

CARACTERIZACIÓN DEL ESPEJO DE LAZO ÓPTICO NO LINEAL Y REJILLA DE BRAGG APLICADOS EN AMPLIFICADORES DE FIBRA DOPADA CON ERBIO.

Manuel May Alarcón, Jesús Alberto Cobá Ramos, Walter Ariel Silva Martínez, Francisco Méndez Martínez, Rafael Sánchez Lara, Lelio de la CruzMay.
Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR)
Facultad de Ingeniería, Av. Central S/N Esq. Con Fracc. Mundo Maya C.P. 24115
mmay@pampano.unacar.mx, jalberto_coba@hotmail.com
Teléfono: (52)-38-11018

Resumen—En este trabajo se presenta la caracterización y comparación de una rejilla de Bragg con un espejo de lazo óptico no lineal que pueden ser utilizados para amplificar una señal de entrada proporcionada por un diodo láser, como resultados principales se presentan la comparación de dos arreglos con sus respectivas ganancias, el primero con una rejilla de Bragg y el segundo con un espejo de lazo óptico no lineal. La metodología consiste en calentar a diferentes temperaturas y medir las potencias de salida.

Palabras clave: Amplificador de fibra dopada con Erblio, Rejilla de Bragg de fibra óptica, Espejo de lazo óptico no lineal.

I. INTRODUCCIÓN

Los amplificadores de fibra dopada con Erblio son utilizados actualmente para la regeneración de señales en telecomunicaciones, también tienen aplicaciones como sensores de parámetros físicos cuando son sometidos a cambios de temperatura. En este trabajo se presentan los resultados preliminares de un amplificador de señal por medio de la caracterización de un amplificador de fibra dopada con Erblio en configuración bidireccional utilizando una rejilla de Bragg [1] como primer arreglo, y un espejo de lazo óptico no lineal [2] como segundo arreglo, estas dos configuraciones se usan para reflejar la señal de entrada en el sistema amplificador. El objetivo de este trabajo es determinar las ganancias de cada uno de los arreglos propuestos.

II. ARREGLO EXPERIMENTAL

El arreglo experimental usado en este trabajo consiste en dos láseres de bombeo a 980 nm y un láser de señal de 1550.44 nm [3] los cuales tienen un medio amplificador que es por un lado una fibra dopada con Erblio de 10 m, y del otro lado una fibra dopada con Erblio de 9 m. Los medios amplificadores van acoplados a un circulador de tal forma que la señal y los bombeos se unen al pasar por estos medios y la señal se traslapa con el espectro de emisión espontánea amplificada, la señal de salida es enviada a un divisor de haz 90/10, para la protección del equipo de medición, se utiliza la salida de 10%.

Para probar las dos opciones, la rejilla de Bragg y la otra que es el espejo de lazo óptico no lineal, se usa en la configuración base, la cual es común para los dos arreglos tal como se ilustra en la figura 1, y se tomarán medidas a tres

temperaturas distintas en cada arreglo experimental midiendo la potencia en la terminal de salida para determinar el nivel de amplificación. El arreglo experimental está sometido a T1= 22 °C, T2= 59 °C y T3= 64.8 °C para las dos variantes.

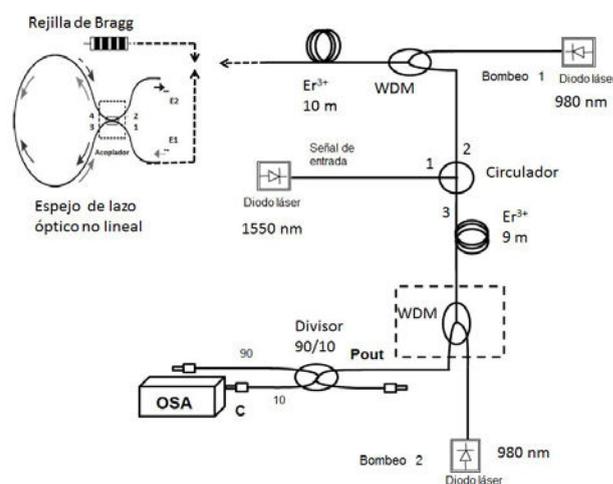


Figura 1. Configuración base, en esta configuración se probarán los dos arreglos propuestos

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Como resultado de este trabajo se presenta las caracterizaciones de la configuración base con el arreglo uno y dos, la ganancia está dada para cualquiera de los dos arreglos de la siguiente forma:

$$Ganancia = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad \text{Ecu. (1)}$$

Como primer paso se procedió a caracterizar la potencia de salida de la señal del láser la cual funcionará como la señal de entrada, la cual se midió con el analizador de espectros ópticos (OSA por sus siglas en inglés) se encontró 18.39 μ W, a 1550.44 nm, con estos datos se compararán los resultados a la salida del sistema ver figura 2. Los dos bombes suministraron las siguientes potencias, el bombeo 1 proporcionó 3.1 mW y el bombeo 2 8.9 mW.

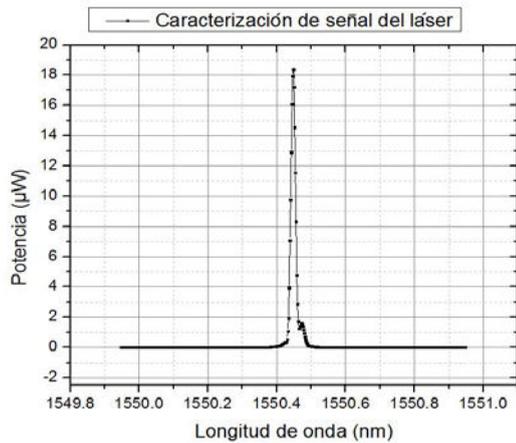


Figura 2. Caracterización en longitud de onda y potencia del diodo láser que se usa como señal de entrada, su longitud de onda es de 1550.44 nm y su potencia es de 18.39 μW .

Después se caracterizó la rejilla de Bragg, esta caracterización se realizó con un sistema diferente [4], dando una longitud de onda de 1549.8 nm, ver figura 3a y 3b. Lo anterior indica que está a diferente longitud de onda que la señal entrada, pero tomando en cuenta que la rejilla de Bragg varía su longitud de onda de acuerdo a cambios de temperatura. Las variaciones de temperatura en la rejilla de Bragg provocan deformación en el período fundamental y el índice de refracción en la rejilla que como consecuencia la longitud de onda de operación de la rejilla se desplaza ligeramente hacia longitudes de ondas más largas, de tal forma que la longitud de onda de operación de la rejilla coincide con la longitud de onda de la señal del diodo láser. Entonces la señal de la rejilla alcanzará a la del diodo láser cuando la rejilla sea calentada.

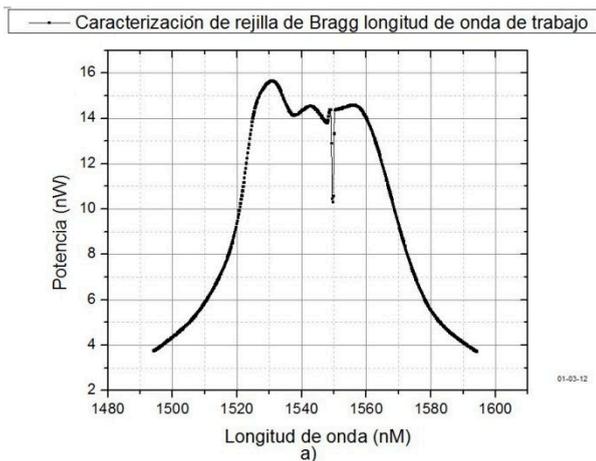


Figura 3(a). Se muestra el espectro de emisión espontánea y la longitud de onda de trabajo de la rejilla a utilizar.

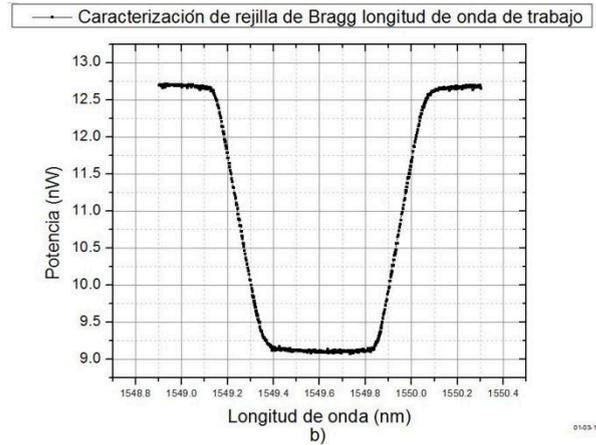


Figura 3(b) Se muestra una imagen ampliada de misma región de trabajo. Espectro medido en transmisión con respecto a la rejilla de Bragg.

Teniendo estos datos se procedió a instalar la rejilla en el arreglo, ver figura 4, se procedió a tomar datos, primero, se tomaron los datos a T1, ver figura 5, en el cual se pueden apreciar las diferentes longitudes de onda tanto la de la rejilla de Bragg que está a 1549.8 nm como la de la señal del láser de 1550.44 nm, después se procedió a calentar la rejilla de Bragg con la celda peltier y como la señal del láser se encuentra en una longitud de onda mayor a esta se pudo observar el desplazamiento de la longitud de onda al calentar la rejilla a T2 y sumándose a la longitud de onda de la señal haciendo que la potencia de este aumentara, ver figura 6, con lo cual se puede observar que se amplificó la señal a 3.58 μW en comparación con el dato tomado a la potencia de la señal a T1 que fue de 0.79 μW [4].

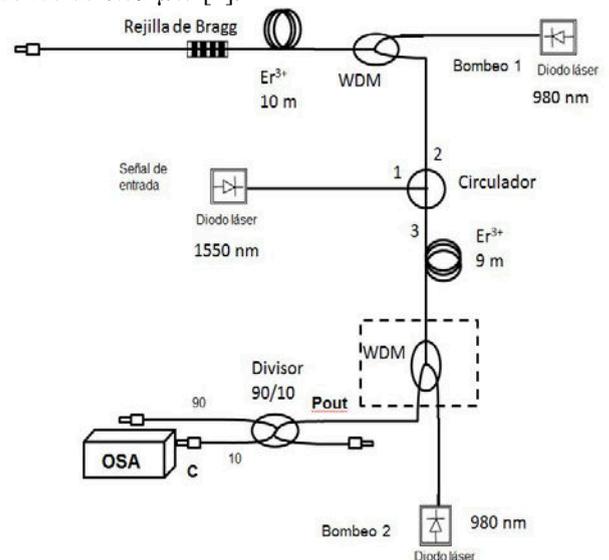


Figura 4. Arreglo experimental 1, amplificador de fibra dopada con erbio con rejilla de Bragg.

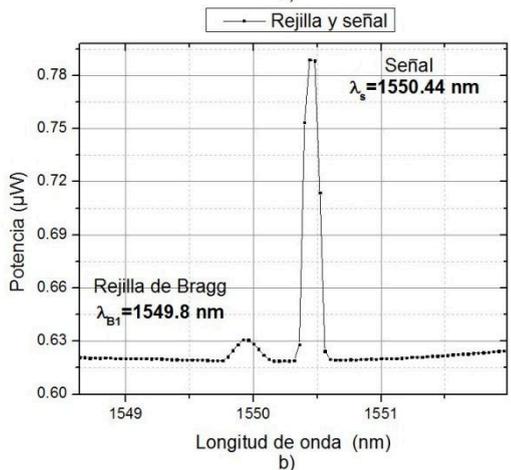
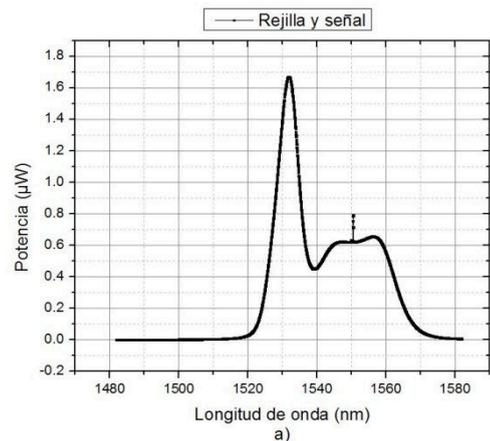


Figura 5. En la parte **a)** se muestra el espectro en general del arreglo 1, en **b)** se muestra la zona ampliada donde se resalta la presencia de la rejilla $\lambda_{B1} = 1549.8$ nm a $T_{1B1} = 22^\circ\text{C}$ y la presencia de la señal emitida por el diodo láser $\lambda_{s1} = 1550.44$ nm a $T_{1s1} = 22^\circ\text{C}$ y $P_s = 0.79$ μW .

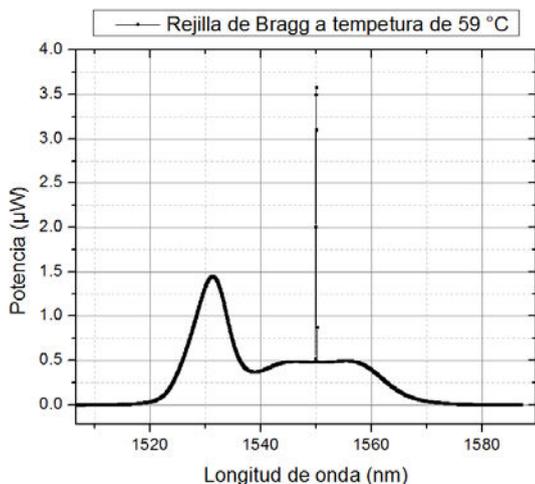


Figura 6. Configuración base, la rejilla de Bragg a temperatura T2 de 59°C .

Al continuar calentando a T3, la rejilla de Bragg alcanza la longitud de onda deseada de la señal del láser o sea su máxima amplificación, ver figura 7 y obteniéndose un resultado de 12.05 μW , ya que si se sigue calentando más, se

recorrería más y quedaría como al principio pues estaría desfasada con la longitud de onda de la señal del láser y se perdería el láser.

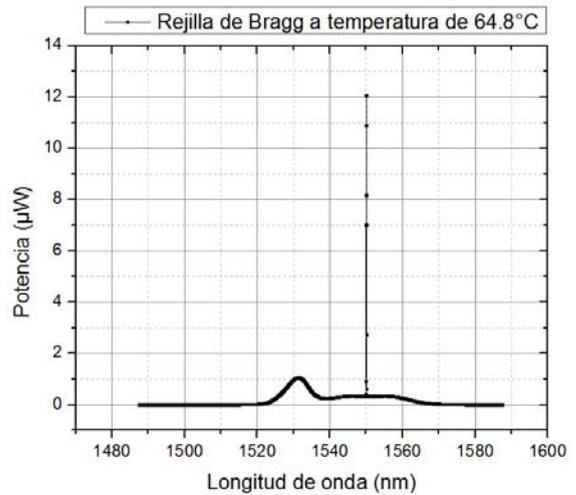


Figura 7. Configuración base, la rejilla de Bragg a temperatura T3 de 64.8°C .

A continuación se presentan los cálculos del arreglo 1 con los datos obtenidos. Para calcular el porcentaje de salida al 100% con sólo el 10% se procedió como sigue:

$$P_{out} = C \times 10 \quad \text{Ecu. (2)}$$

donde P_{out} es la potencia total del sistema (100%) a la salida del WDM que es la potencia de entrada al divisor de haz 90/10, C es la potencia de salida al 10% del divisor 90/10. Para calcular la ganancia se usa la ecuación 1, donde P_{in} es la potencia de la señal a amplificar (la del diodo láser) y P_{out} es la potencia medida a la salida del WDM. Obteniéndose los siguientes resultados para el arreglo 1. A T1 con la señal puesta en el sistema da una potencia de 7.89 μW , con una ganancia sobre la entrada de 0.43. A T2 con la rejilla puesta en el sistema da una potencia de 35.8 μW , con una ganancia sobre la entrada de 1.95 A T3 con la rejilla puesta en el sistema da una potencia de 120.5 μW , con una ganancia sobre la entrada de 6.55.

Para el arreglo 2 se procedió a retirar la rejilla de Bragg y a empalmar por fusión el espejo de lazo óptico no lineal, ver figura 8, al igual que la rejilla de Bragg, el espejo de lazo óptico no lineal es sensible a los cambios de temperatura [5]. Por lo tanto se le dará el mismo procedimiento que la rejilla de Bragg, se variará su temperatura para saber como se comporta dentro del sistema. El espejo de lazo óptico no lineal tiene en su estructura una fibra de alta birrefringencia la que al calentarse cambia sus propiedades ópticas dando como resultado que cambie la longitud de onda reflejada.

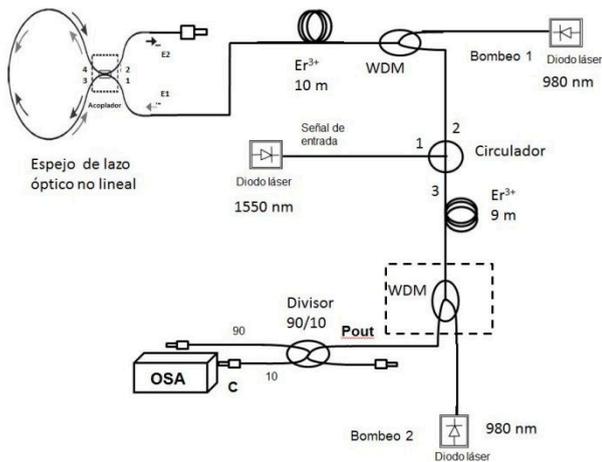


Figura 8. Arreglo experimental 2, con Espejo de lazo óptico no lineal.

Primero se tomó la medida en el OSA a T1 dando un resultado de $0.755 \mu\text{W}$, ver figura 9, después se calentó a T2 obteniéndose $9.67 \mu\text{W}$, ver figura 10 y por último se calentó hasta llegar a T3 dando una potencia de salida al 10% de $0.82 \mu\text{W}$, ver figura 11. Se utilizó el mismo procedimiento que el arreglo 1 para a hacer los cálculos, y obtener la ganancia en el arreglo 2. Los resultados fueron, a T1 con el espejo de lazo óptico no lineal [6] puesto en el sistema da una potencia de $7.55 \mu\text{W}$ con una ganancia sobre la entrada de 0.41 a T2 con el espejo de lazo óptico no lineal puesto en el sistema da una potencia de $96.7 \mu\text{W}$ con una ganancia sobre la entrada de 5.26 a T3 con el espejo de lazo óptico no lineal puesto en el sistema da una potencia de $8.2 \mu\text{W}$ con una ganancia sobre la entrada de 0.44.

Un caso especial para el espejo de lazo óptico no lineal es que se procedió a enfriar para ver como se comportaba este a temperaturas más bajas que la temperatura ambiente, obteniéndose los siguientes resultados, potencia de salida al 10% de $14.14 \mu\text{W}$. Calculando a $T_4=10.6 \text{ }^\circ\text{C}$ con el espejo de lazo óptico no lineal puesto en el sistema da una potencia de $141.4 \mu\text{W}$ con una ganancia sobre la entrada de 7.69, ver figura 12.

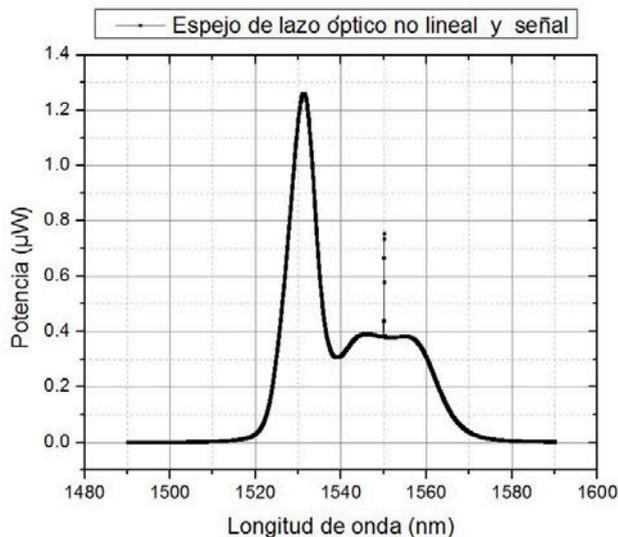


Figura 9. Configuración base con espejo de lazo óptico no lineal a temperatura T1 de $22 \text{ }^\circ\text{C}$

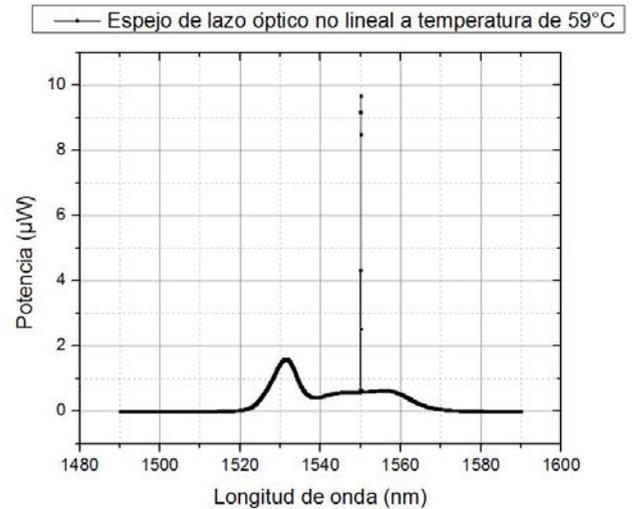


Figura 10. Configuración base con espejo de lazo óptico no lineal a temperatura T2 de $59 \text{ }^\circ\text{C}$.

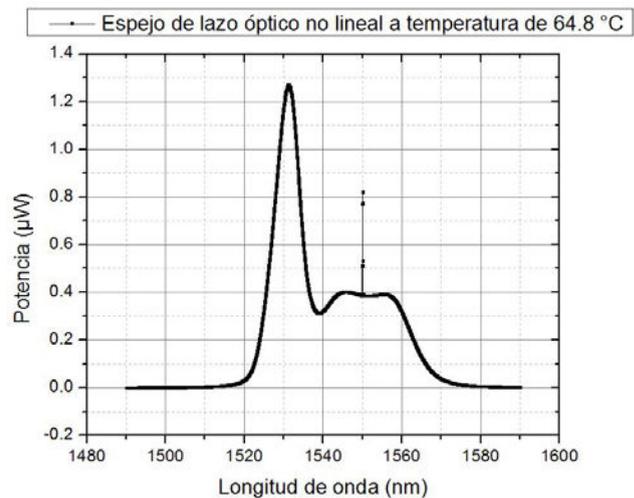


Figura 11. Configuración base con espejo de lazo óptico no lineal a temperatura T3 de $64.8 \text{ }^\circ\text{C}$.

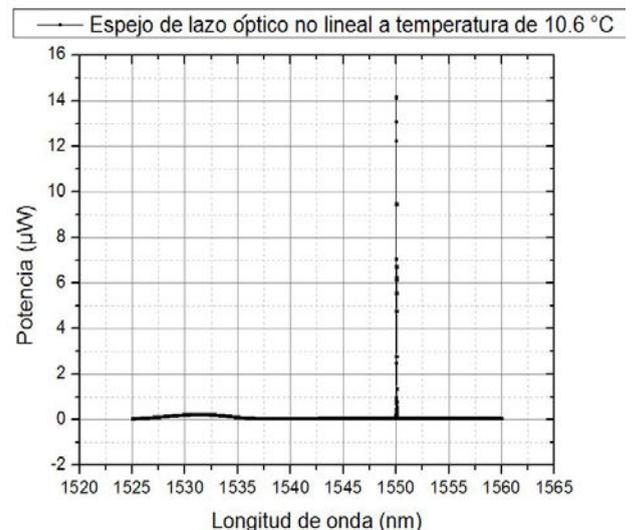


Figura 12. Configuración base con espejo de lazo óptico no lineal a temperatura T4 de $10.6 \text{ }^\circ\text{C}$.

La rejilla de Bragg no se sometió a T4 ya que si se enfriaba este se recorrería su longitud de onda de Bragg hacia una longitud de onda más baja y por lo tanto se alejaría cada vez más de la señal del diodo láser.

Con las pruebas realizadas en estos arreglos se logró obtener que la rejilla de Bragg a la temperatura T3 de 64.8 °C obtuvo su máxima amplificación el sistema ya que es a esa temperatura donde alcanza la misma longitud de onda que tiene la señal del láser, a diferencia del espejo de lazo óptico no lineal, que obtuvo su máxima amplificación a una temperatura T4 de 10.6 °C. En la tabla 1 se da un resumen de todas las ganancias obtenidas a las diferentes temperaturas.

Tabla I. Ganancias de los dos arreglos a distintas temperaturas.

Ganancia		
Temperatura	Rejilla de Bragg	Espejo de lazo óptico no lineal
T1= 22 °C	0.43	0.41
T2= 59 °C	1.95	5.26
T3= 64.8 °C	6.55	0.44
T4= 10.6 °C	No aplica	7.69

IV. CONCLUSIONES.

Se caracterizó el espejo de lazo óptico no lineal y la rejilla de Bragg en un sistema de amplificación tipo EDFA a tres diferentes temperaturas obteniéndose sus respectivas ganancias. Tanto la configuración de la rejilla de Bragg como la de espejo no lineal de fibra óptica pueden amplificar señales ópticas sólo que a diferentes temperaturas. La aplicación de cada una de estas configuraciones se podría dar de acuerdo a las condiciones ambientales donde esté colocado el amplificador óptico.

V. AGRADECIMIENTOS.

J. A. Cobá-Ramos y W. A. Silva-Martínez fueron apoyados por la beca CONACYT número 256856 y 256855 respectivamente.

REFERENCIAS

- [1]. Richard O. Claus, Ignacio Matias Francisco Arregui, (2010) Handbook of Optics Vol. V, USA The McGraw-Hill Companies p. 556.
- [2]. P.G. Eliseev, (2008) Theory of Nonlinear Sagnac effect. Opto-Electron. Rev. A2.p.p. 118-123.
- [3]. E. Hecht, A. Zajac, Óptica (Addison-Wesley Iberoamericana, México), (1986) p. 605.
- [4]. M. May-Alarcón, W. A. Silva-Martínez et al. Caracterización de la Sensibilidad de Rejillas de Bragg por medio de variaciones de Temperatura, CONIEEM 2012.
- [5]. Juan Kang, Xinyong Dong, Chunliu Zhao, Wenwen Qian, Mengchao Li, (2011) Simultaneous measurement of strain and temperature with a long-period fiber grating inscribed Sagnac interferometer. Opt. Commun. (2011) p.p. 2014-20148.
- [6]. N.J Doran, and David Wood, Nonlinear-optical Loop Mirror, Opt. Lett., vol.13 (1998).systems via filtered transformations. IEEE Transactions on Automatic Control 37, 1239-1245.