

Capítulo 4

Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los casos estudiados al emplear las ecuaciones mostradas en el capítulo anterior en el programa desarrollado en Fortran. En primer lugar, se estudian los cambios en la potencia cuando la constante de acoplamiento κ y la diferencia de constantes de propagación $\Delta\beta$ toman diferentes valores en un acoplador óptico lineal sin modulación. Posteriormente, se estudian los cambios en la potencia promedio al cambiar los parámetros de profundidad de modulación μ y frecuencia de modulación Ω para diferentes longitudes de integración cuando se tiene una modulación armónica. El siguiente caso que se presenta es el de un acoplador óptico no lineal con modulación armónica y sin modulación, en donde se estudian los cambios de la potencia para diferentes valores del parámetro de no linealidad χ . Además, cuando se tiene una modulación escalonada se estudian los cambios que ocurren cuando μ y Ω toman diferentes valores. Regresando al caso lineal, se muestran los cambios en la potencia promedio cuando se considera una modulación escalonada, semi-aleatoria y aleatoria al cambiar los valores de μ y Ω . Adicionalmente, para los últimos dos casos se estudian las fluctuaciones de la potencia promedio al variar el parámetro s .

4.1. Acoplador óptico lineal sin modulación

En un principio, se consideró el caso lineal ($\chi = 0$) en donde el haz se hiciera incidir en la guía de onda 1 ($A(0) = 1$ y $B(0) = 0$), sin modulación ($\sigma = 0$), y se observaron los cambios al modificar el valor de $\Delta\beta$ y de κ . El resultado ha sido comparado con la solución conocida del sistema, mostrada por las Ecuaciones 2.72 y 2.74, cuyas potencias correspondientes están dadas por 2.76 y 2.77 .

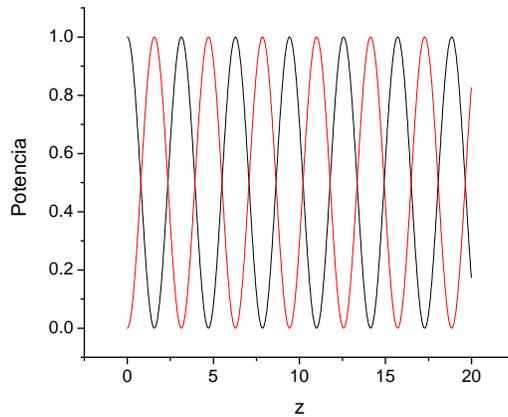


Figura 4.1: Potencia del acoplador óptico en función de la distancia para $\kappa = 1$ y $\Delta\beta = 0$. La línea negra corresponde a la guía de onda 1, mientras que la línea roja corresponde a la guía de onda 2.

La figura 4.1 muestra el acoplamiento de la potencia en función de la distancia cuando $\kappa = 1$ y $\Delta\beta = 0$. Estos resultados muestran que cuando ambas guías de onda tienen la misma constante de propagación el acoplamiento es total.

Por otra parte, se considera el caso en el cual las guías de onda tienen una constante de propagación diferente. En este caso se consideraron los valores $\kappa = 1$ y $\Delta\beta = 4$. De esta gráfica (figura 4.2) se puede observar que el acoplamiento deja de ser total al considerar que las guías de onda tienen constantes de propagación diferentes. Asimismo, se tiene que el período de oscilación de la potencia disminuye.

Al variar ahora el parámetro correspondiente al acoplamiento y considerar que ambas guías de onda tienen la misma constante de propagación se obtuvo la gráfica 4.3. En ésta, los valores de los parámetros son $\kappa = \sqrt{6}$ y $\Delta\beta = 0$. De esta gráfica también puede

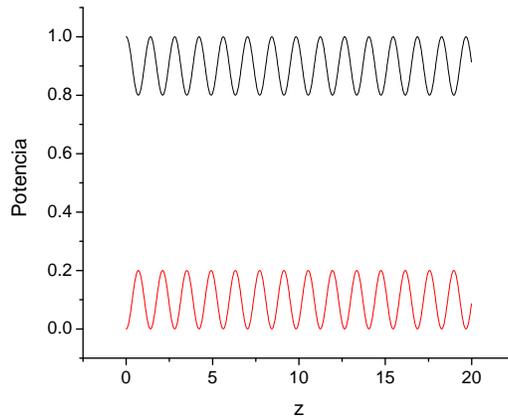


Figura 4.2: Potencia del acoplador óptico en función de la distancia para $\kappa = 1$ y $\Delta\beta = 4$. La línea negra corresponde a la guía de onda 1, mientras que la línea roja corresponde a la guía de onda 2.

observarse que al aumentar la constante de acoplamiento, el período de acoplamiento disminuye considerablemente.

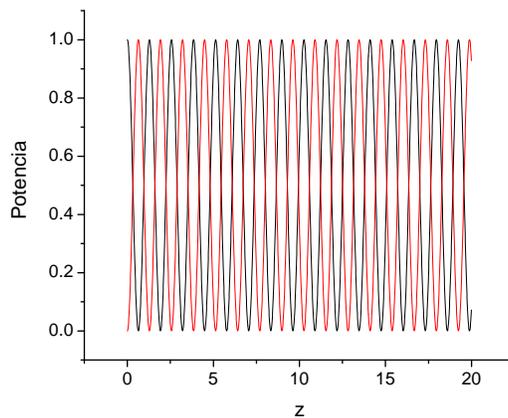


Figura 4.3: Potencia del acoplador óptico en función de la distancia para $\kappa = \sqrt{6}$ y $\Delta\beta = 0$. La línea negra corresponde a la guía de onda 1, mientras que la línea roja corresponde a la guía de onda 2.

Los cambios que ocurren en la potencia promedio de la guía de onda 1 cuando $\Delta\beta$ toma valores mayores a 0 y κ toma valores mayores a 1 pueden ser apreciados en la figura 4.4. Cuando $\Delta\beta = 0$ y $\kappa = 1$ la potencia en la guía de onda 1 oscila entre 1 y 0, por lo que tiene un valor promedio de 0.5 como se aprecia en la figura 4.4(a). Sin embargo, si el valor de $\Delta\beta$ se incrementa, la potencia promedio aumenta como se muestra en la gráfica 4.4(b), en donde el valor de la potencia oscila entre 1 y 0.8, obteniéndose una potencia promedio de 0.9. Esto indica que al aumentar el valor de

$\Delta\beta$, el acoplamiento disminuye. Por otra parte, si κ toma un valor mayor a 1, como en la gráfica 4.4(c), entonces no existen cambios en los valores entre los que oscila la potencia, por lo que la potencia promedio continua siendo de 0.5.

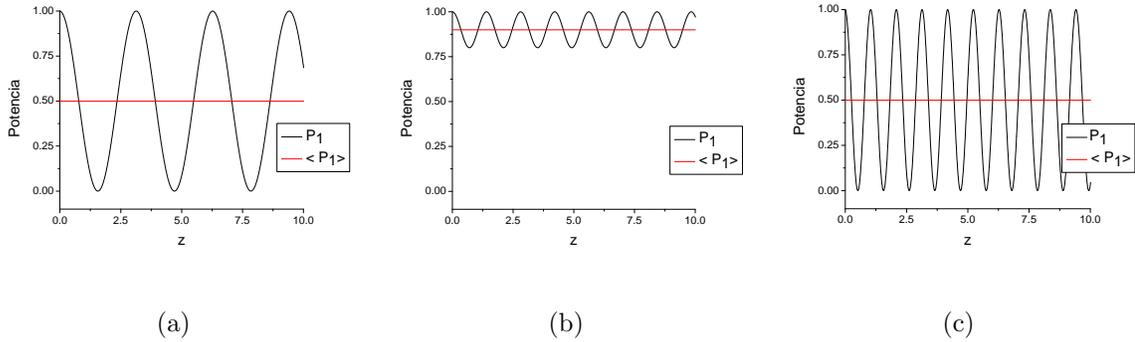


Figura 4.4: Potencia y potencia promedio en la guía de onda 1 cuando (a) $\Delta\beta = 0$ y $\kappa = 1$, (b) $\Delta\beta = 4$ y $\kappa = 1$, y (c) $\Delta\beta = 0$ y $\kappa = \sqrt{9}$

Asimismo, se estudió la variación del período con respecto a las constantes de acoplamiento, y de la potencia máxima en la guía de onda 2, al variar la diferencia de constantes de propagación.

En la figura 4.5(a) se muestra la variación del período de acoplamiento de la potencia T con respecto a la constante de acoplamiento κ ; mientras que en la figura 4.5(b) se observa la variación de la potencia máxima P_{max} , en la guía de onda 2, al variar la diferencia de las constantes de propagación $\Delta\beta$. De estas gráficas, se tiene que el período de acoplamiento disminuye al aumentar el valor de la constante de acoplamiento, y que la potencia máxima en la guía de onda 2 disminuye al aumentar la diferencia de las constantes de propagación.

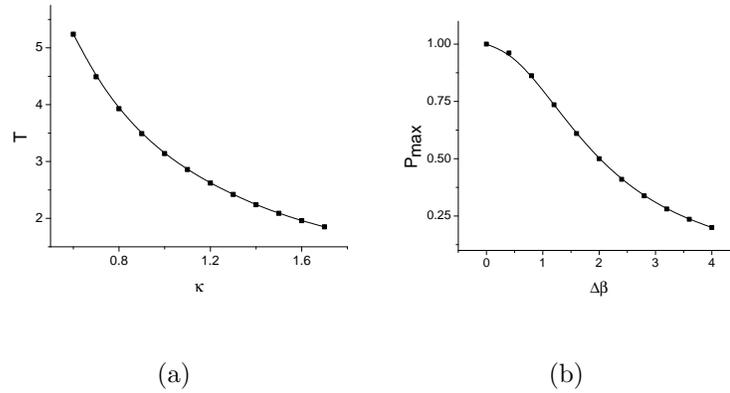


Figura 4.5: (a) Cambio del período de acoplamiento con respecto a la constante de acoplamiento, con $\Delta\beta = 0$, y (b) el cambio de la potencia máxima en la guía de onda 2, con $\kappa = 1$, al variar la diferencia de las constantes de propagación, respectivamente.

4.2. Acoplador óptico lineal con modulación armónica

Una vez estudiado el caso lineal sin modulación, se procedió a considerar el caso lineal con modulación armónica. Primeramente, se tomó el caso en el que $\kappa = 1$, se varió la frecuencia de modulación (Ω) en intervalos de 0.01 considerando una profundidad de modulación constante ($\mu = 2$). Al variar Ω se calculó la potencia promedio en la guía de onda 1 ($\langle P_1 \rangle$), y se consideró el valor de Ω que optimizaba $\langle P_1 \rangle$. Éste era entonces fijado y se variaba μ , obteniendo así un par de valores de Ω y μ que permiten la localización del haz de luz en la guía de onda 1. Este proceso se realizó para tres diferentes longitudes de integración 2π , 4π y 6π .

Al variar Ω para la longitud de integración 2π se obtuvo la siguiente gráfica de la figura 4.6, en donde se tiene el cambio de la potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ al variar el valor de la frecuencia de modulación Ω . Se observa un máximo de localización para el valor $\Omega = 1.94$, para el cual se tiene una potencia promedio de

$\langle P_1 \rangle = 0.8345$.

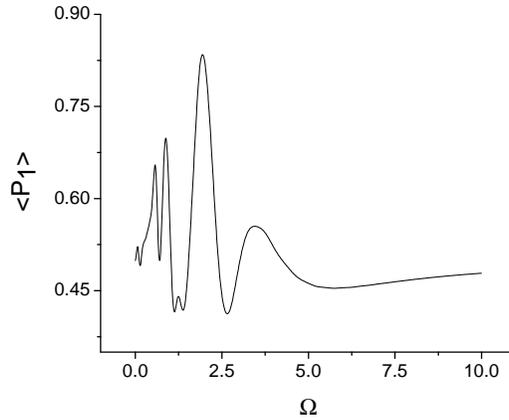


Figura 4.6: Cambio de la potencia promedio de la guía de onda 1 al variar Ω para una longitud de integración de 2π

Tomando este valor, se hizo variar μ en intervalos de 0.01, obteniéndose la gráfica mostrada en la figura 4.7, en donde pueden observarse tres picos máximos. Se obtiene el primer máximo cuando $\mu = 8.28$, para cuyo valor se tiene una potencia promedio de $\langle P_1 \rangle = 0.9524$. El segundo máximo se tiene cuando $\mu = 5.19$ con una potencia promedio de $\langle P_1 \rangle = 0.9264$, mientras que el tercer máximo se encuentra para $\mu = 2.05$ con una potencia promedio de $\langle P_1 \rangle = 0.8379$.

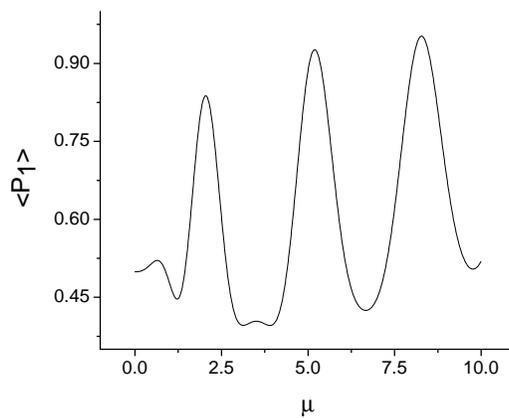


Figura 4.7: Cambio de la potencia promedio de la guía de onda 1 al variar μ para una longitud de integración de 2π

En el siguiente caso, para una longitud de integración de 4π , al variar Ω se obtuvo la siguiente gráfica de la figura 4.8.

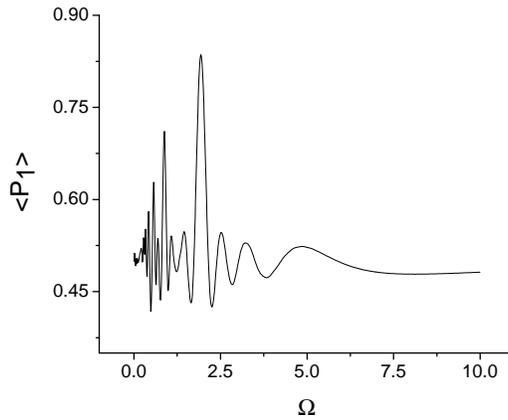


Figura 4.8: Cambio de la potencia promedio de la guía de onda 1 al variar Ω para una longitud de integración de 4π

La figura 4.8 muestra el cambio de la potencia promedio en la guía de onda 1 al variar el valor de la frecuencia de modulación Ω . Se observa un máximo de localización para el valor $\Omega = 1.94$, para el cual se tiene una potencia promedio de $\langle P_1 \rangle = 0.8358$. Este valor fue entonces introducido al programa y se hizo variar μ en intervalos de 0.01, obteniéndose la gráfica que se muestra a continuación.

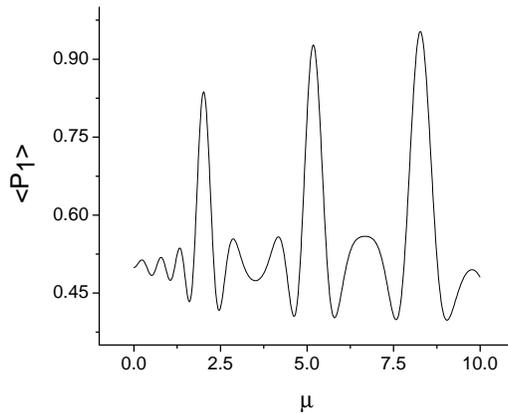


Figura 4.9: Cambio de la potencia promedio de la guía de onda 1 al variar μ para una longitud de integración de 4π manteniendo el valor de $\Omega = 1.94$ fijo.

En la figura 4.9 sobresalen tres picos máximos. El primero, con una mayor localización cuando $\mu = 8.27$, para cuyo valor se tiene una potencia promedio de $\langle P_1 \rangle = 0.9533$. El segundo máximo se obtiene cuando $\mu = 5.18$ con una potencia promedio de $\langle P_1 \rangle = 0.9274$, mientras que el tercer máximo tiene una potencia promedio de

$\langle P_1 \rangle = 0.8370$ para $\mu = 2.01$.

Finalmente, para una longitud de integración de 6π , se obtuvo la gráfica mostrada en la figura 4.10 al variar Ω .

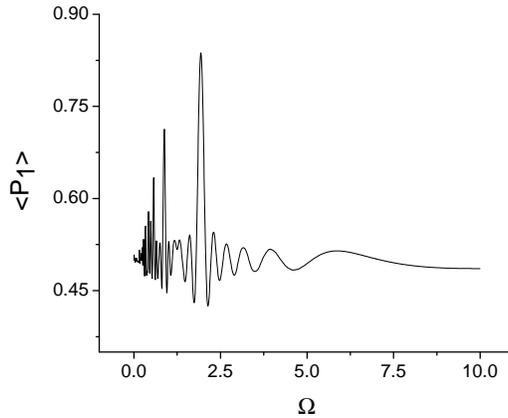


Figura 4.10: Cambio de la potencia promedio de la guía de onda 1 al variar Ω para una longitud de integración de 6π .

La figura 4.10 muestra que el máximo valor de localización se tiene cuando la potencia promedio es de $\langle P_1 \rangle = 0.8373$, correspondiente al valor $\Omega = 1.93$. Incluyendo este valor en el programa y variando μ en intervalos de 0.01 se obtuvo la siguiente gráfica.

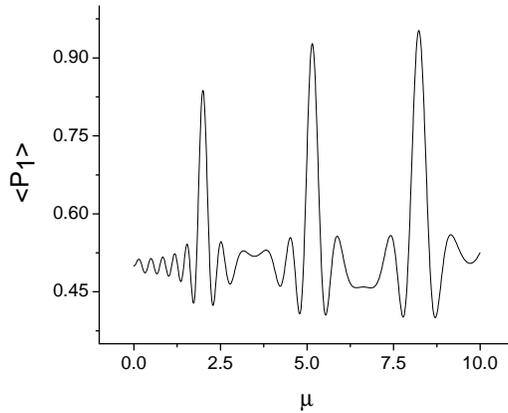


Figura 4.11: Cambio de la potencia promedio de la guía de onda 1 al variar μ para una longitud de integración de 6π manteniendo el valor de $\Omega = 1.93$ fijo.

La gráfica de la figura 4.11 muestra nuevamente tres picos máximos los cuales se obtienen cuando la profundidad de modulación μ toma los valores 8.23, 5.15 y 2, y

cuyos valores de la potencia promedio en la guía de onda $1 < P_1 >$ son 0.9529, 0.9276 y 0.8373, respectivamente.

Si se realiza una comparación de las gráficas observadas en las figuras 4.6 - 4.11 se tiene los valores de Ω , μ que optimizan el valor de la potencia promedio en la guía de onda $1 < P_1 >$, y éste mismo, no varían de manera significativa. Sin embargo, el valor de la potencia en las regiones vecinas oscila cada vez más al tener una mayor longitud de integración.

Se calcularon también los valores de la potencia promedio al variar Ω y μ en intervalos de 0.01 y hasta alcanzar un valor máximo de 10.0. Esto fue calculado para longitudes de integración de 2π , 4π y 6π .

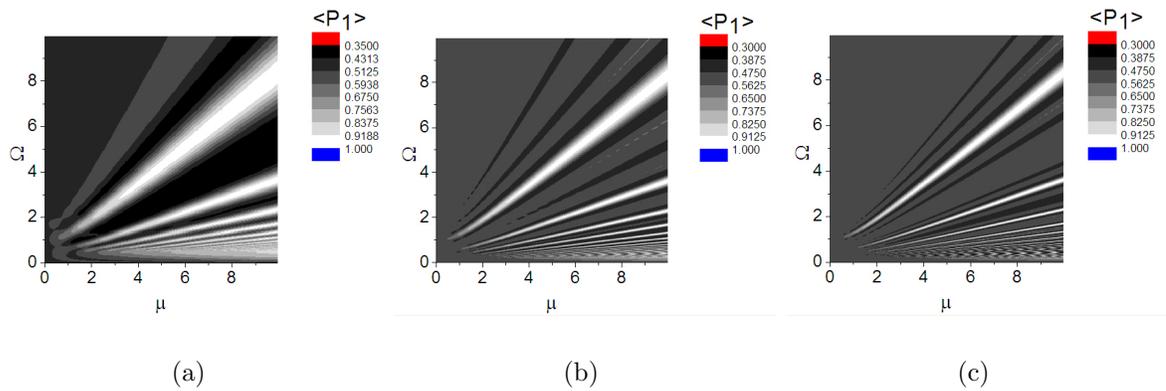


Figura 4.12: Potencia promedio en la guía de onda $1 < P_1 >$ al variar μ y Ω para longitudes de integración de (a) 2π , (b) 4π y (c) 6π en el caso de modulación armónica.

Las gráficas mostradas en las figuras 4.6 - 4.11 son cortes transversales de las gráficas que se presentan en la figura 4.12. Los valores de la potencia promedio en la guía de onda $1 < P_1 >$ se muestran con una escala de colores. El rojo indica zonas en las que la potencia promedio es menor al 30%, es decir, zonas de delocalización, el negro muestra zonas ligeramente por encima de esta zona y cuyo valor de potencia promedio llega hasta el 38.75%. Al aumentar la potencia, se tiene un desvanecimiento en escala

de grises, obteniendo blanco para valores entre 91.25 y 100 %, correspondiente a una zona de localización.

Al comparar las gráficas mostradas en las figuras 4.12(a), 4.12(b) y 4.12(c) se puede apreciar cómo al aumentar la longitud del intervalo de integración considerado para calcular la potencia promedio, las áreas de las gráficas que indican localización del haz de luz (zonas blancas) se vuelven más estrechas, por lo que el número de valores que pueden tomar los parámetros de profundidad de modulación μ y frecuencia de modulación Ω , y que permiten obtener la localización de la luz, disminuye.

4.3. Acoplador óptico no lineal sin modulación y con modulación armónica

Posteriormente, se estudió el caso no lineal sin modulación y con modulación armónica. Para este último caso, se fijaron los valores $\Omega = 1.94$ y $\mu = 2.0$, para los cuales se obtuvo localización en el caso lineal. Tanto en el caso no lineal sin modulación como en el caso lineal con modulación armónica se calculó la potencia promedio en la guía de onda $1 < P_1 >$ al cambiar el valor asignado al parámetro de no linealidad χ . La figura 4.13 muestra el resultado de estos cálculos cuando no se considera ninguna modulación. En ésta se observa que existe localización cuando χ toma valores mayores a 4. A continuación se muestra el cambio en la potencia de las dos guías de onda considerando tres valores diferentes de χ pertenecientes a la zona en donde no hay localización ($\chi < 4.0$) y para tres valores de χ pertenecientes a la zona de localización ($\chi > 4.0$).

Las gráficas de la figura 4.14 muestran el comportamiento de la potencia ambas guías de onda para valores correspondientes a la zona en donde no se tiene localización. De éstas se observa que al aumentar el valor del parámetro de no linealidad el período

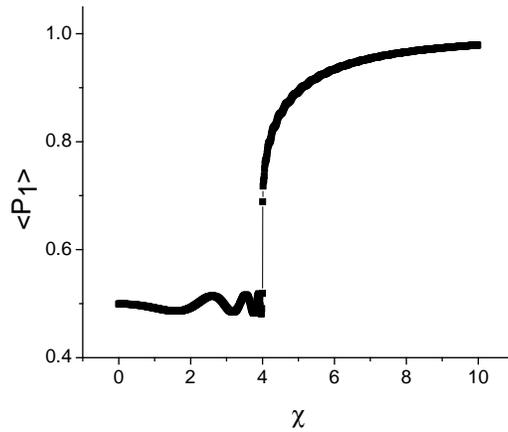


Figura 4.13: Cambio de la potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ al cambiar el valor del parámetro de no linealidad χ para el caso no lineal sin modulación. Los cuadros muestran los valores calculados mientras que las líneas muestran valores interpolados.

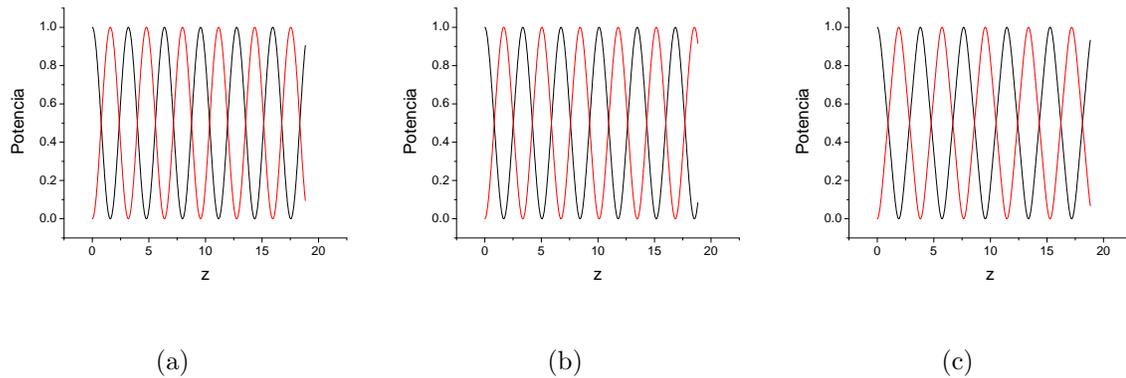


Figura 4.14: Cambio de la potencia para la guía de onda 1 (línea negra) y la guía de onda 2 (línea roja) cuando (a) $\chi = 1.0$, (b) $\chi = 2.0$ y (c) $\chi = 3.0$ sin modulación.

de oscilación de la potencia aumenta.

La gráfica en la figura 4.15 muestra el comportamiento de la potencia en ambas guías de onda, para valores de χ que se encuentran dentro del rango de donde se obtiene la localización. Como se observa, si $\chi > 4.0$ y se continua aumentando su valor, entonces el período de oscilación de la potencia no sólo disminuye, sino que su amplitud también se reduce considerablemente, obteniéndose una localización cada vez mejor.

Para poder apreciar de manera más directa cómo cambia el período de oscilación de la potencia al modificar el valor del parámetro de no linealidad se han calculado estos

cambios, los cuales se muestran en la figura 4.16.

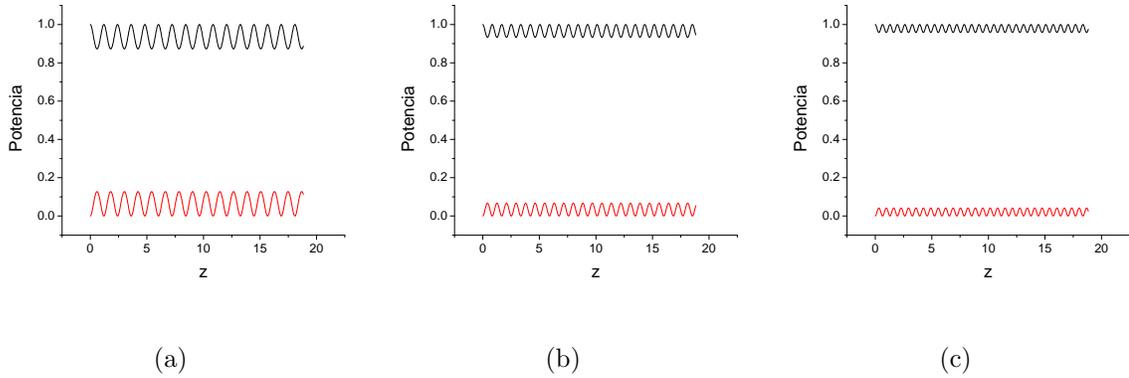


Figura 4.15: Cambio de la potencia para la guía de onda 1 (línea negra) y la guía de onda 2 (línea roja) cuando (a) $\chi = 6.0$, (b) $\chi = 8.0$ y (c) $\chi = 10.0$ sin modulación.

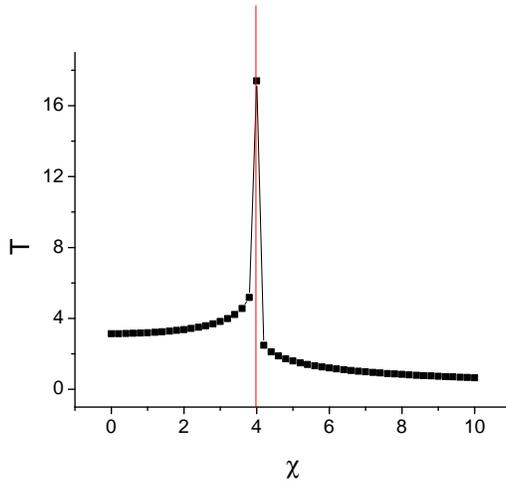


Figura 4.16: Período de oscilación de la potencia al asignarle diferentes valores a χ

La gráfica de la figura 4.16 muestra que al aumentar el valor del parámetro de no linealidad el período de oscilación de la potencia también aumenta hasta alcanzar un valor crítico, después del cual el período comienza a disminuir . En el valor crítico de χ el período de oscilación de la potencia tiende a infinito, es decir, se obtiene una localización perfecta. Sin embargo, este caso no fue observado debido a que los cálculos

se realizan de manera discreta, por lo que no se tiene el valor del período para todos los valores de χ . Esquemáticamente ha sido dibujada una línea recta roja en la posición aproximada al valor crítico.

Para ilustrar la reducción de la amplitud de las oscilaciones de la potencia cuando χ toma valores mayores al valor crítico se ha graficado el contraste (figura 4.17), definido como

$$\text{Contraste} = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{max} + P_{min}} \quad (4.1)$$

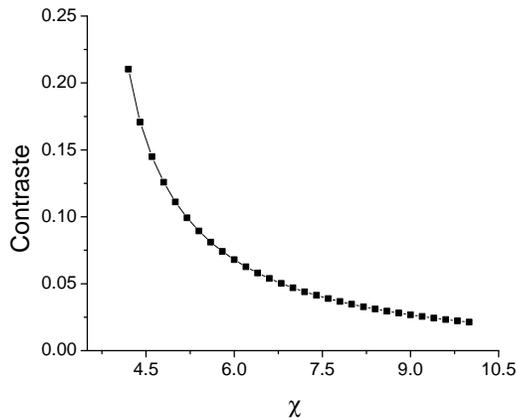


Figura 4.17: Contraste de la potencia para diferentes valores de χ .

Si se considera ahora el caso no lineal, pero con modulación armónica, y se toman los valores $\Omega = 1.94$ y $\mu = 2,0$ que en el caso lineal permitían la obtención de la localización, el cambio de $\langle P_1 \rangle$ al tomar diferentes valores para χ muestra un comportamiento muy diferente al observado en el caso no lineal sin modulación. Esto puede ser observado en la figura 4.18 en donde, aunque también se exhibe localización, ésta ocurre para diferentes valores del parámetro no lineal χ . Para valores de χ menores a 2.5 se obtiene localización, empero, para este intervalo de valores la localización no es tan buena como la que puede obtenerse sin emplear modulación. No obstante, aunque para valores de χ entre 2.5 y 9.0 se obtiene una zona de turbulencia en la que la potencia oscila de

manera aleatoria, para valores de χ mayores a 9.0 se obtiene una localización similar a la lograda en el sistema no lineal sin modulación. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta el valor del parámetro de no linealidad en el que se va a trabajar para poder decidir si es favorable trabajar con o sin modulación armónica.

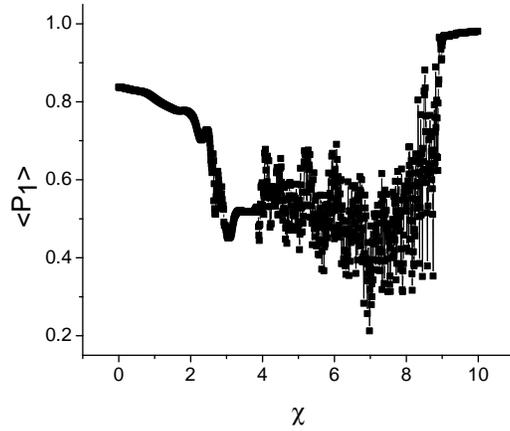


Figura 4.18: Cambio de la potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ al cambiar el valor del parámetro de no linealidad χ para el caso no lineal con modulación armónica cuando $\Omega = 1.94$ y $\mu = 2.0$. Los cuadros muestran los valores calculados mientras que las líneas muestran valores interpolados.

Por otra parte, se estudió lo que sucedía con $\langle P_1 \rangle$ cuando μ y Ω toman otros valores. Primeramente, se verá lo que sucede cuando Ω es menor que 1.94.

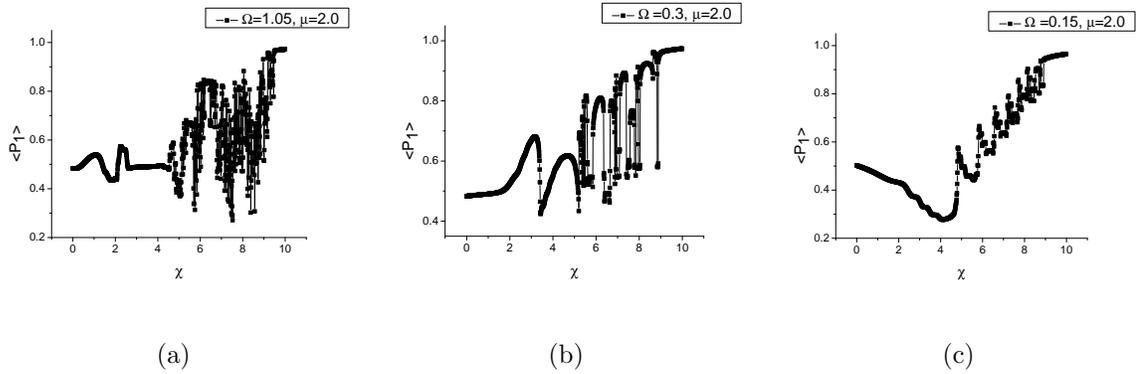


Figura 4.19: Potencia promedio de la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ para diferentes valores de χ cuando $\mu = 2.0$ y Ω vale (a) 1.05, (b) 0.3 y (c) 0.15 .

De las gráficas mostradas en la figura 4.19 se ve que conforme Ω toma valores más

pequeños la zona de aleatoriedad que originalmente se presentaba en el centro se va reduciendo, y que además, en esta zona los cambios son cada vez menores.

Si ahora Ω toma valores mayores a 1.94, entonces como se observa en la figura 4.20, al aumentar su valor, se obtiene una gráfica para $\langle P_1 \rangle$ que se aproxima cada vez más a la obtenida en el caso no lineal sin modulación. En la figura 4.20(c) puede verse la gráfica obtenida cuando $\Omega = 20.0$, ésta prácticamente es igual a la obtenida en el acoplador óptico no lineal cuando no hay modulación.

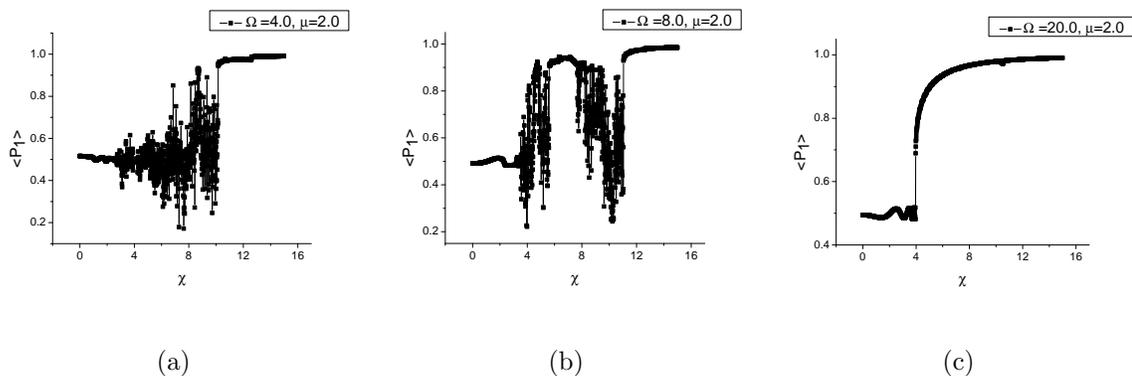


Figura 4.20: Potencia promedio de la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ para diferentes valores de χ cuando $\mu = 2.0$ y Ω vale (a) 4.0, (b) 8.0 y (c) 20.0 .

Los otros dos casos a estudiar serán tratados a continuación y se obtienen al mantener $\Omega = 1.94$ y hacer que μ sea mayor o menor al valor 2.0, considerado inicialmente.

Si $\Omega = 1.94$, pero μ toma valores menores a 2.0, se obtienen gráficas como las que se muestran en la figura 4.21 para $\mu = 1.2$, $\mu = 0.6$ y $\mu = 0.2$. De éstas, se observa que al disminuir el valor de μ la zona de aleatoriedad también se hace más pequeña y la gráfica de $\langle P_1 \rangle$ se aproxima a la obtenida cuando no hay modulación. Esto es lógico, ya que si $\mu = 0$ se tiene justamente el caso en el que no se ha empleado ninguna modulación.

Resultados más interesantes se obtienen cuando μ toma valores mayores a 2.0, al-

gunos de estos pueden ser observados en la figura 4.22.

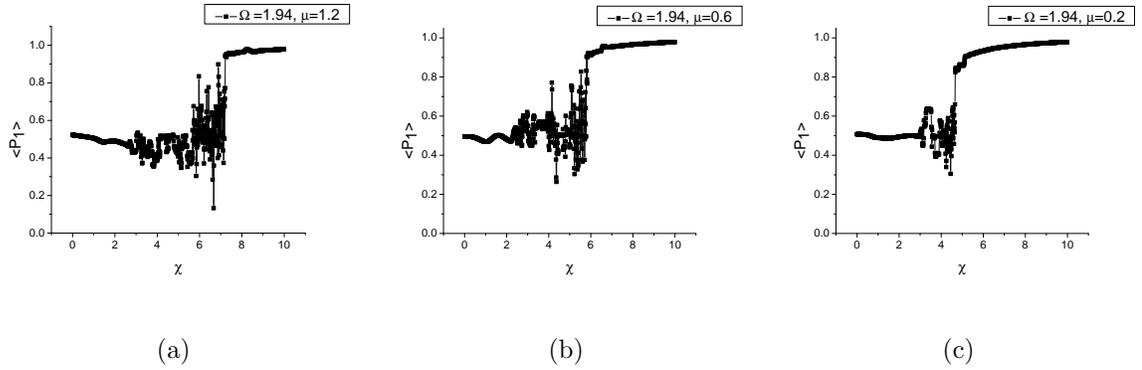


Figura 4.21: Potencia promedio de la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ para diferentes valores de χ cuando $\Omega = 1.94$ y μ vale (a) 1.2, (b) 0.6 y (c) 0.2 .

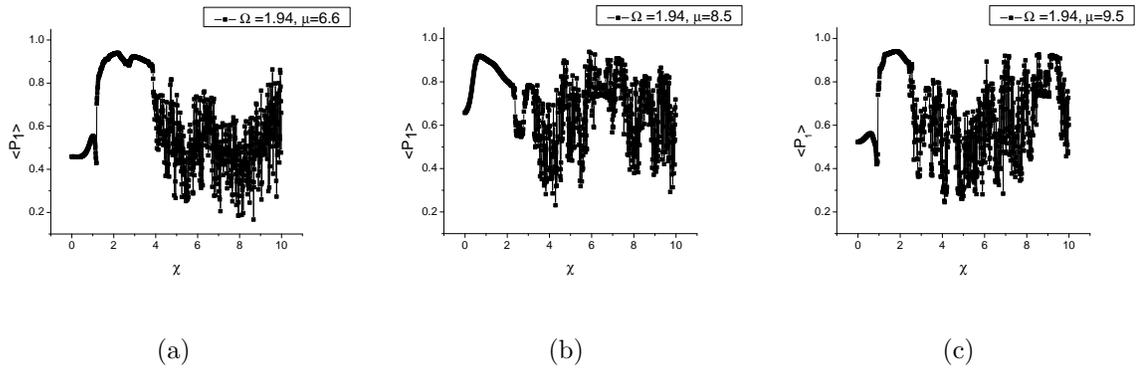


Figura 4.22: Potencia promedio de la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ para diferentes valores de χ cuando $\Omega = 1.94$ y μ vale (a) 6.6, (b) 8.5 y (c) 9.5 .

Estas gráficas muestran resultados selectos que corresponden a los casos en los que $\mu = 6.6$, $\mu = 8.5$ y $\mu = 9.5$. Cuando $\mu = 6.6$, se observa que para valores de χ entre 1.3 y $3.87 < P_1 >$ es mayor a 0.83 y alcanza valores de hasta aproximadamente 0.94, es decir, se tiene una mejor localización. Si $\mu = 8.5$ para χ entre 0.41 y 1.76 entonces $0.83 \leq \langle P_1 \rangle \leq 0.91$. Finalmente, cuando $\mu = 9.5$ para $1.03 \leq \chi \leq 2.44$ el valor de

$\langle P_1 \rangle$ se encuentra entre 0.84 y 0.94. Éste último se obtiene para valores de χ cercanos a 1.8.

4.4. Acoplador óptico lineal con modulación escalonada

Para el caso del acoplador óptico lineal con modulación escalonada también se consideraron las longitudes de integración de 2π , 4π y 6π . Al variar los valores de los parámetros μ y Ω se obtuvieron las gráficas expuestas en la figura 4.23. A partir de esta sección se utilizaron pasos de integración de 0.0001 para disminuir los errores numéricos.

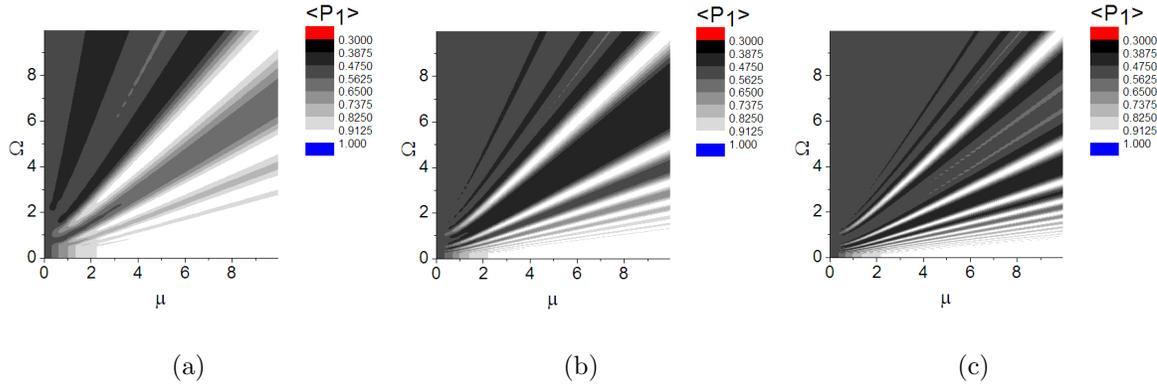


Figura 4.23: Potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ al variar μ y Ω para longitudes de integración de (a) 2π , (b) 4π y (c) 6π en el caso de modulación escalonada.

Al comparar las figuras 4.23(a), 4.23(b) y 4.23(c) se observa nuevamente que al aumentar el intervalo de integración las áreas de localización se reducen, por lo que existen menos valores de μ y Ω que permitan obtener la inhibición del tunelaje.

A continuación se muestran los resultados obtenidos al emplear una modulación armónica y una modulación escalonada en un intervalo de integración de 6π .

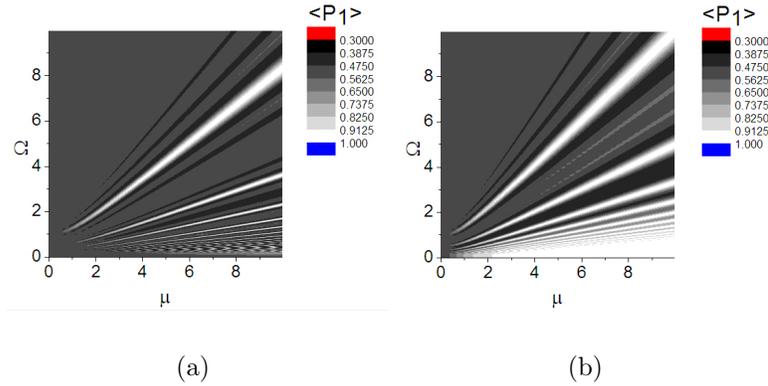


Figura 4.24: Potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ al variar μ y Ω para una longitud de integración de 6π considerando (a) una modulación armónica, (b) una modulación escalonada.

Si se comparan las gráficas 4.24(a) y 4.24(b), correspondientes a aplicar una modulación armónica y una escalonada, se observa que en el segundo caso se obtienen zonas de localización más amplias que además presentan cierto desplazamiento hacia frecuencias de modulación más altas. Asimismo, se amplía la zona de localización para valores pequeños de Ω cuando μ toma valores mayores a 2.

4.5. Acoplador óptico lineal con modulación semi-aleatoria

La modulación semi-aleatoria se obtuvo al generar un arreglo de números aleatorios los cuales son empleados para modificar ligeramente el valor de la profundidad de modulación cuando ésta es escalonada.

La potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ fue calculada únicamente para dos diferentes longitudes de integración: 2π y 4π cuando $s = 2.0$. Las gráficas que conforman la figura 4.25 muestran los resultados obtenidos, dejando ver, una vez más, la reducción

de las zonas de localización al aumentar la longitud de integración considerada. Por otra parte, las bandas presentan menor cantidad de blanco, que en la escala de colores indica valores entre 0.9125 y 1.000 de $\langle P_1 \rangle$, es decir, que las mejores localizaciones obtenidas son para valores discretos de los parámetros μ y Ω .

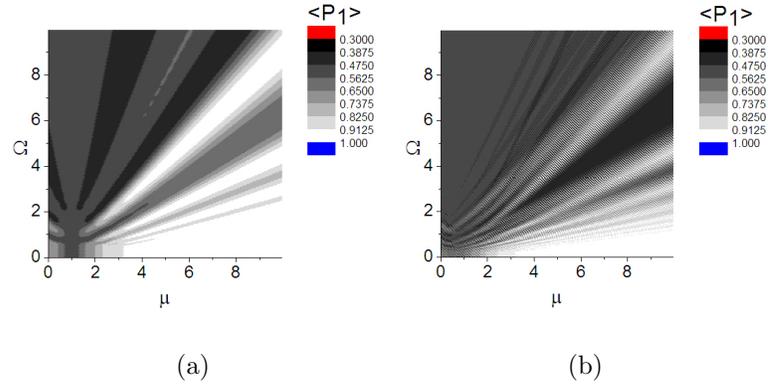


Figura 4.25: Potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ al variar μ y Ω para longitudes de integración de (a) 2π , (b) y 4π en el caso de modulación semi-aleatoria, cuando $s = 2.0$.

A continuación la figura 4.26 presenta nuevamente los resultados obtenidos para una longitud de integración de 4π para modulación escalonada y una semi-aleatoria cuando $s = 2.0$. Esta última exhibe un mayor número de bandas de localización, sin embargo, las localizaciones logradas en éstas son menores a las que se obtienen al emplear una modulación escalonada y únicamente se presentan para pares discretos de los parámetros μ y Ω .

Para poder apreciar el cambio que ocurre en $\langle P_1 \rangle$ cuando el parámetro s toma diferentes valores para el caso de modulación semi-aleatoria se han fijado $\mu = 2.0$ y $\Omega = 0.1$, mientras que s se ha variado de 0 a 10 en pasos de 0.2. El valor promedio de $\langle P_1 \rangle$ fue obtenido al repetir el cálculo de $\langle P_1 \rangle$ en un intervalo de integración de 4π al emplear 100 valores aleatorios diferentes guardados en un arreglo. Para cada valor de s se ha considerado el mismo arreglo de números aleatorios.

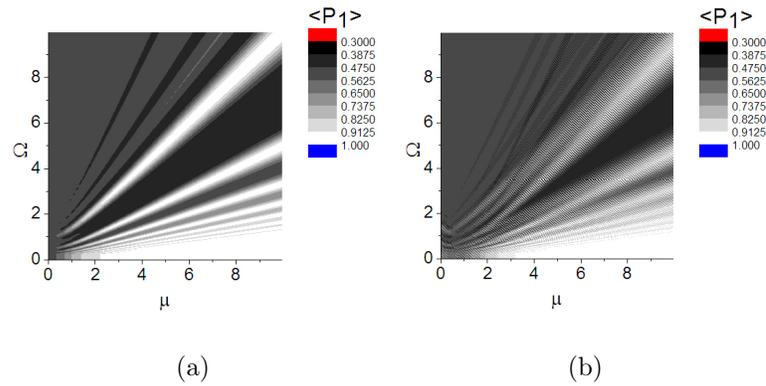


Figura 4.26: Potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ al variar μ y Ω para una longitud de integración de 4π para (a) una modulación escalonada y (b) una modulación semi-aleatoria cuando $s = 2.0$.

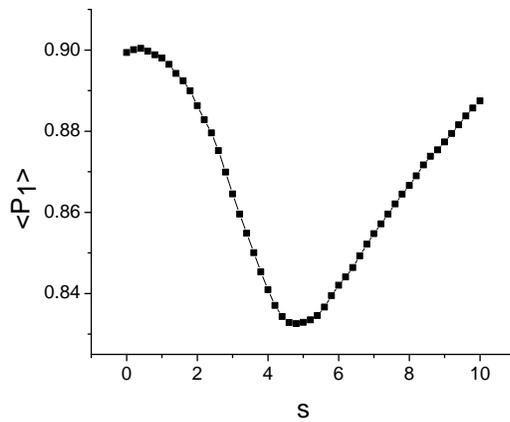


Figura 4.27: Potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ para diferentes valores del parámetro s en el caso de modulación semi-aleatoria para un intervalo de integración de 4π .

En la figura 4.27 se observa que cuando $s = 0.4$, $\langle P_1 \rangle$ tiene un máximo correspondiente a 0.90. Al aumentar el valor de s el valor promedio de $\langle P_1 \rangle$ disminuye, pero vuelve a aumentar cuando s está en el intervalo de valores estudiados y es mayor que 4.8.

4.6. Acoplador óptico lineal con modulación aleatoria

Como último caso se consideró un acoplador óptico lineal con modulación escalonada aleatoria. Para ello, se generó un arreglo de números aleatorios, los cuales fueron utilizados para multiplicar al término de modulación produciendo así una modulación escalonada con profundidades aleatorias.

Al igual que en la sección anterior, se realizaron los cálculos para de la potencia promedio para longitudes de integración de 2π y 4π . A continuación se muestran las gráficas obtenidas.

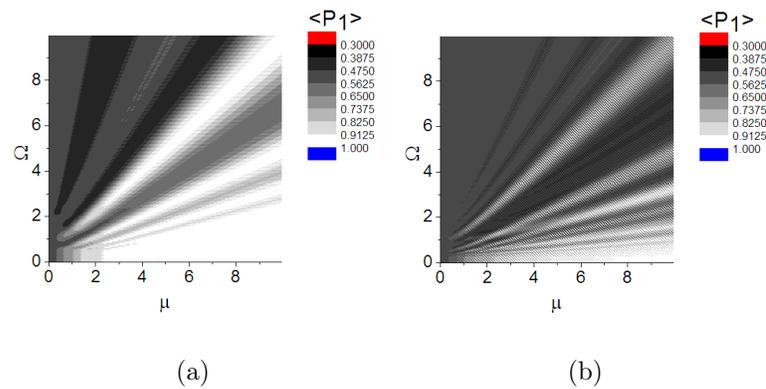


Figura 4.28: Potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ al variar μ y Ω para longitudes de integración de (a) 2π y (b) 4π en el caso de modulación aleatoria cuando $s = 2.0$.

Como puede observarse al comparar los resultados obtenidos al considerar una longitud de integración de 2π y otra de 4π con $s = 2.0$, para el segundo caso se obtuvo no sólo una reducción en la zona de localización, sino que el color blanco de la escala que indica mayores localizaciones con valores entre 0.9125 y 1.000 de la potencia promedio de la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ sólo se obtiene para pares discretos de los parámetros μ y Ω .

Para apreciar más claramente los cambios que introduce la modulación aleatoria con respecto a los resultados producidos por una modulación escalonada se muestran ambas gráficas en la figura 4.29. Como se distingue, la forma de las bandas de localización obtenidas mediante la modulación escalonada se aproxima a aquella de la modulación escalonada. Sin embargo, para modulación aleatoria solamente valores discretos de los parámetros μ y Ω permiten optimizar la localización de la luz en la guía de onda 1. 2

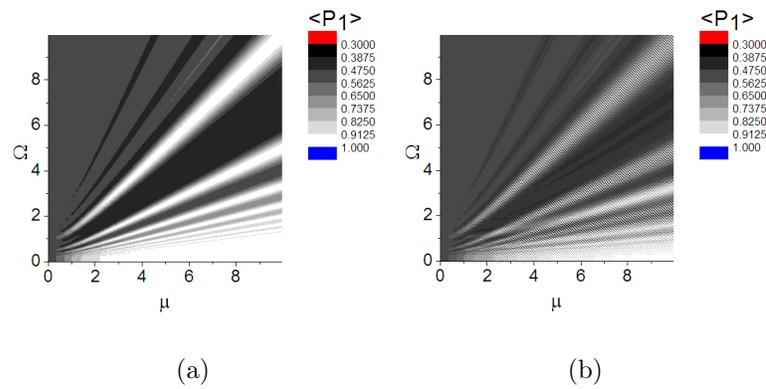


Figura 4.29: Potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ al variar μ y Ω para una longitud de integración de 4π para (a) una modulación escalonada y (b) una modulación aleatoria cuando $s = 2.0$.

Al igual que para el caso de la modulación semi-aleatoria se ha graficado el valor promedio de $\langle P_1 \rangle$ cuando $\mu = 2.0$ y $\Omega = 0.1$, y s se ha variado de 0 a 10 en pasos de 0.2. Los resultados se observan en la figura 4.30.

A diferencia del caso anterior, para una modulación aleatoria se obtuvo que al aumentar s , el valor promedio de $\langle P_1 \rangle$ también se incrementa. Aunque para valores pequeños de s esto ocurre de manera rápida, estos cambios se hacen más lentos cuando s sigue aumentando. En el último valor calculado se obtuvo $\langle P_1 \rangle = 1.92$ cuando $s = 10.0$.

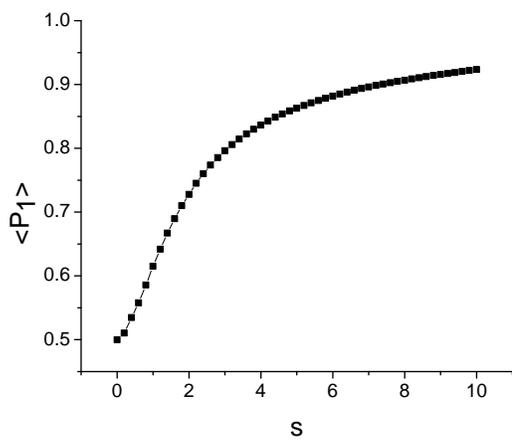


Figura 4.30: Potencia promedio en la guía de onda 1 $\langle P_1 \rangle$ para diferentes valores del parámetro s en el caso de modulación aleatoria para un intervalo de integración de 4π .