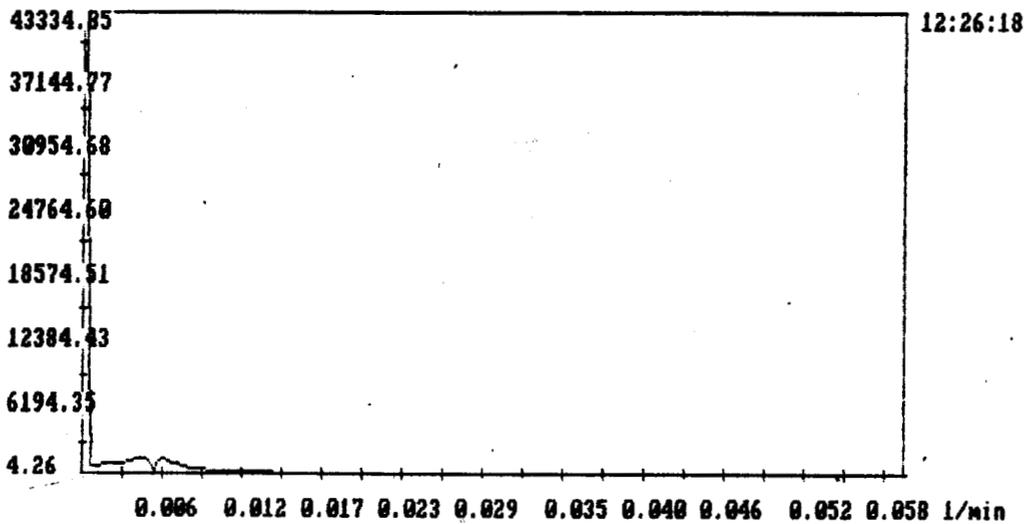


Figura 26.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 26.a.
Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.015) = 33.333$ minutos.
Atenuación = - 80.15 dB.

078797



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SUBDIRECCION GENERAL MEDICA

CARRILLO LOPEZ RAFAEL.
1164 46 1419 1M OR

DR GONZALEZ MJS
DR CANTO B 2MI.

FECHA DE ESTA SOLICITUD 21 NOV 85	FECHA DE PROX. CONSULTA	PACIENTE EXTERNO <input type="checkbox"/>	CAMA No. 851
HACER EXAMENES EL DIA	PRESENTARSE EN EL LABORATORIO A LAS HORAS	SERVICIO SOLICITANTE ENDOCRINOLOGIA.	
DIAGNOSTICO DE PRESUNCION O DATOS CLINICOS ACROMEGALIA.			

OTROS EXAMENES

EXAMENES SOLICITADOS C.T.G.

SA 851
 30min = *154*
 60min = *153*
 90min = *145*
 120min = *139*
 150min = *81*
 180min = *74*

RESULTADOS

OTROS ESTUDIOS DE LABORATORIO

Nombre y firma de quien informa

Fecha de entrega

Figura 27. Datos reales del paciente: Carrillo López R. a una carga de 75 gramos de glucosa.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 14:49:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 14:53:45 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : CARRILLO LOPEZ R.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : ACROMEGALIA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	85	85	
30	154	147.01	
60	153	162.15	
90	145	145.89	
120	129	117.11	
150	81	90.5	
180	74	73.69	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9748 n = 1 D.M. = ± 7.2219 mg/100 ml R.M. = ± 6.1956 %

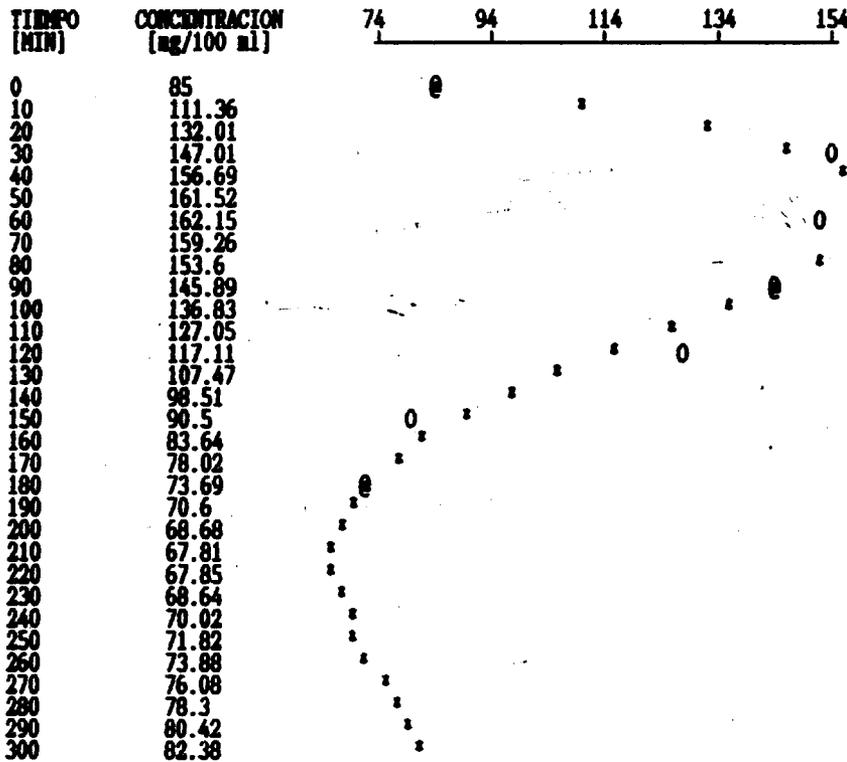


Figura 27.a Resultado obtenido con el programa para los datos presentados en la figura 27.

K = 84.9958 C = 146.7206 a = .0095 W = .0199 θ = .0001
 TA(5%) = 5 HRS. 15 MIN. 20 SEG. E.C.N. = 2.7296 ENERGIA = 4.6006 E+6
 TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 2.9196
 TIEMPO DE PICO (TP) = 56 MIN 33 SEG VALOR MAXIMO = 162.3642
 AREA (1) = 7344.592 [GLUCOSA] media = 131.5191
 AREA (2) = 1639.201 [GLUCOSA] media = 74.6125
 AREA (3) = 365.8448 [GLUCOSA] media = 87.31319
 FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0221 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .4308

$$\frac{Y(S)}{U(S)} = \frac{(77.856)(S/[-198.9905]+1)}{([S/.0221]^2+38S+1)}$$
 β = 105.26

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 84.9958

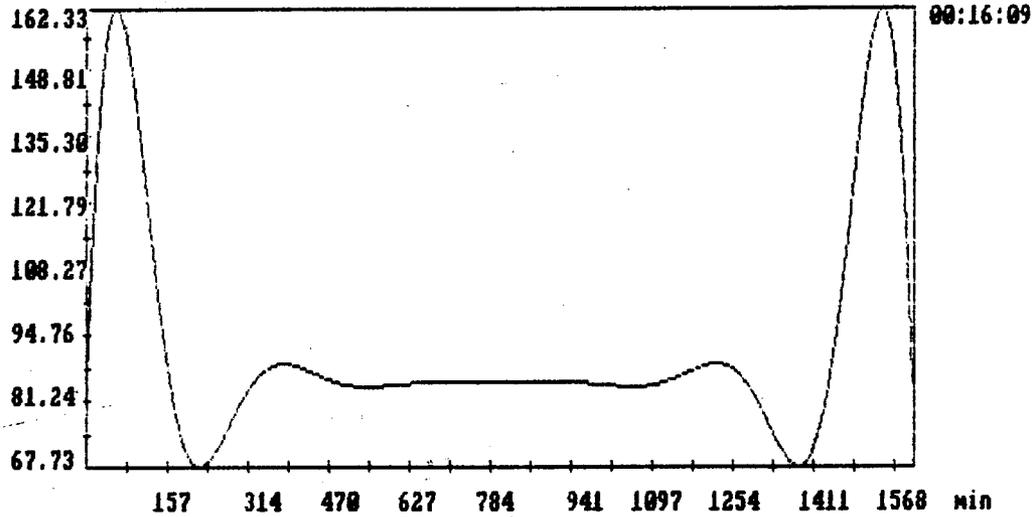
C = [mg/100 ml] ? 146.7206

A = [l/min] ? .0095

W = [rad/min] ? .0199

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 147

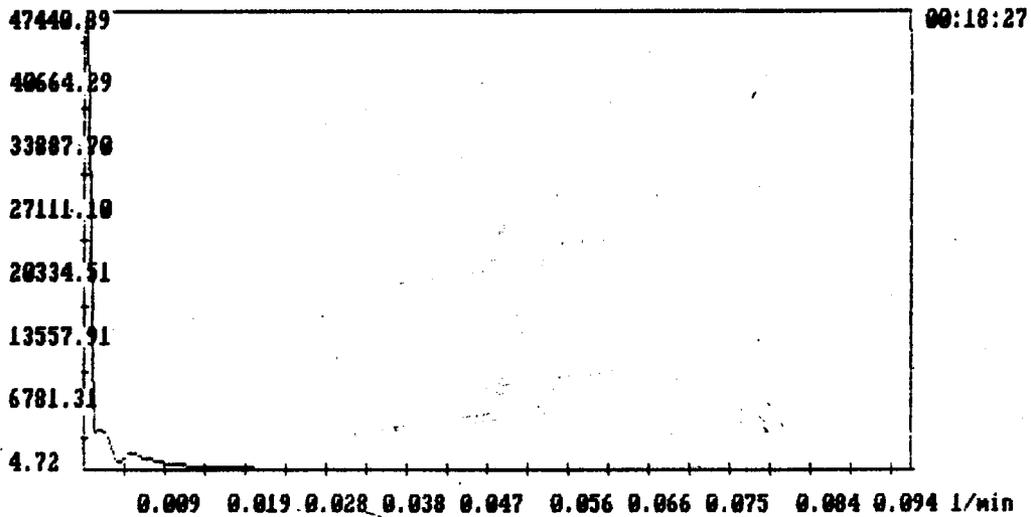


Figura 27.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 27.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.019) = 26.3$ minutos.
 Atenuación = - 80.05 dB.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:17:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:22:03 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : REYES NIETO A.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 17 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
-10	94	93.99	
0	94	93.99	
30	173	166.42	
60	176	195.84	
90	209	183.54	
120	131	144.44	
180	65	63.08	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .959 n = 1 D.N. = ± 14.5456 mg/100 ml R.M. = ± 8.236301 %

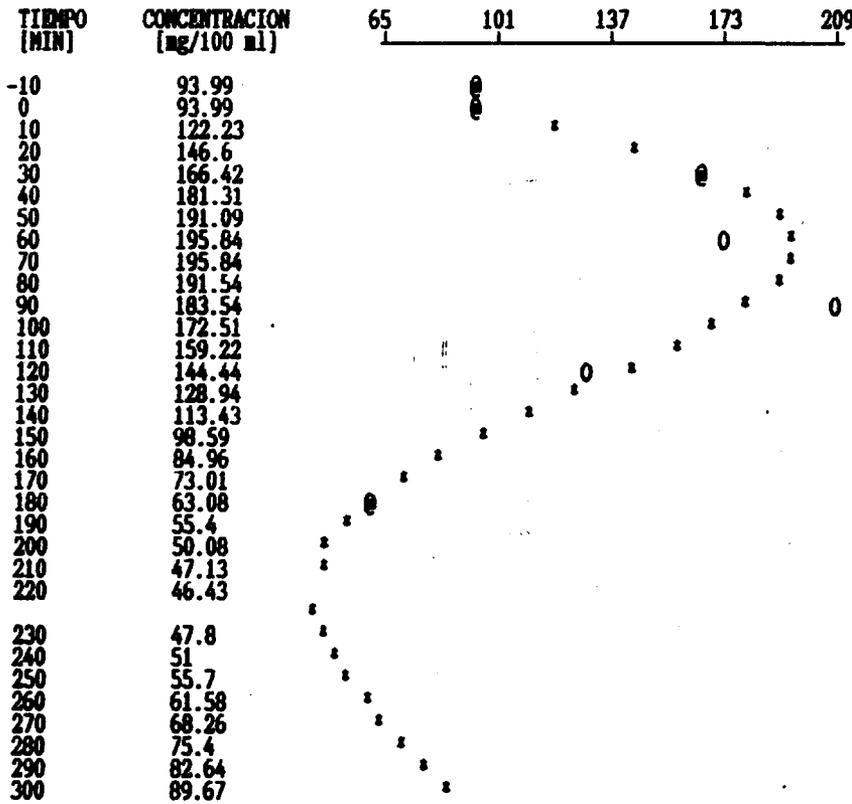


Figura 28.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Reyes Nieto A. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 93.9932 C = 145.8765 a = .005 W = .0205 θ = .0001

TA(5%) = 9 HRS. 59 MIN. 8 SEG. E.C.M. = 5.9388 ENERGIA = 10.0132 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 2.9904

TIEMPO DE PICO (TP) = 64 MIN 58 SEG VALOR MAXIMO = 196.4121

AREA (1) = 9837.859 [GLUCOSA] media = 158.1887
AREA (2) = 4572.207 [GLUCOSA] media = 64.1579
AREA (3) = 2124.962 [GLUCOSA] media = 107.8593

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0211 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .237

$$Y(S) = \frac{(99.6799)(S/[-204.995]+1)}{([S/.0211]^2+25S+1)} \quad \beta = 200$$

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

131

K = [mg/100 ml] ? 93.9932

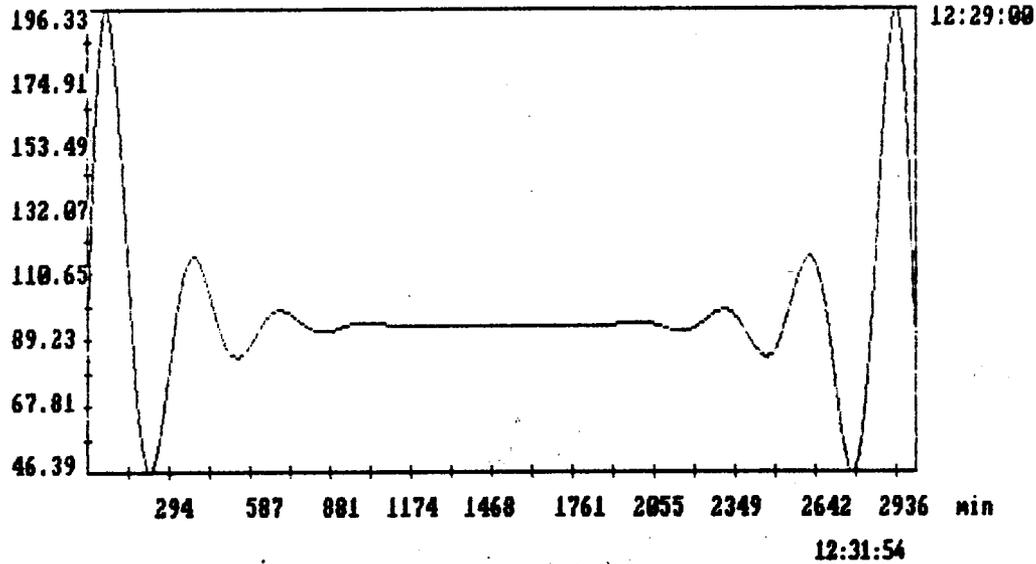
C = [mg/100 ml] ? 145.8765

A = [l/min] ? .005

W = [rad/min] ? .0205

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 181

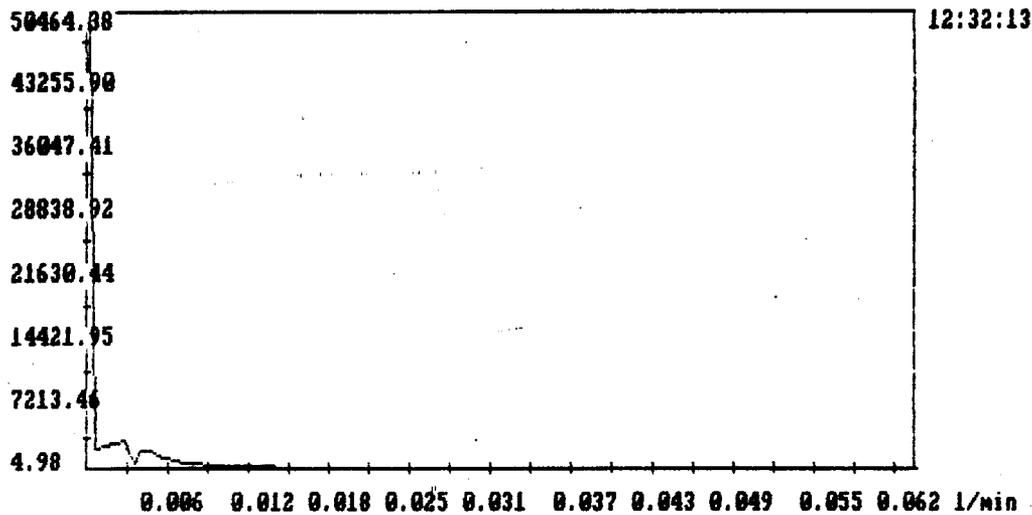


Figura 28.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 28.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.014) = 35.7$ minutos.
 Atenuación = - 80.12 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 14:17:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 14:26:45 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : PRADO DIAZ P.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

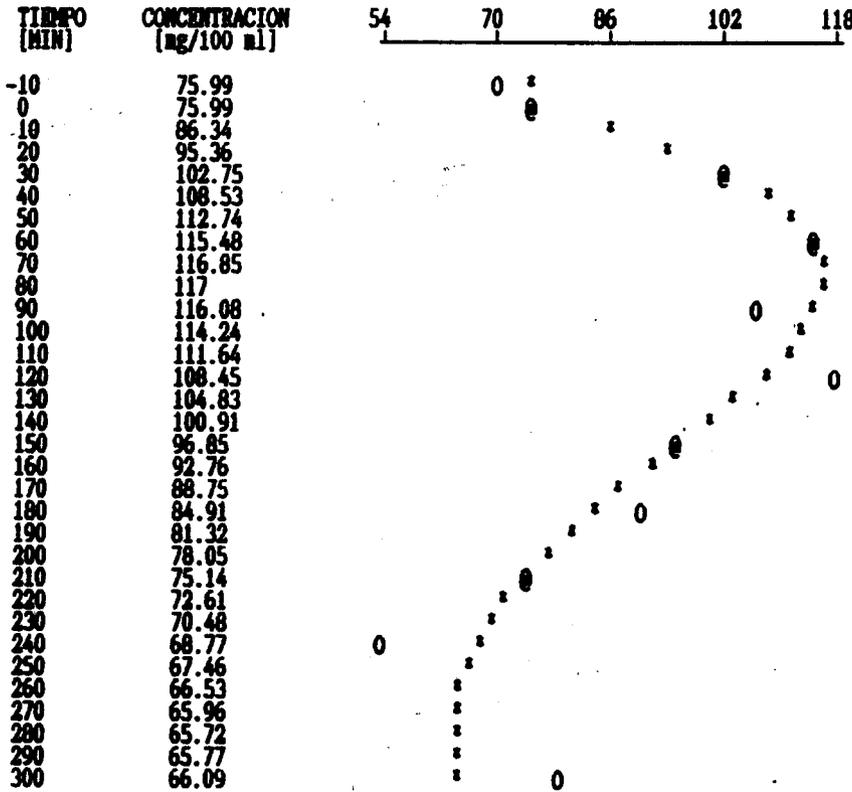
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 21 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL x.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
-10	70	75.99	
0	76	75.99	
30	105	102.75	
60	115	115.48	
90	107	116.08	
120	118	108.45	
150	96	96.85	
180	92	84.91	
210	76	75.14	
240	54	68.77	
300	80	66.09	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9483 n = .96 D.M. = ± 8.0144 mg/100 ml R.M. = ± 10.5868 %



K = 75.9937 C = 74.8487 a = .0067 W = .0152 θ = .0036
TA(5%) = 7 HRS. 27 MIN. 7 SEG. E.C.M. = 2.5345 ENERGIA = 1.7314 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 14 SEG. PENDIENTE EN TR = 1.1359
TIEMPO DE PICO (TP) = 76 MIN 16 SEG VALOR MAXIMO = 117.0817
AREA (1) = 5155.458 [GLUCOSA] media = 100.9374
AREA (2) = 1290.816 [GLUCOSA] media = 69.7483
AREA (3) = 323.1929 [GLUCOSA] media = 77.5574
FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0166 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .4033
Y(S) = (50.4839) (S/[-4.2155]+1)
U(S) = ([S/ .0166]^2+ 44.6667 S+1) β = 149.25

Figura 29.a Resultado obtenido con el programa para los datos de la paciente: Prado Diaz P. a una carga de 75 gramos de glucosa.

IZTAPALAPA
SERVICIOS DOCUMENTALES

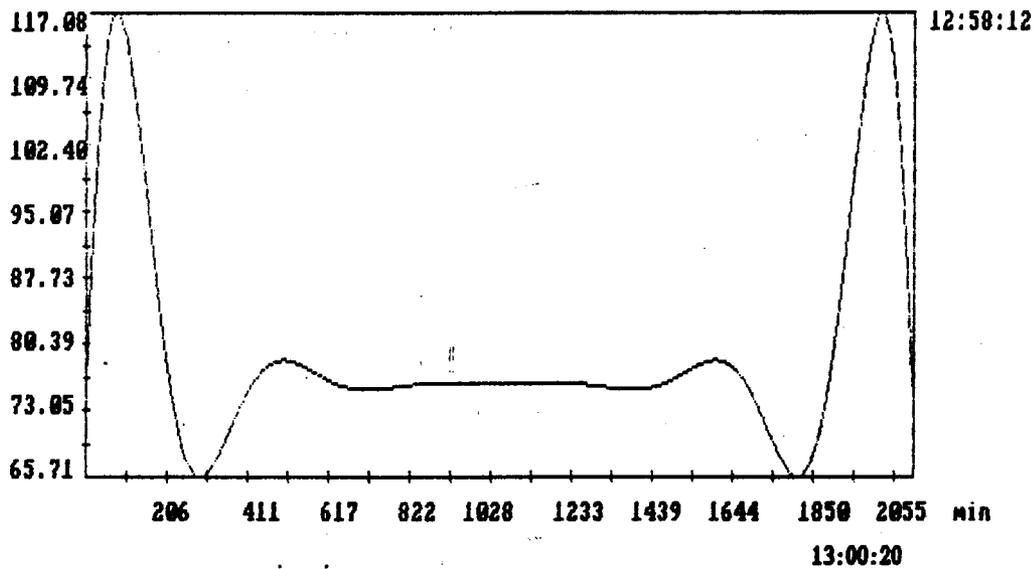
CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

- K = [mg/100 ml] ? 75.9937
- C = [mg/100 ml] ? 74.8487
- A = [l/min] ? .0067
- W = [rad/min] ? .0152
- F = [rad] ? .0036
- TR = [min] ? .2333



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 118

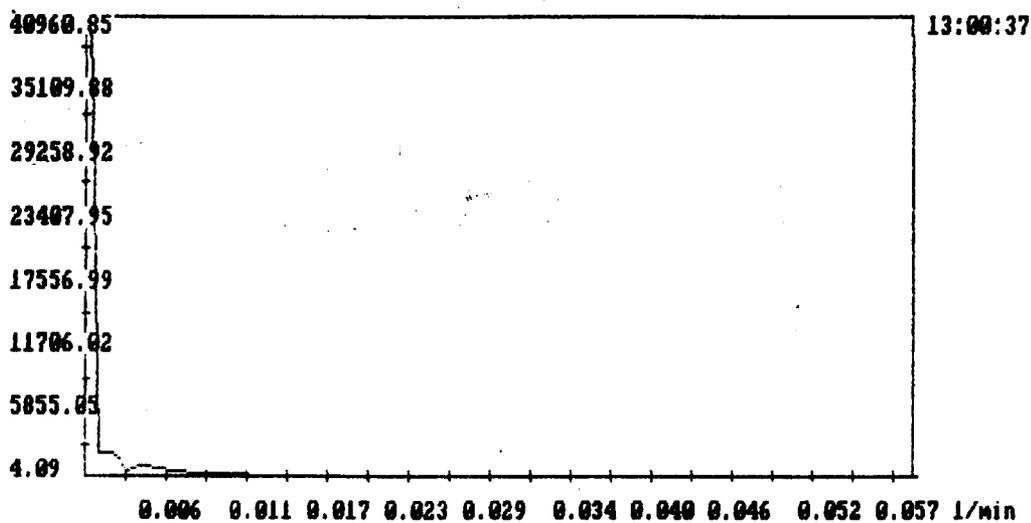


Figura 29.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 29.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.011) = 45.45$ minutos.
 Atenuación = - 80.02 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 17:31:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 17:35:46 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : OLIVARES J.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : ACROMEGALIA

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	90	90	
30	190	170.32	
60	159	185.39	
90	164	161.01	
120	142	124.13	
150	85	93.16	
180	68	75.79	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9367 n = 1 D.M. = ± 14.8289 mg/100 ml R.M. = ± 10.2115 %

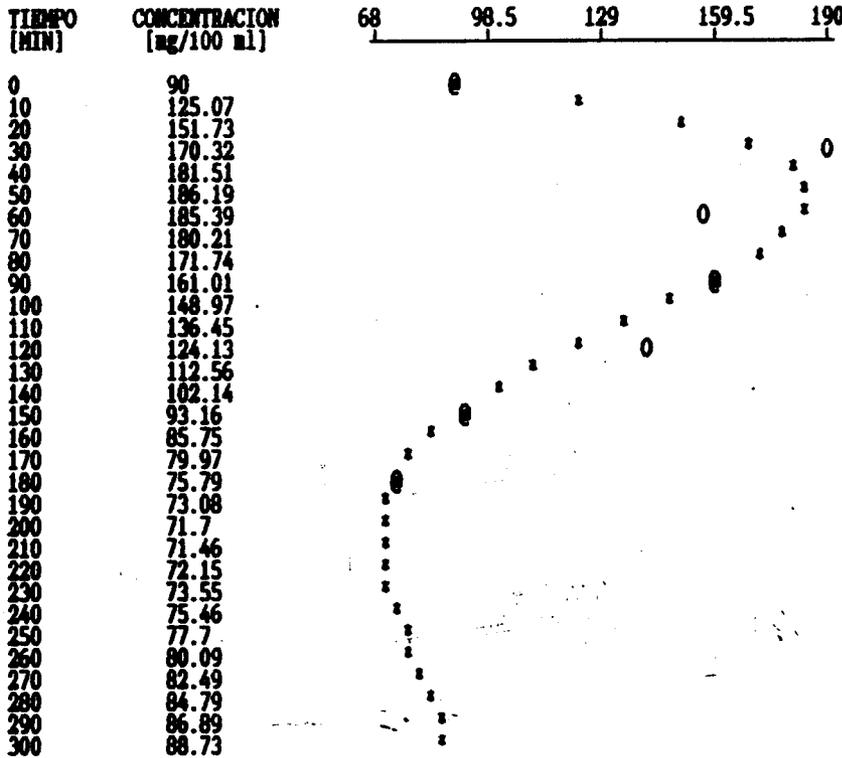


Figura 30.a Resultado obtenido con el programa para los datos de la paciente: Olivares J. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 89.9958 C = 192.7558 α = .0107 W = .0204 θ = .0001

TA(5%) = 4 HRS. 39 MIN. 58 SEG. E.C.M. = 5.605 ENERGIA = 6.7833 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 3.932

TIEMPO DE PICO (TP) = 53 MIN 20 SEG VALOR MAXIMO = 186.4751

AREA (1) = 8836.457 [GLUCOSA] media = 147.3755
AREA (2) = 1700.785 [GLUCOSA] media = 78.9517
AREA (3) = 327.3564 [GLUCOSA] media = 92.1215

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .023 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .4645

$$Y(S) = \frac{(104.8537)(S/[-203.9893] + 1)}{U(S) = ((S/.023)^2 + 42.8 S + 1)} \quad \beta = 93.46$$

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 89.9958

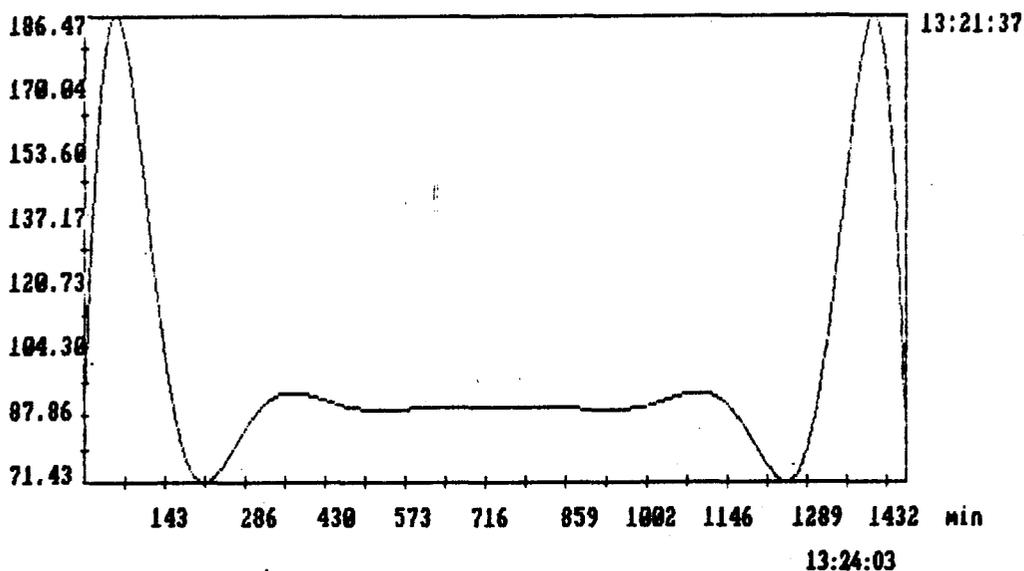
C = [mg/100 ml] ? 192.7558

A = [1/min] ? .0107

W = [rad/min] ? .0204

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 155

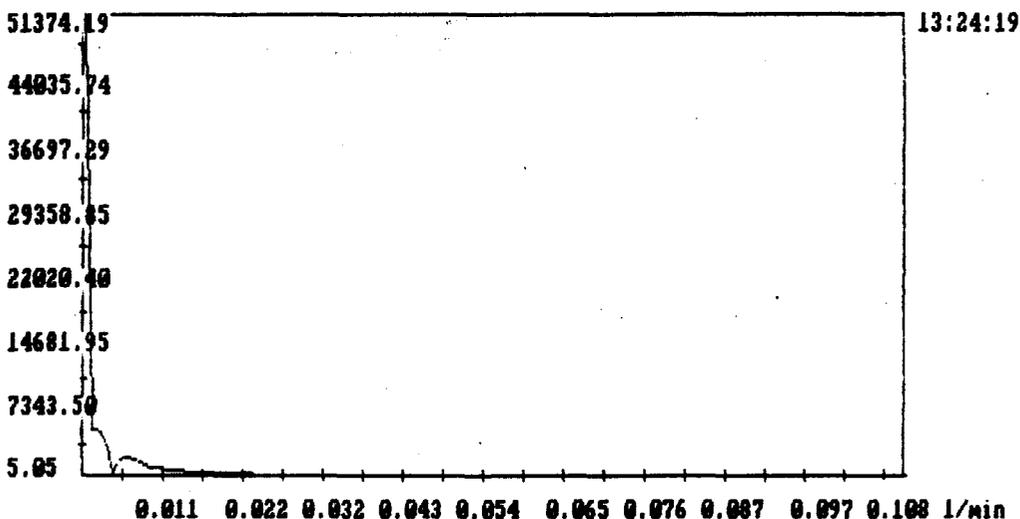


Figura 30.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 30.a. Tiempo de muestreo = 1/(2x0.022) = 22.73 minutos. Atenuación = - 80.14 dB.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SUBDIRECCION GENERAL MEDICA

HERNANDEZ ZENIZO JAIME

01 67 45 4049

~~DR. GARCIA S. 5407311~~
~~CMR~~

FECHA DE ESTA SOLICITUD 9 dic 85	FECHA DE PROX. CONSULTA	<input type="checkbox"/> PACIENTE EXTERNO	CAMA No. 852
HACER EXAMENES EL DIA	PRESENTARSE EN EL LABORATORIO A LAS HORAS	SERVICIO SOLICITANTE ENDOCRINOLOGIA	
DIAGNOSTICO DE PRESUNCION O DATOS CLINICOS ACROMEGALIA			

OTROS EXAMENES

EXAMENES SOLICITADOS **CURVA DE TOLERANCIA A LA GLUCOSA 100 MGS**

RESULTADOS

Basal	55
30 mins	111
60 mins	72
90 mins	48
120 mins	35
150 W	32
180 W	63

MS db

OTROS ESTUDIOS DE LABORATORIO

Nombre y firma de quién informa

Fecha de entrega

Figura 31. Datos reales del paciente: Hernandez Zenizo J. a una carga de 100 gramos de glucosa.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:48:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:52:25 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 100
PACIENTE : HERNANDEZ ZENIZO J.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : ACROMEGALIA

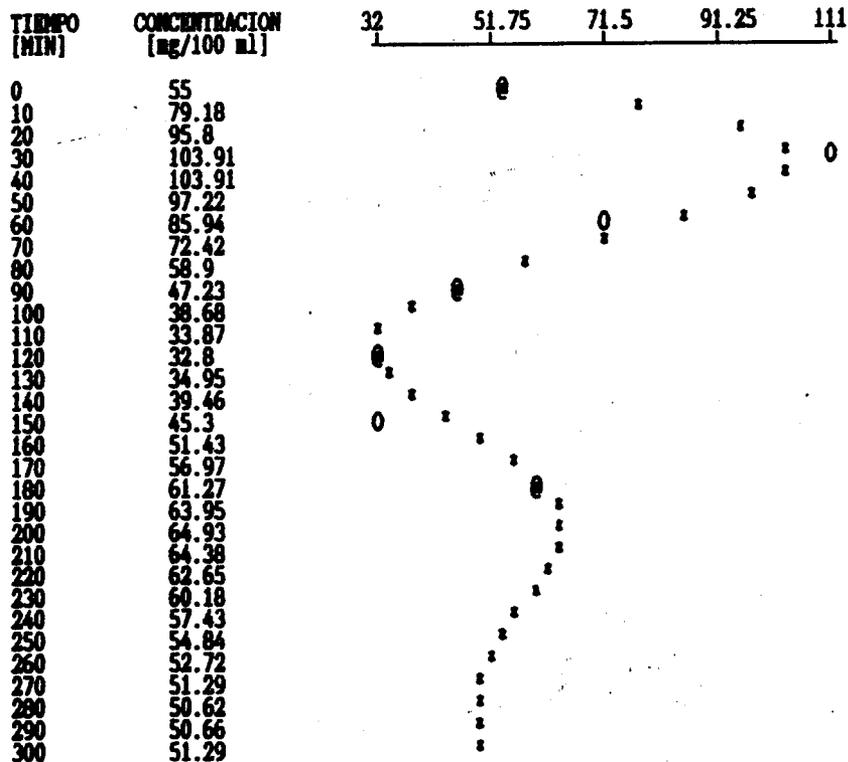
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 13 ITERACIONES

TIEMPO (MIN)	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	55	55	
30	111	103.91	
60	72	85.94	
90	48	47.23	
120	35	32.8	
150	32	45.3	
180	63	61.27	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9321 n = 1.03 D.M. = ± 7.8368 mg/100 ml R.M. = ± 13.246 %



K = 54.9974 C = 72.2216 a = .0097 W = .0378 θ = .0001
TA(5%) = 5 HRS. 8 MIN. 50 SEG. E.C.M. = 2.9614 ENERGIA = 1.2574 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 2.7299
TIEMPO DE PICO (TP) = 34 MIN 55 SEG VALOR MAXIMO = 104.8564
AREA (1) = 2593.081 [GLUCOSA] media = 86.1976
AREA (2) = 1157.973 [GLUCOSA] media = 41.0645
AREA (3) = 517.1073 [GLUCOSA] media = 61.2193
FRECUENCIA NATURAL (ωN) = .039 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .2486

$$Y(S) = \frac{(18.1994)(S/[-377.9903]+1)}{([S/.039]^2+12.9333S+1)} \quad \beta = 103.09$$

Figura 31.a Resultado obtenido con el programa para los datos presentados en la figura 31.

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 54.9974

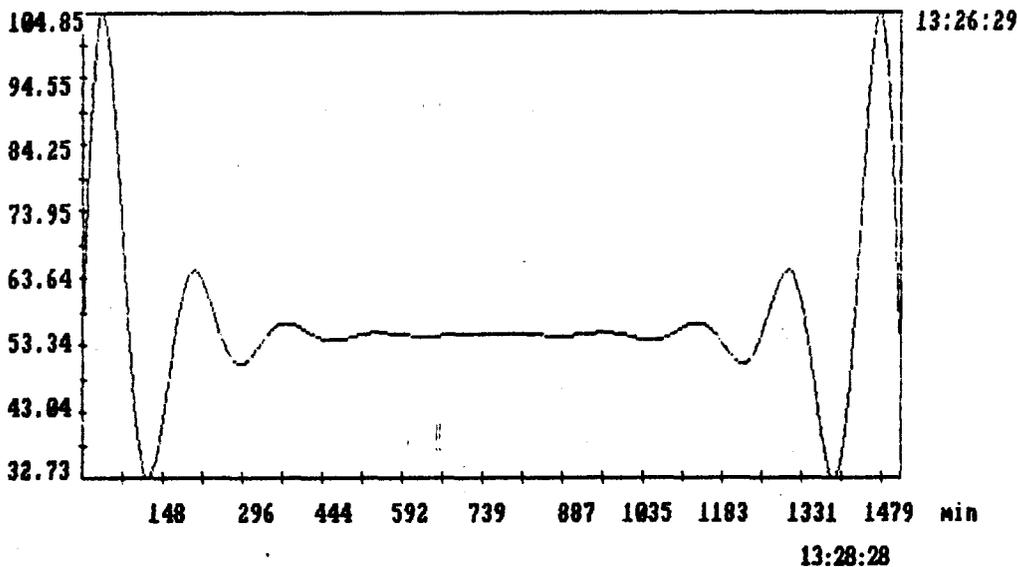
C = [mg/100 ml] ? 72.2216

A = [l/min] ? .0097

W = [rad/min] ? .0378

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 168

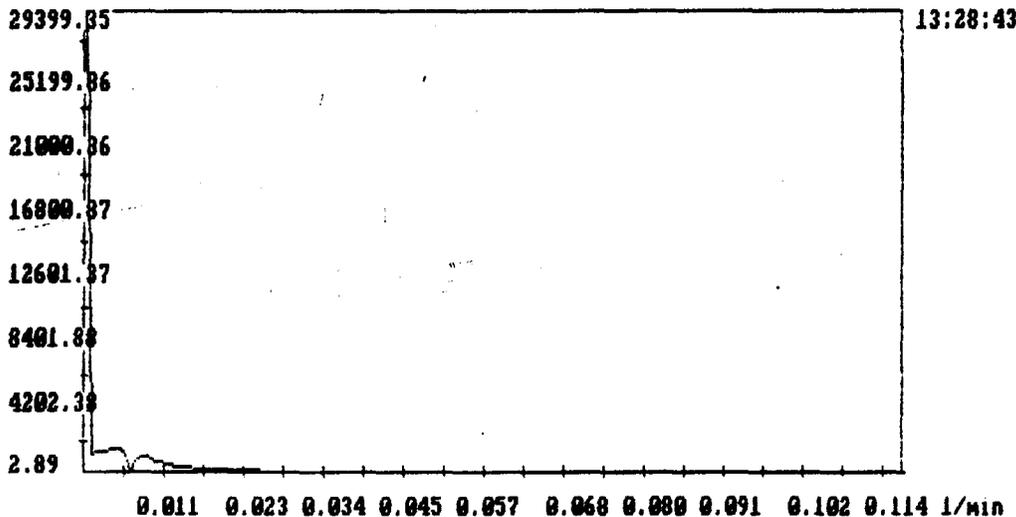
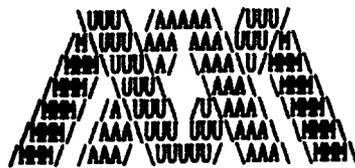


Figura 31.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 31.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.02575) = 19.4$ minutos.
 Atenuación = - 80.16 dB.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 17:50:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 17:55:20 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : LOPEZ CARDONA A.
EDAD : 40
SEXO : MASCULINO
PESO : 77
ESTATURA : 1.70
COMENTARIOS : ADENOMA HIPOFISIARIO

139

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
-10	76	75	
0	75	75	
20	122	118.92	
30	136	130.12	
60	119	133.96	
90	124	114.82	
120	103	92.73	
150	59	77.18	
180	78	69.86	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9284 n = .99 D.H. = ± 10.3343 mg/100 ml R.M. = ± 11.3465 %

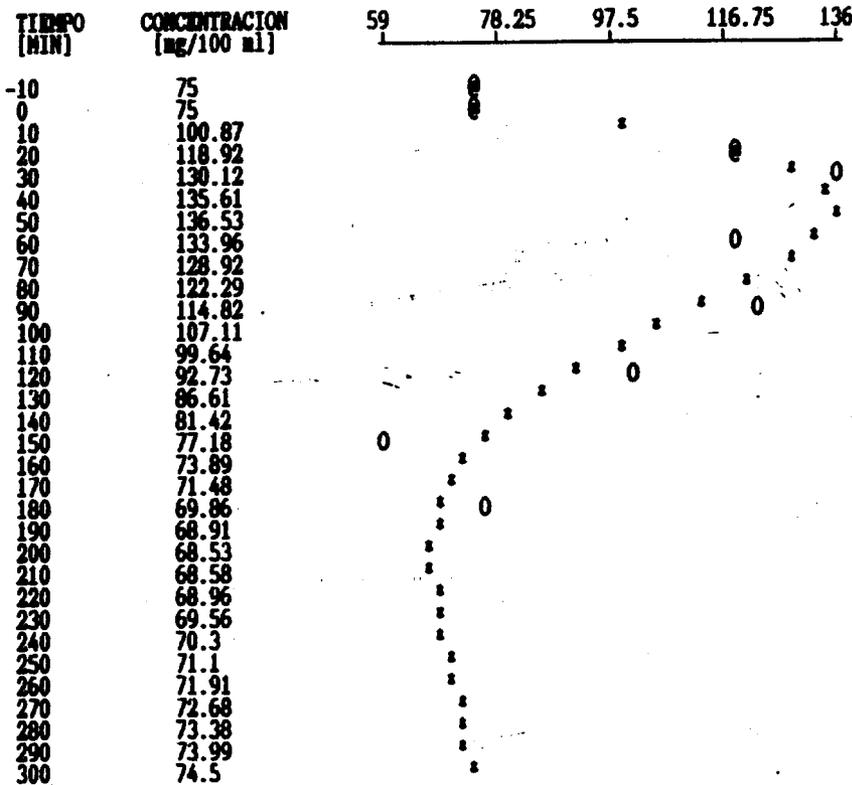


Figura 32.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: López Cardona A. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 74.9958 C = 149.753 α = .0144 W = .0201 θ = .0001

TA(5X) = 3 HRS. 28 MIN. 2 SEG. E.C.M. = 3.6537 ENERGIA = 2.5739 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 3.0098

TIEMPO DE PICO (TP) = 47 MIN 14 SEG VALOR MAXIMO = 136.6663

AREA (1) = 5441.992 [GLUCOSA] media = 109.8138
AREA (2) = 573.1842 [GLUCOSA] media = 71.3286
AREA (3) = 60.3713 [GLUCOSA] media = 75.3821

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0247 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .5824

$$Y(S) = \frac{(66.8849)(S/[-200.9856] + 1)}{([S/.0247]^2 + 48S + 1)}$$

β = 69.44

NOMBRE DEL PACIENTE ? LOPEZ CARDONA A.

13:43:35

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

140

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 74.9958

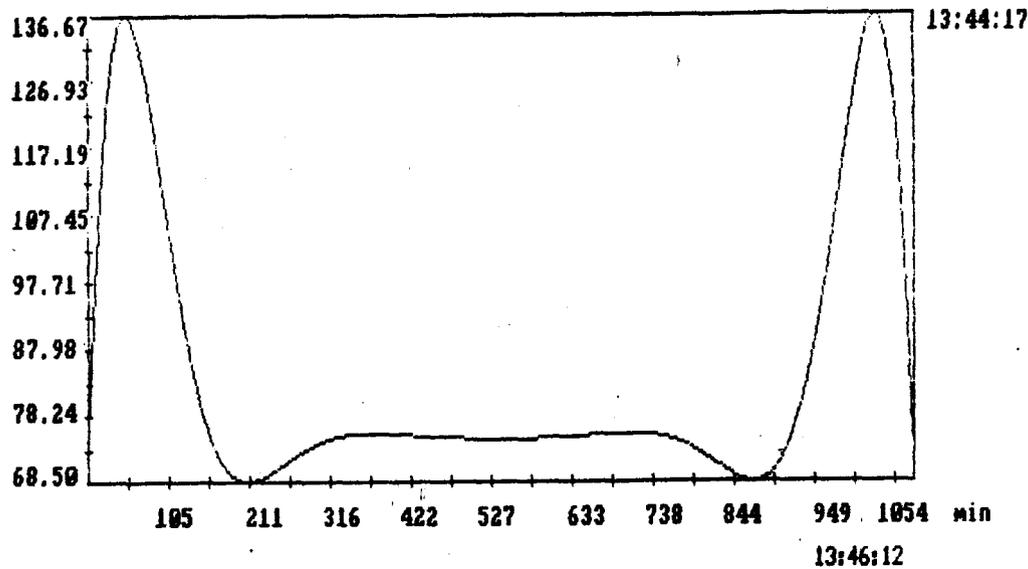
C = [mg/100 ml] ? 149.753

A = [1/min] ? .0144

W = [rad/min] ? .0201

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 132

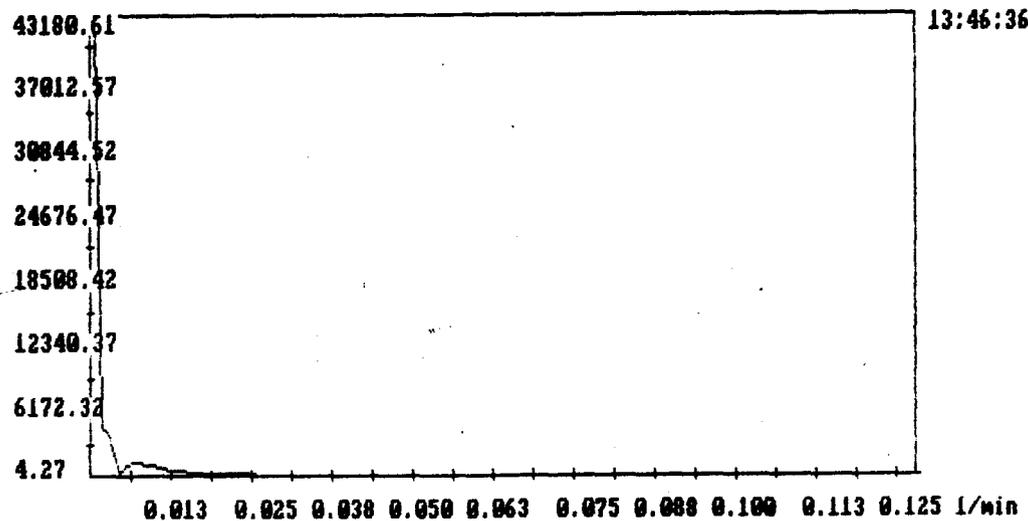


Figura 32.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 32.a.
Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.025) = 20.0$ minutos.
Atenuación = - 80.09 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 00:23:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 00:30:35 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : ROMERO O.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZIAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 15 ITERACIONES

TIEMPO (MIN)	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	63	63	
30	123	80.03	
60	67	89.02	
90	71	90.86	
120	107	87.4	
150	73	80.83	
180	71	73.21	
210	67	66.15	
240	79	60.69	
270	43	57.28	
300	48	55.87	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .5679 n = .97 D.M. = ± 18.5323 mg/100 ml R.M. = ± 23.956 %

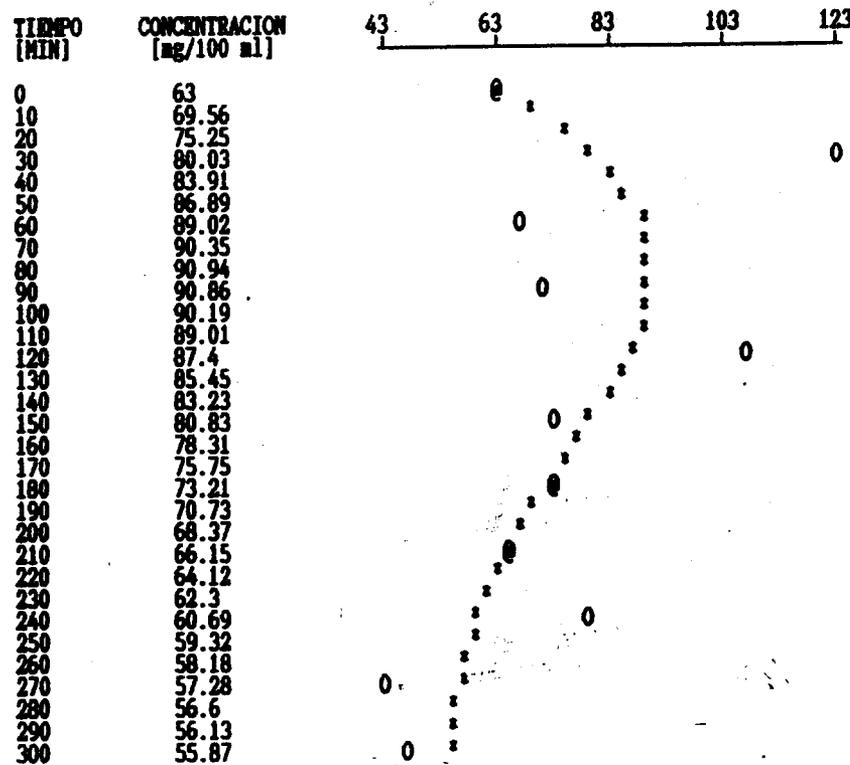


Figura 33.a Resultado obtenido con el programa para los datos de la paciente: Romero O. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 62.997 C = 50.3704 a = .006 W = .0139 θ = .0001

TA(5%) = 8 HRS. 19 MIN. 17 SEG. E.C.N. = 5.5874 ENERGIA = .8899 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = .7001

TIEMPO DE PICO (TP) = 83 MIN 42 SEG VALOR MAXIMO = 90.98526

AREA (1) = 3841.693 [GLUCOSA] media = 79.9946
AREA (2) = 989.8818 [GLUCOSA] media = 58.6173
AREA (3) = 255.0609 [GLUCOSA] media = 64.1255

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0151 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .3963

$$Y(S) = \frac{(46.6746)(S/[-138.994] + 1)}{((S/.0151)^2 + 60S + 1)} \quad \beta = 166.67$$

NOMBRE DEL PACIENTE ? ROMERO O.

13:48:08

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

142

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 62.997

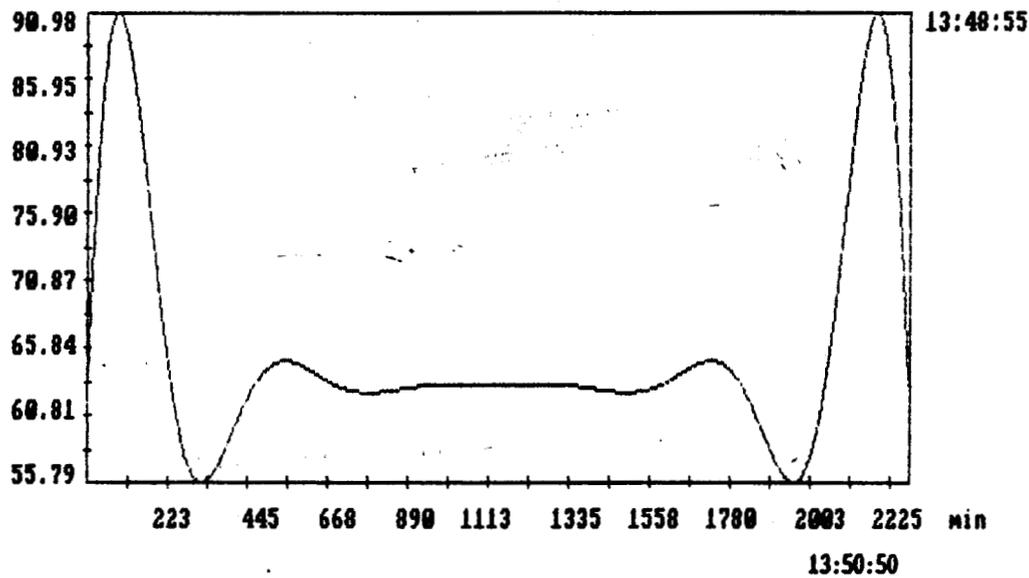
C = [mg/100 ml] ? 50.3704

A = [l/min] ? .006

M = [rad/min] ? .0139

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 108

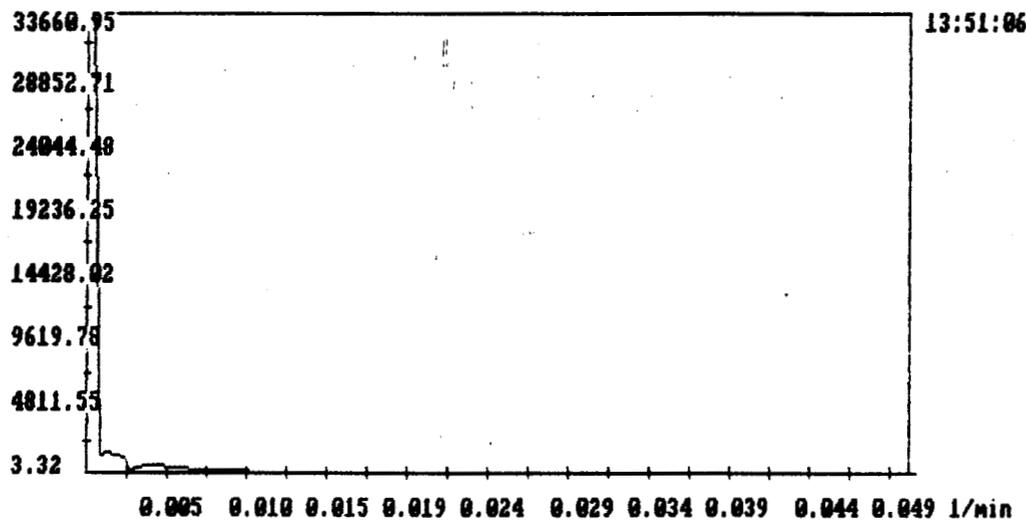


Figura 33.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 33.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.01) = 50$ minutos.
 Atenuación = - 80.12 dB.

FIGURA	ω_n	σ	POSICION DEL CERO	K_{BODE}	α	K_{BODE}/σ NORMALIZADO
24.a	0.0222	0.5092	38.1887	74.8498	0.0113	2.19/1.11
25.a	0.0247	0.4905	214.9879	116.1549	0.0121	3.41/1.07
26.a	0.0304	0.1446	300.9956	35.1097	0.0044	1.03/0.32
27.a	0.0221	0.4308	198.9905	77.856	0.0095	2.28/0.94
28.a	0.0211	0.237	204.995	99.6799	0.005	2.92/0.52
29.a	0.0166	0.4033	4.2155	50.4839	0.0067	1.48/0.88
30.a	0.023	0.4645	203.9893	104.8537	0.0107	3.07/1.01
31.a	0.039	0.2486	377.9903	18.1994	0.0097	0.53/0.54
32.a	0.0247	0.5824	200.9856	66.8849	0.0144	1.96/1.27
33.a	0.0151	0.3963	138.994	46.6746	0.006	1.37/0.86

Tabla IV.- Resumen de los parámetros obtenidos para las gráficas de las figuras 24.a ; 25.a ; 26.a ; 27.a ; 28.a ; 29.a ; 30.a ; 31.a ; 32.a y 33.a.

El diagrama de la figura 34, presenta los valores de K_{BODE} y σ normalizados para los datos de la tabla IV.

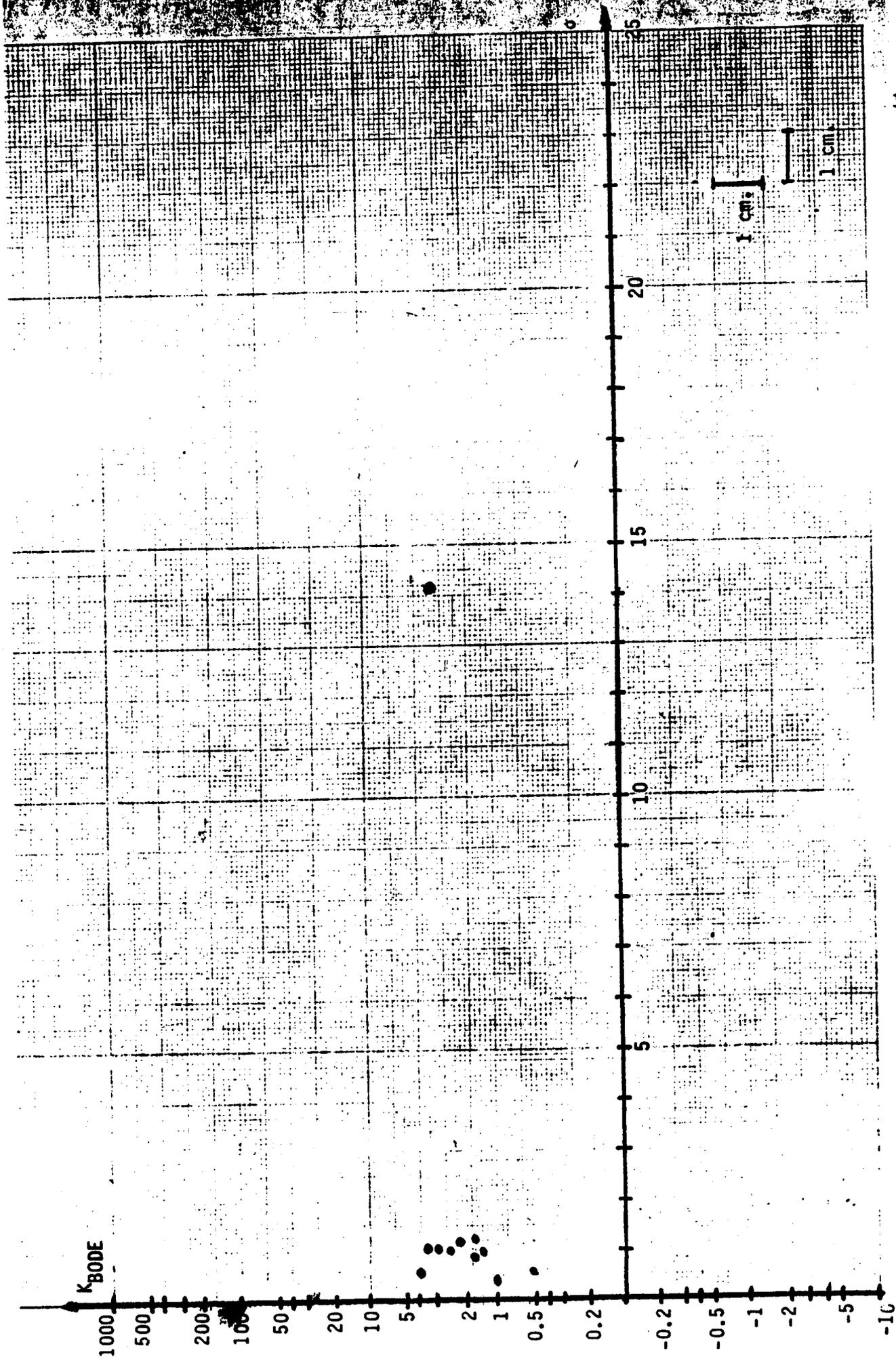


Figura 34. Diagrama KBODE - σ para los parametros de las figuras 24.a ; 25.a ; 26.a ; 27.a ; 28.a ; 29.a ; 30.a ; 31.a 32.a y 33.a



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 17:39:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 17:46:06 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : AGUILAR Ma.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 24 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	80	79.99	
30	210	208.57	
60	255	268.94	
90	285	285.84	
120	287	278.38	
180	230	233.92	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9958 n = .99 D.M. = ± 6.9131 mg/100 ml R.M. = ± 2.5811 %

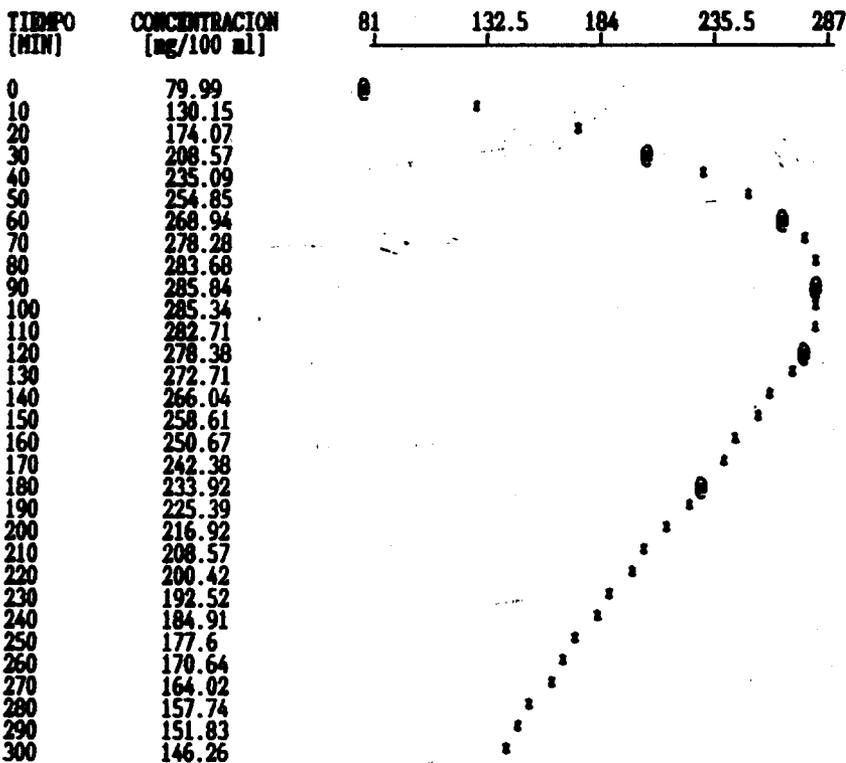


Figura 35.a Resultado obtenido con el programa para los datos de la paciente: Aguilar M. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 79.9928 C = 2088.871 α = .0106 W = .0029 θ = .0023

TA(SX) = 4 HRS. 42 MIN. 36 SEG. E.C.M. = 2.9338 ENERGIA = 43.6464 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 47 SEG. PENDIENTE EN TR = 6.007

TIEMPO DE PICO (TP) = 92 MIN 53 SEG VALOR MAXIMO = 285.941

AREA (1) = 50157.81 [GLUCOSA] media = 126.2934
AREA (2) = .5168 [GLUCOSA] media = 79.99229
AREA (3) = 0 [GLUCOSA] media = 79.9928

FRECUENCIA NATURAL (ωN) = .011 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .9646

$$Y(S) = \frac{(800.9044)(S/[-1.2503] + 1)}{[S/.011]^2 + 212S + 1} \quad \beta = 94.34$$

NOMBRE DEL PACIENTE ? AGUILAR M.

13:52:52

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

146

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 79.9928

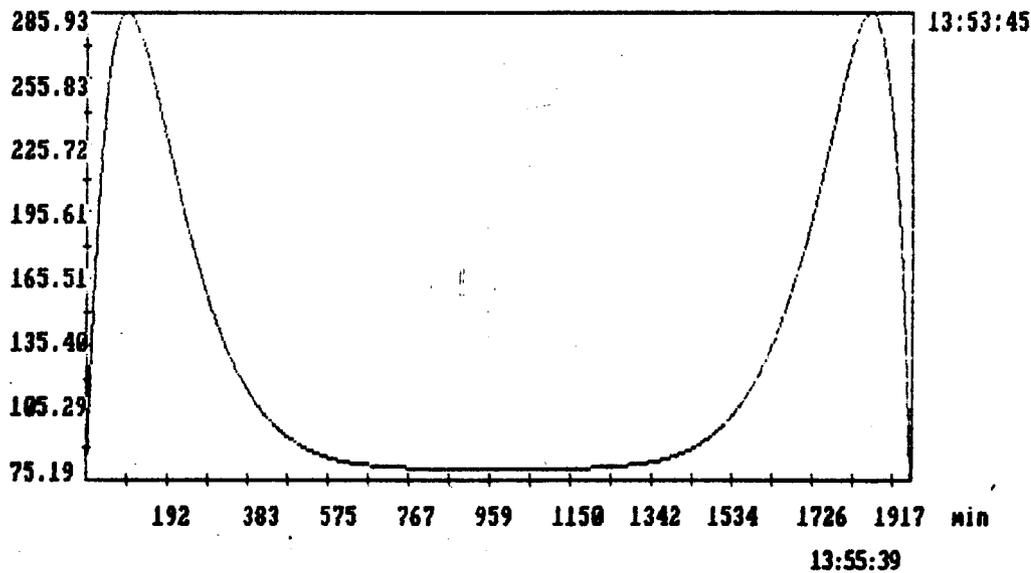
C = [mg/100 ml] ? 2088.871

A = [l/min] ? .0106

W = [rad/min] ? .0029

F = [rad] ? .0023

TR = [min] ? .7833333



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 181

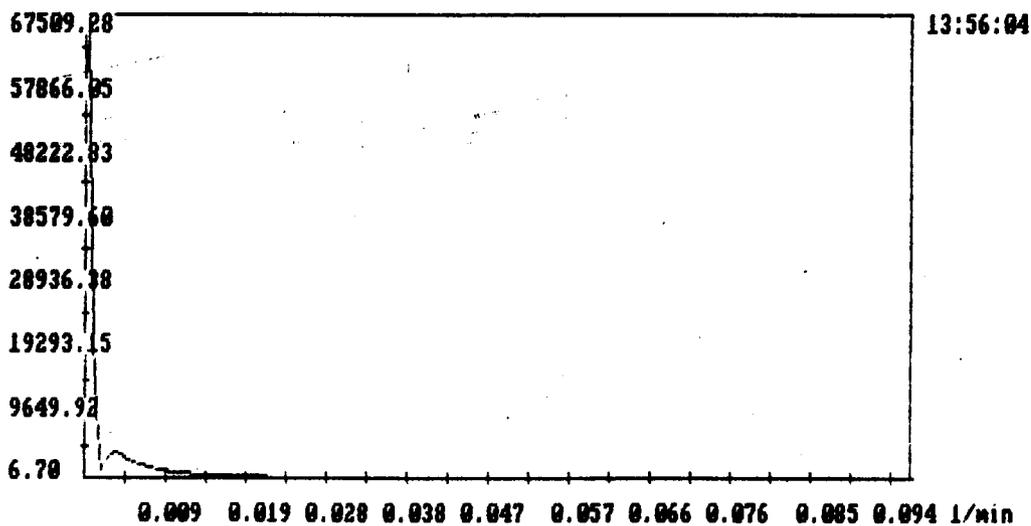


Figura 35.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 35.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.02125) = 23.53$ minutos.
 Atenuación = - 80.07 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 19:57:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 20:00:58 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : ---
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	224	223.99	
30	502	470.19	
60	450	489.85	
90	420	444.87	
120	435	390.57	
180	315	308.38	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9867 n = .94 D.M. = ± 29.5417 mg/100 ml R.M. = ± 6.8022 %

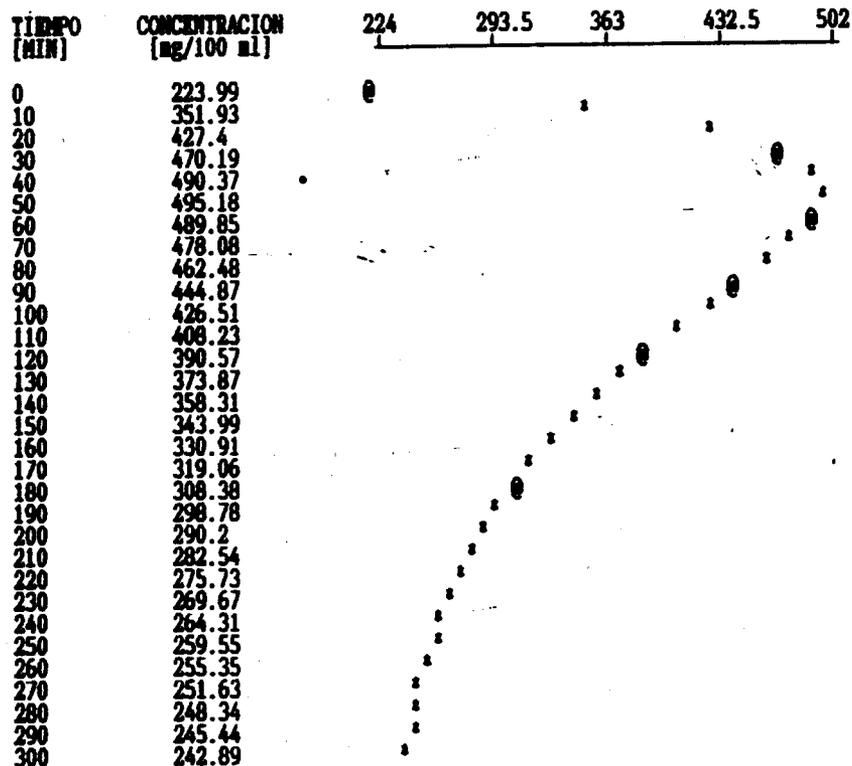


Figura 36.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: a una carga de 75 gramos de glucosa. Nótese el valor de la concentración basal.

K = 223.9888 C1 = 884.07 a1 = .0128 C2 = -878.1636 a2 = .0301

TA(5%) = 5 HRS. 41 MIN. 18 SEG. E.C.M. = 12.1008 ENERGIA = 714.185 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 23 SEG. PENDIENTE EN TR = 14.8661

TIEMPO DE PICO = 49 MIN 2 SEG VALOR MAXIMO = 495.2323

AREA (TR - TA) = 39.0157 E+03 [GLUCOSA] med = 338.433 a = .0215

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0196 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 1.0928

$$Y(S) = \frac{(531.908)(S/[2.6022]+1)}{(S/[0.0128]+1)(S/[0.0301]+1)} \quad \beta_1 = 78.13 \quad \beta_2 = 33.22$$

LA EVALUACION NORMALIZADA ES : 15.59 / 2.38

NOMBRE DEL PACIENTE ?

00:03:55

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

2

148

Escriba los parametros de la curva [caso sobre amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 223.9888

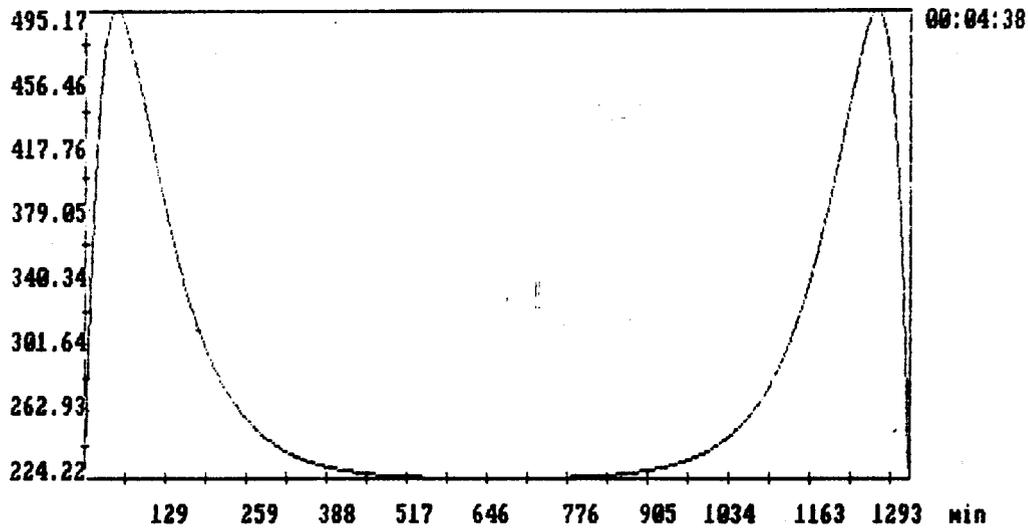
C1 = [mg/100 ml] ? 884.07

A1 = [1/min] ? .0128

C2 = [mg/100 ml] ? -878.1636

A2 = [1/min] ? .0301

TR = [min] ? .383333



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 167

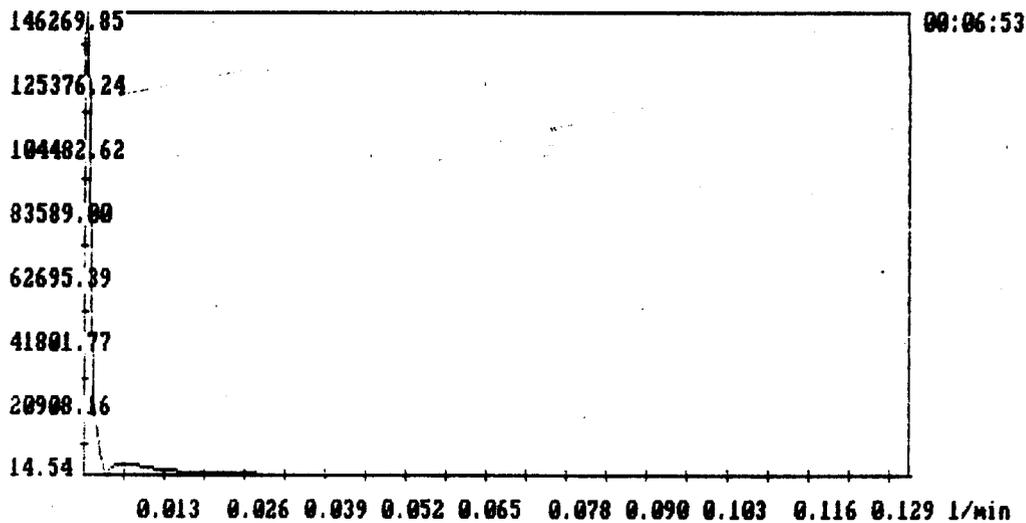


Figura 38.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 38.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.028) = 17.75$ minutos.
 Atenuación = - 80.05 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 00:42:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 00:46:43 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : GONZALEZ JIMENEZ J. A.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

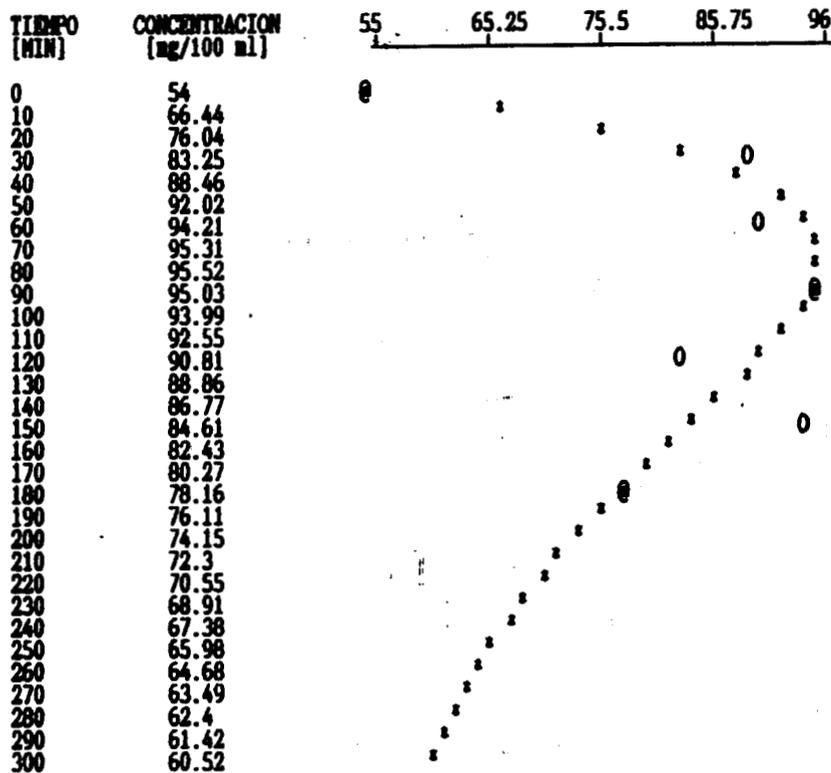
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA
ACROMEGALIA/FOSHIPOFISECTOMIA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	54	54	
30	89	83.25	
60	90	94.21	
90	96	95.03	
120	83	90.81	
150	94	84.61	
180	78	78.16	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9841 n = .93 D.M. = ± 5.3575 mg/100 ml R.M. = ± 6.1681 %



K = 53.9972 C = 242.3516 a = .012 W = .0058 θ = .0001
TA(5%) = 4 HRS. 9 MIN. 38 SEG. E.C.M. = 2.0245 ENERGIA = 2.3511 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 1 SEG. PENDIENTE EN TR = 1.4053
TIEMPO DE PICO (TP) = 77 MIN 39 SEG VALOR MAXIMO = 95.53732
AREA (1) = 7924.752 [GLUCOSA] media = 68.6279
AREA (2) = 11.9162 [GLUCOSA] media = 53.9752
AREA (3) = .0179 [GLUCOSA] media = 53.9972

FRECUENCIA NATURAL (ωN) = .0133 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .9003

$$Y(S) = \frac{(93.6899)(S/[-57.988]+1)}{(S/.0133)^2+120S+1} \quad \beta = 83.33$$

Figura 37.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: González Jiménez J.A. a una carga de 75 gramos de glucosa.

NOMBRE DEL PACIENTE ? GONZALEZ JIMENEZ J. A.

00:08:53

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

150

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 53.9972

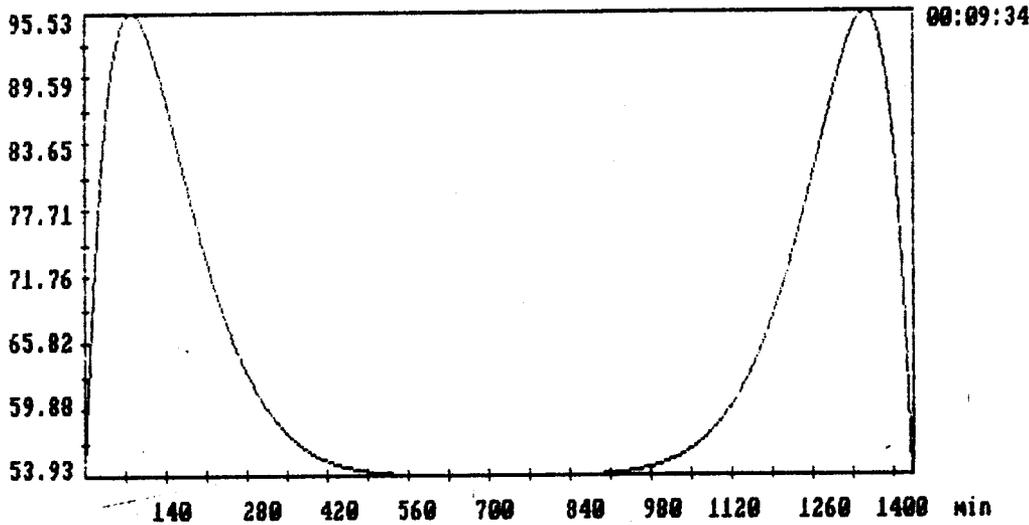
C = [mg/100 ml] ? 242.3516

A = [l/min] ? .012

W = [rad/min] ? .0058

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0.016666



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 120

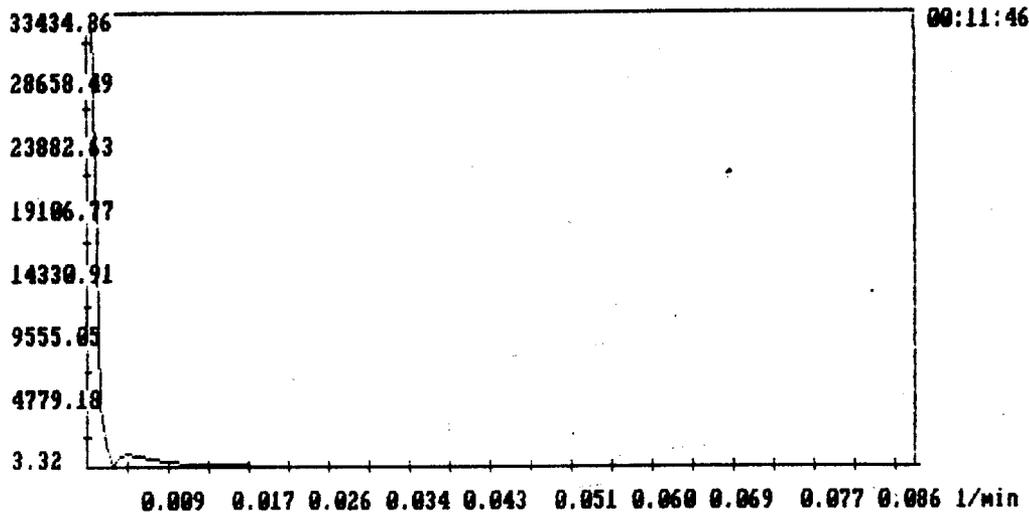


Figura 37.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 37.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.01) = 29.4$ minutos.
 Atenuación = - 80.06 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 17:59:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 18:04:55 HRS

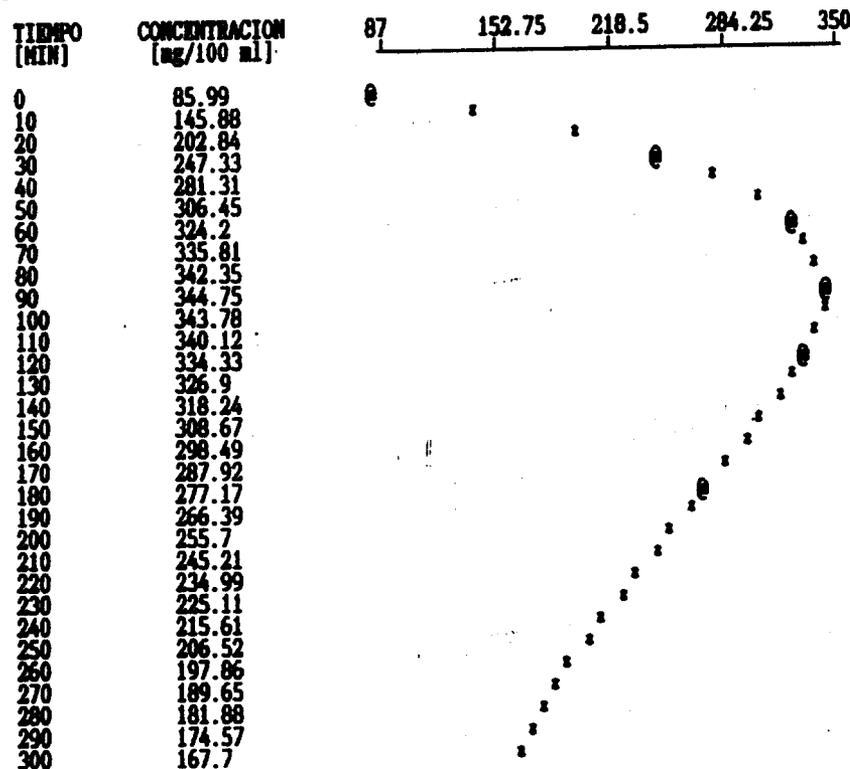
CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : GUADALUPE N.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 20 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	86	85.99	
30	250	247.33	
60	298	324.2	
90	330	344.75	
120	350	334.33	
180	285	277.17	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9793 n = .97 D.N. = ± 14.2478 mg/100 ml R.M. = ± 4.3778 %



K = 85.994 C = 3273.715 a = .0109 W = .0024 θ = .0036
 YA(5%) = 4 HRS. 34 MIN. 50 SEG. E.C.M. = 6.139 ENERGIA = 2.9237 E+6
 TIEMPO DE RETRASO (TR) = 1 MINUTOS 29 SEG. PENDIENTE EN TR = 7.7295
 TIEMPO DE PICO (TP) = 91 MIN 48 SEG VALOR MAXIMO = 344.7981
 AREA (1) = 63063.6 [GLUCOSA] media = 134.171
 AREA (2) = .0401 [GLUCOSA] media = 85.994
 AREA (3) = 0 [GLUCOSA] media = 85.994
 FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0112 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .9766

$$\frac{Y(S)}{U(S)} = \frac{(1030.454)(S/[-.6558]+1)}{((S/.0112)^2+218S+1)} \quad \beta = 91.74$$

Figura 38.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Guadalupe N. a una carga de 75 gramos de glucosa.

NOMBRE DEL PACIENTE ? GUADALUPE N.

00:13:40

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

152

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 85.994

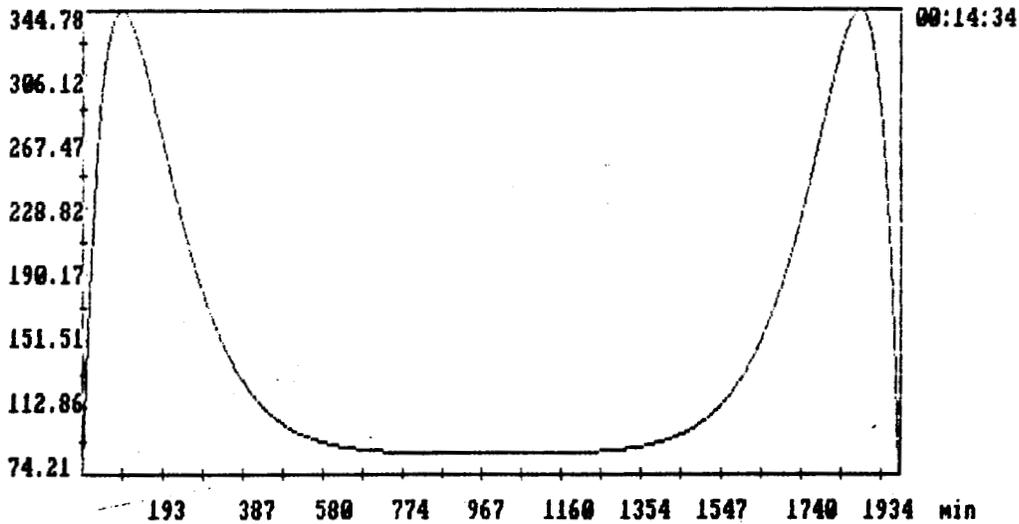
C = [mg/100 ml] ? 3273.715

A = [1/min] ? .0109

H = [rad/min] ? .0024

F = [rad] ? .0036

TR = [min] ? 1.483333



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 189

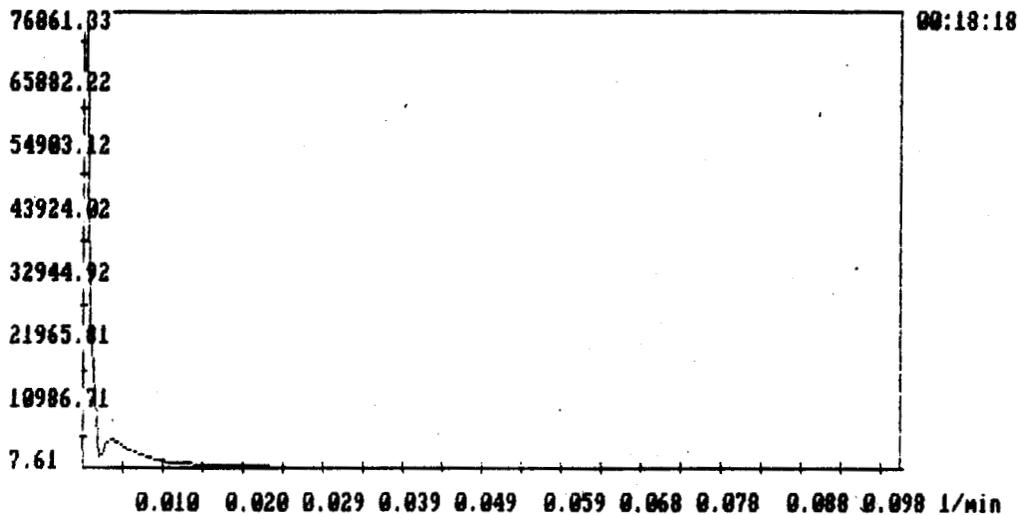


Figura 38.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 38.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.023) = 21.4286$ minutos.
 Atenuación $\Xi = 80.09$ dB.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SUBDIRECCION GENERAL MEDICA

Fecha de esta Solicitud 26-XI-85	Fecha de próxima Consulta <input type="checkbox"/>	Camé No. 850
Hacer Exámenes el día	Presentarse en el Laboratorio a las horas	Servicio Solicitante Endocrinología
Diagnóstico de Presunción o Datos Clínicos ADENOMA DE HILAFIJS ACROMEGALIA		

HERNANDEZ ESCARCEGA OFELIA
0785-48-0037
H.R. C.M.R.
ENDOCRINOLOGIA

BACTERIOLOGIA

- Hemocultivo
- Coprocultivo
- Urocultivo
- Exudado faríngeo
- Exudado cérvicovaginal
- Exudado uretral
- Exudado próstatovesicular
- Espermocultivo
- Bacilos ácido-alcohol resistentes

Bacterioscópico
 Cultivo
 Inoculación

100 MICOLOGIA

Microscopía
Cultivo

PARASITOLOGIA

- Plasmodio
- Coproparasitoscópico
1-2-3 - Muestras
- Raspado perianal
- Amiba en fresco

Otros exámenes:

RESULTADOS
CURVA DE TOLERANCIA A LA GLUCOSA ORAL.

A	103
B	165
30	178
60	150
90	163
120	144
150	124
180	

MICROBIOLOGIA 4 - 102 - 80

Nombre y firma de quién informa

Fecha de entrega:

Figura 39. Datos reales de la paciente: Hernández Escárcega O. a una carga de 75 gramos de glucosa.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 00:52:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 00:57:03 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : HERNANDEZ ESCARCEGA O.
EDAD : 37
SEXO : FEMENINO
PESO : 66
ESTATURA : 1.65
COMENTARIOS :

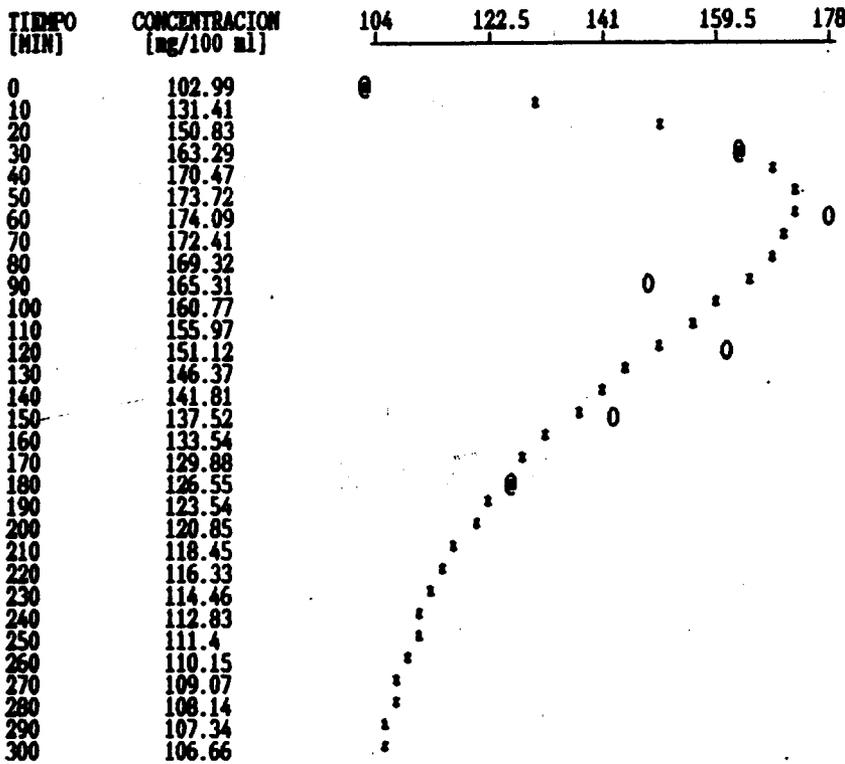
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA
ADENOMA HIPOFISIARIO/ACROMEGALIA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 15 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	103	102.99	
30	165	163.29	
60	178	174.09	
90	150	165.31	
120	163	151.12	
150	144	137.52	
180	124	126.55	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9709 n = .97 D.M. = ± 7.9484 mg/100 ml R.M. = ± 5.0756 %



R = 102.994 C = 638.3833 a = .0172 W = .0053 θ = .0001

TA(SX) = 2 HRS. 54 MIN. 10 SEG. E.C.M. = 3.0043 ENERGIA = 5.2605 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 1 SEG. PENDIENTE EN TR = 3.3823

TIEMPO DE PICO (TP) = 56 MIN 25 SEG VALOR MAXIMO = 174.2314

AREA (1) = 10445.33 [GLUCOSA] media = 120.6157
AREA (2) = .3901 [GLUCOSA] media = 102.9933
AREA (3) = 0 [GLUCOSA] media = 102.994

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .018 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .9557

$$Y(S) = \frac{(150.3259)(S/[-52.9828] + 1)}{([S/.018]^2 + 114.6667 S + 1)}$$

β = 58.14

Figura 39. a Resultado obtenido con el programa para los datos presentados en la figura 39.

NOMBRE DEL PACIENTE ? HERNANDEZ ESCARCEGA O.

00:20:32

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

155

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 102.994

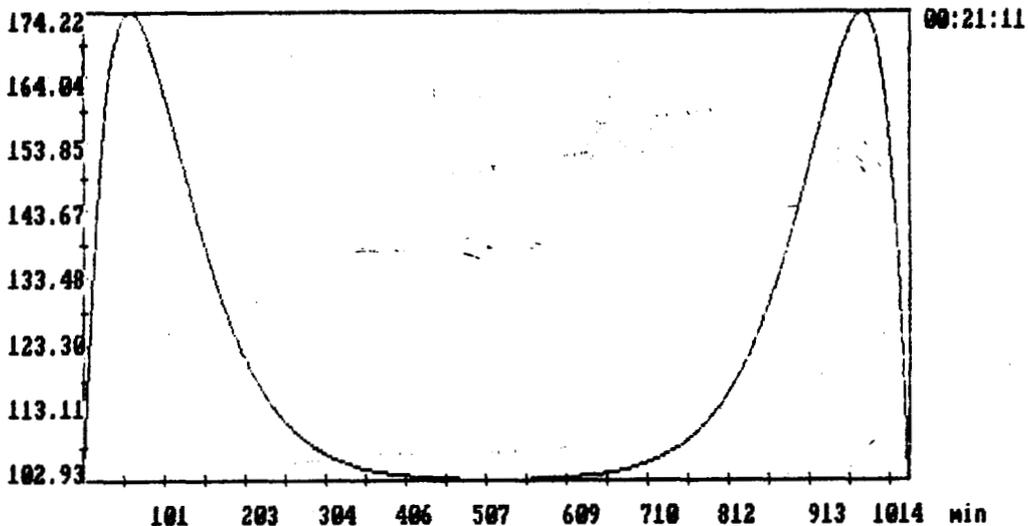
C = [mg/100 ml] ? 638.3833

A = [1/min] ? .0172

W = [rad/min] ? .0053

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? .016666



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 116

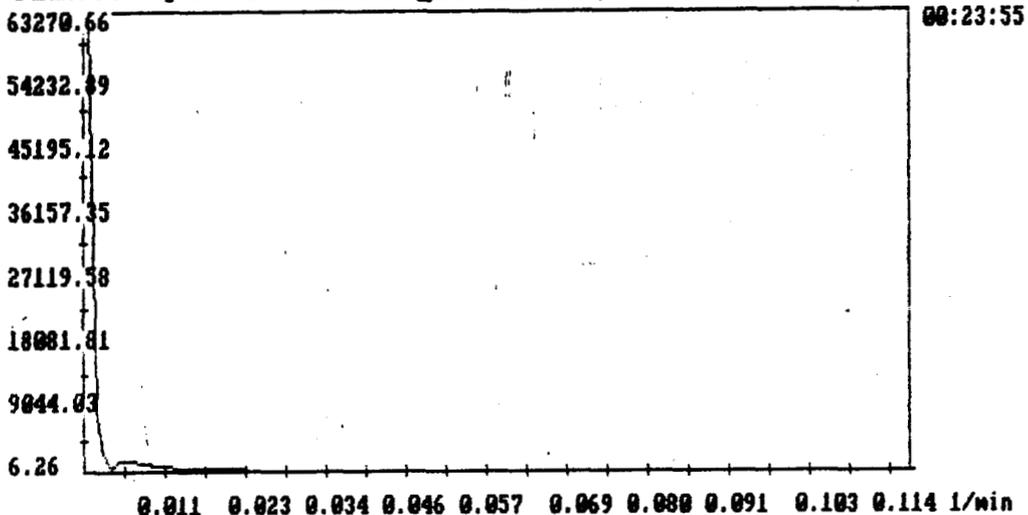


Figura 39.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 39.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.023) = 21.74$ minutos.
 Atenuación = - 80.09 dB.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 17:50:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 17:55:20 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : GONZALEZ Ma. D.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL x.- VALOR CALCULADO e.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	224	223.99	
30	502	443.27	
60	450	488.85	
90	420	455.24	
120	435	396.23	
180	315	292.73	
240	237	240.55	
300	211	223.53	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9669 n = .99 D.H. = ± 32.344 mg/100 ml R.M. = ± 7.7979 %

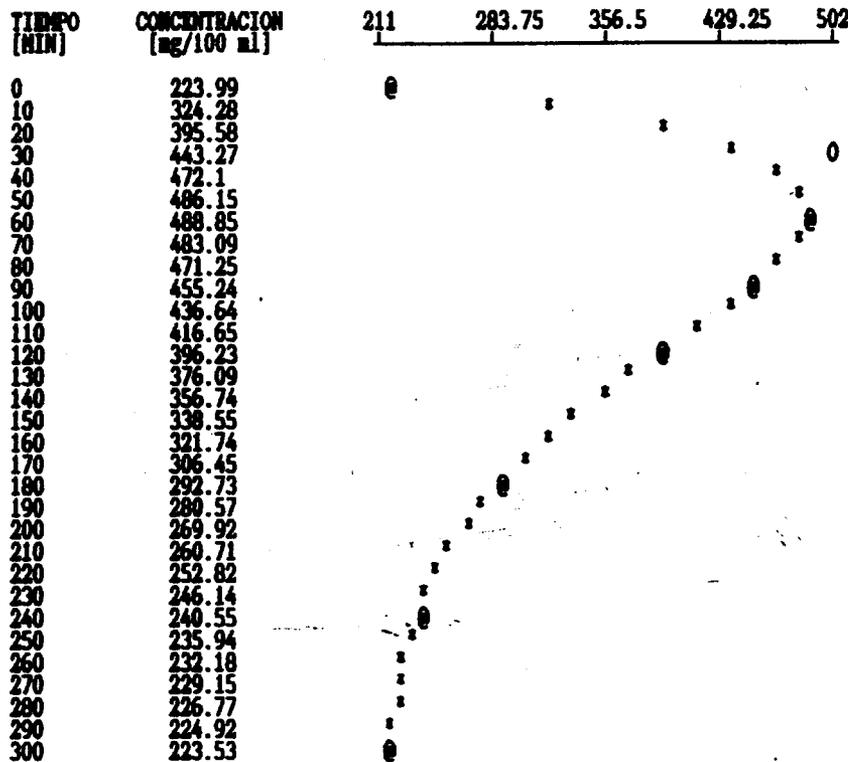


Figura 40.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: González MA D. a una carga de 75 gramos de glucosa. Nótese el valor de la concentración basal

K = 223.9888 C = 1103.512 a = .0151 W = .0106 θ = .0001
TA(5%) = 3 HRS. 18 MIN. 23 SEG. E.C.M. = 11.436 ENERGIA = 66.5359 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 11.6956
TIEMPO DE PICO (TP) = 57 MIN 45 SEG VALOR MAXIMO = 489.0747
AREA (1) = 34757.54 [GLUCOSA] media = 341.2637
AREA (2) = 395.7821 [GLUCOSA] media = 222.6534
AREA (3) = 4.5067 [GLUCOSA] media = 224.004
FRECUENCIA NATURAL (NN) = .0184 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .8185
Y(S) = (519.8028)(S/[-105.9849]+1)
U(S) = ((S/ .0184)^2+ 100.6667 S+1) β = 66.23

NOMBRE DEL PACIENTE ? GONZALEZ M. D.

00:25:35

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

157

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 223.9888

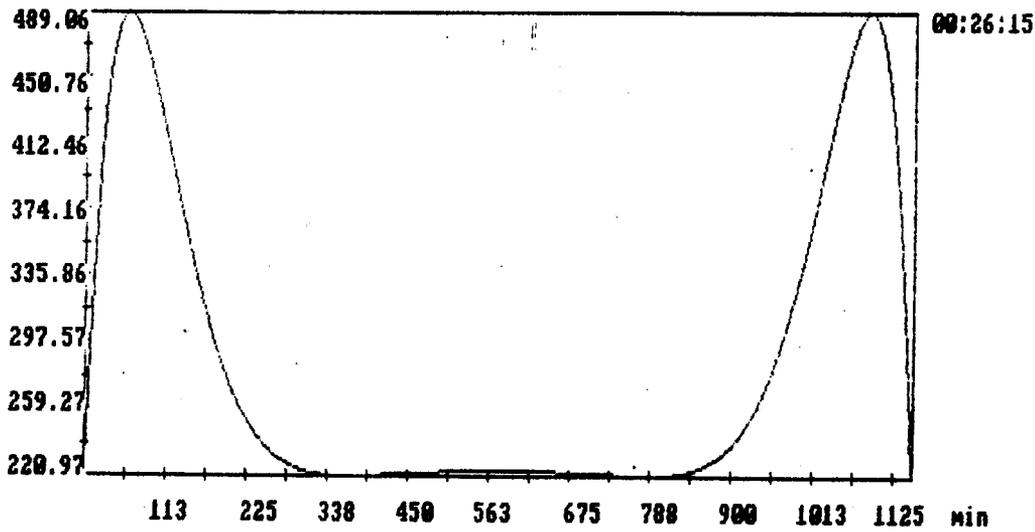
C = [mg/100 ml] ? 1103.512

A = [1/min] ? .0151

W = [rad/min] ? .0106

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 143

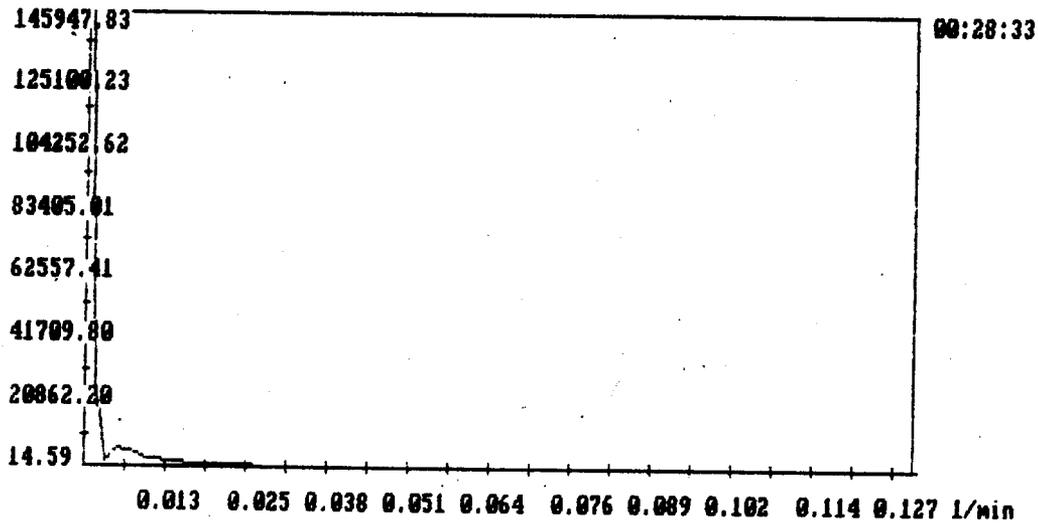


Figura 40.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 40.a.
Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.025) = 20$ minutos.
Atenuación = - 80 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 17:20:02 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 17:27:08 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : DIAZ J.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

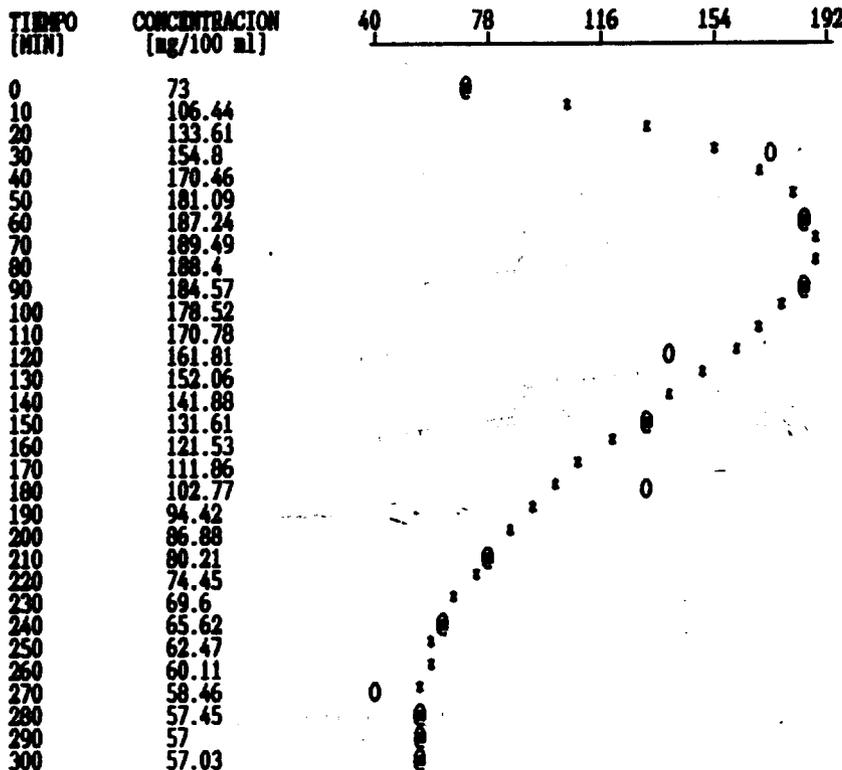
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 12 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL 1.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	73	73	
30	174	154.8	
60	178	187.24	
90	192	184.57	
120	139	161.81	
150	123	131.61	
180	134	102.77	
210	83	80.21	
240	63	65.62	
270	40	58.46	
280	53	57.45	
290	63	57	
300	57	57.03	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9626 n = 1 D.H. = ± 13.8403 mg/100 ml R.M. = ± 14.025 %



K = 72.9964 C = 260.3275 α = .0089 W = .0141 θ = .0001
TA(5%) = 5 HRS. 36 MIN. 35 SEG. E.C.M. = 3.8386 ENERGIA = 13.5984 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 3.6704
TIEMPO DE PICO (TP) = 71 MIN 29 SEG VALOR MAXIMO = 189.5219
AREA (1) = 15020.16 [GLUCOSA] media = 140.4094
AREA (2) = 2067.628 [GLUCOSA] media = 63.7165
AREA (3) = 284.6232 [GLUCOSA] media = 74.2738
FRECUENCIA NATURAL (ωN) = .0167 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .5338
Y(S) = (163.1283)(S/[-140.9911]+1)
U(S) = ((S/ .0167]^2+ 59.3333 S+1) β = 112.36

Figura 41.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Diaz J. a una carga de 75 gramos de glucosa.

NOMBRE DEL PACIENTE ? DIAZ J.

00:30:10

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

159

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 72.9964

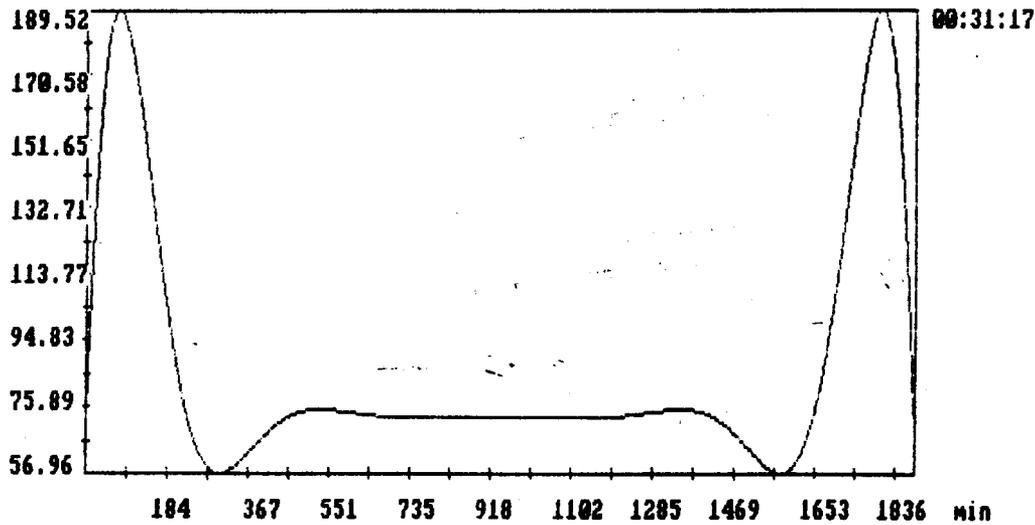
C = [mg/100 ml] ? 260.3275

A = [1/min] ? .0089

M = [rad/min] ? .0141

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 173

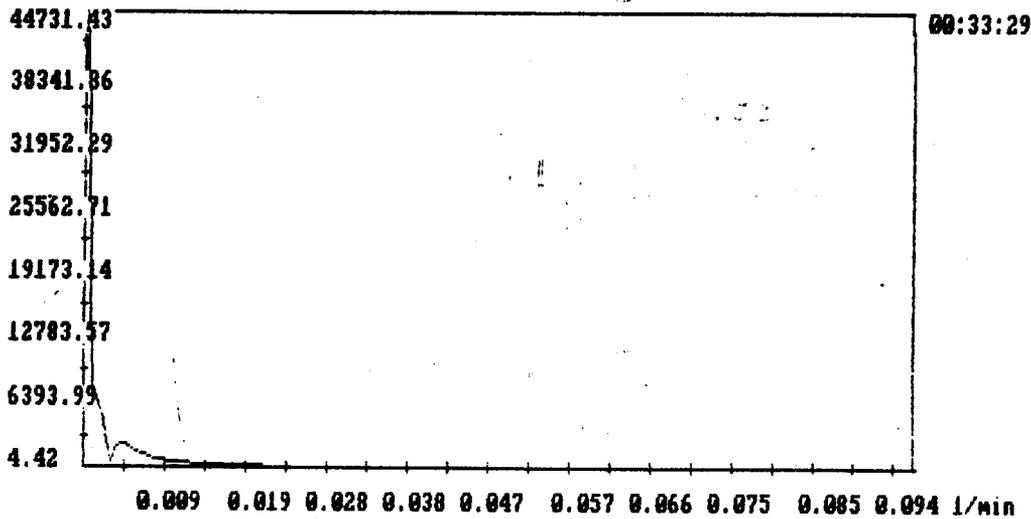


Figura 41.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 41.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.02125) = 23.53$ minutos.
 Atenuación = - 80.1 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:57:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 17:04:58 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : BERROCAL P.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 27 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	90	89.99	
30	155	160.93	
60	180	177.66	
90	175	170.12	
120	154	154.43	
180	120	124.14	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9607 n = 1.03 D.M. = ± 3.6919 mg/100 ml R.M. = ± 2.4112 %

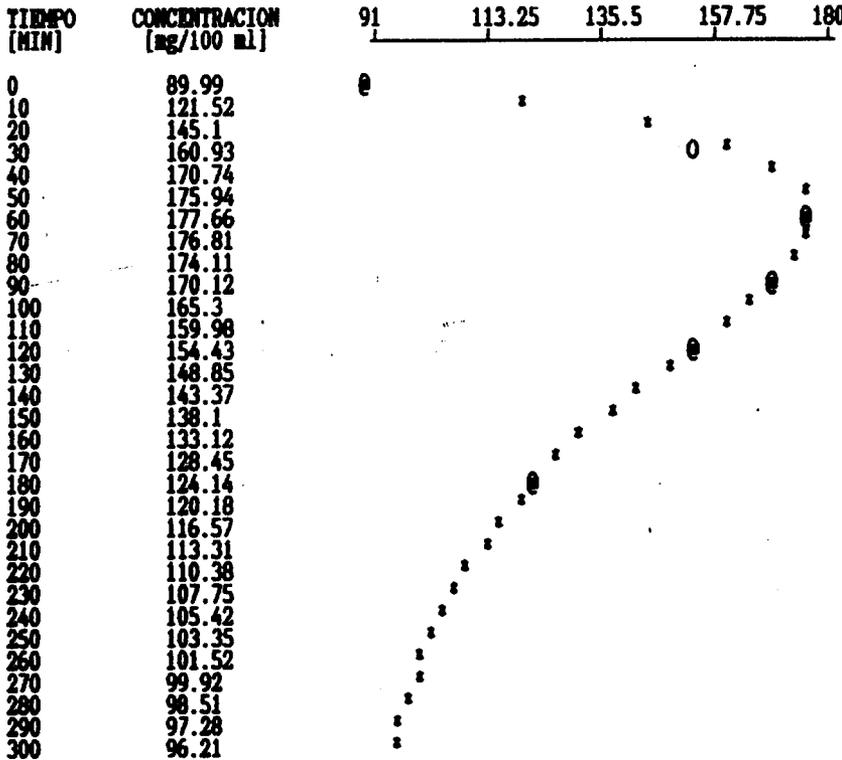


Figura 42.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Berrocal P. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 89.9919 C = 733.7454 a = .0159 W = .0053 θ = .0026

TA(5%) = 3 HRS. 8 MIN. 24 SEG. E.C.M. = 1.5396 ENERGIA = 6.1074 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 29 SEG. PENDIENTE EN TR = 3.8586

TIEMPO DE PICO (TP) = 61 MIN 12 SEG VALOR MAXIMO = 177.6828

AREA (1) = 13844.91 [GLUCOSA] media = 113.3488
AREA (2) = 1.1173 [GLUCOSA] media = 89.99
AREA (3) = .0001 [GLUCOSA] media = 89.9919

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0168 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .9487

$$Y(S) = \frac{(171.4891)(S/[-2.0226] + 1)}{((S/.0168)^2 + 106 S + 1)} \quad \beta = 62.89$$

NOMBRE DEL PACIENTE ? BERROCAL P.

00:35:09

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

161

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 89.9919

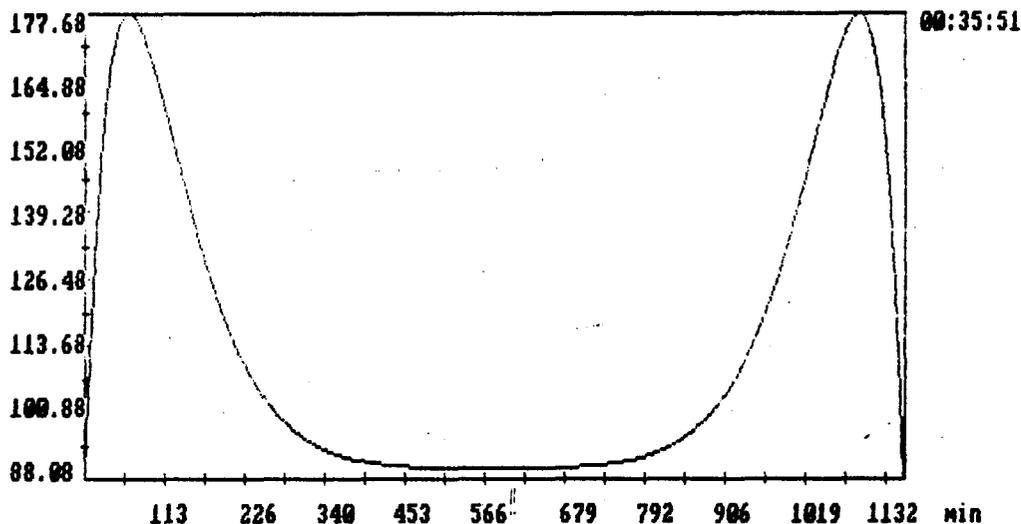
C = [mg/100 ml] ? 733.7454

A = [1/min] ? .0159

W = [rad/min] ? .0053

F = [rad] ? .0026

TR = [min] ? .4833333



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 134

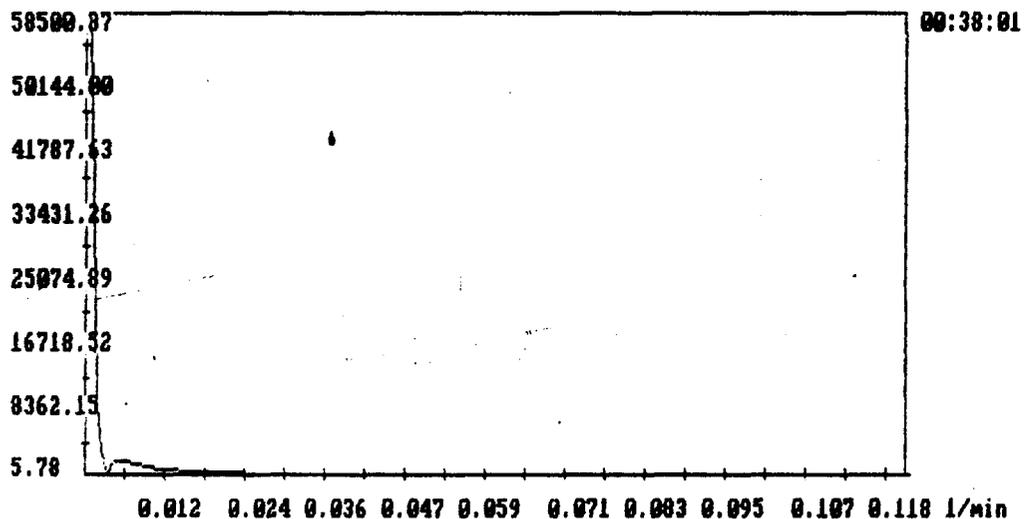


Figura 42.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 42.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.024)$, = 20.833 minutos.
 Atenuación = - 80.1 dB.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SUBDIRECCION GENERAL MEDICA

Fecha de esta Solicitud 26 NOV 85	Fecha de próxima Consulta	<input type="checkbox"/> Paciente Externo	Cama No. 838
Hacer Exámenes el día	Presentarse en el Laboratorio a las horas	Servicio Solicitante ENDOCRINOLOGIA	
Diagnóstico de Presunción o Datos Clínicos ACROMEGALIA.			

BRITO SEGURA CONCEPCION
0148 18 0505 1F OR
DR GONZALEZ MJS
DR CANTO R2MI.

BACTERIOLOGIA

1. Hemocultivo
2. Coprocultivo
3. Urocultivo
4. Exudado faríngeo
6. Exudado cérvicovaginal
7. Exudado uretral
8. Exudado próstatovesicular
9. Espermocultivo
18. Bacilos ácido-alcohol resistentes

- Bacterioscópico
 Cultivo
 Inoculación

100 MICOLOGIA

- Microscopía
Cultivo

PARASITOLOGIA

- 200 Plasmodio
201 Coproparasitoscópico
1 - 2 - 3 - Muestras
202 Raspado perianal
203 Amibe en fresco
Otros exámenes:

RESULTADOS

CTG.

BASAL: **113**
30 min. **238**
60min. **243**
90 min. **226**
120 min. **206**
150 mir. **187**
180 min. **154**

mg

MICROBIOLOGIA 4 - 102 - 80

Nombre y firma de quién Informa

Fecha de entrega:

Figura 43. Datos reales de la paciente: Brito Segura C. a una carga de 75 gramos de glucosa.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 14:57:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 15:02:24 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : BRITO SEGURA C.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : ACROMEGALIA

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 16 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	113	112.99	
30	238	234.49	
60	243	252.14	
90	226	231.74	
120	206	202.58	
150	189	176.01	
180	154	155.31	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9581 n = .95 D.M. = ± 6.665 mg/100 ml R.M. = ± 3.376 %

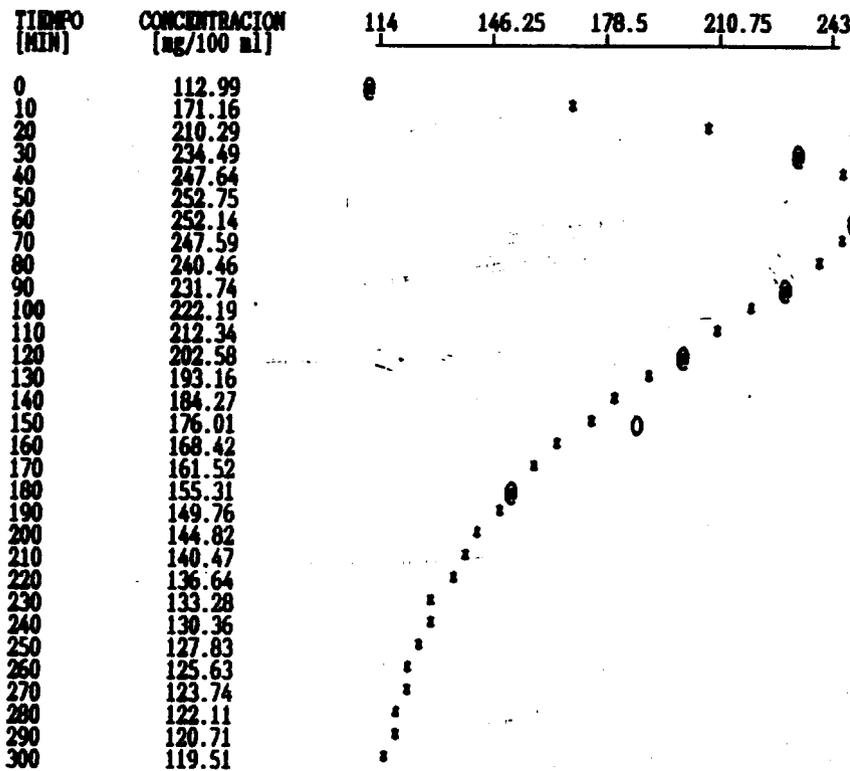


Figura 43.a Resultado obtenido con el programa para los datos presentados en la figura 43.

K = 112.9936 C = 1726.838 α = .0184 W = .0041 θ = .0005

TA(5%) = 2 HRS. 42 MIN. 48 SEG. E.C.M. = 2.5226 ENERGIA = 17.2027 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 7 SEG. PENDIENTE EN TR = 7.0642

TIEMPO DE PICO (TP) = 53 MIN 36 SEG VALOR MAXIMO = 253.0836

AREA (1) = 19922.96 [GLUCOSA] media = 138.9945
AREA (2) = .015 [GLUCOSA] media = 112.9936
AREA (3) = 0 [GLUCOSA] media = 112.9936

FRECUENCIA NATURAL (ωN) = .0189 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .9761

$$Y(S) = \frac{(235.4716)(S/[-0.1816] + 1)}{[(S/.0189)^2 + 92S + 1]} \quad \beta = 54.35$$

NOMBRE DEL PACIENTE ? BRITO SEGURA C.

00:06:46

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

164

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 112.9936

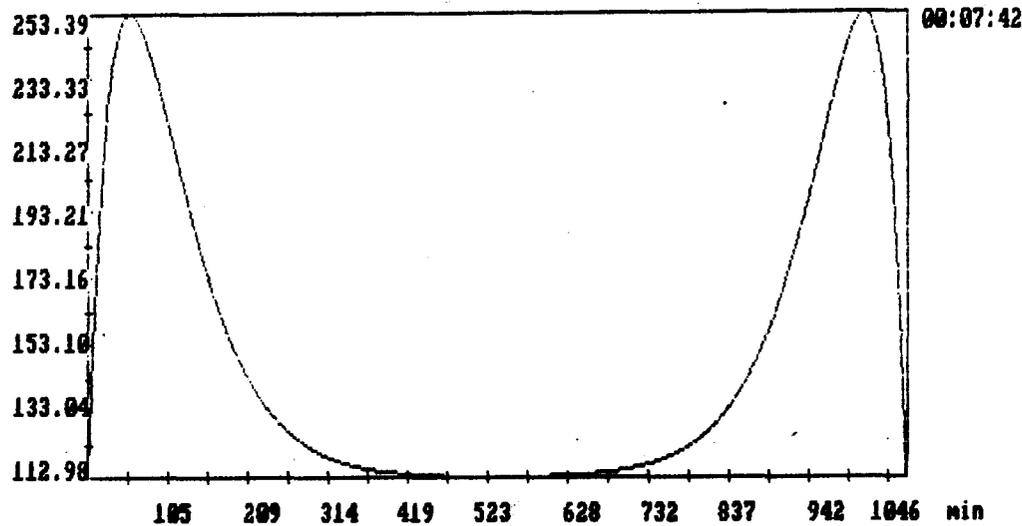
C = [mg/100 ml] ? 1726.838

A = [1/min] ? .0184

W = [rad/min] ? .0041

F = [rad] ? .0005

TR = [min] ? 0.11666



Desea graficar todo el arreglo S/N ? .N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 147

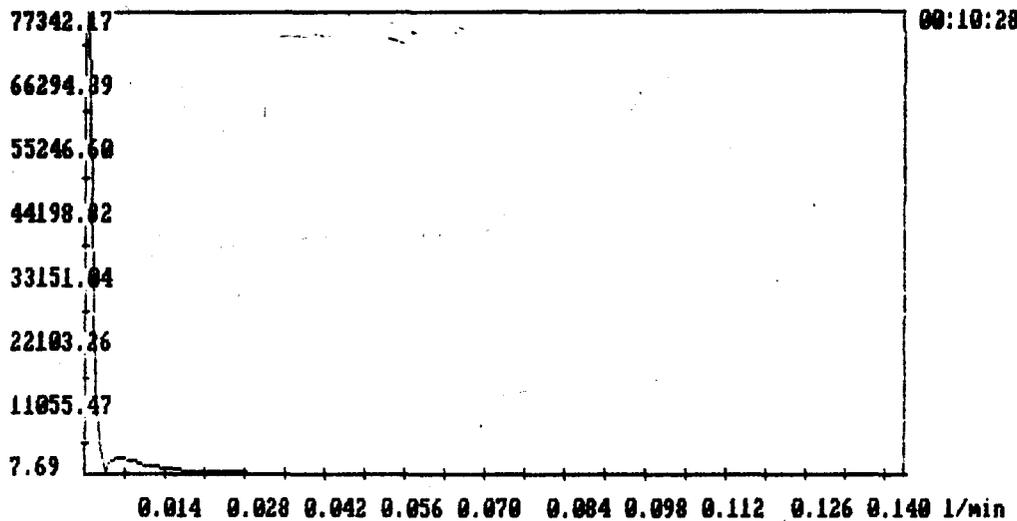


Figura 43.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 43.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.028) = 17.86$ minutos.
 Atenuación = - 80.05 dB.

FIGURA	ω_n	σ	POSICION DEL CERO	K_{BODE}	α	K_{BODE}/σ NORMALIZADO
35.a	0.011	0.9646	1.2503	800.9044	0.9646	23.48/2.1
36.a	0.0196	1.0928	-2.6022	531.908	0.0215	15.59/2.38
37.a	0.0133	0.9003	57.988	93.6899	0.012	2.75/1.96
38.a	0.0112	0.9766	0.6558	1030.454	0.0109	30.21/2.13
39.a	0.018	0.9557	52.9828	150.326	0.0172	4.41/2.08
40.a	0.0184	0.8185	105.9849	519.8028	0.0151	15.24/1.78
41.a	0.0167	0.5338	140.9911	163.1283	0.0089	4.78/1.16
42.a	0.0168	0.9487	2.0226	171.4891	0.0159	5.03/2.07
43.a	0.0189	0.9761	8.1816	235.4716	0.0184	6.9/2.13

Tabla V.- Resumen de los parámetros obtenidos para las gráficas de las figuras : 35.a ; 36.a ; 37.a ; 38.a ; 39.a ; 40.a , 41.a ; 42.a y 43.a

El diagrama de la figura 44, presenta los valores de K_{BODE} y σ normalizados para los datos de la tabla V

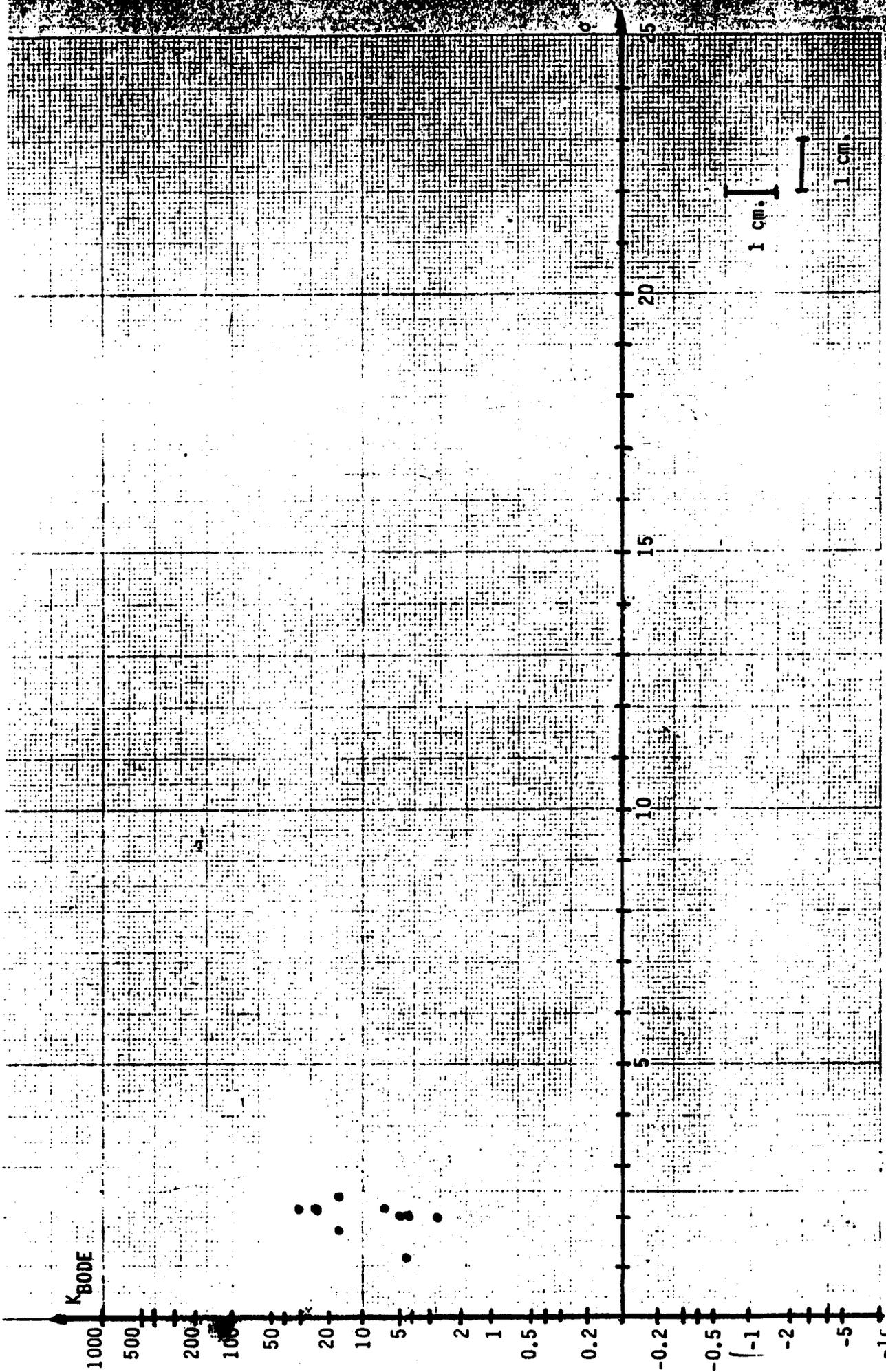


Figura 44. Diagrama K_{BODE} - σ para los parametros de las figuras 35.a ; 36.a ; 37.a ; 38.a ; 39.a ; 40.a ; 41.a ; 42.a y 43.a



INICIO DE PROCESAMIENTO : 13:42:00 HRS
 FIN DE PROCESAMIENTO : 13:49:06 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
 PACIENTE : LARA de M. I.
 EDAD : ---
 SEXO : FEMENINO
 PESO : ---
 ESTATURA : ---
 COMENTARIOS :

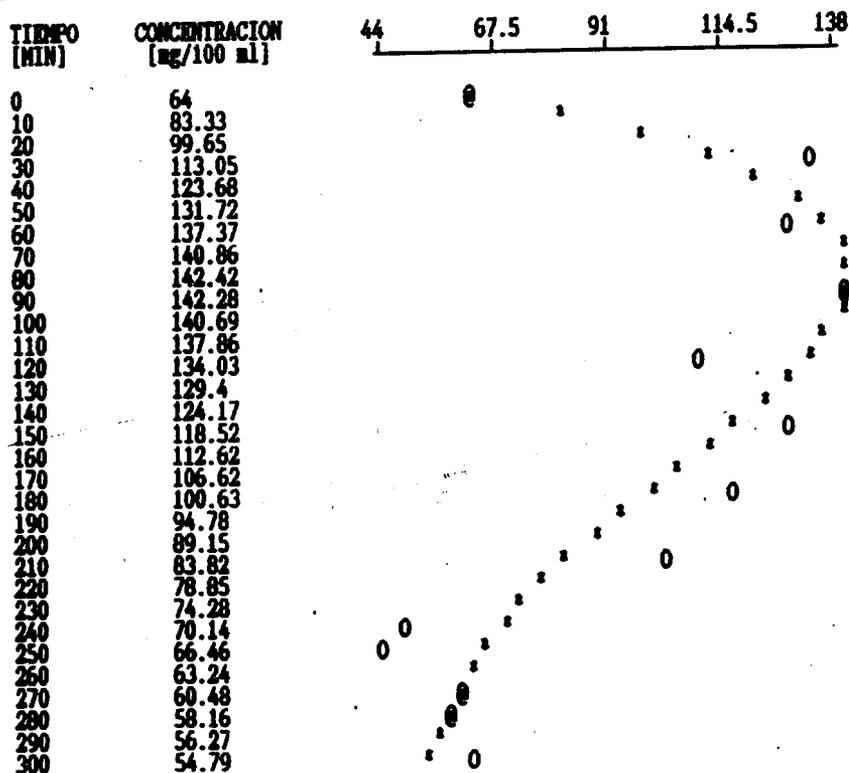
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
 UNIDAD IZTAPALAPA
 INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 12 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL +.- VALOR CALCULADO e.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	64	64	
30	134	113.05	
60	130	137.37	
90	138	142.28	
120	111	134.03	
150	130	118.52	
180	119	100.63	
210	105	83.82	
240	51	70.14	
250	44	66.46	
270	63	60.48	
280	55	58.16	
300	65	54.79	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .912 n = .99 D.M. = ± 15.0669 mg/100 ml R.M. = ± 17.5963 %



K = 63.9976 C = 171.1628 a = .0074 W = .0122 θ = .0001
 TA(5%) = 6 HRS. 44 MIN. 49 SEG. E.C.M. = 4.1789 ENERGIA = 7.2222 R+6
 TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 2.0881
 TIEMPO DE PICO (TP) = 84 MIN 4 SEG VALOR MAXIMO = 142.5562
 AREA (1) = 11781.84 [GLUCOSA] media = 109.751
 AREA (2) = 1752.429 [GLUCOSA] media = 57.1922
 AREA (3) = 260.6562 [GLUCOSA] media = 65.0098
 FRECUENCIA NATURAL (ωN) = .0143 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .5186

$$Y(S) = \frac{(139.204)(S/[-121.9926] + 1)}{((S/.0143)^2 + 74S + 1)}$$

$$U(S) = \frac{\beta}{(S/.0143)^2 + 74S + 1}$$

$$\beta = 135.14$$

Figura 45.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Lara de M. I. a una carga de 75 gramos de glucosa.

NOMBRE DEL PACIENTE ? LARA DE M. I.

00:39:35

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

168

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 63.9976

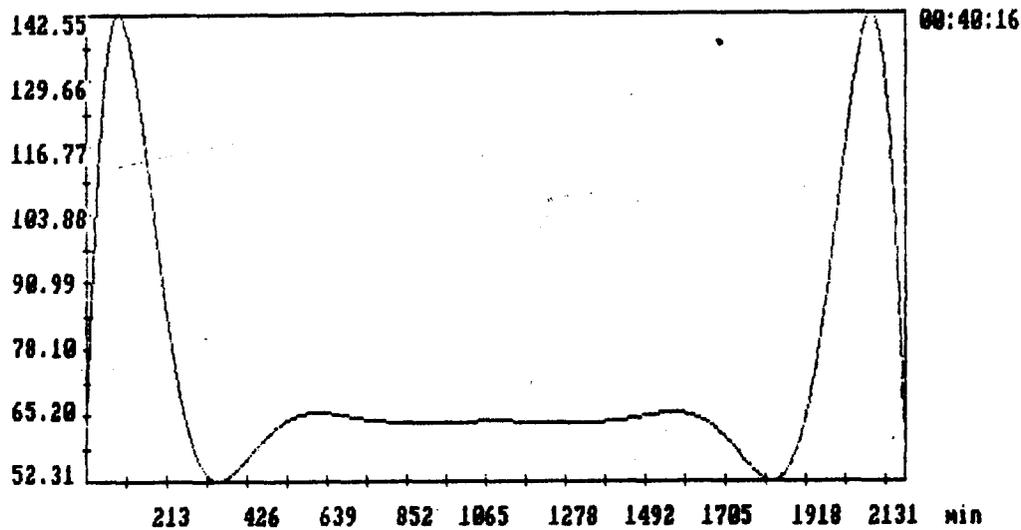
C = [mg/100 ml] ? 171.1628

A = [l/min] ? .0074

W = [rad/min] ? .0122

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 159

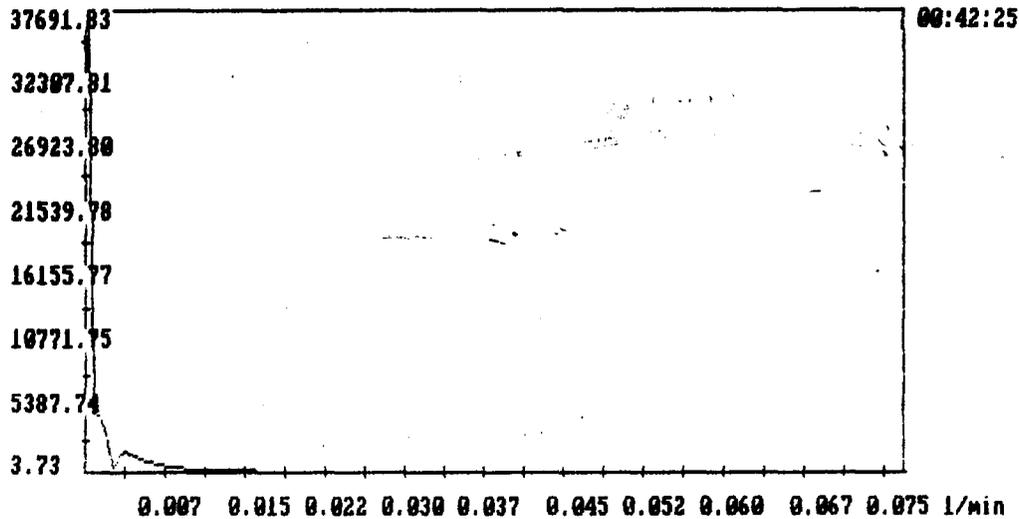


Figura 45.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 45.a.
Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.015) = 33.333$ minutos.
Atenuación = - 80.1 dB.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 13:07:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 13:11:45 HRS

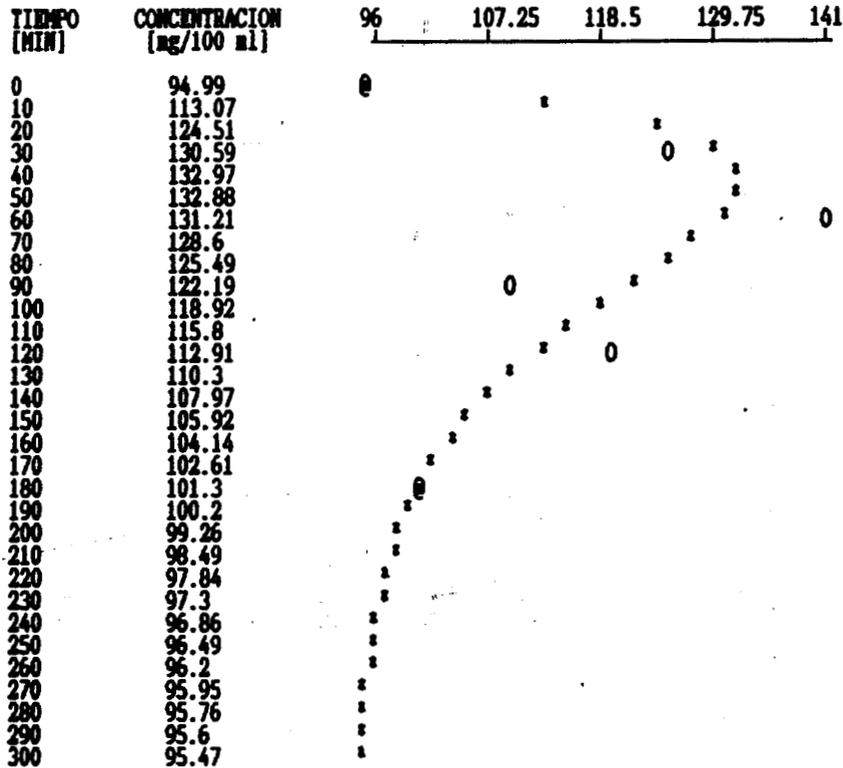
CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : GARIBAY E.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 16 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	95	94.99	
30	126	130.59	
60	141	131.21	
90	110	122.19	
120	120	112.91	
180	100	101.3	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .8835 n = 1 D.M. = ± 7.274 mg/100 ml R.M. = ± 5.9017 %



K = 94.9936 C = 385.9303 a = .0222 W = .0061 θ = .0025

TA(5%) = 2 HRS. 14 MIN. 56 SEG. E.C.M. = 2.9738 ENERGIA = .6787 K+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 24 SEG. PENDIENTE EN TR = 2.3329

TIEMPO DE PICO (TP) = 44 MIN 22 SEG VALOR MAXIMO = 133.1787

AREA (1) = 4441.272
AREA (2) = .0481
AREA (3) = 0

[GLUCOSA] media = 103.6172
[GLUCOSA] media = 94.9935
[GLUCOSA] media = 94.9936

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .023 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .9643

$$\frac{Y(S)}{U(S)} = \frac{(62.2066)(S/[-2.4178 S+1])}{((S/.023)^2 + 88.8 S+1)} \quad \beta = 45.05$$

Figura 46.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Garibay E. a una carga de 75 gramos de glucosa.

NOMBRE DEL PACIENTE ? GARIBAY E.

00:43:58

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

170

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 94.9936

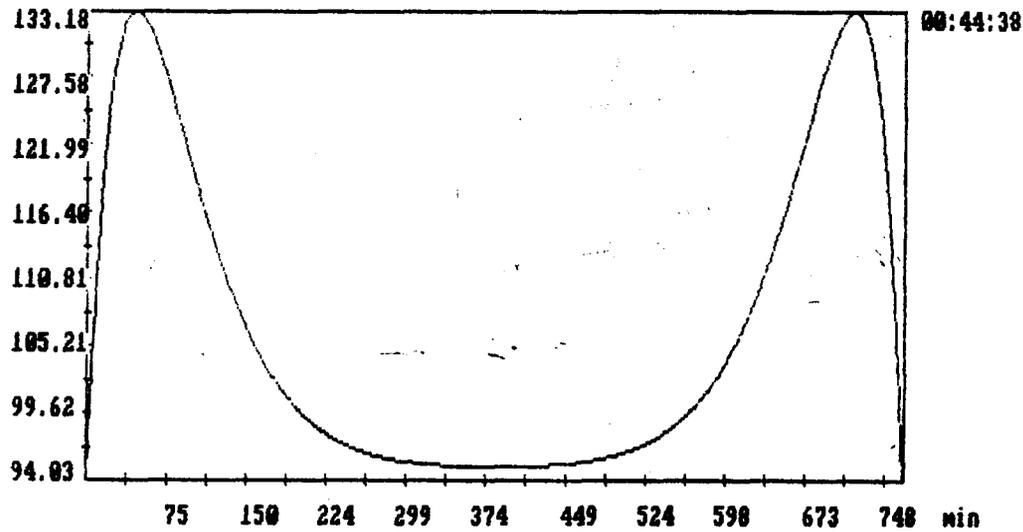
C = [mg/100 ml] ? 385.9303

A = [1/min] ? .0222

W = [rad/min] ? .0061

F = [rad] ? .0025

TR = [min] ? .4



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 92

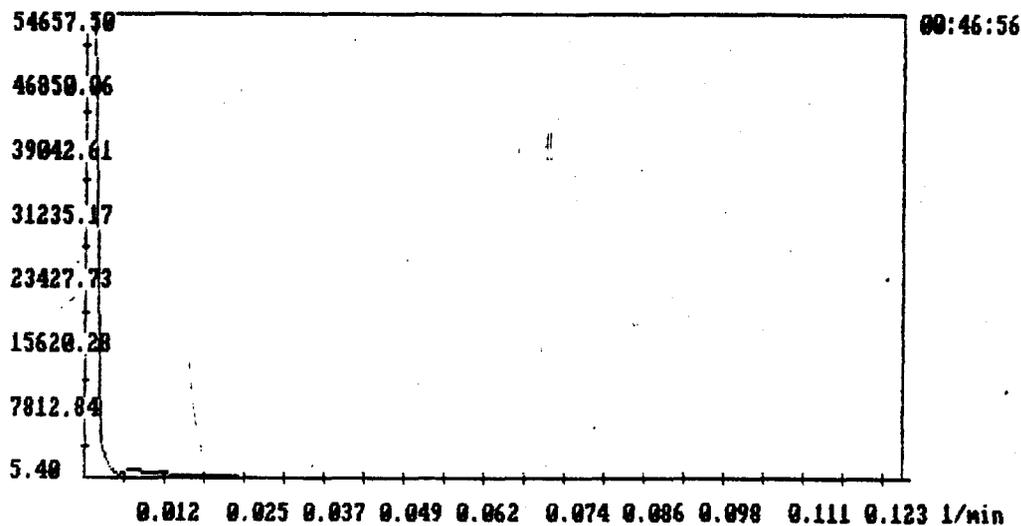


Figura 46.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 46.a.
Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.025) = 20$ minutos.
Atenuación = - 80.11 dB.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SUBDIRECCION GENERAL MEDICA

SALDIVAR ESCALONA SILVIA
162 40 6626 3Fv OR
DR GONZALEZ MJS
DR CANTO R2MI.

FECHA DE ESTA SOLICITUD 21 NOV. 85	FECHA DE PROX. CONSULTA	<input type="checkbox"/> PACIENTE EXTERNO	CAMA No. 850
HACER EXAMENES EL DIA	PRESENTARSE EN EL LABORATORIO A LAS HORAS	SERVICIO SOLICITANTE	
DIAGNOSTICO DE PRESUNCION O DATOS CLINICOS ADENOMA H. P. FISLARICA ENDOCRINOLOGIA			

OTROS EXAMENES

EXAMENES SOLICITADOS	C.M.G.O.
	82
30 min =	140
60 min =	99
90 min =	127
120 min =	122
150 min =	121
180 min =	100

Figura 47. Datos reales de la paciente: Saldivar Escalona S. a una carga de 75 gramos de glucosa.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 14:32:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 14:32:42 HRS

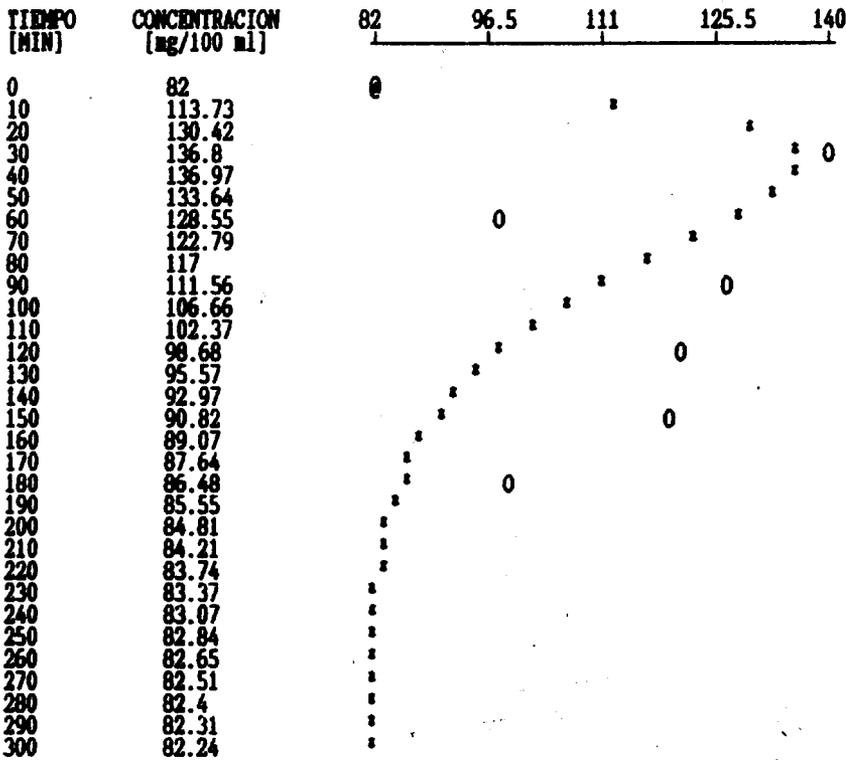
CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : SALDIVAR ESCALONA S.
EDAD : 22
SEXO : FEMENINO
PESO : 68
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : ADENOMA HIPOFISIARIO

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 2 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	82	82	
30	140	136.8	
60	99	128.55	
90	127	111.56	
120	122	98.68	
150	121	90.82	
180	100	86.48	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .8692 n = .52 D.M. = ± 19.854 mg/100 ml R.M. = ± 19.3978 %



K = 81.9994 C1 = 1749.217 a1 = .0275 C2 = -1750.668 a2 = .03
TA(5%) = 3 HRS. 40 MIN. 12 SEG. E.C.M. = 7.5065 ENERGIA = 19.786 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 19 SEG. PENDIENTE EN TR = 4.3333
TIEMPO DE PICO = 35 MIN 8 SEG VALOR MAXIMO = 137.4655
AREA (TR - TA) = 5.1823 E+03 [GLUCOSA] med = 105.5678 a = .0288
FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0287 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 1.0009
Y(S) = (70.0306) (S/[-2.9867]+1)
U(S) = (S/ [.0275]+1) (S/ [.03]+1) β1 = 36.36 β2 = 33.33

Figura 47.a Resultado obtenido con el programa para los datos presentados en la figura 47.

NOMBRE DEL PACIENTE ? SALDIVAR ESCALONA S.

00:48:41

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

173

2

Escriba los parametros de la curva [caso sobre amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 81.9994

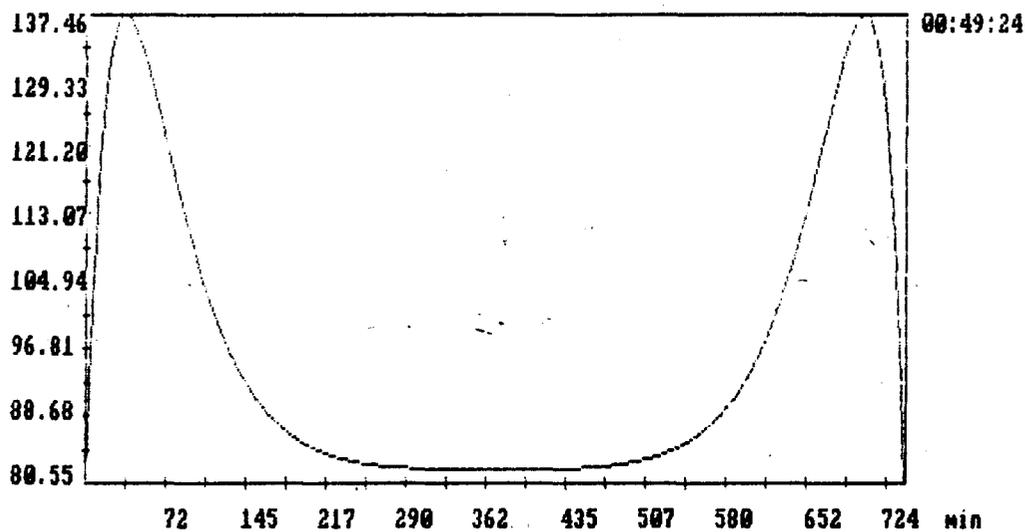
C1 = [mg/100 ml] ? 1749.217

A1 = [1/min] ? .0275

C2 = [mg/100 ml] ? -1750.668

A2 = [1/min] ? .03

TR = [min] ? .31666666



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 126

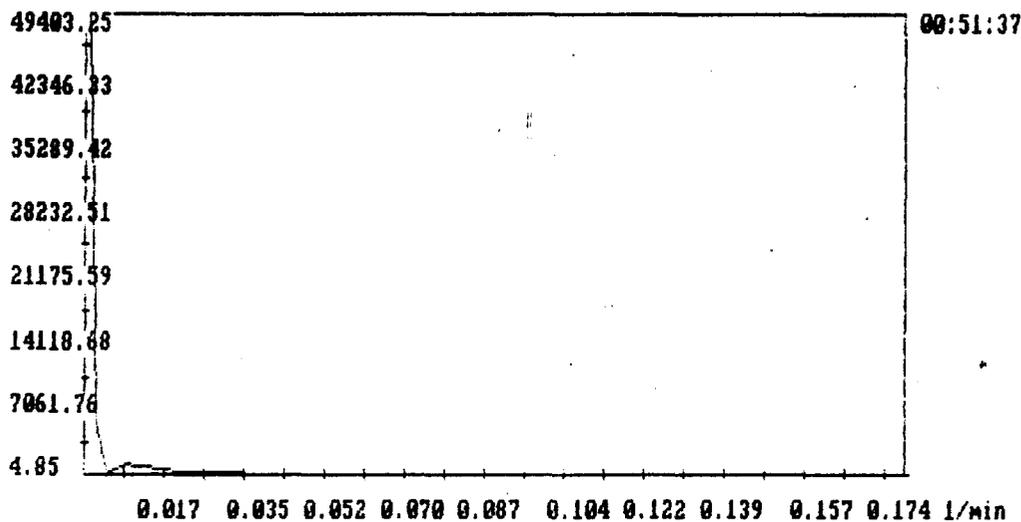


Figura 47.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 47.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.035) = 14.286$ minutos.
 Atenuación = - 80 16 dB



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 18:09:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 18:17:42 HRS

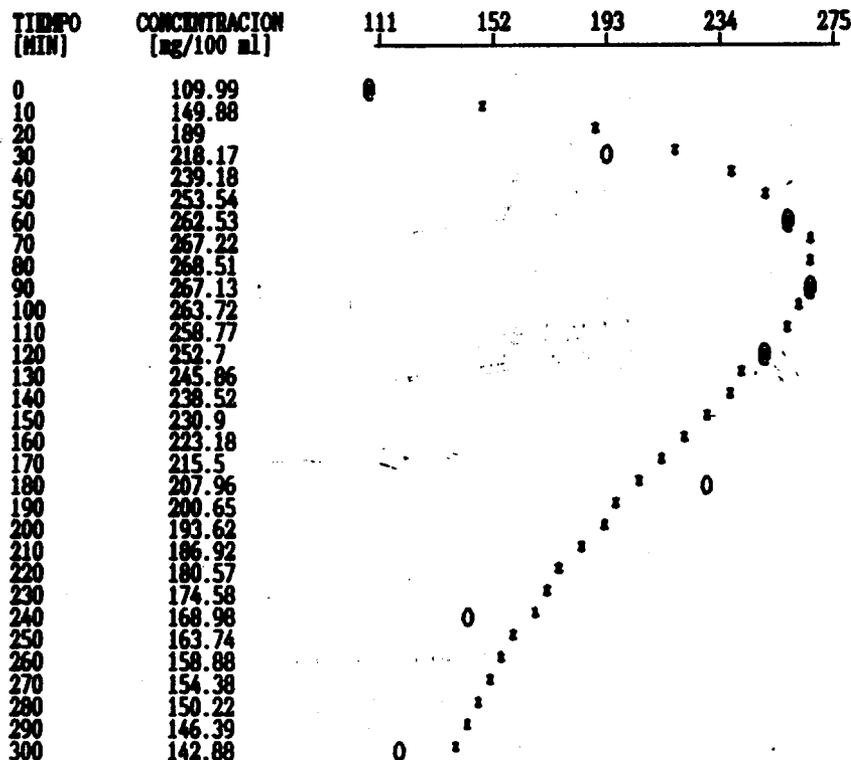
CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : JOSE M.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 23 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL x.- VALOR CALCULADO o.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	110	109.99	
30	195	218.17	
60	260	262.53	
90	275	267.13	
120	265	252.7	
180	230	207.96	
240	145	168.98	
300	120	142.88	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .8658 n = 1.12 D.M. = ± 17.1055 mg/100 ml R.M. = ± 9.4669 %



R = 109.9908 C = 1952.269 a = .0127 W = .0029 θ = .0058
 TA(5%) = 3 HRS. 55 MIN. 53 SEG. E.C.M. = 6.2109 ENERGIA = 19.4281 E+6
 TIEMPO DE RETRASO (TR) = 2 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 5.5196
 TIEMPO DE PICO (TP) = 79 MIN 25 SEG VALOR MAXIMO = 268.5136
 AREA (1) = 33351.19 [GLUCOSA] media = 140.7772
 AREA (2) = .0353 [GLUCOSA] media = 109.9908
 AREA (3) = 0 [GLUCOSA] media = 109.9908
 FRECUENCIA NATURAL (ωN) = .013 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .9749

$$Y(S) = \frac{(367.8455)(S/[-.4873]+1)}{([S/.013]^2+127S+1)}$$

$$\beta = 78.74$$

Figura 48.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: José M. a una carga de 75 gramos de glucosa.

NOMBRE DEL PACIENTE ? JOSE M.

00:53:06

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

175

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 109.9988

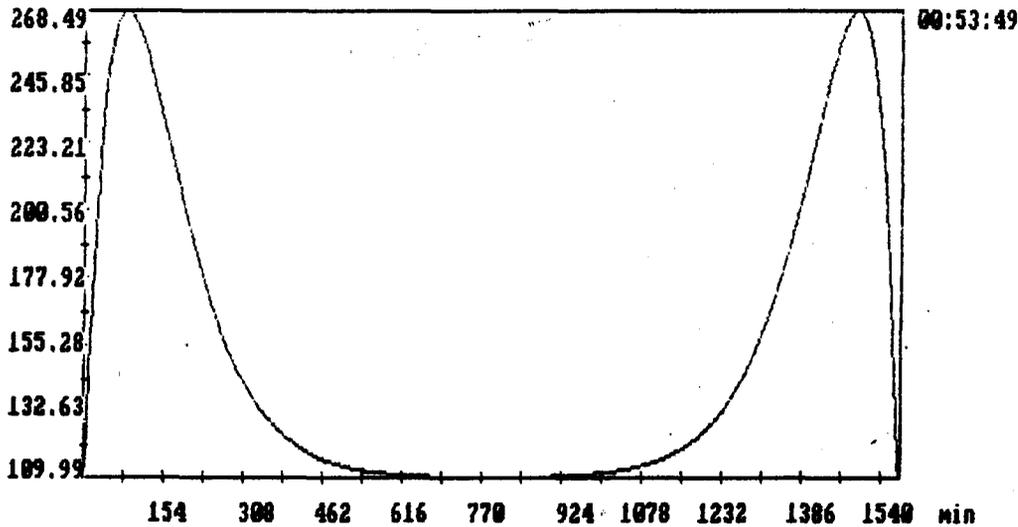
C = [mg/100 ml] ? 1952.269

A = [1/min] ? .0127

W = [rad/min] ? .0029

F = [rad] ? .0058

TR = [min] ? 2



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 93

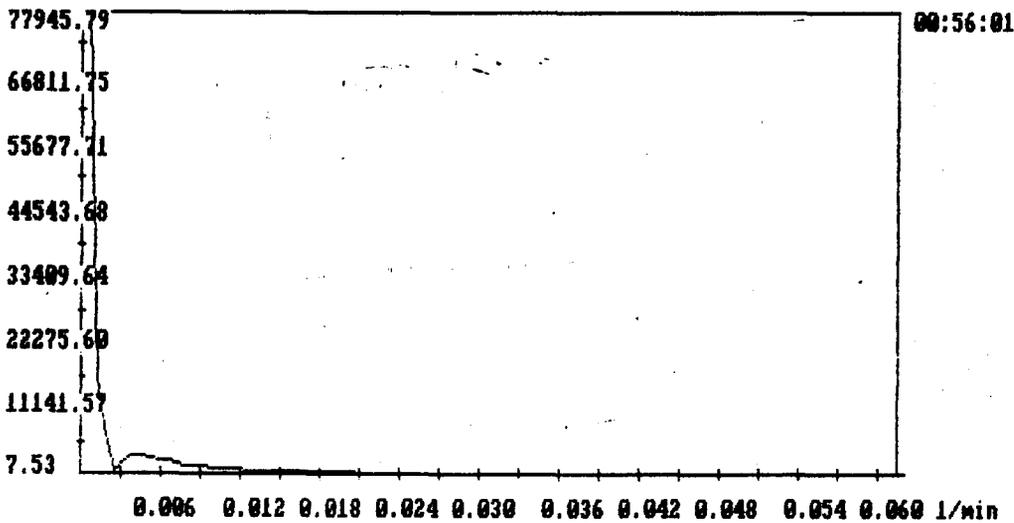


Figura 48.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 48.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.021) = 23.8$ minutos.
 Atenuación = - 80.3 dB.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SUBDIRECCION GENERAL MEDICA

Fecha de esta Solicitud 26-XI-85	Fecha de próxima Consulta <input type="checkbox"/>	Cama No. 854
Hacer Exámenes el día	Presentarse en el Laboratorio a las horas	Servicio Solicitante ENDOCRINOLOGIA
Diagnóstico de Presunción o Datos Clínicos DENOMA HIP. ACROMEGALIA		

CUEVAS SEPULVEDA ANASTASIO
0669-49-0477
H.E. C.M.R.
ENDOCRINOLOGIA

BACTERIOLOGIA

- Hemocultivo
- Coprocultivo
- Urocultivo
- Exudado faríngeo
- Exudado cérvicovaginal
- Exudado uretral
- Exudado próstatovesicular
- Espermocultivo
- Bacilos ácido-alcohol resistentes

Bacterioscópico
 Cultivo
 Inoculación

100 MICOLOGIA

Microscopía
 Cultivo

PARASITOLOGIA

- Plasmodio
- Coproparasitoscópico
1 - 2 - 3 - Muestras
- Raspado perianal
- Amiba en fresco

Otros exámenes:

RESULTADOS

CURVA DE TOLERANCIA A GLUCOSA ORAL.

A	81
B	154
30'	194
60'	200
120'	166
150'	129
180'	95

kyj

MICROBIOLOGIA 4 - 102 - 80

Nombre y firma de quién informa

Fecha de entrega:

Figura 49. Datos reales del paciente: Cuevas Sepúlveda A. a una carga de 75 gramos de glucosa.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 13:15:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 13:23:42 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : CUVAS SEPULVEDA A.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : ADENOMA HIPOFIS./ACROMEGALIA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 23 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	81	80.99	
20	140	149.8	
30	159	170.49	
60	194	190.39	
90	200	178.63	
120	166	157.49	
150	129	136.62	
180	95	119.47	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .8255 n = 1.16 D.M. = ± 13.3559 mg/100 ml R.M. = ± 9.4572 %

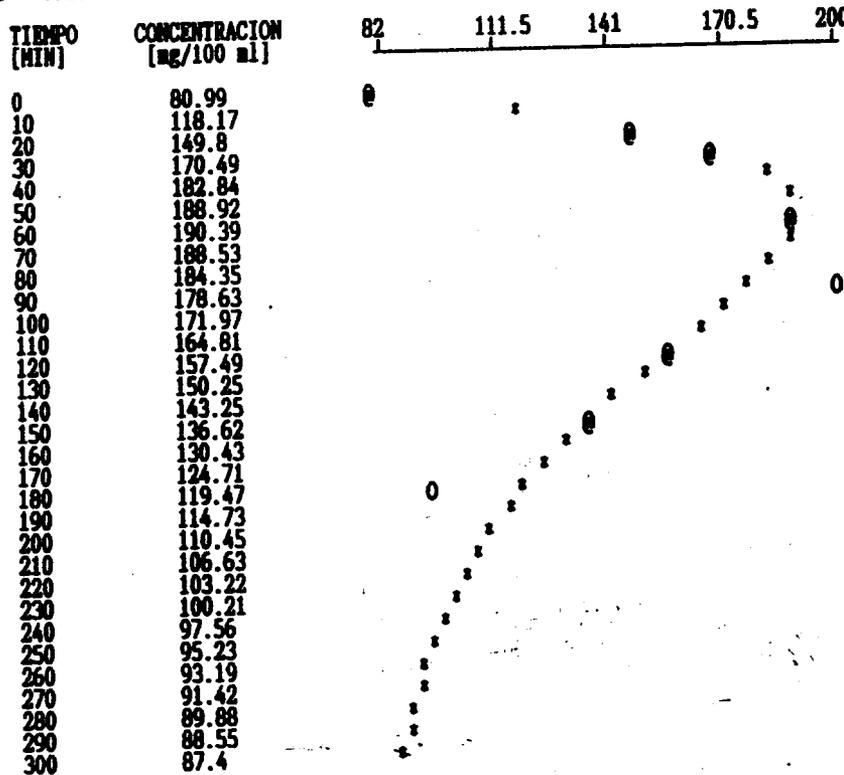


Figura 49.a Resultado obtenido con el programa para los datos presentados en la figura 49.

K = 80.9931 C = 1054.558 a = .017 W = .005 θ = .0082

TA(5%) = 2 HRS. 56 MIN. 13 SEG. E.C.M. = 4.8448 ENERGIA = 2.9079 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 1 MINUTOS 38 SEG. PENDIENTE EN TR = 5.1278

TIEMPO DE PICO (TP) = 58 MIN 51 SEG VALOR MAXIMO = 190.4098

AREA (1) = 16785.74 [GLUCOSA] media = 107.7084
AREA (2) = .3855 [GLUCOSA] media = 80.9925
AREA (3) = 0 [GLUCOSA] media = 80.9931

FRECUENCIA NATURAL (ωN) = .0177 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .9594

$$Y(S) = \frac{(227.8048)(S/[-.5927] + 1)}{([S/.0177]^2 + 113.3333 S + 1)} \quad \beta = 58.82$$

NOMBRE DEL PACIENTE ? CUEVAS SEPULVEDA A.

00:57:58

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

178

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 80.9931

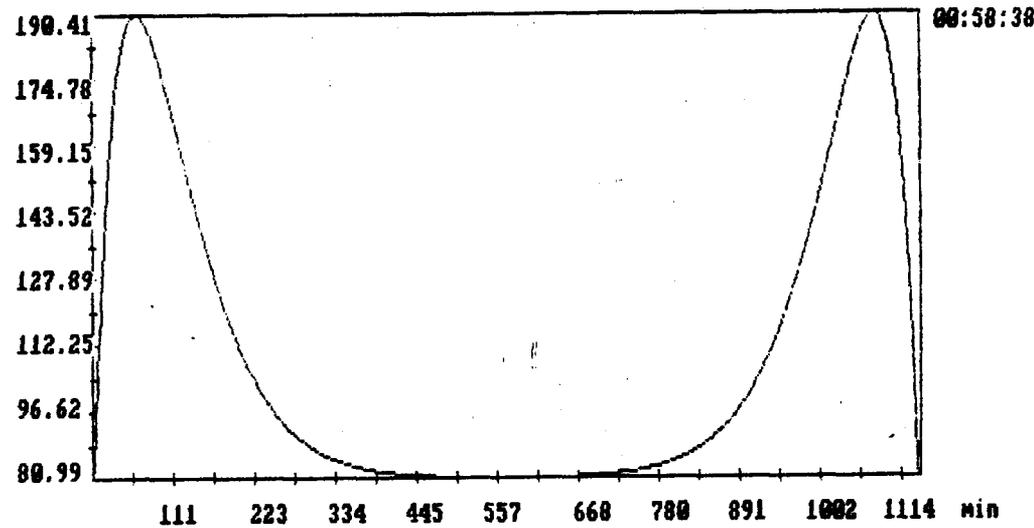
C = [mg/100 ml] ? 1054.558

A = [1/min] ? .017

W = [rad/min] ? .005

F = [rad] ? .0082

TR = [min] ? 1.6333333



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 88

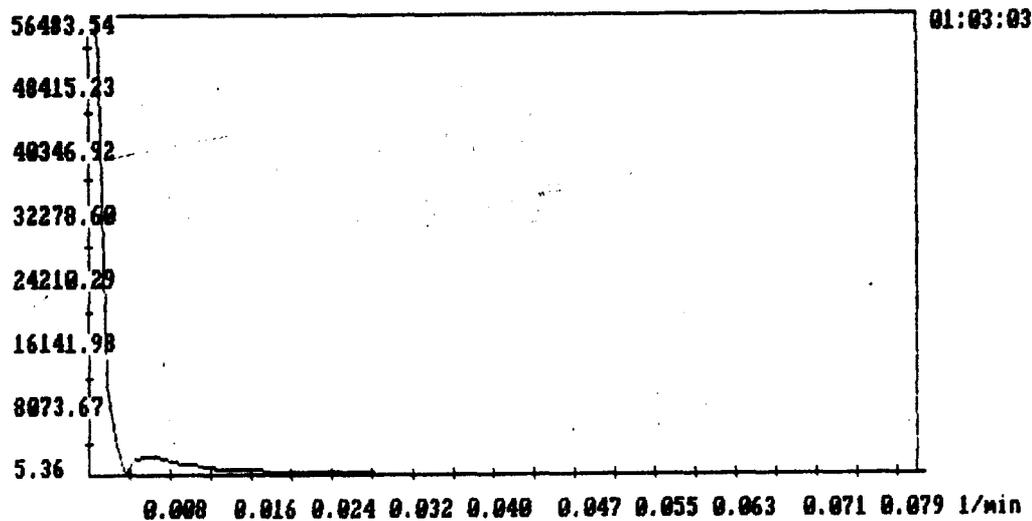


Figura 49.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 49.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.028) = 17.88$ minutos.
 Atenuación = - 80.46 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 13:05:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 13:11:04 HRS
CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : AGUILAR DAVILA O.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : ACROMEGALIA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 18 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [ng/100ml]	[G] CALC. [ng/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
-10	79	82.99	
0	83	82.99	
30	145	133.34	
60	123	150.38	
90	152	150.21	
120	164	142.26	
150	138	131.72	
180	104	121.24	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .8207 n = .98 D.M. = ± 15.5752 ng/100 ml R.M. = ± 11.1396 %

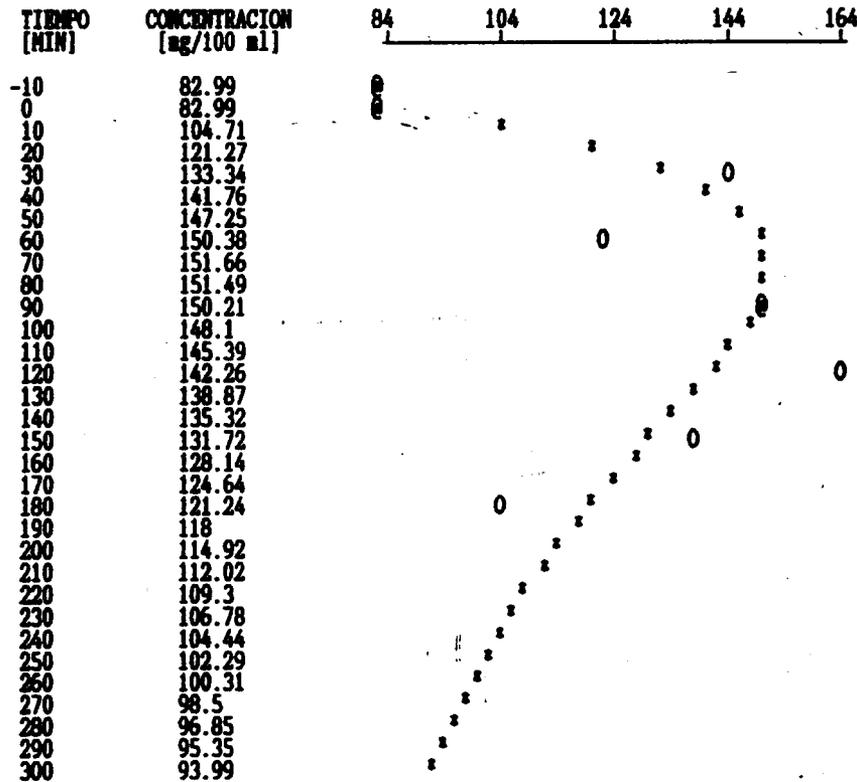


Figura 50.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Aguilar Dávila O. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 82.9946 C = 612.148 a = .0132 W = .0041 θ = .0005

TA(5%) = 3 HRS. 46 MIN. 56 SEG. E.C.M. = 5.8872 ENERGIA = 6.0362 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 7 SEG. PENDIENTE EN TR = 2.5058

TIEMPO DE PICO (TP) = 73 MIN 35 SEG VALOR MAXIMO = 151.7462

AREA (1) = 13137.43 [GLUCOSA] media = 100.1399
AREA (2) = .532 [GLUCOSA] media = 82.9939
AREA (3) = 0 [GLUCOSA] media = 82.9946

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0138 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .955

$$Y(S) = \frac{(167.0511)(S/[-8.1868]+1)}{U(S) = \frac{(S/.0138)^2 + 132S + 1}{} \quad \beta = 75.76$$

NOMBRE DEL PACIENTE ? AGUILAR DAVILA O.

01:04:43

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

180

1

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 82.9946

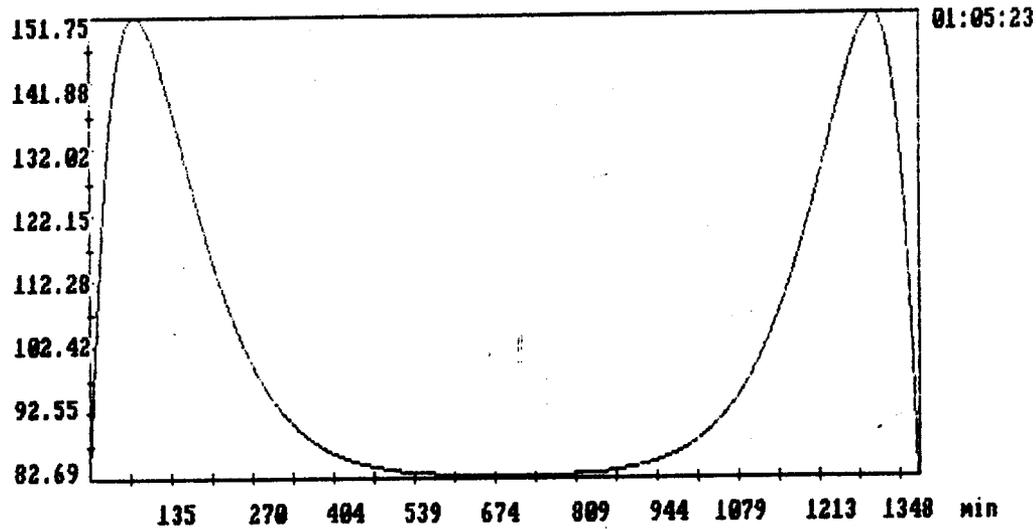
C = [mg/100 ml] ? 612.148

A = [1/min] ? .0132

W = [rad/min] ? .0041

F = [rad] ? .0005

TR = [min] ? 0.11666666



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 125

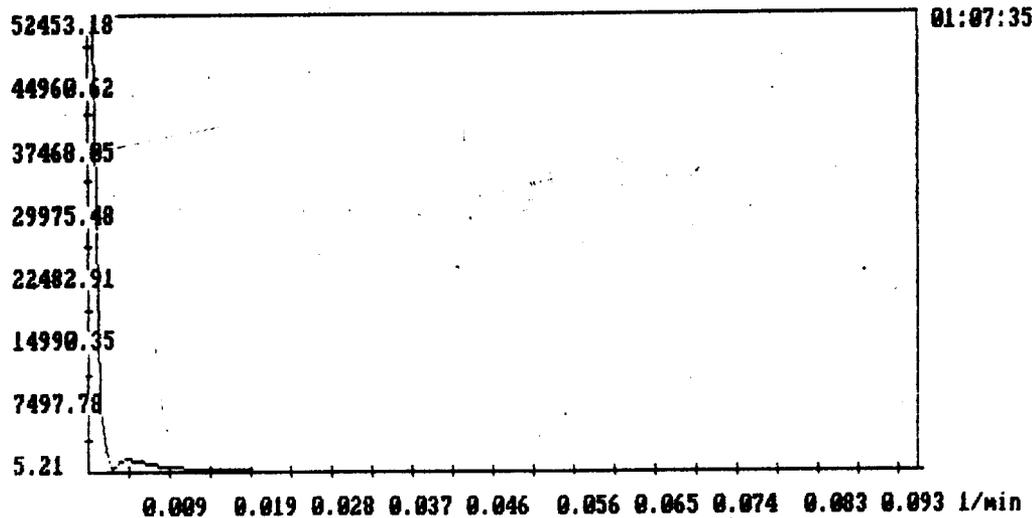


Figura 50.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 50.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.019) = 26.316$ minutos.
 Atenuación = - 80.06 dB.

IZTAPALAPA
 SERVICIOS DOCUMENTALES

NOMBRE DEL PACIENTE ? SALDIVAR A. M.

01:09:05

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

1

182

Escriba los parametros de la curva [caso sub amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 74.9955

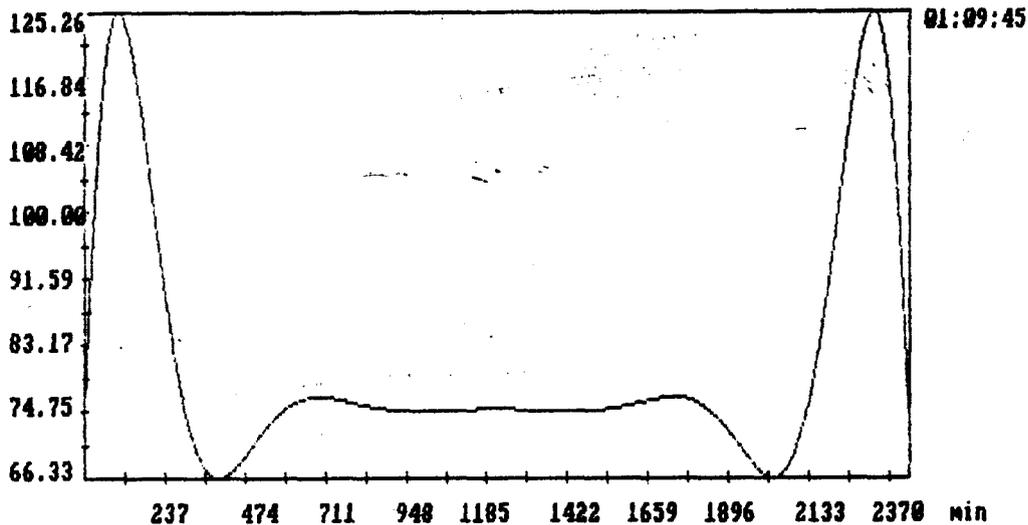
C = [mg/100 ml] ? 104.28

A = [1/min] ? .0061

W = [rad/min] ? .0109

F = [rad] ? .0001

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 125

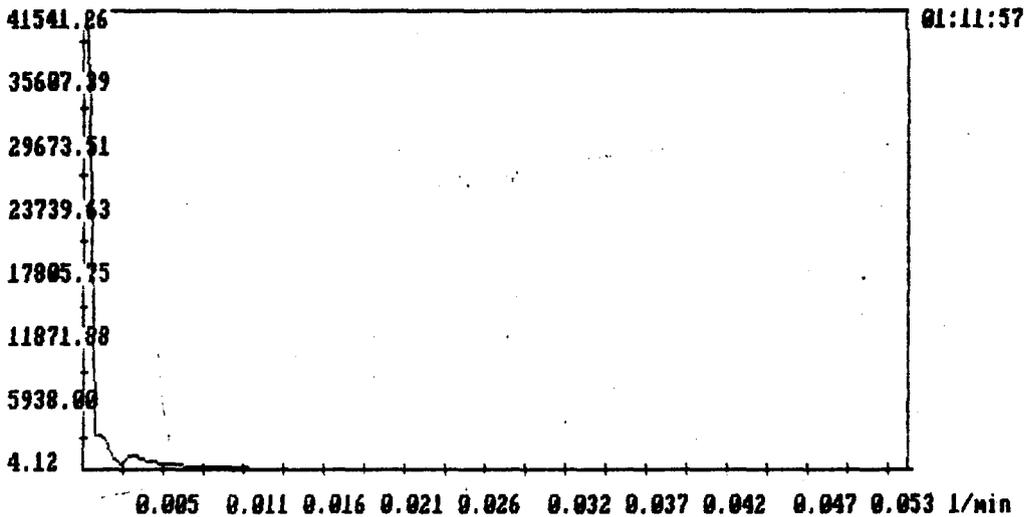


Figura 51.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 51.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.011) = 45.45$ minutos.
 Atenuación = - 80.07 dB.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SUBDIRECCION GENERAL MEDICA

Fecha de esta Solicitud 26 NOV 85	Fecha de próxima Consulta <input type="checkbox"/>	Cama No. 843
Hacer Exámenes el día	Presentarse en el Laboratorio o sus horas	Servicio Solicitante ENDOCRINOLOGIA
Diagnóstico de Presunción o Datos Clínicos ACROMEGALIA (CTG)		

HERNANDEZ MARTINEZ JUAN.
1479 60 0350 1M Or
DR GONZALEZ MJS
DR CANTO R2MI.

BACTERIOLOGIA

1. Hemocultivo
2. Coprocultivo
3. Urocultivo
4. Exudado faríngeo
6. Exudado cérvicovaginal
7. Exudado uretral
8. Exudado próstatovesicular
9. Espermocultivo
18. Bacilos ácido-alcohol resistentes
 - Bacterioscópico
 - Cultivo
 - Inoculación

100 MICOLOGIA

Microscopía

Cultivo

PARASITOLOGIA

- 200 Plasmodio
- 201 Coproparasitoscópico
1-2-3 - Muestras
- 202 Raspado perianal
- 203 Amibs en fresco

Otros exámenes:

RESULTADOS

CTG 117

BASAL: 143

20 minutos. 147

30 min. 147

60 min. 154

90 min. 189

120 min. 201

150 min. 17

180 min. 17

MICROBIOLOGIA 4 - 102 - 80

Nombre y firma de quien informa

Fecha de entrega:

Figura 52. Datos reales del paciente: Hernández Martínez J. a una carga de 75 gramos de glucosa.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 14:14:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 14:28:30 HRS

CARGA DE
GLUCOSA : 75
PACIENTE : HERNANDEZ MARTINEZ J.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : ACROMEGALIA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 38 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	117	116.98	
20	143	139.78	
30	147	151.13	
60	147	170.87	
90	154	176.57	
120	189	174.66	
150	201	169.04	
180	171	161.97	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .7633 n = .96 D.M. = ± 17.3754 mg/100 ml R.M. = ± 10.174 %

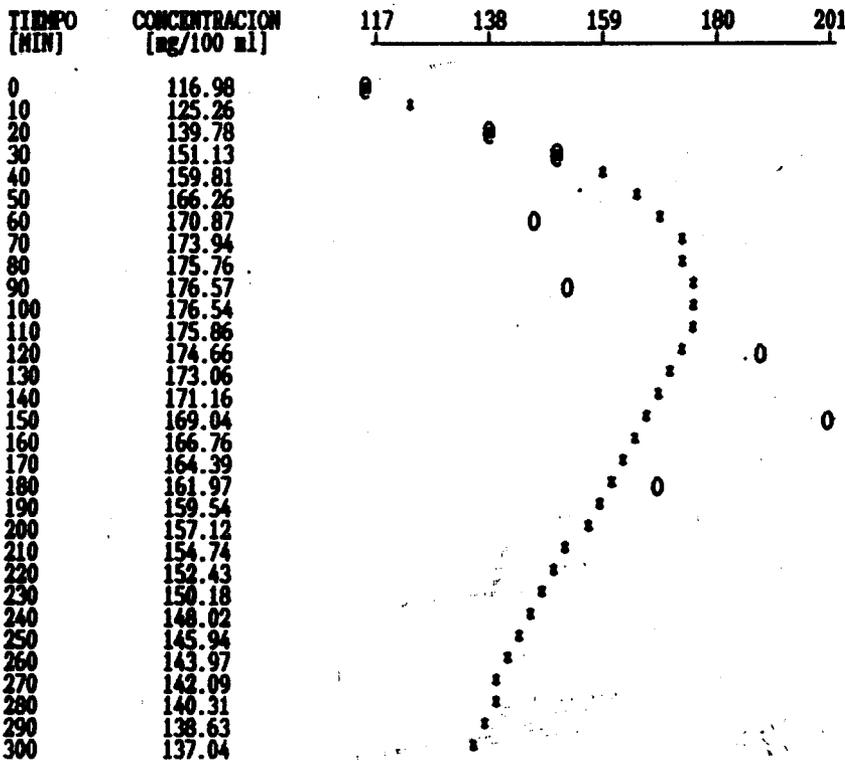


Figura 52.a Resultado obtenido con el programa para los datos presentados en la figura 52.

K = 116.9848 C1 = 660.1923 a1 = .0098 C2 = -670.2235 a2 = .0127

TA(SZ) = 8 HRS. 2 MIN. 16 SEG. E.C.M. = 6.2699 ENERGIA = 59 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 5 MINUTOS 12 SEG. PENDIENTE EN TR = 1.8194

TIEMPO DE PICO = 94 MIN 35 SEG VALOR MAXIMO = 176.6469

AREA (TR - TA) = 14.1372 E+03 [GLUCOSA] med = 146.6185 a = .0113

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0112 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 1.0084

$$Y(S) = \frac{(194.5741)(S/[-.1811]+1)}{(S/[-.0098]+1)(S/[-.0127]+1)} \quad \beta_1 = 102.04 \quad \beta_2 = 78.74$$

NOMBRE DEL PACIENTE ? HERNANDEZ MARTINEZ J.

13:31:56

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

2

185

Escriba los parametros de la curva [caso sobre amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 116.9848

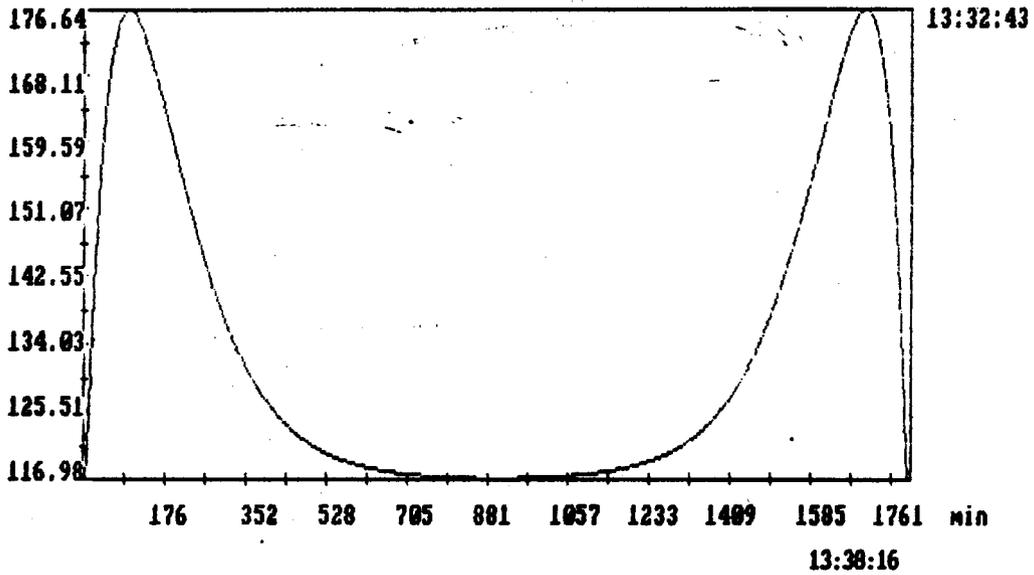
C1 = [mg/100 ml] ? 660.1923

A1 = [1/min] ? .0098

C2 = [mg/100 ml] ? -670.2235

A2 = [1/min] ? .0127

TR = [min] ? 5.2



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 58

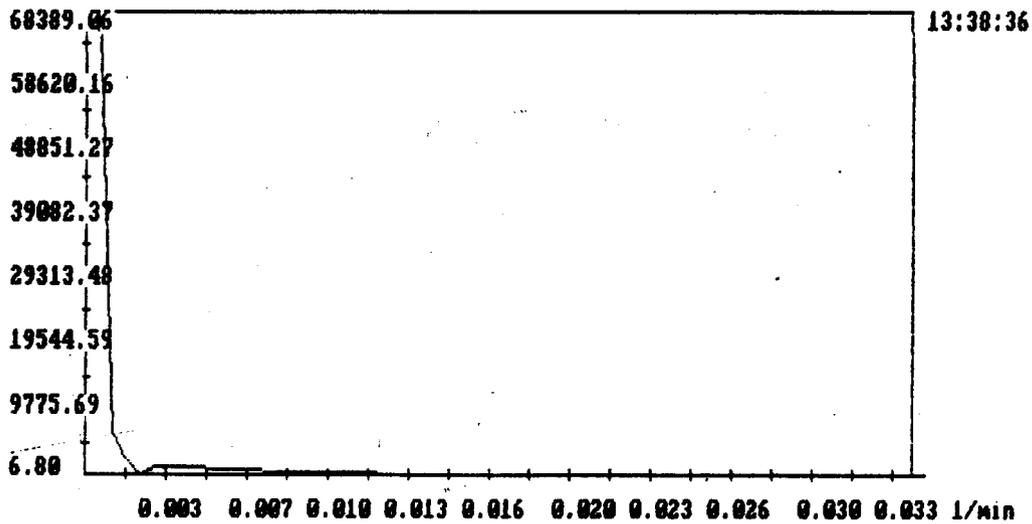


Figura 52.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 52.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.0115) = 43.48$ minutos.
 Atenuación = - 80.05 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:40:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:43:48 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : PINEDO H.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 15 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	130	129.99	
30	220	237.54	
60	300	275.1	
90	290	287.64	
180	280	292.69	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9532 n = 1.02 D.M. = ± 14.7937 mg/100 ml R.M. = ± 5.5892 %

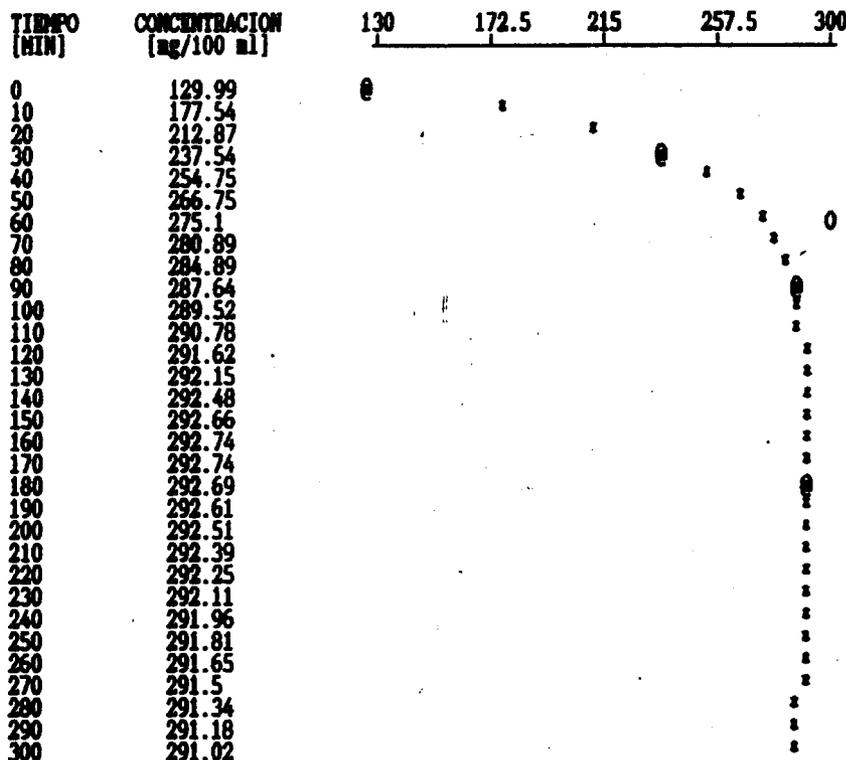


Figura 53. a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Pinedo H. a una carga de 75 gramos de glucosa. Nótese el valor de la concentración basal

K = 129.9925 C1 = 165.9349 a1 = .0001 C2 = -168.9409 a2 = .0357

TA(5%) = 539 HRS. 58 MIN. 30 SEG. E.C.M. = 6.6439 ENERGIA = 13629.44 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 30 SEG. PENDIENTE EN TR = 5.907

TIEMPO DE PICO = 165 MIN 36 SEG VALOR MAXIMO = 292.7448

AREA (TR - TA) = 1589.622 E+03 [GLUCOSA] med = 179.0579 a = .0179

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0019 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 9.4737

$$Y(S) = \frac{(22061.56) (S/[-1.9651] + 1)}{(S/[-.0001] + 1)(S/[-.0357] + 1)} \quad \beta_1 = 10000 \quad \beta_2 = 28.01$$

LA EVALUACION NORMALIZADA ES : 646.76 / 20.66



INICIO DE PROCESAMIENTO : 15:06:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 15:06:51 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE :
EDAD :
SEXO :
PESO :
ESTATURA :
COMENTARIOS :

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 3 ITERACIONES

TIEMPO (MIN)	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
-10	70	70	
0	70	70	
30	70	70.06	
60	88	88.66	
90	95	97.06	
120	105	100.41	
180	100	100.98	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9494 n = 1.03 D.M. = ± 2.3113 mg/100 ml R.M. = ± 2.3246 %

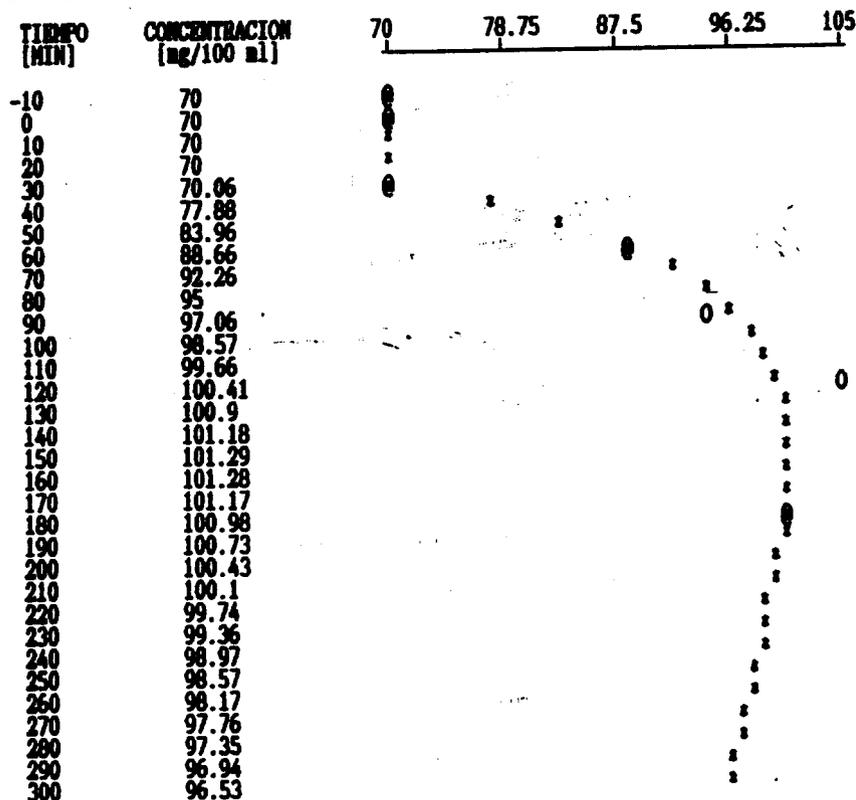


Figura 54.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: a una carga de 75 gramos de glucosa. Nótese el tiempo de retraso.

K = 69.9991 C1 = 42.9968 a1 = .0016 C2 = -82.081 a2 = .0232

TA(SZ) = 26 HRS. 7 MIN. 44 SEG. E.C.M. = 1.0327 ENERGIA = 42.186 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 29 MINUTOS 56 SEG. PENDIENTE EN TR = .8853

TIEMPO DE PICO = 153 MIN 44 SEG VALOR MAXIMO = 101.3013

AREA (TR - TA) = 21.6621 E+03 [GLUCOSA] med = 84.0855 a = .0124

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0061 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 2.0352

$$\frac{Y(S)}{U(S)} = \frac{(311.1336)(S/[-.0222]+1)}{(S/ [.0016]+1)(S/ [.0232]+1)} \quad \beta_1 = 625 \quad \beta_2 = 43.1$$

FIGURA	ω_n	σ	POSICION DEL CERO	K_{BODE}	α	K_{BODE}/σ NORMALIZADO
45.a	0.0143	0.5186	121.9926	139.204	0.0074	4.08/1.13
46.a	0.023	0.9643	2.4178	62.2066	0.0222	1.82/2.1
47.a	0.0287	1.0009	2.9867	70.0306	0.0288	2.05/2.18
48.a	0.013	0.9749	0.4873	367.8455	0.0127	10.78/2.13
49.a	0.0177	0.9594	0.5927	227.8048	0.017	6.68/2.09
50.a	0.138	0.955	8.1868	167.0511	0.0132	4.9/2.08
51.a	0.0125	0.4884	108.9939	56.8294	0.0061	1.67/1.06
52.a	0.0112	1.0084	0.1811	194.5741	0.0113	5.7/2.2
53.a	0.0019	9.4737	1.9651	22061.56	0.0001	646.76/20.66
54.a	.0061	2.0352	0.0222	311.1336	0.0124	9.12/4.44

Tabla VI.- Resumen de los parámetros obtenidos para las gráficas de las figuras : 45.a ; 46.a ; 47.a ; 48.a ; 49.a ; 50.a , 51.a ; 52.a ; 53.a y 54.a

El diagrama de la figura 55, presenta los valores de K_{BODE} y σ normalizados para los datos de la tabla VI

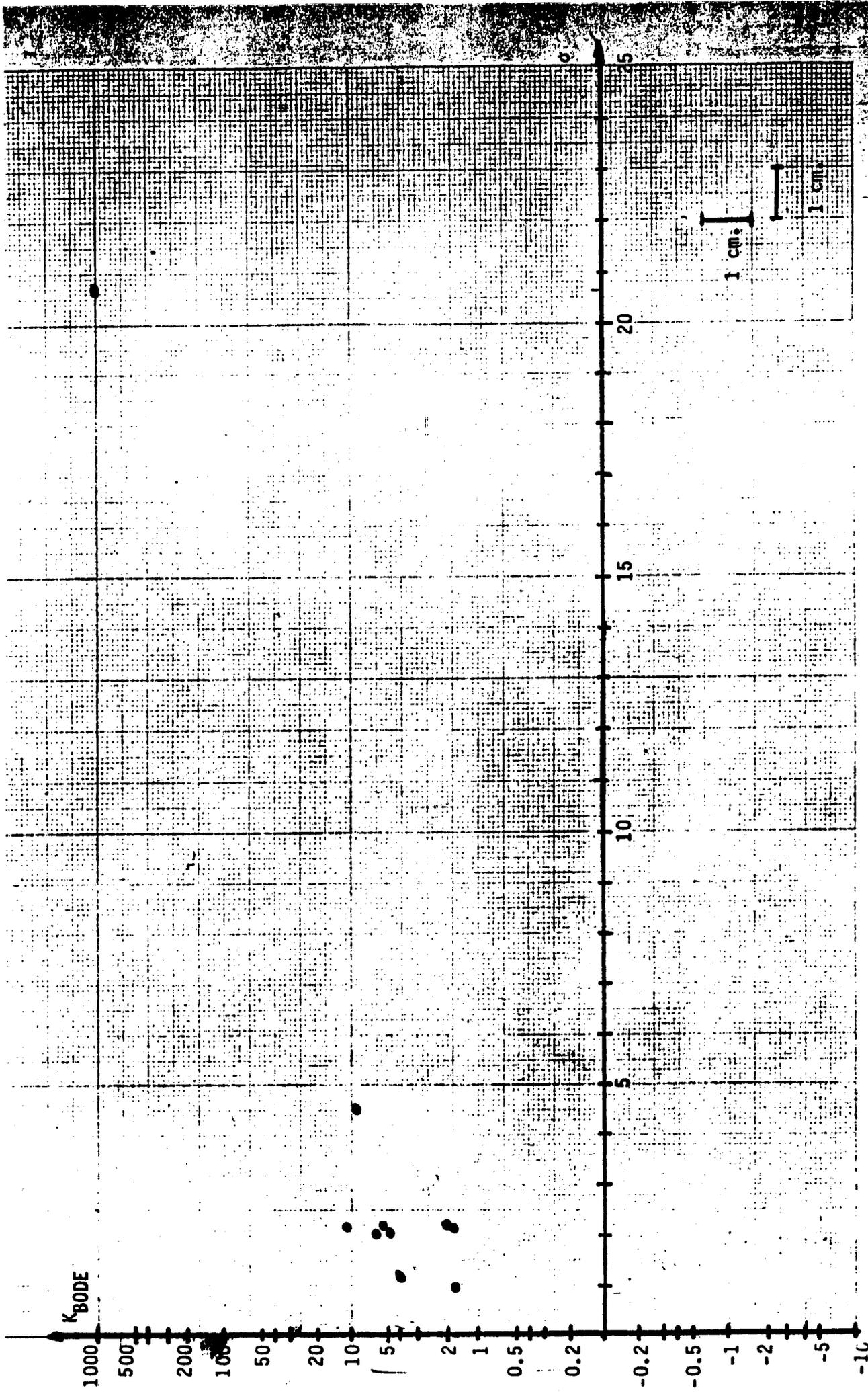


Figura 55. Diagrama $K_{BODE} - \sigma$ para los parametros de las figuras 45.a ; 46.a ; 47.a ; 48.a ; 49.a ; 50.a ; 51.a ; 52.a ; 53.a ; y 54.a.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:04:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:06:44 HRS

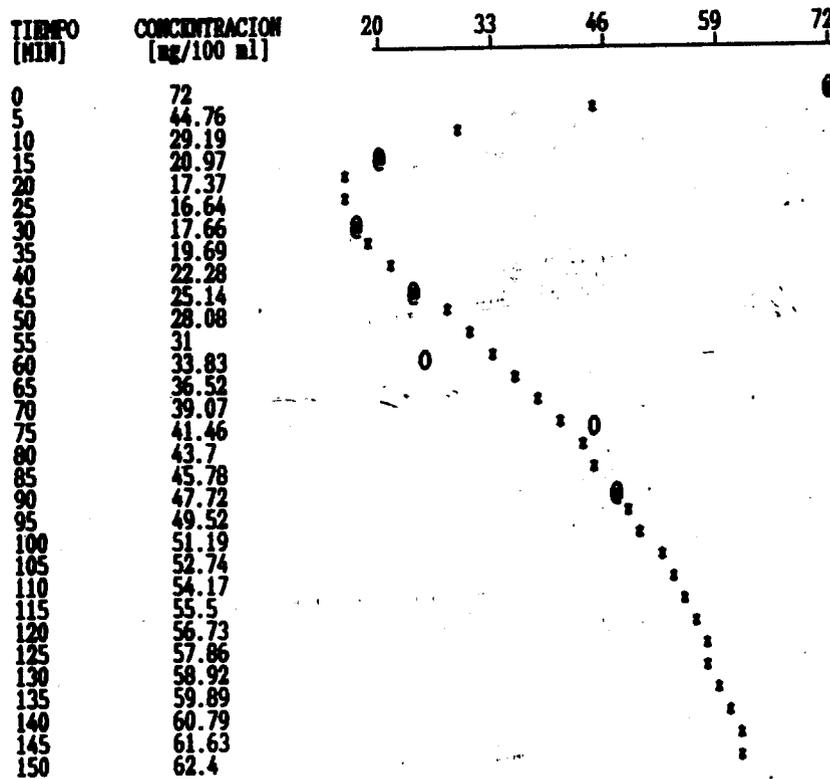
CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : OSORIO G.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 8 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	72	72	
15	20	20.97	
30	20	17.66	
45	26	25.14	
60	26	33.83	
75	45	41.46	
90	50	47.72	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9696 n = 1.01 D.M. = ± 3.5091 mg/100 ml R.M. = ± 10.96 %



K = 71.9976 C1 = -98.1229 a1 = .0155 C2 = 98.0082 a2 = .0866
TA(S) = 3 HRS. 33 MIN. 14 SEG. E.C.M. = 1.3258 ENERGIA = 17.724 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = -6.9549
TIEMPO DE PICO = 24 MIN 10 SEG VALOR MINIMO = 16.61872
AREA (TR - TA) = 4.9665 E+03 [GLUCOSA] med = 48.7057 a = .0511
FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0366 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 1.3934
Y(S) = (-69.317) (S/[60.8396]+1) β1 = 64.52 β2 = 11.55
U(S) = (S/[.0155]+1)(S/[.0866]+1)

LA EVALUACION NORMALIZADA ES :-2.03 / 3.04

Figura 56.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Osorio G. a una carga de 75 gramos de glucosa.

NOMBRE DEL PACIENTE ? OSORIO G.

14:20:33

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

2

191

Escriba los parametros de la curva [caso sobre amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 71.9976

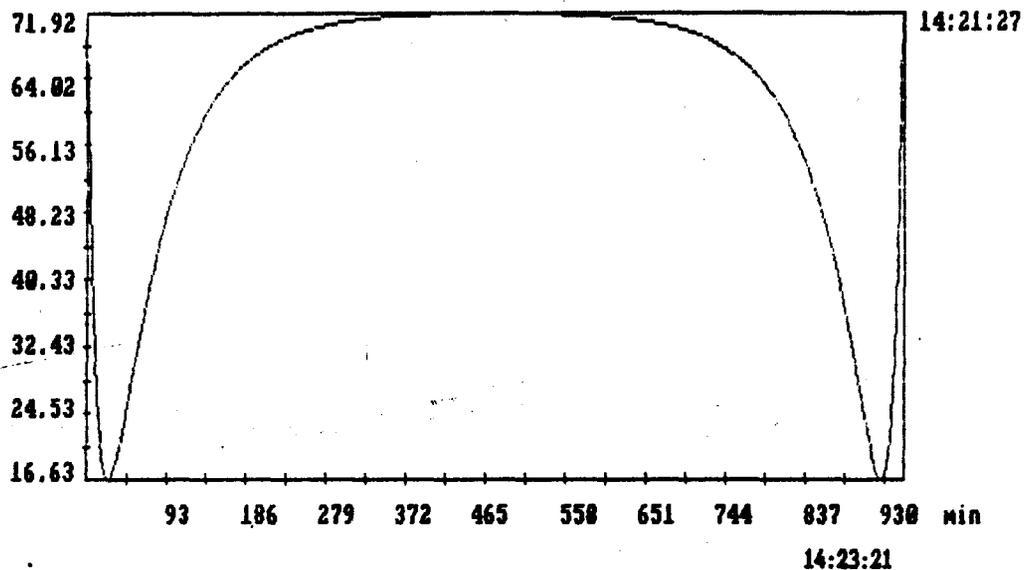
C1 = [mg/100 ml] ? -98.1229

A1 = [l/min] ? .0155

C2 = [mg/100 ml] ? 98.0082

A2 = [l/min] ? .0866

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Quantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 193

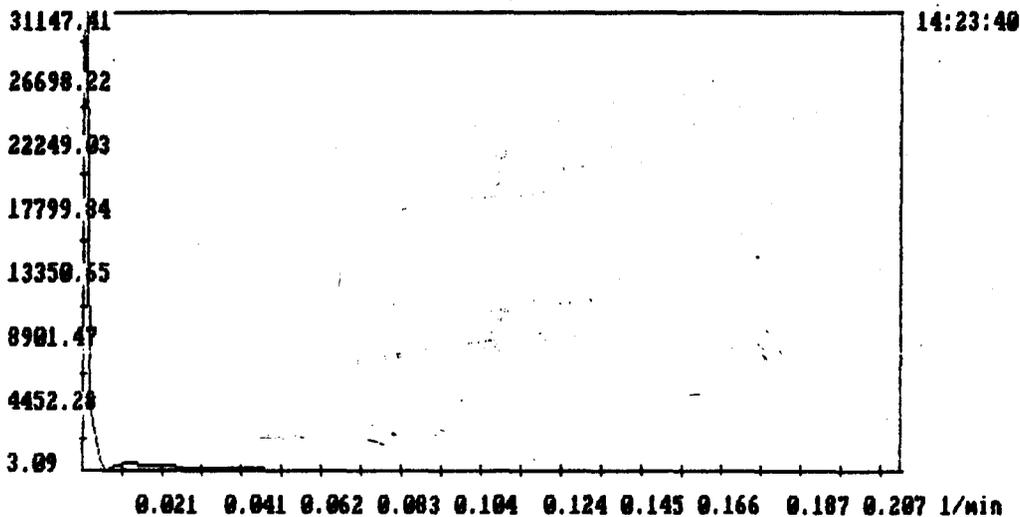


Figura 56.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 56.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.04625) = 10.81$ minutos.
 Atenuación = - 80.07 dB.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:11:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:12:48 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : MARTINEZ C.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 6 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
-10	66	66	
0	66	66	
15	31	23.32	
30	20	31.22	
45	50	44.82	
60	50	54.54	
75	60	60.18	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9593 n = .96 D.M. = ± 6.2229 mg/100 ml R.M. = ± 20.7378 %

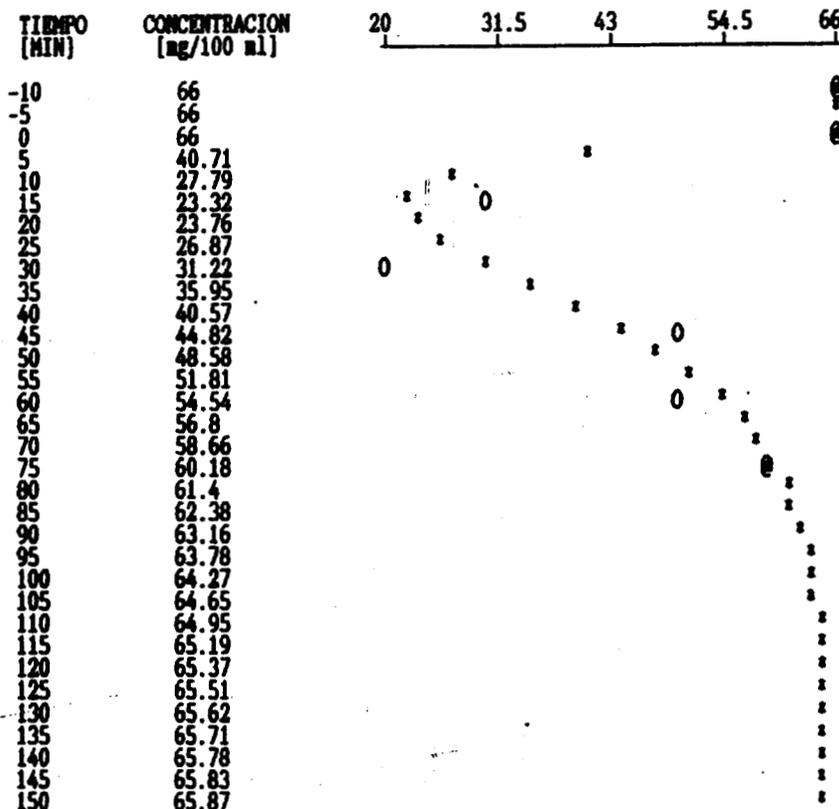


Figura 57.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Martínez C. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 65.9987 C1 = -903.3308 a1 = .0565 C2 = 904.83 a2 = .0644

TA(5%) = 1 HRS. 39 MIN. 19 SEG. E.C.M. = 2.5528 ENERGIA = 5.65 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 12 SEG. PENDIENTE EN TR = -7.0522

TIEMPO DE PICO = 16 MIN 46 SEG VALOR MINIMO = 23.05077

AREA (TR - TA) = 1.9032 E+03 [GLUCOSA] med = 46.7982 a = .0605

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0603 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 1.0021

$$Y(S) = \frac{(-25.84)(S/[-4.7036]+1)}{(S/[-0.0565]+1)(S/[-0.0644]+1)} \quad \beta_1 = 17.7 \quad \beta_2 = 15.53$$

NOMBRE DEL PACIENTE ? MARTINEZ C.

14:35:59

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

2

193

Escriba los parametros de la curva [caso sobre amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 65.9987

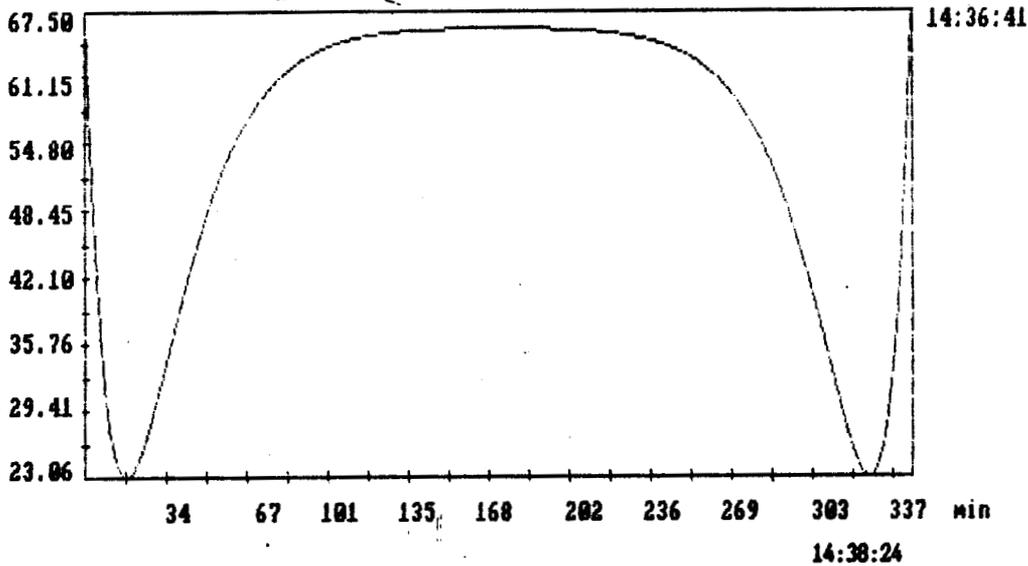
C1 = [mg/100 ml] ? -903.3300

A1 = [1/min] ? .0565

C2 = [mg/100 ml] ? 904.83

A2 = [1/min] ? .0644

TR = [min] ? .2



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 142

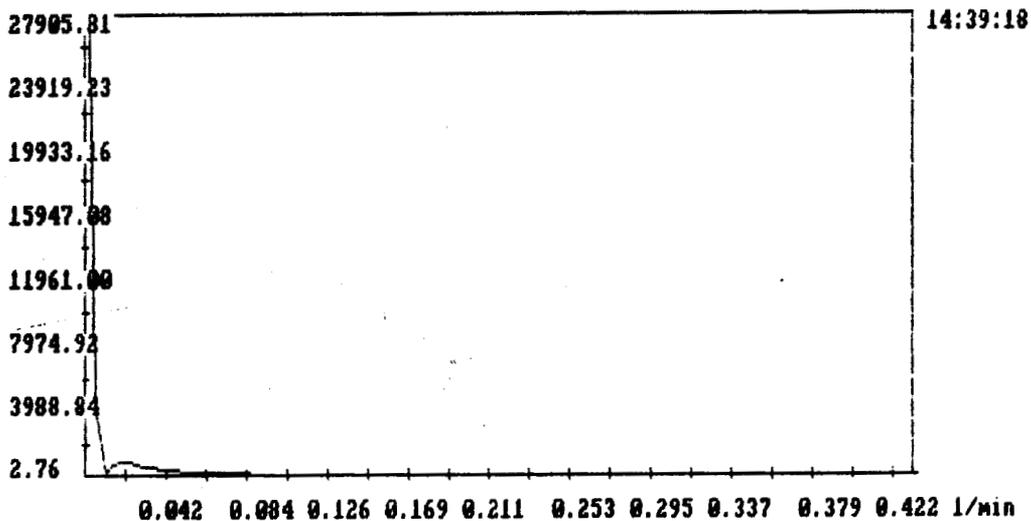


Figura 57.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 57.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.084) = 5.95$ minutos.
 Atenuación = - 80.08 dB.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:17:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:33:57 HRS

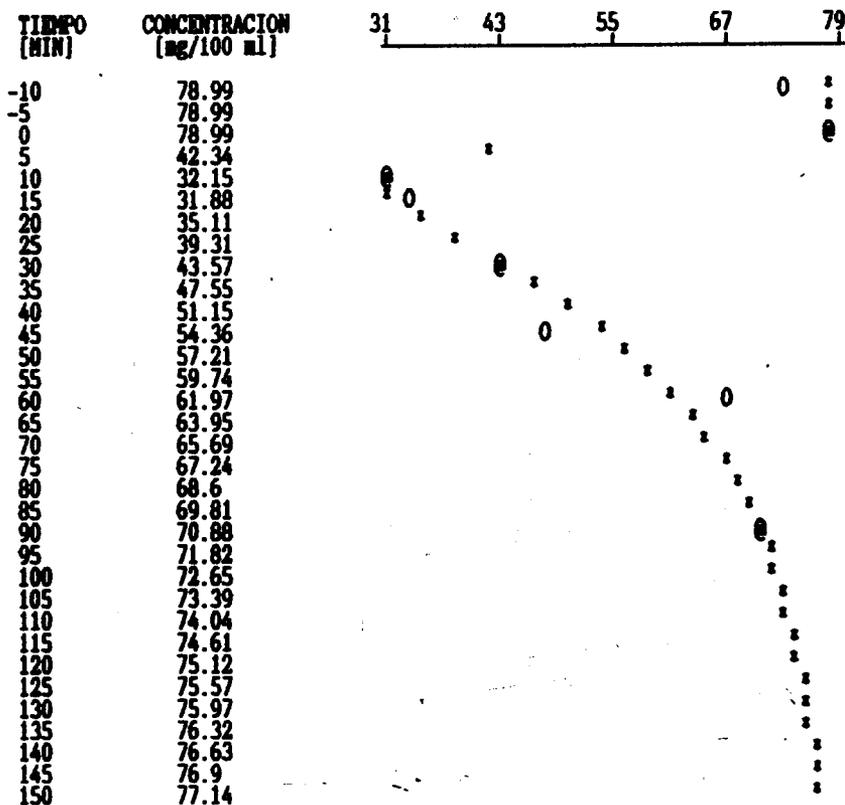
CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : GARCIA MANCERA M.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : PROB. Sx. SEEGAN.

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 51 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
-10	73	78.99	
0	79	78.99	
10	31	32.15	
15	34	31.88	
30	43	43.57	
45	48	54.36	
60	67	61.97	
90	73	70.88	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9558 n = 1.03 D.M. = ± 3.3034 mg/100 ml R.M. = ± 6.2206 %



K = 78.985 C1 = -74.8909 a1 = .0247 C2 = 74.8407 a2 = .1859

TA(S) = 1 HRS. 59 MIN. 7 SEG. K.C.M. = 1.2483 ENERGIA = 7.506 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = -12.0525

TIEMPO DE PICO = 12 MIN 31 SEG VALOR MINIMO = 31.3151

AREA (TR - TA) = 2.4695 E+03 [GLUCOSA] med = 58.2544 a = .1053

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0678 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 1.554

$$Y(S) = \frac{(-35.0591) (S/[240.5042] + 1)}{(S/[0.0247] + 1)(S/[0.1859] + 1)} \quad \beta_1 = 40.49 \quad \beta_2 = 5.38$$

Figura 58.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Garcia Mancera M. a una carga de 75 gramos de glucosa.

NOMBRE DEL PACIENTE ? GARCIA MANCERA M.

14:41:05

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

2

195

Escriba los parametros de la curva [caso sobre amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 78.985

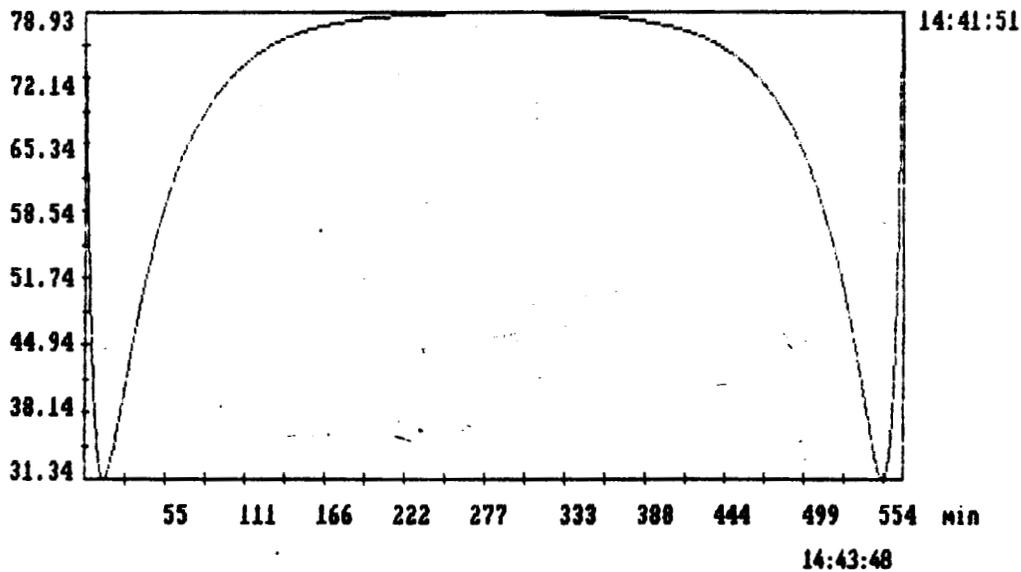
C1 = [mg/100 ml] ? -74.8909

A1 = [1/min] ? .0247

C2 = [mg/100 ml] ? 74.8407

A2 = [1/min] ? .1859

TR = [min] ? 0



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 189

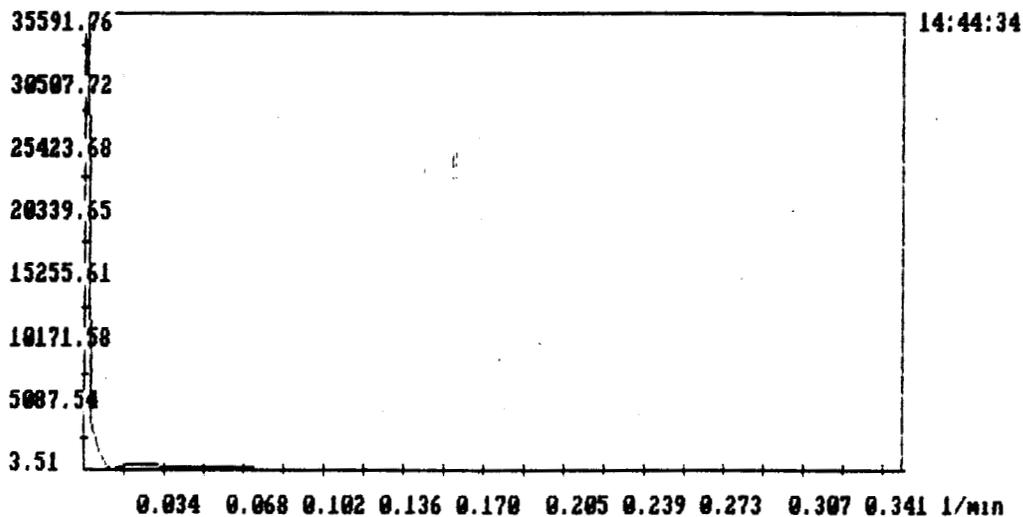
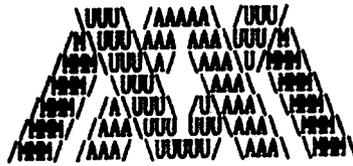


Figura 58.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 58.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.068) = 7.35$ minutos.
 Atenuación = - 80.13 dB



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:38:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:39:10 HRS

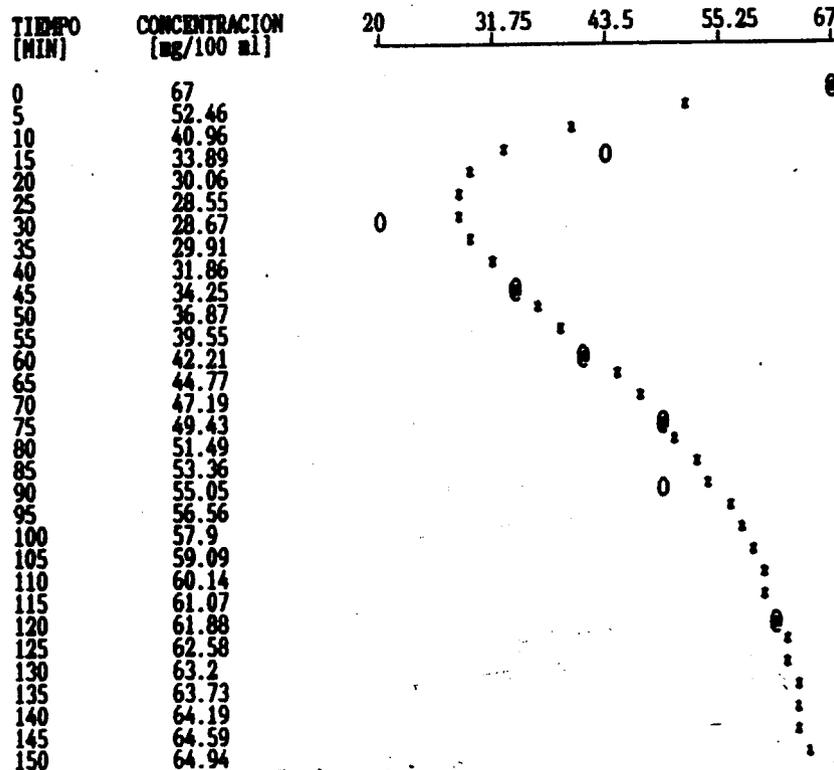
CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : HERNANDEZ O.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 3 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO e.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	67	67	
15	44	33.89	
30	20	28.67	
45	35	34.25	
60	42	42.21	
75	50	49.43	
90	50	55.05	
120	62	61.88	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9465 n = .99 D.N. = ± 5.0476 mg/100 ml R.M. = ± 15.3957 %



K = 66.9992 C1 = -745.0882 a1 = .0354 C2 = 748.0223 a2 = .0409

TA(SK) = 2 HRS. 32 MIN. 40 SEG. E.C.M. = 1.8217 ENERGIA = 7.22 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 42 SEG. PENDIENTE EN TR = -3.9956

TIEMPO DE PICO = 26 MIN 58 SEG VALOR MINIMO = 28.4361

AREA (TR - TA) = 2.7006 E+03 [GLUCOSA] med = 49.2273 a = .0381

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0381 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 1.0026

$$\frac{Y(S)}{U(S)} = \frac{(-36.7818) (S/[-1.3613] + 1)}{(S/ [.0354] + 1)(S/ [.0409] + 1)} \quad \beta_1 = 28.25 \quad \beta_2 = 24.45$$

LA EVALUACION NORMALIZADA ES :-1.08 / 2.19

Figura 59.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Hernández O. a una carga de 75 gramos de glucosa.

NOMBRE DEL PACIENTE ? HERNANDEZ O.

00:07:01

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

2

197

Escriba los parametros de la curva [caso sobre amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 66.9992

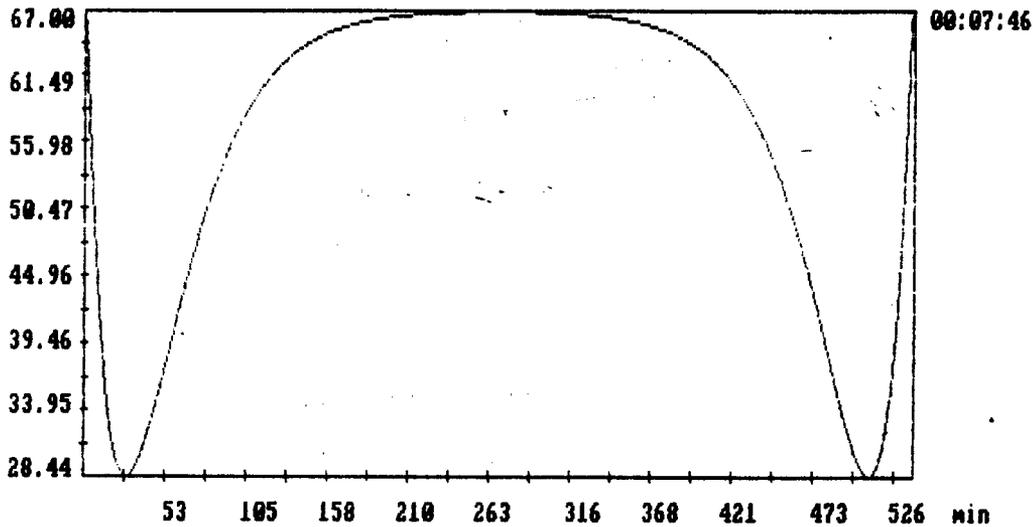
C1 = [mg/100 ml] ? -745.0882

A1 = [1/min] ? .0354

C2 = [mg/100 ml] ? 748.0223

A2 = [1/min] ? .0409

TR = [min] ? .7



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

526

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 86

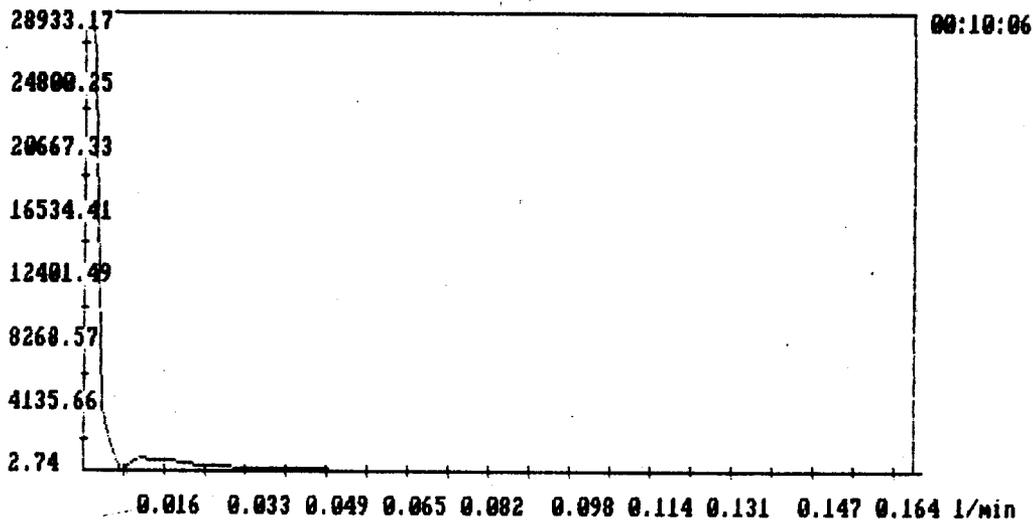


Figura 59.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 59.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.049) = 10.2$ minutos.
 Atenuación = - 80.48 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:43:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:50:40 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : REYES GALINDO R.
EDAD : ---
SEXO : MASCULINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : HIPOGLUCEMIA INDUCIDA

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 20 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL .- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	84	83.99	
30	66	43.23	
60	34	32.12	
90	35	36.89	
120	34	46.4	
135	43	51.33	
150	45	55.98	
180	63	63.99	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .8979 n = .9 D.H. = ± 10.4299 mg/100 ml R.M. = ± 22.9164 %

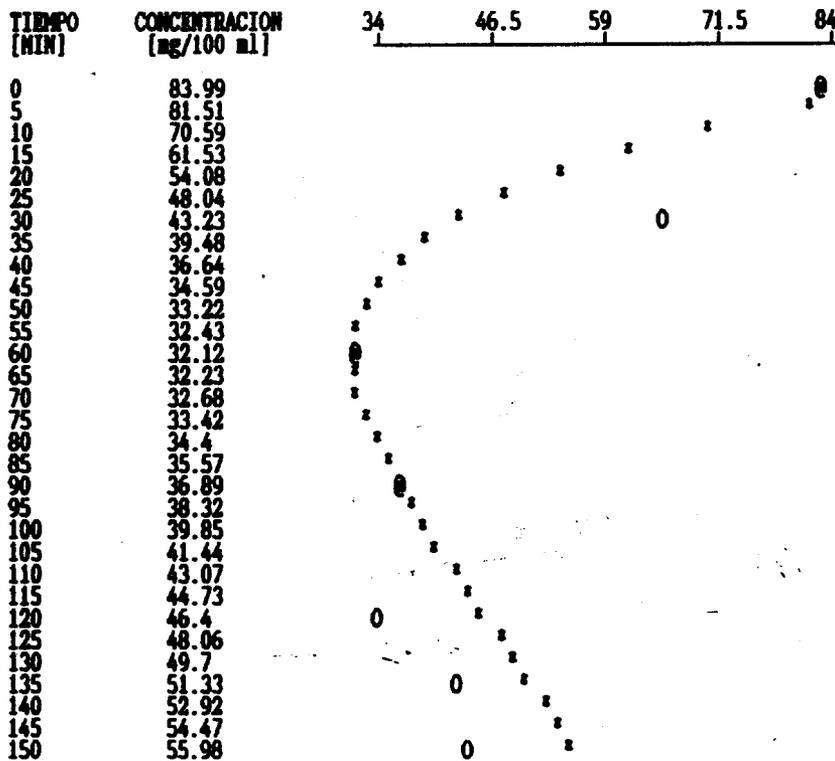


Figura 60.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Reyes Galindo R. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 83.994 C1 = -976.731 a1 = .0162 C2 = 987.2736 a2 = .0189
TA(5%) = 5 HRS. 36 MIN. 22 SEG. E.C.M. = 3.9151 ENERGIA = 28.424 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 3 MINUTOS 58 SEG. PENDIENTE EN TR = -2.4727
TIEMPO DE PICO = 61 MIN 4 SEG VALOR MINIMO = 32.11147
AREA (TR - TA) = 7.9071 E+03 [GLUCOSA] med = 60.20551 a = .0175
FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0175 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 1.003
Y(S) = (-107.4045) (S/[-.2339]+1)
U(S) = (S/[.0162]+1)(S/[.0189]+1) β1 = 61.73 β2 = 52.91

NOMBRE DEL PACIENTE ? REYES GALINDO R.

00:12:14

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

2

199

Escriba los parametros de la curva [caso sobre amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 83.994

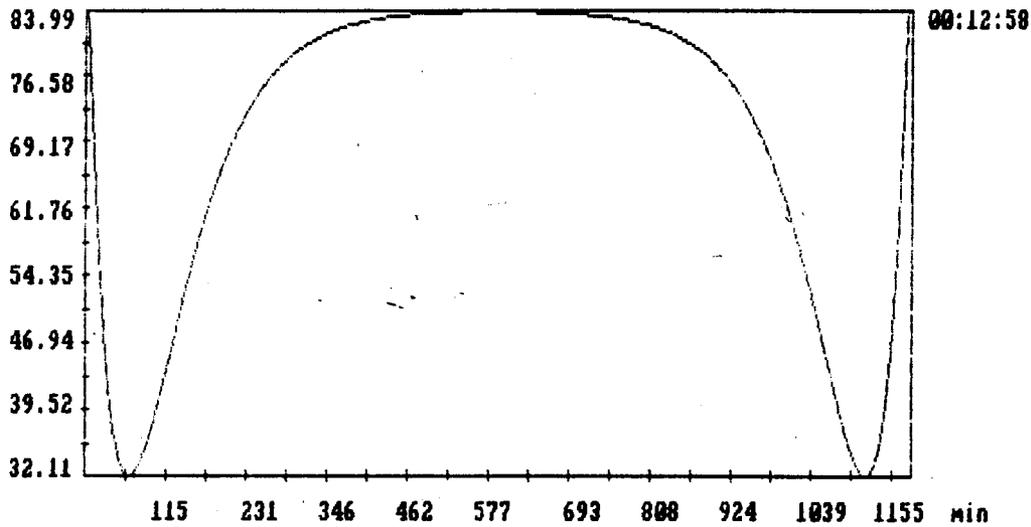
C1 = [mg/100 ml] ? -976.731

A1 = [l/min] ? .0162

C2 = [mg/100 ml] ? 987.2736

A2 = [l/min] ? .0189

TR = [min] ? 3.9666666



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 133

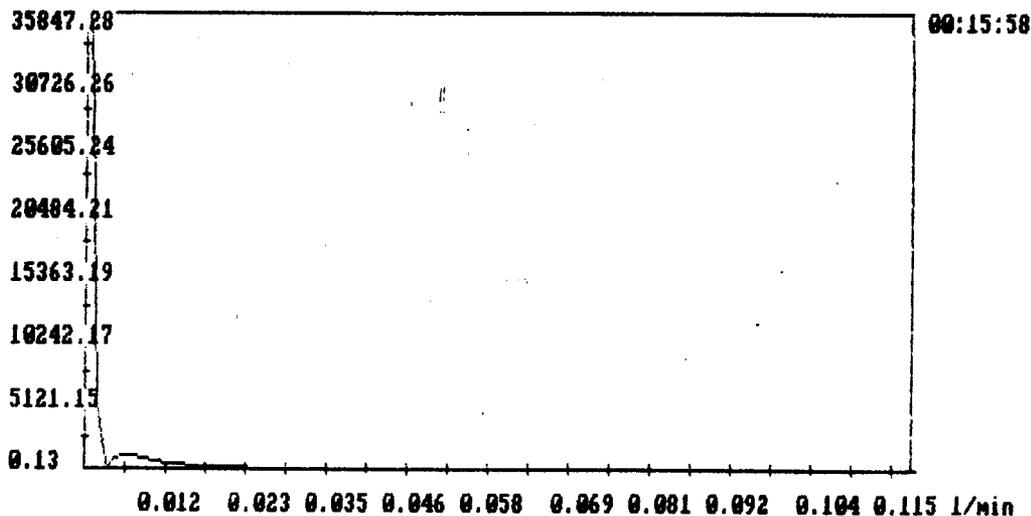


Figura 60.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 60.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.023) = 21.74$ minutos.
 Atenuación = - 80.12 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:54:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:54:47 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : GARCIA M. E.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 2 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	64	64	
15	20	23.06	
30	32	26.38	
45	40	38	
60	45	48.01	
75	50	54.78	
90	45	58.9	
120	60	62.55	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .8758 n = .83 D.M. = ± 5.8797 mg/100 ml R.M. = ± 12.9792 %

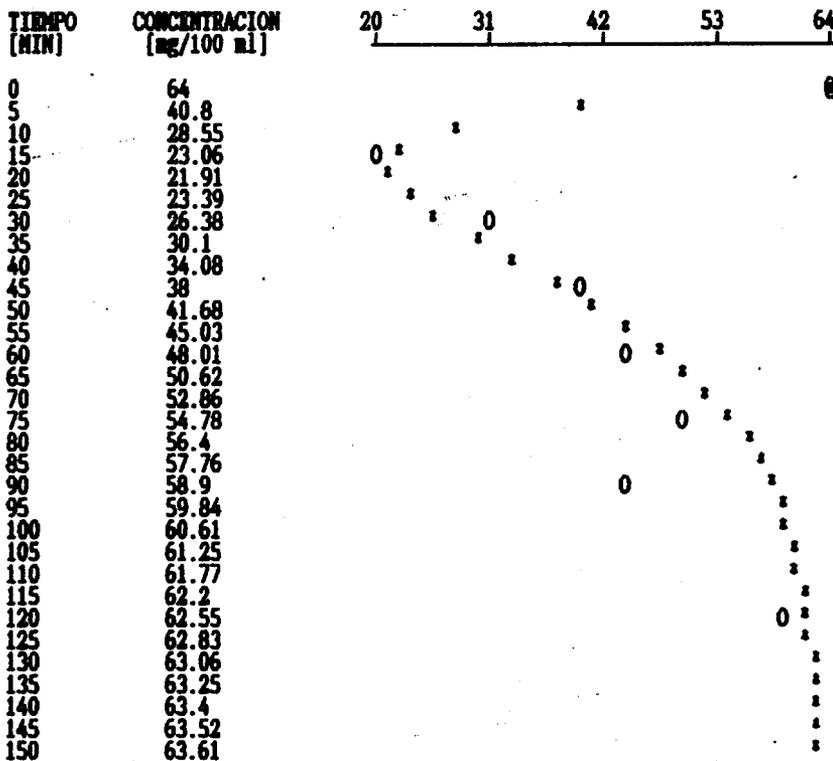


Figura 61.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Garcia M. E. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 63.9996 C1 = -2097.848 a1 = .0502 C2 = 2097.187 a2 = .053
TA(5%) = 2 HRS. 9 MIN. 11 SEG. E.C.M. = 2.0803 ENERGIA = 6.353 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 6 SEG. PENDIENTE EN TR = -5.7712
TIEMPO DE PICO = 19 MIN 16 SEG VALOR MINIMO = 21.87887
AREA (TR - TA) = 2.1984 E+03 [GLUCOSA] med = 46.9683 a = .0516
FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0516 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 1.0004
Y(S) = (-29.6031) (S/[8.9349]+1)
U(S) = (S/[.0502]+1)(S/[.053]+1) β1 = 19.92 β2 = 18.87

NOMBRE DEL PACIENTE ? GARCIA M. E.

00:17:51

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

201

2

Escriba los parametros de la curva [caso sobre amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 63.9996

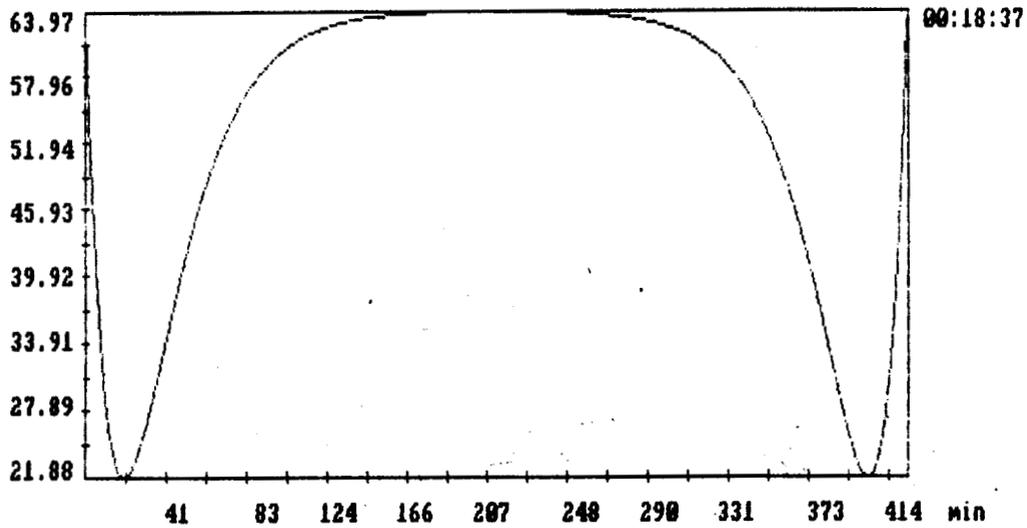
C1 = [mg/100 ml] ? -2097.848

A1 = [l/min] ? .0502

C2 = [mg/100 ml] ? 2097.187

A2 = [l/min] ? .053

TR = [min] ? .1



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 143

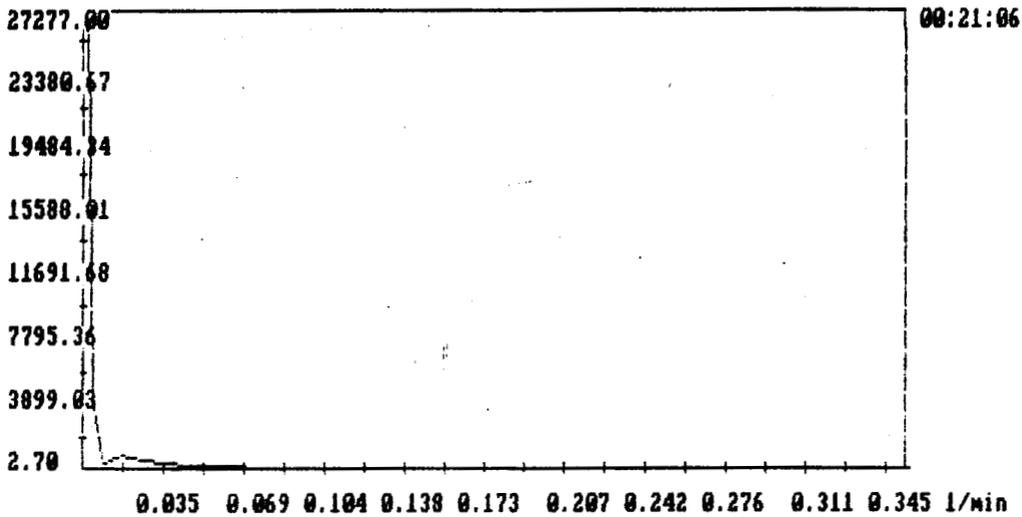


Figura 61.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 61.a.
 Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.069) = 7.246$ minutos.
 Atenuación = - 80.09 dB.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 16:59:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 16:59:42 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 75
PACIENTE : SILVA M.
EDAD : ---
SEXO : FEMENINO
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS :

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 2 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	70	70	
15	22	10.45	
30	23	33.85	
45	42	53.59	
60	50	63.38	
75	50	67.5	
90	64	69.09	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .7821 n = .74 D.M. = ± 11.3177 mg/100 ml R.M. = ± 46.1155 %

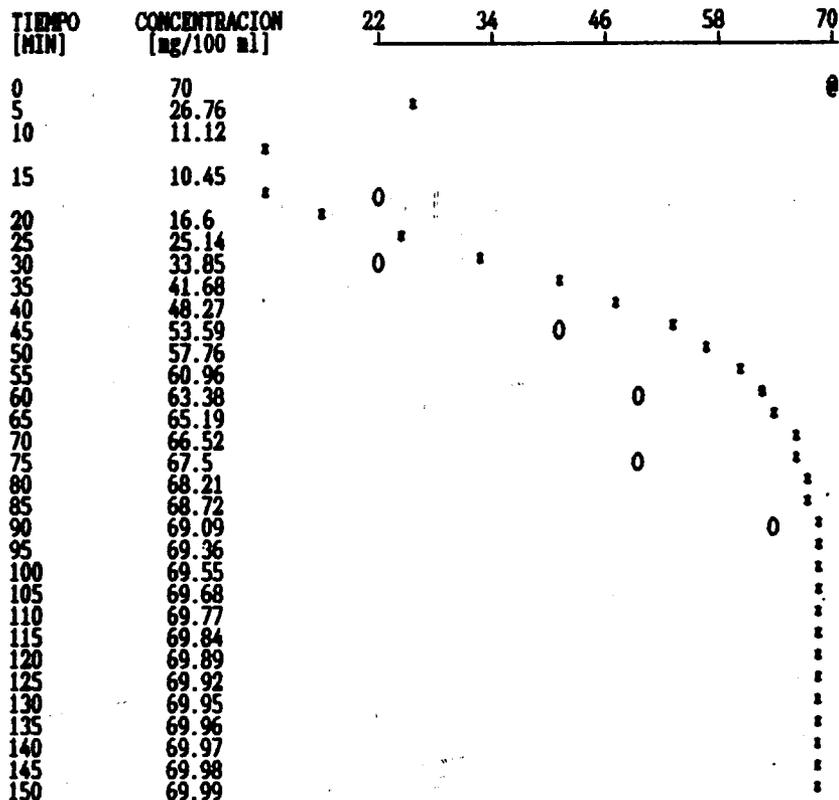


Figura 62.a Resultado obtenido con el programa para los datos del paciente: Silva M. a una carga de 75 gramos de glucosa.

K = 69.9994 C1 = -8290.7 a1 = .079 C2 = 8292.597 a2 = .0806

TA(5%) = 1 HRS. 38 MIN. 21 SEG. E.C.M. = 4.2859 ENERGIA = 8.473 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 8 SEG. PENDIENTE EN TR = -13.1161

TIEMPO DE PICO = 12 MIN 40 SEG VALOR MINIMO = 9.532845

AREA (TR - TA) = 2.0527 E+03 [GLUCOSA] med = 49.099 a = .0798

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0798 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = 1.0001

$$\frac{Y(S)}{U(S)} = \frac{(-27.4634) (S/[-6.9156]+1)}{(S/[.079]+1)(S/[.0806]+1)} \quad \beta_1 = 12.66 \quad \beta_2 = 12.41$$

NOMBRE DEL PACIENTE ? SILVA M.

00:23:11

CASO SUB AMORTIGUADO 1

CASO SOBRE AMORTIGUADO 2

2

203

Escriba los parametros de la curva [caso sobre amortiguado]

K = [mg/100 ml] ? 69.9994

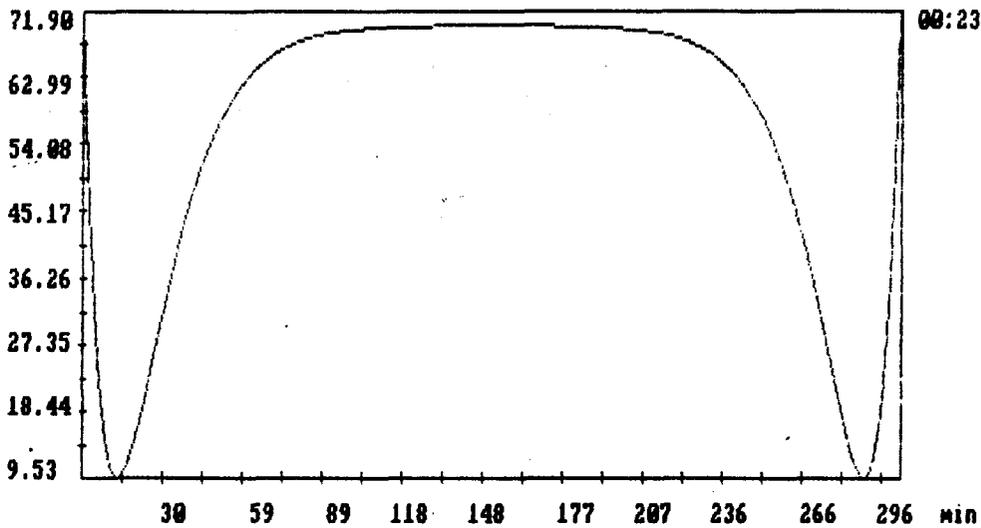
C1 = [mg/100 ml] ? -8290.7

A1 = [l/min] ? .079

C2 = [mg/100 ml] ? 8292.597

A2 = [l/min] ? .0806

TR = [min] ? .1333333



Desea graficar todo el arreglo S/N ? N

Cuantos puntos desea graficar (0 - 511) ? 169

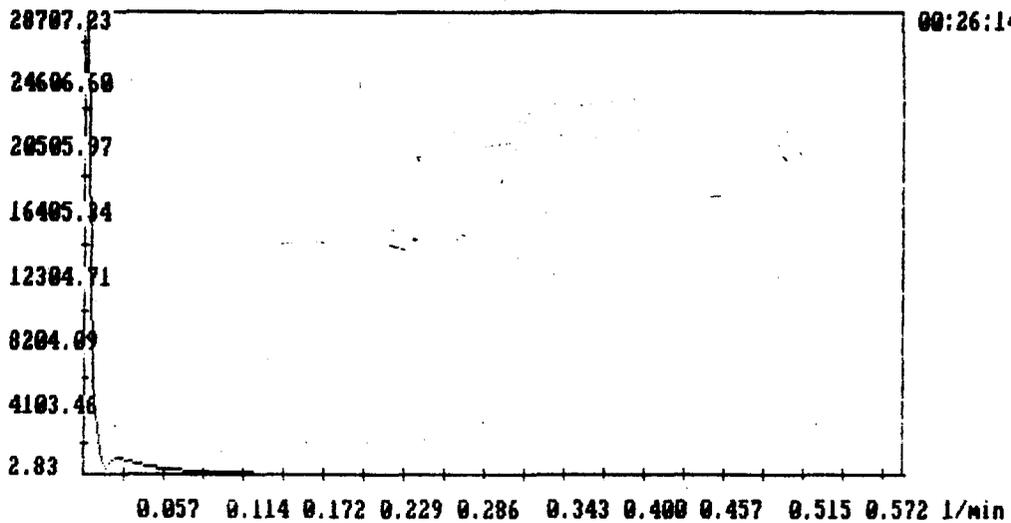


Figura 62.b Transformada Rápida de Fourier obtenida con los parámetros de la figura 62.a.
Tiempo de muestreo = $1/(2 \times 0.114) = 4.386$ minutos.
Atenuación = - 80.13 dB.

FIGURA	ω_n	σ	POSICION DEL CERO	K_{BODE}	α	K_{BODE}/σ NORMALIZADO
56.a	0.0366	1.3934	-60.8396	-69.317	0.051	-2.3/3.04
57.a	0.0603	1.0021	4.7036	-25.84	0.065	-0.76/2.19
58.a	0.0678	1.554	-240.504	-35.0591	0.1053	-1.03/3.39
59.a	0.0381	1.0026	1.3613	-36.7818	0.0381	-1.08/2.19
60.a	0.0175	1.003	0.2339	-107.404	0.0175	-3.15/2.19
61.a	0.0516	1.0004	-8.9349	-29.6031	0.0516	-0.87/2.18
62.a	0.0789	1.0001	-6.9156	-27.4634	0.0798	-0.81/2.18

Tabla VII.- Resumen de los parámetros obtenidos para las gráficas de las figuras : 56.a ; 57.a ; 58.a ; 59.a ; 60.a ; 61.a. y 62.a. Casos hipoglucémicos

El diagrama de la figura 63, presenta los valores de K_{BODE} y σ normalizados para los datos de la tabla VII

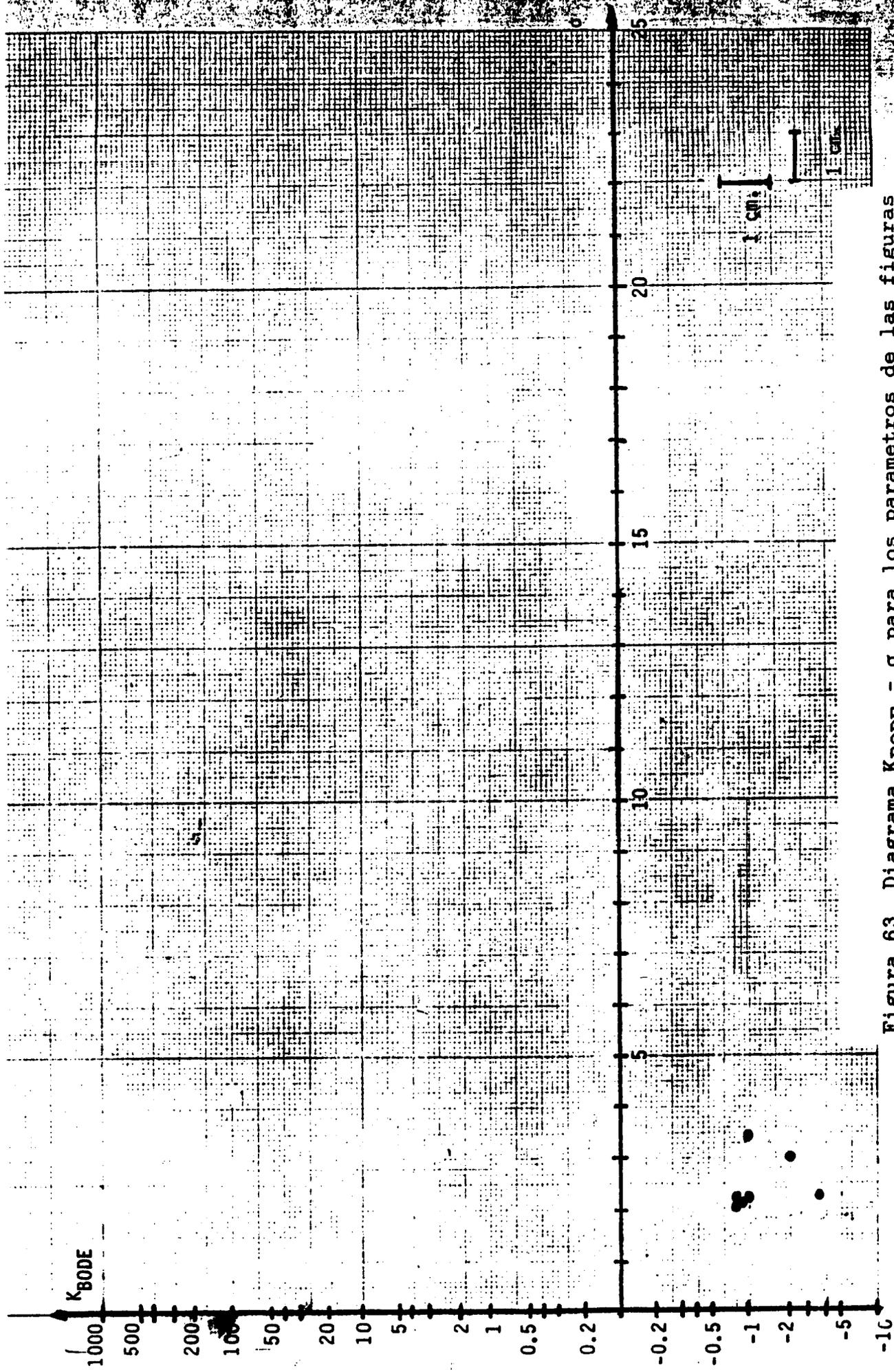


Figura 63. Diagrama $K_{BODE} - \sigma$ para los parametros de las figuras 56.a ; 57.a ; 58.a ; 59.a ; 60.a ; 61.a y 62.a.

Se consultó un artículo en el que se muestra que la Curva de Tolerancia Oral a la Glucosa, para una carga de 100 gramos, se modifica en función de la intensidad y constancia al ejercicio físico⁽¹⁹⁾. Las concentraciones de glucosa en la sangre para estos casos se presentan en la Tabla VIII.

CASO A : Sujetos entrenados, (N = 8). Ejercicio con carrera o ciclismo por lo menos 45 minutos al día, de 5 a 7 días a la semana durante los 6 meses previos a la prueba. (véase figura 64)

CASO B : Sujetos entrenados, (N = 8). Se les practicó la prueba de tolerancia oral a la glucosa después de un período de 10 días sin ejercicio. (véase figura 65)

CASO C : Sujetos entrenados, (N = 8). Se les practicó la prueba de tolerancia oral a la glucosa después de una sesión de ejercicio y sin haberse ejercitado durante 11 días. (véase figura 66)

CASO D : Sujetos sedentarios, (N = 18). Sin ejercicio por lo menos durante los 12 meses previos a la prueba. (véase figura 67)

TIEMPO [MIN]	CASO A	CASO B	CASO C	CASO D
0	73±3	72±4	70±4	72.5±2.5
30	105±6	116±4.5	99±5	115±6.25
60	94±5	109±6	94±4	95±6.25
120	72±5	90±6	80±4	70±3.75
180	59±4	69±5	69±5	65±2.5

Tabla VIII.- Valores de concentración de glucosa en la sangre [mg/100 ml], a una carga de 100 gramos de glucosa para diferentes condiciones de ejercicio. (ver texto).



INICIO DE PROCESAMIENTO : 21:37:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 21:40:26 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 100
PACIENTE : HEAT y cols. (1983)
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : CASO A

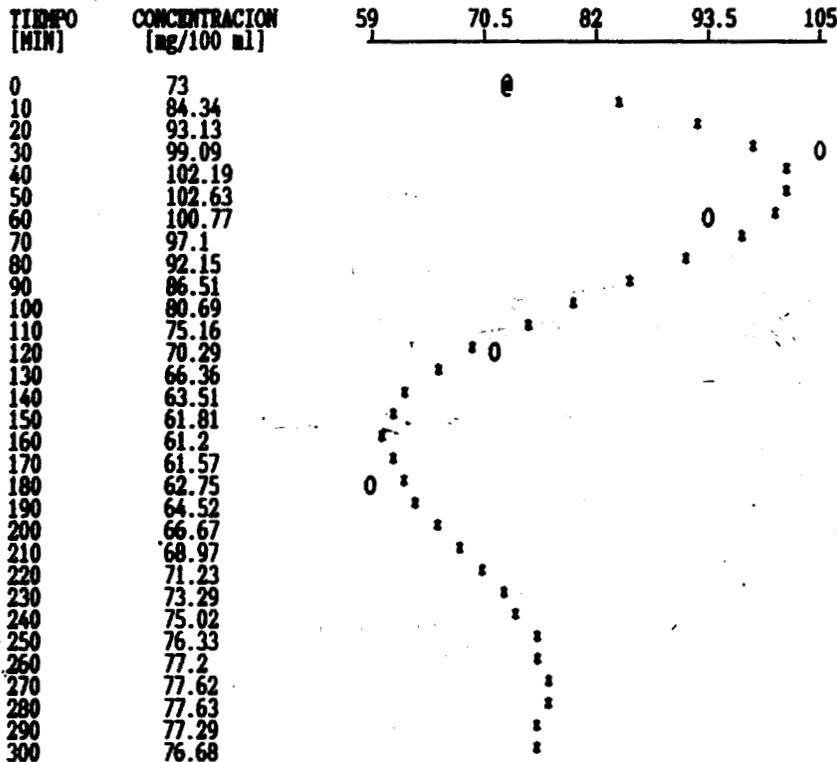
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 14 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL x.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	73	73	
30	105	99.09	
60	94	100.77	
120	72	70.29	
180	59	62.75	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

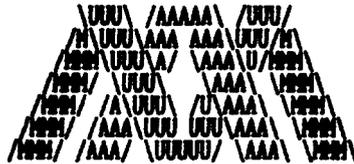
r = .947 n = 1.02 D.M. = ± 4.4215 mg/100 ml R.M. = ± 4.9515 %



K = 72.9958 C = 45.2979 α = .0081 W = .0275 θ = .0001
TA(5%) = 6 HRS. 9 MIN. 50 SEG. E.C.M. = 1.9775 ENERGIA = .5817 E+6
TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 1.2457
TIEMPO DE PICO (TP) = 46 MIN 42 SEG VALOR MAXIMO = 102.7608
AREA (1) = 2116.516 [GLUCOSA] media = 91.5228
AREA (2) = 838.9782 [GLUCOSA] media = 65.65179
AREA (3) = 332.5675 [GLUCOSA] media = 75.9069
FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0287 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .2825
Y(S) = (15.5707)(S/[-274.9919]+1)
U(S) = ((S/ .0287]^2+ 20.25 S+1) β = 123.46

LA EVALUACION NORMALIZADA ES : .46 / .62

Figura 64. Resultado obtenido con el programa para los valores promedio de sujetos entrenados.



INICIO DE PROCESAMIENTO : 21:51:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 21:53:56 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 100
PACIENTE : HEAT y cols. (1983)
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : CASO C

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 12 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL *.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	70	70	
30	99	97.15	
60	94	96.02	
120	80	77.94	
180	69	69.97	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9879 n = 1 D.M. = ± 1.5929 mg/100 ml R.M. = ± 1.8467 %

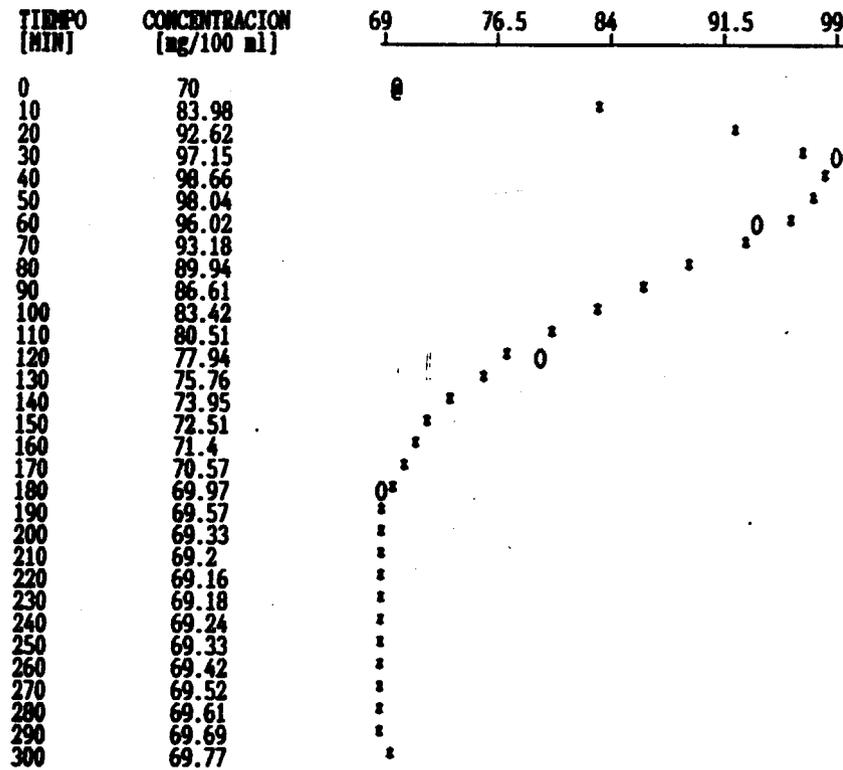


Figura 66. Resultado obtenido con el programa para los valores promedio de sujetos entrenados, despues de una sesión de entrenamiento y habiendo descansado durante 11 dias previos a la prueba.

K = 69.9964 C = 97.8494 a = .0197 W = .0175 θ = .0001

IA(5X) = 2 HRS. 32 MIN. 4 SEG. E.C.M. = .7129 ENERJIA = .5334 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 1.7122

TIEMPO DE PICO (TP) = 41 MIN 31 SEG VALOR MAXIMO = 98.68214

AREA (1) = 2537.976 [GLUCOSA] media = 84.134
AREA (2) = 73.8907 [GLUCOSA] media = 69.5848
AREA (3) = 2.1513 [GLUCOSA] media = 70.0084

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0264 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .7476

$$Y(S) = \frac{(24.4596)(S/[-174.9803]+1)}{((S/.0264)^2+56.2857 S+1)} \quad \beta = 50.76$$

LA EVALUACION NORMALIZADA ES : .72 / 1.63



INICIO DE PROCESAMIENTO : 22:00:00 HRS
FIN DE PROCESAMIENTO : 22:03:11 HRS

CARGA DE GLUCOSA : 100
PACIENTE : HEAT y cols. (1983)
EDAD : ---
SEXO : ---
PESO : ---
ESTATURA : ---
COMENTARIOS : CASO D

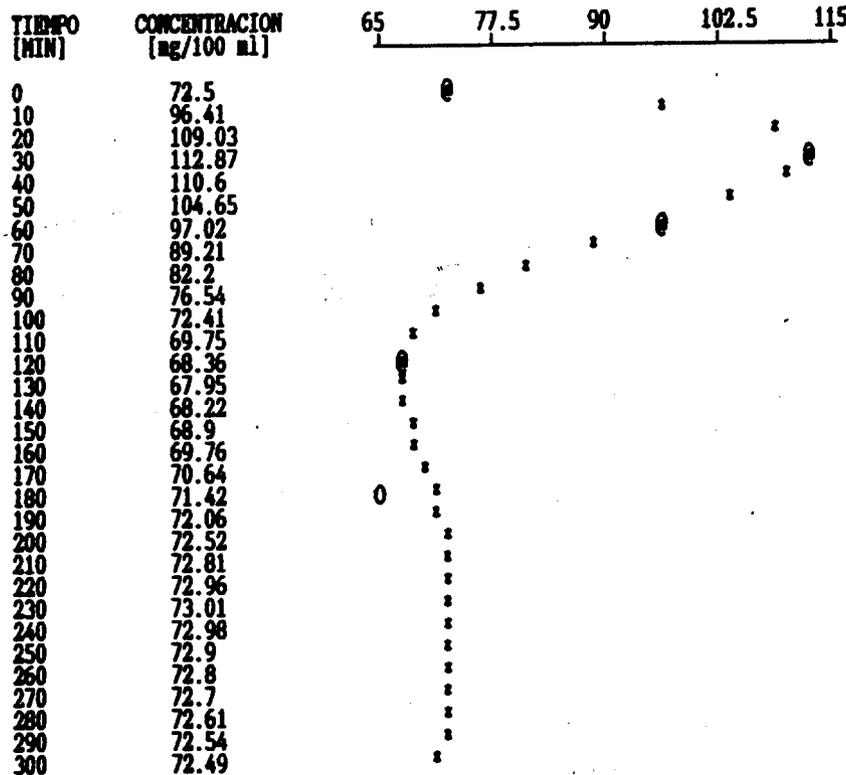
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
INGENIERIA BIOMEDICA

VALORES CALCULADOS CON 18 BITS DE RESOLUCION DESPUES DE 13 ITERACIONES

TIEMPO [MIN]	[G] EXP. [mg/100ml]	[G] CALC. [mg/100ml]	0.- VALOR EXPERIMENTAL x.- VALOR CALCULADO @.- EXPERIMENTAL Y CALCULADO
0	72.5	72.5	
30	115	112.87	
60	95	97.02	
120	70	68.36	
180	65	71.42	

ESTIMADORES DE LA BONDAD DEL AJUSTE

r = .9332 n = 1.06 D.M. = ± 3.2411 mg/100 ml R.M. = ± 4.3513 %



K = 72.4961 C = 96.1036 α = .0219 W = .0315 θ = .0001

TA(5%) = 2 HRS. 16 MIN. 47 SEG. E.C.M. = 1.4497 ENERGIA = .711 E+6

TIEMPO DE RETRASO (TR) = 0 MINUTOS 0 SEG. PENDIENTE EN TR = 3.0271

TIEMPO DE PICO (TP) = 30 MIN 35 SEG VALOR MAXIMO = 112.8828

AREA (1) = 2288.296 [GLUCOSA] media = 95.4403
AREA (2) = 257.6 [GLUCOSA] media = 69.9132
AREA (3) = 28.9988 [GLUCOSA] media = 72.7869

FRECUENCIA NATURAL (WN) = .0384 FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO (σ) = .5708

$$Y(S) = \frac{(20.1804)(S/[-314.9781] + 1)}{([S/.0384]^2 + 29.2 S + 1)} \quad \theta = 45.66$$

LA EVALUACION NORMALIZADA ES : .59 / 1.24

Figura 67. Resultado obtenido con el programa para los valores promedio de sujetos sedentarios.

El diagrama de la figura 68, presenta los valores de K_{BODE} y σ normalizados para las graficas de las figuras 64, 65, 66 y 67

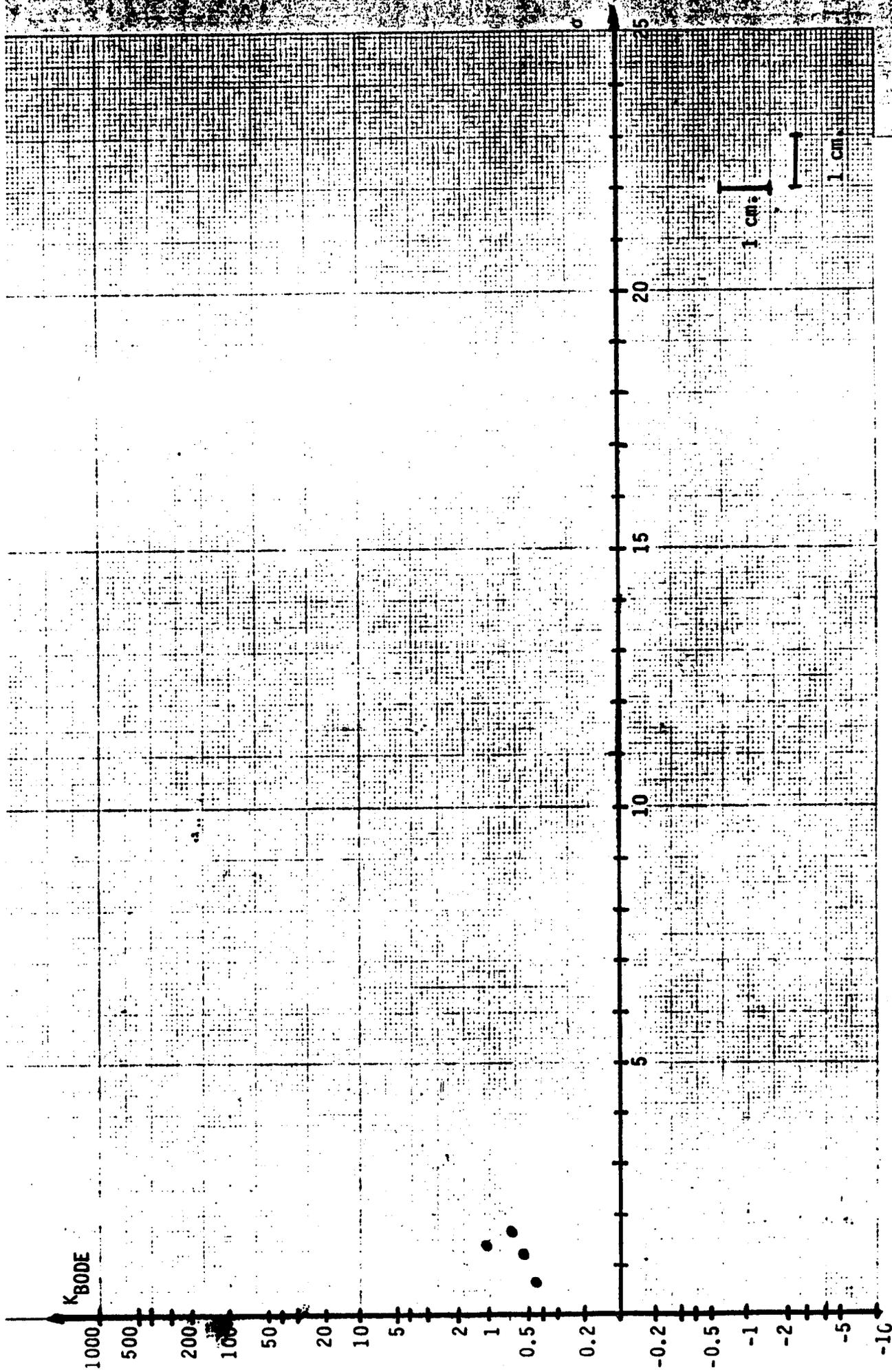


Figura 68. Diagrama $K_{BODE} - \sigma$ para los parametros de las figuras 64, 65, 66 y 67.

XIII. DISCUSION

Un punto interesante que llama la atención, es el hecho de que el tiempo de retraso es muy pequeño, y en la mayoría de los casos, nulo. Esto parece ser inconsistente, puesto que la primera impresión es que la glucosa ingerida por vía oral, no se deba encontrar de manera inmediata o casi inmediata en el punto de toma de muestra, (vena basilica del brazo a la altura del pliegue del codo) sino que se debiera presentarse un cierto retraso entre el momento de la ingestión de la carga y el incremento de la glucosa en sangre en el punto de toma de muestra.

Para explicar este resultado, se propone lo siguiente:

En el caso de que el tiempo de retraso sea nulo o muy pequeño, se postula la existencia de una vía neuronal de prealimentación que forma un arco reflejo desde las papilas gustativas hasta el hígado, y que informa a éste de la presencia de glucosa en la lengua. De esta forma, el hígado puede liberar glucosa hacia la sangre por medio de la activación del mecanismo de la glucogenolisis, aún antes de que la glucosa ingerida pueda ser absorbida en el tubo digestivo.

Por otra parte, la disminución en la concentración de glucosa en la sangre se debe a que aquella se metaboliza de manera muy rápida.

Cuando el tiempo de retraso es relativamente grande, se postula la existencia del mismo arco reflejo, pero en este caso la liberación de glucosa por parte del hígado pudiera no presentarse, por ejemplo, por estar deprimido el mecanismo de la glucogenolisis, tal como suele ocurrir en casos de hiperglucemia por lo que el hígado, a pesar de que recibe esta información, no libera glucosa. Sin embargo, la ingestión de glucosa ya se efectuó, se absorbió en el tubo digestivo y por lo tanto deberá llegar al hígado. En este momento la carga puede rebasar la capacidad hepática para retener la glucosa, por lo que la concentración sanguínea de esta se elevaría después de un cierto tiempo de retraso.

Por otra parte, la sangre es filtrada en los riñones, por lo que la disminución en la concentración de glucosa en la sangre se puede explicar mejor por la eliminación de aquella a través de la orina, (glucosuria) que a su metabolización.

De manera similar, se podría postular la existencia de una respuesta neuróendocrina anticipada a la carga de glucosa para los casos en que se presenta una hipoglicemia temprana.

De acuerdo con esto, el diagrama de bloques de la figura.1 se puede modificar como se ilustra en la figura 69.

está relacionado con la modificación de la concentración de glucosa en la sangre con respecto a la carga. El signo positivo indica que la glucemia aumenta con respecto al nivel de concentración de glucosa basal (normal o diabético). El signo negativo indica que la glucemia disminuye con respecto al nivel de concentración de glucosa basal (hipoglucémico).

El otro parámetro, se obtiene del análisis en el tiempo del sistema (σ), e indica la rapidez con que la glucemia tiende a regresar al valor de concentración basal.

XIV. SUGERENCIAS

A fin de obtener los puntos experimentales de la mejor manera posible y lograr un buen ajuste, se sugiere lo siguiente:

1.- Encamar y canalizar al paciente con una solución de cloruro de sodio al 5% , de manera que se realice una sola punción en el brazo. Esto presenta las siguientes ventajas:

- Que la solución salina esté lavando permanentemente la aguja a fin de evitar taponamientos en la misma.
- Cuando se desee tomar una muestra de sangre, bastará con detener la perfusión de la solución salina y obtener la muestra directamente de la aguja, y una vez terminada esta operación, volver a conectar la aguja y dejar pasar nuevamente la solución salina.
- Al perfundir la solución salina, se pretende no modificar substancialmente el volúmen sanguíneo y por lo tanto la presión arterial. Sin embargo, si se inyecta una cantidad relativamente grande de la solución salina, se corre el riesgo de aumentar mucho el solvente, por lo que la concentración de la glucosa en la sangre puede disminuir.

2. Iniciar la prueba 15 o 20 minutos después de haber canalizado al paciente. Al hacer esto, se pretende reducir la angustia en el paciente, y por consiguiente, una mayor tranquilidad y tratar de evitar las posibles modificaciones en la concentración de la glucosa en la sangre debidas al efecto hipergluceante de la adrenalina.

3. Se sugiere hacer la toma de muestras a intervalos regulares, equiespaciados en el tiempo.

- 4.- Obtener las muestras de sangre en los tiempos sugeridos \pm 3 minutos, registrando los tiempos reales en que se toma la muestra .

- 5.- A fin de simplificar el registro de los tiempos y las concentraciones de glucosa, se proponen los formatos de captura de datos que se muestran en las figuras 70 (casos normal y diabético) y 71 (caso hipoglucémico).



FORMA DE CAPTURA DE DATOS CURVA DE TOLERANCIA ORAL A LA GLUCOSA

FECHA : ___/___/___ No AFILIACION : _____

PACIENTE : _____

EDAD : ___ años SEXO : ___ PESO : ___ kg ESTATURA: ___ m

CARGA DE GLUCOSA : _____ gr/ml_{H2O} CAMA : _____

IMSS[] ISSSTE[] SS[] DIF[] _____[]

TOMA	MIN.	HORA	TIEMPO	[GLUCOSA]	COMENTARIOS
[]	-20				
[]	-10				
[]	0				
[]	10				
[]	20				
[]	40				
[]	60				
[]	80				
[]	100				
[]	120				
[]	140				
[]	160				
[]	180				
[]	200				
[]	220				
[]	240				

Figura 70. Formato de captura de datos para los casos normal y/o diabético.

FORMA DE CAPTURA DE DATOS CURVA DE TOLERANCIA ORAL A LA GLUCOSA

220

FECHA : ___/___/___ No AFILIACION : _____

PACIENTE : _____

EDAD : ___ años SEXO : ___ PESO : ___ kg ESTATURA: ___ m

CARGA DE GLUCOSA : _____ gr/ml_{H2O} CAMA : _____

IMSS[] ISSSTE[] SS[] DIF[] _____[]

TOMA	MIN.	HORA	TIEMPO	[GLUCOSA]	COMENTARIOS
[]	-10				
[]	-5				
[]	0				
[]	5				
[]	10				
[]	20				
[]	30				
[]	40				
[]	50				
[]	60				
[]	70				
[]	80				
[]	90				
[]	100				
[]	110				
[]	120				

Figura 71. Formato de captura de datos para el caso hipoglucémico.

A manera de ejemplo, los tiempos reales en que se tomaron las muestras para el caso de la figura 32.a. son los siguientes:

TOMA	MIN	HORA	TIEMPO	[GLUCOSA]
1	-10	8:59	-10	76
2	0	9:09	0	75
3	20	9:33	24	122
4	30	9:41	32	136
5	60	10:08	59	119
6	90	10:48	99	124
7	120	11:14	125	103
8	150	11:38	149	59
9	180	12:11	182	78

XV. MEJORAS

El programa fuente está codificado en BASIC y se desarrolló para trabajar en una micro computadora personal tipo IBM - PC compatible (Printaform modelo 5220 o equivalente, Sistema Operativo MS - DOS, versión 2.11. o mayor, 256 KB de memoria RAM, dos unidades de disco flexible, 5.25" de 360 KB, Impresora Brother Printaform modelo M - 1509). Sin embargo, a fin de reducir el tiempo de procesamiento, los resultados de los ejemplos que se presentan, se obtuvieron con el programa ya compilado, (CTOG.EXE). Es por ello que una de las mejoras inmediatas y obvias, es recodificar el programa que ya se tiene en un lenguaje estructurado (por ejemplo TURBO - PASCAL).

La presentación de la gráfica se puede mejorar substancialmente si se obtiene ésta en modo gráfico.

A criterio de un grupo de especialistas, se puede obtener información diferente o complementaria a la aquí presentada y una mejor forma en la presentación de los resultados.

XVI. PERSPECTIVAS A FUTURO

La base teórica del algoritmo desarrollado es del todo general, y es susceptible de modificarse para ajustar puntos experimentales a cualquier función que se desee, por lo que su aplicación no se restringe sólo a la Curva de Tolerancia Oral a la Glucosa.

Por mencionar algunos ejemplos, con pequeñas modificaciones se puede obtener la curva de ajuste para la prueba de infusión constante de glucosa, (entrada escalón) y diferentes hormonas, como puede ser el caso de la insulina, la adrenalina y la hormona del crecimiento, entre otras. La curva de ajuste a una excitación a impulso o a escalón cuando la concentración de la sustancia a estudiar es inicialmente cero, como es el caso de los antibióticos, antiepilépticos, analgésicos, etcétera, de manera que se pueden obtener interpretaciones similares a las aquí presentadas.

De acuerdo con los resultados presentados, se sugiere la conveniencia de realizar un buen número de experimentos de investigación diferentes, tales como:

a) Obtener la curva de pacientes normales ideales clasificados en diferentes grupos como pueden ser: edad, peso, estatura, sexo, embarazo o no embarazo, actividad física, etcétera, a fin de obtener una mejor y más objetiva

interpretación de los parámetros de la función, y por lo mismo, de la dinámica del sistema.

Esto con el fin de obtener los parámetros ideales normalizados característicos para cada caso sugerido, y para una muestra representativa de la población de México.

b) Realizar análisis estadísticos, de Bode y de Fourier más detallados para validar y estandarizar de una mejor manera los valores de los parámetros y el criterio de evaluación propuesto.

c) Para probar la hipótesis de que la glucosa ingerida por vía oral no es la misma que se incrementa en el punto de toma de muestra, se sugiere preparar una carga con glucosa marcada radioactivamente y hacer determinaciones de las concentración de glucosa marcada, no marcada y total. De esta manera se podría obtener la curva de de la glucosa marcada, restarla de la curva de la glucosa total, y determinar la curva de la glucosa no marcada. Esto puede ser representativo de varios aspectos como son :

- La forma en que el organismo metaboliza la glucosa.
- El tiempo que transcurre entre el momento de la la toma oral de la carga y el incremento real de la glucosa en la sangre.
- La cantidad de glucógeno que es liberado por el hígado.

d) Para probar la hipótesis de la vía neuronal de prealimentación (arco reflejo), se sugieren dos experimentos iniciales:

- i) Preparar una carga con desoxiglucosa, que estimula los reflejos, pero no es metabolizada por el organismo, o pedirle al paciente que tome un trago de la mencionada carga, mantenerlo en la boca por un momento pero sin deglutirlo, y después expulsarlo. Esto con el propósito de excitar a los receptores de glucosa de la lengua para observar si se presenta alguna modificación en las concentraciones de glucosa en la sangre. Se recomienda tomar las precauciones pertinentes al realizar esta prueba, pues se puede inducir una hipoglucemia severa.

- ii) Depositar una determinada carga de glucosa (marcada o no) directamente en el estómago de algún animal (perro, gato, conejo, rata, etcétera) por medio de una sonda gástrica, o inyectar esta carga directamente en la vena porta, o en la vena hepática y obtener la curva de tolerancia a la glucosa bajo alguno a de estos supuestos a fin de comparar el resultado con una prueba previa realizada bajo condiciones normales en el mismo animal. Se sugiere realizar el experimento con el animal en condiciones de vigilia y bajo anestesia general para observar si existen diferencias en los resultados obtenidos.

XVII. CONCLUSIONES

El algoritmo desarrollado presenta algunas diferencias con respecto a otros trabajos similares, (1,12,20,22) fundamentalmente en los aspectos relacionados con la valoración clínica.

El poder contar con una forma objetiva de valoración para la curva de tolerancia oral a la glucosa, presenta muchas ventajas, tales como:

- a) Permite valorar de manera numérica y objetiva el grado de intolerancia a los carbohidratos en diversas enfermedades (cierto tipo de cáncer, acromegalia, etcétera. (6,18)) y no solamente en la diabetes. Elimina las posibles imprecisiones y/o errores en la interpretación de los resultados.
- b) El ajuste propuesto se hace a partir de una función que es característica de la solución de una ecuación diferencial de segundo orden.
- c) El análisis del modelo, la función de ajuste y la identificación de parámetros, no son derivados del análisis de los sistemas compartamentales.
- d) Los resultados obtenidos con el algoritmo desarrollado son independientes del volumen de sangre del sujeto, y hasta cierto punto, de la magnitud de la carga.

- e) Los altos valores del coeficiente de correlación obtenidos con el algoritmo, justifican el procesar la función obtenida a través de un programa que obtenga la Transformada Rápida de Fourier para determinar el contenido máximo de frecuencia de la señal, con fines de justificar el intervalo entre toma de muestras y la frecuencia de corte de un filtro, en el supuesto caso de poder obtener las muestras de sangre en tiempo real, (Teorema del Muestreo) y por lo tanto, justificar la sugerencia de modificar el intervalo entre toma de muestras que se realiza hasta este momento.
- f) La forma de valoración propuesta es más objetiva y proporciona mayor información que la interpretación en función del factor de amortiguamiento y de la frecuencia natural de oscilación. Algunos autores^(1,12) proponen considerar a un paciente como diabético si el período de la función ($T = 2.\pi/\omega_n$) es mayor o igual a 240 minutos, lo que en última instancia es un análisis discriminante, y no llega a calificar el grado de intolerancia a los carbohidratos del paciente.
- g) La valoración propuesta, permite seguir de manera cualitativa y cuantitativa, la evolución de un paciente durante un tiempo determinado, y coadyuvar así en la determinación de la tendencia hacia la normalidad en el caso de un paciente hiperglucémico, o hacia la

diabetes en el caso de un paciente aparentemente normoglucémico.

- h) A partir de los resultados obtenidos, se pueden plantear algunas hipótesis respecto al sistema regulador de la glucemia, tales como la existencia de vías neuronales de prealimentación que expliquen satisfactoriamente el tiempo de retraso nulo y/o la hipoglucemia temprana.

El poder determinar con mayor precisión y exactitud el grado de intolerancia a los carbohidratos en un paciente diabético, permitiría la elaboración de una dieta más cómoda y flexible, con el consiguiente beneficio físico y psicológico del paciente

El programa desarrollado, en ningún momento pretende ser "el criterio" o "el método" a seguir para el diagnóstico de la diabetes, pero sí se considera como una herramienta de análisis útil que pretende coadyuvar a una mejor interpretación de la dinámica de la glucosa dentro del organismo humano, una forma alternativa de ayuda en el diagnóstico, además de presentar un enfoque diferente al de otros autores.

De una manera muy personal, el autor considera que un análisis de los sistemas fisiológicos analizados desde el punto de vista tratado en este trabajo, puede resultar interesante, productivo y sugerir una serie de experimentos interesantes a realizar.

Si el presente trabajo logra despertar en algunas personas la inquietud de explorar con más detalle algunos sistemas fisiológicos o metabólicos, susceptibles de estudiarse por medio de este tipo de análisis, se habrá logrado una importante meta más, independientemente de las planteadas al principio de este escrito.

XVIII. REFERENCIAS

- 1.- Ackerman, E. ; Gatewood, L. " Modified Compartamental Analysis" in Mathematical Models in the Health Sciences. Univesity of Minnesota Press. Minneapolis (1979)
- 2.- Ahmed, N. ; Natarajan, T. "Discrete - Time Signals and Systems" Reston Publishing Company, Inc. A Prentice Hall Company. (1983)
- 3.- Balcels, A. "La Clínica y el Laboratorio" 11a. edición. Editorial Marin, S.A. (1978)
- 4.- Barahona, D. "Funciones" Fascículos de Bioingeniería. Departamento de Ingeniería Eléctrica, U.A.M. - Iztapalapa. México, D.F. (1984)
- 5.- Benedek, G. ; Villars, F. "Phisics With Ilustrative Examples for Medicine and Biology" Chapter 6. Addison - Wesley Publishing Company. (1973)
- 6.- Castorena, G. ; Fonseca, M.E. ; Ayala, A.R. ; Zárate, A. "Acromegalia e Intolerancia a Carbohidratos" XXIV Reunión Anual de la Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología. Noviembre de (1984) México.

- 7.- Castro, A.; Scott, J.; Grettie, D.; Macfarlane, D.; Bailey, R.
"Plasma Insulin and Glucose Responses of Healthy Subjects to Varying Glucose Loads During Three-hour Oral Glucose Tolerance Test" Diabetes. Vol. 19 No. 11 (1970)
- 8.- Chandalia, H. ; Boshell, B. "Diagnosis of Diabetes. The Size and Nature of Carbohydrate Load" Diabetes. Vol.19 No.11 (1970)
- 9.- Cobelli, C. ; Mari, A. "Control of Diabetes with Artificial Systems for Insulin Delivery-Algorithm Independent Limitations Revealed by a Modeling Study" IEEE Transactions on Biomedical Engineering. Vol. BME-32 No. 10 (1985)
- 10.- Braun, M. "Differential Equations and their Applications" Applied Mathematics Sciences. Vol.15 Ed. Springer - Verlag. (1983)
- 11.- Brown, R. ; Godfrey, K. ; Knell, A. "Compartmental Modeling Based on Methionine tolerance test data: A Case Study" Medical & Biological Engineering & Computing. Vol. 17 (1979)

- 12.- Della Corte, M.; Romano, S.; Voeghlin, M.R.; Serio, M.
"On a Mathematical Model for the Analysis of the
Glucose Tolerance Curve" Diabetes. Vol. 19 No. 6
(1970)
- 13.- Fisher, R. ; Ziebur, A. "Calculus and Analytic Geometry"
Second Edition. Prentice Hall. (1965)
- 14.- Förster, H.; Haslbek, M.; Mehnert, H. "Metabolic Studies
Following the Oral Ingestion of Different Doses of
Glucose" Diabetes. Vol. 21 No. 11 (1972)
- 15.- Foulds, L. "Optimization Techniques. An Introduction" Ed.
Springer Verlag. (1981)
- 16.- Gabel, R. ; Roberts, R. "Señales y Sistemas Lineales" Ed.
Limusa, S.A. México. (1975).
- 17.- Ganong, W. "Fisiología Médica" Ed. El Manual Moderno.
Novena Edición México (1984)
- 18.- Guyton, A. "Tratado de Fisiología Médica" Quinta edición.
Ed. Interamericana. (1975)

- 19.- Heath, G.W. ; Gavin III, J.R. ; Hinderliter, J.M. ; Hagberg, J.M. ; Bloomfield, S.A. ; Holloszy, J.O. "Effects of Exercise and Lack of Exercise on Glucose Tolerance and Insulin Sensitivity" *Journal of Applied Physiology*. Vol. 55 No. 2 (1983)
- 20.- Hobbie, R. "Intermediate Physics for Medicine and Biology" Ed. John Wiley & Sons. Inc. (1978)
- 21.- Jackson, R. ; Guthrie, R. ; Murthy, D. "Oral Glucose Tolerance Test and Their Reliability" *Metabolism*. Vol. 22 No. 2 (1973)
- 22.- Lara, R. "Aplicaciones de la Teoría de Control a los Fenómenos Fisiológicos" *Ingeniería*. Vol. XLVII No. 1 enero - marzo (1977) Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- 23.- Lathi, B. "Introducción a la Teoría de Sistemas de Comunicación" Ed. Limusa, S.A. México. (1983)
- 24.- Luenberger, D. "Linear and Nonlinear Programming" Ed. Addison - Wesley. (1984)
- 25.- Medina, V. "Sistema para Procesamiento Digital de Señales Biomédicas" Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México. noviembre (1987).

- 26.- Medina, V. ; Azpiroz, J. "Utilización de una Computadora Personal para el Análisis de Señales Biomédicas" Memorias XII Congreso Academia Nacional de Ingeniería A.C. Saltillo, Coah. México. (1986)
- 27.- Mercado, E.; Díaz, E. "Avances en el Proyecto: Dosificación Individualizada de Medicamentos" Informe Técnico. Departamento de Ingeniería Eléctrica, U.A.M. - Iztapalapa. México, D.F. (1987)
- 28.- Mountcastle, V. "Medical Physiology" The C.V. Mosby Co. Fourteenth Edition. (1981)
- 29.- National Diabetes Data Group. "Classification and Diagnosis of Diabetes Mellitus and Other Categories of Glucose Intolerance" Diabetes. Vol. 28 dec (1979)
- 30.- Papoulis, A. "Signal Analysis" Ed. McGraw - Hill International Book Company. International Student Edition. (1977)
- 31.- Rivadenebra, J. "Curva de Tolerancia a la Glucosa" IMSS. Boletín Terapéutico. Vol. II No. 3 Feb (1970)

- 32.- Salzsieder, E. ; Albretch, G. ; Fisher, U. ; Freyse, E.
"Kinetic Modeling of the Glucoregulatory System to
Improve Insulin Therapy" IEEE Transactions on
Biomedical Engineering. Vol. BME-32 No. 10 (1985)
- 33.- Sisk, C. ; Burnham, C. ; Stewart, J. ; McDonald, G.
"Comparision of the 50 and 100 Gram Oral Glucose
Tolerance Test" Diabetes. Vol. 19 No. 11 (1970)
- 34.- Spigel, M. "Manual de Fórmulas y Tablas Matemáticas"
Ed. McGraw - Hill. Serie Schaum's. (1970)
- 35.- Tepperman, J. "Fisiología Metabólica y Endócrina" Tercera
edición. Ed. Interamericana. (1975)
- 36.- Tood - Sanford. "Clinical Diagnosis by Laboratory Methods"
Edited by Davidsohn & Henry. 15th Edition W. B.
Saunders Co. (1974)
- 37.- Trujillo, H. "Desarrollo de un Algoritmo para la
Aproximación Funcional de la Curva de Tolerancia Oral
a la Glucosa" Revista Mexicana de Ingenieria Biomédica.
Vol. VI No. 2 (1985)

- 38.- Trujillo, H. "Resultados y propuesta de un criterio de evaluación sobre el desarrollo de un algoritmo para la aproximación funcional de la curva de tolerancia oral a la glucosa" Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. Vol. VIII No. 1 octubre (1987).
- 39.- Zelin, S. ; Hetenyi, G. "The Glucose Control Mechanism Viewed as a Regulator" Medical and Biological Engineering. July (1975)
- 40.- Zimmet, P ; Whitehouse, S. "The Effect of Age on Glucose Tolerance Studies in Micronesian Population with a High Prevalence of Diabetes". Diabetes. Vol. 28 (1979).