

# TECNOLOGÍA, CIENCIA y ESTUDIOS ORGANIZACIONALES

2019

Volumen 2 Edición 2

Julio- Diciembre

ISSN 2594-1410

Revista digital



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO




**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO  
TECNOLÓGICO  
DE SAN LUIS POTOSÍ





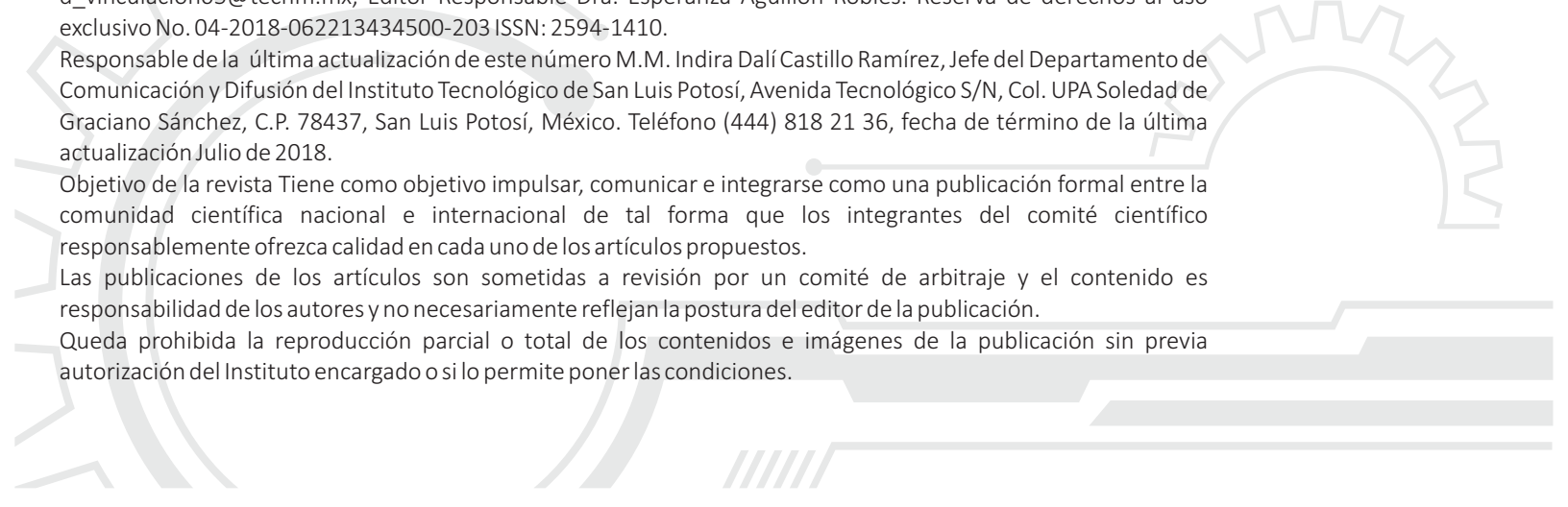
Tecnología, Ciencia y Estudios Organizacionales, Volumen 2, Edición 2 es una publicación semestral, Julio-Diciembre 2019, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México dependiente de la Secretaría de Educación Pública, a través del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Arcos de Belén Núm. 79, piso 2, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, Ciudad de México, Tel. 5536011000 Ext. 65064, d\_vinculacion05@tecnm.mx, Editor Responsable Dra. Esperanza Aguillón Robles. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2018-062213434500-203 ISSN: 2594-1410.

Responsable de la última actualización de este número M.M. Indira Dalí Castillo Ramírez, Jefe del Departamento de Comunicación y Difusión del Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Avenida Tecnológico S/N, Col. UPA Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78437, San Luis Potosí, México. Teléfono (444) 818 21 36, fecha de término de la última actualización Julio de 2018.

Objetivo de la revista Tiene como objetivo impulsar, comunicar e integrarse como una publicación formal entre la comunidad científica nacional e internacional de tal forma que los integrantes del comité científico responsablemente ofrezca calidad en cada uno de los artículos propuestos.

Las publicaciones de los artículos son sometidas a revisión por un comité de arbitraje y el contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto encargado o si lo permite poner las condiciones.



## CONSEJO EDITORIAL

1. Dra. Esperanza Aguillón Robles  
Presidente del Consejo Editorial.
2. Dra. Beatriz Dubelza Oliva Garza  
Secretario Académico.
3. M.C. Octavio Villalobos Fernández  
Secretario de Relaciones Internas y Externas.
4. Ing. angela Rebeca Garcés Rodríguez  
Secretaria de Finanzas y Comercialización.
5. Ing. Brenda Córdova Nepomuceno  
Secretaria Técnica.
6. M.M. Indira Dalí Castillo Ramírez  
Jefe de Información.
7.  
Jefe de Edición y Producción.
8. Ing. Juan Antonio Alvarado Cano  
Jefe de Edición Digital.

## COMITÉ ACADÉMICO

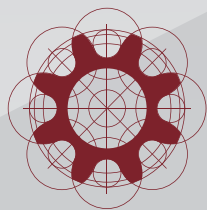
1. Dr. Francisco Javier Segura Mojica
2. Dr. Ramón Díaz de León Zapata
3. Dr. Juan Arturo Mendoza Razo
4. Mtra. Rosa Hilda Félix Jáczes
5. Dr. Antonio Zárate Marceleño
6. Dr. Saúl Almazán Cuellar
7. Mtra. Mayra Angélica Barcenás Castro





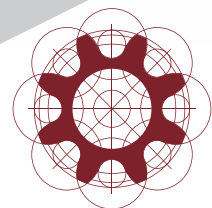
# CONTENIDO

Pag.



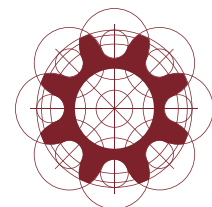
Automatización de obturadores de sistema de crecimiento por haces moleculares usando arduino mega en una interfaz de Labview.

06



Dispositivo recortador de luz láser de bajo costo controlado por LabVIEW.

22



Conectando lo discreto con lo continuo; propuesta metodológica para el cálculo de ancho de bin gráfico en el análisis estadístico de datos.

36





**Automatización de obturadores de sistema de crecimiento por haces moleculares  
usando arduino mega en una interfaz de Labview**

Lara Velázquez Ismael<sup>1</sup>, Diaz de León Zapata Ramón<sup>1</sup>, Flores García Efrén<sup>1</sup>, Méndez  
García Victor Hugo<sup>2</sup>, Espinosa Vega Leticia Ithsmel<sup>2</sup>, Perea Parrales Felipe Eduardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n, Soledad de Graciano  
Sánchez, San Luis Potosí, C.P. 78376, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México

\*e-mail: ismael.lara@tec.itslp.edu.mx

**Resumen**

En este trabajo reportamos el desarrollo de un control de obturadores para un sistema de crecimiento por Haces Moleculares (EHM) o del Inglés Molecular Beam Epitaxy (MBE) utilizando una interfaz gráfica de LabView y la plataforma de Arduino Mega para la adquisición de datos. La técnica de epitaxia por haces moleculares permite controlar espesores a escala nanométrica de muy alta calidad cristalina, para la fabricación de dispositivos electrónicos y optoelectrónicos [1].

**Palabras Claves:** Arduino Mega, Control, Epitaxia de Haces Moleculares, LabView, películas semiconductoras.

**Abstract**

In this work, we report the development of a shutter control for a system of growth by Molecular Beams Epitaxy (MBE) using a graphical interface of LabView and the

platform of Arduino Mega for the acquisition of data. This allows molecular beams epitaxy technique to produce thicknesses at nanometric scale of very high crystalline quality, for the manufacture of electronic and optoelectronic devices [1]

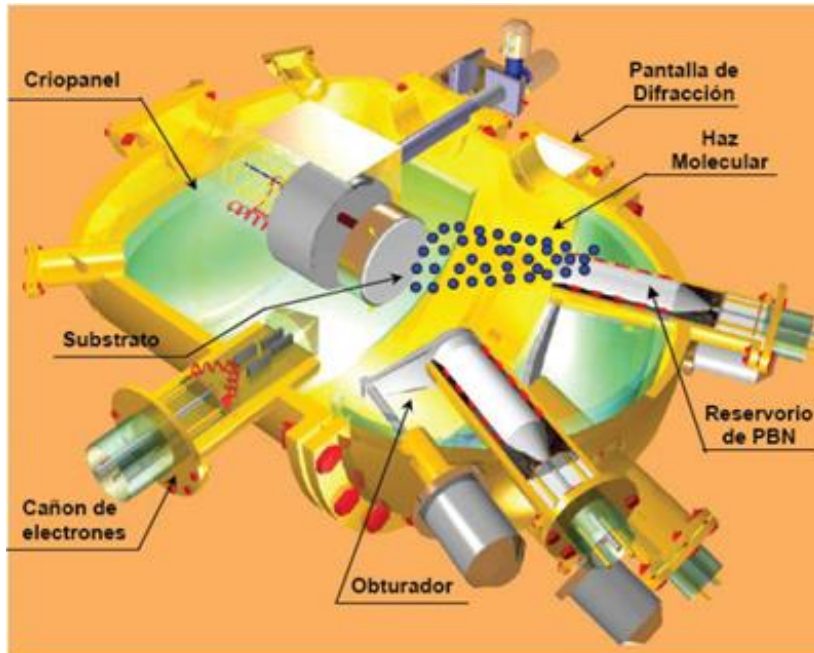
**Keywords:** Arduino Mega, Control, Molecular Beam Epitaxy, Labview, semiconductor layer.

## 1. Introducción

En la fabricación de películas semiconductores se pueden encontrar una variedad de sistemas, pero una de las más poderosas para la síntesis de estas películas es la técnica por epitaxia por haces moleculares inicialmente desarrollada por J. R. Arthur y A. Y. Cho. Esta técnica mantiene ventajas sobre las otras técnicas que incluyen la capacidad de controlar la reproducibilidad del crecimiento en dimensiones de Angstrom monitoreando el crecimiento en situ.

Esta técnica es un método de evaporación basada en alto vacío con un control en la composición de materiales y niveles de impurezas [2]. La figura 1 muestra el esquema de la cámara de crecimiento de un sistema EHM. En esta técnica los elementos que contienen el material se encuentran dentro de un crisol llamado reservorio de Nitruro de Boro Pirolítco (PNB) ubicados dentro de las celdas y salen expulsados en forma de haces moleculares hacia un sustrato cristalino sobre la cual se formara la película epitaxial en crecimiento. Estos haces emergen al evaporizar térmicamente las fuentes solidas de los elementos. La cámara de crecimiento se mantiene en un ambiente de ultra alto vacío lo que garantiza la pureza del material a depositar. En los sistemas EHM las celdas contienen materiales de alta pureza de Al, Ga, As, Be, In y Si, y una fuente de gas de N. Rodeando las celdas sobre las paredes

internas de la cámara, se localizan crio paneles; al mantenerlos a temperatura de nitrógeno líquido, las paredes atrapan impurezas. Frente a la cámara se encuentra en el centro de la cámara el sustrato montado sobre un porta sustrato de molibdeno (moliblock), sujeto a un mecanismo manipulador que permite rotar con respecto a la normal del sustrato. Durante el crecimiento, este movimiento ayuda a homogenizar el crecimiento de la película.



**Figura 1.** Diagrama esquemático del sistema de EHM [2]

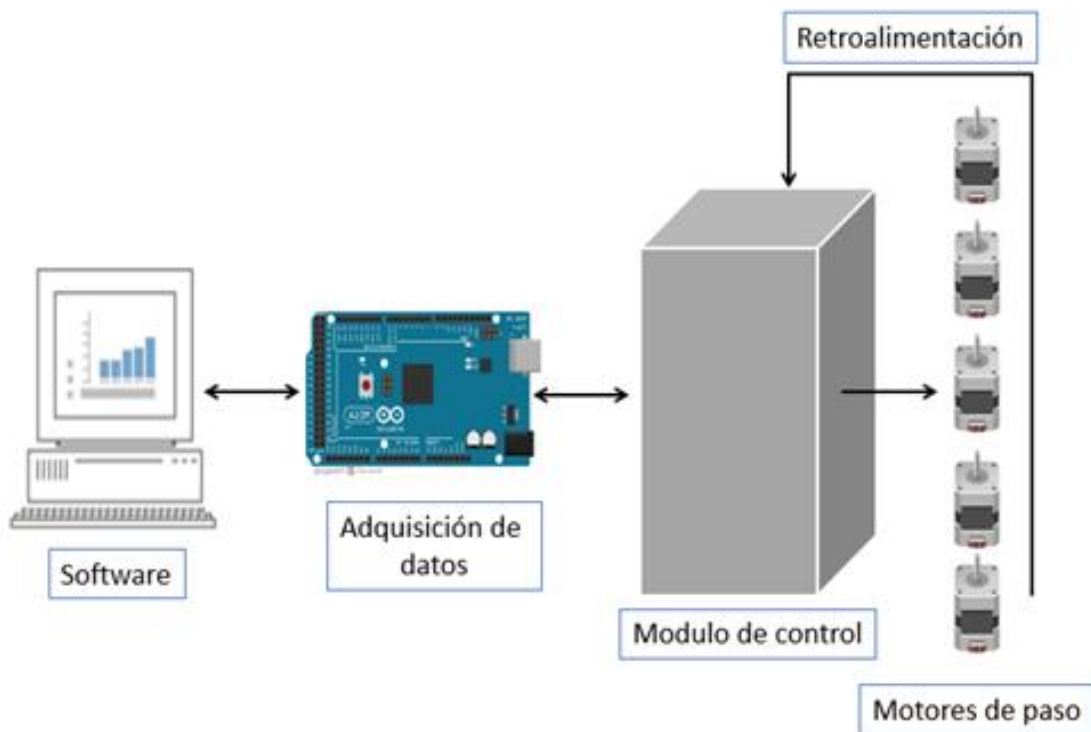
Las temperaturas de las celdas y del porta sustrato son controladas por separado. El tiempo de operación de los obturadores permite realizar cambios en la composición desde dimensiones atómicas [3], muy importante en el diseño de dispositivos en los que se encuentran fotoceldas, fotodiodos y transistores de alta frecuencia.

## 2. Métodos

### 2.1 Diagrama de bloques

La técnica de EHM hace posible la preparación de estructuras semiconductoras, creciendo de forma organizada. Para la preparación de las estructuras y su investigación se necesita un

control muy preciso del equipo de EHM con tiempos de obturación de 100 ms. En esta comunicación se reporta la automatización del movimiento de los obturadores entre la computadora y el módulo de control a través de una interfaz de LabView que permite manejar en forma programada el accionamiento de los obturadores. En la figura 2 se describe el diagrama de bloques del sistema de automatización de los obturadores del EHM, los comandos y estados del programa son ejecutados por el software de labView [4] y enviados a la tarjeta de Arduino Mega [5] que maneja las señales de datos. El bloque de control contiene la circuitería electrónica para accionar los motores de pasos [6]. El módulo de control se encarga de recibir los comandos y dar movimiento a los motores la retroalimentación está integrada al módulo y regresa a la tarjeta de Arduino Mega para señalar es estado de los motores.



**Figura 2** Esquema del sistema de control.

## 2.2 Módulo de control

El módulo de control es parte del equipo RIBER del sistema EHM que se compone de un rack de tarjetas de potencia y una de control., cada tarjeta se encarga del accionamiento de cada motor la cual consta de interruptores para seleccionar

- Angulo de rotación
- Dirección de rotación
- Velocidad
- Retención de corriente

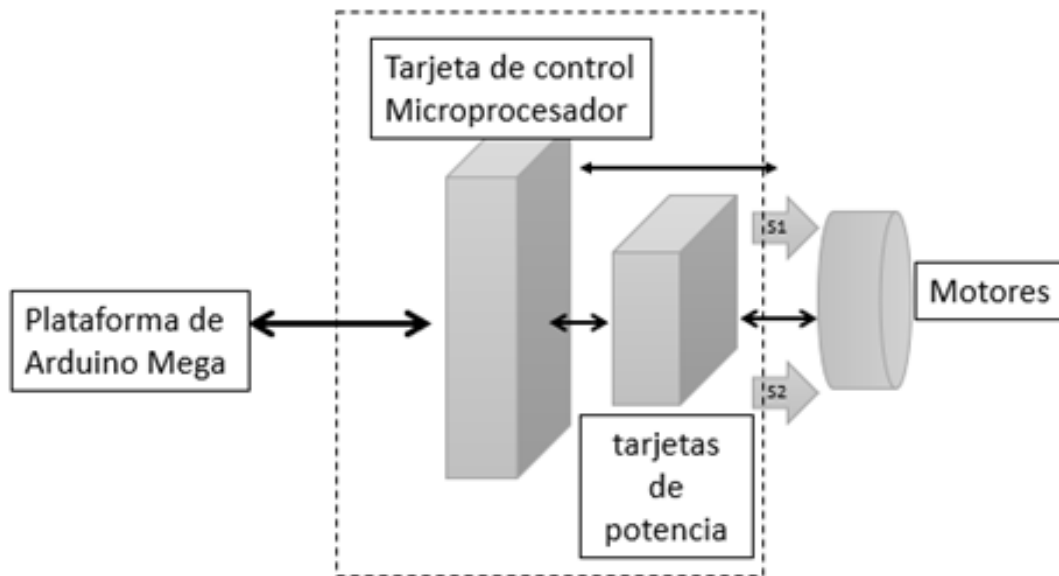
La figura 3 muestra un diagrama a bloques del sistema de control de cada uno de motores y la comunicación bidireccional con la plataforma de Arduino, el área encerrada con línea punteada indica los circuitos principales que contiene el módulo de control.

La tarjeta de control consta de un microprocesador 68701 la cual controla lo siguiente:

- Panel frontal del teclado
- Enlace serial
- La Tarjeta de interfaz permite operar la unidad de control en
  - Modo local donde se manipula con las teclas el panel lo que permite controlar los motores.
  - Modo remoto, en esta opción los motores se operan con una programación en C desde la computadora. Actualmente es una desventaja porque el código fuente no es amigable de ahí la versatilidad del proyecto al implementarlo con el software de instrumentación virtual.

En la circuitería de control se cuenta con una etapa de potencia para el motor, una etapa de optoacopladores que retroalimentan al sistema detectando la posición del motor. Estos

sensores se encuentran fijos al soporte del motor y son activados por una laminilla sujeta al rotor del motor etiquetas S1 y S2.



**Figura 3.** Módulo de control del Sistema EHM marca RIBER.

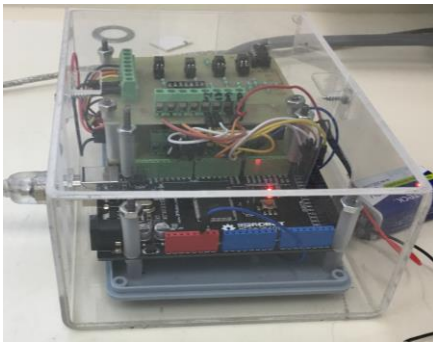
### 2.3 Interfaz Arduino

El microcontrolador de Arduino es una plataforma de desarrollo que tiene implementados los puertos digitales entrada/salida escalándolo hasta 54 bits. [7] [7] Con la interfaz de LabView para Arduino se interactuó a través del puerto serie, mientras que para la comunicación entre Arduino y el módulo se construyó una tarjeta que actúa como puente entre el modo manual o en modo programado desde la computadora permitiendo gran flexibilidad de manipular los motores trabajen de manera coordinada, se diseñó un protocolo de comunicación que permite el intercambio de información- La comunicación se establece entre la computadora y el Arduino que envía comando a la unidad de control que reconoce dichos comando y ejecutan la activación de los motores en intervalos de tiempo y sin obstruir el funcionamiento del módulo de control de los motores .

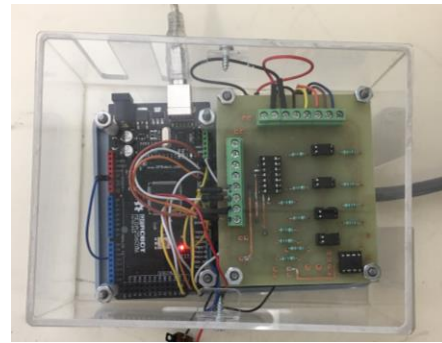
La operación de escritura que se realiza desde Labview hacia el Arduino se efectúa de la siguiente manera: se manda una señal pulsada, la tarjeta recibe el pulso y lo activa por medio del relevador HE721A el cual recibe el pulso y se reenvía al módulo de control mientras en la operación de lectura por medio de optoacopladores SFH619A que actúan como bandera señalizando la posición del motor. Para la señal de activación de cada motor se utilizó el comparador MCP6004 indicando señales de estado hacia el Arduino.

Las figuras 4a y 4b muestran las imágenes de la tarjeta de desarrollo y la 4c muestra el diagrama esquemático completo de la tarjeta de interfase con Arduino en donde se aprecian los dispositivos de entrada y salida.

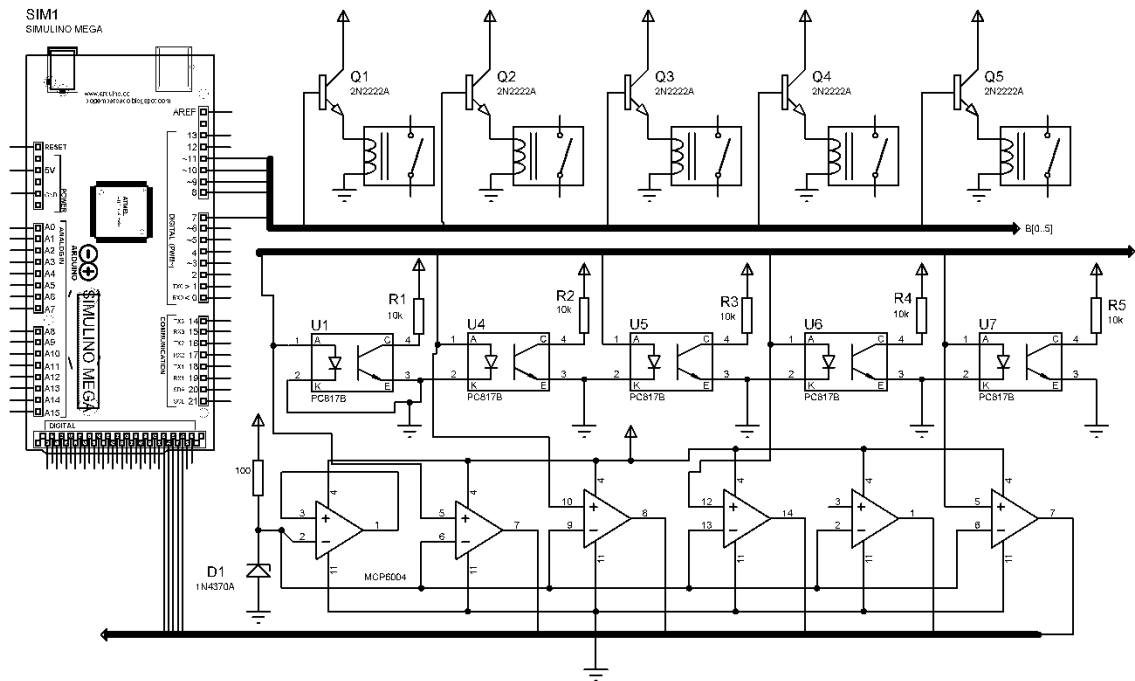
**Figura 4**



a) Vista lateral de la tarjeta de desarrollo



b) Vista superior de la tarjeta de desarrollo



c) Diagrama esquemático de la tarjeta de interfaz con Arduino Mega

## 2.4 Software

El software de automatización es una comunicación virtual entre el usuario [4] y los motores del sistema de EHM. El programa permite al usuario abrir y cerrar los obturadores, la operación puede ser en forma individual o en forma programada.

En la operación individual los controles de los obturadores se indican en interruptores boléanos que envían a la tarjeta de Arduino que envía el código para realizar el movimiento del motor, la retroalimentación proviene de los sensores optoelectrónicos que son llamadas señales de estado que reconoce la tarjeta lo cual también es interpretado en la palabra digital que se lee del Arduino.

Cuando se elige en forma programada la operación de los motores de las celdas se tiene que realizar secuencias para abrir o cerrar los obturadores deseados por un determinado

tiempo, por cada secuencia que se activa es una película semiconductores que se crece en el sistema de EHM. Esta secuencia programada de abrir y cerrar obturadores se realiza desde LabView cargando un archivo externo en formato de texto en el que se edita el funcionamiento de los obturadores como se muestra en la tabla 1. La edición del programa es por líneas y cada línea equivale a una secuencia, en la línea hay un espaciado entre los valores lógicos el programa lo interpreta valor por cada elemento de la celda. Abierto se escribe un 1 lógico y si se desea cerrado corresponderá a un 0 lógico. En la última columna se establece el tiempo de duración de la secuencia. En la tabla 1 se muestra los elementos Al Ga e In automatizados. La celda de As no está automatizada ya que el sustrato y las películas siempre deben estar bañadas en As dado que es un material que se evapora a temperaturas de crecimiento y la superficie se hace rugosa ocasionando daños irreversibles a la calidad de las películas.

#### 2.4.1 Señales de estado

Las señales de estado indican si el accionamiento del obturador se llevó con éxito (si abrió o cerro completamente) estas señales provienen de sensores ópticos de la laminilla que contienen los motores como se puede ver en la figura 5. Si hay algún error en el accionamiento de no inicializar o no llega se activa una alarma y detiene el funcionamiento del motor. El giro puede realizarse a favor de las manecillas de reloj o en contra, el ángulo de apertura varia de por cada elemento y puede ser 120° hasta 180°, La velocidad de accionamiento de 100 ms con una corriente sostenida de 120 ms, estos parámetros de los motores son controlados por el módulo de control.

Los códigos de estado se muestran en la tabla 1

A1	A2	Estado
0	0	Alarma

0	1	Abierto
1	0	Cerrado
1	1	Ocupado



**Figura 5** Motores de pasos integrados con sensores ópticos de herradura.

#### 2.4.2 Señales de comandos

El programa de LabView importa un archivo de texto que empieza a leer los datos línea por línea, esos datos son los valores de entrada en forma digital que se envían a la tarjeta de Arduino y el programa de LabView con el algoritmo desarrollado y las señales de entrada retroalimentadas de los sensores ópticos se encarga de activar un contador ascendente estableciendo el tiempo en segundos. El programa ejecuta esta matriz que corresponde a los elementos y al tiempo de duración en ese estado que identifican las películas o capas que se crecen ejecutándose cada iteración en la que se está leyendo, esto ocurre indefinidamente hasta la enésima iteración (n) o concluir el crecimiento.

Al	Ga	In	Tiempo (seg)
1	1	0	2

0	1	1	10
..	..	..	..
n	N	N	n

**Tabla 1.** Líneas a programar en el archivo de programación

Cuando el programa lee cada línea activa los motores finalizando cada secuencia con cerrar los obturadores para llevar un control homogéneo de las películas.

El programa cuenta con un botón booleano de stop ligado con la tecla de escape del teclado que finaliza la ejecución del programa esto por si se requiere abortar la operación.

#### 2.4.3 Programa de control

En la figura 6 se muestra la interfaz gráfica del control de los obturadores, en la parte superior corresponde a la opción manual. En la primera columna se localizan los botones de los elementos de los obturadores los que se presionan para habilitarlos, en la siguiente columna se encuentran indicadores tipo led indican el estado de los obturadores, la tercera columna muestra indicadores numéricos que contiene el comando enviados al Arduino Mega para accionar los motores, los comandos son los siguientes como se muestra en la tabla 2:

Comando	Estado
10	Abrir
01	Cerrar

**Tabla 2.** Comandos enviados a la plataforma de Arduino

En la parte inferior se encuentra el menú de operación programada para llevar a cabo un crecimiento de una estructura donde en forma alternada se requiere tener diferentes películas de diferentes materiales y con diferentes espesores.

Para que el programa se ejecute en forma programada se pulsa el botón booleano de programa. El software carga el archivo de texto previamente editado y empieza a correr desplegando en el indicador numérico el tiempo en segundos por cada película o capa, el estado de cada obturador se señala en indicadores tipo led si están activados se encienden, al extremo de estos se encuentra un temporizador que muestra el avance por cada película.

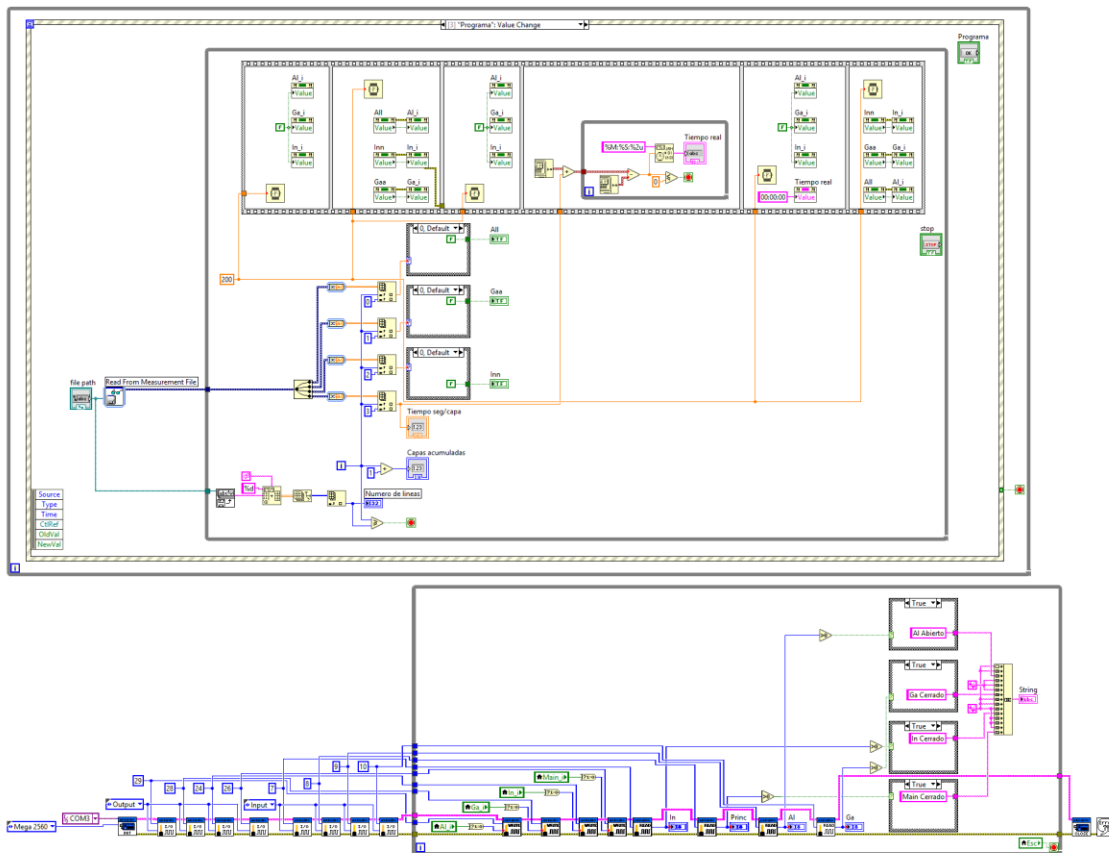
Al final se encuentran dos indicadores numéricos, el de la izquierda indica el número de líneas totales que se leyó del programa y el de la derecha indica el estatus de la línea actual.



**Figura 6** panel principal de la interfase de LabView

En la figura 7 se muestra el esquema del diagrama de bloques de la programación de los objetos de la LabView. Un Event Case permite escoger entre el modo manual y el modo

programado explicado líneas arriba y el caso de abortar la programación. El Event Case se ejecuta en un lazo While hasta que la condición de verdadera se cumpla, la condición está ligada a otro lazo While con variables locales que se ejecutan simultáneamente con la interfaz de Labview. Se cuenta con herramientas de Arduino para enviar y recibir datos del microcontrolador en donde se realizan las funciones de escritura y lectura digital y se procesan en el entorno grafico de LabView.



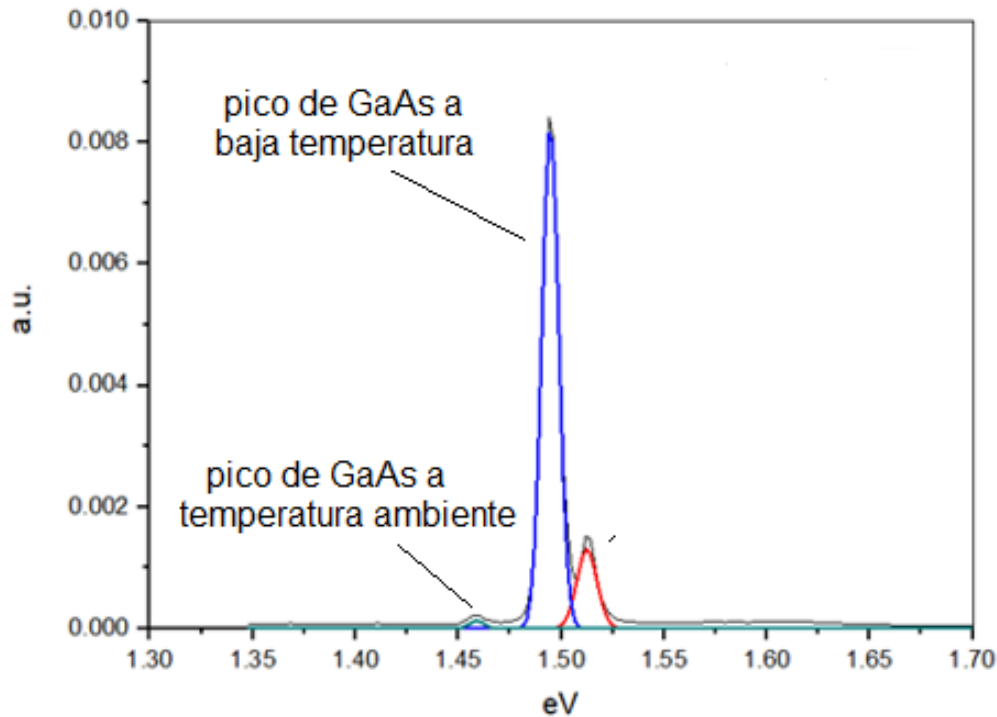
**Figura 7** Esquema del diagrama de bloques del programa en LabView

### 3. Resultados

La figura 8 muestra el espectro de fotoluminiscencia tomados a 14 K. correspondiente a las películas crecidas con la automatización, las características son pozo de GaAs de 4.5 nm de grosor insertado en barreras de 10 nm. de espesor de AlGaAs, crecidas sobre una película

buffer de 270 nm de GaAs y la película de tapa de GaAs de 20 nm. Los substratos de GaAs están orientados cristalográficamente en (631) tipo A.

La separación de 2 picos a baja temperatura en color azul es indicativa que está presente la estructura de pozo de GaAs y de barreras de AlGaAs.



**Figura 8.** Espectro de fotoluminiscencia realizado a 14k correspondiente a un pozo cuántico de GaAs de 4.5 nm de espesor

#### 4. Discusión

Con la automatización de sistema EHM, los investigadores pueden desarrollar sus propios programas de interfaz en sus computadoras personales en la comodidad de sus espacios de trabajo, hacer la depuración y pruebas que consideren apropiadas, incluso varios investigadores trabajando a la par sin depender de un solo equipo de cómputo. Cabe mencionar que por tratarse de un laboratorio con condiciones controladas de temperatura

llega a resultar incómodo permanecer varias horas programando la aplicación in situ, situación a la que se veía obligado el investigador antes de la presente actualización.

Es también importante señalar que la aplicación no es única y la interfaz permite a cualquiera que lo requiera experimentar nuevos aspectos de control del equipo del EHM.

## 5. Conclusión

El objetivo planteado se ha alcanzado, se implementó un medio de control para los obturadores de un sistema de epitaxia por haces moleculares, que permite tiempos de accionamiento mucho más precisos que los que se podía tener mediante el accionamiento manual, además de evitar el error humano. Este sistema permite programar y controlar desde una computadora personal el crecimiento de dispositivos optoelectrónicos el módulo retroalimenta la posición de los obturadores y verificar que el accionamiento de los obturadores sea correcto, de lo contrario puede indicarlo mediante un mensaje de error en el software de automatización. La comunicación de información entre la PC y la plataforma de Arduino requirió la implementación de un protocolo de comunicación por medio de señales digitales que permiten el flujo de información en ambos sentidos. Dado que se consiguieron tiempos de obturación de 0.1 segundo el tiempo de transición es el equivalente al depósito de 3 angstrom/seg de una película, esto posibilita la formación de interfases semiconductoras abruptas a nivel atómico.

## Referencias

- [1] R. D. d. L. Z. J. O. G. Ismael Lara Velázquez, «Fabricación de láseres semiconductores basados en puntos cuánticos de InAs insertados en un pozo de InGaAs por EHM,» *Pistas Educativas*, n° 108, pp. 262-275, 2014.
- [2] M. G. V. H. López López Máximo, «Autoensamblado de puntos cuánticos semiconductores,» *CINVESTAV*, pp. 44-49, 2008.

- [3] G. T. Á. N. Péter Kucsera, «Control of the MBE equipment for growth of nano structures,» *IEEE 8th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, 2010.
- [4] R. W. Larsen, *LabView for Engineers*, Pearson Education, 2010.
- [5] M. M. Roberts, *Beginning Arduino*, Springer Nature, 2010.
- [6] I. S. GROUP, «Shutter Controller Model ISC».
- [7] ©Arduino, «Main Site Blog Playground Forum Labs Store,» [En línea]. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/1674878.pdf>.
- [8] J. Boxall, *ARDUINO WORKSHOP*, San Francisco: no starch press.

## **Dispositivo recortador de luz láser de bajo costo controlado por LabVIEW**

L.E. Blanco-Tapia<sup>1</sup>, A.I. Benítez-Aguilera<sup>1</sup>, A.B. De la Rosa-Zapata<sup>1</sup>, J. Ortega Gallegos<sup>2</sup>  
y J.V. González-Fernández<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n, CP 78376,  
Soledad de Graciano Sánchez, SLP, México

<sup>2</sup>Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, Universidad Autónoma de San Luis Potosí,  
Av. Karakorum 1470, CP 78210, San Luis Potosí, SLP, México

\*email: *fanogf@gmail.com*

### **Resumen**

En este trabajo se reporta la fabricación de un dispositivo recortador de onda basado en LabVIEW. El dispositivo consiste en usar pulsos ópticos infrarrojos para controlar la velocidad de una hélice con un motor de corriente continua operado a 6 V. Con un punto de prueba estimado de 1000 rpm, se hace girar una hélice con 12 aperturas para controlar una frecuencia de giro exacta por medio de un sistema retroalimentado en configuración control PID, de esta manera obtenemos pulsos que tienen forma y frecuencia particular controlada.

Por medio de la tarjeta de bajo costo NIDAQ-USB6002, en LabVIEW se utilizan las herramientas de programación para detectar la frecuencia del giro, realizar el análisis y procesamiento para variar el voltaje de salida de tarjeta que alimenta al motor y controlar la velocidad de rotación. La funcionalidad del sistema fue corroborada al utilizar el dispositivo para realizar una caracterización espectroscópica por fotorreflectancia.

**Palabras clave:** Recortador de onda, Frecuencia, LabVIEW, Espectroscopía.

### **Abstract**

In this work, we report the manufacture of a mechanical optical chopper device based on LabVIEW. The device uses infrared optical pulses in order to control the speed of a slotted disc with a DC motor operated at 6 V. With an estimated frequency of 1000 rpm as a test point, a slotted disc with 12 apertures, is rotated to control the rotation frequency by means of a feedback system in a PID control configuration; in this way, we obtain pulses that they have a particular well controlled shape and frequency. Through the low-cost NI-DAQ-USB6002 Multifunction Device, we used the LabVIEW programming tools in order to detect the disc rotation frequency, performing the analysis and processing to vary the DAQ output voltage that feeds the motor and control the rotation speed. The functionality of our device was corroborated by performing a modulated spectroscopic characterization of a semiconductor crystal such as photoreflectance spectroscopy.

**Keywords:** Mechanical optical chopper, Frequency, LabVIEW, Modulated spectroscopy.

### **1. Introducción**

El recortador de onda es uno de los instrumentos más utilizados en los experimentos propios de la caracterización óptica de una amplia gama de líneas de investigación en ciencia de materiales, ya sean orgánicos o inorgánicos. Específicamente, este dispositivo se utiliza para la generación de pulsos de un haz de luz que en ocasiones funge como modulador del campo eléctrico interno de un semiconductor o como referencia para una señal analizada por un amplificador de tipo lock-in. [1,2]

El uso del recortador de onda permite discriminar el ruido de fondo que regularmente tiene origen en señales eléctricas como fuentes de alimentación o ruido eléctrico de la compañía que suministra la energía; o señales ópticas como la iluminación del laboratorio o la misma luz natural que entra al experimento. La modulación referida normalmente requiere que los tiempos de obturación sean simétricos, es decir, que el tiempo en el que el dispositivo permite el paso de la luz, sea el mismo tiempo que evita el paso de esta; el ciclo de trabajo entonces es del 50%. Para el diseño del recortador de onda se requiere tomar en cuenta los límites superior e inferior de la frecuencia deseada. Esto conlleva a una elección correcta del motor, en este caso de corriente directa, así como el diseño del aspa en términos del radio y cantidad de obturaciones que debiera tener para alcanzar la frecuencia requerida.

Para el caso de aplicación y prueba del instrumento, se decidió utilizarlo para realizar una caracterización óptica de tipo fotorreflectancia (FR). La técnica se aplicó a una muestra de un semiconductor II-V, en este caso GaAs (Arsenuro de Galio) dopada tipo-n. Brevemente, la FR es una técnica de espectroscopía modulada libre de contactos eléctricos y de preparación especial. Es utilizada para conocer los efectos de los estados superficiales, los campos eléctricos internos de estructuras semiconductoras, calidad interfacial, entre otros. [3,4] Para ampliar la teoría sobre la técnica de FR, se recomienda revisar las referencias [5,6]. En este caso las mediciones se realizaron a temperatura ambiente para efectos de practicidad y para comprobar el control implementado en el dispositivo aquí reportado.

## 2. Disco de obturación

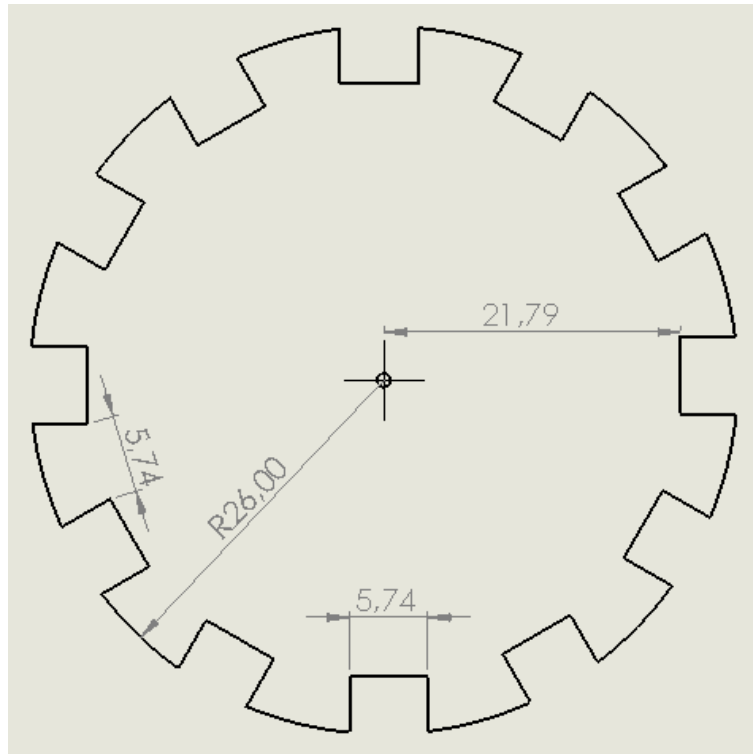
El diseño partió considerando un motor sencillo, de bajo costo y de corriente continua con capacidad de alcanzar velocidades de hasta 85 revoluciones por segundo. A continuación se tomó en cuenta la frecuencia requerida para la aplicación de caracterización por FR que normalmente es de poco menos de 100 Hz hasta poco más de 1,000 Hz, esto dependiendo del tipo de muestra y los efectos que se quieran observar a través de la caracterización. Para abarcar un amplio rango de posibilidades se decidió abarcar todo rango mencionado y con esto proporcionar características de versatilidad en el recortador de onda.

Para los cálculos de la cantidad de orificios en el disco de obturación se requiere considerar la siguiente relación:

$$F_{Max} = v * N, \quad (1)$$

donde  $F_{Max}$  es la frecuencia máxima que se podría lograr,  $v$  es la máxima velocidad de rotación que se obtiene con el motor y  $N$  el número de orificios en el disco de obturación. Para el caso del dispositivo en diseño la frecuencia máxima requerida es de 1,000 Hz y se tiene una velocidad del motor de 85 rps, por lo que el número mínimo de orificios simétricos  $N$  que se deben tener es de mínimo 12. El radio requerido para obtener esta cantidad de orificios es de 26.00 mm para una ventana de paso del haz de luz de 5.74 mm de ancho lo que permite una suficiente holgura en el paso del láser cuyo diámetro del haz comúnmente

es menor a lo referido. Con esta información se diseñó el disco (ver Fig. 1) por medio del software comercial de diseño SolidWorks.



**Figura 1:** Dimensiones del disco de obturación con 12 ranuras cuyo diseño se realizó utilizando la paquetería de SolidWorks. Las dimensiones referidas están dadas en milímetros.

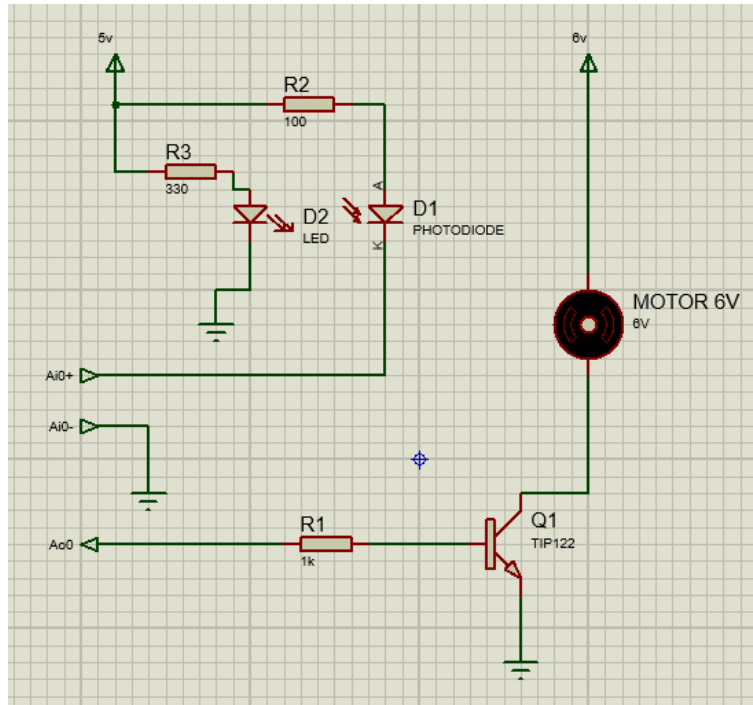
Con los archivos generados por el software de diseño, se procedió al trabajo de impresión en 3D del disco de obturación. La imagen del disco real se muestra en la Fig. 2 con una modificación técnica que consiste en remover la parte exterior de las secciones de obturación para efectos de libertad de acción del sensor de retroalimentación del control PID. Además de este ajuste, se le colocó de un tornillo para adherir el disco al eje de rotación del motor.



**Figura 2:** Fotografía del diseño impreso en 3D del disco de obturación contemplando la modificación de la sección externa de obturación y la adhesión de un tornillo para soporte al eje de rotación del motor.

### 3. Etapa de potencia

El motor utilizado fue extraído de un ventilador de escritorio que se alimenta por medio de un puerto USB de computadora. La fuente de alimentación para el ventilador era el puerto USB, es decir 5.1 V de corriente continua y hasta 1 A, sin embargo se optó por el uso de una fuente de poder externa para para alimentar el motor y la regulación de corriente continua en una etapa amplificador emisor común de un TIP 122 (Q1) a fuente de 6V.



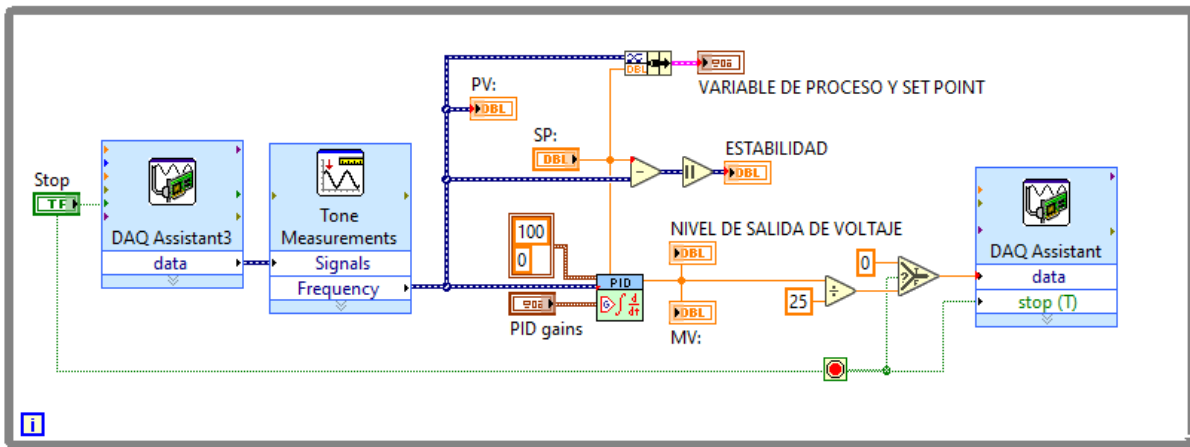
**Figura 3:** Diagrama de etapa de potencia al motor excitado por el colector de un TIP122 en configuración emisor común a la base, en serie una resistencia limitadora de 1,000 Ohms conectado en serie a la salida analógica de la NI-DAQ.

La velocidad de rotación del motor es obtenida a partir del fotodiodo (D1) que se activa al recibir un estímulo del diodo emisor de luz (D2) al observar o no una obturación por las aspas del disco. La señal generada por ambos diodos sirve de entrada para la tarjeta NIDAQ-USB6002 de National Instruments [7] que en este caso se toma como entrada analógica correspondiente a Ai0, misma que será procesada por el software de control.

#### 4. Programación del Control en LabVIEW

La señal de la velocidad del motor referenciada a la entrada Ai0 de la tarjeta es interpretada por un software de control, en este caso por LabVIEW de National Instruments.

Este parámetro es convertido a frecuencia y servirá como la variable a manipular por un control de tipo PID implementado en el mismo software. El ajuste del voltaje de salida es creado en el programa a necesidad e inyectado a la base del transistor con el propósito de manipular la velocidad de rotación del motor, la frecuencia la podemos ajustar en el software como nuestro valor objetivo.



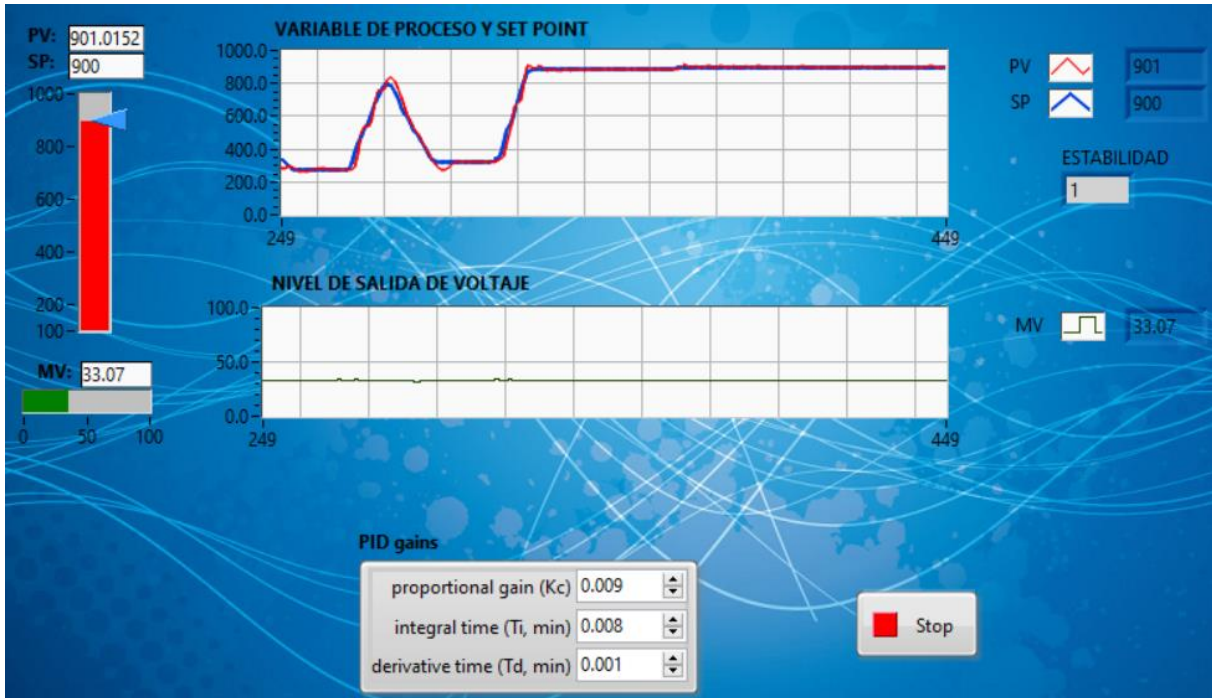
**Figura 4:** Diagrama de bloques del control PID implementado en LabVIEW utilizando subrutinas de tipo VI-Express de fácil acceso y manipulación de la tarjeta DAQ.

Se utilizó un VI-Express de procesamiento de señales que en este caso arroja el valor de la frecuencia en que se encuentra muestreando el recortador de onda. Los valores  $K_c=0.010$ ,  $T_i=0.009$  y  $T_d=0.001$  para este control PID son mostrados en el ejemplo práctico de la aplicación del sistema en pleno uso (ver Fig. 5.) Para un apropiado funcionamiento del control, se determinó que en lugar de que la variable de manipulación estuviera de 0 a 6 (haciendo referencia al Voltaje de operación del motor), ésta fuera de 0 a 100. Una vez que el control se ha realizado por el PID, este porcentaje del nivel de salida de voltaje es

reconvertido la escala de alimentación del motor y enviado al puerto de salida Ao0 de la tarjeta NI-DAQ.

## 5. Resultados experimentales

Al iniciar el programa se mantiene activo todo el tiempo haciendo que los datos sean instantáneos debido al ciclo while implementado y mostrado en la Fig. 4, la frecuencia y el ancho de la señal son recolectados por la NI DAQ entonces LabVIEW hace una comparación de ajuste del valor y la diferencia se multiplica por un factor, el cual es el valor ajustado para la tensión del motor, en este caso 6 V. Se retroalimenta el valor del voltaje en diferencia proporcional y se envía dicho resultado a la salida que controla la base del transistor TIP122 (ver Fig. 3). Todo el procesamiento controlado por LabVIEW se muestra en la Fig. 4 que corresponde al Panel Frontal en modo ejecución, en el cual se observa el seguimiento de la variable proceso (PV, en rojo) al valor requerido (SP, en azul). Un procesamiento como este difícilmente alcanza con exactitud el valor objetivo, sin embargo los resultados mostraron un porcentaje de error del 0.1 %, lo que significa una cantidad menor a la aceptable para la aplicación de caracterización por espectroscopías.

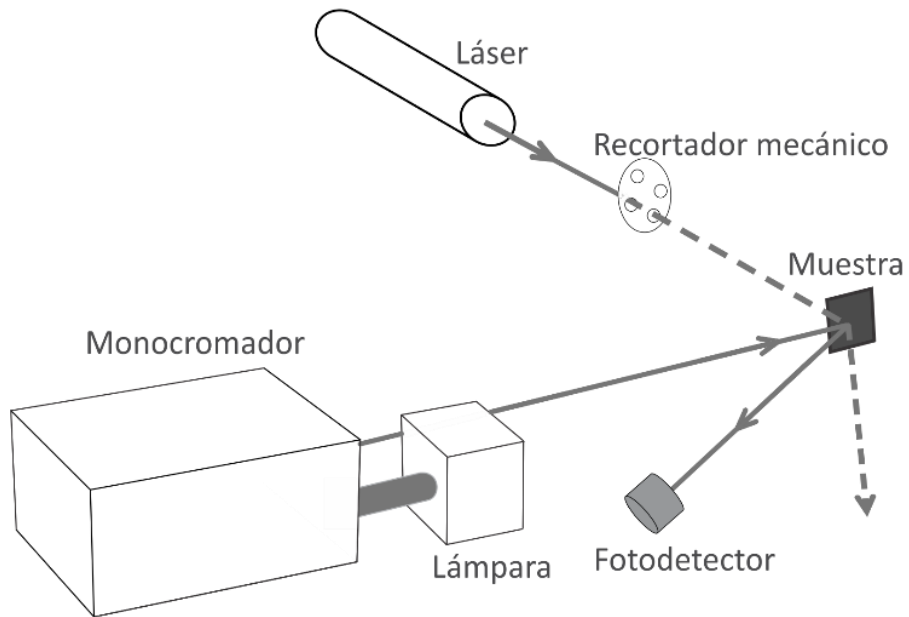


**Figura 5:** Panel Frontal del control PID en LabVIEW en el que se aprecian los parámetros y las gráficas de la variable de proceso y set point en unidades de Hz, así como el nivel voltaje de salida porcentual. El SP es manipulado (azul) para observar que el VP (rojo) logra el objetivo de seguimiento por una diferencia máxima negligible de 1 Hz.

El dispositivo recortador de onda se muestra en una imagen real y en funcionamiento (ver Fig. 7). Es importante mencionar que se acopló un láser semiconductor rojo con una longitud de onda de 635 nm con el cual se realizaron las pruebas de caracterización por FR. También se observa el motor del disco obturador sostenido por un vástago flexible, el acople de los diodos emisor y receptor detectando las obturaciones en la parte posterior, la alimentación y el bus de datos a la tarjeta DAQ y la caja con el cableado y la etapa de potencia.



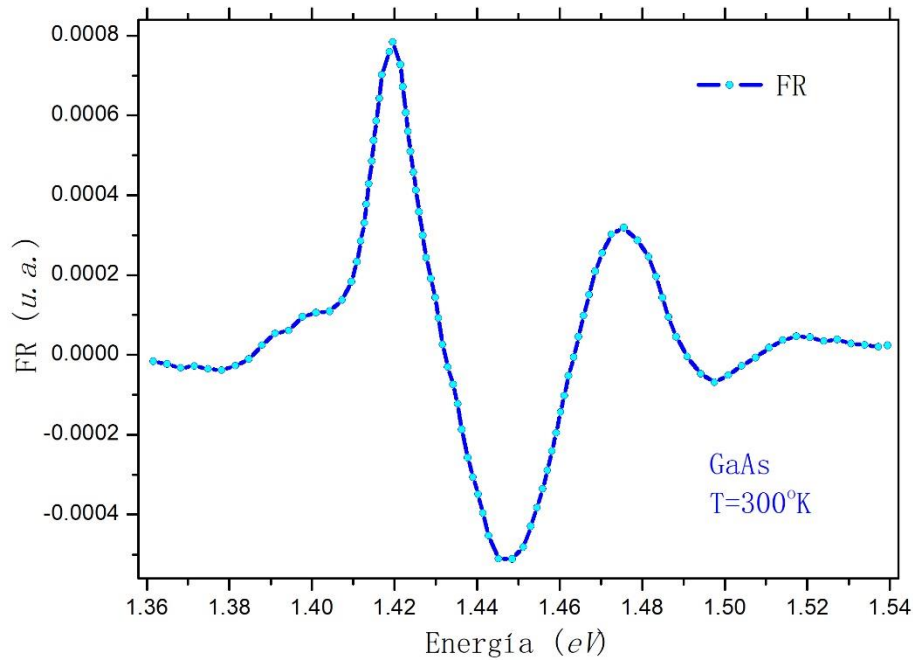
**Figura 6:** Imagen real del dispositivo recortador de onda en funcionamiento.



**Figura 7:** Arreglo experimental de la técnica de caracterización óptica por fotorreflectancia. Se observa la colocación del recortador de onda mecánico interpuesto entre el láser de bombeo óptico y la muestra semiconductor.

El arreglo experimental de FR a temperatura ambiente en donde se implementó el dispositivo se muestra en la Fig. 7. En donde se observa que el recordador de onda mecánico tiene una función primordial al ser interpuesto entre el láser de bombeo óptico y la muestra semiconductor para efectos de la modulación del campo eléctrico interno.

La muestra semiconductor utilizada para realizar la caracterización es una sección de oblea comercial de GaAs dopada tipo-n. El resultado de la medición es como se esperaba obteniendo la forma de oscilación propia consistente con la literatura que reporta la caracterización óptica por fotorreflectancia a temperatura ambiente.[8] La energía asociada a la banda prohibida del GaAs es de 1.42 eV, como se muestra en la Fig. 8.



**Figura 8:** Espectroscopía por fotorreflectancia de GaAs-n medida a temperatura ambiente utilizando el dispositivo recortador de onda desarrollado en un sistema calibrado de medición.

## 6. Conclusiones

En este artículo se presenta la construcción de un dispositivo mecánico recortador de onda basado en LabVIEW. La principal característica es el bajo costo por utilizar materiales de insumo electrónico de uso común, exceptuando la tarjeta NI-DAQ con la que normalmente cuentan los laboratorios de electrónica para efectuar prácticas escolares. Se presentan los diagramas de diseño y de programación que pueden ser replicados en laboratorios de espectroscopías, representando un ahorro promedio mayor al 80 % con respecto a los dispositivos comerciales. Su eficacia fue demostrada al observar su rápida respuesta y estabilidad obtenidas por el control PID implementado. Una capacidad adicional que tiene la presente propuesta radica en la versatilidad del cambio del disco recortador a diseño personalizado de la aplicación, ya que en diversas aplicaciones puede surgir la necesidad que el ciclo de trabajo requiera ser o bien menor o en su caso superior al 50% que al inicio de este documento se señala como valor de referencia en la alternativa de solución. Casos como en aplicaciones biológicas sería un ejemplo típico de esta observación, en donde el tiempo de exposición a la radiación resulta relevante en los resultados de la medición. Si bien, en los instrumentos comerciales, esta posibilidad es ofrecida, con un incremento sustancial en el producto, llegando a duplicarse el costo del modulador mecánico, en nuestra propuesta el cambio del disco recortador diseñado a modo resulta muy fácil de ser implementado sin requerir un aumento del costo de manera significativa. Como complemento a las pruebas mencionadas, se realizó una espectroscopía por FR con la que se obtuvieron las curvas esperadas y reportadas en la literatura por lo que la implementación del dispositivo recordador diseñado es estable y confiable.

## Referencias

- [1] K. Sköld, A mechanical correlation chopper for thermal neutron spectroscopy, *Nucl. Instruments Methods.* 63 (1968) 114–116. doi:10.1016/0029-554X(68)90312-1.
- [2] H. Shen, M. Dutta, Sweeping photoreflectance spectroscopy of semiconductors, *Appl. Phys. Lett.* 57 (1990) 587–589. doi:10.1063/1.103606.
- [3] A. Cisneros-de-la-Rosa, I.E. Cortes-Mestizo, E. Cruz-Hernández, V.H. Méndez-García, L. Zamora-Peredo, J.V. González-Fernández, R. Balderas-Navarro, A.Y. Gorbachev, M. López-López, Effect of surface states on the electrical properties of MBE grown modulation doped AlGaAs/GaAs, *J. Vac. Sci. Technol. B, Nanotechnol. Microelectron. Mater. Process. Meas. Phenom.* 32 (2014) 02C110. doi:10.1116/1.4863677.
- [4] V.H. Mendez-García, J.V. González-Fernández, L.I. Espinosa-Vega, T. Díaz, R. Romano, E. Rosendo, S. Gallardo, D. Vázquez-Cortes, S. Shimomura, MBE growth and characterization of (100) and (631)-oriented modulation doped AlGaAs/GaAs heterostructures, *J. Cryst. Growth.* 378 (2013) 88–91. doi:10.1016/j.jcrysgro.2012.12.101.
- [5] J.V. González-Fernández, *Espectroscopías ópticas y su aplicación para el estudio de nanoestructuras semiconductoras*, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2015. doi:10.13140/RG.2.1.3991.7288.
- [6] J.V. González-Fernández, R. Herrera-Jasso, N.A. Ulloa-Castillo, J. Ortega-Gallegos, R. Castro-García, L.F. Lastras-Martínez, A. Lastras-Martínez, R.E. Balderas-Navarro, T. Mozume, S. Gozu, Residual electric fields of InGaAs/AlAs/AlAsSb (001) coupled double quantum wells structures assessed by photoreflectance anisotropy, *Int. J. Mod. Phys. B.* 30 (2016). doi:10.1142/S0217979215502483.
- [7] N. Instruments, Specifications of NI USB-6002 Low-Cost DAQ USB Device, (2014). <http://www.ni.com/pdf/manuals/374371a.pdf>.
- [8] O.S. Komkov, A.N. Pikhtin, Y. V. Zhilyaev, Photoreflectance characterization of gallium arsenide, *Russ. Microelectron.* 41 (2012) 508–510. doi:10.1134/S1063739712080082.

**Conectando lo discreto con lo continuo; propuesta metodológica para el cálculo de ancho de bin gráfico en el análisis estadístico de datos.**

Mayra Angélica Bárcenas Castro<sup>1\*</sup>, Lorenzo Borselli<sup>2</sup>, Ramón Díaz de León-Zapata<sup>1</sup>, Efrén Flores García<sup>1</sup>, Ariel Benjamín de la Rosa Zapata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Av. Tecnológico s/n, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, C.P. 78376, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

\*e-mail: *mayrabarcenas0422@gmail.com*

**Resumen**

Se presenta una propuesta metodológica para el análisis de resultados de gráficos estadísticos, en donde el ancho de bin es el principal factor de cambio para su representación. Se implementa un pseudocódigo que permite visualizar los pasos a seguir para obtenerlo. Se realizó un ejercicio para mostrar la pérdida o ganancia de información al implementar la Densidad de Kernel y también la ausencia de esta. La propuesta se hizo directamente con la metodología de Bowman y Azzalini (1997) en Matlab y el generado en este trabajo. Se utilizó el test de Kolmogorov-Smirnov para validar las ventajas del método propuesto. Se encontró que el método propuesto permite una mejor tendencia de los datos ya sea positiva, negativa o simétrica y poca o escasa pérdida de información con respecto evaluación estadística aplicando densidad de kernel; de este modo es una opción para obtener un mejor análisis estadístico cuantitativa y cualitativamente y además puede ser reproducido en temas similares.

**Palabras clave:** Ancho de bin, Kolmogorov-Smirnov, Densidad de Kernel, Teoría de información.

### **Abstract**

A methodological proposal is presented for the analysis of statistical chart results, where bin width is the main factor of change for representation. A pseudocode is implemented that allows you to visualize the steps to be followed to obtain it. An exercise was generated to show the loss or gain of information when implementing Kernel Density and also the absence of it. The proposal was made directly with the methodology of Bowman and Azzalini (1997) in Matlab and the one generated in this work. The Kolmogorov-Smirnov test was used to validate the advantages of the proposed method. It was found that the proposed method allows a better trend of data either positive, negative or symmetrical and little or little loss of information with respect to statistical evaluation applying kernel density; in this way it is an option to obtain a better statistical analysis quantitatively and qualitatively and can also be reproduced in similar topics.

**Key Words:** Bin Width, Kolmogorov-Smirnov, Kernel Density, Information Theory.

### **1. Introducción**

Un tema que ha sido de interés entre la comunidad científica es la dicotomía: continuo frente a lo discreto. De los pilares defensores sobre la idea de la continuidad se tiene a Isaac Newton y Gottfried Leibniz quienes establecieron dicho cálculo diferencial e integral debido a que las funciones conllevan continuidad en los fenómenos descritos. En este sentido una pregunta que hacía referencia Riemann fue si la continuidad siempre se aplica a cualquier fenómeno [1]. Sin embargo Benoit Mandelbrot en 1982 dijo: Las nubes no son esferas, las montañas no son cono, las líneas costeras no son círculos y la corteza no es lisa, tampoco lo

hace el rayo viajar en línea recta” [2]. Es decir los problemas complejos solo se pueden contestar con métodos discretos, lo que significa que la naturaleza es compleja.

En este hilo conductor las metodologías para analizar datos estadísticos resultan de interés tanto en áreas de ciencias exactas como sociales. Si bien es cierto que existen propuestas para realizar con mejor entendimiento la distribución de los datos para visualizar su comportamiento, es importante destacar que los mismos autores redactan que dependerá de los datos y el fenómeno a estudiar para obtener una interpretación fidedigna [3].

El análisis de datos estadísticos ha tomado gran relevancia para la toma de decisiones; es fundamental que en las técnicas que se utilicen se logre obtener información que no refleje demasiado “ruido” como por ejemplo muchas modas. En este contexto desde tiempos de Silverman (1986) se han venido realizando esfuerzos por encontrar una longitud de ancho de bin optimizado, generando algoritmos de acuerdo a las necesidades que están presentes, por ejemplo programas como STATA, SPSS y Matlab por mencionar algunos. Este último Bowman y Azzalini (1997) también consideraban la necesidad de seguir fortaleciendo los algoritmos para una mejor versión de los datos. En este trabajo, se propone una metodología para el tratamiento de datos discretos, de tal forma que se pueda obtener mayor información tanto cualitativa como cuantitativa utilizando la estimación de Kernel.

Objetivos particulares del método

- 1.– Obtener un ancho de bin personalizado para cada muestra.
- 2.– Demostrar la pérdida o ganancia de información utilizando la Teoría de Información (Entropía de Shannon).
- 3.– Validar la información usando el Test de Kolmogórov-Smirnov.

Actualmente se ha venido observando fenómenos caóticos que con la implementación de métodos heurísticos comparado con métodos matemáticos, se dificulta predecir comportamientos para la toma de decisiones en diferentes áreas del conocimiento.

## 2. Método y caso aplicativo

Para fines de este trabajo se utiliza como herramienta de visualización el histograma. Los histogramas son funciones discontinuas. La herramienta para el análisis de los datos será la estimación de Kernel que fue introducido Rosenblatt (1956) y Parzen (1962) y han recibido una considerable atención a los estimadores no paramétricos de densidad de probabilidad para series de tiempo [4], en donde resulta ser una solución para la estimación continua de un histograma.

Cuando se trabaja con datos y se asume un determinado modelo estadístico, existen procedimientos para aceptar o rechazar el modelo, con cierto grado de incertidumbre; podemos recurrir a criterios lógicos o simplemente pragmáticos.

Para realizar este trabajo se utilizaron los resultados de las muestras obtenidas para analizar un depósito de sedimento en cuanto a su morfología y características físicas. Dentro de las muestras se cuantificó utilizando el método de intersección de Rosiwal el diámetro de las rocas. De este modo el geólogo que es el especialista en esta rama sugiere que con esas medidas se pueda observar la concentración o dispersión de dichas rocas y con su posición actual comparar en un futuro la morfología del depósito.

Siguiendo un criterio puramente lógico, por otro lado se define una distancia entre los parámetros de un modelo estadístico (en este caso densidades por ejemplo) cumpliendo ciertas condiciones razonables, de modo que aparece de forma natural la entropía de Shannon.

En este trabajo la entropía de Shannon también será un criterio para medir la eficiencia del modelo (Ver Tabla 1).

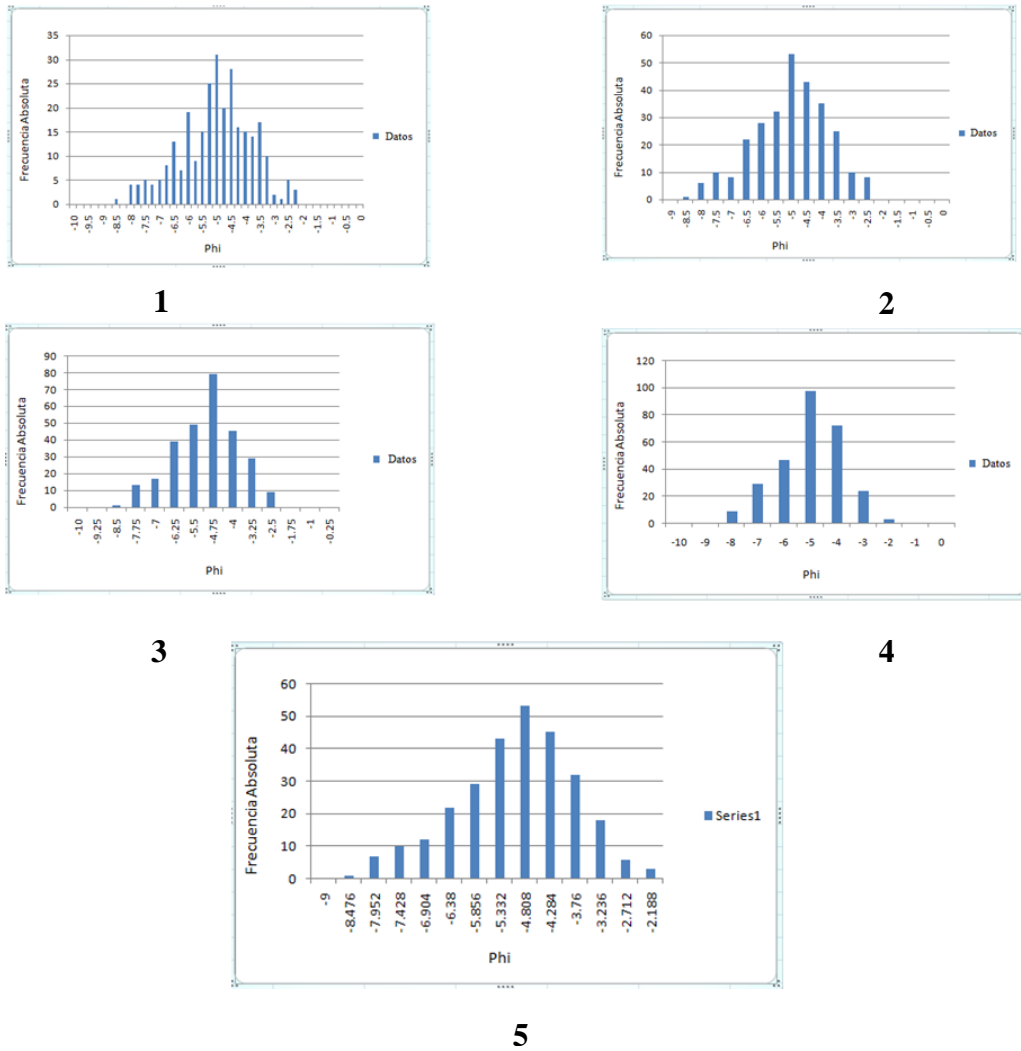
<b>Muestra</b>	<b>Diferencia máxima entre la entropía y el histograma sin Kernel de las muestras</b>
M0003	0.06720
M0004	0.04872
M0009	0.05347
M0011	0.05283
M0015	0.05872
M0018	0.06792
M0019	0.05964
M0024	0.06245
M0025	0.04642
M0032	0.04889
M0035	0.04480
M0037	0.08251
M0041	0.05185
M0044	0.06243
M0046	0.06685
M0047	0.05280
M0050	0.05146
M0052	0.04427

**Tabla 1.-** Muestra la diferencia máxima entre la entropía de Shannon y el histograma sin Kernel.

### 3. Resultados

Suponiendo que tiene que analizar un conjunto de datos de un depósito de flujo de escombros en un área delimitada en San Luis Potosí. Dichos datos son el diámetro de las

rocas. En primera instancia el geólogo pretende obtener la mayor información posible, sin embargo se visualiza que entre más pequeño es el ancho de bin, aparecen más modas, pero por otro lado se pierde información al utilizar ancho de bin de 0.5, 0.75 y 1 [6].



**Figura 1.-** La distribución 1 corresponde al ancho de bin de 0.25, la segunda a 0.50 la tercera a 0.75, la cuarta a 1 y la quinta se calculó con ancho de bin personalizado con un valor de 0.5240.

En la Figura 1, la distribución 5 se observa la diferencia entre los anchos de bin que usó el geólogo y el bin propuesto en este trabajo.

A continuación se muestran los anchos de bin obtenidos con los datos de las muestras del depósito de rocas.

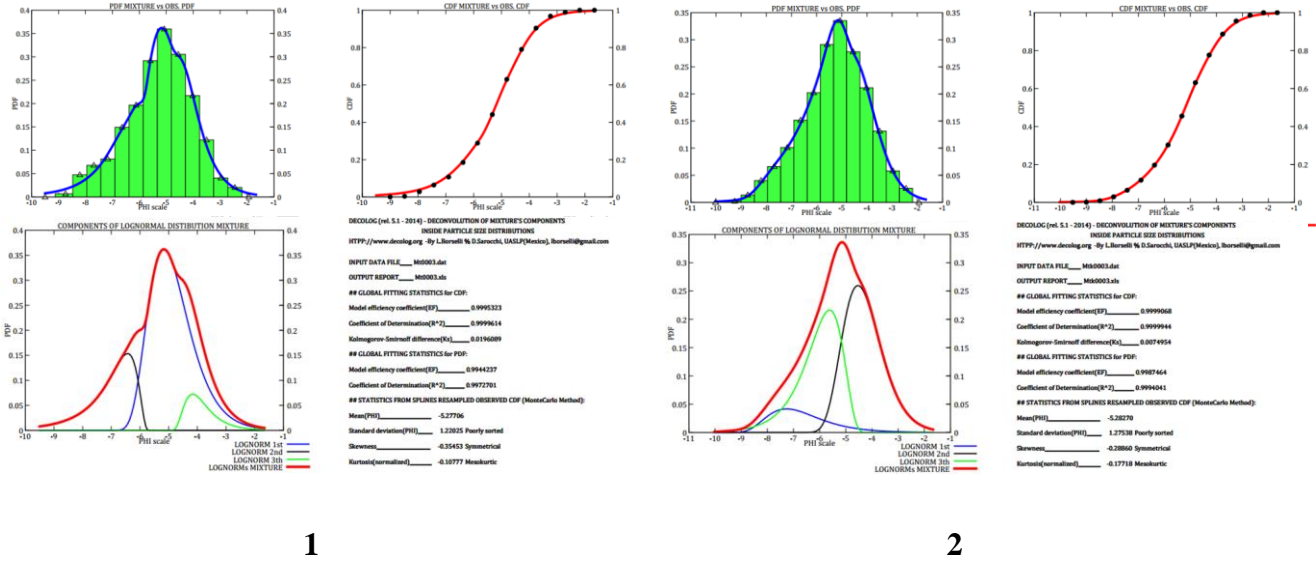
Numero de Muestra	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,phimin,phimax,steps)$	Ancho de Banda óptimo	Resultado Test de Kolmogórov-Smirnov
M0003	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9,-2,[0.05:.001:1])$	0.5240	0.0714
M0004	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-10,-3,[0.05:.001:1])$	0.3360	0.0952
M0009	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9,0,[0.05:.001:1])$	0.6870	0.0769
M0011	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9.5,-2,[0.05:.001:1])$	0.5160	0.0667
M0015	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9,-3,[0.05:.001:1])$	0.4780	0.0667
M0018	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-10,-2,[0.05:.001:1])$	0.7210	0.1000
M0019	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9,-2,[0.05:.001:1])$	0.5710	0.0769
M0024	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9,-2.5,[0.05:.001:1])$	0.4630	0.0667
M0025	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9,-2.5,[0.05:.001:1])$	0.4710	0.0714
M0032	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9.5,-1.5,[0.05:.001:1])$	0.7720	0.0909
M0035	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-8.5,-1,[0.05:.001:1])$	0.6260	0.0833
M0037	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-11,-2,[0.05:.001:1])$	0.6250	0.0833
M0041	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9.5,-3,[0.05:.001:1])$	0.6070	0.0909
M0044	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-10,-0,[0.05:.001:1])$	0.8250	0.0769
M0046	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-10,-2,[0.05:.001:1])$	0.8080	0.1000
M0047	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9.5,-3,[0.05:.001:1])$	0.5500	0.0833
M0050	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9,-2,[0.05:.001:1])$	0.6000	0.0833
M0052	$[a,b,optphi,dife]=anchodebanda(x,-9,-1.5,[0.05:.001:1])$	0.0909	0.0787

**Tabla 2** Se visualiza los diferentes anchos de bin para cada muestra con el método propuesto en este trabajo.

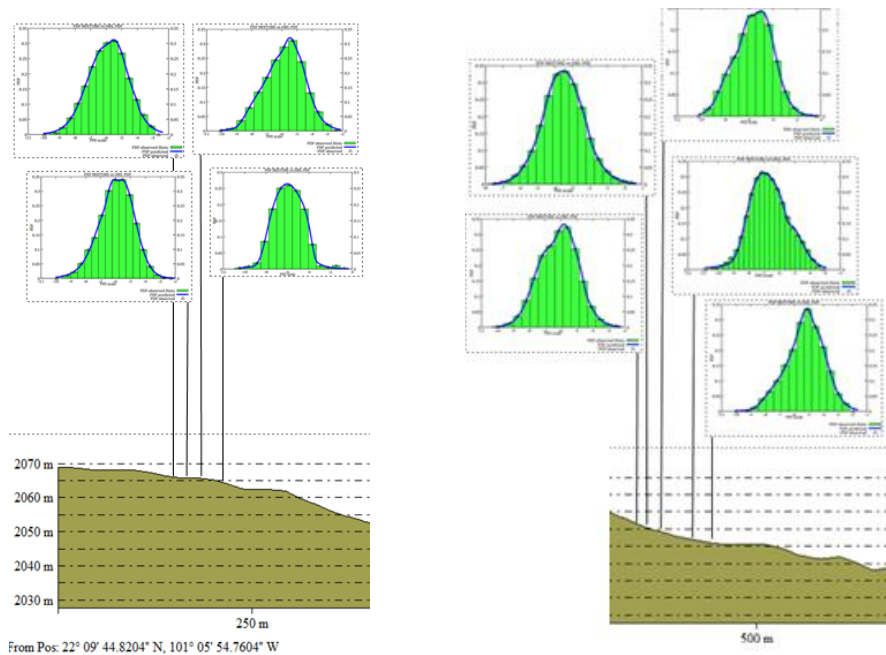
El test de Kolmogórov-Smirnov se utiliza como prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste entre la distribución con el ancho de bin propuesto en este trabajo y la distribución usando la entropía de Shannon (Ver Tabla 2).

Muestra	Número de datos	Test de Kolmogórov-Smirnov del histograma con ancho de bin personalizado	Test de Kolmogórov-Smirnov del histograma de densidad de Kernel con ancho de bin personalizado
M0003	281	0.0196089	0.0074954
M0004	180	0.0508785	0.0131471
M0009	303	0.0267919	0.0111684
M0011	614	0.0114390	0.0022671
M0015	309	0.0070604	0.0027111
M0018	261	0.0584591	0.0064221
M0019	440	0.0179237	0.0061904
M0024	326	0.0231141	0.0078664
M0025	259	0.0354217	0.0099706
M0032	258	0.0105814	0.0143452
M0035	267	0.0078935	0.0053063
M0037	205	0.0144139	0.0022295
M0041	277	0.0147551	0.0108268
M0044	449	0.0161349	0.0021035
M0046	281	0.0095966	0.0150991
M0047	303	0.0136268	0.0129752
M0050	354	0.0139128	0.0038347
M0052	441	0.0143547	0.0071734

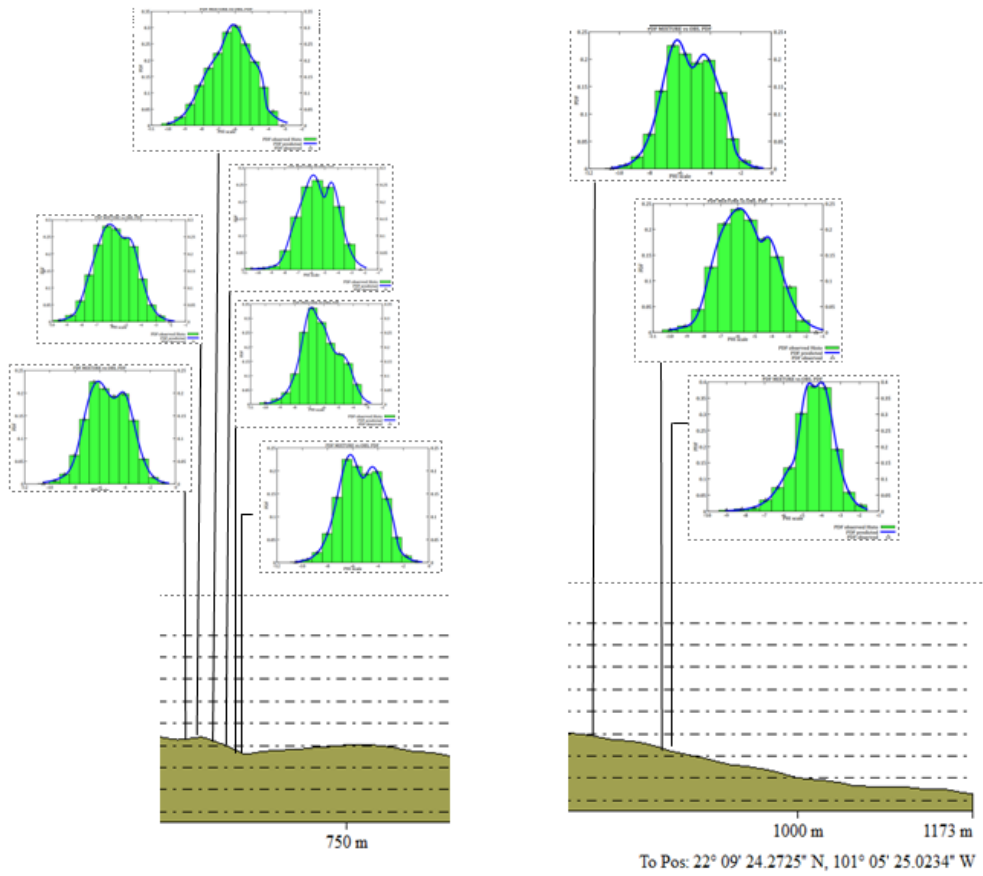
**Tabla 3** Se visualiza las diferencias utilizando el Test de Kolmogorov– Smirnov con y sin Kernel.



**Gráfica 1.**-Traslación de datos discretos a continuos usando el ancho de bin propuesto sin la estimación de Kernel, **Gráfico 2** .-Lo mismo que la primera pero con estimación Kernel, para su elaboración se utilizó Software Decolog 5.6.1 que se puede consultar de acuerdo a [7].



**Figura 2.** Resultado de la primera parte de las muestras usando el ancho de bin en este trabajo y su representación gráfica aplicado densidad de kernel.



**Figura 3.** Resultado de la segunda parte de las muestras usando el ancho de bin en este trabajo y su representación gráfica aplicado densidad de kernel.

A continuación se muestra el Pseudocódigo para obtener el ancho de bin propuesto en este trabajo.

#### PSEUDOCÓDIGO

```

Proceso Ancho_de_bin_personalizado
  mostrar "Inserte los datos de su muestra (mínimo
100) "
  leer x;
  escribir
"[histx,pt]=hist(x,phimínimo:[0.05:0.001:1]:phimáximo)";
  escribir
"[histk,r]=kdensity(x,phimínimo:[0.05:0.001:1]:phimáximo) "
;
  escribir "histx=histx/max(histx)";
  escribir "histk=histk/max(histk)";
  escribir "[h,p,ks2stat]=kstest2(histx,histk)";
  escribir "a(i)","Este es el valor de ancho de bin
personalizado";
  escribir "b(i)" ,"Este es el valor del test de
Kolmogorov-Smirnov";
  escribir "[dife,ll]=min(b)","posición del vector en
b";
  escribir "optphi=a(ll)","posición del vector a";
  escribir "repetir a partir del paso 4 hasta el 7";
  escribir "bar(pt,histx)";
  escribir "plot(pt,histk) "
FinProceso

```

#### 4. Conclusión

Esta metodología se puede reproducir en otras áreas y es de interés comparar resultados con trabajos similares. Se debe tomar en cuenta que para utilizar esta propuesta se necesita mínimo cien datos por muestra (Ver PSEUDOCÓDIGO).

Se obtuvo de la traslación de usar el histograma sin densidad de kernel con respecto a introducirla una mejor visualización de los datos de manera cualitativa y además cuantitativamente usando el Test de Kolmogorov-Smirnov donde se pudo notar que fue muy poca la diferencia la distorsión de ajuste.

Por otro lado para cada muestra se obtuvo un ancho de bin diferente y por lo tanto la tendencia de los datos no fue simétrica sino más bien para cada muestra se genera una tendencia positiva o negativa; en el caso de la Gráfica 1 y 2 la tendencia de los datos es positiva.

En la Figura 2 y 3 se puede observar los resultados de los análisis de todas las muestras y su respectiva gráfica que son diferentes tanto la concentración como dispersión del tamaño de diámetro de las rocas. En este sentido las rocas más grandes se encontraron en la primera parte y cerca del centro, mientras que las rocas más pequeñas como por ejemplo sedimento de arena la concentración se encontró en la segunda parte casi al final del depósito estudiado.

Esta metodología ha sido aceptada para continuar reforzándola en la línea de investigación “Connecting the Discrete and the Continuous: Model Generation, from Rule Models to Equational Models” con el Dr. Hector Zenil Co-líder del Laboratorio de Dinámica Algorítmica en el Instituto Karolinska en Estocolmo, Suecia [5]. La idea es que se realicen pruebas usando la Dinámica de Información Algorítmica como una aproximación computacional causal. En este contexto se pretende encontrar la probabilidad algorítmica de Solomonoff-Levin conectado con la complejidad algorítmica de Kolmogórov-Chaitin. Entre mayor sea la probabilidad algorítmica menor será la complejidad algorítmica, de este modo esta teoría permite formular nuevas predicciones a cualquier sistema, lo que implica mayor información de los datos analizados.

### Referencias

- [1] Ozelim, L. C. D. S. M., Cavalcante, A. L. B., & Borges, L. P. D. F. (2012). Continuum versus discrete: a physically interpretable general rule for cellular automata by means of modular arithmetic. arXiv preprint arXiv:1206.2556.
- [2] Mandelbrot, B. B. (1982). The fractal geometry of nature (Vol. 1). New York: WH freeman.

- [3] Galindo Huerta, A. (2018). Algoritmos de clasificación para datasets desequilibrados: análisis y comparativa.
- [4] Lake, D. (2009). Nonparametric entropy estimation using kernel densities. En M. L. Johnson, & L. Brand (Edits.), *Methods in Enzymology, Computer Methods, Parte B* (Vol. 467, pág. 531). United States of America: Elsevier
- [5] Zenil, H., Kiani, N. A., Marabita, F., Deng, Y., Elias, S., Schmidt, A., ... & Tegner, J. (2018). An Algorithmic Information Calculus for Causal Discovery and Reprogramming Systems. Available at SSRN 3193409.
- [6] Barcenas C.M. (2015). Desarrollo de una metodología estadística para el análisis sedimentológico de depósitos de flujos de escombros: aplicaciones en el área de San Luis Potosí.
- [7] Página Web– Decolog 5.6.1 <https://www.lorenzo-borselli.eu/decolog/>



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
Instituto Tecnológico de San Luis Potosí



**“CON TECNOLOGÍA Y ESPÍRITU UNA PATRIA FORJARÉ”®**