

Diseño e Implementación de un Sistema Digital que Obtenga la Máxima Potencia Generada por un Haz Láser.

Antunez-Cerón E.¹, Zamudio-Lara A.², Márquez-Aguilar, P.A.²

¹Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Luis Enrique Erro No. 1,
Tonantzintla, Puebla.

²Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Av. Universidad 1001,
Cuernavaca, Morelos.
azamudio@uaem.mx

Resumen. En el presente artículo mostraremos el diseño e implementación de un sistema digital, cuya función principal esta enfocado a encontrar el punto de máxima potencia luminosa generada por un haz láser. Para la implementación del sistema digital se utilizo un circuito microcontrolador de la familia microchip, un sensor de detección de intensidad, y un sistema de desplazamiento XY.

Palabras Clave: Microcontrolador, haz láser, potencia.

1. Introducción.

Existen muchas Fuentes de luz desde las que se manifiestan de forma natural o por medios físicos, hasta las que son provocadas por reacciones químicas. La fuente de luz natural más antigua, que afecta de una u otra forma a los seres vivos y las plantas, es el Sol. Le sigue el fuego, producido por reacciones químicas que tienen lugar durante la combustión. Durante miles de años el Sol y el fuego fueron los únicos elementos que utilizó el hombre para alumbrarse, hasta que a finales del siglo XIX Thomas A. Edison desarrolló y comercializó en los Estados Unidos de Norteamérica, la bombilla eléctrica incandescente como fuente de luz artificial. A partir de ese momento histórico se comenzaron a crear otras fuentes artificiales de iluminación. Entre otras fuentes de luz artificial, se encuentra también el rayo láser, que aunque no se utiliza en alumbrado su haz de luz coherente y de alta energía se emplea ampliamente. Hoy en día, los láseres representan una de las áreas más importantes en la investigación científica aplicada. En algunos experimentos es de suma importancia medir la potencia luminosa emitida por las diversas fuentes de luz artificiales. En algunas de estas fuentes la potencia luminosa cambia de forma aleatoria debido a diversas causas de tipo físico o de construcción tecnológica. Una forma de obtener información sobre los cambios en la potencia de una fuente luminosa es mediante la lectura continua de sus medidas de intensidad. Es por ello que realizar lecturas en

forma automática de las medidas de potencia luminosa en intervalos de tiempo muy cortos, como por ejemplo del orden de unos segundos, o contrariamente, de intervalos de tiempo de varias horas es de gran utilidad [1]. A pesar de lo complicada y lo poco confiable que puede resultar la técnica manual para la detección de la máxima potencia luminosa, existen otros factores que advierten aún más complicaciones al proceso. Entre éstos podemos mencionar la poca estabilidad con la que el usuario sostiene el sensor de detección y la escasa posibilidad de mantener o repetir la lectura de la máxima potencia más de una vez durante el proceso.

Dada la problemática anterior se propone la construcción de un mecanismo de desplazamiento en el orden de las décimas de micras en dos ejes espaciales (X, Y) para llevar a cabo la exploración y el sensado dentro del diámetro transversal central de un haz láser, y de esta forma encontrar el punto de máxima potencia luminosa automáticamente. La idea de implementar la automatización es de fundamental importancia, motivo por el cual se decidió llevar a cabo en este presente trabajo el diseño, implementación de un mecanismo automatizado que haga uso de recursos tanto ópticos como electrónicos para la creación de un sistema de autocontrol confiable, de mayor precisión, de bajo costo y con una amplia gama de aplicaciones.

2. Desarrollo.

En un modelado a bloques, el punto de suma, establece el valor a ser comparado con el valor de la salida. El valor del punto de suma puede ser constante o puede variar.

La salida del sistema se retroalimenta vía el elemento de retroalimentación (un instrumento de medición o un sensor). La señal retroalimentada se compara con el punto de ajuste y la diferencia (error) activa al controlador, que a su vez controla la etapa del proceso. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de un modelado a bloques para un sistema de lazo cerrado caracterizado.

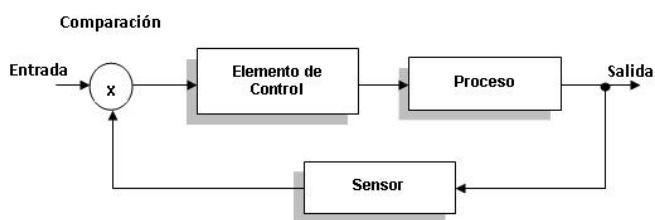


Fig. 1. Lazo cerrado.

Además si aplicamos las técnicas anteriores, el modelo funcional a bloques del sistema es el que se muestra en la Figura 2. En este modelo se puede apreciar con mayor detalle los dispositivos que constituyen cada etapa y las acciones de cada uno de los elementos del circuito de lazo cerrado implementado.

Este modelo hace referencia a las etapas o funciones que se llevan a cabo en cualquiera de los dos ejes de desplazamiento. Es decir, el bloque anterior es idéntico

en operación y caracterización tanto para el mecanismo de posicionamiento en X como en Y.

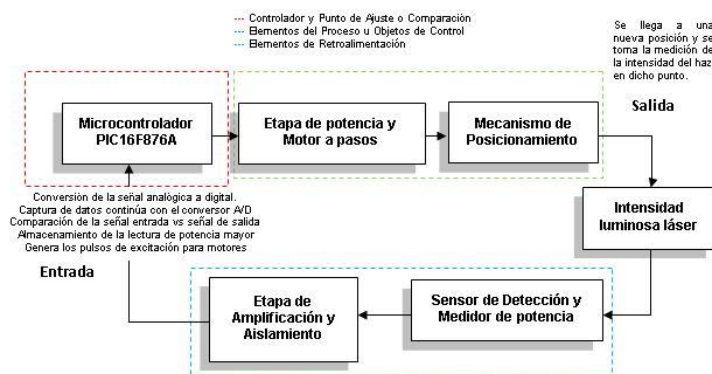


Fig. 2. Modelado del diagrama de bloques del sistema de posicionamiento autocontrolable por la intensidad de un haz láser.

La Figura 2 muestra la caracterización del sistema desarrollado como un sistema de lazo cerrado, en donde el punto de comparación (ajuste) y la etapa de adquisición de datos están implementados en el microcontrolador que gobierna al sistema (unidad de control). Éste a su vez corrige el error que se puede provocar realizando una comparación de datos (variable de entrada y salida), el resultado de esa comparación de datos genera las señales de excitación para las bobinas de los motores en cada eje de desplazamiento (actuadores u objetos de control) que mediante el tren de engranajes adaptado a cada uno de éstos realiza un fino desplazamiento en la dirección correspondiente. La retroalimentación está a cargo del sensor de detección y el medidor de potencia óptico el cual proporciona medidas continuas de la intensidad de potencia en el láser y esta medición es señal de entrada al sistema que al ser comparadas en el microcontrolador, éste puede determinar si continúa el desplazamiento en el eje respectivo para encontrar el máximo punto de intensidad durante el proceso de escaneo y posteriormente regresar a éste máximo para colocarse en la posición donde se ha registrado la máxima medición de la irradiancia láser. Caracterizado el sistema como uno de control de lazo cerrado tenemos a la mano un sistema automático en el cual la intervención humana queda limitada durante el proceso de medición de intensidad sobre el diámetro de un haz láser.

El programa desarrollado para esta aplicación consiste básicamente en tres funciones principales, cada una de ellas describe el funcionamiento de cualquiera de los dos ejes de desplazamiento. El diagrama de flujo del programa se muestra en la Figura 3, en donde se puede ver que cada uno de los bloques que corresponden a las tres funciones principales están delimitados por un rectángulo punteado de un color distinto para cada una de las funciones.

El diagrama de flujo presentado muestra las diferentes funciones que se realizan para cada uno de los dos ejes de desplazamiento, es decir que el diagrama de flujo aplica para describir el funcionamiento del eje X y del eje Y. A continuación, se

describen las tres funciones principales del programa de control con más detalle y que pueden identificarse en el diagrama de flujo de la figura anterior.

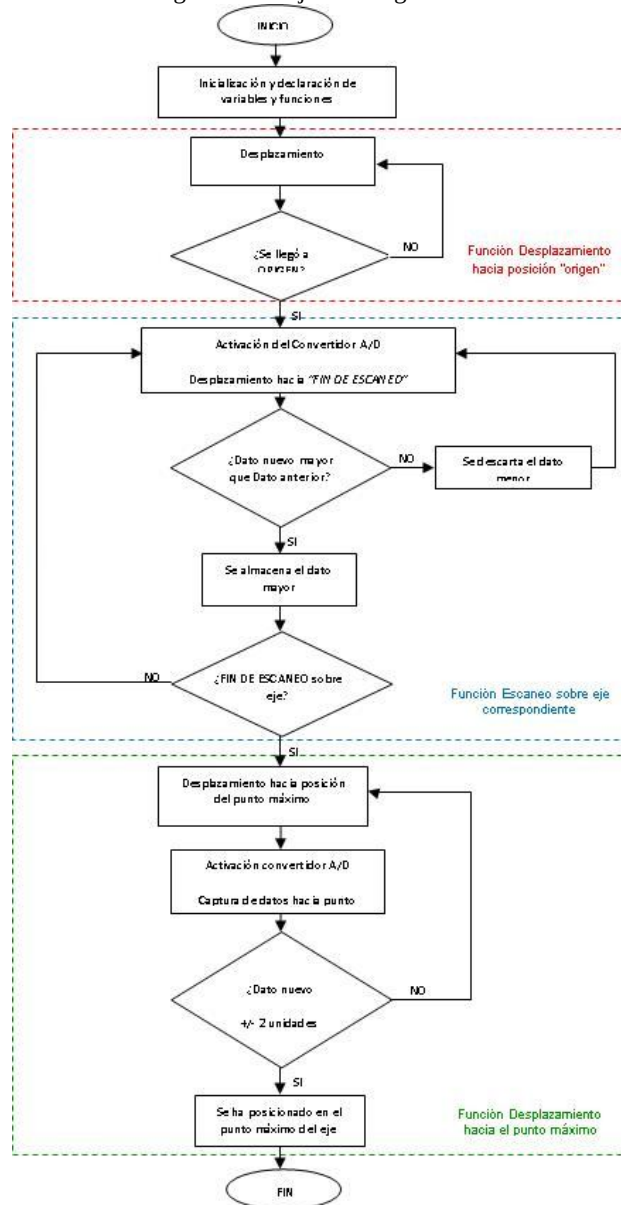


Fig. 3. Diagrama del flujo del programa.

2.1. Función desplazamiento hacia posición “origen”.

La posición “*origen*” sobre cada uno de los ejes hace referencia a la posición en la que se encuentran ubicados los sensores de cada uno de los ejes con el mismo nombre. Dicha posición se alcanza cuando el sensor de interrupción denominado “*origen*” en cualquiera de los ejes es presionado por la proximidad de la guía móvil del eje correspondiente (es decir, cambia de estado, de 1 a 0, de alto a bajo). El motor que acciona a cada uno de los ejes es activado por las secuencias de excitación generadas por el microcontrolador, las cuales salen a través del Puerto B de éste para dirigirse hacia el controlador o driver del motor en cuestión y mecanizarlo con el giro en la dirección hacia la posición “*origen*” cuando el sensor presente un estado alto (1, sin interrupción). Una vez alcanzada esta posición se produce la interrupción del sensor y éste cambia su estado a un nivel bajo (0) y es entonces cuando se detiene el motor.

2.2 Función escaneo sobre el eje correspondiente.

Una vez que la guía móvil se encuentra en la posición “*origen*” está lista para llevar a cabo el escaneo sobre la parte central del diámetro del haz láser. Dicho escaneo se realiza sobre todo el eje de barrido en dirección del eje correspondiente y hasta la posición “*fin de escaneo*”, paralelamente a esta acción y mediante el uso del sensor y medidor de potencia óptica la señal analógica es dirigida hacia la terminal de entrada analógica correspondiente al canal 0 del microcontrolador y es ahí donde se lleva a cabo la conversión de la señal analógica y la pone en su formato digital de 10 bits en los registros correspondientes del convertidor. El convertidor A/D realiza la captura y conversión de la señal analógica de modo continuo a la vez que avanza sobre el eje hasta llegar al sensor “*fin de escaneo*” ubicado en el extremo opuesto a la posición del sensor “*origen*”. El desplazamiento se realiza generando las señales de excitación para el motor correspondiente. A la vez que se realiza el “escaneo” el microcontrolador guarda el mayor dato capturado y lo compara con el dato de la siguiente medición realizando este proceso en toda la trayectoria del escaneo; quedando al finalizar la operación el dato de mayor magnitud almacenado. Este dato es la lectura de mayor intensidad registrada por el medidor de potencia en su formato digital (recordemos que son los datos que maneja el microcontrolador) y por consecuencia es el punto de mayor intensidad registrado en todo el escaneo realizado sobre el eje. Una vez que se lleva a cabo la interrupción del sensor “*fin de escaneo*” (esto quiere decir, que se ha llegado al extremo final del eje de desplazamiento) el motor se detiene.

3. Resultados.

El proyecto desarrollado como se mencionó en la introducción, tiene como objetivo principal diseñar e implementar un sistema de posicionamiento automático controlado por la intensidad de la luz láser, con el propósito de encontrar el punto de máxima intensidad en los diámetros principales de la circunferencia de irradiancia que incide

sobre el obturador del sensor de potencia. El montaje del sistema de posicionamiento controlado por la intensidad láser y los diferentes dispositivos de los que hace uso para su operación se muestran en la Figura 4.

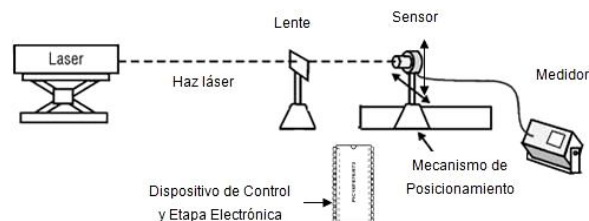


Fig. 4. Montaje del Sistema de posicionamiento.

En la Figura 4 se puede ver que el sistema está constituido por diferentes dispositivos que interconectados ayudan a realizar la tarea principal del proyecto. Podemos hablar en forma general que el sistema está compuesto por tres bloques de dispositivos diferentes:

- Dispositivos ópticos (láser, lente, sensor, medidor),
- Dispositivo Programable y Electrónica,
- Mecanismo de Posicionamiento.

Las pruebas realizadas con el sistema de posicionamiento se llevaron a cabo bajo la siguiente condición: la lente convergente (plano convexa) está colocada a 10 cm. del dispositivo emisor láser y ésta debe de alinearse apropiadamente a la altura y ángulo requerido para un buen desempeño del haz láser. A continuación, se coloca a una distancia " d " el sistema de posicionamiento implementado. La distancia de prueba no es más que la distancia existente entre el soporte de la lente utilizada y el eje que soporta al sensor detector de potencia en el mecanismo de posicionamiento. Esta distancia es donde el haz tiene un diámetro " D ", este diámetro aumenta cuanto mayor sea la distancia " d ". Lo anterior ocurre debido a la propiedad de la divergencia de un haz con perfil gaussiano.

El criterio bajo el cual se realizó la evaluación de las pruebas y la obtención de los resultados correspondientes se ilustra en el arreglo experimental de la Figura 5 (en la Fig. 6 se muestra una foto del arreglo experimental).

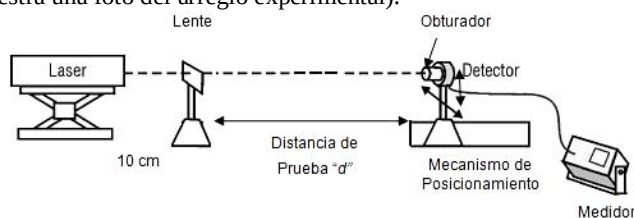


Fig. 5. Arreglo experimental.

En la figura 5 se aprecia que la distancia entre el láser y la base del soporte de la lente óptica es de 10 centímetros y esta distancia entre ambos dispositivos ópticos se

conserva en la realización de las pruebas. El parámetro a modificar es la distancia de prueba “ d ” (y como consecuencia “ D ”, cambiará su valor).



Fig. 6. Foto del Arreglo Experimental.

La Tabla 1 muestra el resultado de las diferentes pruebas y puesta en marcha del sistema para diversos valores de “ d ” y “ D ”, respectivamente. Las pruebas se evaluaron cada 10 centímetros de distancia a partir de la posición del soporte de la lente y se incrementa gradualmente hasta llegar a los 150 centímetros. En la práctica, realizar una búsqueda del máximo a 10 ó 20 centímetros es un tanto complicado; sin embargo, se puede ver cómo el sistema ha podido llevar a cabo esta tarea, lo cual nos habla de la eficiencia del sistema en estas condiciones.

Tabla 1. Resultados de las pruebas realizadas con el sistema de posicionamiento para diferentes valores de “ d ”

Distancia de prueba “ d ”(cm)	Diámetro aproximado del haz láser “ D ” (mm)	Potencia Luminosa del láser (mW)
1	Aprox. 2	3.250
20	3	1.091
30	4	0.692
40	6	0.312
50	9	0.236
60	11	0.165
70	13	0.131
80	15	0.085
90	17	0.047
100	19	0.043
110	20	0.037
120	23	0.035
130	25	0.028
140	27	0.025
150	30	0.023

La búsqueda del máximo se realiza siempre procurando realizar el escaneo sobre el diámetro central transversal de la circunferencia sobre el eje Y, y posteriormente sobre el diámetro central del eje X.

Como se puede observar en la tabla anterior, a medida que la distancia de prueba “ d ” aumenta su magnitud, el diámetro aproximado “ D ” del haz incidente sobre la superficie del sensor también aumenta.

El comportamiento de la intensidad (potencia) del haz láser, como era de esperarse, también se ve afectada por la distancia a la cual se realiza la búsqueda del máximo. Los resultados anteriores nos muestran cómo a mayor distancia a partir del foco, la potencia láser disminuye al mismo tiempo que el diámetro o radio del haz se incrementa, cuanto mayor sea el diámetro del haz menor será la potencia que tenga éste. Este hecho nos muestra como el sistema de posicionamiento realiza un buen desempeño en pruebas de irradiancia en campo lejano.

4. Conclusiones.

Se diseñó un sistema caracterizándolo como un sistema automático de lazo cerrado, es decir, requiere intervención mínima de la mano humana, brindando una mayor estabilidad en las lecturas y resultados confiables. Al ser un sistema automático nos brinda la característica de proporcionarnos resultados mucho más precisos ya que realiza una comparación entre datos de entrada y datos de salida para asegurarnos un desempeño confiable.

5. Trabajo Futuro.

Este sistema es sólo un prototipo de muchos más que se pueden implementar, la innovación y mejora de este sistema queda abierta a futuras necesidades y aplicaciones. Su diseño e implementación se enfocaron en la tarea de detectar el máximo de intensidad en la distribución de potencia de un haz láser lo cual no descarta la posibilidad de agregarle otras funciones. Para ello se requiere realizar un nuevo programa y de esta forma ampliar las aplicaciones del sistema.

Dentro de las aplicaciones como trabajo a futuro de este sistema de posicionamiento puedo mencionar las siguientes:

- El sistema puede programarse de forma tal que el microcontrolador guarde en variable internas los datos que el medidor de potencia le esté enviando sobre la intensidad láser medida y posteriormente dirigir todos estos datos almacenados hacia el ordenador mediante una interfaz tipo serial. En éste se le puede dar el tratamiento o análisis requerido a dichos datos para alguna aplicación en particular,
- Este sistema podría ser programado de forma que en lugar de proporcionar la detección del máximo de intensidad nos detecte el punto de intensidad mínima en la distribución de potencia de un haz láser.

El sistema de posicionamiento ya está implementado; más su funcionamiento está abierto a las necesidades del usuario. En este sentido el usuario puede agregar los módulos de hardware y software que éste requiera para personalizar su funcionamiento y ampliar la variedad de aplicaciones.

Referencias.

- [1] Artículo: *Programación para el control automático de un Medidor de Potencia Óptica*. Autores: A. Tapia-Vázquez. A. Padilla Vivanco. <http://www-optica.inaoep.mx/investigadores/apadilla/fotodetector.pdf>.
- [2] Boreman, Glenn D., Fundamentos de electro-óptica para ingenieros / Editorial SPIE Press 1Edición 1999. Págs.: 93, 95.