

Control de un sistema optomecánico de un polarizador óptico.

Control of an optomechanic system of an optical polarizer.

Nohely Isabel De la Cruz Vázquez (1).

Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Chiapas, México.
nehiky_16@hotmail.com.

Jorge Luis Camas Anzueto (2), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, jcamas@ittg.edu.mx.

Madaín Pérez Patricio (3), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, madperez@hotmail.com.

Héctor Ricardo Hernández de León (4), I. T. de Tuxtla Gutiérrez. hhernandezd@ittg.edu.mx.

Rafael Mota Grajales (5), I. T. de Tuxtla Gutiérrez. rmota@ittg.edu.mx.

Salomón Velasco Bermudez (6), I. T. de Tuxtla Gutiérrez. svelasco@ittg.edu.mx.

Artículo recibido en octubre 31, 2017; aceptado en diciembre 07, 2017.

Resumen.

En este trabajo se presenta la construcción de un prototipo optomecánico con la finalidad de girar con el movimiento de un motor a paso un polarizador de luz. Este sistema alineaba dos polarizadores: uno se encontraba fijo y el otro con movimiento. El sistema optomecánico alineaba a un láser de modo que permita ver la cantidad de luz que traspase conforme al movimiento del giro del polarizador con movimiento de 0 a 90 grados. La interface de usuario permitió obtener datos en tiempo real y graficarlos.

Palabras clave: Control de polarizador, Programación de sistemas optomecánicos, Mecatrónica

Abstract.

In this work, we present the construction of an optomechanic prototype with the objective of rotate with a step motor a lighth polarizer. This system align two polarizers: one fix, and the other with angular movement. Also, the optomechanic system was align with a laser, which allows the incidence lighth on the polarizer according to the its rotation from 0 to 90 grades. The user interface was designed to obtain dates in real time, then graph.

Keywords: Polarizer control, programming optomechanic system, mechatronic.

1. Introducción.

Dentro de la óptica, es necesario tener arreglos experimentales alineados y controlados con la ayuda de la mecatrónica para obtener resultados físicos importantes y confiables. Para ello, uno de ellos es el prototipo de robot cartesiano que permite realizar movimientos controlados por un PC, de acuerdo a una matriz de coordenadas ingresada. En este caso, se llevó a cabo la construcción de las tarjetas para el control de los motores de pasos, para entender sin necesidad de utilizar microcontroladores y de programarlos (Washington, 2005). Es importante mencionar que dentro de las aplicaciones de la optomecánica y la optomecatrónica es necesario manipular la forma en que viaja la luz hacia un objetivo, entender el proceso de interacción luz-materia y detectar los cambios que se

producen de dicha interacción. Uno de los parámetros de importancia que producen cambios al interactuar la luz con algún objeto en particular es la polarización. La luz puede polarizarse cuando se hace pasar a través de un polarizador lineal, el cual transmite selectivamente luz que tiene su plano de polarización paralelo al eje de transmisión del polarizador. La luz que tiene su plano de polarización perpendicular al eje de transmisión que queda bloqueada. (Juárez, 2000). Un sistema de control automático para un mocromador óptico del tipo Mini-chrom fue diseñado y construido capaz de obtener el espectro de una señal de luz, realizando barridos desde una longitud de onda menor hasta otra longitud de onda mayor, de manera automatizada. Esto se logra registrando las intensidades de luz en cada longitud de onda por la que atraviesa durante este proceso, y guardándolos en un archivo de texto para ser analizados a futuro (Saquimux, 2005). Se desarrolló y fabricó mecanismos autónomos, implementados con un sistema de control, para que permita interactuar con el entorno de una forma confiable y controlada (Budines, 2007). Para iniciar el desarrollo del instrumento estimador de torque en tiempo real, primero se efectúa un estudio teórico sobre los motores paso-a-paso, el cual deriva a un modelo no-lineal del comportamiento electromecánico del mismo. Con este modelo se encontró que la relación corriente-torque, piedra angular para el desarrollo del instrumento deseado, era dependiente además de la posición angular del rotor (Delgado, 2012). En el presente trabajo se diseñó un sistema optomecánico, para controlar el movimiento angular de un polarizador. La polarización que se obtuvo fue lineal y se llevó a cabo el diseño de una interfaz de usuario para almacenar la información y graficar los resultados de caracterizar el comportamiento de la luz polarizada.

2. Métodos.

Los pasos que se propusieron para llevar a cabo el diseño de control de mecanismo fueron: diseñar un dispositivo optomecatrónico donde debe ir incluido la fuente de luz, polarizadores, foto detector y la base en la cual debe de estar contenida la muestra a analizar. Debido a la existencia de polarizadores lineales y circulares, es necesario definir el tipo de polarizador a utilizar. La forma de caracterizar es hacer incidir la luz al polarizador y rotar angularmente para observar los máximos y mínimos. En este caso se diseñó el sistema mecánico que contendrá uno de los polarizadores. A este polarizador se le llama sistema optomecánico de detección y que debe tener un movimiento angular. La rotación angular del sistema mecánico u opto mecánico que contiene el polarizador, debe estar automatizado para que el movimiento angular sea constante. Cabe mencionar que la mejor opción en este tipo de aplicación es rotar con el menor Angulo de rotación en el orden de 0.1 grados. El solo hecho de obtener movimientos pequeños angulares hace complejo un sistema de movimiento. La caracterización del movimiento angular se obtiene con la programación del sistema de automatización, ya que se obtendrá una curva de la potencia a la salida del polarizador como función del movimiento angular.

Solidwork es un software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una filial de Dassault Systèmes, S.A. (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

En la figura 1 se presenta un diseño de SolidWorks, llamado coplee que se acomodó en el motor a pasos y va acoplado con un sistema de engranes a la banda con la finalidad de hacer girar el polarizador, además se encuentra la base de la banda que va hasta abajo del ensamble y es el número 3 de pieza del engranaje para que pueda girar la rueda donde va el polarizador.



Figura 1. Coplee.

En la figura 2 se presenta un diseño tipo herradura, que es la que sostiene una rueda de engranaje que se introduce el polarizador, la cual consiste de un juego de engranaje formado por 3 piezas.



Figura 2. Herradura modelo para sujeción de polarizador.

En la figura 3 se presenta el ensamble del sistema optomecánico donde se encuentra sujetado con la herradura y el juego de engranaje que nos sostiene la rueda metida con el polarizador como se ve en la imagen.

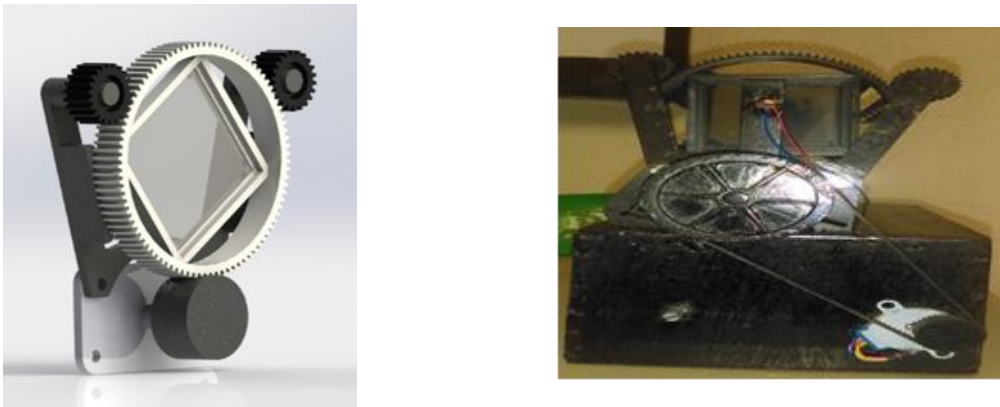


Figura 3. Ensamble de los 3 engranes de movimiento angular.

2.1 Diagrama a bloques.

En la figura 4 se muestra el diagrama a bloques donde se observa el funcionamiento del sistema óptico, con todos los componentes que lo integran, así como la interfaz gráfica visualizada en la computadora.

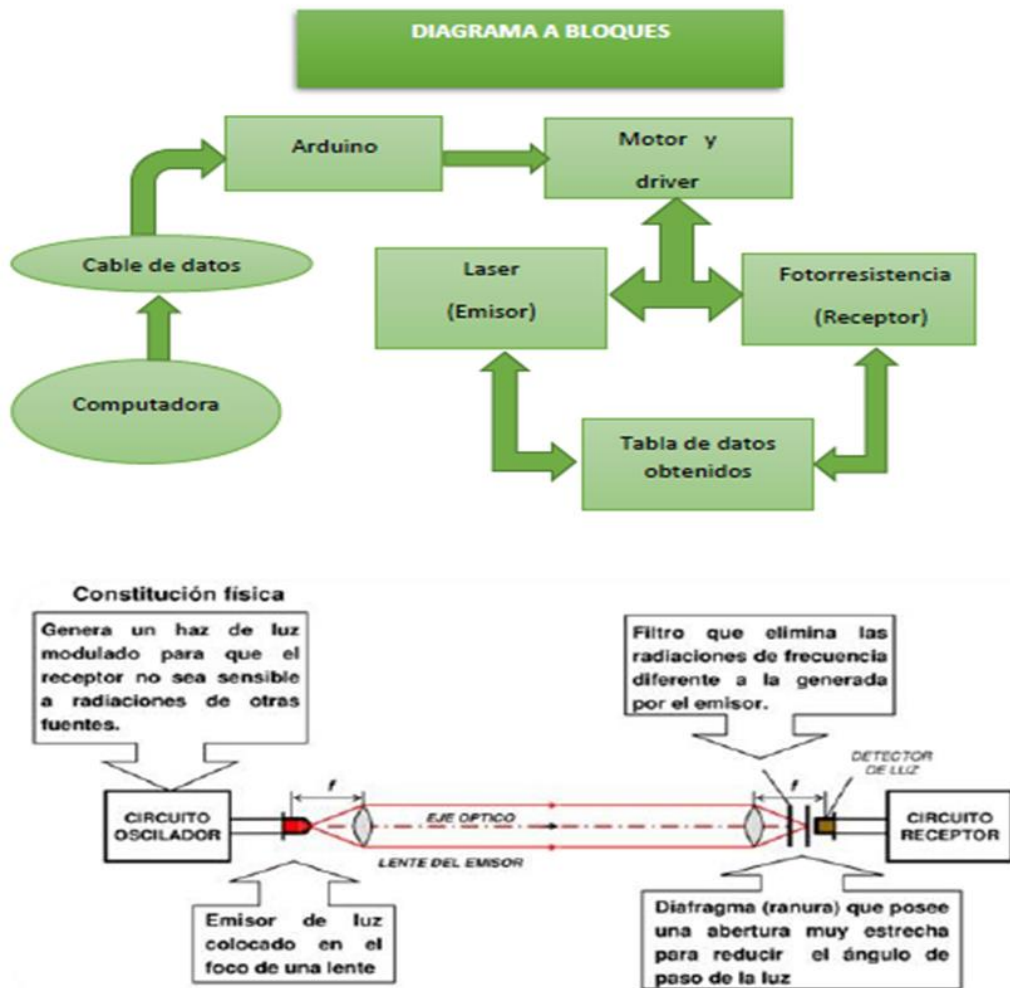


Figura 4. Diagrama a bloques.

El algoritmo 1 presenta la programación del sistema de control de forma resumida. En este algoritmo incluye cada uno de los dispositivos que contribuyen al movimiento del polarizador.

Algoritmo 1. Programación del sistema de control resumido.

/ Motor Paso a Paso ajustado a grados y velocidad.*

Arduino Driver ULN200

- 8 IN1
- 9 IN2
- 10 IN3
- 11 IN4 */

```
int retardo=5;           // Tiempo de retardo en milisegundos (velocidad del motor)
int dato_rx;           // Valor recibido en grados
int numero_pasos = 0;  // Valor en grados donde se encuentra el motor
```

```

String leeCadena;           // Almacena la cadena de datos recibida
int motorSpeed = 0;        // Variable to set stepper speed
int potPin = 2;           // Potentiometer connected to A2
int potValue = 0;         // Variable to read A0 input
const int sensorLuz = A1;
int luminosidadMedia;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);      // Inicializamos el puerto serie a 9600 baudios
  pinMode(11, OUTPUT);    // Pin 11 conectar a IN4
  pinMode(10, OUTPUT);   // Pin 10 conectar a IN3
  pinMode(9, OUTPUT);    // Pin 9 conectar a IN2
  pinMode(8, OUTPUT);    // Pin 8 conectar a IN1
  pinMode(sensorLuz, INPUT);
}

void loop()
{
  while (Serial.available()) // Leer el valor enviado por el puerto serial
  {
    delay(retardo);
    char c = Serial.read(); // Lee los caracteres
    leeCadena += c;        // Convierte caracteres a cadena de caracteres
  }
  if (leeCadena.length()>0)
  {
    dato_rx = leeCadena.toInt(); // Convierte cadena de caracteres a enteros
    //motorSpeed = leeCadena.toInt();
    Serial.print(dato_rx);      // Envia valor en Grados
    Serial.println(" Grados");
    delay(retardo);
    dato_rx = (dato_rx * 1.422222222); // Ajuste de 512 vueltas a los 360 grados
  }
  while (dato_rx>numero_pasos) // Giro hacia la izquierda en grados
  {
    paso_izq();
    numero_pasos = numero_pasos + 1;
  }

  while (dato_rx<numero_pasos) // Giro hacia la derecha en grados
  {
    paso_der();
    numero_pasos = numero_pasos -1;
  }

  leeCadena = ""; // Inicializamos la cadena de caracteres recibidos
  apagado();     // Apagado del Motor para que no se caliente

  ..
  ..
  ..

} //////////////////////////////////////////////////// Fin del Loop //////////////////////////////////////

```

```

void paso_der()    // Pasos a la derecha
{
  const int sensorLuz = A1;
  float luminosidad;

  luminosidad = analogRead(A1);
  luminosidad = (luminosidad * 100) / 1023;
  digitalWrite(11, LOW);
  digitalWrite(10, LOW);
  digitalWrite(9, HIGH);
  digitalWrite(8, HIGH);
  Serial.print(luminosidad);
  ..
  ..
  ..
}

void paso_izq()   // Pasos a la izquierda
{
  const int sensorLuz = A1;
  float luminosidad;

  luminosidad = analogRead(A1);
  luminosidad = (luminosidad * 100) / 1023;
  digitalWrite(11, HIGH);
  digitalWrite(10, HIGH);
  digitalWrite(9, LOW);
  digitalWrite(8, LOW);
  Serial.print(luminosidad);
  ..
  ..
  ..
}

void apagado()    // Apagado del Motor
{
  digitalWrite(11, LOW);
  digitalWrite(10, LOW);
  digitalWrite(9, LOW);
  digitalWrite(8, LOW);
}

```

3. Resultados.

La forma en que inicia el proceso de caracterización del polarizador, el motor debe de estar programado en 90°. De esta manera se abre el puerto serial y se le agrega 680 que equivale a los 90°, obteniendo un movimiento del polarizador. En el puerto serial es adquirida la información es para ir observando el comportamiento de la intensidad de luz a través de la generación de la fotocorriente generada por una fotorresistencia.

En este caso para poder hacer otras pruebas después de que allá terminado su giro de 0 a 90° se tiene que estabilizar a su movimiento real es decir se le agrega el 0 donde hace lo contrario de 90° a 0°.

En dado caso de que se llegue a olvidar de regresar a 0° no servirá la siguiente prueba, ya que al darle los 680°=90° lo tomará como un error porque el movimiento hará lo contrario marcara de 90° a 0° y todos los resultados comenzaran de 0 % de intensidad de luz hasta llegar a la intensidad máxima de luz que se esté captando al momento.

Se presenta los datos obtenidos de la intensidad de luz en función al movimiento angular de uno de los polarizadores. Como se puede ver en la figura 5 la variación de la intensidad en función al movimiento angular que se le va ejerciendo al polarizador. Cabe mencionar que dicho movimiento fue controlado por un sistema electrónico donde se observa el intervalo de 0 a 1000. Estos valores representan el número de paso de que se le ejerce al motor. Estos valores corresponden 1° a 46 números de pasos.

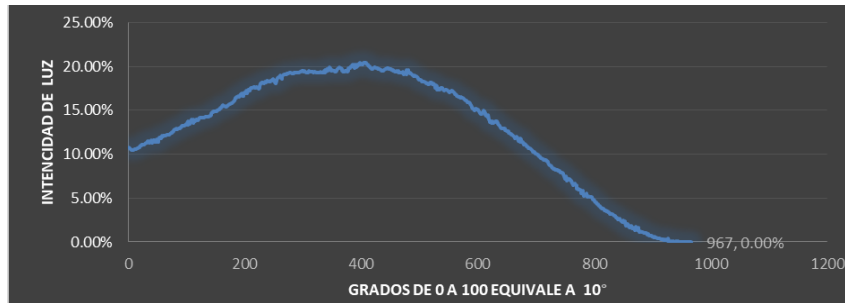


Figura 5. Caracterización con número de pasos de 46.

En las siguientes tres gráficas podemos observar de como se ve la intensidad de luz dependiendo de cada grado que va rotando es decir de 0° a 90.

En la figura 6 el color azul y amarillo se muestra captando la intensidad de luz hablando del estado luz ambiental y naranja y amarillo es cuando le toca la claridad del día. Como se puede observar la gran diferencia que hay entre estas gráficas como en el caso azul y amarillo cuando están en 0° esta en 26.69% de intensidad de luz es precisamente el mismo porcentaje, y respecto a la gráfica rojo y morado si hay una diferencia de intensidad de luz, como se observa la diferencia en este caso cuando el rojo esta en 0° la intensidad de luz es de 15.25%, mientras que la gráfica morada cuando está en 0° es de 15.93% la intensidad de luz.

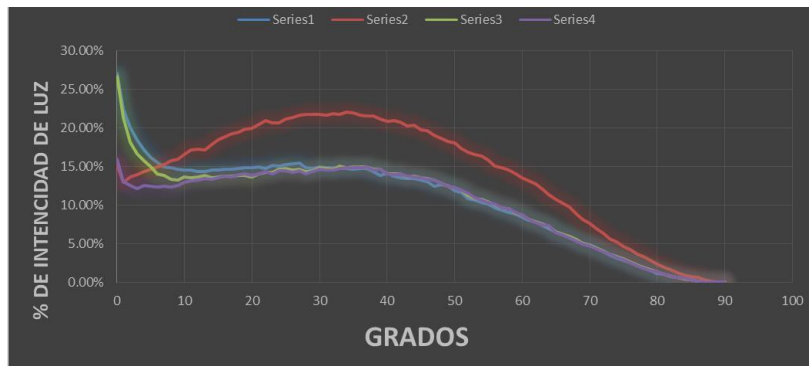


Figura 6. Comparación de los resultados obtenidos a diferentes números de pasos.

En la figura 7 se ve un gran cambio a la gráficas anteriores es decir en esta grafica se ve la diferencia de la gráfica roja marcada como serie 2, se puede ver que cuando está en 0° la intensidad de luz es de 26.98%, y hace muchos bajones a diferencias de la gráfica azul y amarilla, en el caso de la gráfica azul cuando está en 0° la intensidad de luz

es de 28.45%, la intensidad es más alto, pero en el caso de la gráfica amarilla la intensidad de luz es más bajo a diferencias de los otros, cuando está en 0° la intensidad de luz es de 22.58%.

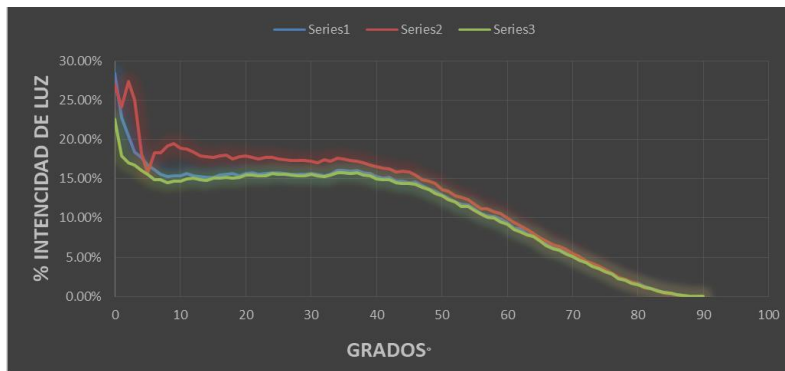


Figura 7. Comparación de los resultados cuando se empieza a calibrar.

En la figura 8 se ve el comportamiento de cada gráfica y la diferencia que hay entre cada una de ellas es mínima en este caso la gráfica azul cuando está en 0° la intensidad de luz es de 31.96%, la gráfica amarilla cuando está en 0° es de 28.64% la intensidad de luz, la gráfica morada cuando está en 0° la intensidad de luz es de 23.85%, y la gráfica roja cuando está en 0° la intensidad de luz es de 22.39%.

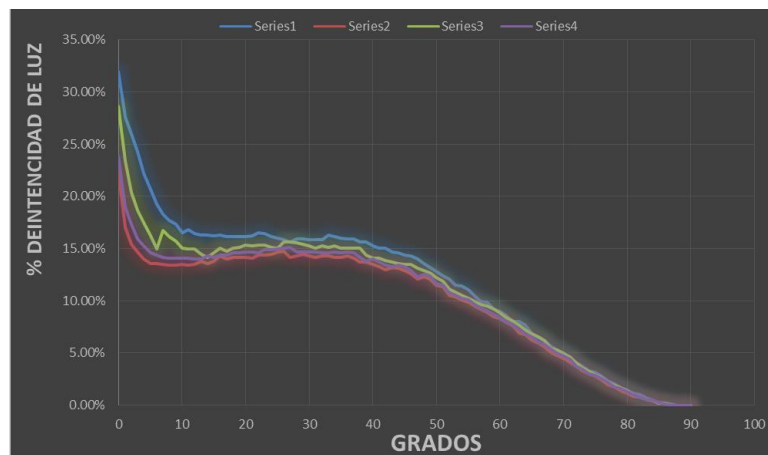


Figura 8. Comparación obtenida finalmente calibrada.

Conclusiones.

En conclusión este proyecto fue realizado con sistemas ópticos que necesitan de un bien sistema de alineación. Este sistema de alineación se construyó con material ABS proveniente de una impresora 3D. El movimiento angular propuesta desde los objetivos fue obtenido, sin embargo nos crea un problema a resolver en un futuro de mejorar el movimiento de la banda que ejerce el movimiento del engranaje para reducir el movimiento angular a 0,1 grados, ya que éste presenta pequeños saltos a la hora de ejecutar. El polarizador incrustado en el diseño fue simple con un diseño de sujeción fuerte para que el movimiento angular no afectase su alineación. Finalmente, que los resultados presentados en el capítulo 4, fueron satisfactorios ya que se ve como la intensidad del láser va disminuyendo en función al movimiento angular de un máximo de 90° a un mínimo de 0° dependiendo del movimiento que hace se ve el comportamiento de la intensidad de luz como incremento y decremento.

Créditos.

Al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por financiamiento parcial de éste proyecto, con número 6360.17-P.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a la carrera de Ingeniería Electrónica y a la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por el apoyo otorgado en la realización de éste proyecto.

Referencias Bibliográficas.

Budines Lara Rodrigo. (2007). *Diseño y simulación de un instrumento para la estimación de torque de un motor paso a paso.* Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Eléctrica, 5460., 2007.

Delgado Miranda Fabián. (2012). *Automatización de un taladro fresador.* Master's thesis, Universidad de Santiago de Chile Facultad de Ciencia Departamento de Física, 60-65.

Juárez Reyes Antonio. (2000). *Diseño y automatización de un monocromador óptico.* Master's thesis, Universidad la Salle Cuernavaca, 63-65.

Saquimux Batz Cesar. (2005). *Diseño y construcción de un brazo robótico.* Master's thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniera Escuela de Ingeniera en Ciencias y Sistemas, 100-110.

Washington Jiménez Brito. (2005). *Diseño, construcción y control de un prototipo de corte en el plano horizontal con motores de pasos, controlados por pc.* Escuela Politécnica del Ejército, 7075.

Información de los autores.



Nohely Isabel De la Cruz Vázquez, Graduada como Ingeniero en electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Realizó su residencia profesional en el laboratorio de optomecatrónica de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica. Actualmente labora en la empresa Soluciones Estratégicas en el desarrollo de software y publicidad. Su área de interés es electrónica, optoelectrónica y optomecatrónica.



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). Es 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, Doctorado en Ciencias de la Ingeniería y de la carrera Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Sensores ópticos, sensores de fibra óptica, optoelectrónica y optomecatrónica.



Madain Pérez Patricio es graduado como Doctor en Ciencias en Automatización y Computación Industrial en 2005, por la Universidad de Ciencias y Tecnologías de Lille, Francia. Investigador y Docente desde 1997 en el Departamento de Posgrado y la Carrera en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés incluye visión por computadora y computación reconfigurables.



Héctor Ricardo Hernández de León es graduado como Ingeniero En Electrónica por el Instituto Politécnico Nacional, Doctorado en Ciencias en Sistemas Automatizados por el Instituto de Ciencias Aplicadas INSA-Toulouse-Francia. Actualmente investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y la Carrera de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Control Inteligente y diagnóstico de fallas en plantas de agua potable.



Rafael Mota Grajales es graduado como Ingeniero Industrial Eléctrico por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por el Instituto Tecnológico de la Laguna y Candidato a Doctor en Control Industrial por la Universidad Claude Bernard, Lyon 1, Lyon, Francia. Su área de interés es aplicaciones industriales, automatización e instrumentación de procesos y control automático.



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 impartiendo las asignaturas de Probabilidad y Estadística, Algebra 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.