

Prototipo optomecatrónico para controlar microdesplazamiento con aplicación en procesamiento de fibras ópticas.

Optomechatronic prototype to controlling micro-displacement with application in optical fiber processing.

Oscar Emmanuel Aguilar Vera (1).
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
emmanuel_av1307@hotmail.com.

Joel Gómez Pérez (2), Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez,
jgomezp@ittg.edu.mx.

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

Madaín Pérez Patricio (4), Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez,
mperez@ittg.edu.mx.

Rubén Grajales Coutiño (5), Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez,
rubngc@hotmail.com.

Sergio Mendoza Vázquez (6), Universidad Autónoma de Chiapas/Facultad de Física y Matemáticas
smendoza@unach.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en abril 29, 2019; aceptado en junio 10, 2019.

Resumen.

Se propone un prototipo optomecatrónico con un sistema de control de desplazamiento micrométrico para procesar fibras ópticas. El sistema contiene un sujetador de fibra óptica que también sirve como base deslizable. Este prototipo utiliza una interfaz de usuario donde puede programar el tiempo en que va a tardar el desplazamiento de una fibra óptica, además de controlar el periodo de longitud lineal a desplazar. Todas las variables previamente descritas son introducidas a un ordenador con la ayuda de una interfaz gráfica de usuario. La comunicación entre el ordenador y el sistema embebido es por medio de cableado por puerto serial.

Palabras clave: microdesplazamiento, optomecatrónica, fibra óptica

Abstract.

In this work, an optomechatronic prototype with a control system of micrometric displacement for processing optical fiber is presented. It consists of a fiber clamp, which also is used as a sliding base. User interface was designed for programming the displacement time of the optical fiber, and for controlling the displacement linear length period. In this User interface was introduced. All parameters previously described were entered into a computer together with

a graphical user interface. The communication between the computer and the embedded system was through serial port wiring.

Keywords: microdisplacement, optomechatronic, optical fiber.

1. Introducción.

En 1978 Hill y colaboradores descubrieron el fenómeno de fotosensibilidad en fibras ópticas de silicio dopado con germanio, en ese mismo año B.S. Kawaasaki y K.O. Hill aprovecharon el efecto de fotosensibilidad para la fabricación de rejillas de Bragg con la ayuda de un láser de argón a partir de esto se empezaron a desarrollar nuevos métodos para fabricar rejillas de Bragg, en 1989 G. Meltz y colaboradores utilizan el método holográfico" y en 1993 K.O. Hill utiliza la técnica de "máscara de fase".

Estos métodos tenían la desventaja de utilizar el fenómeno de difracción para la fabricación lo que implicaba tener sofisticado equipo óptico, pero en 1996 Ashish M. Vengsarkar fabrica rejillas de periodo largo por el método de "máscara de amplitud", técnica que sirvió para el desarrollo de otros métodos de punto por punto.

En 1998 D.D. Davis y colaboradores proponen la inscripción de rejillas de periodo largo por métodos de pulsos de un láser CO2 que es una de las técnicas de punto por punto más utilizadas hoy en día y 2000 se presenta la inscripción de LPFG por la técnica de grabado por "métodos mecánicos" por S. Savin.

Los principales métodos de fabricación de RPL son por radiación UV, laser CO2, presión mecánica y por medio de arco eléctrico. El método de radiación UV fue utilizado por L. Zhang et al en aprovechando un sistema de barrido, con el que aplicaba pulsos UV a lo largo de determinada longitud de la fibra, este ya es considerado un método "punto por punto", en su sistema utilizo una lente telescópica y un obturador controlable por computadora. D.D. Davis et al propone un nuevo método para la fabricación de rejillas que también se convierte en uno de los métodos más populares para la fabricación de RPL, mediante pulsos de láser CO2 altera el índice del núcleo generan las rejillas de periodo largo, como característica este método no provoca micro estrechamientos en el diámetro de la fibra. Casi a la par se presenta el método de grabado por arco eléctrico por Sandra G. Kosinski et al, esta técnica se base en modulaciones periódicas en la fibra gracias a la descarga de un arco eléctrico producido por un par de electrodos, la generación de alto voltaje es producida por una empalmadora comercial remplazando los sujetadores por un elemento motorizado que permite la traslación de la fibra en los electrodos. El movimiento de la fibra y la corriente de entrada es controlada por computadora y un analizador de espectro óptico para monitorear la el espectro de transmisión que se produce. Y S. Savin utiliza presión mecánica aprovechando el efecto fotoelástico para fabricar RPL, el método consiste en dos placas una plana y la otra ranurada (estas darán el periodo de la rejilla), la fibra se coloca en medio de las dos placas y se aplica presión teniendo como resultado las rejillas de periodo largo. Como característica en este método las rejillas pierden su efecto cuando la presión es retirada.

En 2013 Sheng Chyan Lee y colaboradores hicieron uso de una bobina de encendido (Bosch 30KW, 12V) y un par de electrodos (ER-10) para generar el arco eléctrico, generando rejillas en fibras SM 750 con longitudes de onda de resonancia en rango de 900 a 1000 nm. J.C. Hernández-García en 2010 que con el fin de ahorrar hasta un 80% en costos en fabricación de LPFG en comparación a las fabricadas con empalmadoras, en su trabajo nos muestra que el diseña su propio circuito de alto voltaje con el que genera un arco eléctrico, controlado desde un ordenador por medio de LabView obteniendo LPFG con un periodo de 510 nm. con una longitud de resonancia de aproximadamente 1490 nm y comprobó que entre mayor sea el número de descargas aplicadas a la fibra mayor es la profundidad de modulación.

2. Construcción del prototipo.

El mecanismo constó de un motor a pasos, con una resolución de 1.8 grados por paso, acoplado a un tornillo si fin para convertir el movimiento angular a movimiento lineal, una base para fibra óptica que se desplaza junto al

tornillo. Se seleccionaron distintos componentes mecánicos y electrónicos que tienen diferentes fines en la máquina, como la transformación de movimiento angular a lineal, soporte de otros elementos de la máquina, elementos de guía, actuadores para generar movimiento, controladores del actuador, transformador para generar alto voltaje, entre otros.

En el caso de los elementos mecánicos se buscaron elementos mecánicos que generan movimiento lineal fino, elementos de guía para que el movimiento siga una trayectoria fija y un actuador que genere el movimiento. Como elementos electrónicos se necesitaron controladores para el elemento motor, estos controladores sirven para manipular la precisión del movimiento lineal. También se hizo uso de un generador de alto voltaje para la generación de un arco eléctrico. Y por último seleccionar el Sistema embebido con el que se controló el sistema.

Una vez seleccionados los elementos mecánicos (de movimiento, sujeción, guía, rodamientos) con la ayuda de un software CAD se propuso un diseño para el sistema de micro movimiento, que incluyó los elementos seleccionados, y tener planos de ensamblaje del sistema. Este diseño debe consideró: a) Un sistema de sujeción de fibra óptica, b) Un elemento que desplace ya sea a la fibra o al arco eléctrico según sea la decisión más práctica, c) Los elementos de guía para el elemento a desplazar y su libre movimiento, d) El actuador que genera el movimiento.

Una vez diseñado y contando con las piezas se construyó el prototipo y se realizaron distintas pruebas para confirmar que la relación de movimiento lineal fue la correcta. Con el sistema optomecatrónico ensamblado, fue necesario controlar el movimiento lineal desde un ordenador por el usuario, la programación se aplicó a un sistema embebido, donde a partir de los datos de entrada se le enviaron las señales a los actuadores para que automáticamente calcule la operación que le corresponda realizar. Se realizaron las diferentes pruebas en el sistema optomecatrónico, con parámetros ya comprobados en la literatura, al recrear las condiciones de los experimentos se obtuvieron resultados parecidos y validaron el mecanismo. La figura 1 muestra una comparación entre el diseño en un software de programación de diseño asistido por computadora (CAD) y el sistema físico, en la figura 1b se muestra el sistema mecánico físico hasta el momento, teniendo pendiente el mecanismo de sujeción de fibra óptica.

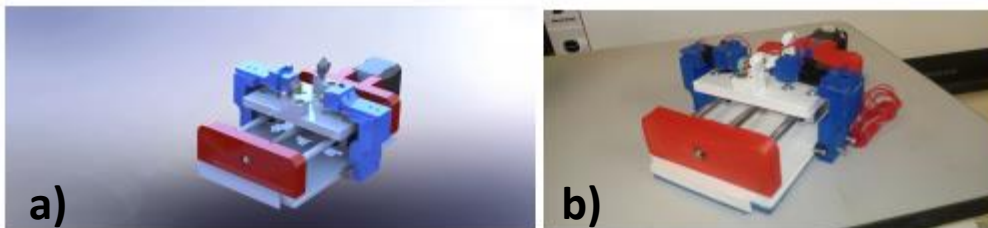


Figura 1. a) Diseño en SolidWorks, b) Diseño del prototipo real.

Para controlar el actuador haremos uso del driver A4988, con instrucciones que las recibirá desde el sistema embebido, que para nuestro caso fue un Arduino, La figura 2 presenta la conexión del dispositivo.

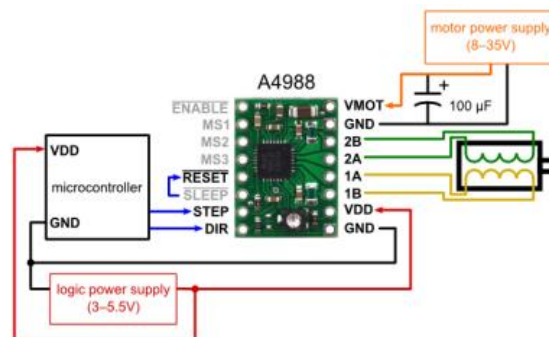


Figura 2. Diagrama del circuito del driver A4988.

En la conexión observamos como los dos pines de la parte superior derecho son los que se encargan de alimentar al motor, nosotros lo alimentaremos a 12 V, también el diagrama nos indica que hay que conectar un capacitor de 100 μ F los 4 siguientes pines (2A, 2B, 1A y 1B) son los que se conectan a las bobinas del motor y las dos de abajo son las que alimentan al driver, tomados desde los 5 volts del arduino, del lados inferior izquierdo tenemos los pines STEP τ "DIR" que son los encargados de los números de pasos y dirección respectivamente, estos van conectados a dos de los pines digitales del arduino que les darán las instrucciones, en caso de los pasos cada ".alto.enviado" será un paso a desplazarse y en caso de la dirección un .alto.es girar a un lado y un "bajo" girar al otro lado, dependiendo de la conexión de las bobinas, y finalmente se hace un puente entre los dos pines de arriba RESET τ "SLEEP". Los siguientes pines (MS1, MS2 y MS3) son para activar los micropasos. En la tabla 1 se muestra como activarlos dependiendo si se desea medio, cuarto, octavo y dieciseisavo de paso.

Tabla 1. Configuración de paos del driver A4988.

MS1	MS2	MS3	Resolución de microstep
Bajo	Bajo	Bajo	Paso completo
Alto	Bajo	Bajo	Medio paso
Bajo	Alto	Bajo	Cuarto de paso
Alto	Alto	Bajo	Octavo de paso
Alto	Alto	Alto	Dieciseisavo

Acorde a la aplicación fue necesario con trabajar en paso completo, ya que nos proporcionó un movimiento lineal de 40 μ m, entonces se obtuvieron periodos de múltiplos de 40 μ m, sin embargo, si hubiese necesario otro periodo diferente se hubiera utilizado otra configuración.

Para el control tanto del motor a pasos como del arco eléctrico, se utilizó de un arduino, la cual se programa en la IDE un código que realiza una secuencia, en el que el motor se mueve un cierto periodo se detiene y se repite un número de n de veces acorde a la codificación de interés. Todas estas instrucciones como el número de veces a repetir el ciclo y cantidad de pasos a moverse del motor fueron elegidas por el usuario y se realizó un ambiente para introducirlos a través de una interfaz de usuario.

La interfaz de usuario se diseñó en Python, aprovechando las librerías Tkinter que es utilizado en el diseño de interfaces gráficas y la librería pyserial para la comunicación con los puertos seriales y con la finalidad de enviarle mandarle los datos al arduino. La figura 3 se presenta el diseño de la interfaz de usuario que se utilizó para la manipulación del movimiento micrométrico del prototipo optomecatrónico.

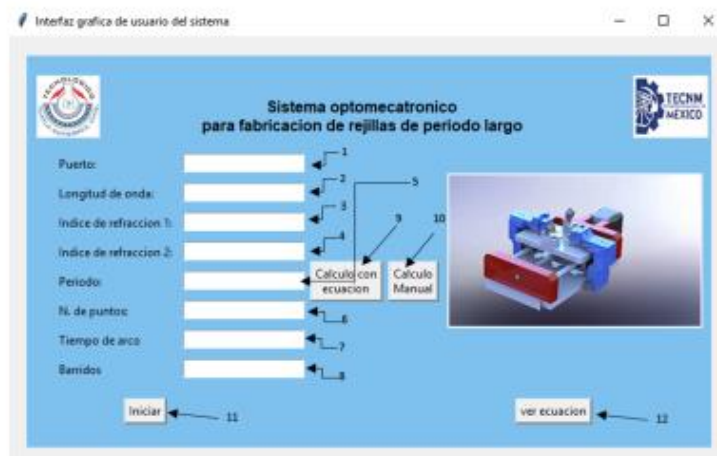


Figura 3. Interfaz Gráfica de usuario.

Cada uno de los campos enumerados se define a continuación:

1. Puerto: el usuario debe introducir el puerto COM en el que se encuentra conectado el Arduino.
2. Longitud de onda: se selecciona la longitud de onda que se desea encontrar siempre y cuando se conozcan los índices efectivos del núcleo y revestimiento para que la interfaz calcule el periodo, de no ser así se recomienda introducir directamente el valor en la etiqueta periodo (marcada con el numero 5).
3. Índice de refracción 1: Se introduce el índice efectivo del núcleo.
4. Índice de refracción 2: Se introduce el índice efectivo del revestimiento.
5. Periodo: en caso de no contar con los datos de los campos 2 a 4, esta etiqueta nos permite introducir directamente el periodo de desplazamiento del sistema.
6. N. de puntos: número de descargas que recibirá la fibra óptica.
7. Tiempo de arco: tiempo de duración de cada una de las descargas.
8. Barridos: idas y vueltas que realizara el mecanismo en ambas direcciones.
9. Cálculo con ecuación: Calcula el periodo utilizando la ecuación 3.44 utilizando la información de los campos 2 a 4 y los imprime en la etiqueta marcada con 5.
10. Calculo Manual: redondea el periodo seleccionado al múltiplo de 40 (resolución del motor) más cercano.
11. Iniciar: Inicio del proceso
12. Ver ecuación de cálculo.

Algoritmo 1. Programación del arduino

```

const int steppin = 9;
const int dirpin = 8;
const int tiempo = 10;
const int rele=11;
int retardo=5;

void setup()
{
  pinMode(steppin,OUTPUT);
  pinMode(dirpin,OUTPUT);
  pinMode(rele,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  String SPuntos;
  int Puntos,periodo,Tiempoarco,repeticiones;
  char c;
  int n=0

  while (Serial.available())
  {
    delay(retardo);
    c = Serial.read();
    SPuntos += c;
  }

  for (int i = 0; i < SPuntos.length(); i++)
  {
    if (SPuntos.substring(i, i+1) == "," && n==0)
    {
      Puntos = SPuntos.substring(0, i).toInt();
      periodo = SPuntos.substring(i+1).toInt();
      n=n+1;
    }
  }
}

```

```

else
  if(SPuntos.substring(i, i+1) == "," && n==1)
  {
    Tiempoarco = SPuntos.substring(i+1).toInt();
    n=n+1;
  }
  else
    if(SPuntos.substring(i, i+1) == "," && n==2)
    {
      repeticiones=SPuntos.substring(i+1).toInt();
      break;
    }
}

digitalWrite(rele,LOW);
delay(2000);

while(SPuntos!=NULL)
{
  for(int j=1;j<=repeticiones;j++)
  {
    if(j %2!=0)
    {
      digitalWrite(dirpin,LOW);
    }
    else
    {
      digitalWrite(dirpin,HIGH);
    }

    for(int i=0; i<Puntos;i++)
    {
      for(int x = 0; x < periodo; x++)
      {
        digitalWrite(steppin,HIGH);
        delay(tiempo);
        digitalWrite(steppin,LOW);
        delay(tiempo);
      }
      delay(1000);
      digitalWrite(rele,HIGH);
      delay(1000*Tiempoarco);
      digitalWrite(rele,LOW) ;
    }
    digitalWrite(steppin,LOW);
    digitalWrite(dirpin,LOW);
    delay(1000);

    while(0==0)
    {
    }
  }
  delay(1000);
}

```

Conclusiones.

Se ha propuesto un prototipo optomecatrónico para procesamiento de fibra óptica. Este dispositivo cuenta con un sistema de desplazamiento micrométrico controlado con una interfaz de usuario, donde se pueden introducir los parámetros deseados para procesar fibra óptica monomodo y multimodo. El mínimo desplazamiento que se obtiene es de 40 μm y la periodicidad y tiempo entre desplazamiento puede ser cambiado por el usuario. El prototipo ha sido diseñado a través del uso del software SolidWorks y las piezas han sido impresas en 3D. El sistema mecánico de desplazamiento ha sido diseñado para que en él se montara un sistema de sujeción de fibra óptica para poder sujetarla sin que se dañe. Finalmente la programación del arduino fue utilizado para poder manejar al sistema mecánico y se desplazara con precisión.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México Por el financiamiento otorgado para llevar a cabo la realización del proyecto con número de registro 6845.18-P, y al CONACYT por otorgar la beca a estudiante de Maestría.

Referencias Bibliográficas.

- A. M. Vengsarkar, P. J. Lemaire, J. B. Judkins, V. Bhatia, T. Erdogan, and J. E. Sipe.** Long-period fiber gratings as band-rejection filters. *Journal of Lightwave Technology*, 14(1):58–65, Jan 1996.
- DD. Davis, TK. Gaylord, EN Glytsis, SG Kosinski, SC Mettler, and AM Vengsarkar.** Long period fibre grating fabrication with focused co/sub 2/laser pulses. *Electronics Letters*, 34(3):302–303, 1998.
- G. Meltz, W. W. Morey, and WH Glenn.** Formation of bragg gratings in optical fibers by a transverse holographic method. *Optics letters*, 14(15):823–825, 1989.
- K.O. Hill, Y Fujii, Derwyn C Johnson, and BS Kawasaki,** Photosensitivity in optical fiber waveguides: Application to reflection filter fabrication. *Applied physics letters*, 32(10):647 -649, 1978.
- K. O. Hill and G. Meltz.** Fiber bragg grating technology fundamentals and overview. *Journal of Lightwave Technology*, 15(8):1263–1276, Aug 1997.
- Kenneth O Hill, B Malo, F Bilodeau, DC Johnson, and J Albert.** Bragg gratings fabricated in monomode photosensitive optical fiber by uv exposure through a phase mask. *Applied Physics Letters*, 62(10):1035–1037, 1993.
- L. Zhang, Y. Liu, L. Everall, J. A. R. Williams, and I. Bennion.** Design and realization of long-period grating devices in conventional and high birefringence fibers and their novel applications as fiber-optic load sensors. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 5(5):1373–1378, Sep 1999.
- S. Savin, MJF Digonnet, GS Kino, and HJ Shaw.** Tunable mechanically induced long period fiber gratings. *Optics letters*, 25(10):710–712, 2000.
- Sandra G Kosinski and Ashish M Vengsarkar.** Splicer-based long-period fiber gratings. In *Optical Fiber Communication Conference and Exhibit, 1998. OFC'98.*, Technical Digest, pages 278-279. IEEE, 1998.
- Sheng Chyan Lee, Yun Thung Yong, Kim Ho Yeap, and F. Abdul Rahman.** An asymmetric tapered long period fiber grating: Fabrication and characterization. In *2013 IEEE 4th International Conference on Photonics (ICP)*, pages 21-24, Oct 2013.

Información de los autores.



Oscar Emmanuel Aguilar Vera, es Ingeniero Mecánico por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2016 y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2019. Es profesor de tiempo parcial en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es el diseño de mecanismo, optomecatrónica y teoría de control.



Joel Gómez Pérez, es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2005 y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2013. Ha colaborado con la Universidad Politécnica de Chiapas en el área de Ingeniería Mecatrónica. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2010 y colaborador de la Universidad del Valle de México desde 2013. Es miembro del Sistema Estatal de Investigadores desde 2011.



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.



Madaín 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.



Rubén Grajales Coutiño tiene la Licenciatura en Ingeniería en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), Maestría y Doctorado en Ciencias con especialidad en Óptica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Posteriormente, realizó una estancia Posdoctoral (2 años) en el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO), es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1, ha publicado 12 artículos de riguroso arbitraje a nivel internacional, más de 20 congresos internacionales. Sus investigaciones están dirigidas en el estudio teórico, numérico y experimental de nuevas arquitecturas de switches ópticos de fibra, en particular interferómetros de Sagnac para el procesamiento digital todo-óptico, la caracterización de trenes de pulsos ópticos ultracortos y el amarre de modos pasivo y desarrollo de láseres de fibra dopada continuos y pulsados ajustables y a múltiples longitudes de onda. Actualmente imparte clases en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



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.