

# EJEMPLOS PRÁCTICOS

## LI-FINDOOR

HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN OPEN SOURCE

PARA SISTEMAS DE COMUNICACIONES ÓPTICOS INALÁMBRICOS



Universidad  
del Cauca

### DESARROLLADORES

Esteban Alberto Arteaga Benavides

Germán Homero Morán Figueroa

Director: MSc. Gustavo Gómez

*Universidad del Cauca*

Facultad de Ingeniería Electrónica Y Telecomunicaciones

Departamento de Telecomunicaciones

Grupo Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones - GNTT

Popayán, 2020

# Contenido

Pág.

<b>1. Pruebas de Funcionamiento.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Prueba a nivel de sistema .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Prueba a nivel de red.....</b>	<b>14</b>

# 1. Pruebas de Funcionamiento

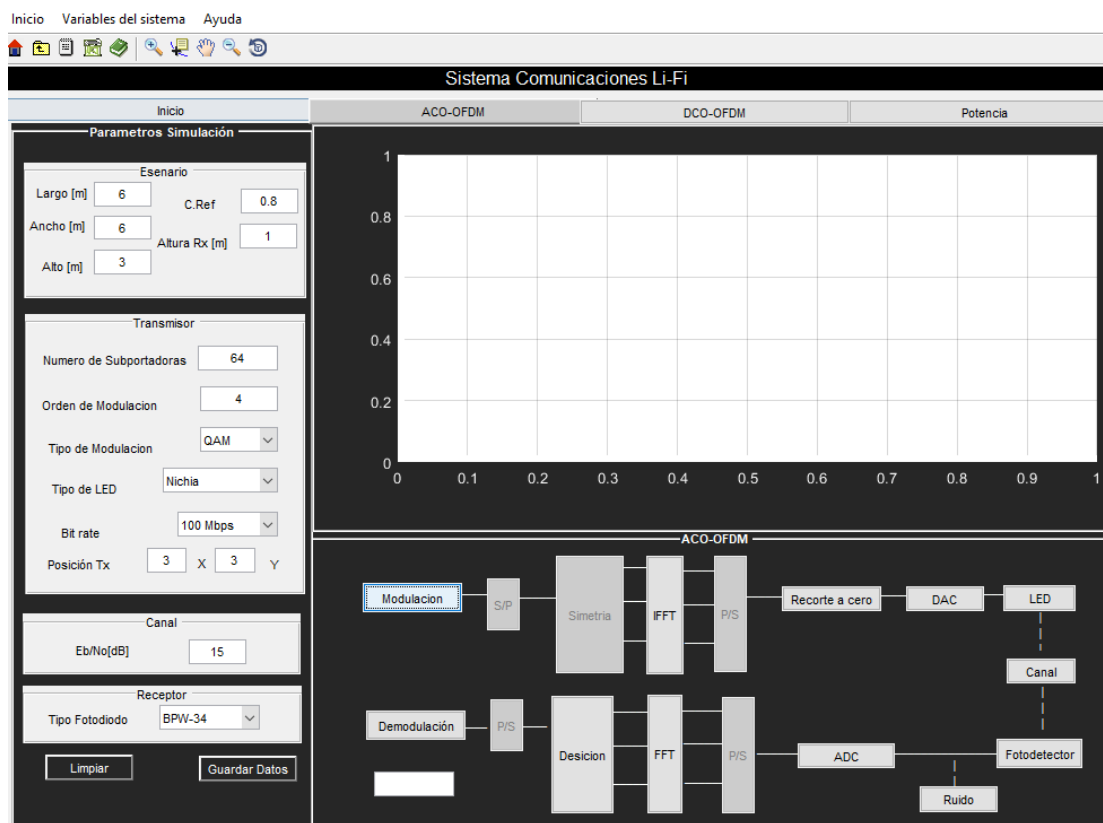
En esta sección mediante un ejemplo se analizan todas las funcionalidades de la herramienta.

## 1.1 Prueba a nivel de sistema

Para el análisis a nivel de sistema, la herramienta Li-Findoor proporciona 3 opciones básicas:

- Modulación ACO-OFDM
- Modulación DCO-OFDM
- Distribución de Potencia

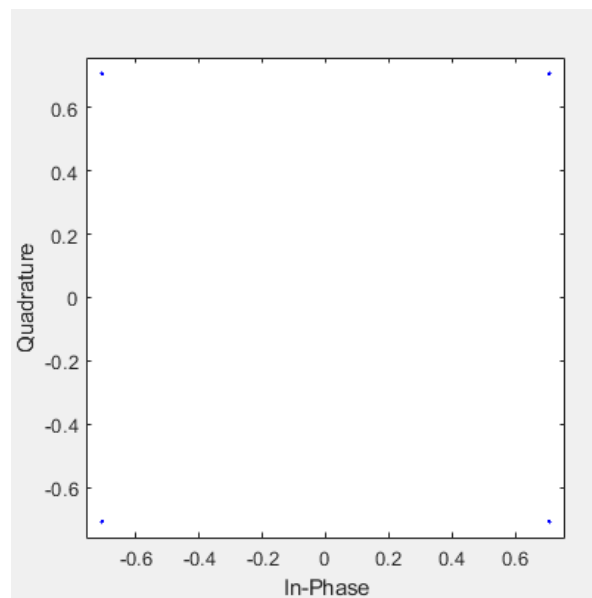
Las modulaciones DCO-OFDM y ACO-OFDM tiene una interfaz similar, sin embargo, existen algunas diferencias con algunos bloques debido a que realizan procesos diferentes. A continuación, se muestra un ejemplo de funcionamiento para un sistema Li-Fi que utiliza ACO-OFDM como técnica de modulación.



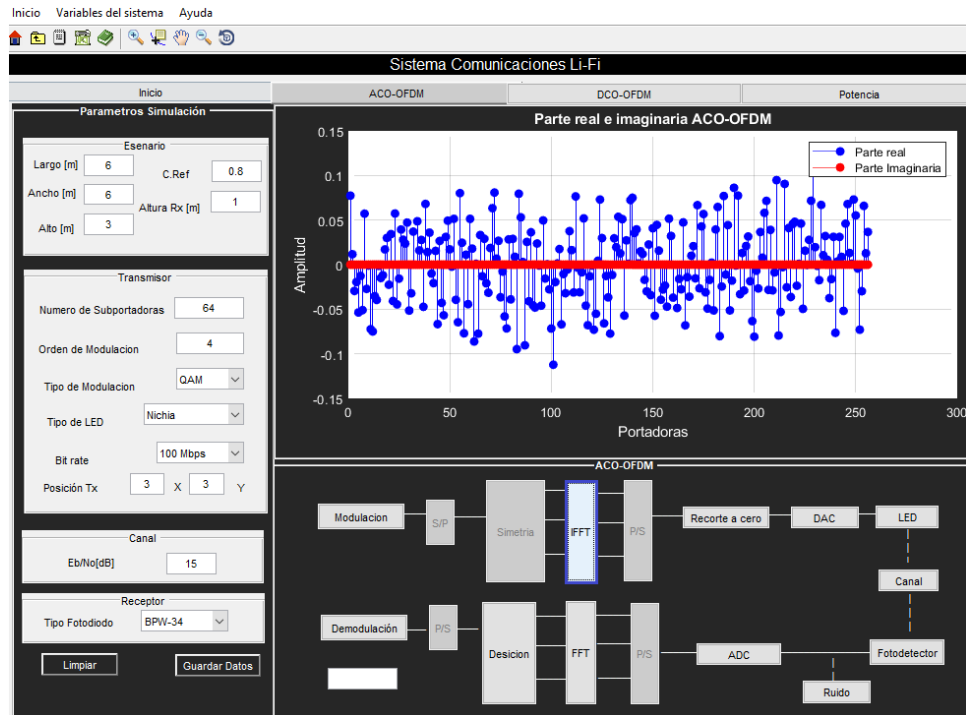
Inicialmente se definen los parámetros requeridos. En este caso se tiene un escenario de dimensiones **(6x,6y,3z)**, con un receptor a 1 mt del suelo y un coeficiente de reflexión de las paredes de 0.8, se consideran todas las paredes del

mismo material. De igual manera se definen los respectivos parámetros para el transmisor, canal y receptor. Es importante resaltar que en la herramienta se puede configurar la posición del transmisor, para este ejemplo el LED se encuentra ubicado en el centro de la habitación en el punto P (**3x, 3y, 3z**).

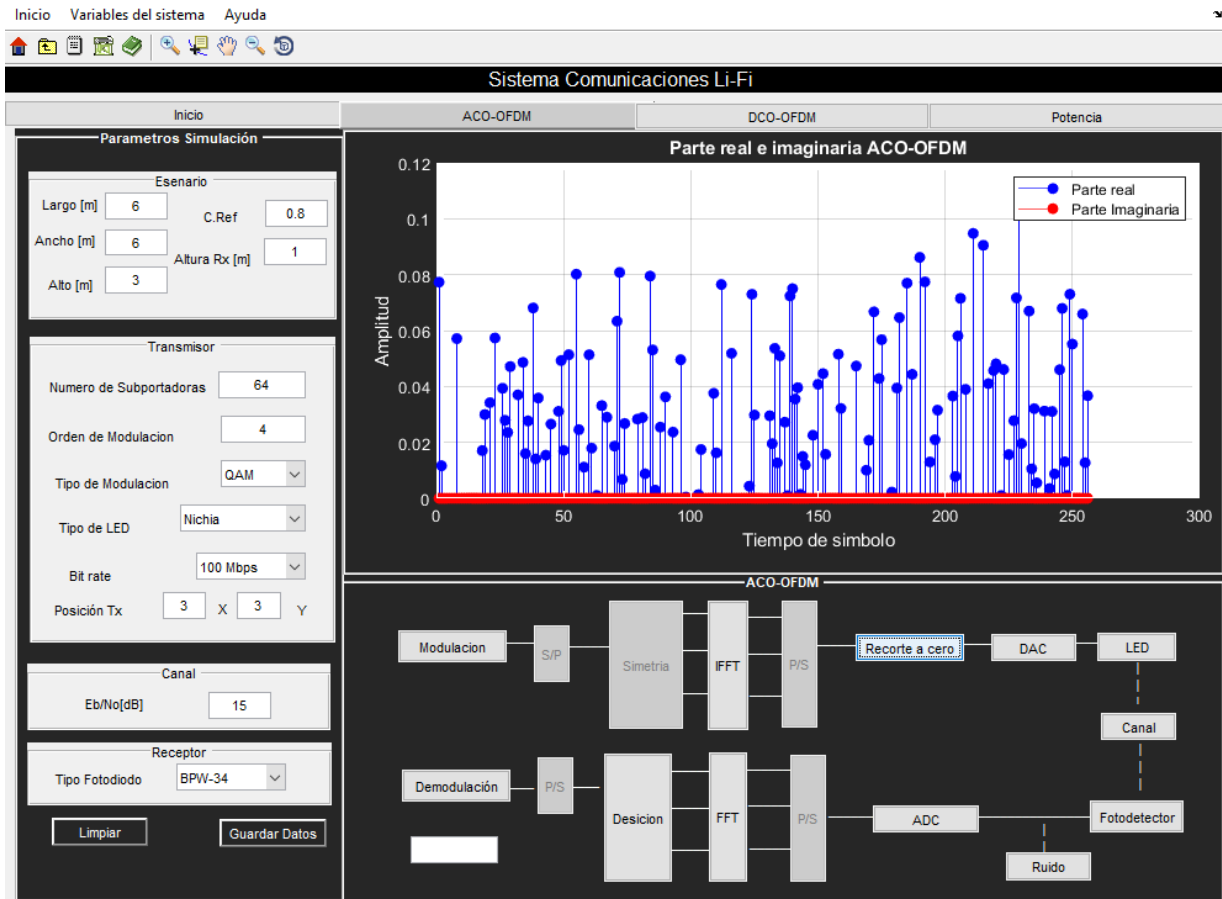
Una vez completados todos los campos requeridos se almacenan los datos en un **struct** con el fin de reutilizar variables en otras interfaces y evitar que el usuario ingrese de nuevo la misma información. Para analizar el comportamiento del sistema únicamente se debe dar Click sobre el bloque de interés, sin embargo, es importante mencionar que la primera vez que se ejecute la herramienta cada uno de los bloques deben ejecutarse de manera secuencial empezando desde **Modulación-IFFT-Recorte a cero-DAC-LED-Canal-Fotodetector-ruido-ADC-FFT-Decisión -Demodulación**. Debido a que se cada boque requiere parámetros de los bloques anteriores para su funcionamiento. Al dar Click sobre el bloque de **Modulación** se obtiene la constelación de símbolos transmitidos



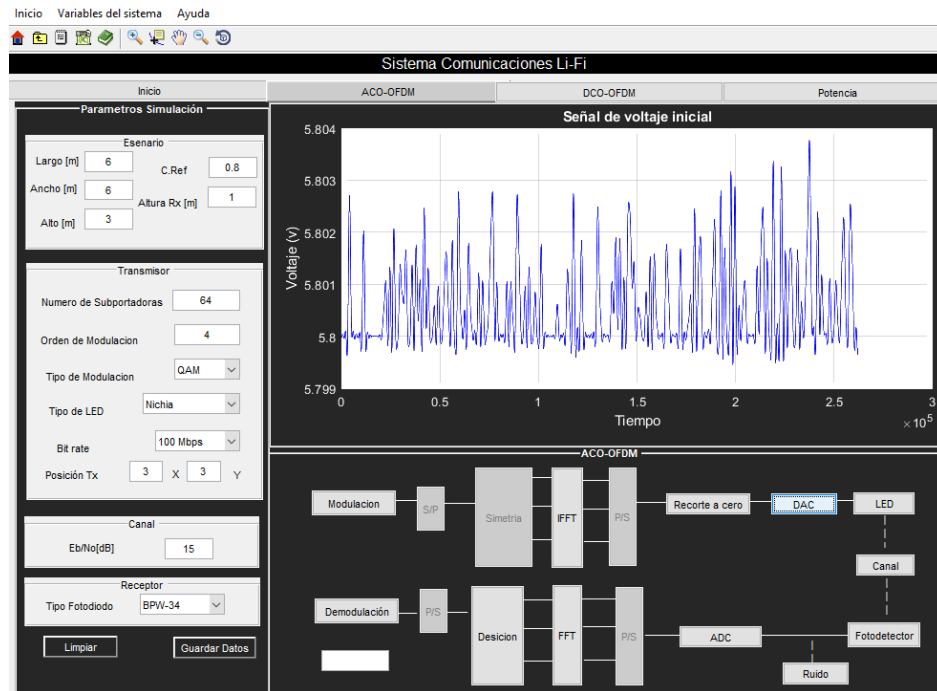
Igualmente, al dar Click sobre el bloque **IFFT** se obtiene la señal ACO-OFDM que cumple la condición de simetría hermitica es decir que todos los símbolos son reales, es importante resaltar que todas las gráficas solo muestran el primer símbolo OFDM para poder visualizar el comportamiento de la señal.



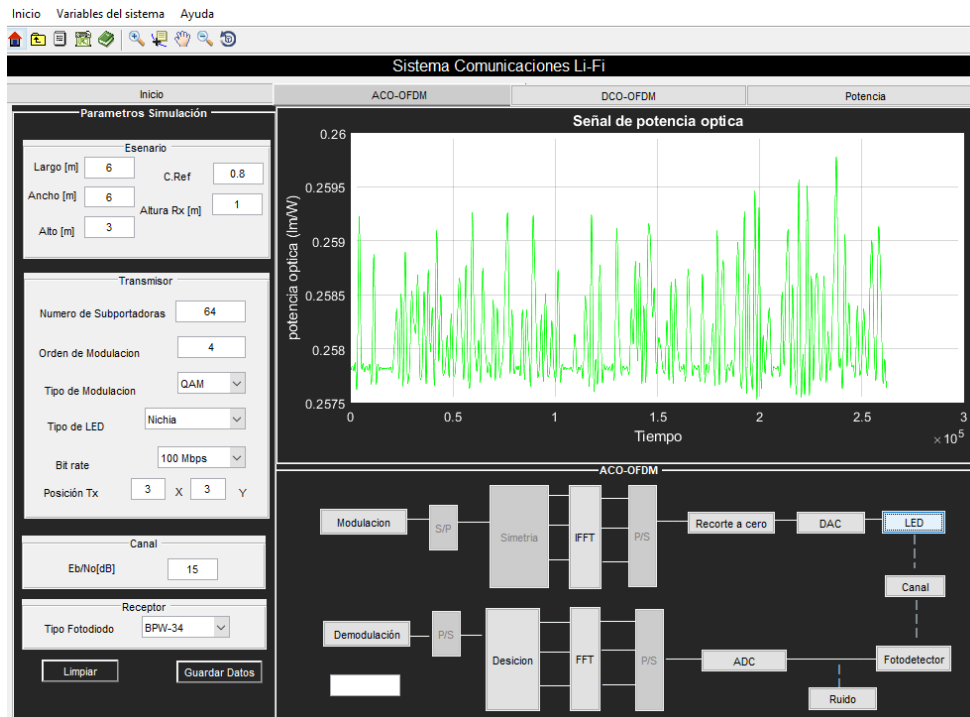
Si se continua con el proceso y ahora se da Click sobre el bloque **Recorte a cero** se obtiene la señal ACO-OFDM recortada, donde se observa que no tiene ninguna componente negativa.



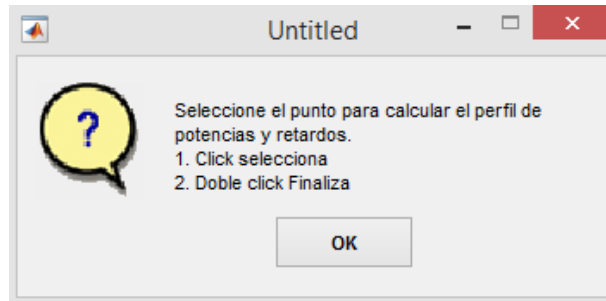
Cuando ya se tiene una señal completamente positiva se procede a realizar la conversión DAC para poder modular la intensidad del LED.



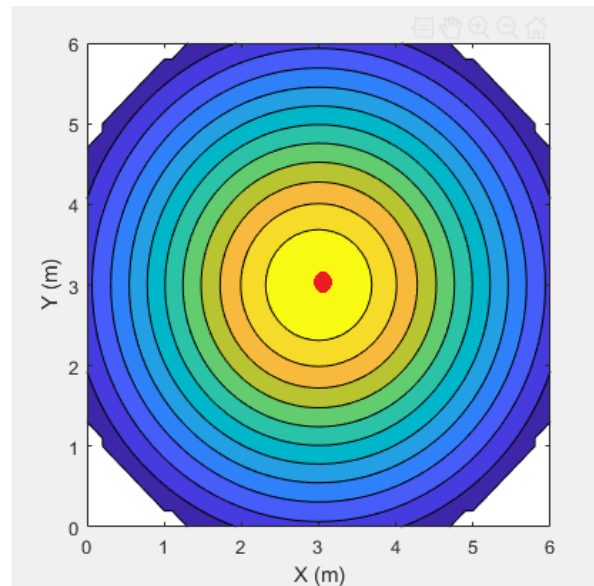
La figura, muestra la señal óptica que se obtiene al dar Click sobre el **Bloque LED**, este bloque internamente permite convertir la corriente eléctrica a potencia óptica teniendo en cuenta las curvas características del transmisor LED.



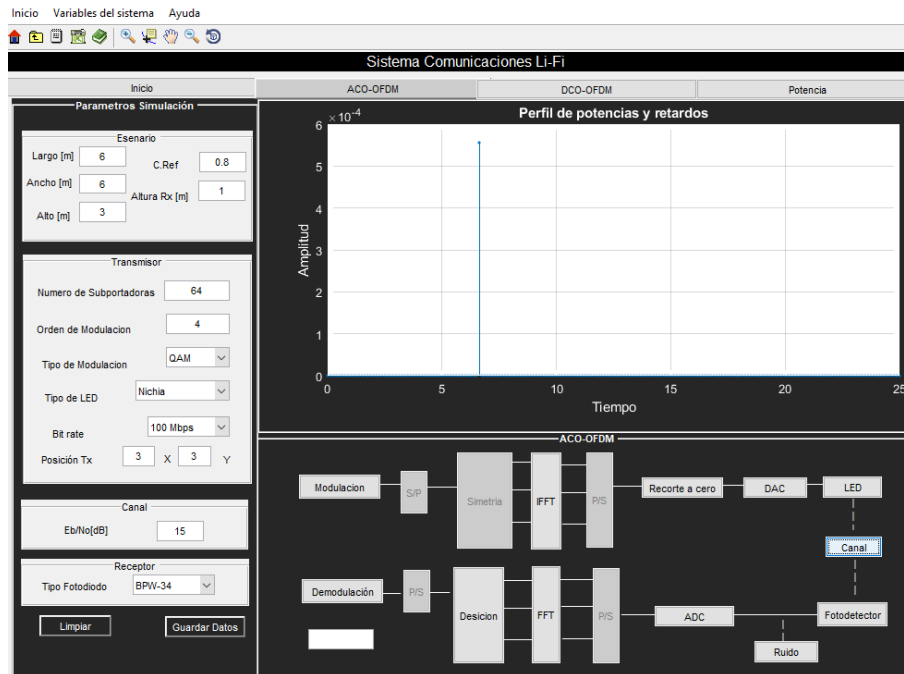
Dentro de la herramienta el **Bloque canal** permite obtener el perfil de potencia-retardo del sistema de acuerdo a la ubicación del receptor. Cuando el usuario selecciona el **bloque canal** se desplegará la ventana de la figura, donde se muestran las instrucciones que se deben seguir para calcular el perfil de potencia-retardo. Es importante mencionar que el usuario puede seleccionar varios puntos del plano de recepción, sin embargo, la herramienta solo tomara en cuenta el último punto seleccionado.



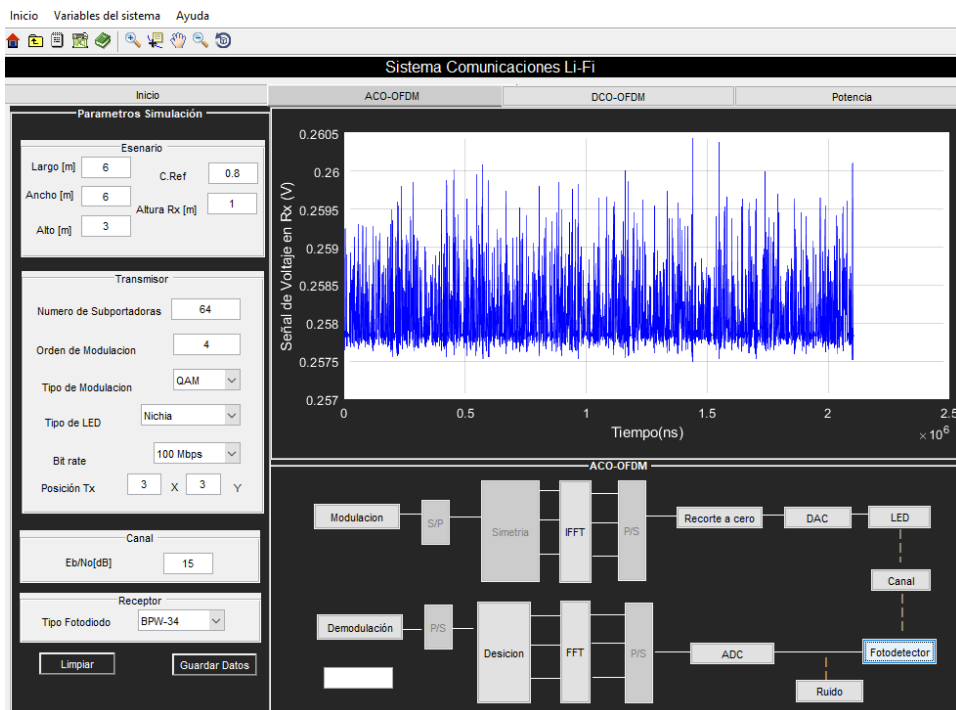
En la Figura se muestra el plano de recepción donde se puede elegir cualquier punto para ubicar receptor. En este caso el usuario ha seleccionando el punto  $P(3x, 3y)$  identificado de color rojo. En la **Error! Reference source not found.** se muestra el perfil de potencia-retardo para este punto.



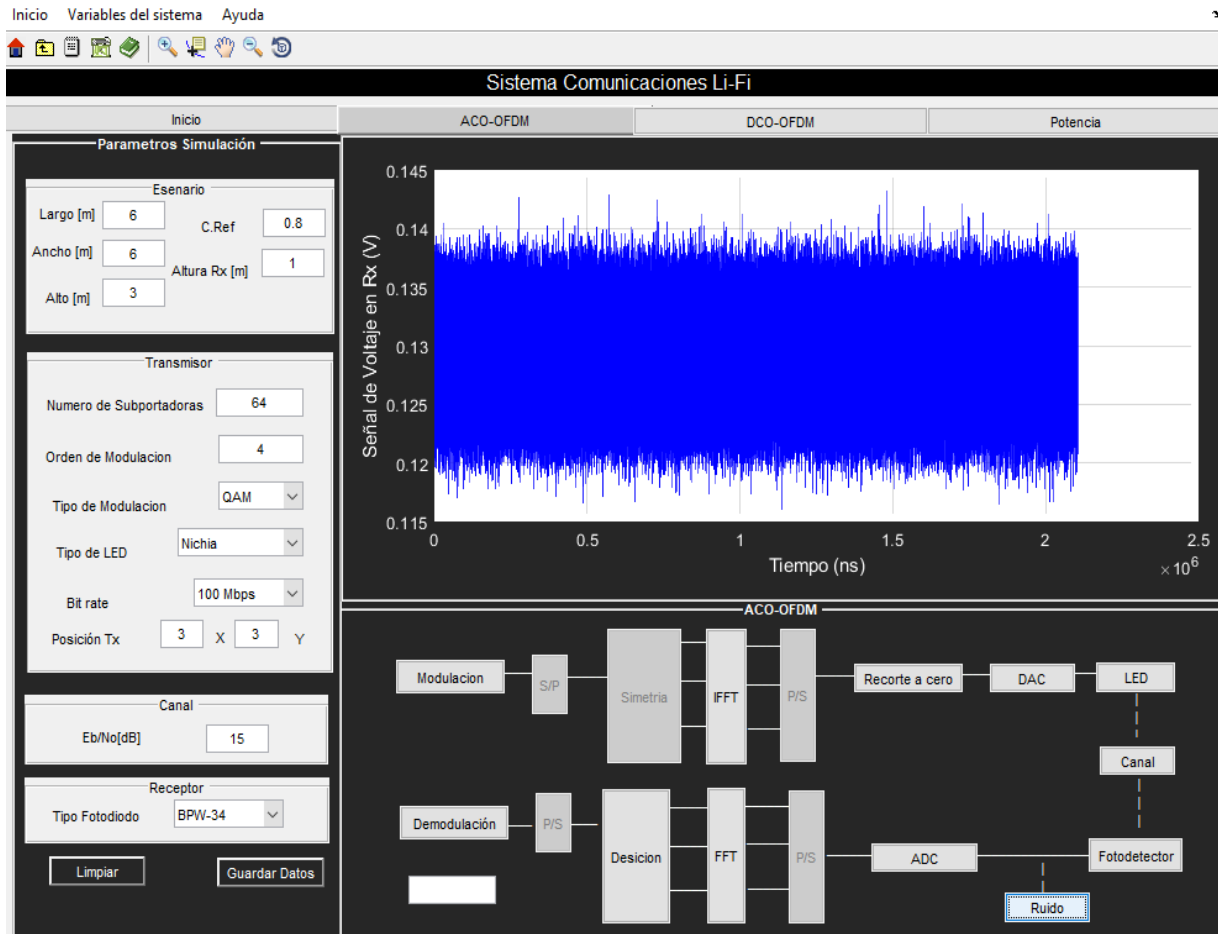




En recepción, el **bloque Fotodetector** permite realizar la conversión óptico/eléctrica de la señal.



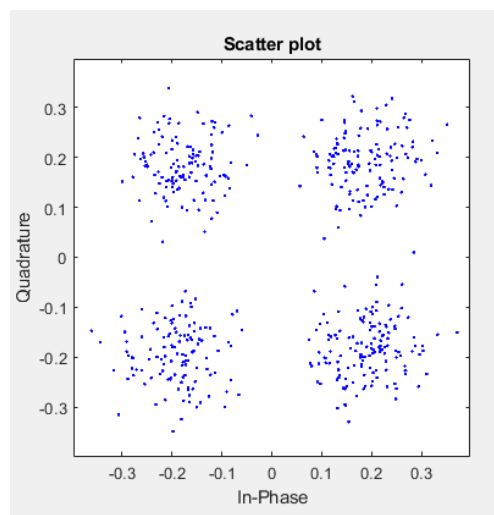
La señal en recepción se puede ver afectada por el ruido eléctrico que se modela como AWGN, si se selecciona el **bloque ruido** se muestra la señal contaminada con ruido.



El siguiente proceso es realizar la conversión Análoga/Digital de la señal tal como se muestra en la Figura.

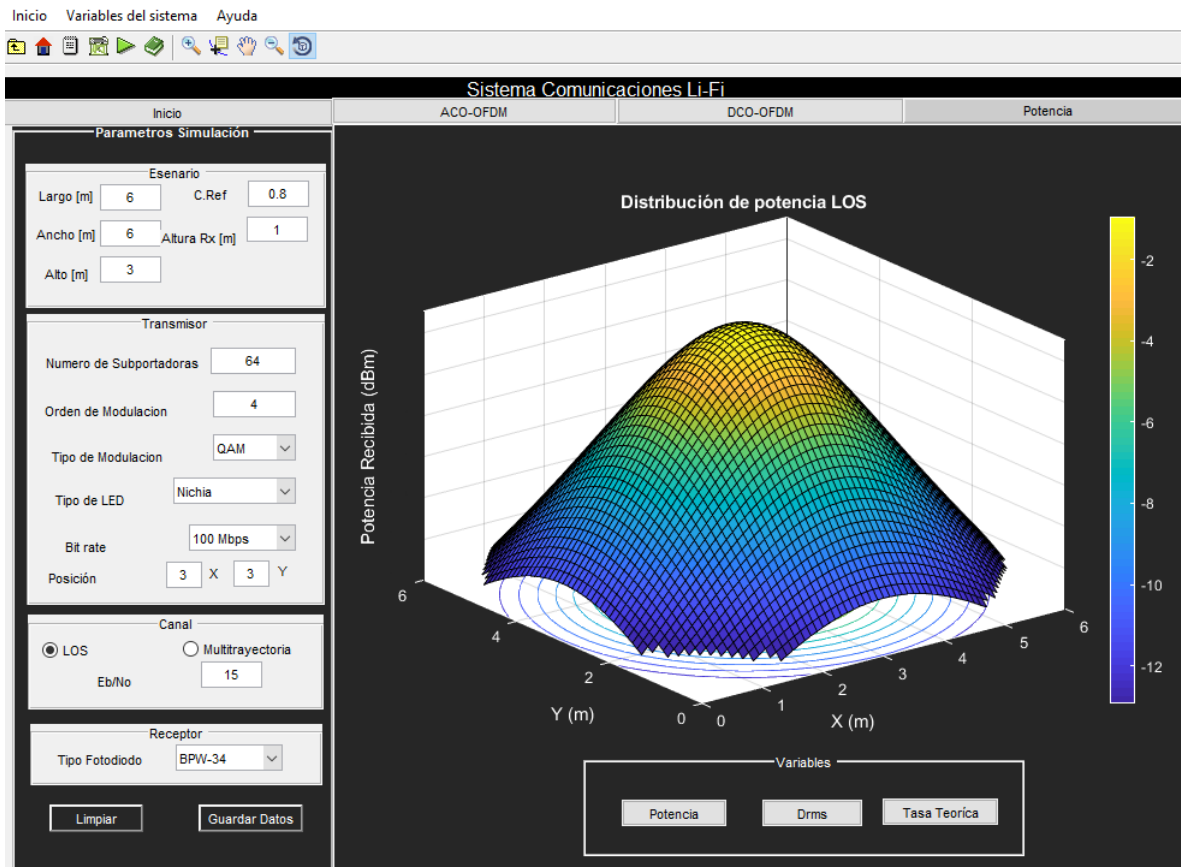


Finalmente, el **bloque FFT** permite transformar las señales del dominio del tiempo discreto a la frecuencia discreta, en este bloque también se extraen las subportadoras de información para la respectiva demodulación. En la figura se muestra la constelación de símbolos recibidos.

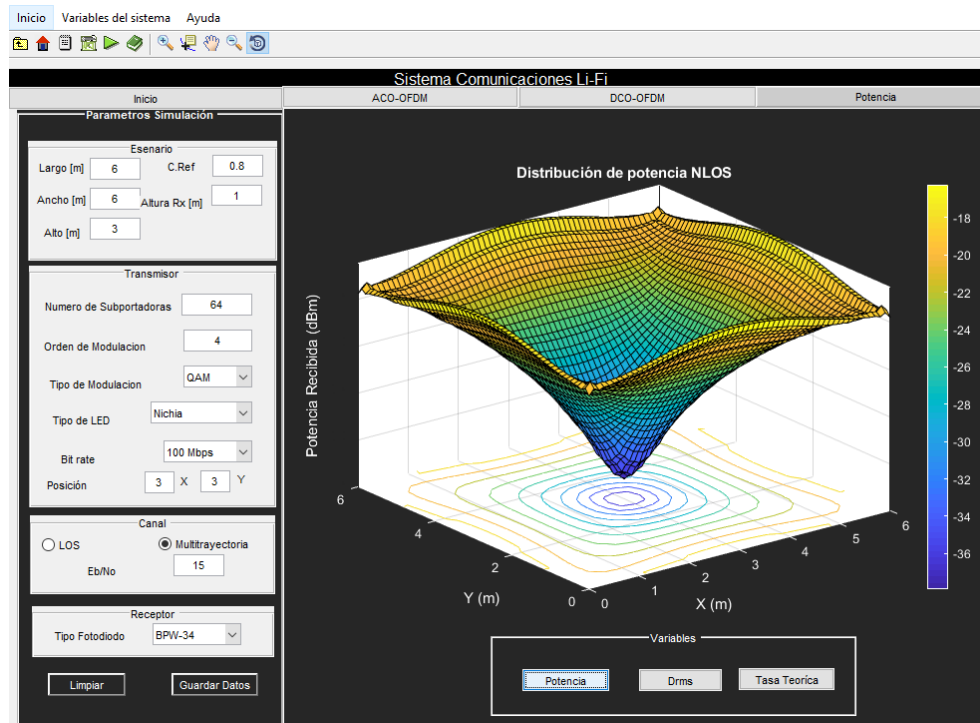


Por último, cuando el usuario selecciona el **bloque demodulación** se obtiene la tasa de error de bit para la ubicación del receptor previamente seleccionada. La tasa de error de bit puede cambiar al variar la posición del receptor como también

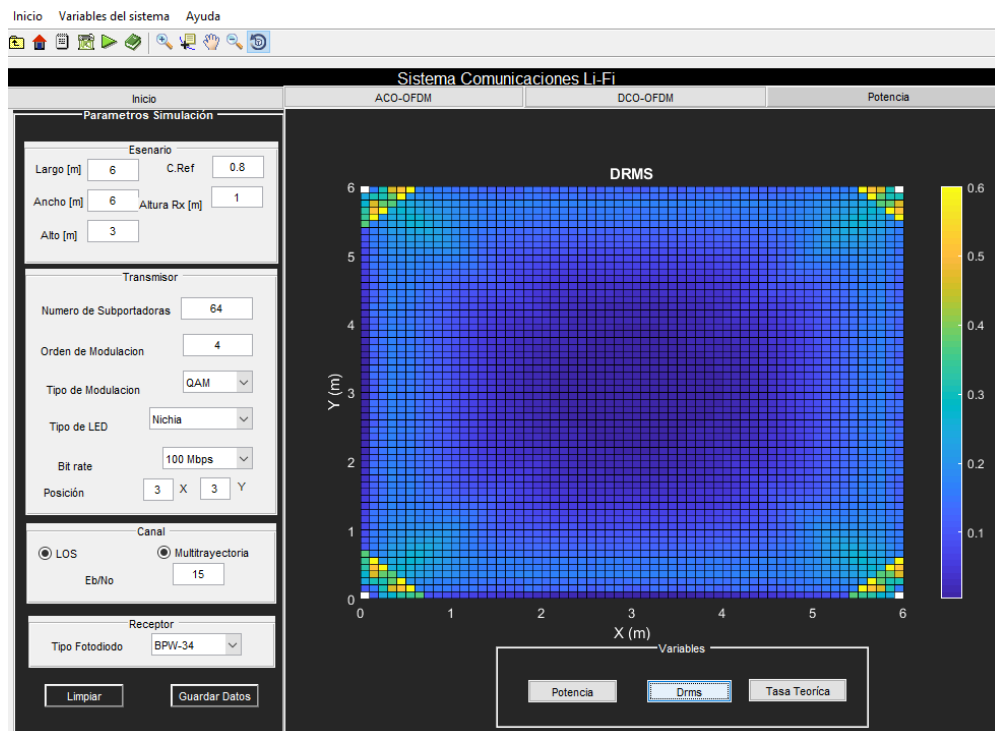
la tasa de transmisión debido a que para altas velocidades el efecto multirayectoria es considerable. Otra funcionalidad de la herramienta es que permite calcular la distribución de potencia dentro de la habitación teniendo en cuenta el modo de propagación de la señal que puede ser Línea de Vista o multirayectoria. En la figura se muestra la interfaz gráfica y la configuración que permite calcular la distribución de potencia cuando existe LOS.



Si el usuario selecciona únicamente la opción multirayectoria la distribución de potencia se muestra de la siguiente forma.




La interfaz también permite calcular la máxima dispersión del retardo mediante el **bloque DRMS** como se muestra en la figura.

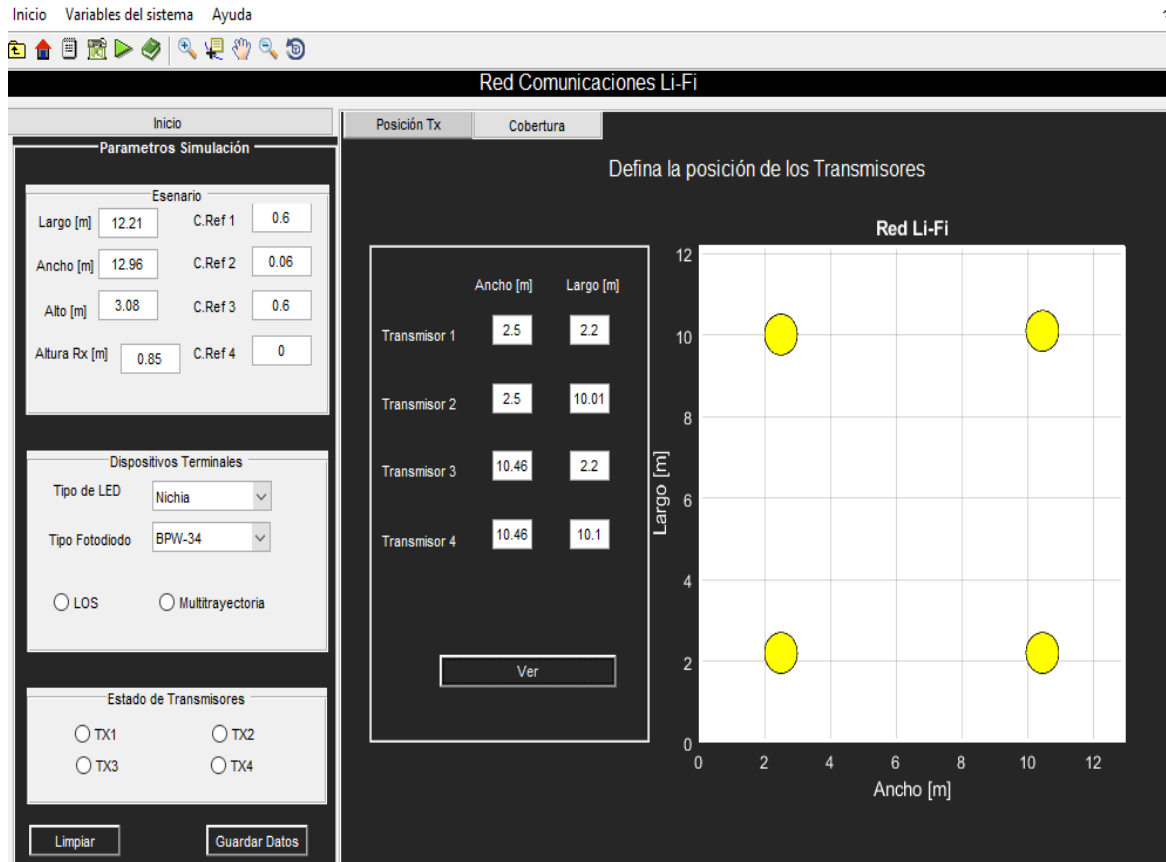


## 1.2 Prueba a nivel de red.

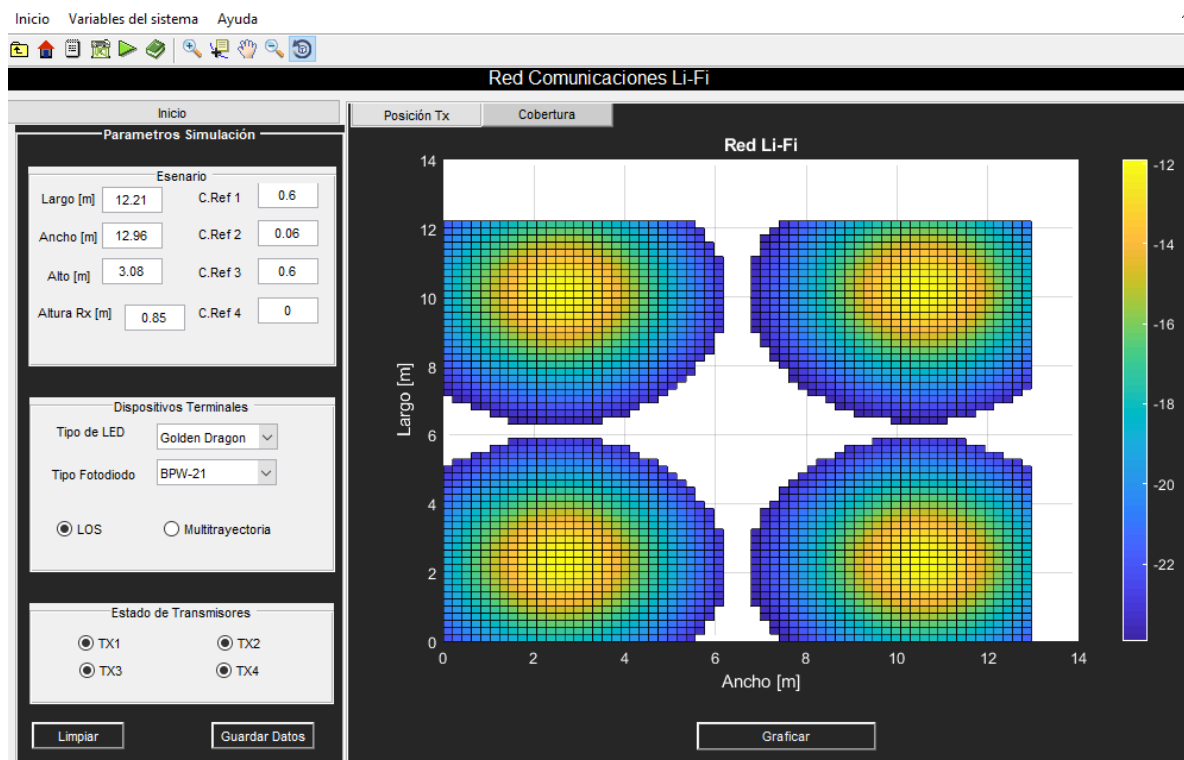
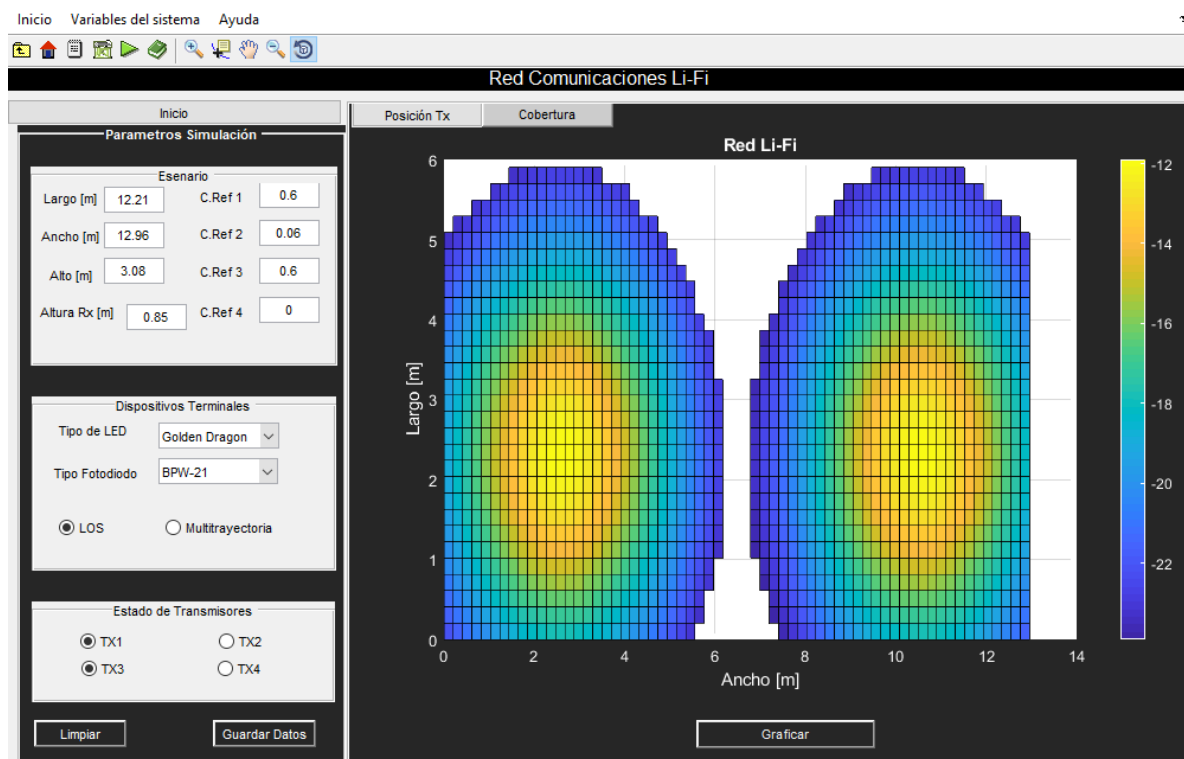
Para el análisis a nivel de red se dispone de la interfaz de la figura que permite caracterizar el escenario de simulación según las dimensiones reales de la habitación, el material de las paredes mediante el coeficiente de reflexión, el tipo de transmisor, tipo de receptor y la forma de propagación de la señal. La interfaz de usuario cuenta con 2 opciones Posición Tx y Cobertura.

En la pestaña **posición Tx** se define la posición de los 4 transmisores dentro de la habitación, mientras que en la pestaña **Cobertura** se muestra los mapas de potencia para cada uno de los transmisores.

Inicialmente se debe definir la ubicación de los transmisores, y mediante el botón **VER** se observa la disposición de estos en el plano cartesiano, tal como se muestra en la figura. El usuario puede definir cualquier ubicación para los transmisores LED, sin embargo, se debe tener en cuenta que una mala ubicación generará interferencia entre fuentes adyacentes. La ubicación de los 4 transmisores está definida de tal manera que no exista interferencia, para obtener esta posición únicamente se selecciona la opción **Cargar datos**  y todos los parámetros iniciales del sistema se cargan automáticamente a la herramienta, si se desea hacer alguna modificación basta con presionar el botón **Guardar Datos**.

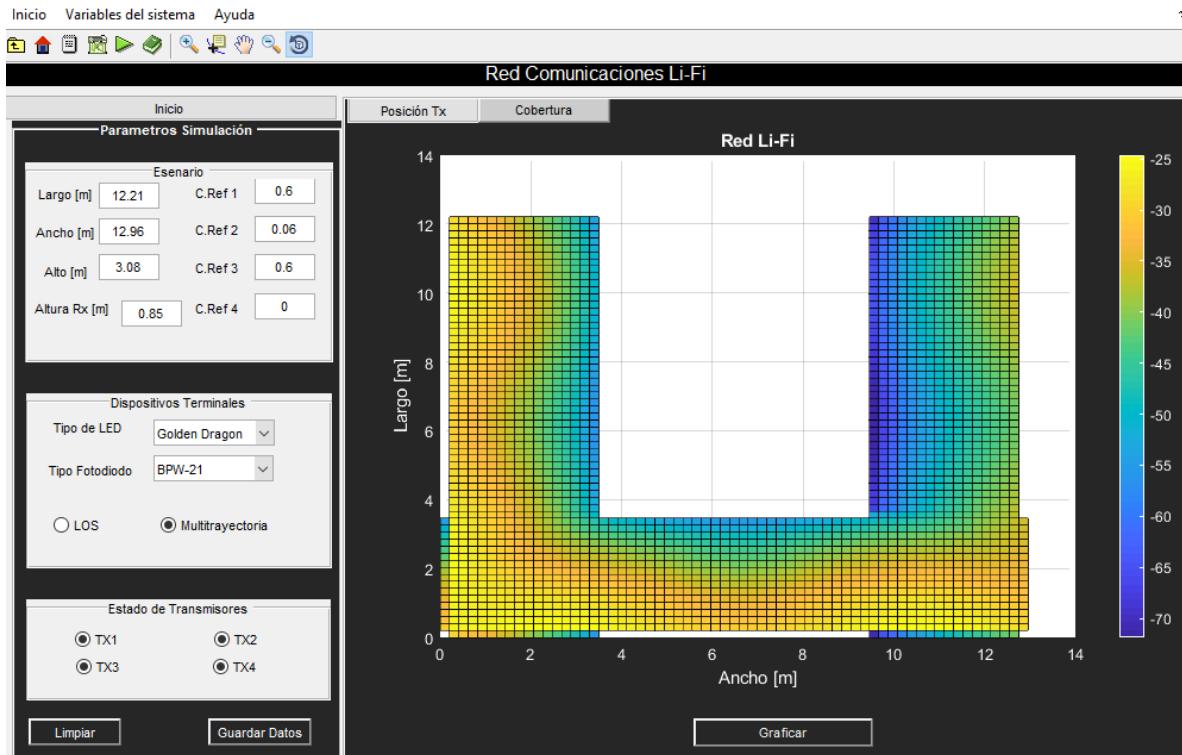


Una vez se defina la posición de los 4 transmisores LED y todos los parámetros de configuración se procede a calcular la **Cobertura** de la red. La interfaz gráfica que permite calcular la Cobertura se muestra en la figura donde se observa que se puede controlar el estado de los LEDs (ON-OFF), en este caso se han encendido el transmisor 1 y 3 por lo que se brinda cobertura únicamente a la mitad de la habitación. Cuando se encienden los 4 transmisores LED la distribución de potencia se muestra en la siguiente figura, donde se observa que gran parte del área de la habitación tiene cobertura, sin embargo existen zonas muertas donde no hay presencia de señal.

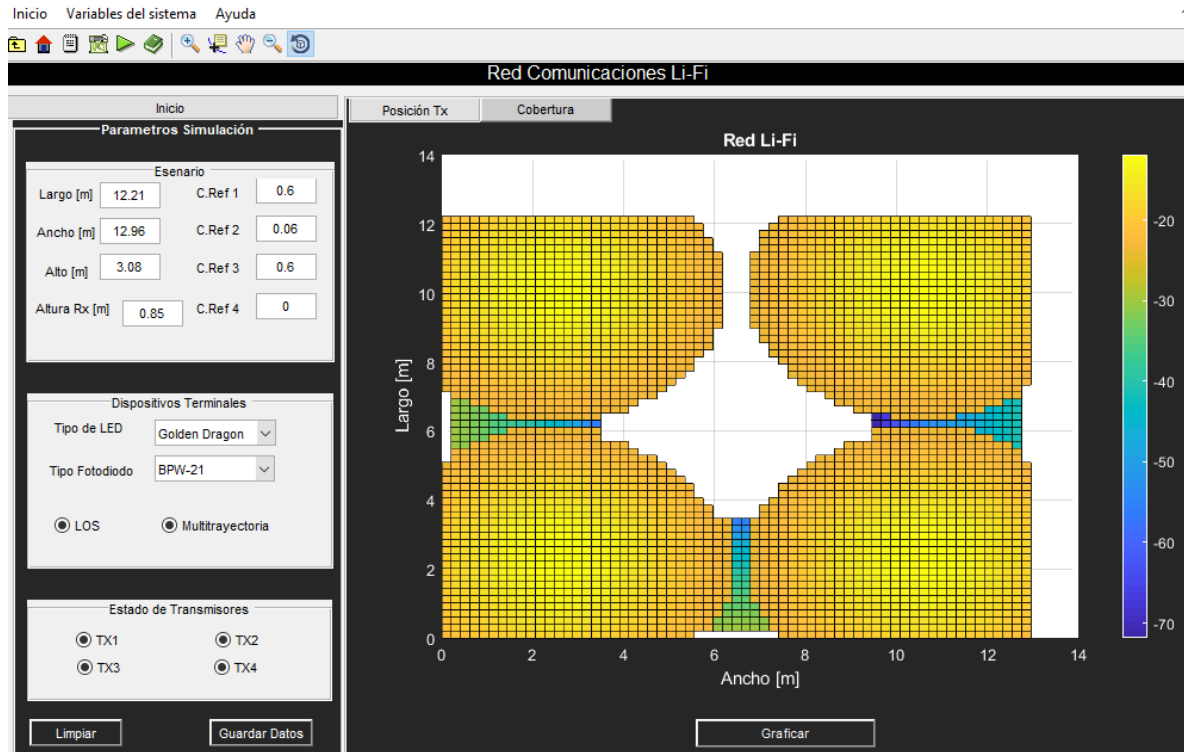




En la **Error! Reference source not found.** se muestra otro tipo de configuración, es decir se tiene multitrayectoria y los 4 transmisores LED se encuentran encendidos.



Finalmente, en la siguiente figura se muestra la distribución de potencia total dentro de la habitación cuando los 4 transmisores LED se encuentran encendidos, y se tiene en cuenta la propagación de la señal cuando existe Línea de Vista y multitrayectoria.



Esta es la versión 1.0 del documento: Ejemplos Prácticos, Li-Findoor herramienta de simulación Open Source para sistemas de comunicaciones ópticos inalámbricos; elaborado dentro del contexto de la Especialización en TIC para la Innovación Educativa - Curso Recursos Educativos Abiertos año 2020. Esta documentación se comparte con una licencia

[Creative Commons Atribución - No Comercial - Compartir Igual 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)