

Prototipo mecatrónico para medir actividad óptica.

Mechatronic prototype for optical activity measuring.

Brian Alexis Zepeda Rojas (1).
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
brian.alex_zero@hotmail.com

Sergio Mendoza Vázquez (2). Universidad Autónoma de Chiapas/Facultad de Ciencias en Físicas y Matemáticas.
smendoza@unach.mx

Jorge Luis Camas Anzueto (3). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
jcamas@ittg.edu.mx

Héctor Guerra Crespo (4). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
hguerra@ittg.edu.mx

Salomón Velasco Bermúdez (5). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
svelasco@ittg.edu.mx

Artículo recibido en noviembre 12, 2018; aceptado en diciembre 04, 2018.

Resumen.

En este artículo se reporta la construcción de un prototipo, que permita observar la existencia de actividad óptica en líquidos como el agua azucarada, esto con el fin de estudiar distintos tipos de mezclas y observar su dependencia en función de la rotación de la polarización de la luz LASER. Este prototipo incluye un cristal que polariza la luz y su movimiento de rotación. Está automatizado a través de la programación de un arduino que controle el movimiento del polarizador a un mínimo de 1°. Se presentan resultados de actividad óptica de agua con azúcar.

Palabras clave: Mecatrónica, óptica, prototipo.

Abstract.

This article reports a prototype's construction which allows to observe the existence of optical activity in liquids such as sugar water, in order to study different types of mixtures and observe their LASER light's polarization rotation dependency. This prototype includes a crystal which polarizes light. Its rotation movement is automated through an arduino card's programming that controls the movement of the polarizer to a minimum of 1 degree. Results of optical activity of sugar water are presented.

Keywords: Mechatronics, optics, prototype.

1. Introducción.

Cuando un haz de luz polarizada linealmente se hace incidir sobre determinadas sustancias cristalinas, por ejemplo el cuarzo, la luz que atraviesa el cristal sigue polarizada linealmente pero el nuevo plano de vibración del campo eléctrico, ha girado un cierto ángulo respecto al plano inicial. Las sustancias que producen un giro del plano de polarización de la luz se denominan ópticamente activas.

La propiedad anterior no es privativa de ciertas sustancias cristalinas, existen sustancias químicas que en disolución, por ejemplo acuosa, pueden desviar el plano de polarización de la luz. El ángulo de desviación que presenta una disolución depende de la naturaleza del soluto, la longitud de disolución que atraviese la luz, la concentración de la disolución, la longitud de onda de la luz monocromática utilizada. Cabe mencionar que la luz polarizada plana que pasa a través de las soluciones de algunos compuestos orgánicos e inorgánicos ejerce un efecto de rotación, la cual, la cantidad y la dirección de rotación puede ser determinada con un polarímetro y un espectropolarímetro (Kumar et al., 2015).

Por consiguiente, la actividad óptica natural es una estructura molecular o cristalina quiral (entregada) que surge cuando la estructura tiene una simetría suficientemente baja que no es superponible en su imagen de espejo (Barron, 2009). Esto ha generado interés en investigar aplicaciones, tales como la investigación de la actividad óptica vibracional la cual lo describe Nafie (2011) y Yanan et al. (2011).

Por otra parte, Cortez et al. (2016), propuso como aplicación la medición de la actividad óptica para medición de la sacarosa, con la finalidad de construir un glucómetro. Ellos realizaron la medición de los parámetros de Stokes, presentando cambios en la elipticidad relacionándolo con la absorción del medio.

Otro interesante punto de vista son los procesos ópticos no lineales de moléculas quirales en soluciones y superficies. Esto se debe a que los fenómenos de actividad óptica natural convencional dependen linealmente de la intensidad del campo eléctrico del campo óptico, sin embargo, los procesos ópticos que son no lineales (cuadráticos, cúbicos y de cuarta linealidad) son funciones de la intensidad del campo electromagnético que pueden probar centros ópticamente activos y vibraciones quirales (Fischer & Hache, 2005).

En este artículo se propone un diseño mecánico automatizado para controlar el número de paso de un motor a paso con la finalidad de obtener la medición de la rotación de la luz polarizada cuando éste atraviesa un medio que presenta actividad óptica. El prototipo mecatrónico fue programado a través de la utilización de dos arduinos en serie para proceder a realizar el control del movimiento angular del motor a paso. Se presentan resultados de la actividad óptica.

2. Métodos.

Para llevar a cabo el prototipo automatizado, es necesario la programación para el uso eficiente del arduino y generar los movimientos angulares controlados. Para ello, se utilizó una lógica simple, es decir, al accionar un switch de presión el motor a pasos realizaría dos vueltas, es decir, giraría 720° grados, con la finalidad de observar la polarización de la luz láser. Dada esta condición, se procedió a utilizar dos arduinos (UNO). En el primer arduino se programó el encendido y el apagado de las bobinas del motor acorde a la secuencia de arranque, para que se encuentre protegido con la etapa de potencia. En el segundo arduino se programó el tiempo de duración que tarda enclavado el pulso del switch de presión, el cual, el primer arduino lo tomará como una señal de entrada.

Durante la programación se realizaron pruebas de potencia con la finalidad de ir observando el comportamiento del motor, además de visualizar la capacidad de mover todo el sistema de engranes, sin embargo, el amperaje del arduino no era suficiente para lograr el movimiento, por lo que se acopló una fuente externa, como un eliminador de voltaje cuyo voltaje y corriente es de 5V/2A cumpliendo con las necesidades para lograr el movimiento del motor con el engranaje sin problema alguno. En la figura 1 se presenta el código de la programación del arduino número 1 y el arduino número 2.

a) Primer arduino.

```

BRIN
const int buttonPin = 2; // the number of the pushbutton pin
const int ledPin = 13;
int buttonState = 0;
const int buttonPin2 = 3;
int buttonState2 = 0;

void setup() {
  // initialize digital pin 13 as an output.
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  // initialize the pushbutton pin as an input:
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  pinMode(buttonPin2, INPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {

  // read the state of the pushbutton value:
  buttonState = digitalRead(buttonPin);
  buttonState2 = digitalRead(buttonPin2);
  if (buttonState == HIGH)
  {
    digitalWrite(7, HIGH);
  }
}

```

```

BRIN
delay (50);

digitalWrite(7, LOW);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(5, HIGH);
digitalWrite(4, HIGH);
delay (50);
digitalWrite(7, LOW);
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(5, HIGH);
digitalWrite(4, LOW);
delay(50);
digitalWrite(7, HIGH);
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(4, LOW);
delay (50);
}
else
{ digitalWrite(7, LOW);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(4, LOW);
}
}

```

b) Segundo arduino.

```

BRIN $
// constants won't change. They're used here to
// set pin numbers:
const int buttonPin = 4; // the number of the pushbutton pin
const int ledPin = 13; // the number of the LED pin

// variables will change:
int buttonState = 0; // variable for reading the pushbutton

void setup() {
  // initialize the LED pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  // initialize the pushbutton pin as an input:
  pinMode(buttonPin, INPUT);
}

void loop() {
  // read the state of the pushbutton value:
  buttonState = digitalRead(buttonPin);

  // check if the pushbutton is pressed.
  // if it is, the buttonState is HIGH:
  if (buttonState == HIGH) {
    // turn LED on:
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(34000);
    digitalWrite(ledPin, LOW);
  }
}

```

Figura 1. a) Código de programación de arduino número uno, b) código de la programación del arduino número 2.

3. Desarrollo.

La actividad óptica se puede entender como una birrefringencia circular, fenómeno en el que un material presenta doble índice de refracción a la luz circularmente polarizada. A este fenómeno se le llama birrefringencia o doble refracción la cual es una propiedad óptica de ciertos cuerpos que consiste en desdoblarse un rayo de luz incidente en dos rayos linealmente polarizados de manera perpendicular entre sí. Cuando un compuesto ópticamente activo rota la luz

polarizada en el sentido de las agujas del reloj, se dice que es dextrógiro y se representa por (+). Las sustancias que rotan la luz en sentido contrario a las agujas del reloj, son levógiros y se representa por (-).

Para probar el prototipo mecatrónico de rotación de polarizadores, se procedió a caracterizar la actividad óptica de un líquido común y fácil de preparar como lo es el agua de azúcar. La preparación de las muestras se llevó a cabo con 100 ml. de agua destilada a temperatura ambiente (21 °C), mezclándolo con dosis de 20 gr de azúcar, experimentando muestras de 1 a 5 dosis. La solución agua/azúcar se deposita en un pequeño contenedor de plástico transparente de 25x10 cm por lado, permitiendo que la luz viaje a través del material, a la misma distancia. La luz es detectada en el polarímetro sensible al infrarrojo cercano (700-1000 nm), el cual permite medir la variación de la polarización de la luz en función a la cantidad de azúcar mezclada con agua destilada. En la figura se presenta el arreglo experimental que se utilizó para verificar el funcionamiento del prototipo mecatrónico. Se utilizó un láser He-Ne con emisión en el rojo. En una configuración lineal, se hace viajar la luz a través de una solución de agua/azúcar colocada en un contenedor transparente, cuyo material no presenta actividad óptica (Figura 2). A distintas concentraciones de azúcar en agua. Se evalúa la rotación en el plano de polarización de la luz mediante el uso de este sistema. Se comienza analizando la luz de láser directamente con el sistema para conocer sus características de polarización y descartar efectos causados externamente, técnicamente obtenemos la ley de Malus. Se coloca en el recipiente sólo agua destilada y se verifica que no haya ningún cambio en el ángulo de polarización.

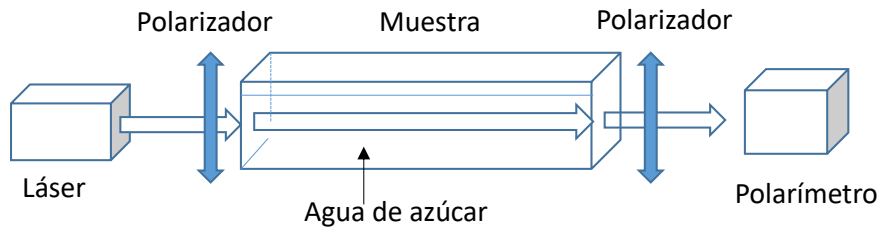


Figura 2. Arreglo experimental de la caracterización de la actividad óptica de agua con azúcar.

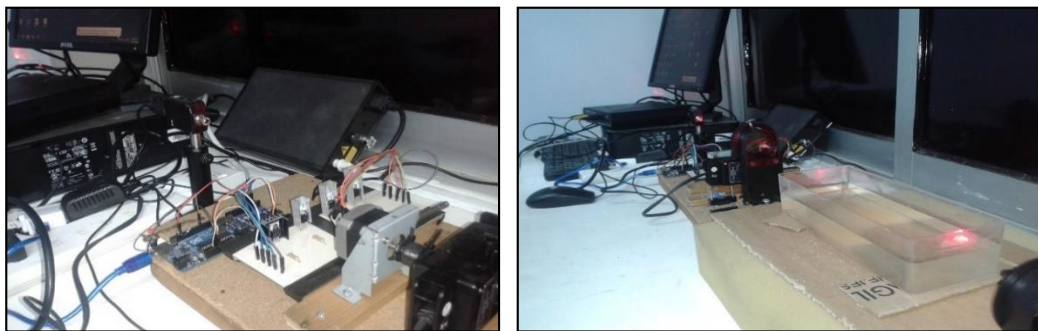


Figura 3. A) Imagen de la Conexión del arduino al motor a paso que controla el movimiento del polarizador, b) Imagen de la luz que atraviesa el medio activo.

Para probar el sistema, se hizo pasar el láser He-Ne de 30 mW de potencia, sólo por el polarizador, es decir, sin el medio activo, como se muestra en la figura 3 b), en esta prueba, lo que debemos encontrar es la ley de Malus, indicada en la siguiente ecuación:

$I = I_0 \cos^2 \theta$	1
-------------------------	---

Donde I es la intensidad de salida, I_0 es la intensidad de luz de entrada la cual es de 30 mW y θ es el ángulo en que va rotando el polarizador o analizador, que es el que está controlado a través de este sistema y esta calibrado para que de dos vueltas completas, es decir, $\theta = 720^\circ$. Esto se muestra en las gráficas de la figura 4.

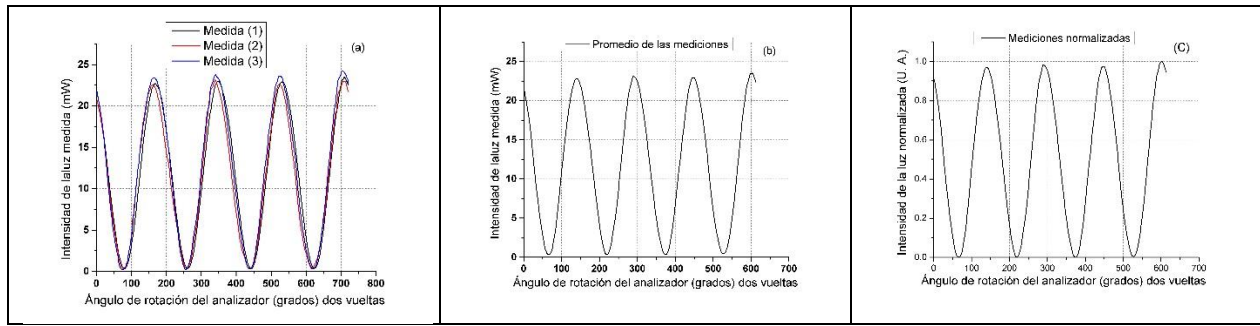


Figura 4. a) Ley de Malus experimental, b) promedio, c) normalizada.

En la figura 4 a), se muestra las medidas tomadas por el sistema, como mencionamos es la ley de Malus, se tomaron tres mediciones para ver la repetibilidad de las mediciones del sistema, en la figura 4b), se hace un promedio de estas mediciones, esto para minimizar los errores de medición y en la figura 4c), se muestra la normalización que se hace a estas gráficas, esto se hace porque no vamos a ver los cambios de intensidad, ya que estos serán distintos debido a la dispersión de la luz que habrá cuando ésta atraviese cada sustancia a la cual se medirá la actividad óptica, ya que esta actividad se manifiesta como un corrimiento de fase de la señal de salida, como se verá más adelante cuando se hagan las mediciones para agua con azúcar.

Retomando nuevamente la figura 3b), ahora hacemos pasar la luz del láser en un medio distinto al aire, colocamos ahora agua, sabemos por la amplia literatura en este sentido, que el agua sola no presenta actividad óptica, por lo tanto eso debemos esperar. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 5.

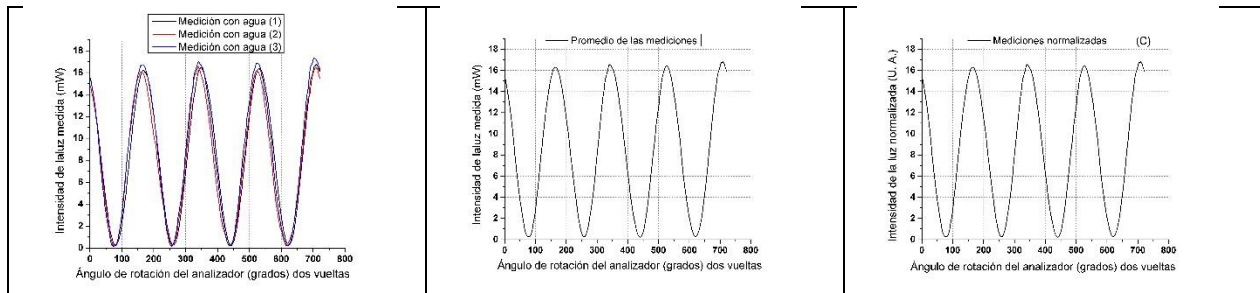


Figura 5. a) Ley de Malus experimental, b) promedio, c) normalizada.

En la figura 5^a, se muestra tres mediciones para ver nuevamente la repetibilidad y la única diferencia que observamos entre estos resultados y cuando no tiene agua el sistema es una menor intensidad de detección, esto ya lo habíamos dicho, que se debe a la dispersión de la luz en el agua. El resto de las figuras 5b) y 5c) es el mismo procedimiento hecho en la figura 4b) y 4c), que es un promedio y una normalización. Este procedimiento se hará en las siguientes mediciones cuando se vaya agregando azúcar al agua y ver qué sucede con las gráficas de salida.

Para esto se tomaron muestras de 1 a 5 dosis de azúcar, cada una de 20 hasta 100 gr disueltas en 500 ml de agua destilada.

Se realizaron 5 mediciones para cada muestra de azúcar se promediaron y se normalizaron finalmente se colocan en una sola gráfica para observar el corrimiento que haya tenido debido a la actividad óptica.

Además, se notaron cambios en la graficas en función al incremento de la cantidad de azúcar, es decir, entre más azúcar se iba agregando, el agua azucarada se iba saturando, hasta llegar a un nivel de saturación que impedía el paso de la luz. Esto indica cierta absorción del medio; y dado que esto es independiente de la rotación óptica, se pudieron sintetizar los resultados en la rotación del ángulo acimutal. La sacarosa mostró en todo momento comportamiento dextrógiro.

En la muestra al 100% saturada, la luz presentaba una polarización a un ángulo acimutal a 50° , con lo que se muestra la actividad óptica que presenta el agua con azúcar. Esto se muestra en la figura 6.

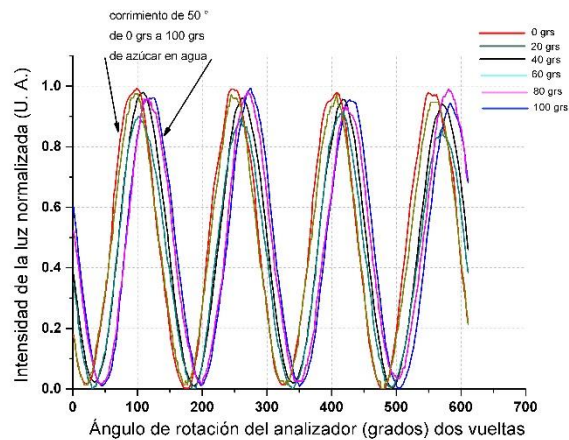


Figura 6. Actividad óptica mostrada por azúcar disuelta en agua.

En esta figura se muestra como a través de un sistema simple podemos analizar el fenómeno de actividad óptica, otro método puede ser usando un polarímetro, pero estos dispositivos tienen un costo muy alto, hasta 100 o 200 veces más que este prototipo.

Conclusiones.

Con este proyecto de investigación se pretende realizar más estudios sobre la actividad óptica que se presenta en distintos fluidos como el agua con diferentes contaminantes como es el cloro, jabón líquido, y otros más. Durante este periodo de residencia profesional se logró hacer dos tipos de experimentos uno de ellos es el de la mezcla sal-agua donde se llegó a la conclusión que ese tipo de medio no existe actividad óptica, después se hizo el estudio con el azúcar-agua donde se obtuvieron resultados favorables ya que en este tipo de medio si hay actividad óptica, con esto se comprobó varios puntos en cuestión de la realización del proyecto donde se observó que tiene una funcionalidad favorable a el prototipo del mismo modo un paso más en el estudio de contaminantes en distintos tipos de fluidos, para iniciar se realiza en el agua. Finalmente, al evaluarse muestras simples de soluciones de agua con contenido de azúcar, concluimos que se pudo observar que la rotación del plano de polarización es un efecto muy sensible e instantáneo, y si presenta actividad óptica.

Todo esto con ayuda de la electrónica con el fin de automatizar todo el sistema de medición, así es como se llevó a cabo todo el procedimiento de la construcción y la investigación de la actividad óptica en medios líquidos como el agua.

Créditos.

Al Tecnológico Nacional de México por financiamiento parcial de éste proyecto, con número 6360.17-P.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a la facultad de Ciencias en física y Matemáticas por haber facilitado los equipos de óptica para lograr en buen término el proyecto.

Referencias Bibliográficas.

- Cortez-González, Luis; Selvas-Aguilar, Romeo; Castillo-Guzmán, Arturo; Ceballos-Herrera, Daniel**, *Medición de la actividad óptica de la sacarosa para la construcción de un glucómetro*, Acta Universitaria, 26:1, 117-19, 2016. ISSN: 0188-6266.
- D. Hanumes h. Kumar, C.Nagaraja, K. Muralidhara Reddy, L. Uma Chandi**, *A Review on the measurement of optical activity: Polarimetry and Spectropolarimetry*, International Journal of Advanced Research in Electrical, 4:11, 9241-9245, 2015. ISSN (Print): 2320 – 3765, ISSN (Online): 2278 – 8875.
- Laurence D. Barron**, *Molecular Light Scattering and Optical Activity*. Editorial Cambridge University Press, ISBN: 0521813417. 2009.
- Laurence E. Nafie**, *Vibrational Optical Activity*, Applied Spectroscopy, 50:5,14A-26A, 1996.
- Laurence E. Nafie**, *Vibrational Optical Activity: Principles and Applications*. Editorial John Wiley & Sons, Ltd. SBN: 978-0-470-03248-0. 2011.
- Peer Fischer and Francois Hache**, *Nonlinear Optical Spectroscopy of Chiral Molecules: A Review*, Chirality 17, 421–437 (2005).
- Yanan He, Bo Wang, Rina K. Dukor, Laurence D. Nafie**, *Determination of Absolute Configuration of Chiral Molecules Using Vibrational Optical Activity: A Review*, 65:7, 699-723, 2011.

Información de los autores.



Brian Alexis Zepeda Rojas nació el 20 de julio de 1993, en Ixhuateán, Chiapas, México, estudió en la escuela primaria Justo Sierra Méndez, la secundaria técnica #83, y el bachillerato en COBACH plantel 76 representando a dicho plantel en ciencia y conocimiento en física general. Graduado de la Carrera en Ingeniería Electrónica 2017, la residencia profesional la desarrolló en el laboratorio de óptica de la Facultad de Ciencias en Física y Matemáticas de la UNACH. Su área de interés es electrónica, mecatrónica, optoelectrónica.



Sergio Mendoza Vázquez graduado como Ingeniero en Electrónica 1996 por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). En 2006 Investigador de la Benemérita Universidad Autónoma

de Puebla (BUAP). Actualmente docente-investigador en la Licenciatura en Física y Matemáticas en el CEFyMAP de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Su área de interés es optoelectrónica, fibras ópticas, comunicaciones y óptica no lineal.



Jorge Luis Camas Anzueto es graduado como Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, Miembro honorífico del Sistema Estatal de Investigadores. Actualmente docente-investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y de la carrera en Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Sensores ópticos, sensores de fibra óptica, optoelectrónica y optomecatrónica.



Héctor Guerra Crespo es Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 2011. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y en el área de Licenciatura en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Chiapas, en ambas desde 1995. www.hectorguerracrespo.com



Salomón Velasco Bermúdez es graduado como Ingeniero en electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe del Departamento de Actividades Extraescolares en el periodo comprendido de Enero-2010 a Septiembre-2016, colaboró con el Departamento de Ciencias Básicas en donde impartió las asignaturas de Probabilidad y Estadística, Álgebra Lineal, Métodos Numéricos y Fundamentos de Física. Actualmente es Jefe del Departamento de Servicios Escolares y docente de la carrera Ingeniería Electrónica. Su área de interés es el diseño de sistemas electrónicos y sus aplicaciones.