

SATIN : SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y TRATAMIENTO  
DE IMÁGENES EN NEUROCIENCIAS

Ibarra Zannatha J.M.

Dpto. Ingeniería Eléctrica II

CINVESTAV - I.P.N.

RESUMEN

---

Se presenta el desarrollo de un sistema de adquisición y tratamiento de imágenes (SATIN) basado en una microcomputadora de propósito general (APPLE II) y su aplicación en los experimentos de comportamiento en campo abierto y de condicionamiento operante con animales de laboratorio, realizados en el Departamento de Neurociencias del CINVESTAV-IPN. Después de presentar la naturaleza de estos experimentos de conducta animal, se procede a la descripción funcional del SATIN y de las unidades que lo constituyen. Se muestra también la arquitectura de cada una de estas unidades y algunos de los resultados obtenidos en los experimentos de conducta animal realizados con la ayuda del SATIN.

1. INTRODUCCION

En la realización de experimentos de conducta operante los psicólogos han venido automatizando paulatinamente la mayor parte de su trabajo de laboratorio, utilizando equipo electromecánico y electrónico (de estado sólido). En esta práctica, sin embargo, las observaciones se restringen, tan sólo a cierres en los microinterruptores asociados a las teclas y palancas de las Cámaras de Condicio

namiento. Es decir, otras conductas significativas del sujeto bajo estudio, tales como desplazamientos y en general actitudes de ocupación del espacio, quedan fuera del registro del experimentador.

La observación directa o a través de un sistema de televisión únicamente permite el registro manual (lápiz y papel) de tales conductas, lo cual no sólo representa un proceso laborioso sino que está sujeto a la interpretación (subjetiva) del experimentador. La utilización de un sistema de visión computarizado permitiría un registro automático, libre de la subjetividad del experimentador, de las conductas relevantes de tipo espacial y cinético.

El objetivo global de este trabajo es el desarrollo de un sistema de visión computarizado y su utilización en el monitoreo y análisis del comportamiento de animales de laboratorio (ratas) en dos tipos de experimentación conductual: condicionamiento operante y comportamiento en campo abierto. Este sistema, denominado SATIN, permite la realización de las siguientes funciones:

\*Correlación espacio-temporal de la conducta del sujeto con los eventos o contingencias que constituyen el evento programado.

\*Registro en memoria permanente de parámetros conductuales tales como contactos sociales (número y duración), posiciones sucesivas, conductas globales y, sobre todo, trayectorias y su relación con los estímulos y respuestas producidas por el sujeto bajo estudio.

\*Análisis estadístico de resultados. Es de notar que, por lo que concierne a las trayectorias del animal (longitud, dirección, velocidad y tiempo de estacionamiento) este análisis no está sujeto al error de observación impuesto por la subjetividad del experimentador. Y, finalmente

\*Desplegado en el monitor T.V. o en la impresora de datos y resultados en forma de trayectorias, gráficas o tablas.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Los experimentos de conducta operante que deseamos monitorear con nuestro sistema pretenden analizar el efecto de anfetaminas en el proceso de aprendizaje, utilizando para ello un entrenamiento de automoldeamiento en cámaras de condicionamiento. Estas cámaras tienen una altura de 25 cm, un ancho de 25 cm y una longitud de 29 cm y están provistas de accesorios que crean el ambiente adecuado para la realización de estos experimentos: una lámpara de iluminación tenue (recordar que las ratas carecen de pigmento en los ojos) y una bocina de ruido blanco para enmascarar los sonidos ambientales que pudieran distraer al animal. Estas cámaras poseen una palanca retráctil iluminable asociada a un microinterruptor y un receptáculo ("comedero") en donde aparece el alimento. Este último tiene una barrera electrónica, la cual detecta los intentos del animal para buscar alimento, y una lámpara que emite un destello cada vez que aparece el alimento.

El programa de entrenamiento consiste en una serie de ensayos (generalmente 50) con duración variable (de hasta 8 segundos) separados por un intervalo de 60 segundos (o hasta de 140 segundos). Cada ensayo comienza con la iluminación de la palanca la cual se apaga después de

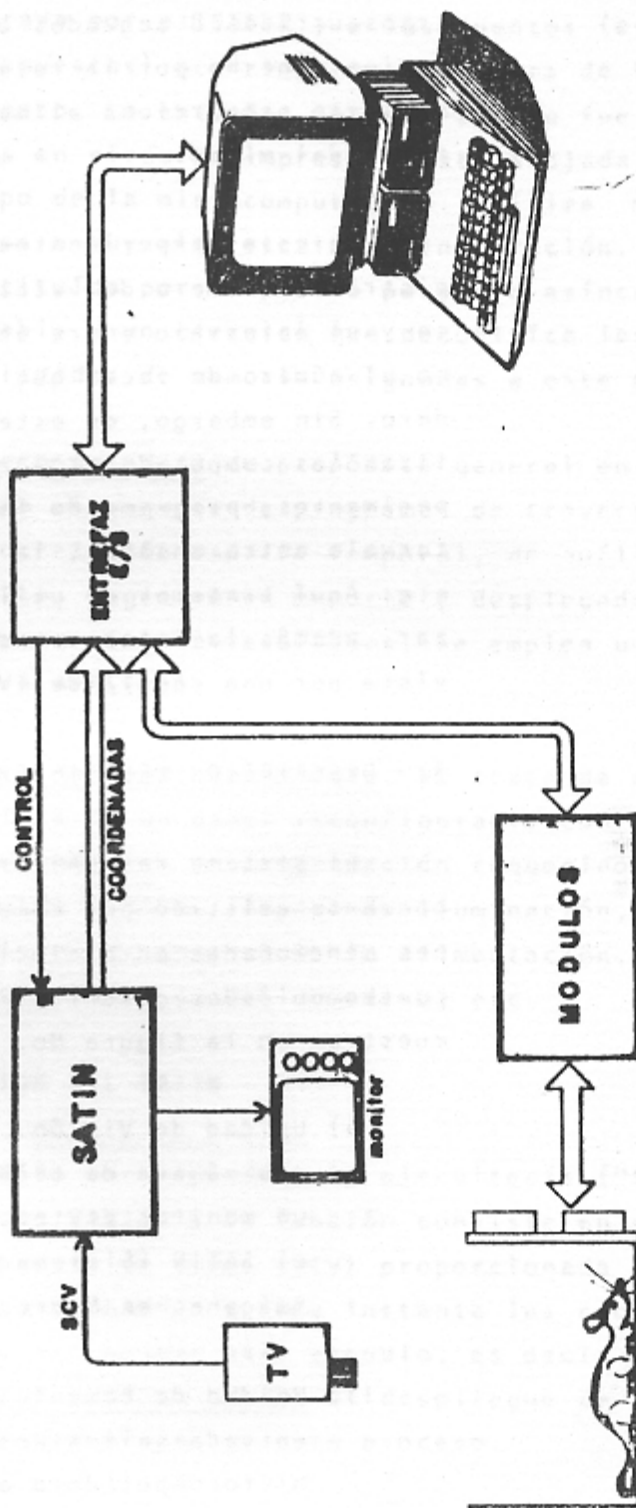


fig 1. DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL SISTEMA.

transcurridos 8 segundos o bien después del primer accionamiento hecho por la rata. Cuando la palanca se apaga, el comedero proporciona alimento simultáneamente con el destello del mismo.

En estos experimentos actualmente sólo es posible registrar el número de veces que el animal acciona la palanca y el intervalo entre accionamientos sucesivos, así como el número de veces que introduce la cabeza en el comedero. Sin embargo, en este tipo de laboratorios ya se utilizan las computadoras para realizar el control de los experimentos, programando la duración de los ensayos, el intervalo entre ensayos, la deshabilitación de la palanca, etc. Aquí tratamos de utilizar la computadora para realizar, además la interpretación de información espacial provista por una cámara de TV.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de monitoreo y análisis de la conducta operante asistido por computadora que realiza las funciones mencionadas en el inciso 1, está constituido por las cuatro unidades descritas a continuación; las cuales se muestran en la figura No. 1.

- i) Unidad de Visión. Esta unidad está compuesta por una cámara de televisión blanco y negro estandar, un monitor de televisión y, principalmente, por el SATIN (Sistema de adquisición y tratamiento de imágenes en Neurociencias).
- ii) Unidad de Comunicación. Consiste en una interfaz entrada-salida desarrollada para permitir a la microcomputadora el acceso a la información visual

generada por el SATIN y a los eventos (estímulos y respuestas) ocurridos en la Cámara de Condicionamiento. La interfaz entrada-salida fue desarrollada en circuito impreso y está alojada en el cuerpo de la microcomputadora. Utiliza microcircuitos a muy alta escala de integración. Está constituida por un puerto paralelo asíncrono programable y un circuito que decodifica las cuatro localidades de memoria asignadas a este puerto.

- iii) Microcomputadora de propósito general en la cual reside el paquete de programas de trayectografía, de correlación espacio-temporal, de análisis estadístico, registro en memoria y desplegado tanto de datos como de resultados. Se emplea una computadora APPLE II.
- iv) Cámara de Condicionamiento. Se trata de una caja provista de un panel reconfigurable con los diferentes módulos de programación requeridos: bocina de ruido blanco, lámpara de iluminación, palanca iluminada de control de la alimentación, comedero, barrera luminosa del comedero, etc.

#### 4. DESCRIPCION DEL SATIN

Este módulo corresponde a la circuitería ("hardware") de la Unidad de Visión y su función consiste en procesar la señal compuesta de video (SCV) proporcionada por la cámara de TV, para obtener a cada instante las coordenadas del centro de del sujeto bajo estudio, es decir su trayectoria. El SATIN permite además el despliegue de la imagen en las diferentes etapas de este proceso.

El SATIN está constituido por cinco circuitos fuertemente relacionados entre sí: Circuito de normalización y extracción de sincronía, Circuito procesador de la imagen, Circuito de despliegue de imágenes, Apuntador de coordenadas imagen y Circuito extractor del centroide. Los cuatro primeros forman parte de una tarjeta, mientras que el circuito restante constituye una segunda tarjeta. Los diagramas esquemáticos de los circuitos de cada tarjeta se muestran en las figuras 2 y 3 respectivamente.

Circuito de Normalización. Este circuito recibe la señal compuesta de video (SCV) producida por la cámara de televisión y produce la señal de video amplificada (SVA) que será suministrada al procesador de imagen. Además extrae de la SCV los pulsos de sincronía horizontal (SINC.H) y genera una señal de sincronía vertical (SINC.V) a partir del tren de pulsos de sincronía vertical que posee la señal SCV.

Procesador de Imagen. La función de este circuito es hacer la conversión analógico-digital de la señal SCV. Obteniendo la señal de video digitalizada (SVD) en dos niveles: negro y blanco. Este procesador extrae además el contorno (CONT) del objeto a partir de su imagen digitalizada SVD. La señal CONT se calcula como el gradiente de imagen en línea, lo cual produce un conjunto de pixels significativos ubicados en la zona de transición de texturas, es decir sobre el perímetro de la imagen del objeto analizado. La resolución adoptada en la digitalización es de 256 x 256 pixels binarios.

Desplegado. Este es el circuito encargado de restaurar las señales SVD y CONT, en cuanto a sus niveles de voltaje normalizados y a los pulsos de sincronía vertical y

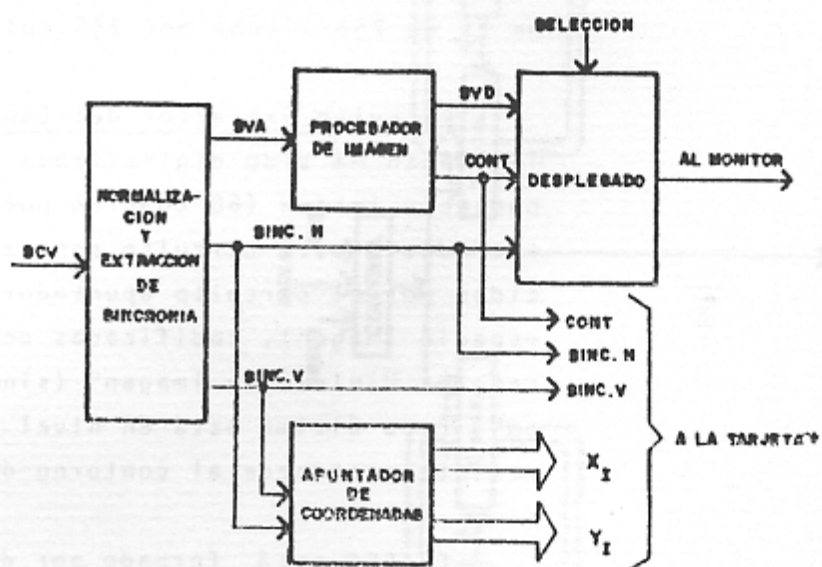


Fig. no. 2 Diagrama esquemático de los circuitos de la Tarjeta 1 del SATIN.



horizontal, con el objeto de poder visualizarlas en el monitor del sistema. Posee un juego de tres interruptores desde donde es posible seleccionar el despliegado de las señales SCV, SVD o CONT, estas dos últimas en video normal o en video inverso.

Apuntador. Este circuito está formado por un conjunto de contadores y un reloj interno que proporciona la cadencia de muestreo de columna. El circuito apuntador de coordenadas imagen es activado por las señales de sincronía horizontal y vertical y genera las coordenadas  $x_1$ ,  $y_1$  del pixel corriente en tiempo real. Cada coordenada está codificada en 8 bits, puesto que la resolución del sistema es de 256 líneas por 256 columnas.

Circuito Extractor del Centroide (CEC). Sabiendo que la imagen ha sido digitalizada en  $256 \times 256$  pixels a la cadencia imagen (60 cuadros por segundo), tenemos que las entradas a este circuito son la línea y la columna producidas por el circuito apuntador (coordenadas  $y_1$  &  $x_1$  del espacio imagen), codificadas en ocho bits cada una y las señales "inicio de imagen" (sincronía vertical) y "contorno". Esta última está en nivel activo cuando el pixel corriente pertenece al contorno del objeto en cuestión.

El CEC está formado por dos circuitos idénticos, uno para cada coordenada. Describamos uno de ellos: Tenemos un registro  $R_x$  que se carga con las coordenadas  $x$  de cada uno de los puntos del contorno. Dos registros más  $X_{min}$ ,  $X_{MAX}$  que contienen a cada instante la más pequeña coordenada  $x$  y la más grande respectivamente. Dos comparadores que permiten actualizar estos registros cuando  $R_x$  es más pequeña que  $X_{min}$  o cuando es más grande  $X_{MAX}$ , según sea el caso. Finalmente un sumador que realiza la operación  $X_{min} + X_{MAX}$ .

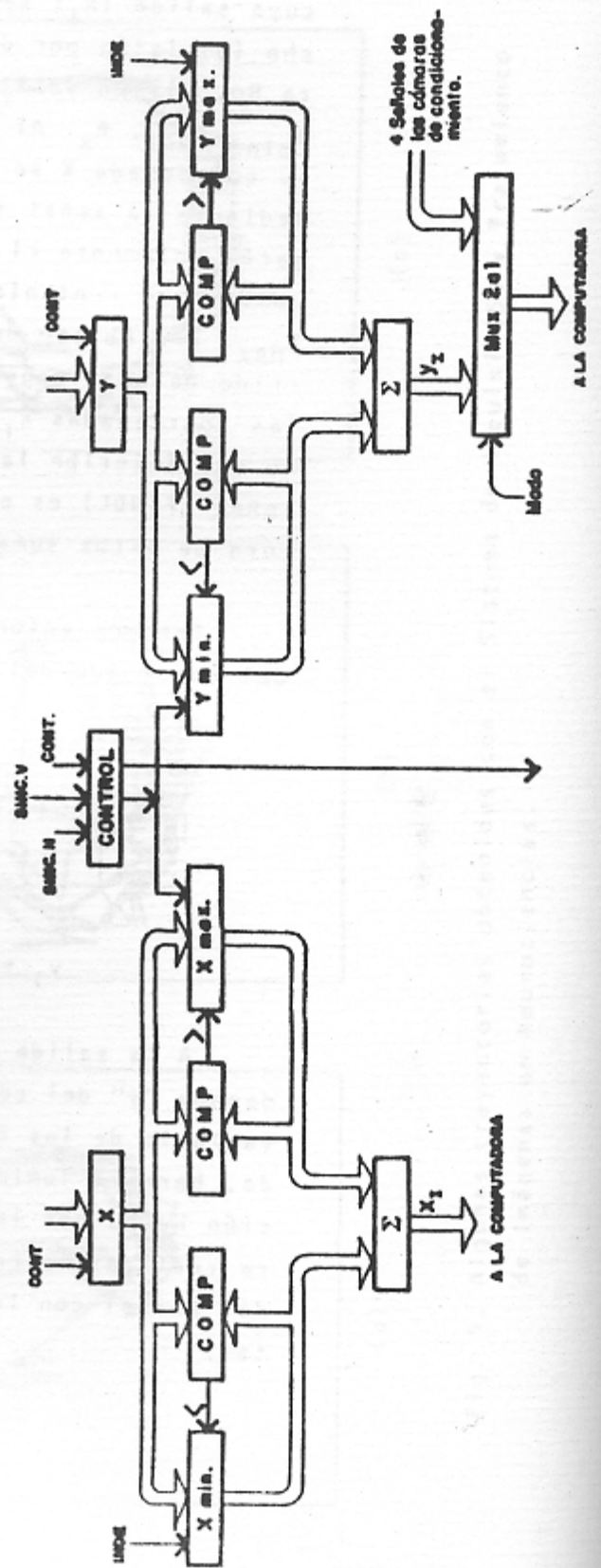


Fig. . Diagrama a bloques de los circuitos extractor de coordenadas y de calibración. (Tarjeta 2 del SATIN).

cuya salida ( $x_1$ ) se conecta corrida un bit hacia la derecha (división por dos) a un multiplexor de 2 a 1 (figura No. 3). La señal "inicio de imagen" borra los registros  $X_{\min}$ ,  $X_{\max}$ ,  $R_x$ . Al aparecer el primer punto del contorno su coordenada  $X$  se carga en los registros  $X_{\min}$ ,  $X_{\max}$ ,  $R_x$  mediante la señal INDE. Los demás puntos del contorno cargarán solamente el registro  $R_x$  con la señal CONT, comparándose su contenido con aquellos de los registros  $X_{\min}$ ,  $X_{\max}$ , con objeto de actualizar éstos. Al terminar el barrido de una imagen a la salida de los sumadores tenemos las coordenadas  $x_1$ ,  $y_1$  del centro del rectángulo más pequeño que inscribe la silueta del objeto. En ese momento una señal (FINDE) es enviada a la computadora validando la lectura de estos sumadores.

Tenemos entonces que el CEC calcula las coordenadas del centroide del objeto en el espacio imagen como:

$$x_1 = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \quad (1a)$$

$$y_1 = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \quad (1b)$$

A la salida del multiplexor de 2 a 1 tenemos la coordenada "y" del centroide de la rata o bien el valor de una variable de las cajas de condicionamiento (palanca accionada, barrera luminosa interrumpida, etc), según sea la selección hecha por la computadora. Esto permite a la computadora realizar la correlación espacio-temporal de las conductas del animal con los eventos ocurridos (estímulos o respuestas).

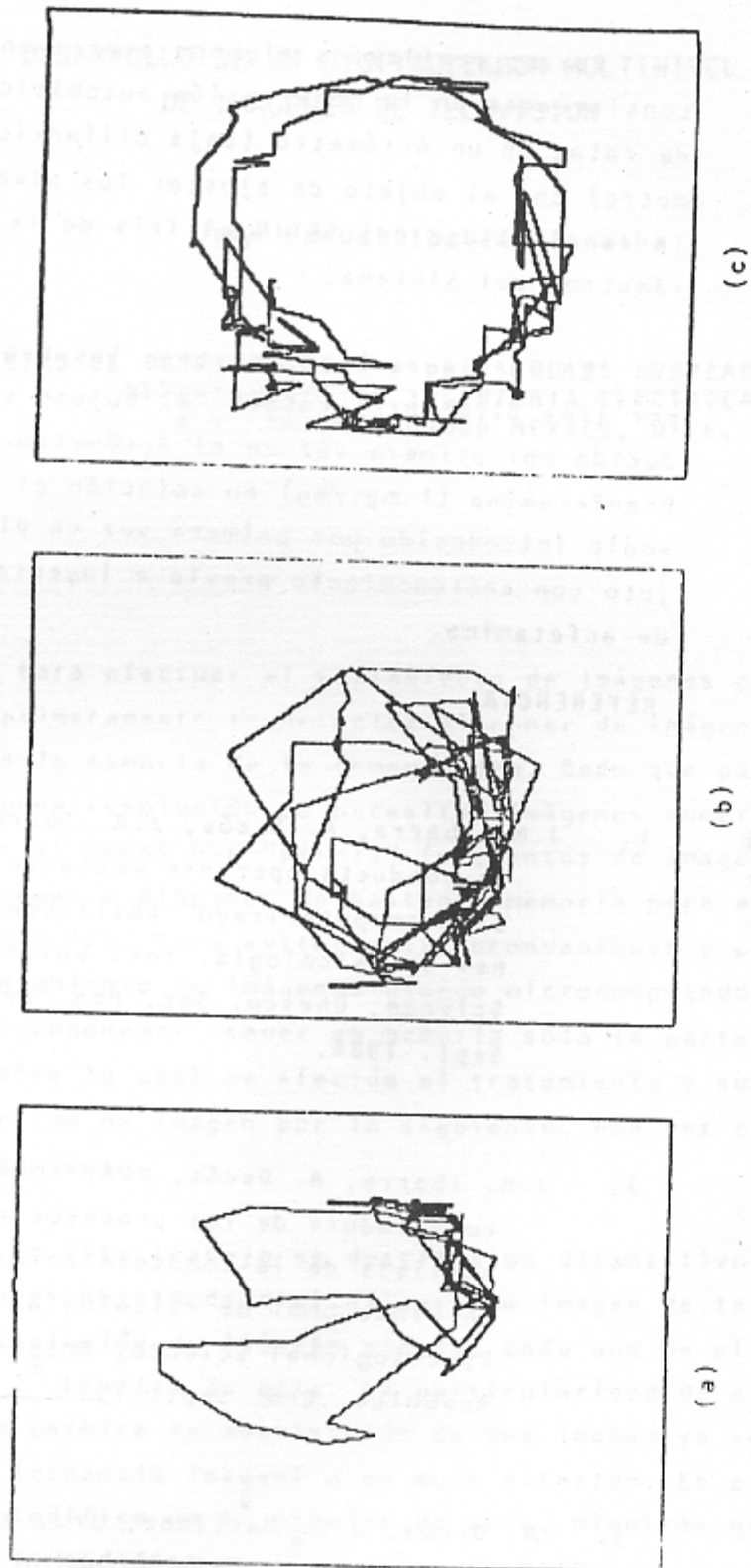


Fig. 4. Algunas trayectorias obtenidas con el Sistema de Adquisición y Tratamiento de Imágenes en Neurociencias.

## 5. ALGUNOS RESULTADOS

Fueron realizados algunos experimentos preliminares consistentes en la observación automática (trayectografía) de ratas en un Actómetro (caja cilíndrica de 50 cm de diámetro) con el objeto de ajustar los niveles de iluminación, la sensibilidad del SATIN, el iris de la cámara y otros parámetros del Sistema.

En la figura 4 se muestran las trayectorias seguidas por tres diferentes ratas: a) Sujeto sin anfetamina introducido por primera vez en el Actómetro. b) Sujeto con D-anfetamina (1 mg./kg) en solución al 0.9% de cloruro de sodio introducido por primera vez en el Actómetro y c) Sujeto con entrenamiento previo e inyectado con la solución de anfetamina.

## REFERENCIAS

1. J.M. Ibarra, A. Oscós, J.A. Torres. "Monitoreo de la conducta operante mediante un sistema de visión computarizado" XXIII Congreso Internacional de Psicología. Int. Union of Psychological Science, Unesco, Soc. Mex. de Psi. Acapulco, Gro. Sept. 1984.
2. J.M. Ibarra, A. Oscós, M.A. Chávez. "Control por computadora de los procesos experimentales en el análisis de la conducta animal". XXIII Congreso Internacional de Psicología. Int. Union of Psychological Science, Unesco, Soc. Mex. de Psi. Acapulco, Gro. Sept. 1984.
3. A. Oscós, J.L. Martínez, Jr., J.L. Mc Gaugh. "Effects of post-trial D-Amphetamine injections on the acquisition of an appetitive auto-shaped lever press response in rats.