

**DISEÑO DE TUTORIAL Y DE EJERCICIOS DE SIMULACIÓN DE REDES
INALÁMBRICAS CON EL SOFTWARE RPS (RADIOWAVE PROPAGATION
SIMULATOR) DE LIBRE DISTRIBUCIÓN Y VERSIÓN ESTUDIANTIL**

ING. LUIS GABRIEL SANDOVAL

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2008**

**DISEÑO DE TUTORIAL Y DE EJERCICIOS DE SIMULACIÓN DE REDES
INALÁMBRICAS CON EL SOFTWARE RPS (RADIOWAVE PROPAGATION
SIMULATOR) DE LIBRE DISTRIBUCIÓN Y VERSIÓN ESTUDIANTIL**

ING. LUIS GABRIEL SANDOVAL

DIRECTOR

Ing. Samuel Gonzalo Pinzón Barrios

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2008

TABLA DE CONTENIDO

	Pg.
INTRODUCCION	12
1. REDES INALAMBRICAS	13
1.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES INALÁMBRICAS	13
1.2. TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS SEGÚN SU ALCANCE GEOGRÁFICO	13
1.2.1. Wireless WAN (Wide Área Network)	14
1.2.2. Wireless LAN (Local Área Network)	14
1.2.3. Wireless PAN (Personal Área Network)	15
1.3 TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS	15
1.3.1. Ad hoc	15
1.3.2. Infraestructura	16
1.4. VENTAJAS DE LAS REDES INALÁMBRICAS	17
1.5 ¿QUÉ ES UN SIMULADOR?	18
1.6. ¿QUÉ ES EL RPS VERSIÓN 5.3?	19
1.6.1 Características del RPS	19
1.6.2. Funcionalidades del RPS	20
1.6.2.1. Predicción Algoritmos según la intensidad	20
1.6.2.2. Interfase Grafica	21
1.6.2.3. Barra de herramientas con las que cuenta el software RPS	21
1.6.2.4. Parámetros Para el Sistema	26
1.6.2.5. Elementos que componen el RPS Versión 5.3	26
2. PASOS A SEGUIR PARA UNA SIMULACIÓN	27
2.1 DIAGRAMA DE FLUJO	27
2.2 CAPTURA DE LA IMAGEN	28
2.2.1. Como agregar un nuevo edificio	29
2.3. AÑADIENDO UNA ESTACIÓN DE BASE (EMISORA)	34
2.3.1. Parámetros de transmisión de una antena.	36
2.4. Añadiendo una estación base (receptora)	37
2.5 PREDICCIONES DE CAMPO DE FUERZA.	38
2.5.1 Fase de preparación de la simulación	38
2.5.2 Etapas de la Simulación en nivel 2.5D	40
2.6. ANÁLISIS DE LA SIMULACIÓN.	41
2.6.1.Resultados del software	41
2.6.2. Vistas en 2D y 3D.	41
2.6.3. Elementos de superficie	43
2.7. ANÁLISIS ADICIONAL	44
2.8. ASIGNACIÓN DE PATRONES DE RADIACIÓN A LAS ANTENAS	45

EMISORAS	
3. CONFIGURACIÓN DEL RPS EN UN AMBIENTE DISEÑADO POR EL USUARIO	48
3.1. DIAGRAMA DE FLUJO	48
3.2. CONFIGURACIÓN DEL NUEVO AMBIENTE	49
3.3. DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL MATERIAL.	50
3.3.1 Selección del material	50
3.4. Construcción de elementos del ambiente	52
3.4.1 Construcción de un componente típico (casa)	53
3.4.2. Creación del techo para el edificio o casa	55
3.4.3. Creación del piso	57
3.4.4 Eliminación de elementos	58
3.4.5. Medida de distancia de muros	59
3.4.6 Detección de bordes de difracción	59
3.5. CONFIGURACIÓN DE RED	59
3.5.1. Importación de tipos de antenas de la base de datos	60
3.5.2 Añadiendo antena de transmisión a la configuración de red	61
3.5.2.1 Definición de parámetros de la antena	61
3.5.2.2 Mover la antena	62
3.5.2.3 Modificar la altura de la antena	62
3.5.2.4 Cuadro de resumen de características	62
3.5.2.5 Creación de filtros especializados	62
3.5.2.6 Estados del transmisor	63
3.5.2.7 Borrar un transmisor	63
3.5.3. Añadiendo una antena receptora a la configuración de red	64
3.5.3.1 Grupos de receptores	64
3.5.3.2 Renombrar los receptores	64
3.5.3.3 Posicionando receptores	64
3.5.3.4 Vista previa de las características del receptor	65
3.5.3.5 Eliminación de antenas receptoras	66
3.5.4 Simulación	67
3.6. CAPAS DE ANÁLISIS.	67
3.6.1. Cobertura	67
3.6.2 Cuadros de superficie de propagación de retraso	68
3.6.3. Cuadros de superficie de retraso angular	69
4. CONFIGURACION DEL RPS EN UN AMBIENTE INDOOR.	70
4.1. CONFIGURACIÓN DE RED CON DOS TRANSMISORES Y CUBRIMIENTO TOTAL DE LA SUPERFICIE DEL CUARTO.	70
4.1.1 Diagrama de antenas (Transmisoras y receptoras)	70
4.1.2 Resultados de la simulación	71
4.1.2.1 Cobertura	71
4.1.2.2. Cuadros de Superficie de Celular	71
4.1.2.3 Proporción señal-a-interferencia (SIR) de los cuadros de superficie	72
4.1.2.4. Cuadros de superficie de propagación de retraso	73
4.1.2.5. Cuadros de superficie de retraso angular	73
4.2. CONFIGURACIÓN DE RED EN UN ENTORNO DE CASA	73

4.2.1. Diagrama de antenas y receptores	74
4.2.2. Resultados de la simulación	74
4.2.2.1. Cobertura	74
4.2.2.2. Cuadros de Superficie de Celular	75
4.2.2.3 Proporción señal-a-interferencia (SIR) de los cuadros de superficie	75
4.2.2.4. Cuadros de superficie de propagación de retraso	76
4.2.2.5. Cuadros de superficie de retraso angular	76
5. CONCLUSIONES	78
BIBLIOGRAFIA	80
ANEXO	81

LISTA DE TABLAS

Pg.

Tabla 1. Barras estándar.	22
Tabla 2. Barra de elementos de simulación.	23
Tabla 3. Barra de gráficos	23
Tabla 4. Función de vista y aumentos	24
Tabla 5. Funciones de selección de objetos	25
Tabla 6. Iconos de modificación de gráficos	25
Tabla 7. Propiedades de capa material	51

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
Figura 1. Interfase	19
Figura 2. Modelo de la herramienta RPS	20
Figura 3. Muestra de apertura de proyecto	28
Figura 4. Ambiente de área urbana	29
Figura 5. Comando de coordenadas	29
Figura 6. Activación de capa de materiales	30
Figura 7. Activación de SNAP	30
Figura 8. Comando <i>Draw Wall along Polyline</i>	31
Figura 9. Determinación de la altura del muro	31
Figura 10. Nuevo edificio en el ambiente urbano	32
Figura 11. Herramientas de giro y ampliación	32
Figura 12. Ampliación del bloque construido	32
Figura 13. Cambio de material para el techo.	33
Figura 14.a) Icono de colocación de techo	34
Figura 14. b) Icono de 2D	34
Figura 15. Cuadro de diálogo del tamaño de la cuadrícula	35
Figura 16. Parámetros de modificación de un transmisor	35
Figura 17. Parámetros modificados	37
Figura 18. Parámetros de la antena receptora	38
Figura 19. Parámetros de configuración del trazo de rayas	39
Figura 20. Botón de simulación y parámetro del algoritmo.	40
Figura 21. Resultado gráfico de la simulación	40
Figura 22. Muestra de tonalidades de recepción	41
Figura 23. Resultado de la simulación en 2D y 3D.	42
Figura 24. Escenario de capas	43
Figura 25. Iconos de giro, rotación, cobertura y 3D.	44
Figura 26. Diagrama gráfico del cubrimiento de ancho de banda a lo largo de un curso	44
Figura 27. Importación de una nueva antena.	45
Figura 28. Selección de una nueva antena	46
Figura 29. Resultado de la nueva simulación con la antena dipolo.	46
Figura 30. Despliegue del diagrama polar de la antena dipolo.	47
Figura 31. Parámetros adicionales para variar en la antena dipolo	47
Figura 32. Importación de una imagen	48
Figura 33. Comandos gráficos	50
Figura 34. Habilitación de capa de materiales.	50
Figura 35. Parámetros a variar en la capa de materiales	52
Figura 36. Resumen de materiales con características	52

Figura 37. Vista de dos paredes del diseño del edificio	54
Figura 38. <i>Object Snap End</i>	54
Figura 39. <i>Duplicate Objects</i>	54
Figura 40. Diseño de copiado de pared	55
Figura 41. Muros del edificio o casa listos	55
Figura 42. Designación de material para el TECHO	56
Figura 43. <i>Draw Surface (3d Face)</i>	56
Figura 44. Diseño con techo	57
Figura 45. Diseño en tercera dimensión	57
Figura 46. Parámetros de selección del material del piso	58
Figura 47. Muestra de la estructura del piso	58
Figura 48 Erase objects (Icono de eliminación de objetos)	59
Figura 49 a) Objeto eliminado un muro b) Objeto completo	59
Figura 50. Ejemplo de la medida del perímetro de un muro	59
Figura 51. Base de datos de antenas para importar	60
Figura 52. Gama de antenas para selección del transmisor	60
Figura 53. Selección del tamaño de la cuadrícula	61
Figura 54. Parámetros de la antena transmisora	61
Figura 55. Cambio de posición de la antena transmisora.	61
Figura 56. a) Antena sin modificar altura b) Antena con modificación de altura	62
Figura 57. Resultado del icono <i>Transmitter Settings overview</i>	62
Figura 58. Selección de filtro para la altura	63
Figura 59. a) Emisora activa con resultados válidos, b) Emisora activa con resultados invalidados, incompletos o sin ellos c) Emisora inactiva	63
Figura 60. Borrar una antena de transmisión.	63
Figura 61. Selección de receptores	64
Figura 62. Cambio de nombre en las antenas receptoras	64
Figura 63. Modos de edición de receptores	65
Figura 64. Características del receptor	66
Figura 65. Posición de altura diferente de los receptores en 3D	66
Figura 66. Eliminación de las antenas receptoras	67
Figura 67. Cobertura en las antenas	68
Figura 68. Cuadros de superficie de propagación de retraso	69
Figura 69. Cuadros de superficie de retraso angular	70
Figura 70 a) Diseño en ambiente 2D b) Diseño en ambiente 3D	70
Figura 71. Cobertura de dos antenas transmisoras.	71
Figura 72. Ejemplo de cubrimiento de dos antenas transmisoras.	72
Figura 73. Proporción (SIR).	72
Figura 74. Cuadros de superficie de propagación de retraso.	73
Figura 75. Cuadros de superficie de retraso angular.	73
Figura 76. Diagrama de antenas y receptores, en un entorno de casa.	74
Figura 77. Cobertura, en un entorno de casa.	75
Figura 78. Cuadros de Superficie de Celular, en un entorno de casa	75
Figura 79. Proporción SIR	76
Figura 80. Cuadros de superficie de propagación de retraso.	76

Figura 81. Cuadros de superficie de retraso angular.	77
Figura 82. Apertura de ejercicio básico de indoor	81
Figura 83. Ejemplo Indoor de la base de datos	82
Figura 84. Vista en 2D	82
Figura 85. Vista en 3D	83
Figura 86. Nivel de cobertura	84
Figura 87. Best Serving Transmitter	84
Figura 88. Radio de interferencia.	85
Figura 89. Retardo de cobertura	85
Figura 90. Análisis angular	86

RESUMEN

TITULO.

*Diseño de tutorial y de ejercicios de simulación de redes inalámbricas con el software RPS (Radiowave Propagation Simulator) de libre distribución y versión estudiantil**

AUTOR.

*SANDOVAL QUIJANO, Luis Gabriel. ***

PALABRAS CLAVES

Manual de RPS, Tutorial de RPS. Software RPS

DESCRIPCIÓN

La presente monografía, contiene una fase explicativa y operativa del software RPS, creándose un tutorial donde se establecen algunos ejercicios para su aplicación. Es importante resaltar que el usuario podrá predecir el comportamiento de elementos tales como las antenas de transmisión y recepción, tanto en ambientes internos como externos

Estos ambientes pueden ser diseñados por el mismo usuario proporcionando una serie de resultados, que pueden ser o no tenidos en cuenta en el proceso de planeación de las redes inalámbricas.

En los primeros capítulos, se puede encontrar una breve descripción de las características de programación que provee RADIOPLAN, seguido de un ejercicio que permite llegar a conocer sus estructuras o partes principales. Adicionalmente, la tercera y cuarta parte hacen referencia a ejercicios en ambientes internos en los cuales el tipo de análisis son los permitidos por esta herramienta. Uno de los primeros objetivos a tratar el involucrar al estudiante de la especialización a familiarizarse con una herramienta que le permita trabajar de manera mas asertiva

Otro elemento importante de este documento trata de un ejercicio de aplicación, El cual ha sido diseñado para permitir que los estudiantes de la especialización se familiaricen con la programación RPS y reconozcan parte de lo que esta herramienta puede proveer.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ciencias Físico – Mecánicas. Ingeniería Electrónica e Ingeniería Eléctrica. Director Magister. Samuel Gonzalo Pinzón

SUMMARY

TITLE.

Tutorial design and of exercises of simulation of wireless nets with the software RPS (Radiowave Propagation Simulator) of free distribution and student version

AUTHOR.

SANDOVAL QUIJANO, Luis Gabriel. **

KEY WORDS

handbook de RPS, Tutorial de RPS. Software RPS

DESCRIPTION

In the present monograph, an explanatory phase of the RPS software operation is given so that management tutorial can be established and some exercises for its application can also be provided. It is also worthy that this software allows its user to predict the behavior of elements such as the transmitting and receiving antennas in both internal and external environments.

These environments can be designed by the same user facilitating a series of results, which are not taken into account in the planning processes of wireless networks.

In the first chapters, a brief description of the characteristics that RADIOPLAN software provides will be found, followed by an exercise that allows to get to know its structures or main parts.

Additionally, a third and fourth parts will refer to indoor environment exercises in which the kind of analysis permitted by the tool is shown. One of the first objectives to treat involving the student of the specialization to familiarize with a tool that allows him to work in way but assertive

Another important element in this paper deals with an exercise for application, which has been designed to allow the students of the specialization to become familiar with the RPS software and recognize part of the that this tool provides

** Facultad de Ciencias Físico – Mecánicas. Ingeniería Electrónica e Ingeniería Eléctrica. Director Magister. Samuel Gonzalo Pinzón

INTRODUCCIÓN

En las tecnologías actuales se encuentra un área que trabaja con el diseño y estructuración de las redes inalámbricas. Es de vital importancia resaltar que estas posibilitan la movilidad y la facilidad de conexión en puntos en los cuales el cable se vuelve un elemento inadecuado. Pero para producir dicho resultado es necesario realizar un análisis, a muchas variables que pueden afectar el rendimiento de la red.

Uno de los principales problemas para el mal funcionamiento en las redes inalámbricas es la deficiente planeación. Ya que entre los elementos que no se asumen en la planeación están los factores del medio ambiente, como tipos de muros, vallas, árboles etc. Que pueden afectar de manera relevante la transmisión y recepción de las señales generadas.

Gracias a que la era digital avanza a pasos agigantados permitiendo tener simulaciones de variados procesos en la planeación de redes inalámbricas se utiliza el software RPS (Radiowave Propagation Simulator) versión 5.3 (versión estudiantil) el cual cuenta con una serie de herramientas que permiten no solo, realizar simulaciones en ambientes reales, ejemplos de aplicación, sino que también permite realizar un diseño tanto a tamaño real (fotografías trabajadas en Autocad) como a escala de los lugares a trabajar.

Dentro de las ventajas que ofrece el Software RPS se encuentra el permitir la asignación de características de materiales de construcción para generar un mejor resultado en la simulación, crear fácilmente componentes de edificios y obstáculos adicionales, funciones habituales para modificar un ambiente, funciones especiales para inserción automatizada de obstáculos típicos en grupos y bibliotecas integradas para una fácil inserción de componentes típicos de ambiente y obstáculos, entre otros.

Dentro de la monografía se encontrara una breve información acerca de las características de las redes inalámbricas, para dar comienzo al desarrollo de un tutorial del software RPS, a través de ejemplos que están diseñados para facilitar el uso de la herramienta.

Es de resaltar que una herramienta de estas características, genera un beneficio importante en el desarrollo educativo de los estudiantes de la especialización en telecomunicaciones, pues aporta una serie de elementos necesarios para el conocimiento de la planeación de una red inalámbrica.

1. REDES INALAMBRICAS

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica. La conexión de computadoras mediante Ondas de Radio o Luz Infrarroja, actualmente está siendo ampliamente investigada. Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos

1.1. Características de las redes inalámbricas¹

- Movilidad: Información en tiempo real en cualquier lugar de la organización o empresa para todo usuario de la red. El que se obtenga en tiempo real supone mayor productividad y posibilidades de servicio.
- Facilidad de instalación: Evita obras para tirar cable por muros y techos, mejorando el aspecto físico y aumentando la habitabilidad, reduce a su vez el tiempo de instalación y permitiendo el acceso instantáneo a usuarios temporales de la red.
- Flexibilidad: Permite llegar donde el cable no puede, superando cualquier tipo de obstáculo, incluso paredes, y es útil en zonas donde no es posible el cableado o es muy costoso tales como: parques naturales, reservas o zonas escarpadas

1.2. Tipos de redes inalámbricas según su alcance geográfico²

Si clasificamos las redes por su alcance geográfico, tenemos tres (3) tipos de redes inalámbricas:

1.2.1. Wireless WAN (Wide Área Network)

Es una red de computadores que abarca un área geográfica relativamente extensa, típicamente permiten a múltiples organismos como oficinas de gobierno, universidades y otras instituciones conectarse en una misma red. Las WAN tradicionales hacen estas conexiones generalmente por medio de líneas telefónicas, o líneas muertas.

Por medio de una WAN Inalámbrica se pueden conectar las diferentes localidades utilizando conexiones satelitales, o por antenas de radio microondas. Estas redes son mucho más flexibles, económicas y fáciles de instalar.

¹ Texto informativo fue tomado de la pagina web <http://es.geocities.com/jorgepc330/hwet/t3.htm>

² Texto informativo fue tomado de la pagina web <http://es.geocities.com/jorgepc330/hwet/t3.htm>

En sí la forma más común de implantación de una red WAN es por medio de Satélites, los cuales enlazan una o mas estaciones bases, para la emisión y recepción, conocidas como estaciones terrestres. Los satélites utilizan una banda de frecuencias para recibir la información, luego amplifican y repiten la señal para enviarla en otra frecuencia.

1.2.2. Wireless LAN (Local Área Network)³

Uno de los sucesos más críticos para la conexión en red lo constituye la aparición y la rápida difusión de la red de área local (LAN) como forma de normalizar las conexiones entre las máquinas que se utilizan como sistemas ofimáticos

Como su propio nombre indica, constituye una forma de interconectar una serie de equipos informáticos. A su nivel más elemental, una LAN no es más que un medio compartido (como un cable coaxial al que se conectan todas las computadoras y las impresoras) junto con una serie de reglas que rigen el acceso a dicho medio.

La LAN más difundida, Ethernet, utiliza un mecanismo conocido como CSMA/CD. Esto significa que cada equipo conectado sólo puede utilizar el cable cuando ningún otro equipo lo está utilizando. Si hay algún conflicto, el equipo que está intentando establecer la conexión la anula y efectúa un nuevo intento más tarde. Ethernet transfiere datos a 10 Mbits/s, lo suficientemente rápido para hacer inapreciable la distancia entre los diversos equipos y dar la impresión de que están conectados directamente a su destino

1.2.3. Wireless PAN (Personal Área Network)

Wireless PAN es aquella que permite interconectar dispositivos electrónicos dentro de un rango de pocos metros, para comunicar y sincronizar información. La tecnología líder en esta área es Bluetooth

1.3 Tipos de redes inalámbricas⁴

Existen dos tipos de redes inalámbricas: la "**Ad-Hoc**" y la "**Infraestructure**". La primera es una conexión de tipo "punto a punto" en la que los clientes se conectan directamente unos con otros. Simplemente envían los paquetes de información "al aire", con la esperanza de lleguen a su destino. En la red "Infraestructure" se utiliza un dispositivo llamado punto de acceso, que funciona como el HUB tradicional. Envía directamente los paquetes de

³ Texto informativo fue tomado de la Biblioteca encarta. " Redes LAN"

⁴ Texto informativo fue tomado de la pagina web <http://es.geocities.com/jorgepc330/hwet/t3.htm>

información a cada ordenador de la red. El Hub incrementa la velocidad y eficiencia de la red y es imprescindible para soluciones profesionales.

Un aspecto importante a la hora de montar una red es la pérdida de señal. El estándar WiFi permite una velocidad de datos máxima de 11 Mb por segundo. Al funcionar con señales de radio, la distancia entre transmisor y receptor y la calidad de cables y conectores (si es que utilizamos antena) es un factor muy importante para mantener una velocidad adecuada. Una señal débil implica paquetes perdidos. Además o hay que olvidar que tanto las microondas como los teléfonos digitales inalámbricos DECT tienen una longitud de onda similar y pueden causar interferencias.

La seguridad es otro factor importante. El utilizar ondas de radio convencionales añade un factor de riesgo sobre las redes sin cables, ya que la señal puede ser recogida por cualquier receptor. Normalmente se utilizan sistemas de encriptación para reforzar la seguridad en las redes wireless. El más utilizado es el WEP (Wired Equivalent Privacy) que utiliza encriptación de hasta 512 bits.

1.3.1. Ad hoc

Una red "Ad Hoc" consiste en un grupo de ordenadores que se comunican cada uno directamente con los otros a través de las señales de radio sin usar un punto de acceso. Las configuraciones "AdHoc" son comunicaciones de tipo punto-a-punto o cliente-cliente. Los ordenadores de la red inalámbrica que quieren comunicarse entre ellos necesitan configurar el mismo canal y ESSID en modo "Ad Hoc".

1.3.2. Infraestructura

Una topología de infraestructura es aquella que extiende una red LAN con cable existente para incorporar dispositivos inalámbricos mediante una estación base, denominada punto de acceso. El punto de acceso une la red LAN inalámbrica y la red LAN con cable y sirve de controlador central de la red LAN inalámbrica. El punto de acceso coordina la transmisión y recepción de múltiples dispositivos inalámbricos dentro de una extensión específica; la extensión y el número de dispositivos dependen del estándar de conexión inalámbrica que se utilice y del producto. En la modalidad de infraestructura, puede haber varios puntos de acceso para dar cobertura a una zona grande o un único punto de acceso para una zona pequeña, ya sea un hogar o un edificio pequeño.

1.4. Ventajas de las redes inalámbricas⁵

- Las redes LAN inalámbricas de alta velocidad ofrecen la conectividad de red sin las limitaciones, que supone estar atado a una ubicación o por cables.

⁵ Texto informativo fue tomado de la pagina web <http://es.geocities.com/jorgepc330/hwet/t3.htm>

- Las conexiones inalámbricas pueden ampliar o sustituir una infraestructura con cables cuando es costoso o está prohibido tender cables. Las instalaciones temporales son un ejemplo de una situación en la que la red inalámbrica tiene sentido o incluso es necesaria. Algunos tipos de construcciones o algunas normativas de construcción pueden prohibir el uso de cableado, lo que convierte a las redes inalámbricas en una importante alternativa.
- Los usuarios móviles, cuyo número crece día a día, son indudables candidatos a las redes LAN inalámbricas. El acceso portátil a las redes inalámbricas se realiza a través de equipos portátiles y NIC inalámbricas. Esto permite al usuario viajar a distintos lugares (salas de reunión, vestíbulos, salas de espera, cafeterías, aulas, etc.) sin perder el acceso a los datos de la red.
- Más allá del campo empresarial, el acceso a Internet e incluso a sitios corporativos podría estar disponible a través de zonas activas de redes inalámbricas públicas. Los aeropuertos, los restaurantes, las estaciones de tren y otras áreas comunes de las ciudades se pueden dotar del equipo necesario para ofrecer este servicio. Cuando un trabajador que está de viaje llega a su destino, quizás una reunión con un cliente en su oficina, se puede proporcionar acceso limitado al usuario a través de la red inalámbrica local.
- En todos estos escenarios, vale la pena destacar que las redes LAN inalámbricas actuales basadas en estándares funcionan a alta velocidad, la misma velocidad que se consideraba vanguardista para las redes con cable hace tan solo unos años. El acceso del usuario normalmente supera los 11 MB por segundo, de 30 a 100 veces más rápido que las tecnologías de acceso telefónico o de las redes WAN inalámbricas estándar. Este ancho de banda es sin duda adecuado para que el usuario obtenga una gran experiencia con varias aplicaciones o servicios a través de PC o dispositivos móviles

1.5 ¿Qué es un simulador?⁶

Un simulador es un aparato que permite la simulación de un sistema, reproduciendo su comportamiento. Los simuladores reproducen sensaciones que en realidad no están sucediendo.

Un simulador pretende reproducir tanto las sensaciones físicas (velocidad, aceleración, percepción del entorno) como el comportamiento de los equipos de la máquina que se pretende simular. Para simular las sensaciones físicas se

⁶ Texto tomado de Wikipedia “SIMULADOR”

puede recurrir a complejos mecanismos hidráulicos comandados por potentes ordenadores que mediante modelos matemáticos consiguen reproducir sensaciones de velocidad y aceleración. Para reproducir el entorno exterior se emplean proyecciones de bases de datos de terreno.

Para simular el comportamiento de los equipos de la máquina simulada se puede recurrir varias técnicas. Se puede elaborar un modelo de cada equipo, se puede utilizar el equipo real o bien se puede utilizar el mismo software que corre en el equipo real pero haciéndolo correr en un ordenador más convencional (y por lo tanto más barato)⁷

1.6. ¿Qué es el RPS Versión 5.3?

Es una herramienta que le permite a un usuario realizar una simulación o reproducir un comportamiento de los elementos que integran las comunicaciones inalámbricas (antenas transmisoras, antenas receptoras entre otros), y predecir como se comportan en ambientes reales, llevados a la computadora.

1.6.1 Características del RPS

El Software RPS (Radiowave Propagation Simulator) de la compañía RadioPlan es una herramienta de planeación de redes inalámbricas en diferentes ambientes, que basada en la arquitectura del escenario, los materiales de construcción presentes en la edificación y de las características y ubicación de los transmisores y receptores, nos permite simular el comportamiento de la red diseñada.

Una de las principales características de los RPS son:

- a) Interfaz grafica que le permite al practicante tener una mejor visualización de los elementos a analizar
- b) Aplica los algoritmos de propagación de manera muy rápida
- c) La arquitectura de la red permite:
 - Importar y exportar datos en la configuración de la red, ambientes y de desempeño de la red
 - Propagación después del proceso usando algoritmos específicos

⁷Texto tomado de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Simulador>

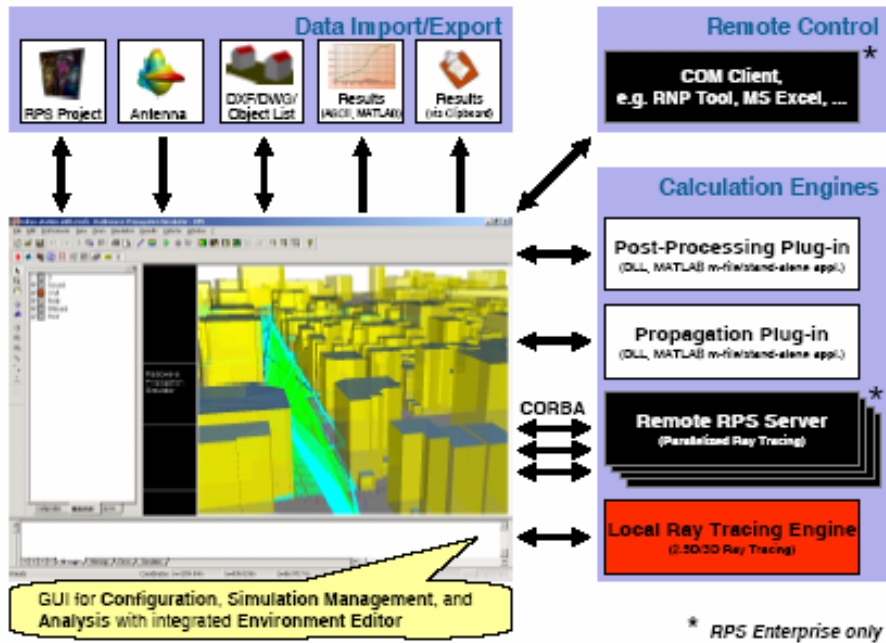


Figura 1. Interfase⁸

Este tipo de software presenta dos versiones

RPS empresarial y la profesional, la primera de ella permite un manejo más profesional de los sistemas, mientras que la profesional esta diseñada para integrar predicciones y pequeñas simulaciones.

Un diagrama del funcionamiento que permite resumir el funcionamiento es mostrado en la siguiente figura

⁸ La información se extrajo de la página web: http://radioplan.com/download/rps_ug_5.3.pdf

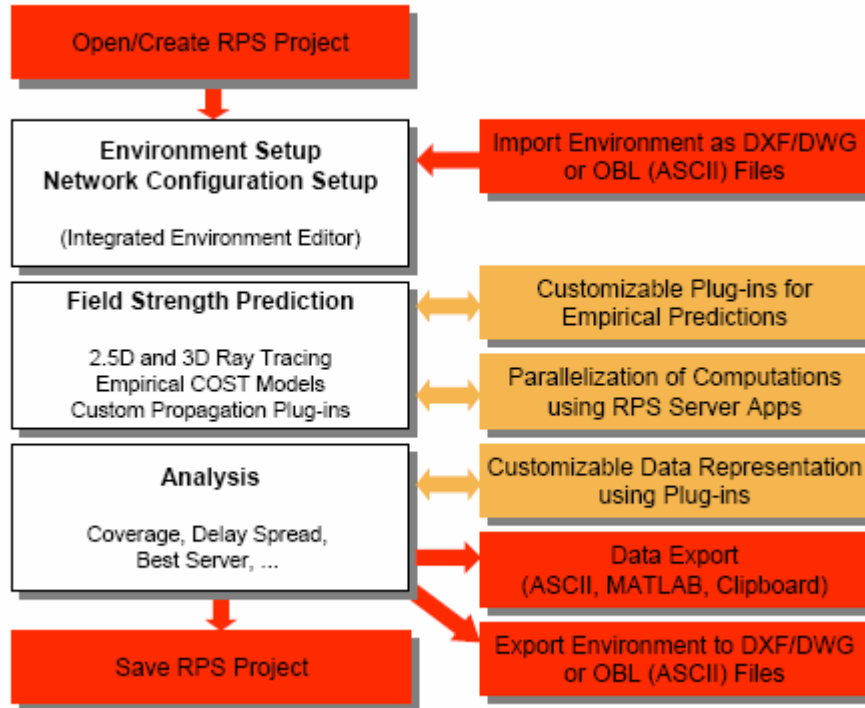


Figura 2. Modelo de la herramienta RPS⁹

1.6.2. Funcionalidades del RPS¹⁰

Dentro del rango de herramientas que maneja el software RPS se encuentran las siguientes.

1.6.2.1. Predicción Algoritmos según la intensidad:

- Los rangos de frecuencia van (300 MHz to 300 GHz)
- Maneja diferentes modos de simulación.
- El software permite instalarse en un servidor Windows NT, el cual a su vez, permite el acceso de usuarios, para trabajar la herramienta.
- Considera los modelos de propagación (Polarización: lineal o circular)

1.6.2.2. Interfase Grafica

El editor de ambiente esta integrado con la herramienta de AutoCAD, la cual permite la construcción y modificación del ambiente.

⁹ Tomado del manual rps_ug_5.3 manual rps

¹⁰ La información ha sido tomada del manual de referencia que se encuentra en la pagina web: http://radioplan.com/download/rps_ug_5.3.pdf

La interfaz integra las ventajas de 3D, de zoom y navegación sobre toda la imagen. Adicionalmente se puede tomar como base una fotografía para construir el ambiente a ser analizado

Entre la diversidad de parámetros el software cuenta: Poder de transmisión, modelo de transmisión, polarización de receptores entre otros

1.6.2.3. Barra de herramientas con las que cuenta el software RPS

El software RPS cuenta con una serie de barras de herramientas divididas en los siguientes grupos:




























- Barras estándar
- Barra de elementos de simulación
- Barra de gráficos
- Barra de ambientes del editor: a) Función de vista y zoom b) Función de selección de objetos c) Comandos de modificación de gráficos

Cada una de ellas esta descrita en las siguientes tablas

a) Barra estándar.

Contiene los iconos básicos de un simulador, adicionalmente cuenta con el seleccionador de tipo de simulación, los ambientes de simulación y el tipo de vistas











Tabla 1. Barras estándar.

	Creación de nuevo proyecto
	Abrir proyectos existentes
	Salvar proyecto
	Deshacer
	Rehacer
	Recortar
	Copiar
	Pegar
	Imprimir
	Mostrar previamente
	Mostrar preferencias de dialogo
	Mostrar preferencias de gráficos
	Selección de tipo de simulador
	
	Iniciar simulación
	Detener simulación
	Recuperación de resultados durante la simulación
	Creación de grafica de cobertura superficie
	Creación de mejor servidor de cobertura
	Creación de la señales de interferencia de radio
	Creación de cobertura de retardo
	Creación de ángulos de retardo
	Creación de uso definido de graficas
	Observar ambiente de editor
	Observar vista de 2D
	Observar Vista de 3D
	Cuadro de información de dialogo

b) Barra de elementos de simulación.

Este tipo de iconos son utilizados, para mostrar selectivamente los objetos del ambiente

















Tabla 2. Barra de elementos de simulación.

	Ver transmisores
	Ver receptores
	Ver estructuras de los objetos
	Líneas de transmisión
	Bordes de difracción
	Definición de áreas
	
	Sólido en forma de polígono
	Etiquetas de elementos de red
	Leyenda adicional

c) Barra de gráficos

Contiene los iconos que permiten rotar, girar. Adicionalmente contiene los iconos de modificación de las antenas receptoras y transmisoras.

Tabla 3. Barra de gráficos

	Modo de graficación
	Aumento de entrada y salida
	Aumento de una zona rectangular
	Aumento de un punto de zona
	Movimiento de la imagen
	Rotación (vista 3D)
	Giro de 360 grados (vista 3D)
	Editor de antenas transmisoras
	Editor de antenas receptoras
	Línea de receptores
	Campo de antenas receptoras
	Icono de borrado de antenas receptoras
	Editor de área de atracción
	Editor de pasillo de movimiento
	Análisis de camino
	Definir tamaño de rejilla

d) Barra de ambientes del editor: a) Funciones de vista y aumento b) Funciones de selección de objetos c) Iconos de modificación de gráficos

El software cuenta con iconos de acceso directo a funciones como se describen en las siguientes tablas.

Tabla 4. Función de vista y aumentos
























	Inspección de área
	Regenerar display de base de datos
	Editor de propiedades
	Sistema de coordenadas
	Vista global
	Vista del fondo
	Vista del lado derecho
	Vista del lado izquierdo
	Vista frontal
	Vista trasera
	Vista sur-oeste
	Vista sur-este
	Vista Nor-este
	Vista nor-oeste
	Vista de rotación en 3D
	Movimiento de pantalla
	Vista del solido
	Ocultar objetos
	Vista de bordes
	Selección de aumento
	Deshacer ultima acción de aumento
	Aumento del tamaño de la ventana
	Aumento de los elementos de la base

Tabla 5. Funciones de selección de objetos































	Selección de objetos de vértices
	Selección de puntos de unión
	Objetos de intersección
	Objeto cercano
	Línea perpendicular
	Punto de bloque de intersección
	Reseteo de todas las opciones

Tabla 6. Iconos de modificación de gráficos

	Dibujar múltiples líneas
	Dibujar pared en 3D
	Mover parte de las líneas del sólido
	Dibujar techo
	Dibujar polígono en 3D
	Definición del tamaño de la malla
	Dibujar caja
	Dibujar cono
	Dibujar esfera
	Insertar imagen
	Grupo de objetos como bloque
	Salvar bloque en archivos DWG
	Leer bloque desde el archivo DWG
	Insertar bloque desde librería "stencil"
	Escala de objetos
	Rotar objeto
	Mover objeto
	Copiar objeto
	Colocar bloque sobre la malla, a lo largo de la línea, o dentro del polígono
	Borrar objeto
	Descomponer bloques de objetos de manera simple
	Borrar de la base de datos
	Cambiar las propiedades del objeto
	Medir distancia

1.6.2.4. Parámetros Para el Sistema

- Windows NT/2000/XP
- Pentium-class processor
- 256 MB RAM (512 MB – 1 GB for large environments)
- 100 MB hard disk space (1 GB recommended)
- Una resolución de los gráficos con por lo menos 65,536 colores y apoyo de OpenGL

1.6.2.5. Elementos que componen el RPS Versión 5.3

- Una interfase grafica
- Biblioteca con diagramas de antenas
- Biblioteca de elementos usados en la construcción

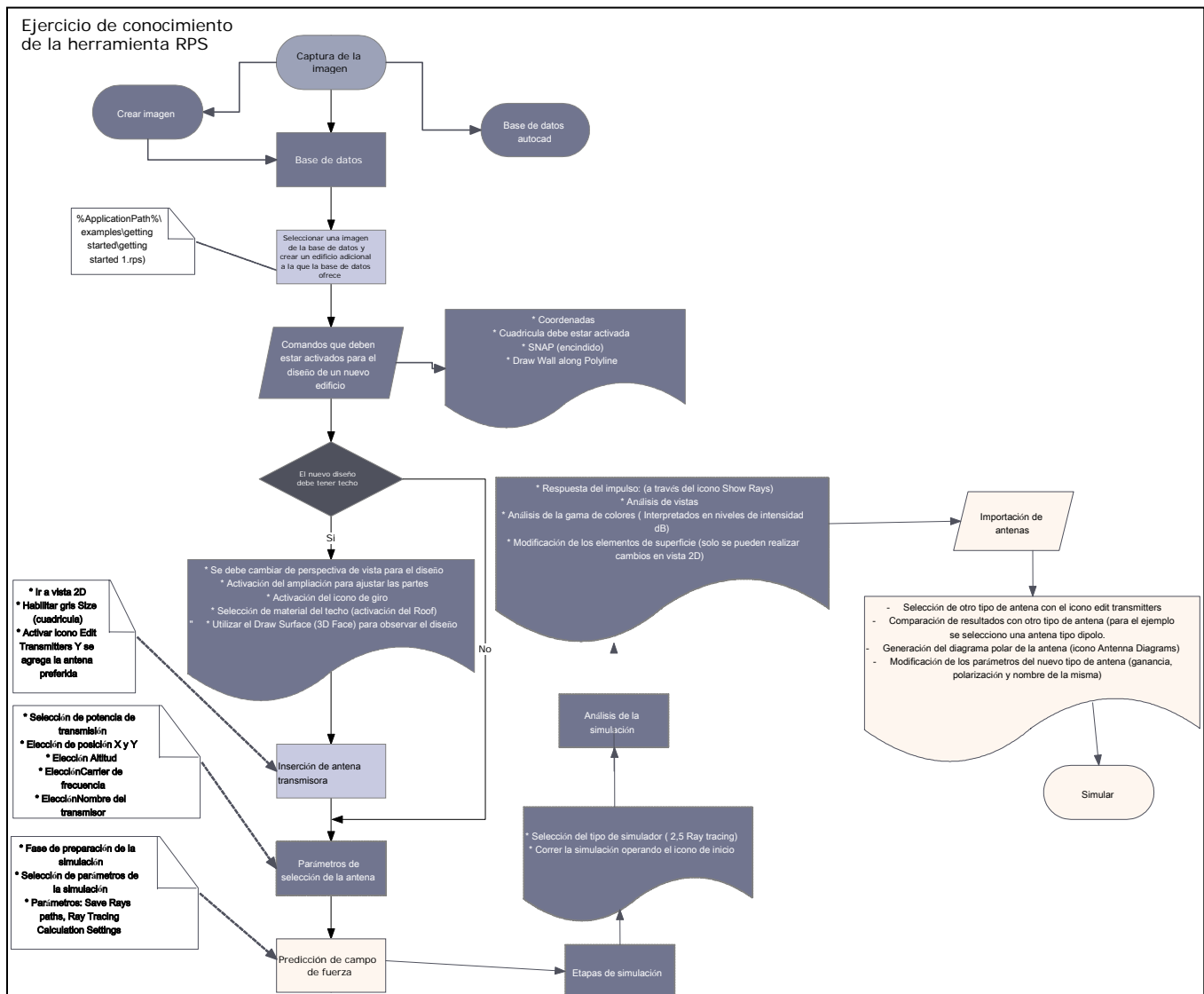
2. PASOS A SEGUIR PARA UNA SIMULACIÓN

En el siguiente capítulo se describe como trabajar el software, en un ambiente que se encuentra en la base de datos del sistema.

El RPS usa una base de datos sectorizada (basada en vectores) que contiene la geometría del entorno. Antes que se realice cualquier medida de intensidad, las posiciones de estaciones de base (transmisores) y estaciones móviles (receptores, usuarios de móviles) deben ser definidas. Si se hacen las preparaciones necesarias, los parámetros de simulación pueden ser fijados, de esta manera se puede llevar a cabo la primera simulación. Con el tiempo, se aprende a analizar y visualizar los resultados de la predicción.

2.1 Diagrama de flujo

El siguiente diagrama de flujo resume el proceso que se trabajara en el presente capítulo



2.2 Captura de la imagen

Uno de los primeros pasos es el diseño o captura de la imagen, existen programas como Autocad, que trabajan de manera vectorial y permiten tener planos de edificaciones para realizar las respectivas simulaciones; esto le proporciona al usuario tener mayor precisión en la decisión que se requiera tomar. O bien se puede iniciar realizando un diseño.

Para mostrar el uso de la herramienta se utiliza una imagen que se encuentra en la base de datos, para ello se deben realizar los siguientes pasos:

Seleccione *File ->Open*, luego seleccione el siguiente proyecto RPS:

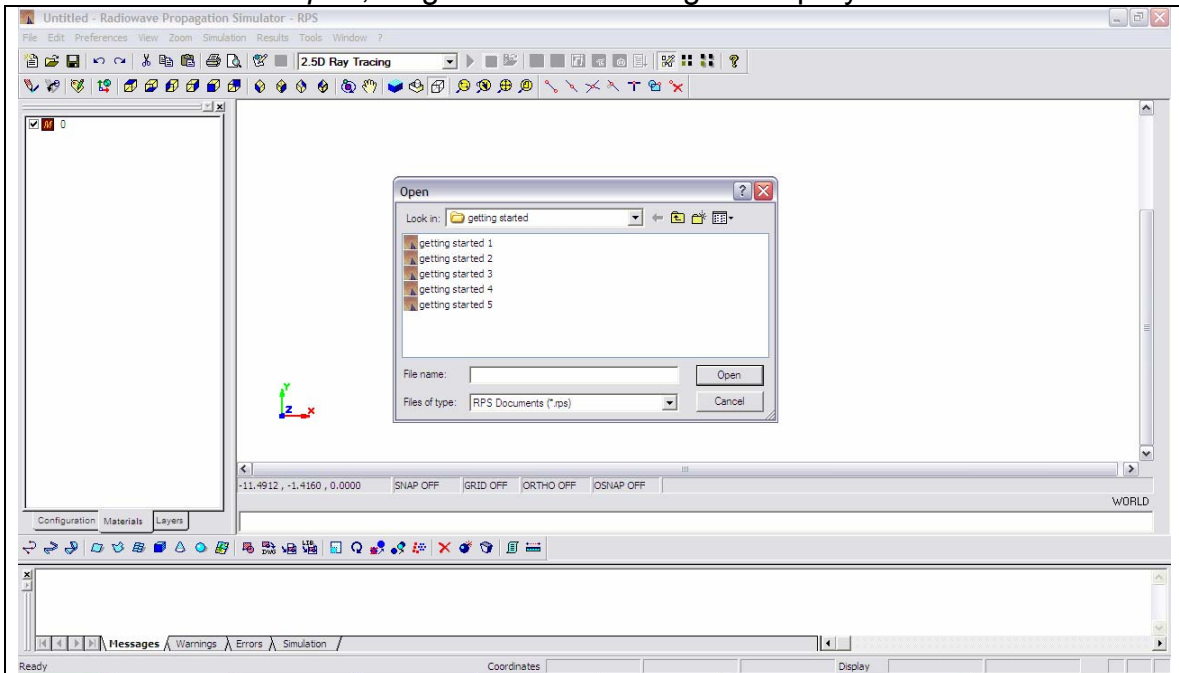


Figura 3. Muestra de apertura de proyecto

En la base de datos se encuentra 5 ejemplos de trabajo los cuales pueden ser usados. Uno de ellos es:

`%ApplicationPath%\examples\getting started\getting started 1.rps`

Realizando la selección inmediatamente, se podrá ver una vista superior 2D de la base de datos de ambiente en el Editor de Ambiente integrado como se observa en la Figura 4

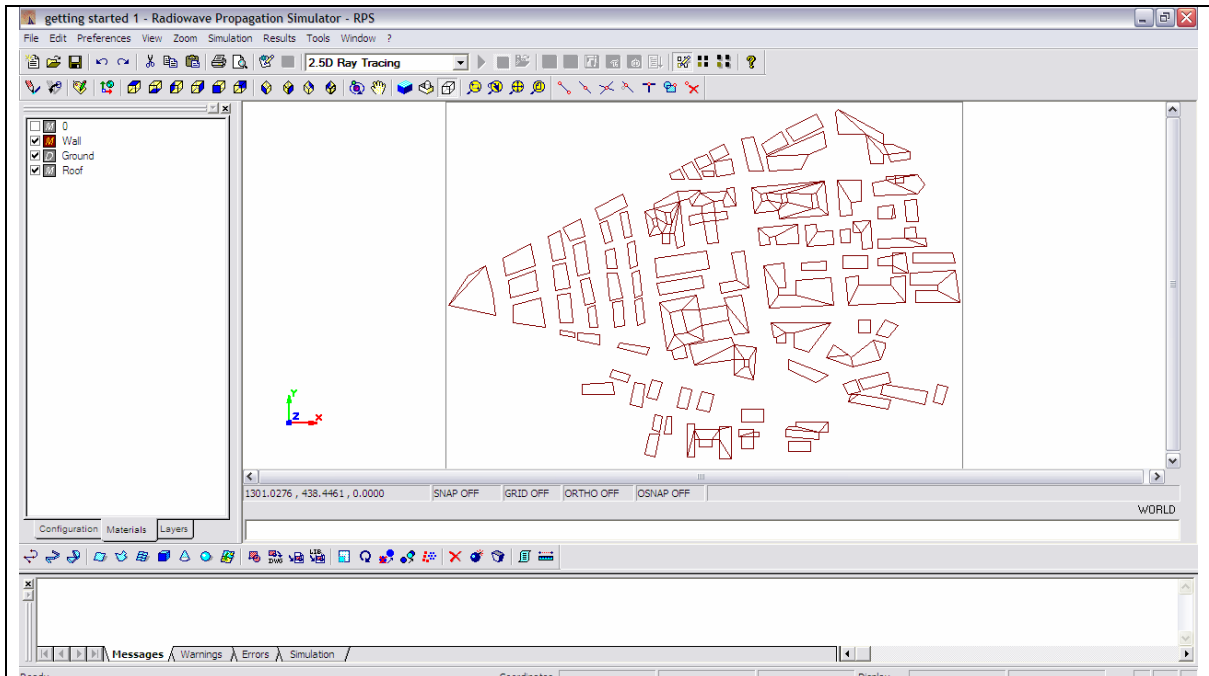


Figura 4. Ambiente de área urbana

2.2.1. Como agregar un nuevo edificio

El editor de ambiente puede usarse para añadir o quitar edificios, insertar obstáculos adicionales como personas o automóviles, etc, o cambiar las propiedades estructurales del material. Su uso es similar al Autocad, es decir, es un comando guiado en donde cada uno es seguido por algunos argumentos. En primer lugar el sistema de coordenadas mundiales debe estar activado. La figura muestra el lugar de activación del icono.

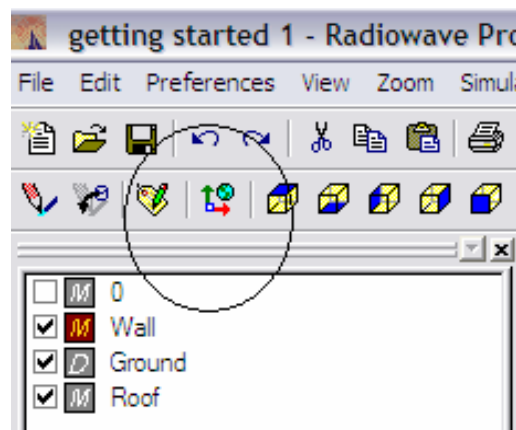


Figura 5. Comando de coordenadas

En segundo lugar, la estructura de material adecuada para la realización de dibujo debe estar activa. La siguiente figura muestra la fase activa e inactiva.

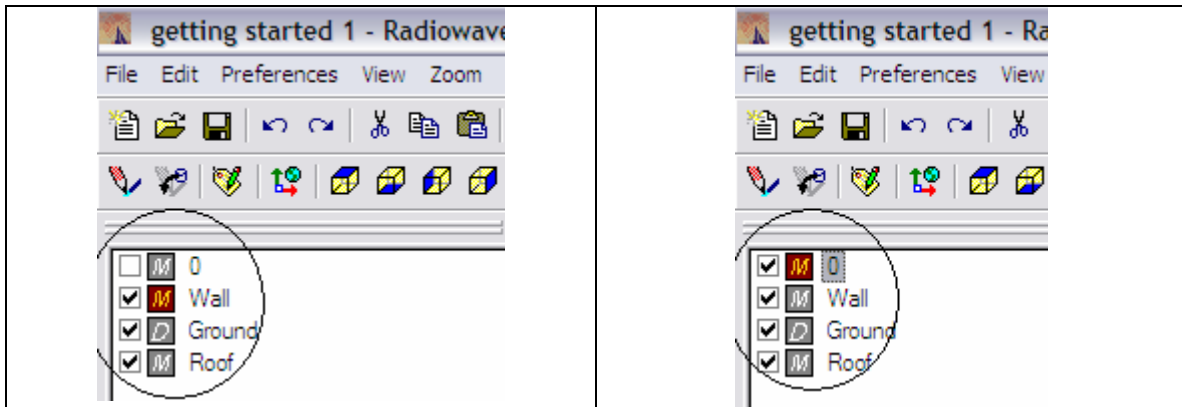


Figura 6. Activación de capa de materiales

La cuadrícula de panorámica debe estar habilitada al hacer doble clic en el área visible donde está escrito “SNAP OFF”. Esta hilera deberá entonces convertirse en “SNAP ON”, esto se puede realizar si esta activado el icono superior del SNAP. La figura muestra los lugares de activación.

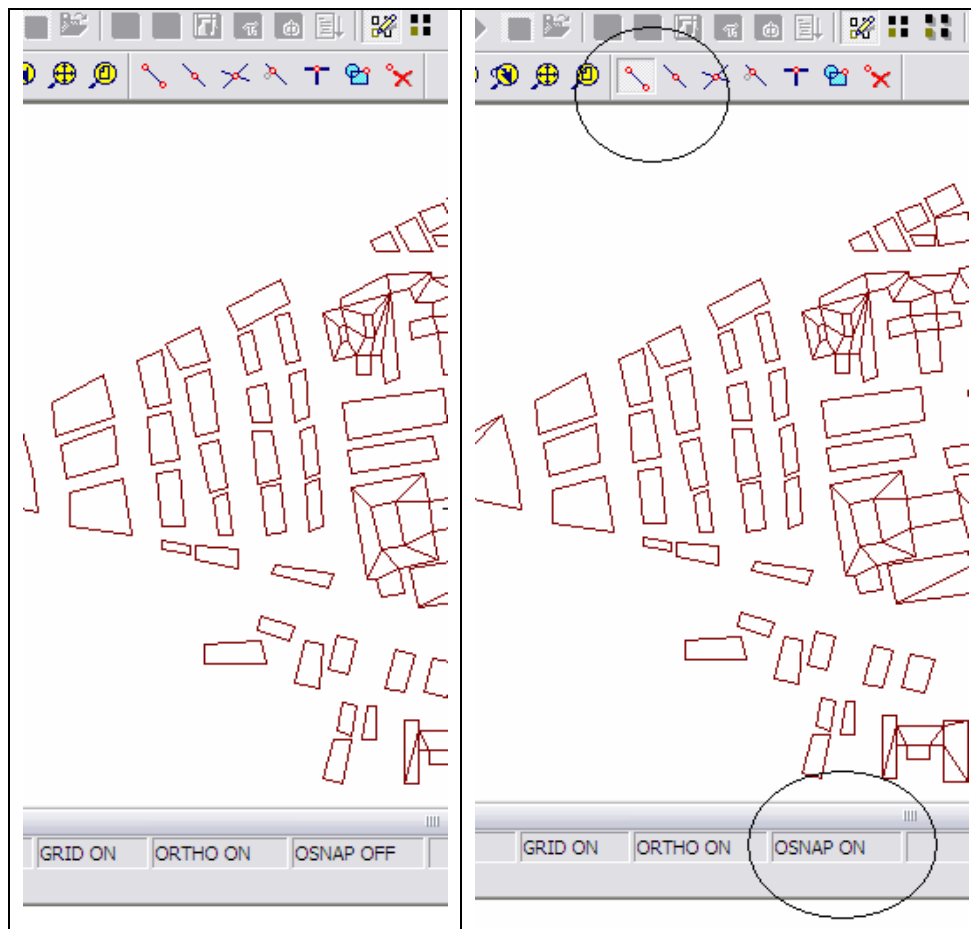


Figura 7. Activación de SNAP

Una vez se ha habilitado los comandos anteriormente mencionados, se realiza la colocación de las paredes de un nuevo edificio. Para ello hay que usar el comando *Draw Wall along Polyline*.

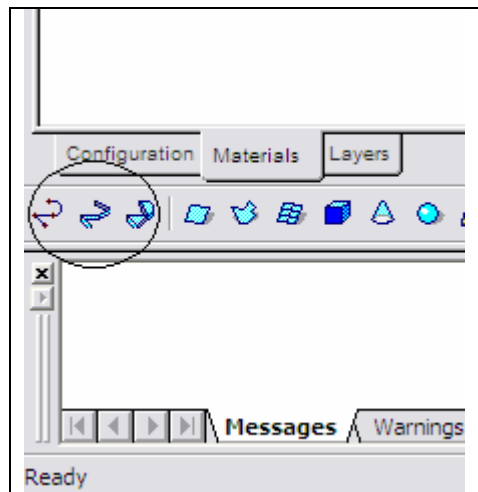


Figura 8. Comando *Draw Wall along Polyline*.

Para construir el bloque se debe colocar la altura que se desea, teniendo en cuenta que el software toma las unidades en metros (ver figura 9). Luego la línea de la pared puede dibujarse al ubicar los vértices con el botón izquierdo del Mouse

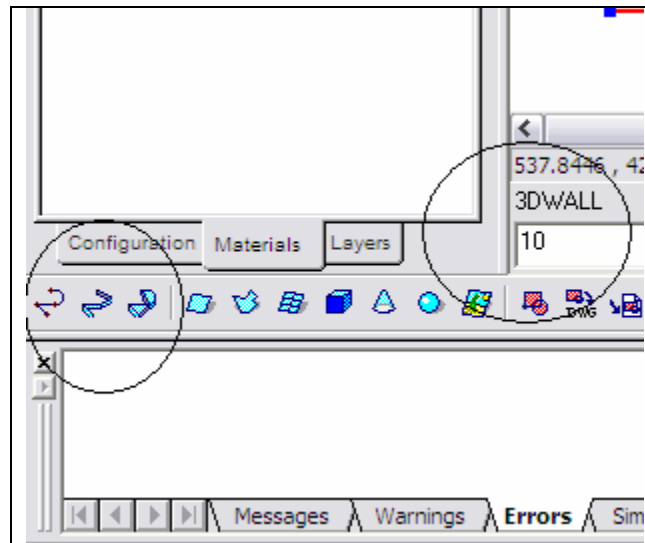


Figura 9. Determinación de la altura del muro

Se debe tener en cuenta que la polilínea debe estar correctamente cerrada, la cual está sostenida automáticamente por la panorámica de objeto, así que se debe esperar hasta que el primer vértice esté resaltado por un *pink frame* antes que se una el último vértice con el primero. Después de esto, el botón derecho del mouse debe oprimirse para detener el dibujo. El resultado de esta acción puede verse en la figura 10.

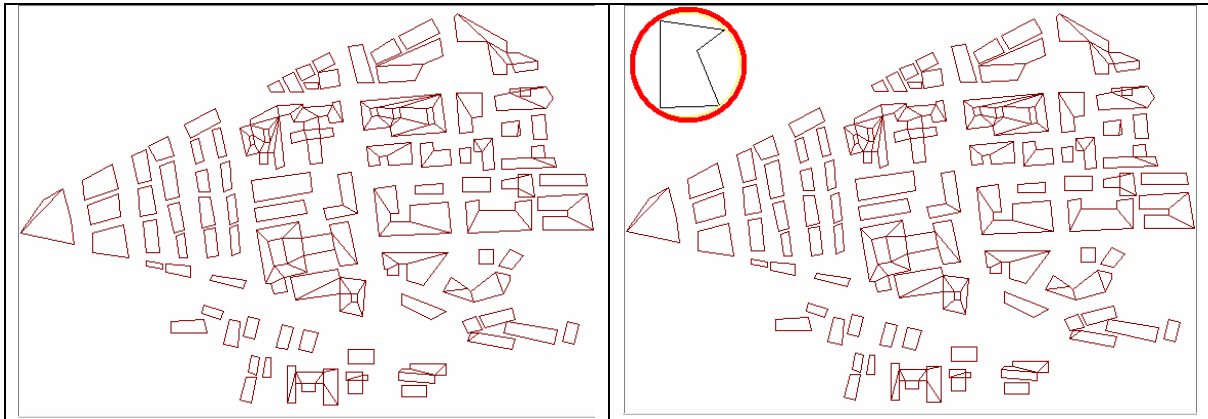


Figura 10. Nuevo edificio en el ambiente urbano

Una vez se ha realizado el diseño del edificio se le debe colocar techo y para ello se deben utilizar otras perspectivas, por ejemplo, la vista SW. A continuación se debe acercar el nuevo edificio usando uno de los comandos de zoom de la barra de herramientas superior. Estas herramientas se muestran en la figura 11.

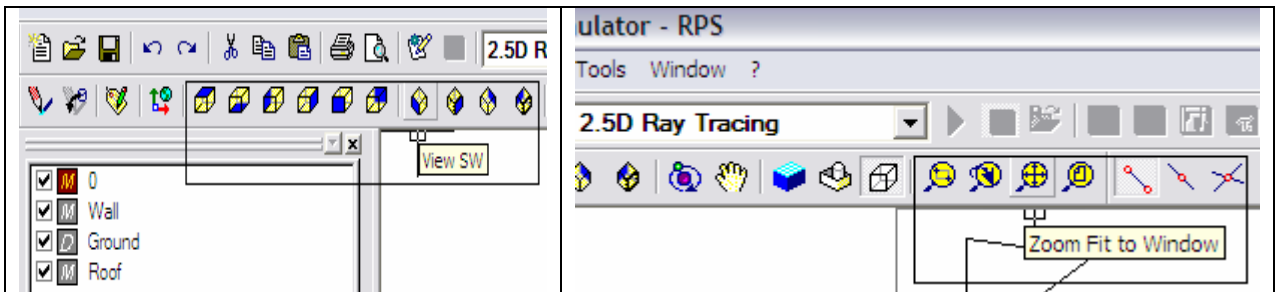


Figura 11. Herramientas de giro y ampliación

El resultado del uso de estas herramientas se ilustra en la figura 12.

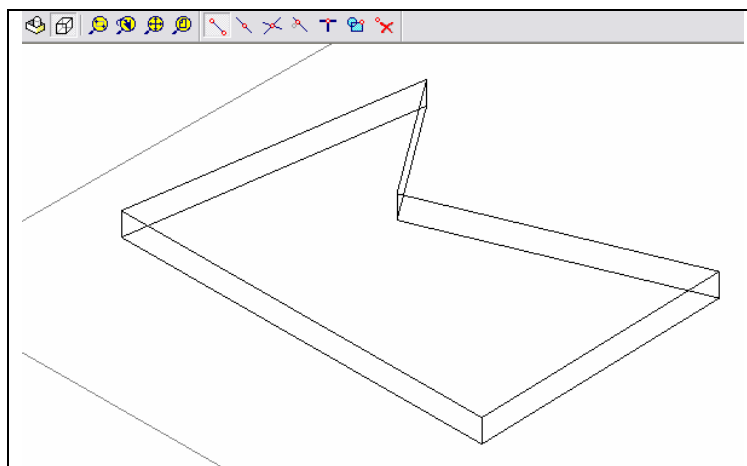


Figura 12. Ampliación del bloque construido

Una de las características del software es permitir seleccionar el tipo de material con el cual hacer la construcción.

Como el edificio se encuentra sin techo se selecciona el material que lo va a componer, para ello se debe buscar la herramienta *Roof*, la cual permite seleccionar la clase de material que se coloca en el techo. Adicionalmente el material base puede ser modificado, pues el programa cuenta con una base de datos muy completa. Todo lo anteriormente mencionado se muestra en la siguiente figura.

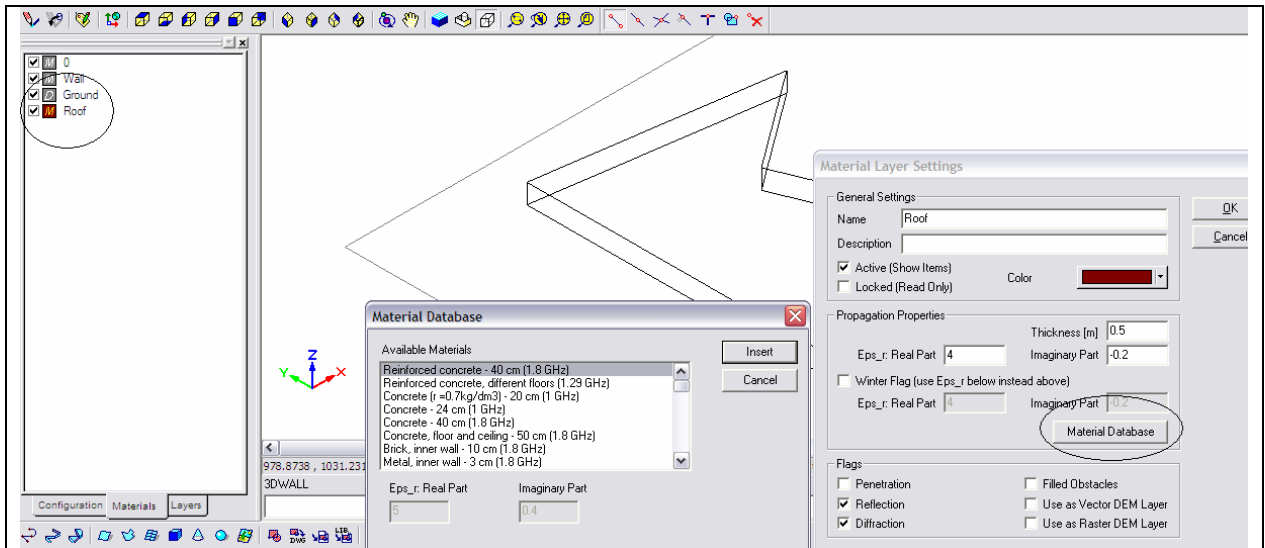


Figura 13 Cambio de material para el techo.

Una vez se ha seleccionado el material a utilizar en el techo, se usa el comando *Draw Surface (3D Face)*, que sirve para añadir vértice por vértice del polígono del techo.

Se debe tener presente colocar correctamente los vértices del techo en las esquinas superiores de los muros.

El resultado de la operación se muestra en la figura 14a.

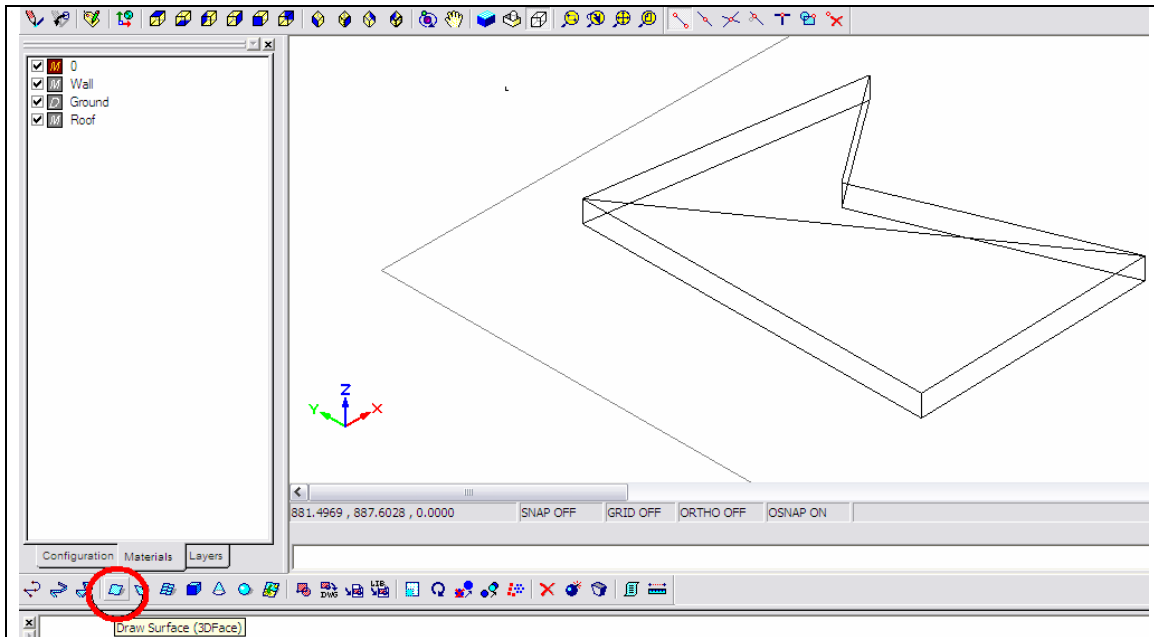


Figura 14.a) Icono de colocación de techo

2.3. Añadiendo una estación de base (emisora)

Una vez se trabaja sobre el ambiente, la estructura de red deberá ser configurada en el siguiente paso. Para lograr este proceso se debe cambiar a vista 2D donde las estaciones bases y las estaciones móviles se pueden editar.

En la figura 14b se muestra el icono que permite el cambio de vista.

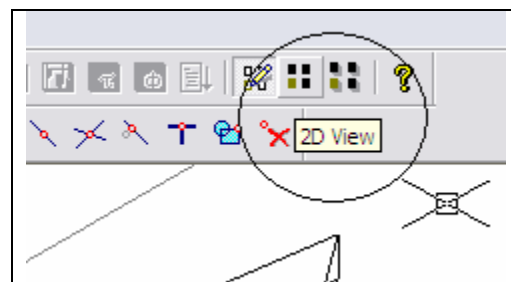


Figura 14. b) Icono de 2D

Antes de iniciar a realizar cambios en la estructura es favorable habilitar el uso del icono de *Grid Size* el cual permite tener una cuadrícula con espacios entre puntos como lo requiera el usuario, en este caso se tomaran de 5 en 5 y vale recordar que el software toma las medidas en metros.

Una vez se ha seleccionado el icono de *Grid Size* aparece un cuadro de dialogo el cual le permite al usuario diseñar los espacio de la cuadrícula, esto se muestra en la figura 15.

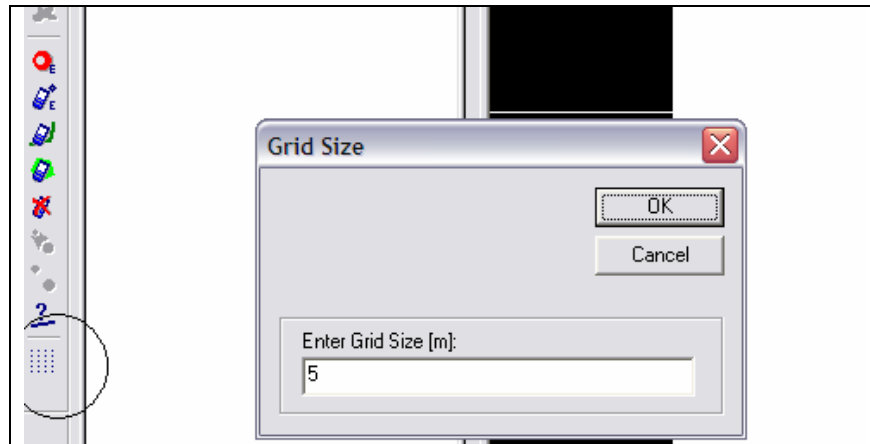


Figura 15. Cuadro de diálogo del tamaño de la cuadrícula

Como parte de la estructura de red, se coloca primero una emisora en el ambiente. Esto puede realizarse seleccionando el icono *Edit Transmitters* de la barra de herramientas. Haciendo clic en una posición dentro del ambiente con el botón derecho del mouse, donde deberá colocarse la emisora. Se elige *Add...* del menú de contexto que aparece y luego se abre un diálogo que le permite al usuario definir algunos parámetros para esta emisora. La figura 16 permite observar los parámetros que se pueden variar.

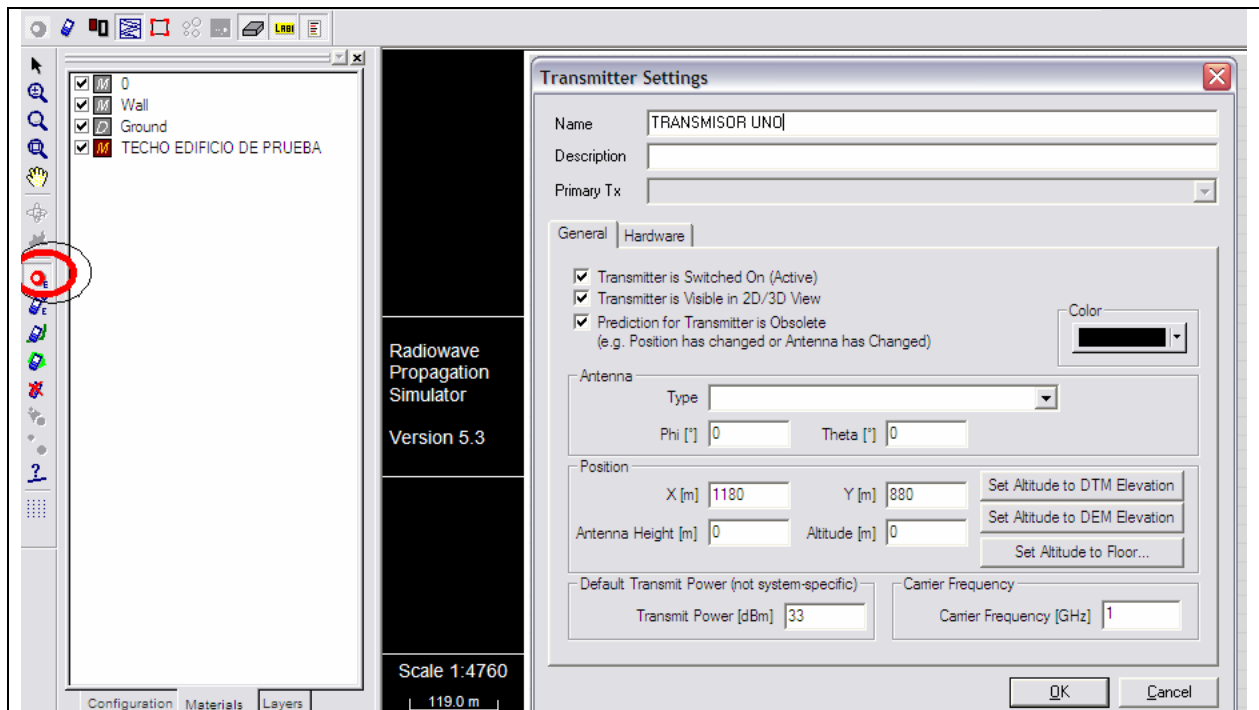


Figura 16. Parámetros de modificación de un transmisor

Para realizar una buena selección de los parámetros, se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

2.3.1. Parámetros de transmisión de una antena.

La Antena ha de conectarse a un transmisor y radiar el máximo de potencia posible con un mínimo de pérdidas en ella. La Antena y el Transmisor han de adaptarse para una máxima transferencia de potencia en el sentido clásico de circuitos.¹¹

a) IMPEDANCIA

La relación entre la tensión y la corriente de entrada, $z = \frac{v}{I}$ es compleja. La parte real de la impedancia se denomina Resistencia de Antena y la parte imaginaria es la reactancia. La resistencia de antena es la suma de la resistencia de radiación y la resistencia de pérdidas. Las antenas se denominan resonantes cuando se anula su reactancia de entrada.¹²

b) INTENSIDAD DE RADIACION

La intensidad de radiación es la potencia radiada por unidad de ángulo sólido en una determinada dirección; sus unidades son vatios por metro cuadrado y a grandes distancias tiene la propiedad de ser independiente de la distancia a la que se encuentre la antena.

c) CARRIER DE FRECUENCIA

Frecuencia única, que se utiliza para "transportar" datos dentro de sus límites. La frecuencia de la portadora se mide en ciclos por segundo o Hertz¹³

d) TIPO DE ANTENA (ANTENA ISOTROPICA)

Se define como una antena puntual que radia energía uniformemente en todas las direcciones. El flujo de energía en la unidad de tiempo y por unidad de área es conocido como *Vector de Poynting*, o *Densidad de Potencia* [Watts / m²]. Este vector solo tiene componente radial para una fuente puntual.

De acuerdo a lo expresado, la potencia aplicada a dicha antena se repartirá por igual en el área de una esfera, y la densidad de potencia para un radiador isotrópico.¹⁴

Teniendo en cuenta estos parámetros se elige:

¹¹ http://www.geocities.com/ingenieria_antenas/texto1.htm

¹² http://es.wikipedia.org/wiki/Antena#Impedancia_de_entrada

¹³ [http://www.sapiensman.com/ESDictionary/C/Technical_vocabulary_Spanish\(C5\).htm](http://www.sapiensman.com/ESDictionary/C/Technical_vocabulary_Spanish(C5).htm)

¹⁴ <http://members.fortunecity.es/unitec/antenas/antenas1.htm>

Tipo de antena: Isotrópica
Posición: X= 1229m y Y=536m
Altura de la antena: 5m
Poder de transmisión: 20 dBm
Carrier de frecuencia: 1GHz

Todos estos parámetros se muestran en la figura 17.

The image shows a 'Transmitter Settings' dialog box with the following fields and values:

- Name: New Transmitter
- Description: (empty)
- Primary Tx: (empty dropdown)
- General tab selected
- Transmitter is Switched On (Active)
- Transmitter is Visible in 2D/3D View
- Prediction for Transmitter is Obsolete (e.g. Position has changed or Antenna has Changed)
- Color: (black color picker)
- Antenna Type: Isotropical Antenna
- Phi [°]: 0
- Theta [°]: 0
- Position X [m]: 1229
- Position Y [m]: 536
- Antenna Height [m]: 0
- Altitude [m]: 0
- Buttons: Set Altitude to DTM Elevation, Set Altitude to DEM Elevation, Set Altitude to Floor...
- Default Transmit Power (not system-specific) Transmit Power [dBm]: 20
- Carrier Frequency Carrier Frequency [GHz]: 1
- Buttons: OK, Cancel

Figura 17. Parámetros modificados

2.4. Añadiendo una estación base (receptora)

Los receptores pueden colocarse en cualquier posición, donde las características del canal de radio deberán ser calculadas por el RPS.

Para insertar los receptores, el icono *Line of Receivers* debe seleccionarse en la barra de herramientas. De este modo, los receptores se pueden colocar a lo largo de una polilínea. Cada vértice de la línea se ubica con el botón izquierdo

del Mouse y cuando se presiona el botón derecho, el dibujo de la línea se detiene apareciendo el diálogo mostrado en la Figura 18.

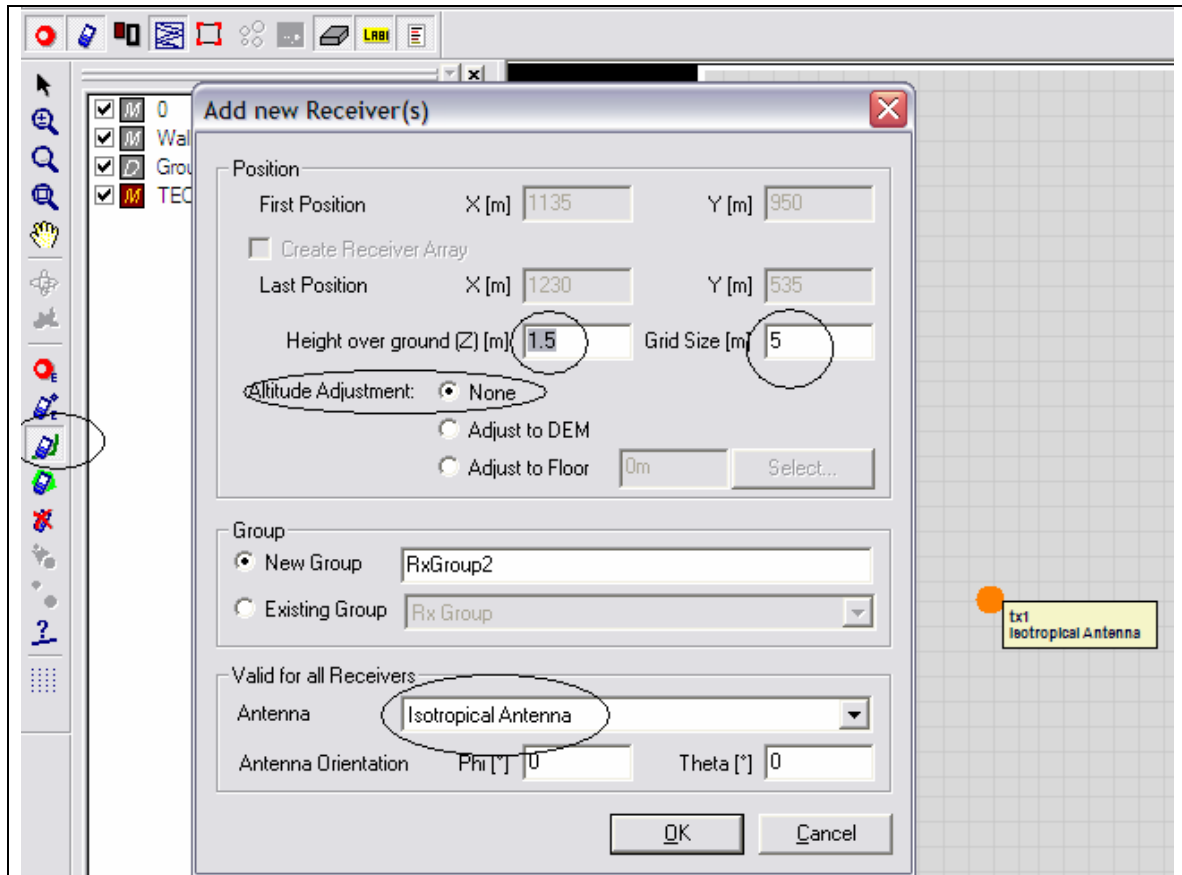


Figura 18. Parámetros de la antena receptora

Se debe tener en cuenta que la altura de los receptores no necesita modificarse -1.5m es la altura adecuada-. Como en el ejemplo no se ha creado otro grupo de receptores se relaciona *RxGroup2*. Es importante resaltar que como la antena emisora era isotropica, el software toma automáticamente la antena receptora con las mismas características.

La cuadrícula antes mencionada viene a jugar un papel importante en la ubicación de las antenas receptoras, pues la determinación de distancia entre antenas receptoras la coloca la cuadrícula.

2.5 Predicciones de campo de fuerza.

Para determinar la intensidad necesaria de cada antena se deben tener en cuenta los siguientes pasos al momento de realizar la simulación:

2.5.1 Fase de preparación de la simulación

Antes de ejecutar la simulación, se pueden modificar una serie de parámetros, los cuales permiten tener una mayor precisión en los resultados.

Esto se puede lograr usando el menú de entradas *Preferences* -> *General Preferences*, o seleccionando el icono correspondiente de la barra de herramientas estándar ubicada encima de la aplicación RPS. El diálogo contiene algunos tabuladores. El primer tabulador resume todos los parámetros para la configuración de algoritmos de trazo de rayas, como se evidencia en la figura 19.

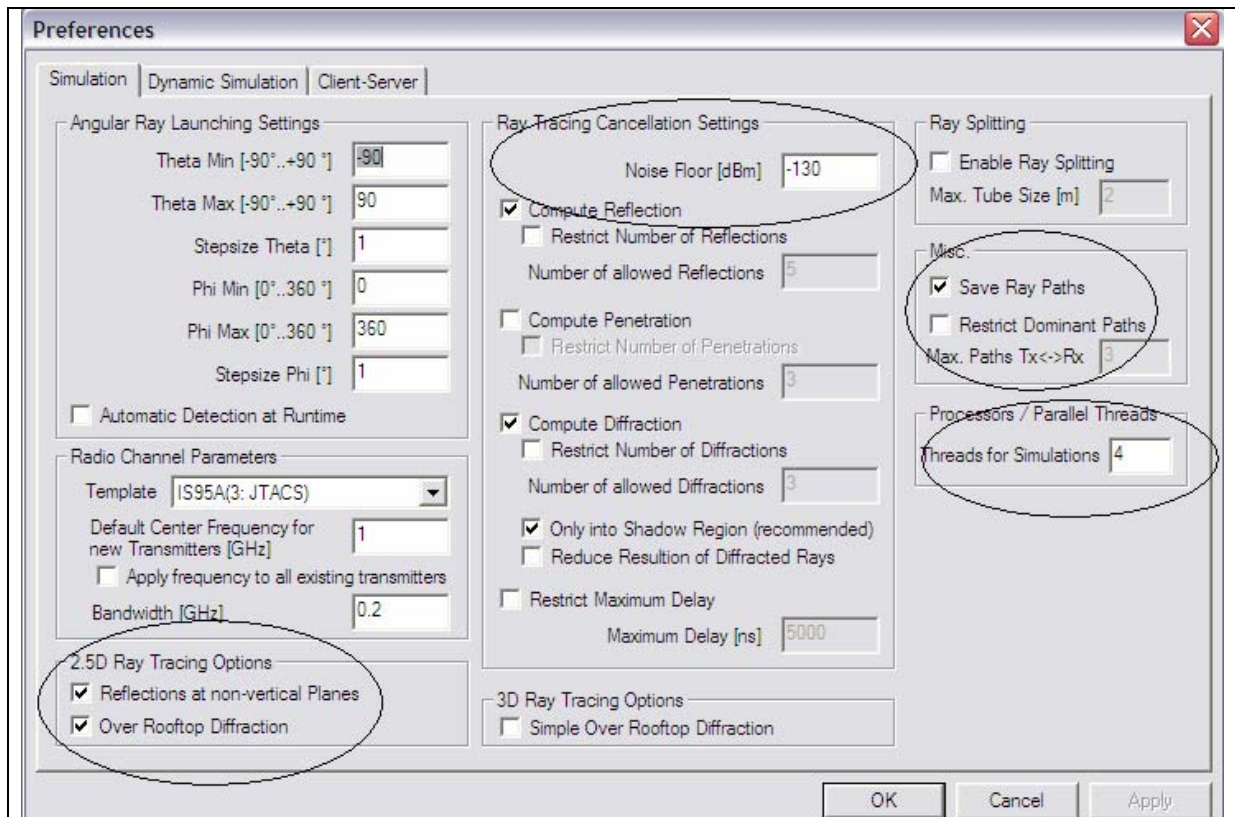


Figura 19. Parámetros de configuración del trazo de rayas

Se debe tener presente conservar los siguientes parámetros: La caja de control *Save Rays paths* ubicado en el grupo “Misc” que guarda la geometría de las rayas detectadas para una posterior investigación. Hay que resaltar esta opción pues no afecta ningún resultado de simulación pero es útil para analizar los resultados de predicción después del proceso de simulación. En el grupo “*Ray Tracing Calculation Settings*” (escenarios de cálculo de trazo de rayas), el suelo de ruido (el criterio que determina cuándo el trazado de razas puede detenerse) se fija en -130dBm. El número de hilos para una simulación se puede ubicar en un valor entre 2 y 4 siendo el último particularmente efectivo en arquitecturas de multiprocesador y procesador de lineados¹⁵.

¹⁵ Tomado del manual rps_ug_5.3 manual rps

2.5.2 Etapas de la Simulación en nivel 2.5D

Para iniciar la simulación debe estar activado *Auto Detect Diffraction Edges Before each Simulation Run* (“*auto-detección de bordes de difracción antes de cada recorrido de simulación*”) esto debe realizarse para asegurar que los bordes de difracción están automáticamente detectados al comienzo de la simulación.

El algoritmo a utilizar es 2.5D, una vez seleccionado se activa el botón *Start* que se encuentra en la barra de herramientas, como se muestra en la figura 20.

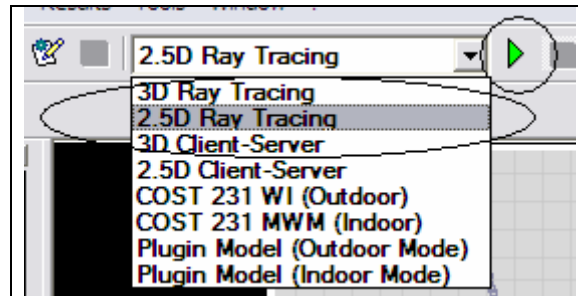


Figura 20. Botón de simulación y parámetro del algoritmo.

Una vez se ha trabajado todos los parámetros antes mencionados se aplica la simulación y como resultado se puede obtener lo que muestra la siguiente figura.

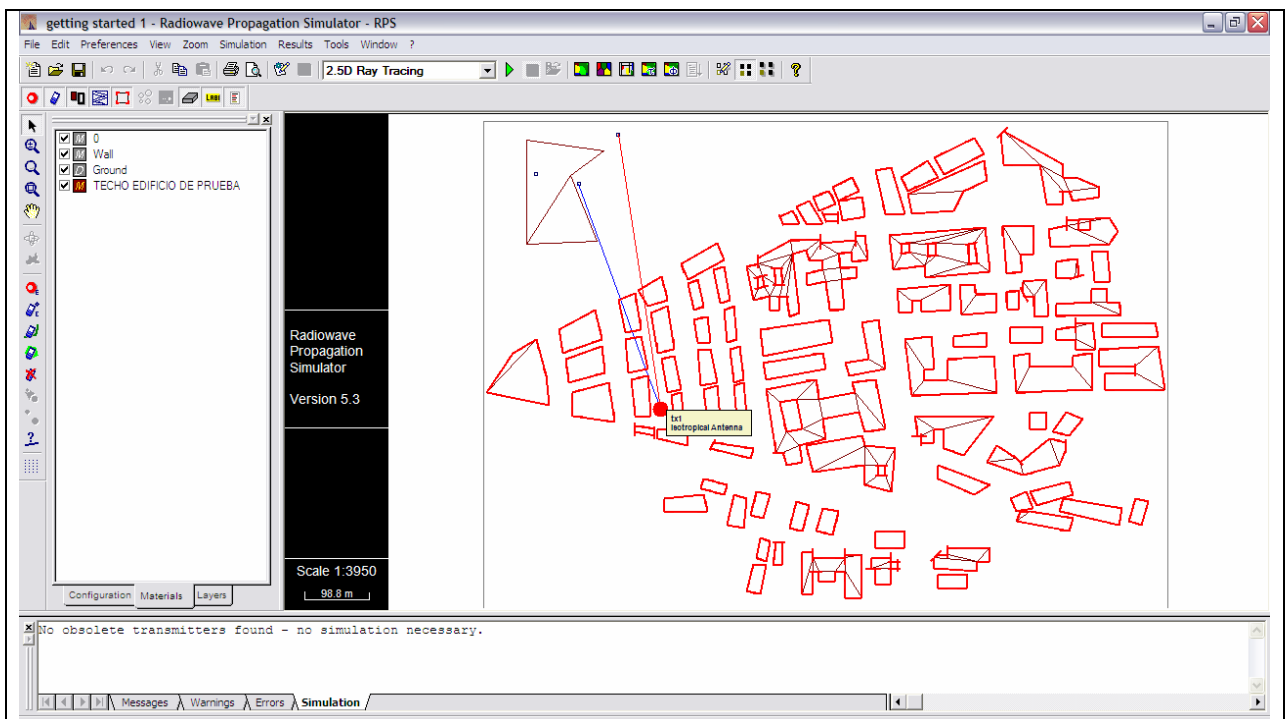


Figura 21. Resultado grafico de la simulación

2.6. Análisis de la simulación.

A continuación se relaciona un análisis detallado del diseño de estudio.

2.6.1. Resultados del software

Para generar un buen análisis se debe tener presente las siguientes herramientas que el software trae: una de las primeras es que se puede observar los cursos de las rayas que dan una suma a la respuesta de impulso de canal en cualquier posición de receptor. Esto se puede observar gracias al icono *Show Rays*, la guía de las rayas se pueden mostrar en el ambiente como polilíneas, el color de ellas se determina según su poder de recepción particular. Esto se puede observar en la figura 22, la cual muestra un mayor número de elementos receptores, con un solo transmisor y la variedad de colores significa la calidad de recepción de cada uno de ellos debido a la posición del transmisor.

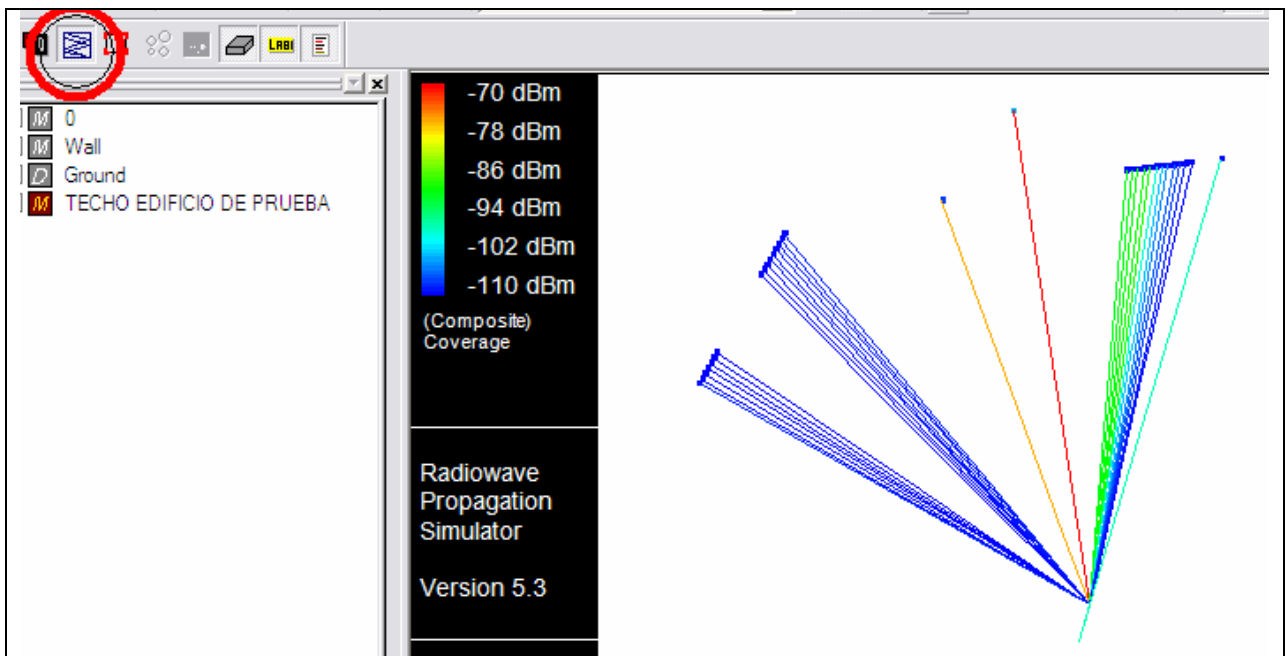


Figura 22. Muestra de tonalidades de recepción

2.6.2. Vistas en 2D y 3D.

El software permite obtener una idea del ambiente mas real incluyendo planos de 2D y 3D. En el último caso, el edificio, transmisores y los receptores pueden ser rotados, se puede enfocar en primer plano el ambiente y puede “volar” encima y dentro de la estructura del edificio usando el mouse o las teclas comando de navegación para obtener una visión general, detallada y precisa. Para cambiar/conmutar entre vistas 2D y 3D se usa los iconos de la barra de herramientas estándar. Todos los resultados de predicción se pueden mostrar en modo de vista 2D, así como también en 3D. Para tener una mayor idea, la figura 23 muestra lo anteriormente mencionado.

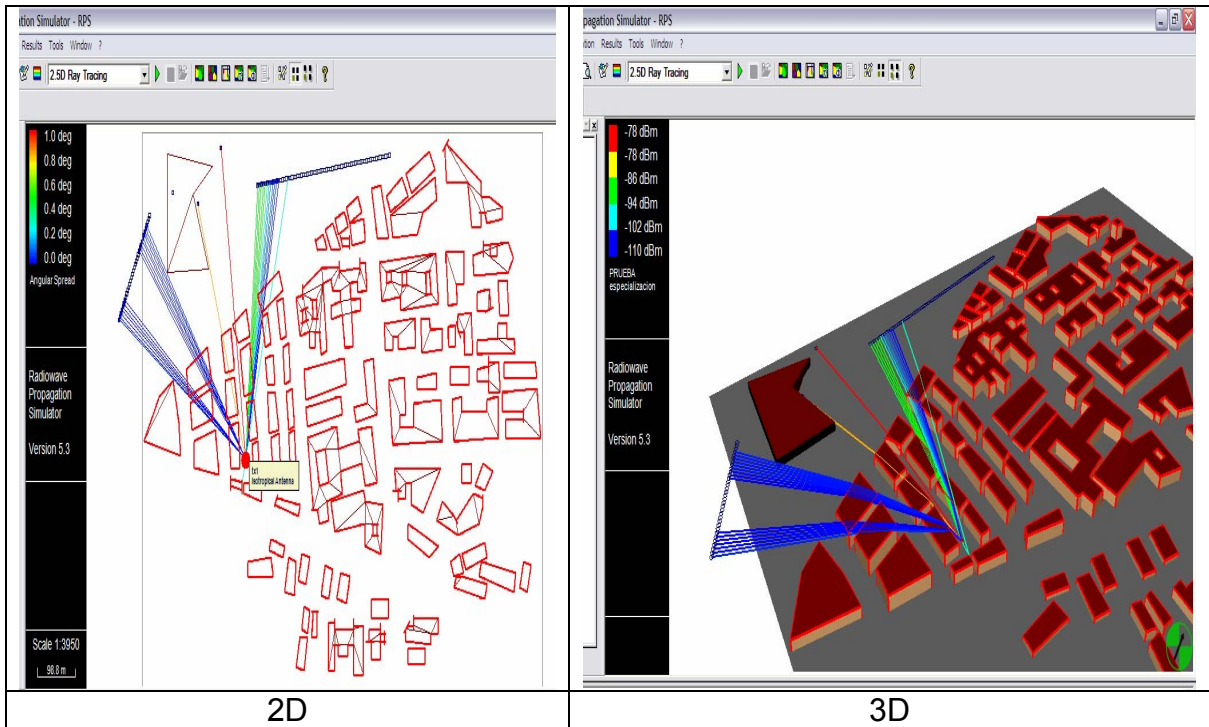


Figura 23. Resultado de la simulación en 2D y 3D.

La gama de colores se puede variar dependiendo de la necesidad de estudio, en el caso si se quiere ver un rango específico de decibeles (dBm), se puede realizar una modificación en el cuadro de diálogo que se muestra en el escenario final. Esto se puede lograr al hacer clic en la parte baja de la leyenda negra de la parte izquierda del área visible, o usando el icono de la barra de herramientas estándar sobre la ventana, ver Figura 24.

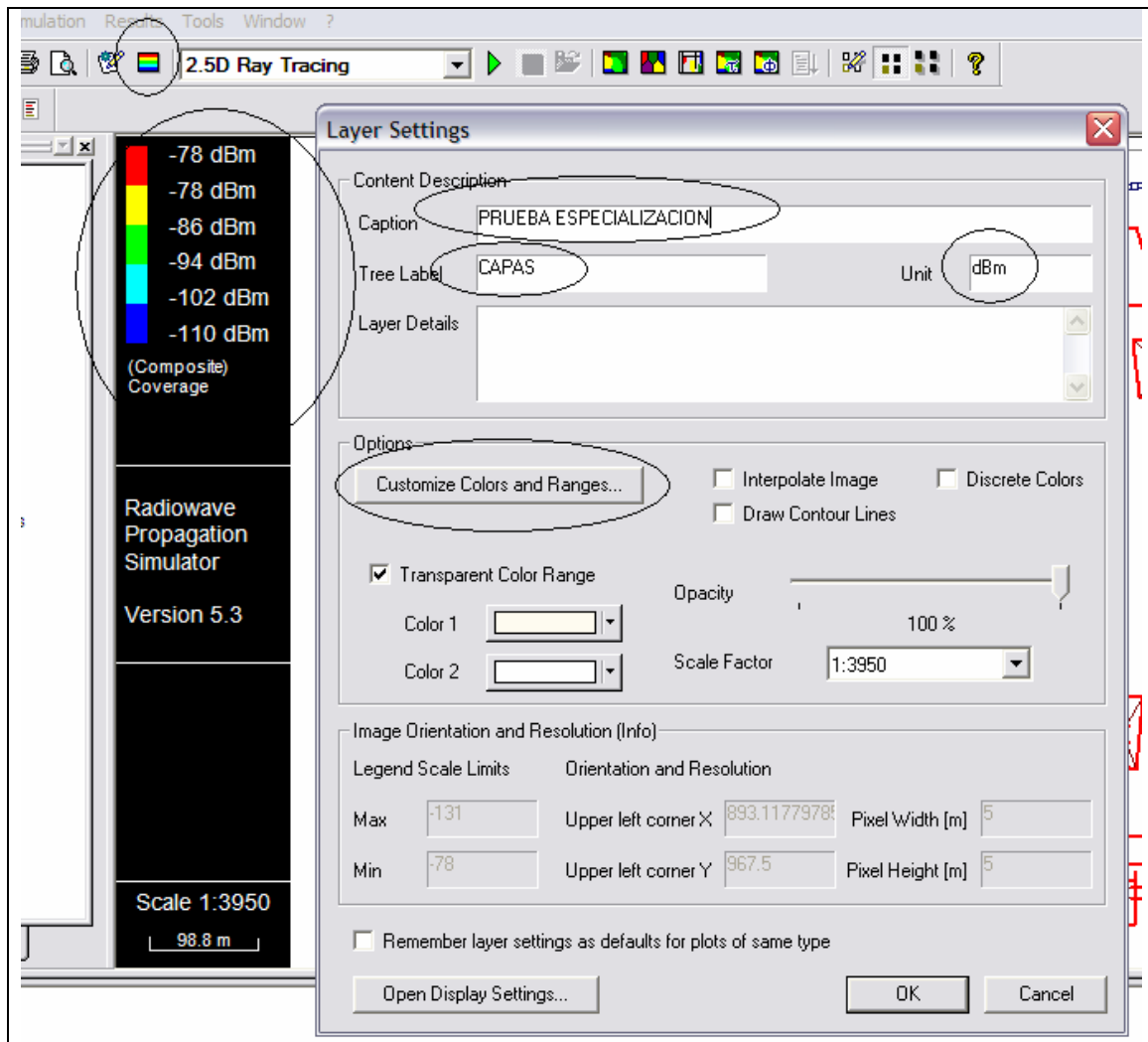


Figura 24. Escenario de capas

2.6.3. Elementos de superficie

El software RPS tiene la facultad de calcular la cobertura, la propagación de demora, entre otros. Esta serie de características las puede elegir quien realiza la simulación y para ello se modifican unos iconos de la barra de herramientas.

Para obtener una mejor visualización de los resultados se puede utilizar la herramienta de vuelo o la de rotación en 3D. Hay que resaltar que todas estas herramientas se utilizan en 3D, para saber a que iconos se hace referencia, esto se observa en la figura 25.

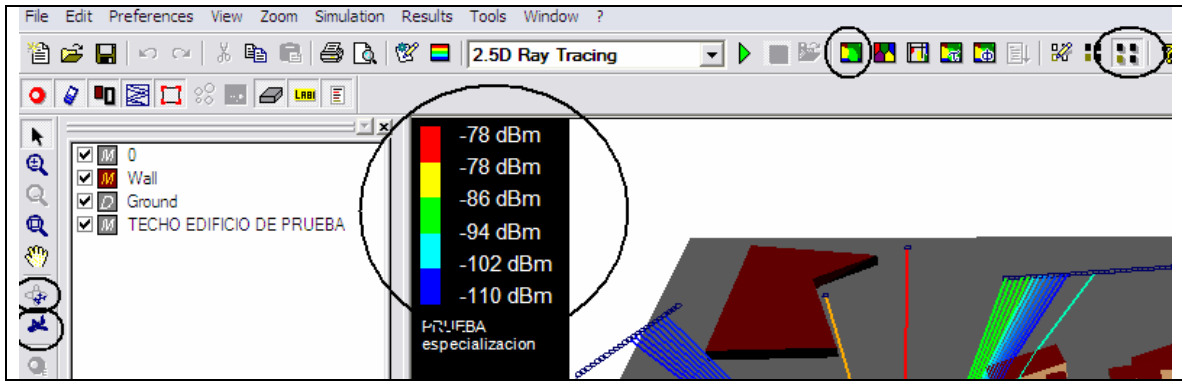


Figura 25. Iconos de giro, rotación, cobertura y 3D.

2.7. Análisis adicional

Además de los cuadros de superficie, el RPS ofrece también poderosos módulos post-procesadores de punto, curso y análisis Tx que pueden ser accedidos en la vista 2D. Estos permiten observar los canales de datos característicos (ejemplo: respuestas de impulso de canal) en gráficos rectangulares XY y gráficos polares, por ejemplo, de ángulos de llegadas (AoA, DoA) o tablas¹⁶.

Como se mencionaba con anterioridad el color de la línea de transmisión puede ser cambiado, para ello se pulsa el botón izquierdo del mouse sobre la línea que se desea cambiar. El dibujo se detiene donde el botón derecho del mouse se presiona. Se debe dibujar una simple línea recta a lo largo de los receptores que fueron colocados antes, después que el botón derecho del mouse fuese presionado, aparece un diálogo que pregunta por un radio de captura, este radio de captura determina el alcance alrededor de la línea para incluir también receptores en el análisis que no están exactamente alcanzados. Hay que resaltar que esta operación se debe llevar a cabo en la condición de 2D. Este proceso se muestra en la figura 26.

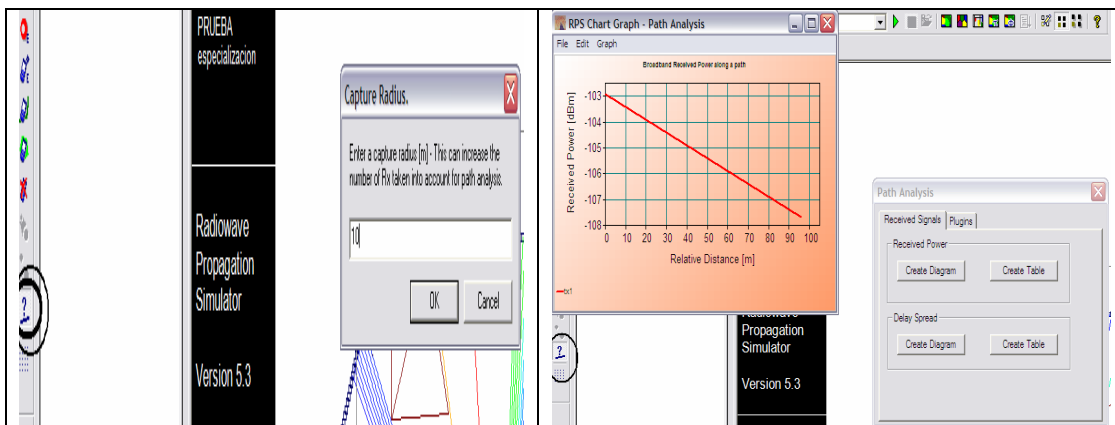


Figura 26. Diagrama gráfico del cubrimiento de ancho de banda a lo largo de un curso

¹⁶ Tomado del manual rps_ug_5.3 manual rps

2.8. Asignación de patrones de radiación a las antenas emisoras

En el ejemplo que se ha desarrollado se ha trabajado con una antena isotrópica, sin embargo, la asignación de la antena puede ser diferente, gracias a un banco de información con el que cuenta el software. Para ello se debe importar haciendo clic derecho en el nodo de antenas y escogiendo *Import Antenas...* del menú de contexto. Un diálogo de abrir archivo aparece donde se puede seleccionar la antena dipolo, inmediatamente es añadida al poste de la antena, esto se puede observar en la figura 27.

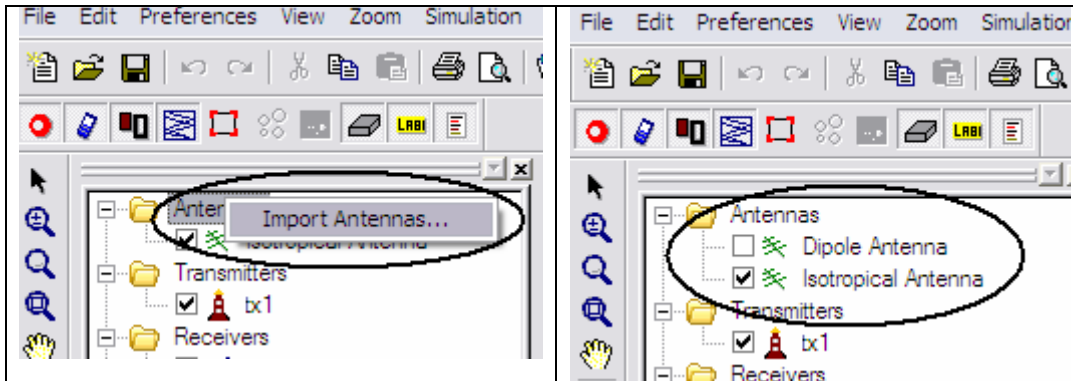


Figura 27 Importación de una nueva antena.

Esta nueva antena puede cambiarse por la anteriormente trabajada y realizarse una nueva simulación. Para llevar a cabo esto se debe habilitar el icono de *edit transmitters*, se ubica el cursor sobre la antena anteriormente montada y con el mouse se hace clic derecho donde se abre una ventana y se selecciona settings, que a su vez abre otra ventana de *transmitters settings* y se selecciona el tipo de antena que se requiera para la nueva simulación, esto se utiliza con cualquiera de las antenas del banco de información con el que cuenta el programa. Para entender un poco mejor lo descrito observe la figura a continuación.

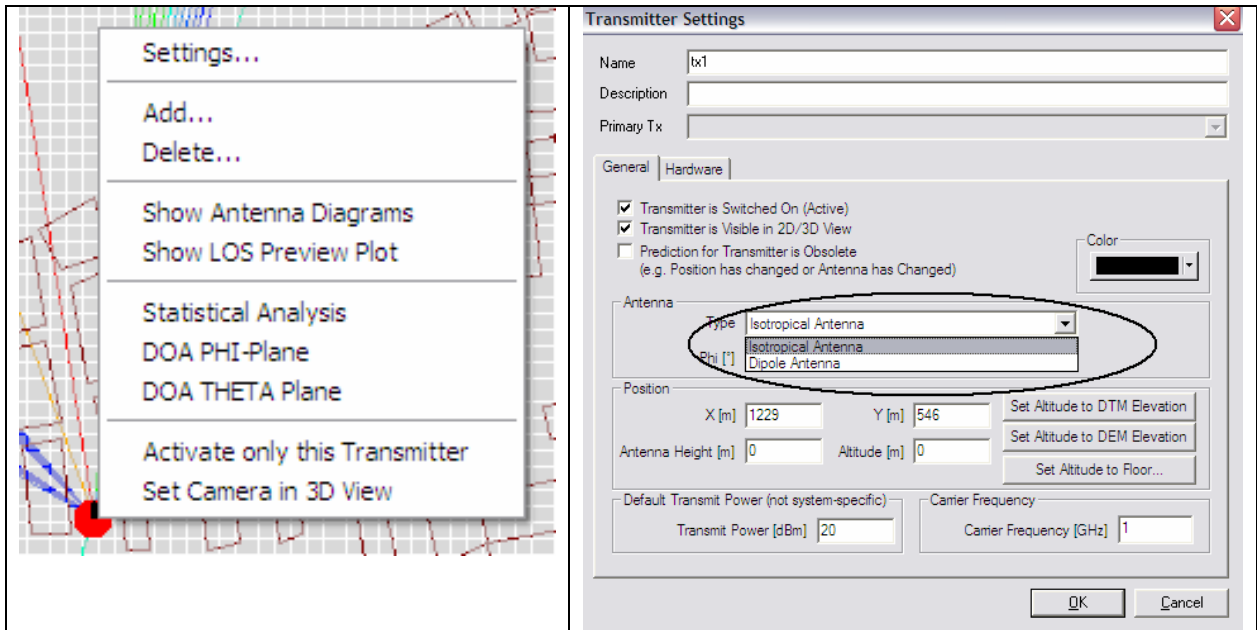


Figura 28. Selección de una nueva antena

Una vez seleccionada la antena dipolo se realiza una nueva simulación, la cual arroja el siguiente resultado ilustrado en la figura 29.

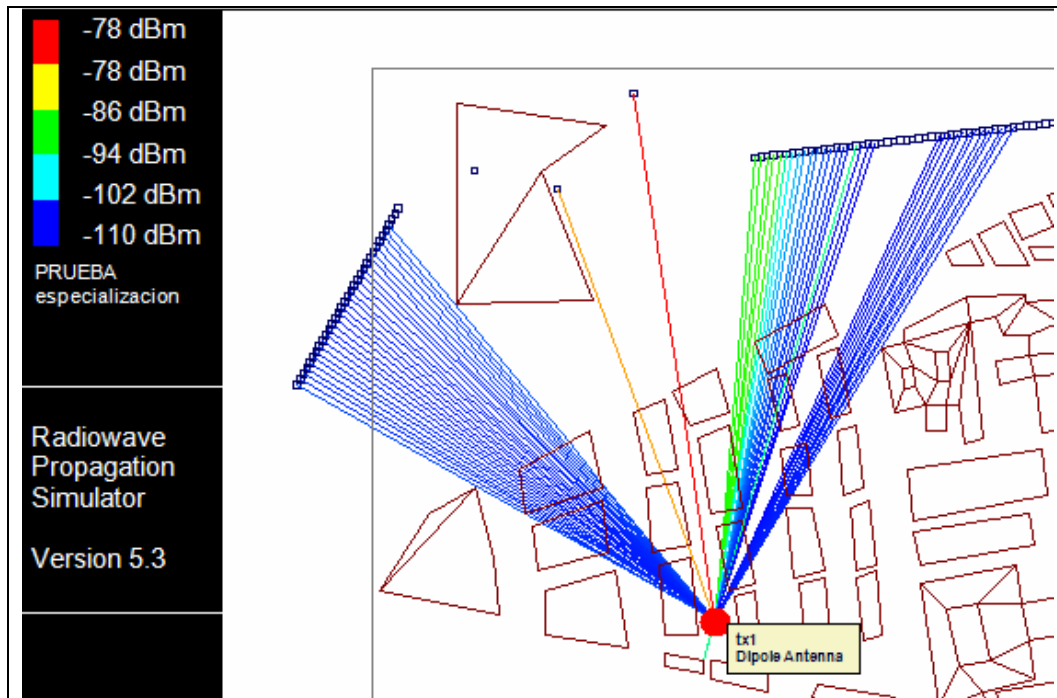


Figura 29. Resultado de la nueva simulación con la antena dipolo.

Es importante resaltar las características de una antena dipolo. Para ello el software presenta una opción, la cual muestra el diagrama polar de la antena, para acceder a este se debe hacer clic derecho sobre la antena, el cual

despliega una ventana donde sale la opción *Show Antenna Diagrams*, haciendo clic sobre ella se despliega una nueva ventana con el diagrama de la antena dipolo que se esta trabajando. Para llegar a entender la descripción anterior, se puede observar la figura 30.

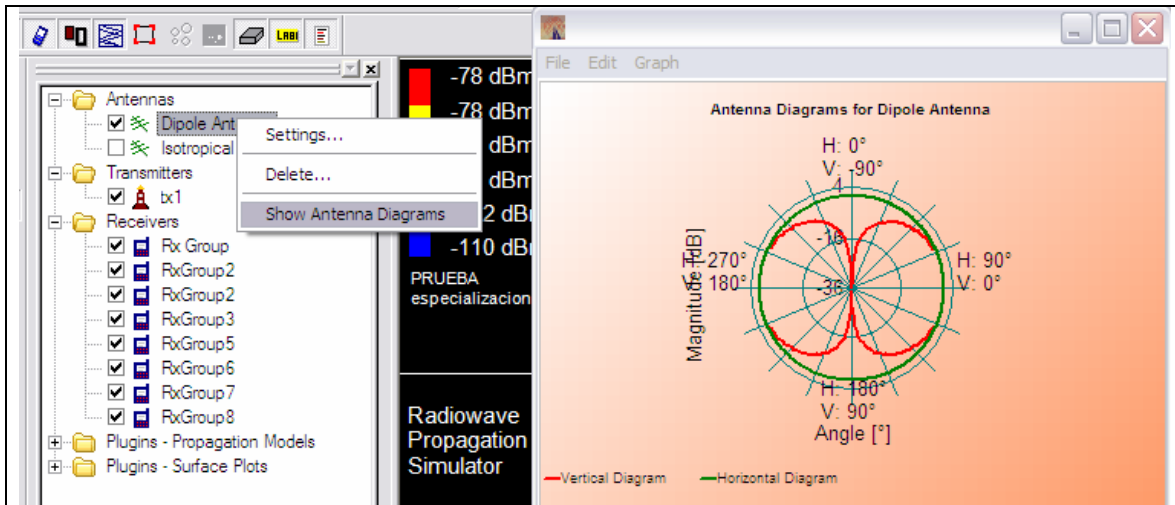


Figura 30. Despliegue del diagrama polar de la antena dipolo.

Adicionalmente uno de los parámetros que se puede modificar de la antena dipolo es la ganancia que tiene la antena y el tipo de polarización, para realizar esto se realiza clic izquierdo sobre el panel de antenas (antena dipolo), lo cual hace que se deslice una nueva ventana donde se selecciona la opción *Settings* que a su vez abre otra ventana donde salen los parámetros anteriormente mencionados para ser modificados, esto se puede ver en la figura 31.

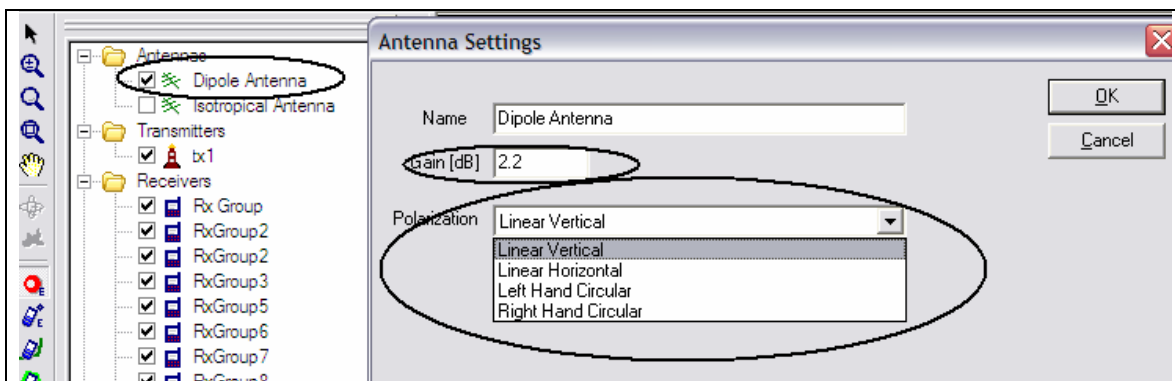


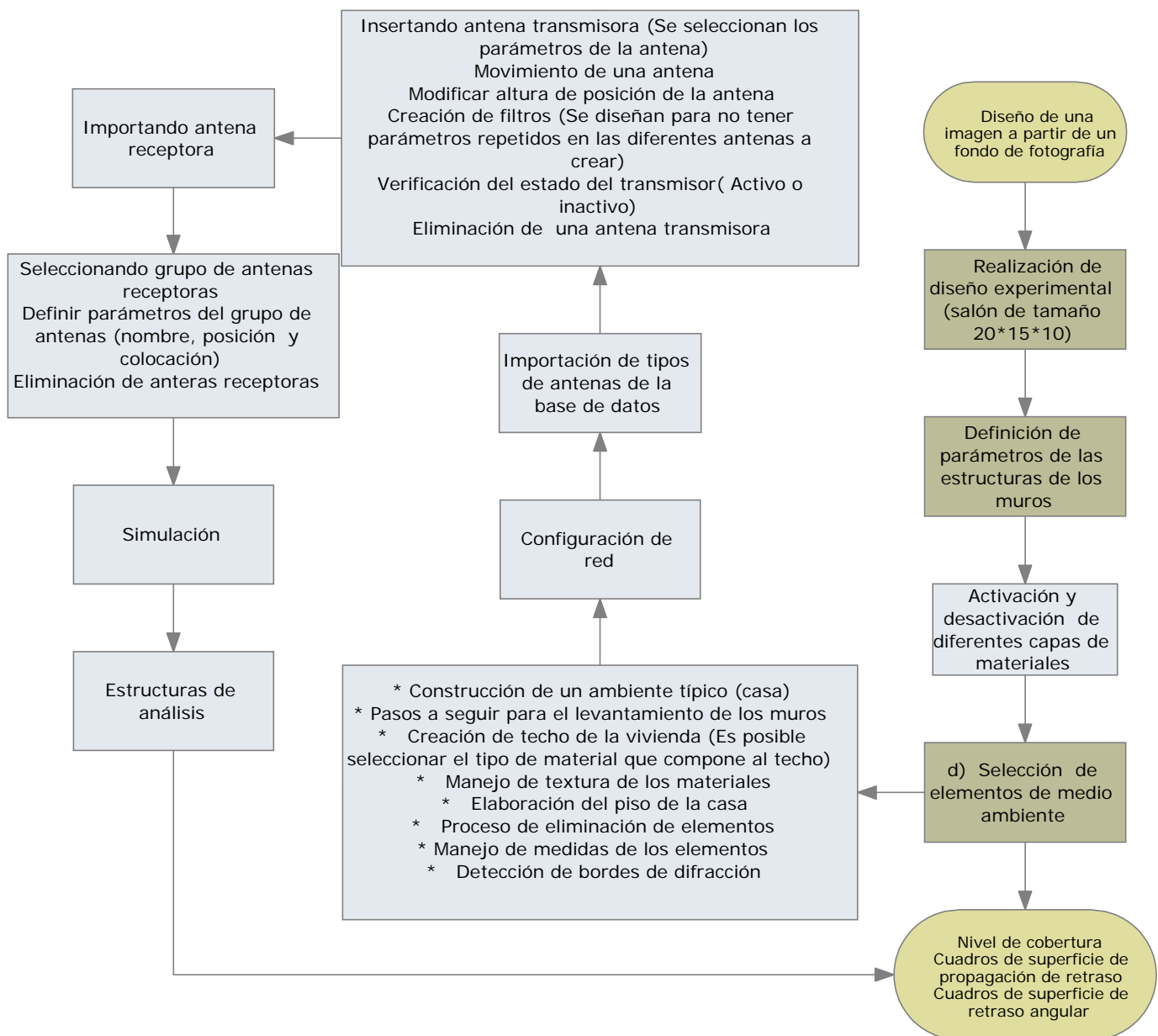
Figura 31. Parámetros adicionales para variar en la antena dipolo

3. CONFIGURACIÓN DEL RPS EN UN AMBIENTE DISEÑADO POR EL USUARIO

3.1. Diagrama de Flujo

El siguiente diagrama de flujo permite visualizar de manera grafica lo que contiene el siguiente capítulo.

Ejercicio de configuración del RPS en un ambiente diseñado por el usuario



3.2. Configuración del nuevo ambiente

En el siguiente capítulo se muestra como trabajar el software, con un ambiente que se encuentra en la base de datos del sistema, en esta ocasión se trabaja con el diseño de un nuevo ambiente, tomando una serie de parámetros adicionales en la simulación.

El software permite importar una fotografía, y sobre ella realizar el diseño de los bloques que van hacer analizados, esto se puede lograr con el icono *Insert Image*, esta puede ser una forma de tener una simulación acertada del lugar o en el caso realizar las medidas del lugar y hacer el diseño ya sea sobre el mismo software o en programas especializados como Autocad. Un ejemplo de esto se puede observar en la siguiente figura

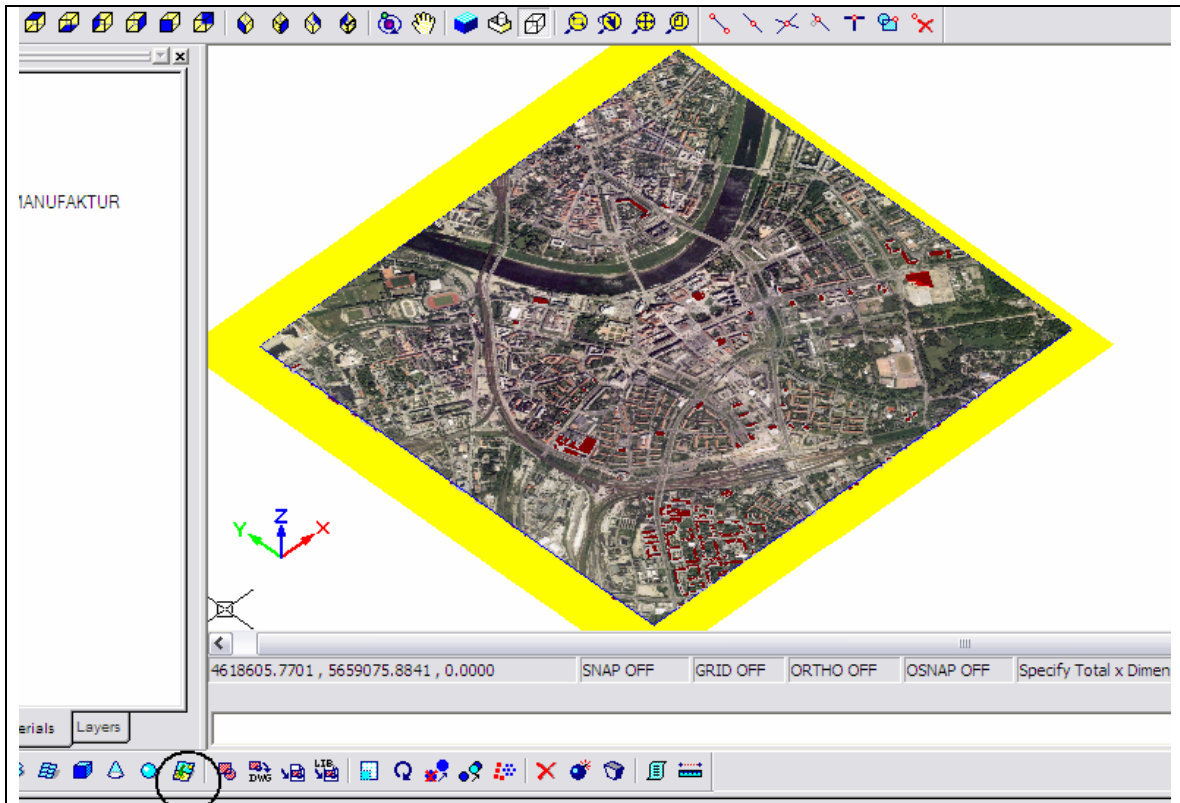


Figura 32. Importación de una imagen

En este ejercicio se trabaja con un diseño basado en un lugar de ambiente de una ciudad, para el diseño es recomendable tener habilitado los comandos: "SNAP, GRID, ORTHO", ver figura 33, pues facilitan la ubicación correcta de los muros, para ello se selecciona la MALLA "grid" de 5m para el ejemplo en desarrollo.

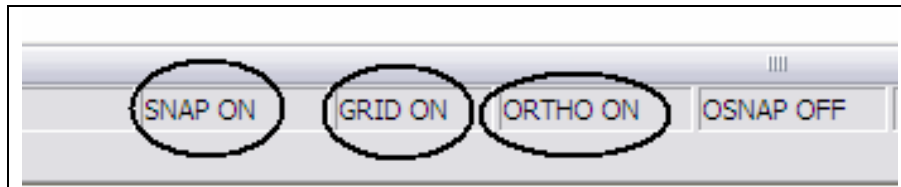


Figura 33. Comandos gráficos

3.3. Definición de la estructura del material.

Antes de comenzar a realizar el diseño se debe definir la estructura del material, la cual compone el edificio o bloque a construir y/o a simular. Para muchos comandos de edición es importante especificar la estructura del material antes de ejecutar el comando. Los objetos nuevos o copiados serían pues asignados a la estructura específica.

Es importante resaltar que al iniciar un proyecto el software arroja una estructura de material "0". En el manual del software se recomienda no usar estructura "0" para ningún objeto. En su lugar, se debe siempre crear nuevas estructuras de materiales para crear o importar objetos. Estos objetos heredarán entonces las propiedades materiales de sus respectivas estructuras¹⁷.

Además, las estructuras de los materiales pueden activarse selectivamente. Solo los objetos del ambiente de estructuras activas son visibles y considerados en simulaciones de cobertura. El estado activo o inactivo del material puede ser alternado haciendo clic en la casilla a la izquierda. Esto se puede observar en la figura 34

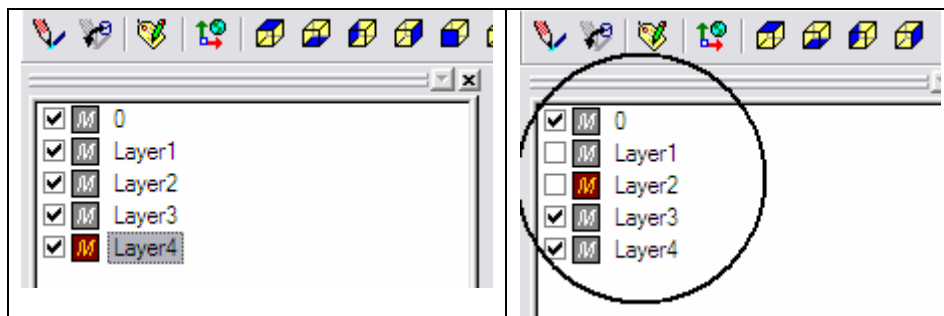


Figura 34. Habilitación de capa de materiales.

3.3.1 Selección del material

Los materiales se pueden seleccionar dependiendo del tipo de construcción a analizar, es importante recalcar que los materiales pueden ser cambiados en cualquier instante de la simulación y volverla a generar. Para tener una mayor idea de la opción de materiales la tabla 1 que se ha tomado del manual de referencia explica cada uno de los parámetros:

¹⁷ Tomado del Manual del RPS version 5.3

Tabla 7. Propiedades de capa material

<i>Propiedad</i>	<i>Descripción</i>
Escenarios Generales	
Nombre	Nombre de la capa material. Esto puede ser una serie arbitraria excepto “0” (reservado). Puede ser importado/exportado en formato DXF/DWG.
Descripción	Una descripción arbitraria de la capa de material.
Bandera activa	Si esta bandera está dispuesta, la capa es visible y es considerada en simulaciones de cubrimiento. Puede ser importada/exportada en formato DXF/DWG.
Bandera cerrada	Si esta bandera está dispuesta, los objetos asignados a esta capa no se pueden seleccionar o modificar más tiempo. Puede ser importada/exportada en formato DXF/DWG.
Color	El color de presentación de la capa material Puede ser importado/exportado en formato DXF/DWG.
Propiedades de Propagación	
Grosor	El grosor de los objetos de esta capa que se considera para efectos de propagación (reflexión, penetración). Se usa también como el grosor de presentación de objetos verticales en vista 2D.
Permisividad relativa	La permisividad relativa ϵ_r de objetos de esta capa que se usa para efectos de propagación (reflexión, penetración, difracción).
Bandera de invierno	Con esta bandera se puede activar un escenario alternativo para la permisividad relativa.
<u>Base de datos de material</u>	Botón para acceso a la base de datos de material.
Banderas	
Penetración	Si se coloca esta bandera, la capa mantiene la penetración.
Reflexión	Si se coloca esta bandera, la capa mantiene la reflexión.
Difracción	Si se coloca esta bandera, la capa mantiene la difracción.
Obstáculos llenos	Si esta bandera se coloca, los objetos de esta capa son tratados como si pertenecieran a obstáculos completamente llenos, cerrados (ejemplo: personas, carros, etc.).
Uso como capa vector DEM	Si esta bandera se coloca, los objetos de esta capa son tratados como capa DEM definiendo el nivel del suelo. Como consecuencia, los elementos de red (emisoras, receptores) u otros elementos de ambiente se pueden emplazar en una altura relativa con su capa DEM.
Uso como capa raster DEM	Si se coloca esta bandera, las propiedades de esta capa material se usan para una matriz línea paralela DEM que puede ser cargada separadamente. No se permite definir más de una capa como línea paralela de capa DEM. Los elementos de red u otros elementos de ambiente se pueden colocar en una altura relativa a su capa DEM.

Estos parámetros se pueden ver en la figura 35

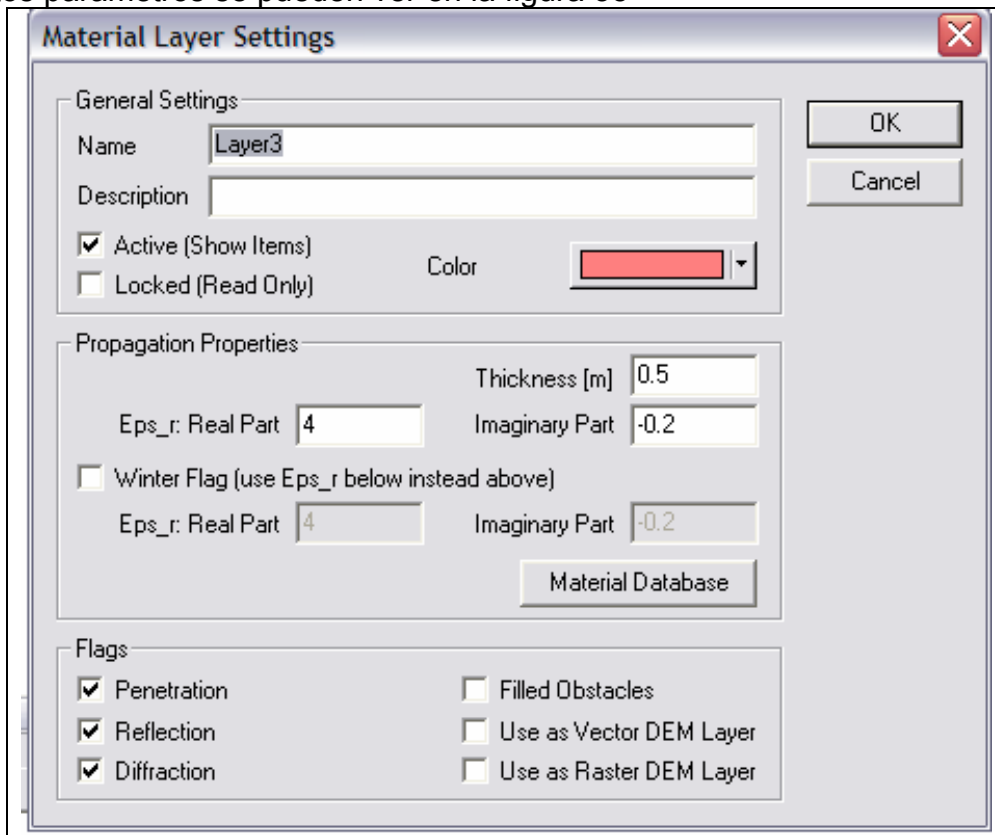


Figura 35. Parámetros a variar en la capa de materiales

Para obtener una mejor perspectiva general de los escenarios de todas las estructuras juntas de los materiales, se puede lograr al realizar un clic sobre la opción *Settings Overvie* del menú. Estos valores pueden ser modificados en esta ventana, ver la figura 36

Materials Database																	
	Name	Description	Color	Active	Locked	Thickness [m]	Re(Epsr)	Im(Epsr)	Winter Flag	Re(Epsr Winter)	Im(Epsr Winter)	Penetration	Reflection	Diffraction	Filled	As DEM Vector Layer	As DEM Raster Layer
▶	0			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.5	4	-0.2	<input type="checkbox"/>	4	-0.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	material 1	Reinforced concrete - 40		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.5	5	-0.4	<input type="checkbox"/>	4	-0.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	material 2	Concrete (r =0.7kg/dm3) -		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.5	2	-0.5	<input type="checkbox"/>	4	-0.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	material 3	Concrete - 24 cm (1 GHz)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.5	7	-0.8	<input type="checkbox"/>	4	-0.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	material 4	Concrete - 40 cm (1.8 GHz)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.5	3.5	-0.9	<input type="checkbox"/>	4	-0.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 36. Resumen de materiales con características


3.4. Construcción de elementos del ambiente

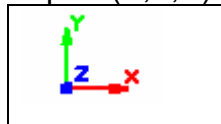
Entre los elementos de ambiente pueden estar el diseño de edificios, casas, árboles, automóviles, personas, entre otros, que se requieran para realizar la simulación.

3.4.1 Construcción de un componente típico (casa)

Se debe resaltar que el software permite construir un objeto de pared a pared o de manera mas avanzada construirlo a partir de un mapa que se tenga de la figura.

Como primera opción se trabaja una construcción de pared a pared, para ello hay que seguir los siguientes pasos:

- a) Como en el primer ejemplo se debe tener presente que el sistema de coordenadas WORLD está activo, si no, la vista superior es seleccionada corrientemente.
- b) Crear una nueva estructura y llamarla "PARED". Cuando se inicie a dar las coordenadas si se requiere cada muro puede tener una estructura de material diferente, esto debe asignarse antes de generar las nuevas coordenadas de cada muro. En el caso de que no se realice la creación de nuevas capas para cada muro o paredes siempre quedaran con la misma estructura de material seleccionada.
- c) Para empezar con el primer muro se debe hacer clic en el icono  (herramienta recomendada *Draw Surface (3DFace)*). Se debe especificar las coordenadas de los cuatro vértices de la pared tecleando los números delimitados con comas en la línea de comando del editor de ambiente. Generalmente se recomienda comenzar definiendo un componente de ambiente desde el teclado. Las coordenadas de muestra de la pared serán: $0,0,0/20,0,0/20,0,10/0,0,10$. Es importante resaltar que el orden de las coordenadas viene dado por: (X,Z,Y)



- d) Para levantar el segundo muro se repite lo indicado en el paso c), teniendo en cuenta que las nuevas coordenadas son:
 $0,0,0/15,0/0,15,10/0,0,10$

En este instante se debe ver; haciendo clic sobre el icono *view SE*, como se muestra en la figura 37

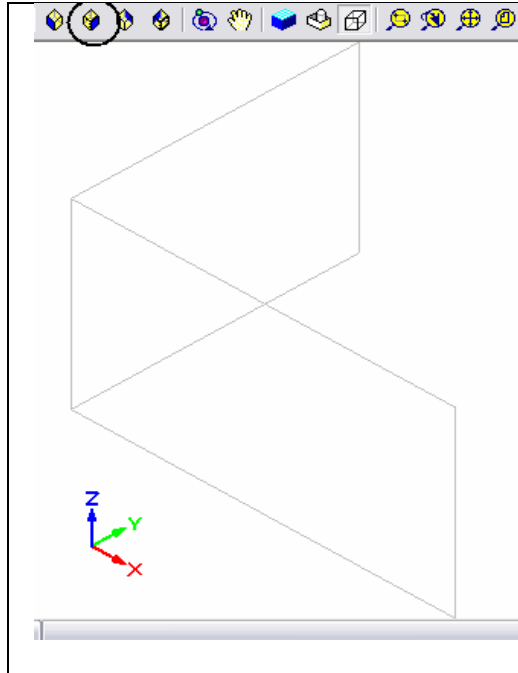


Figura 37. Vista de dos paredes del diseño del edificio

Para no repetir los pasos anteriormente mencionados se puede copiar las paredes creadas y pegarlas para completar el edificio o casa. Para lograrlo se debe:

- e) Activar el panorama del objeto sobre los vértices finales (*Object Snap End*) ver la figura 38.

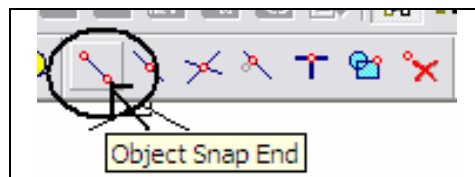


Figura 38. *Object Snap End*

- f) Para copiar la primera pared se debe hacer clic en el icono (*Duplicate Objects*) que se muestra en la figura 39

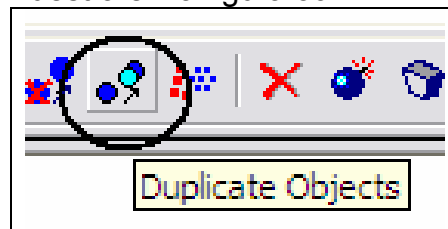


Figura 39. *Duplicate Objects*

El resultado de la selección de la pared mas corta, se completa enfocando el cursor del mouse sobre uno de sus vértices hasta resaltar el objeto "snap" y luego haciendo clic sobre el. Una vez es copiada debe moverse al lugar deseado, para ello debe hacer clic derecho sobre la pantalla y aparecerá el

elemento copiado y con el cursor lo lleva hasta el lugar adecuado finalizando la operación con clic derecho.

Esto se puede observar en la figura 40

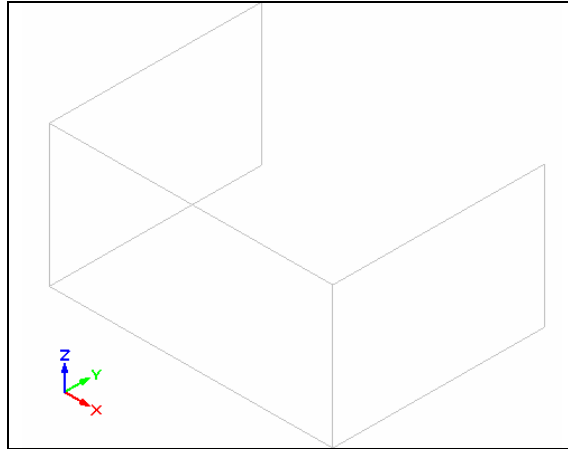


Figura 40. Diseño de copiado de pared

- g) Para colocar la otra pared se repite el proceso de copiado que se explico en el punto anterior. El resultado se puede observar en la siguiente figura.

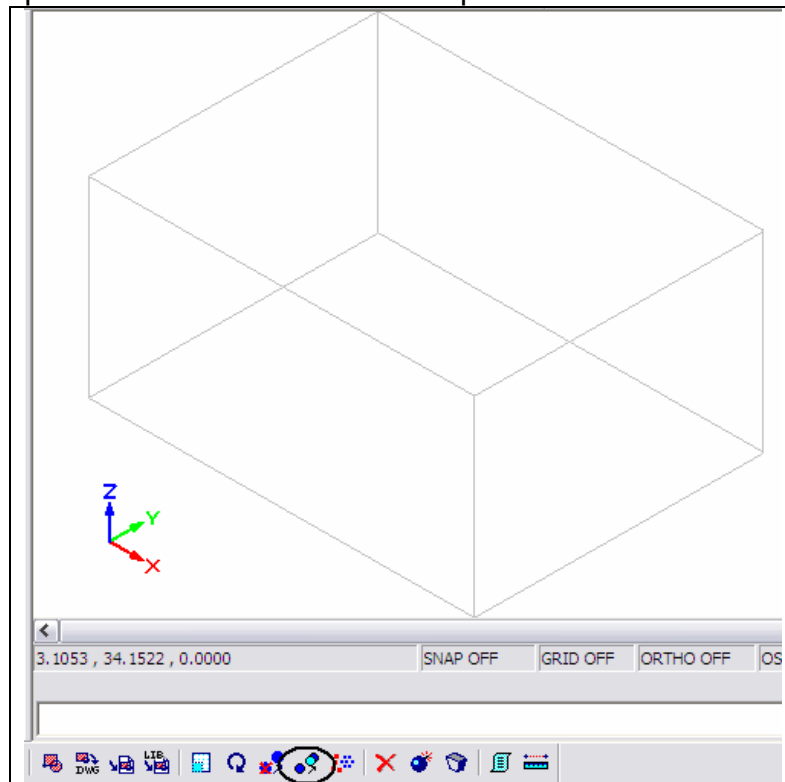


Figura 41. Muros del edificio o casa listos

3.4.2. Creación del techo para el edificio o casa

Para la construcción del techo, que en este caso es la realización de un rectángulo que cubra la figura a que se ha trabajado se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) Se crea una nueva capa de material, la cual se llama "TECHO". Con estructura de material diferente. Ver la figura 42

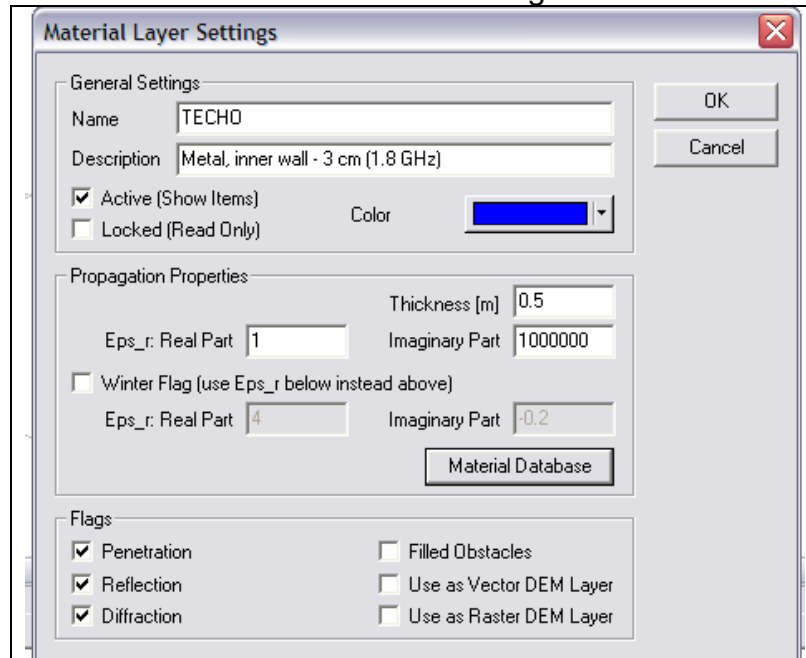


Figura 42. Designación de material para el TECHO

- b) Para construir la placa del techo, se debe realizar clic sobre el icono "Draw Surface (3d Face)". Ver figura 43. Haciendo clic izquierdo sobre la esquina superior se van recorriendo esquina por esquina hasta completar el rectángulo que la figura tiene y por ultimo, terminado el rectángulo se hace clic derecho, como se observa en la figura 44.



Figura 43. Draw Surface (3d Face)

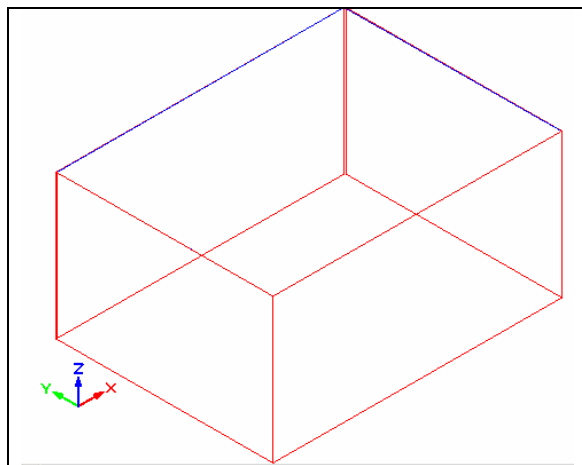


Figura 44. Diseño con techo

Una de las características del software es permitir diferenciar el tipo de materiales por el color que selecciono, para observar con mas detalle se puede ingresar a la tercera dimensión la cual va ha mostrar los colores seleccionados, ver figura 45.

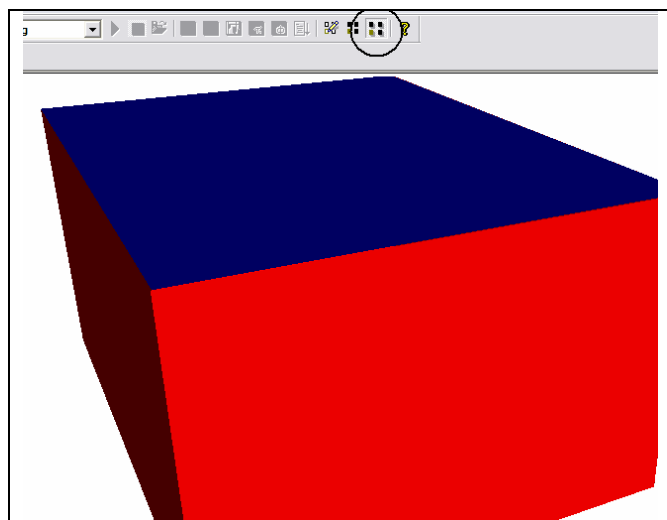


Figura 45. Diseño en tercera dimensión

Se debe resaltar que el software permite a partir de una imagen base crear un edificio.

3.4.3. Creación del piso

Para obtener un mejor resultado es bueno crear la capa del suelo, pero para ello se debe tener presente habilitar el icono "Use as Vector DEM Layer" que hace parte de la estructura del suelo. Es más, solo la reflexión y posiblemente la difracción debe activarse para esta capa, mientras que no se recomienda permitir la penetración para la capa DEM. Ver la figura 46

Esta capa se puede crear por medio del comando *Draw Surface (3DFace)* de la misma forma que se creo el techo del objeto.

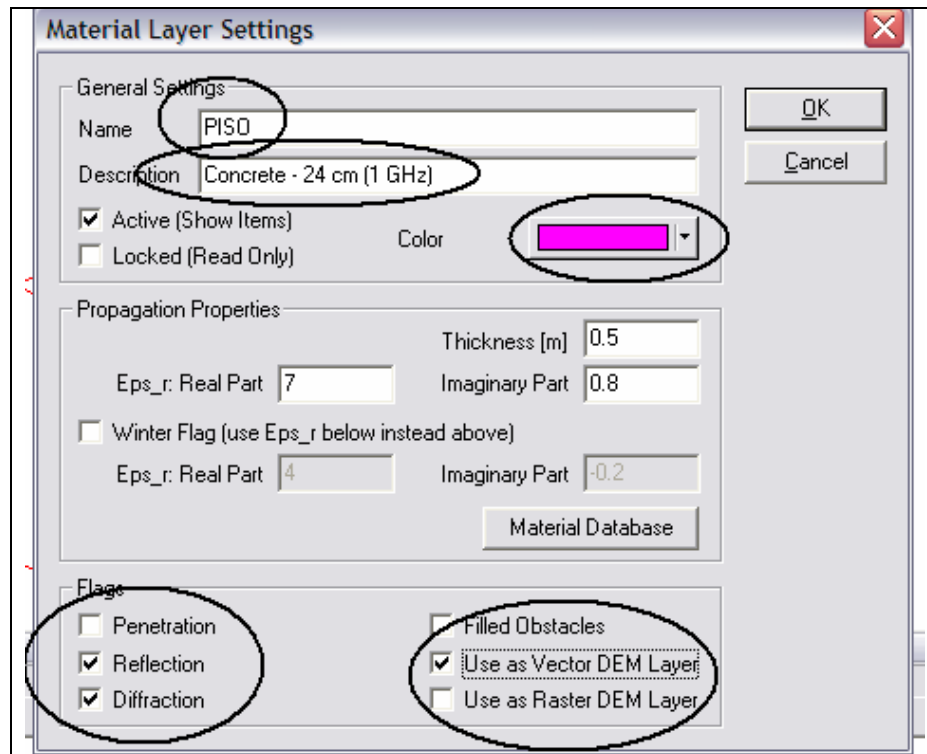


Figura 46. Parámetros de selección del material del piso

El resultado del proceso se puede ver en la figura 47

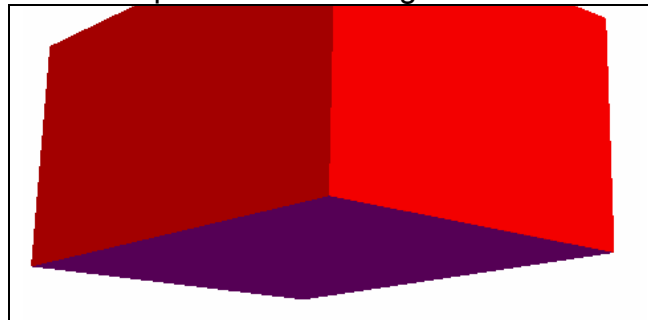


Figura 47. Muestra de la estructura del piso

3.4.4 Eliminación de elementos

Los objetos se pueden eliminar gracias al icono "*Erase Objects*", para hacerlo se selecciona el icono, ver figura 48, y se hace clic izquierdo sobre la partes o figuras que se desea eliminar y para finalizar clic derecho. Un ejemplo de esto se puede observar en la figura 49.a

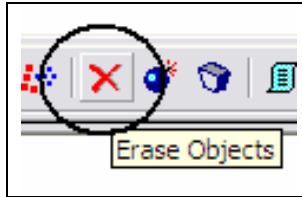


Figura 48 Erase objects (Icono de eliminación de objetos)

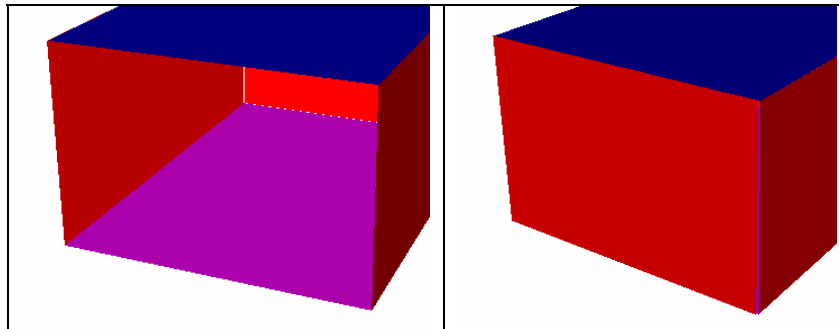


Figura 49 a) Objeto eliminado un muro b) Objeto completo

3.4.5. Medida de distancia de muros

La distancia entre dos posiciones se puede medir con el comando “*Measure Distance*”, después de hacer clic en el icono correspondiente, se deben seleccionar las dos posiciones. Es muy útil usar el panorámico de objeto para identificar sin problemas una posición deseada en espacio “*Evirotment editor*”. Ambas posiciones y su distancia son reportadas en la ventana de mensaje. Esto se puede observar en la figura 50

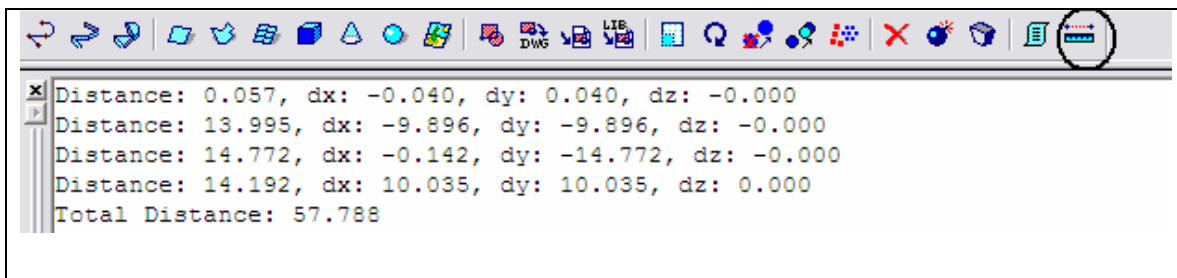


Figura 50. Ejemplo de la medida del perímetro de un muro

3.4.6 Detección de bordes de difracción

Otra de las muchas herramientas que trae el software es la detección de bordes de difracción, esto se puede realizar usando el comando del menú: “*Preferentes -> Remove Diffraction Dejes*”. Es importante recordar que después de inicio de cualquier proceso se puede salir oprimiendo la tecla <ESC>.

3.5. Configuración de red

Dentro de los elementos que se van a determinar como configuración de red, se encuentran involucrados, los transmisores y receptores, con algunas características adicionales antes no trabajadas.

3.5.1. Importación de tipos de antenas de la base de datos

El software trae una serie de antenas en la base de datos las cuales pueden ser agregadas en la opción “*Transmitter Settings*”. Para importar una o más antenas, seleccione *Import Antena* desde el menú de contexto del nodo *Antennas*. Un diálogo abierto de archivo se muestra donde el(los) archivo(s) deseado(s) de antena deseada se puede(n) escoger. Por defecto, los artículos de la biblioteca disponibles son presentados. Más de una antena se puede seleccionar usando las teclas <Shift> y <Ctrl>.¹⁸ Ver figura 51

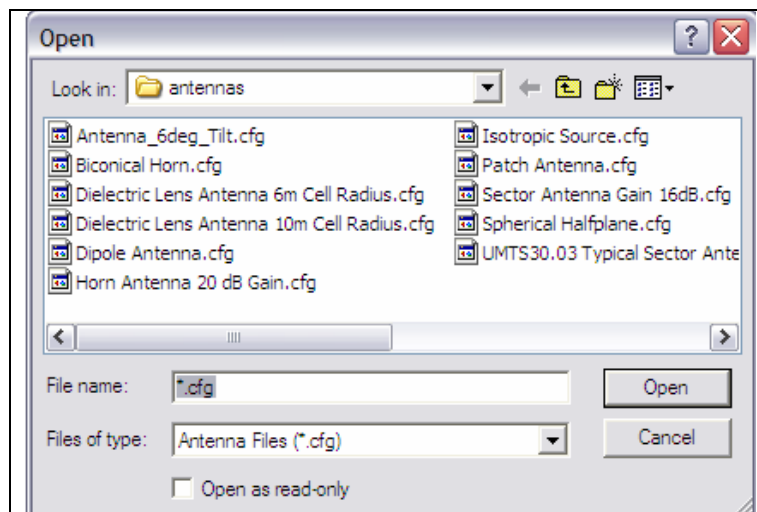


Figura 51. Base de datos de antenas para importar

Esta importación de antenas produce una mayor gama de elementos a utilizar en la simulación. Ver figura 52

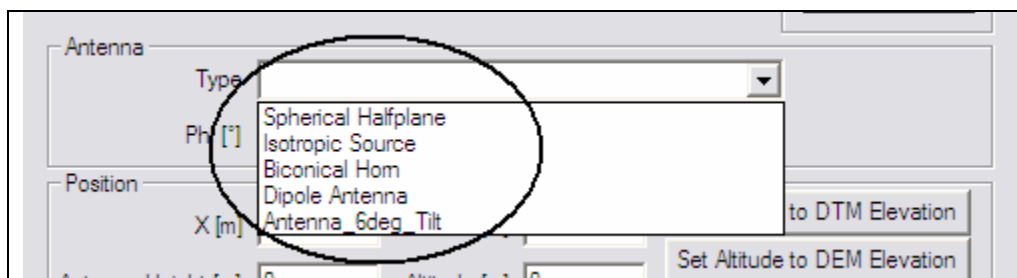


Figura 52. Gama de antenas para selección del transmisor

Entre mayor sea el numero de importación de transmisores, mayor será el nivel de antenas que se podrán escoger.

¹⁸ Tomado del manual del RPS version 5,3

3.5.2 Añadiendo antena de transmisión a la configuración de red

Una vez realizada una importación de antenas, es recomendable antes de colocar una emisora en el ambiente, definir un ancho de cuadrícula apropiado. Para ajustar el ancho de cuadrícula, se hace clic sobre el icono “Grid Size”. Ver Figura 53, Inmediatamente se abre una pantalla de dialogo en la cual se realiza la selección del tamaño de la cuadrícula.

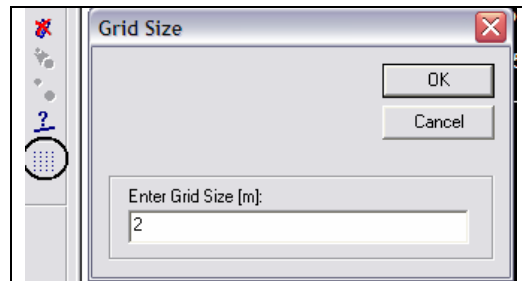


Figura 53. Selección del tamaño de la cuadrícula

Una vez se ha determinado el tamaño de la cuadrícula (tamaño para el ejemplo de 2m), se selecciona la altura y el tipo de antena que va en el ejemplo, para esto se pueden seguir las instrucciones establecidas en el capítulo 2.2

3.5.2.1 Definición de parámetros de la antena: En la definición de parámetros de la antena se debe tener presente una serie de opciones que se muestran en la figura 54, entre los que se modifican: nombre, tipo de antena, poder de transmisión, y carrier de frecuencia.

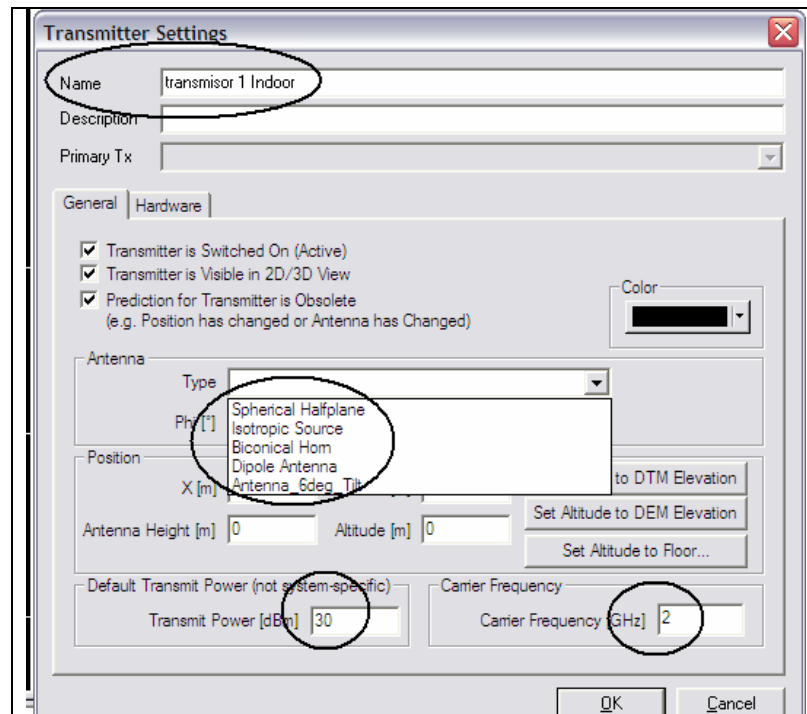


Figura 54. Parámetros de la antena transmisora

3.5.2.2 Mover la antena: En el caso que se requiera mover la antena emisora, se hace clic derecho sostenido hasta el punto que se quiera trasladar. Ver figura 55

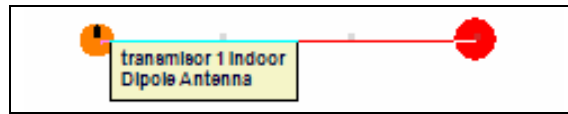


Figura 55. Cambio de posición de la antena transmisora.

3.5.2.3 Modificar la altura de la antena: Otra de las opciones que se puede modificar es la altitud de la antena, una vez es seleccionada la antena sin tener presente esta opción, esta queda ubicada en el suelo, ver figura 56a. Para cambiar esto se debe hacer clic sobre el icono *Edit Transmitters*, con el mouse ubicarlo donde esta la antena y hacer clic derecho seleccionando la opción *Settings...* la cual abre la ventana de dialogo de los parámetros de las antenas y se modifica el valor de *Altitudes*. Ver figura 56b

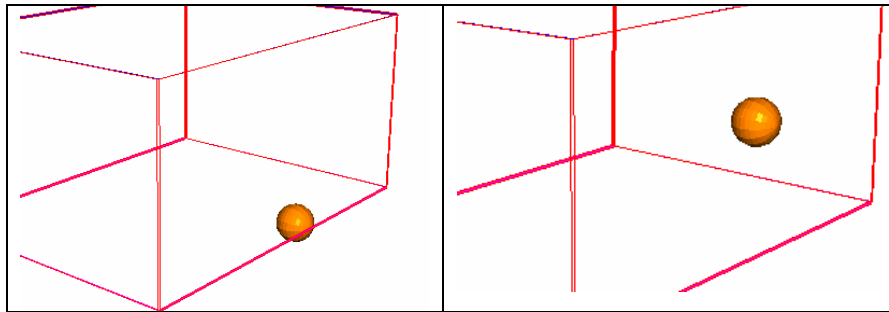


Figura 56. a) Antena sin modificar altura b) Antena con modificación de altura

3.5.2.4 Cuadro de resumen de características: Adicionalmente el software cuenta con la opción "*Transmitter Settings overview*", que permite ver en forma de tabla los datos de las antenas que se encuentren en el montaje, a su vez en esta tabla se pueden realizar cambios en cada uno de los transmisores que ahí aparezcan. Ver figura 57. Otra característica adicional de este resumen es que permite copiar transmisores, esta opción esta disponible en la parte superior del resumen de transmisores (*Duplicate tx*). Ver figura 57

Duplicate Tx																	
Name	Description	Color	Active	Obsolete	Visible	X [m]	Y [m]	Altitude [m]	Height [m]	Carrier Frequency [GHz]	Transmit Power [dBm]	Antenna	Reference Angle Phi [°]	Reference Angle Theta [°]	CableLoss DL [dB]	CableLoss UL [dB]	Noise Fi [dB]
transmisor 1 Indoor			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	14	5	0	2	30	Dipole Antenna	0	0	1	1	3

Figura 57. Resultado del icono *Transmitter Settings overview*

3.5.2.5 Creación de filtros especializados: En esta opción se pueden realizar filtros que permitan mantener algunos datos como únicos, un ejemplo de ello es que si se va a crear otro transmisor y se quiere que no sean a la misma altura que alguno de los anteriores, se crea un filtro; La manera de crearlo es hacer clic derecho sobre la opción de filtro (altura) y seleccionar *Set filter*, esto permite que no se repita la altura a la cual se diseñó la primera antena. Un filtro se puede

remover o variar, haciendo de nuevo clic derecho y seleccionando la opción deseada. Ver figura 58

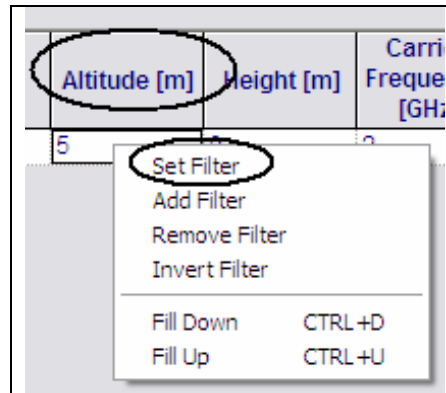


Figura 58. Selección de filtro para la altura

3.5.2.6 Estados del transmisor: Las emisoras pueden estar en tres estados: a) Emisora activa con resultados válidos, b) Emisora activa con resultados invalidados, incompletos o sin ellos c) Emisora inactiva, estos tres estados se pueden relacionar con gráficos de 3D. Ver figura 59.

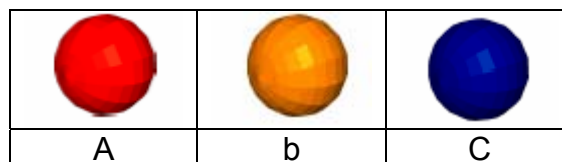


Figura 59. a) Emisora activa con resultados válidos, b) Emisora activa con resultados invalidados, incompletos o sin ellos c) Emisora inactiva

3.5.2.7 Borrar un transmisor: Para eliminar una antena transmisora solo se selecciona el icono de *Edit transmitters*, se ubica el cursor sobre el transmisor y se hace clic izquierdo seleccionando *Delete...* Ver Figura 60.

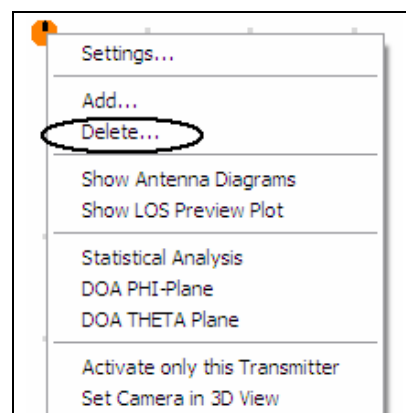


Figura 60. Borrar una antena de transmisión.

3.5.3. Añadiendo una antena receptora a la configuración de red

“Un receptor representa un emplazamiento donde se observa la respuesta de impulso de canal. Al ordenar receptores a lo largo de una línea, cuadrícula o matriz, la distribución espacial del campo de fuerza se puede determinar eficientemente.

Un receptor se caracteriza por su posición y su altura. Todos los receptores en una configuración de red tienen una antena asociada común con cierta orientación y polarización. Después de la simulación, el patrón de antena y su orientación/polarización debe ser cambiada rápidamente. Esto permite de manera eficiente el análisis de la influencia de diferentes antenas en los receptores sin necesidad de generar una nueva simulación.”¹⁹

3.5.3.1 Grupos de receptores: Los receptores están siempre asignados a un cierto grupo Rx. Solo los grupos Rx activos son considerados en una simulación de cobertura. Ver figura 61

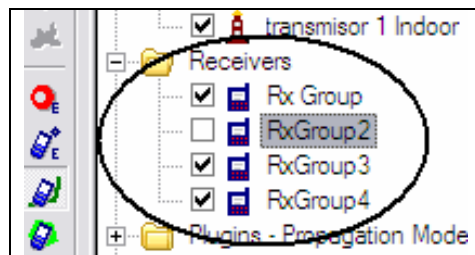


Figura 61. Selección de receptores

3.5.3.2 Renombrar los receptores: En la figura 61 aparece el nombre estándar que asigna el software para las antenas receptoras. Esto se puede cambiar haciendo doble clic sobre el grupo al cual se quiera cambiar de nombre, esto facilita tener un mayor orden entre los receptores. Ver figura 62

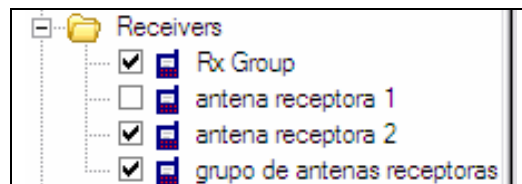


Figura 62. Cambio de nombre en las antenas receptoras

3.5.3.3 Posicionando receptores: Los receptores pueden ser colocados, como se explico en el capítulo 2.6., sin embargo hay que resaltar que existen tres modos de edición de receptores.

¹⁹ Tomado del manual de RPS versión 5.3

- a) **Receptor único/disposición rectangular:** Un único receptor se puede colocar en un punto de la cuadrícula de panorámica simplemente haciendo clic con el botón izquierdo del ratón en la posición deseada.
- b) **Línea de receptor:** Los receptores se pueden colocar a lo largo de una polilínea al ubicar cada vértice de la línea con el botón izquierdo del mouse.
- c) **Cuadrícula de receptor:** Los receptores se pueden ubicar en un polígono arbitrario ubicando cada vértice del polígono con el botón derecho del mouse.

Estos tres tipos se pueden observar en la figura 63

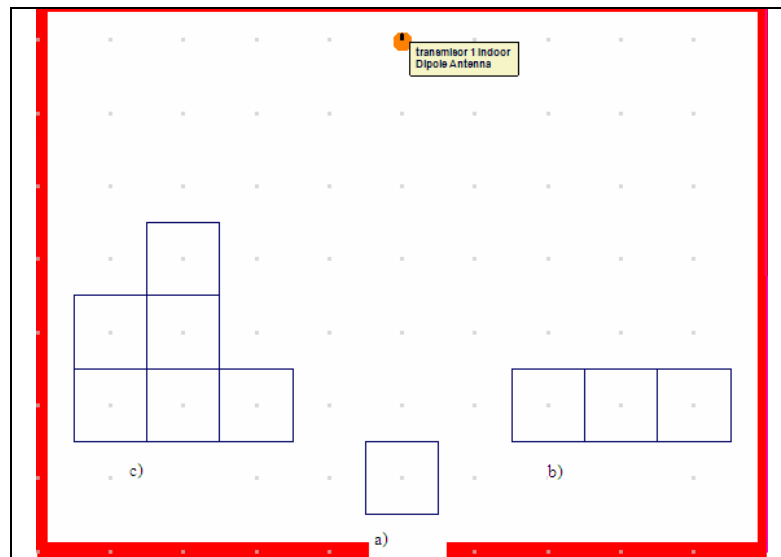


Figura 63. Modos de edición de receptores

La distancia entre los receptores es determinada por el ancho de cuadrícula predefinido. Esto hace que el tamaño de la cuadrícula sea justificable para realizar la simulación.

3.5.3.4 Vista previa de las características del receptor: Los datos de configuración de un receptor único se pueden inspeccionar en el diálogo de programaciones correspondientes. Para acceder a este diálogo, el modo de edición de receptor, debe estar activa la herramienta *Edit Receivers*. Estando activo se hace clic derecho sobre el receptores y se abre una pantalla de dialogo donde se selecciona *Settings...*, la cual muestra las características del receptor. Ver figura 64

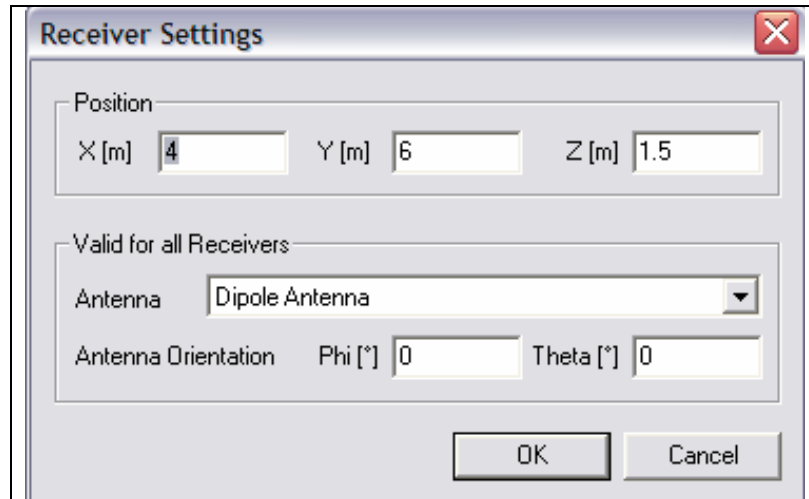


Figura 64. Características del receptor

Es importante resaltar que los receptores están ubicados todos a la misma altura, esto se puede variar cambiando en el cuadro de dialogo de la figura anterior el valor de Z, Estos valores de altura deben ser variados en cada uno de los receptores. Ver figura 65

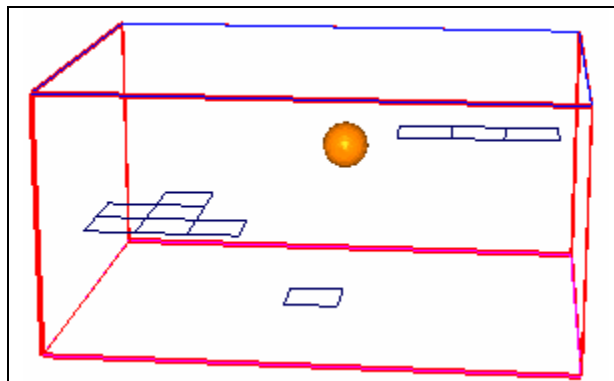


Figura 65. Posición de altura diferente de los receptores en 3D

3.5.3.5 Eliminación de antenas receptoras: Para eliminar las antenas receptoras se selecciona el icono *Delete receivers*. Al seleccionarlo se realiza un encerramiento en forma de cuadrado o rectángulo sobre los receptores a eliminar, una vez terminada la figura, el software lanza una pregunta si realmente quiere eliminar esas antenas receptoras, (estas antenas cambian de color). Ver figura 66

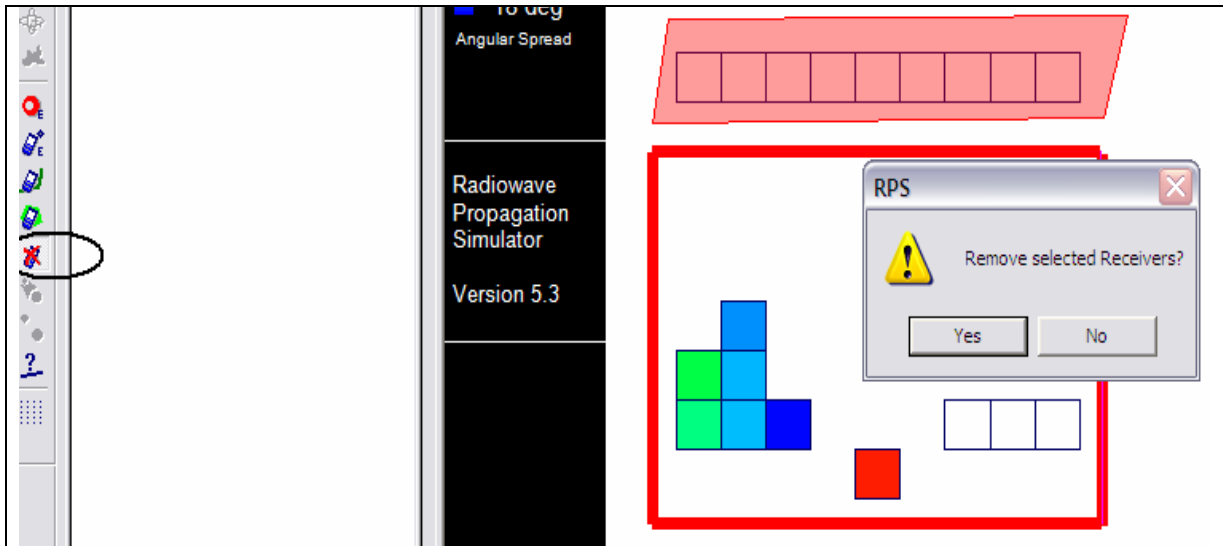


Figura 66. Eliminación de las antenas receptoras

3.5.4 Simulación

Dentro de la estructura de simulación es apropiado ejecutar los siguientes pasos:

- a) Asegurar que todas las capas de material relevantes estén activas.
- b) Asegurar que todas las antenas emisoras estén activas. Además, todos los grupos Rx deseados deben estar activos para ser considerados en la simulación.
- c) Si se considera la difracción, se recomienda tener revisada la entrada *Preferences -> Auto Detect Diffraction Edges before each Simulation Run*. Esta asegurará que todos los bordes de difracción relevantes serán determinados automáticamente cuando la simulación se inicie.
- d) Seleccionar uno de los algoritmos de predicción de canal disponibles de la barra de herramientas estándar o del menú *Simulation* respectivamente.
- e) Es aconsejable para ambientes Indoor trabajar el método de radio propagación **2.5D Ray Tracing**
- f) Y finalmente para poner en marcha la simulación solo se debe hacer clic en el botón de *Run Simulation*.

3.6. Capas de análisis.

Dentro del estudio que permite el software se tiene en cuenta las siguientes características:

3.6.1. Cobertura

Una de las ventajas del software es permitir analizar receptor por receptor, sin importar a que grupo pertenecen. La herramienta permite especificar el sitio en el cual es más favorable ubicar un receptor.

Los valores de poder logarítmicos se traducen entonces en los colores, dados por la definición del mapa actual. Todos los píxeles sin el poder de la recepción (es decir donde el poder es el cero) quedan vacíos. Esto se puede observar en la figura 67.

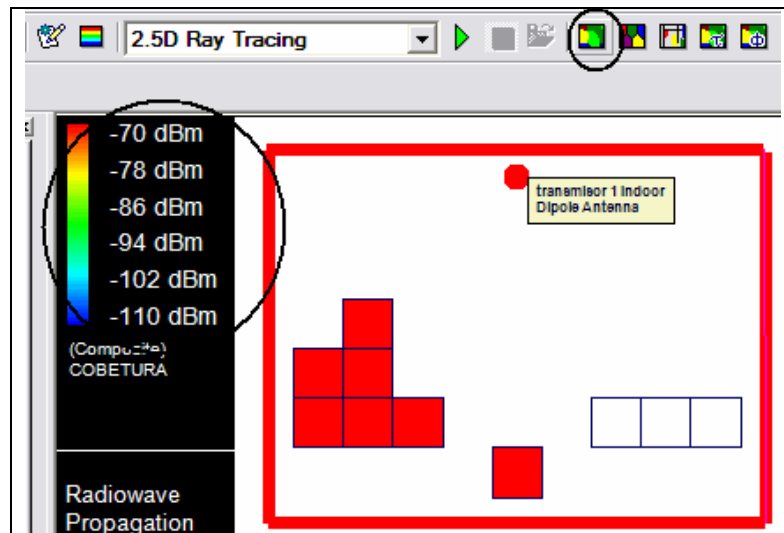


Figura 67. Cobertura en las antenas

3.6.2 Cuadros de superficie de propagación de retraso

Otra de las características que ofrece el software es la propagación de retraso, teniendo en cuenta que es el nivel de desviación estándar del retraso del exceso deficiente de los componentes recibidos. El retraso se determina en la interpretación de los colores, dados por la definición del mapa actual. Una muestra de la herramienta se puede ver en la figura 68.

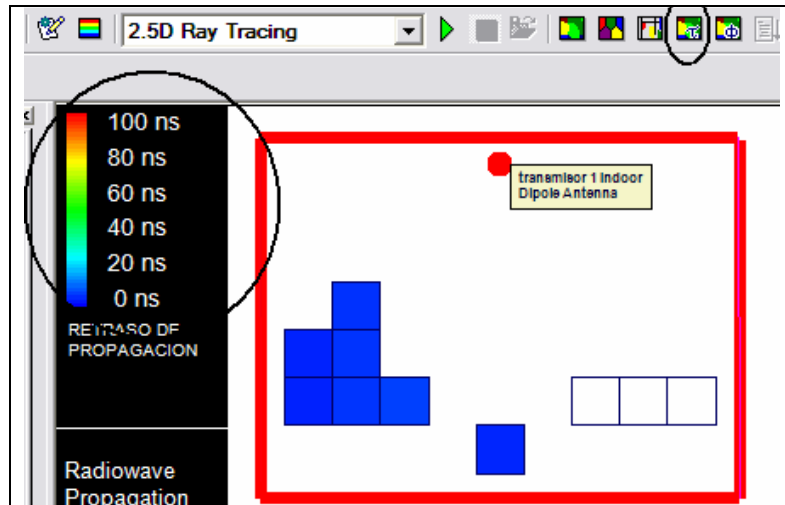


Figura 68. Cuadros de superficie de propagación de retraso

3.6.3. Cuadros de superficie de retraso angular

El retraso angular es la desviación estándar de la distribución angular de los componentes recibidos de un cierto transmisor en el envío horizontal. Los valores de la propagación angular se traducen entonces en los colores, dados por la definición del mapa actual. Ver figura 69.

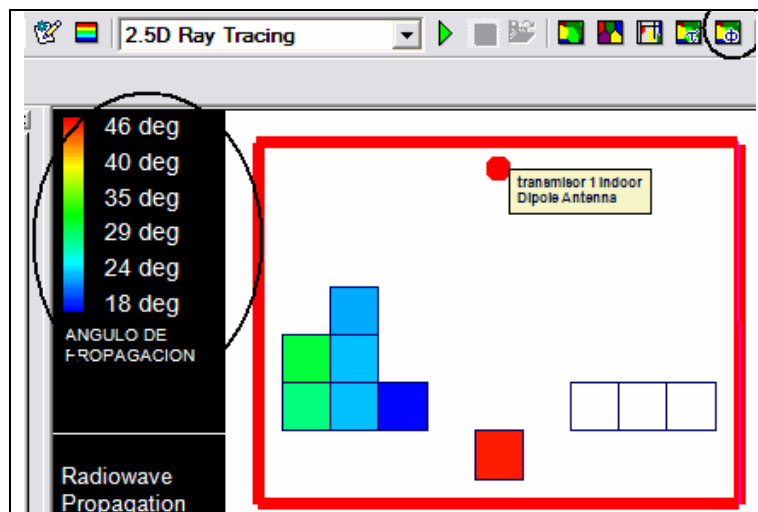


Figura 69. Cuadros de superficie de retraso angular

Hay que resaltar que en el ejercicio se tienen a diferentes alturas los receptores (4m, 2m y 8m) y la antena transmisora se encuentra a 5m del piso. Esto genera una serie de cambios, debido al ángulo de propagación de las antenas.

Cada uno de los tonos de las diferentes herramientas muestra el nivel de cobertura, propagación y retraso de las señales emitidas por la antena transmisora.

4. CONFIGURACION DEL RPS EN UN AMBIENTE INDOOR.

El software RPS es una herramienta de planeación de redes inalámbricas en ambientes indoor, que basada en la arquitectura del escenario, los materiales de construcción presentes en la edificación y de las características de los transmisores y receptores, permite simular el comportamiento de la red diseñada. Este capítulo muestra un ejemplo del ambiente indoor y su respectivo análisis.

4.1. Configuración de red con dos transmisores y cubrimiento total de la superficie del cuarto.

En los anteriores capítulos se ha especificado paso a paso las configuraciones de red, en el transcurso de éste se resumirá los pasos mas elementales para el desarrollo del ejercicio.

4.1.1 Diagrama de antenas (Transmisoras y receptoras)

El diseño consta de antenas transmisoras y una serie de antenas receptoras que cubren toda la superficie del lugar. Donde las antenas transmisoras se encontrarán a nivel del suelo a 6m de altura y las antenas receptoras en su totalidad a una altura de 1.5m, las antenas de los transmisores como las de los receptores son de tipo *Isotropic Source*. El diseño del ambiente Indoor tiene medidas de 30m de largo, 30m de ancho y 30m de alto. Ver figura 70.

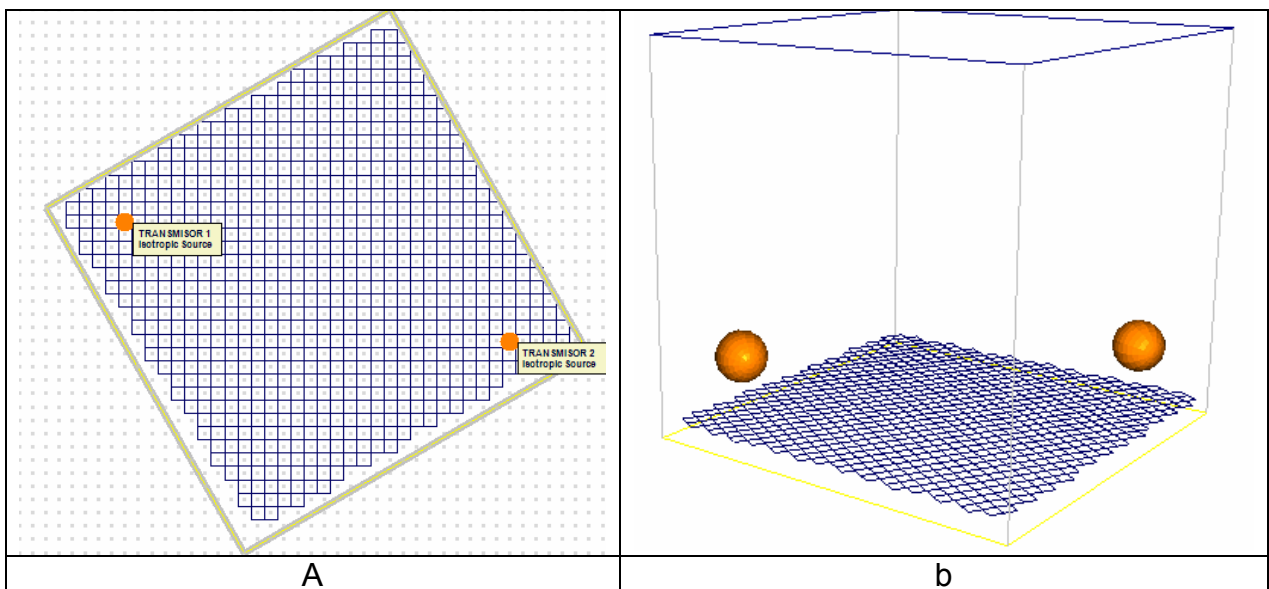


Figura 70 a) Diseño en ambiente 2D b) Diseño en ambiente 3D

4.1.2 Resultados de la simulación

Se realiza un análisis de tallado de cada uno de los siguientes aspectos

4.1.2.1 Cobertura: La cobertura de las señales se mide con la intensidad de los colores que la paleta describe. Ver figura 71

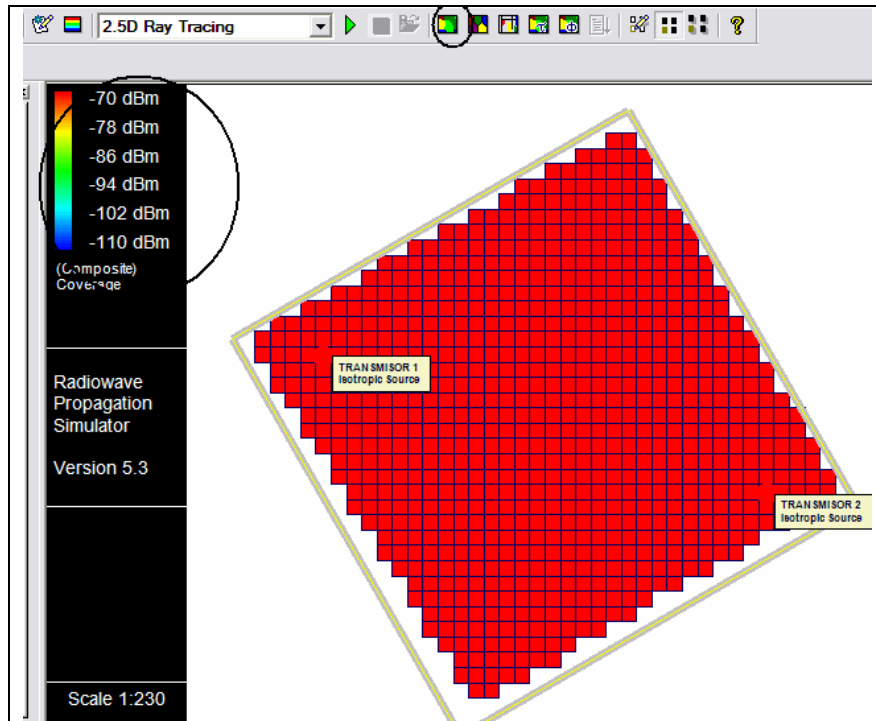


Figura 71. Cobertura de dos antenas transmisoras.

4.1.2.2. Cuadros de Superficie de Celular: El cálculo de superficie es realizado a través de la posición en que se encuentre cada antena receptora, dicho resultado muestra el nivel de intensidad que puede manejar cada una. Ver figura 72.

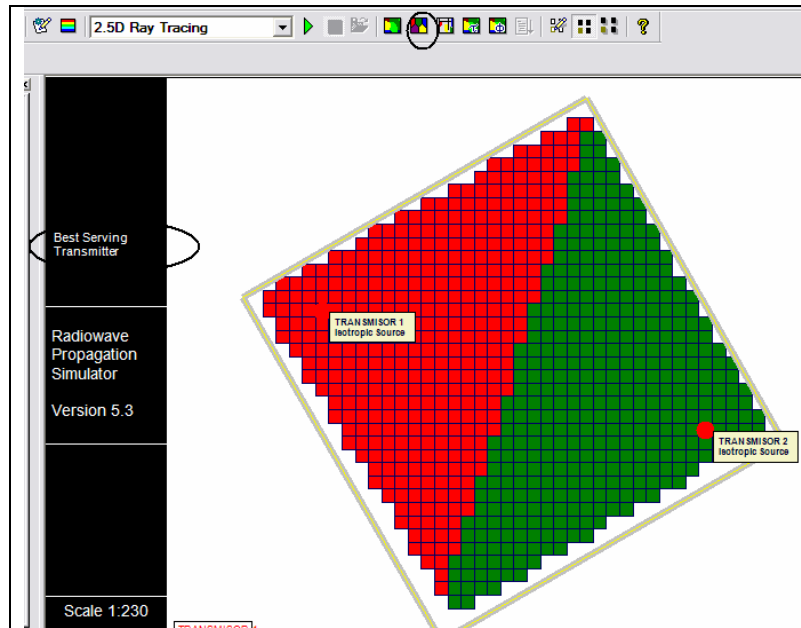


Figura 72. Ejemplo de cubrimiento de dos antenas transmisoras.

4.1.2.3 Proporción señal-a-interferencia (SIR) de los cuadros de superficie: La proporción de la señal-a-interferencia está definida como la diferencia del poder recibida en la antena receptora y la suma del poder de transmisión de las antenas emisoras (interferencia). Para detectar un SIR se necesita por lo menor contar con dos antenas trasmisoras, muestra de esto se puede ver en la figura 73.

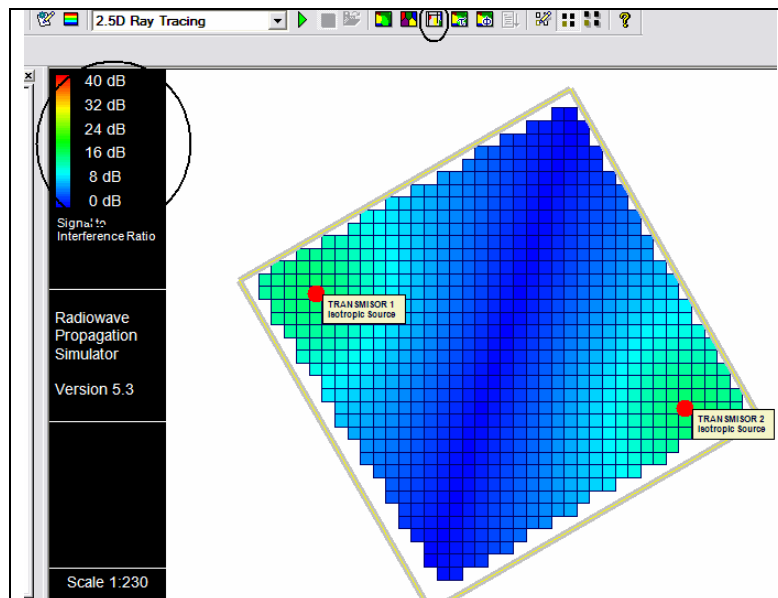


Figura 73. Proporción (SIR).

4.1.2.4. Cuadros de superficie de propagación de retraso: Esta función permite medir el retraso de la señal a través de unidades en nanosegundos. Ver figura 74.

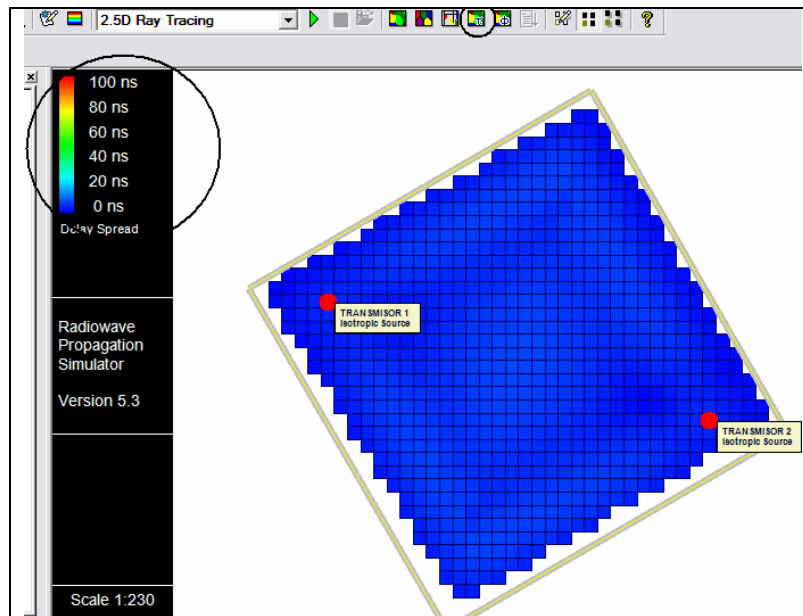


Figura 74. Cuadros de superficie de propagación de retraso.

4.1.2.5. Cuadros de superficie de retraso angular: Es el retraso que sufre la señal debido al ángulo de incidencia. Ver figura 75.

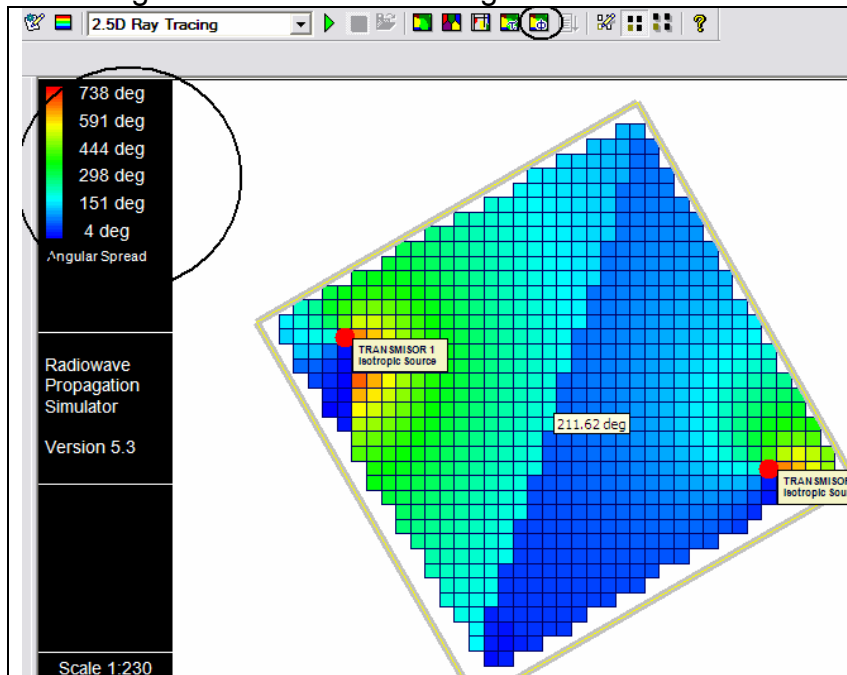


Figura 75. Cuadros de superficie de retraso angular.

4.2. Configuración de red en un entorno de casa

En este ejemplo se va a trabajar con un diseño base que ofrece datos del software para ambientes indoor, (*%ApplicationPath%\examples\SimpleIndoorEnvironment*), donde se cambian el numero de grupo de receptores (5 grupos) todos ellos con antenas (*Isotropical Antenna*), a una altura de 1,5m de distancia al suelo. Adicionalmente con 13 antenas transmisoras (9 *Dielectric lens antenna 10m cell radlue*, 3 *Horn antenna 20dB Gain*, 1 *Isotropical antenna*) cada una de ellas a 3m del suelo.

4.2.1. Diagrama de antenas y receptores

La figura que se encuentra a continuación muestra la distribución de las antenas y los receptores, en el diseño establecido.

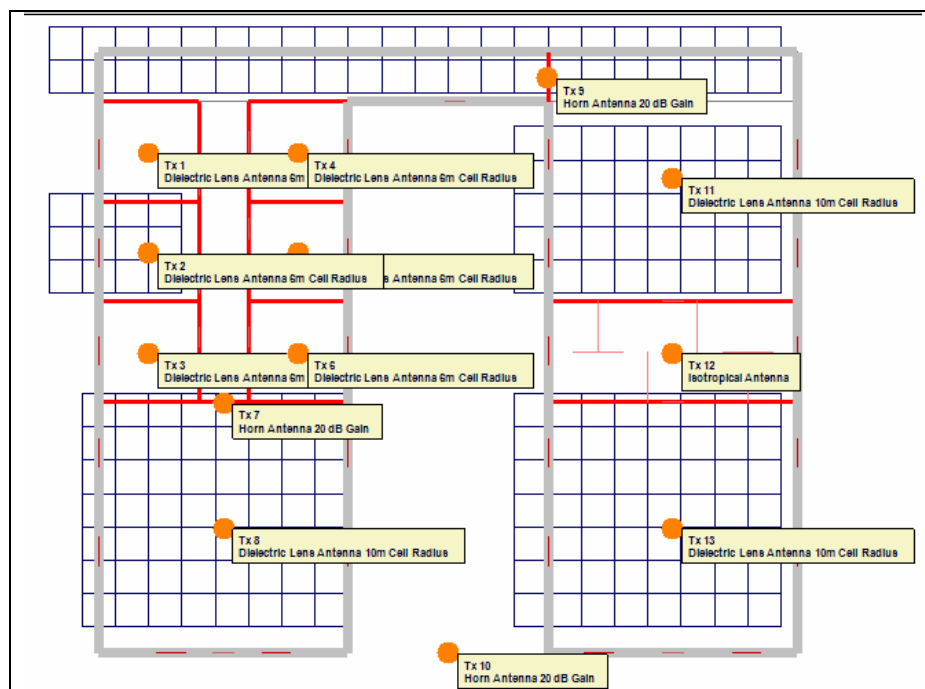


Figura 76. Diagrama de antenas y receptores, en un entorno de casa.

4.2.2. Resultados de la simulación

Se realiza un análisis de tallado de cada uno de los siguientes aspectos

4.2.2.1. Cobertura:

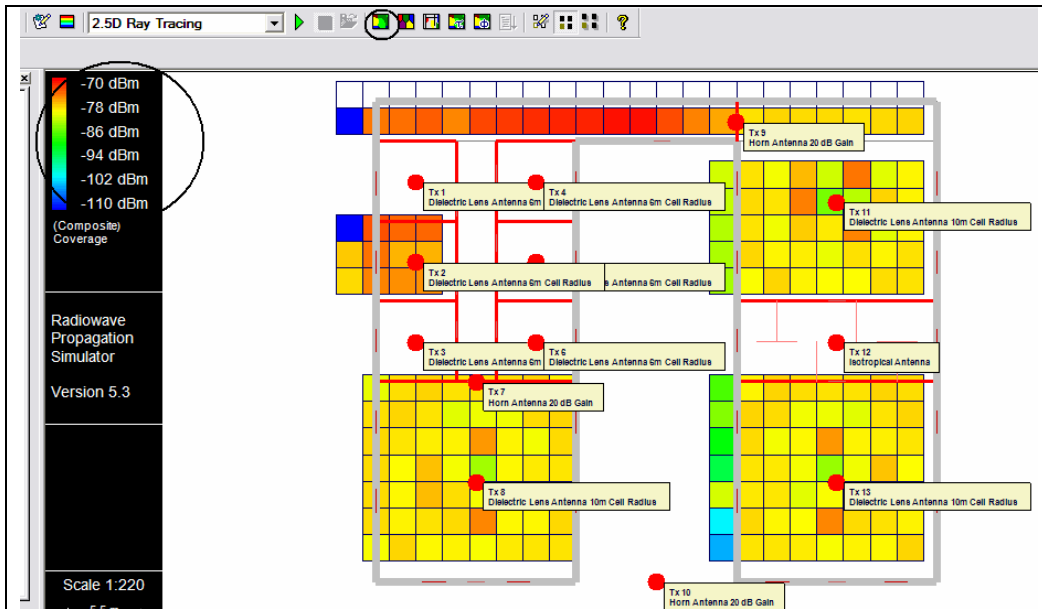


Figura 77. Cobertura, en un entorno de casa.

4.2.2.2. Cuadros de Superficie de Celular:

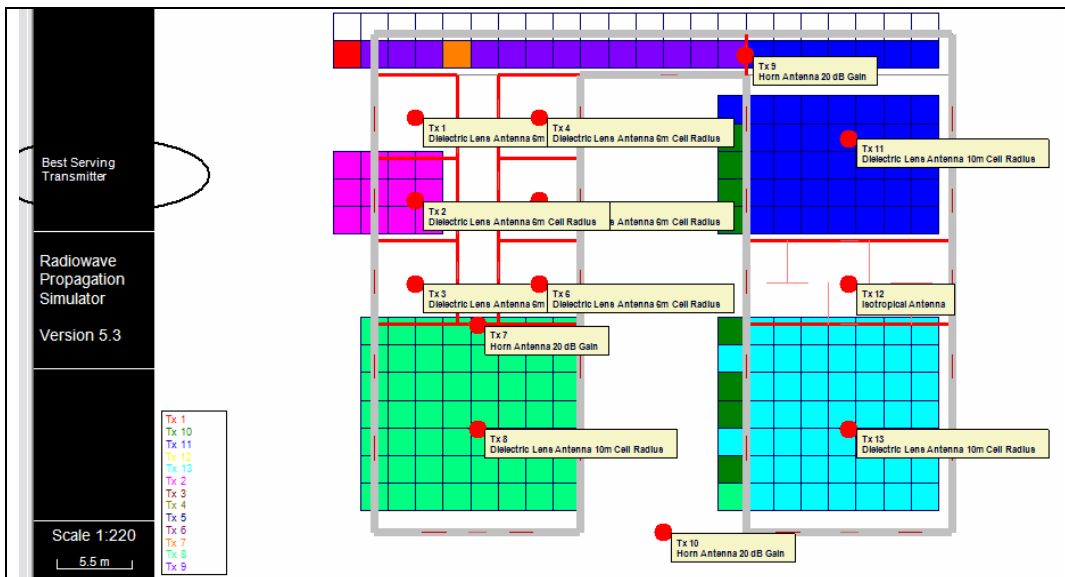


Figura 78. Cuadros de Superficie de Celular, en un entorno de casa

4.2.2.3 Proporción señal-a-interferencia (SIR) de los cuadros de superficie:

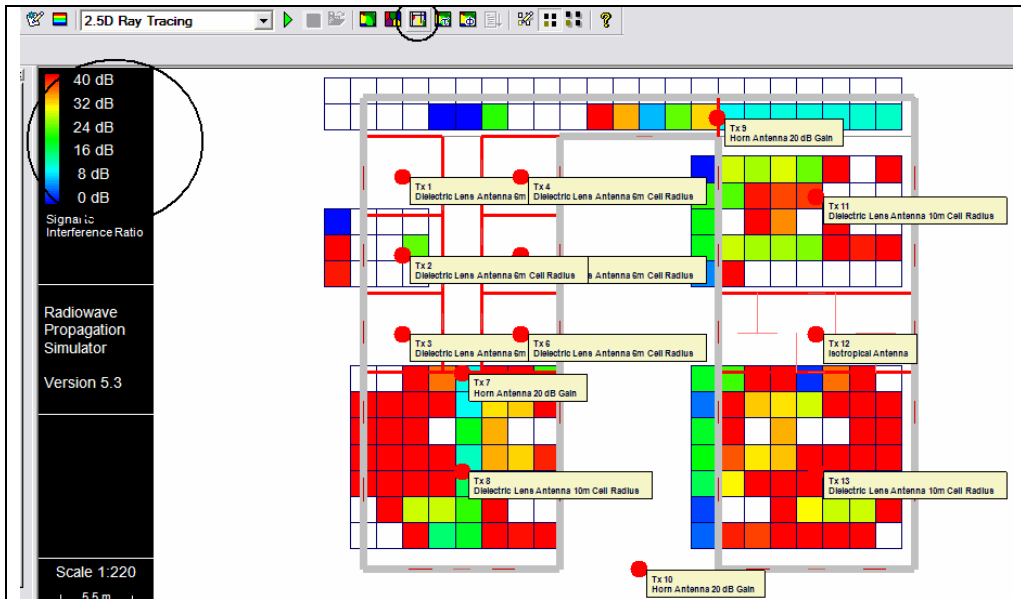


Figura 79. Proporción SIR

4.2.2.4. Cuadros de superficie de propagación de retraso:

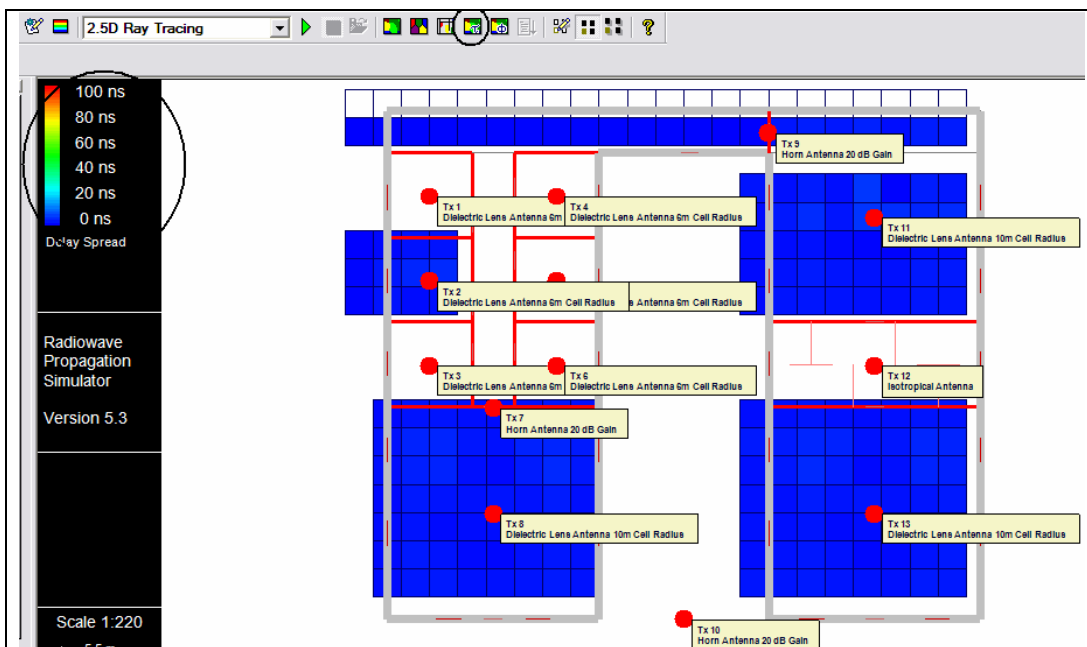


Figura 80. Cuadros de superficie de propagación de retraso.

4.2.2.5. Cuadros de superficie de retraso angular:

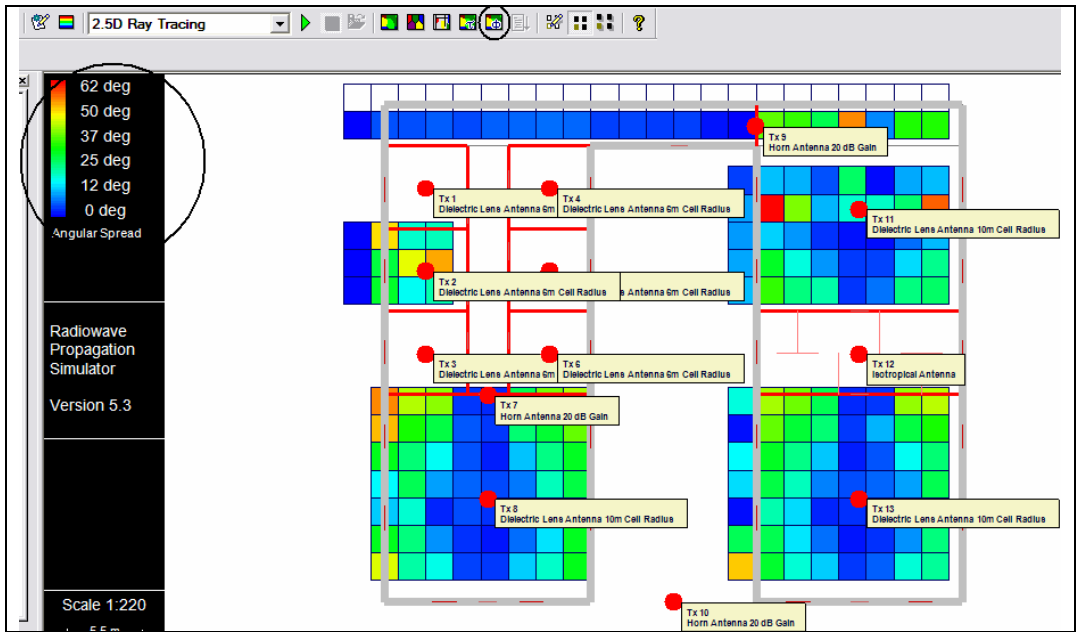


Figura 81. Cuadros de superficie de retraso angular.

5. CONCLUSIONES

Una vez llevado a cabo la implementación del software por medio de la puesta en marcha de diferentes ejemplos de simulaciones se concluye lo siguiente:

El software RPS es una herramienta diseñada para tener en cuenta tanto las características básicas para la planeación de una red de transmisión y recepción de ondas como herramientas para adicionar elementos que pueden ser esporádicos en el lugar de análisis.

Uno de los primeros elementos con el que cuenta el software RPS es permitir al usuario realizar el diseño del lugar, partiendo desde esta característica se le adhiere a dicho diseño en el cual se puede manipular las estructuras de los muros y elementos que puedan constituir el sitio de planeación de la red.

Contando con esta ventaja de realizar el diseño y ser específico en las estructuras del mismo, se puede empezar a experimentar en que punto de la locación es el más adecuado para colocar una antena transmisora y a su vez buscar el mejor lugar para ubicar la antena receptora.

En el caso de las antenas receptoras pueden colocarse de tal forma que cubran todo la locación. Para disponer de gráficos interpretativos los cuales arrojan los resultados del alcance de las antenas transmisoras sobre las antenas receptoras. Estos gráficos se muestran en los ejemplos tratados en los capítulos anteriores.

Adicional a estos gráficos el software arroja una serie de tablas de datos las cuales pueden ser utilizadas en programas como MATLAB, el cual permite realizar una serie de análisis de mayor nivel.

Entre la variedad de herramientas con las que cuenta el software RPS, cabe resaltar que admite realizar modificaciones a los parámetros de potencia de transmisión en las antenas, permitiéndole al usuario conocer los parámetros adecuados en las antenas transmisoras para el diseño de la red.

Dentro del rango de las características del software RPS, permite visualizar que la antena consta de dos diagramas verticales y horizontales que se usan para interpolar un patrón tridimensional de antena. Cada antena distinta representa una guía que puede referenciar tiempos arbitrarios de las emisoras y transmisores. El diagrama de antena se especifica por un plano horizontal (plano φ) y un diagrama de antena vertical (plano ψ). Adicionalmente, un valor de ganancia y una polarización que se pueden especificar para la antena.

Entre otras herramientas que proporciona el software, permite tener una simulación de los alcances de las radio ondas en las comunicaciones inalámbricas. Este viene acompañado con graficas las cuales ilustran dichos alcances. Es de resaltar que entre mayor sea el numero de receptores que dispongan en el diseño, la simulación tendrá un mayor numero de datos de análisis lo cual produce retraso en los resultados.

Cuando se cuenta con una herramienta como el software RPS, es conveniente resaltar los alcances que ella tiene, sin embargo hay que tener en cuenta que el software de versión estudiantil no permite utilizar toda la cantidad de elementos como estructuras de los muros, antenas receptoras, entre otros, que por el contrario esto hace importante la versión profesional, sin embargo la versión estudiantil es un excelente guía para el manejo del profesional, pues permite realizar la gran mayoría de procesos para la simulación.

El contar con una herramienta de estas características permite que el usuario genere resultados de planeación de red muy profesionales y adicionalmente muy exactos, pues la herramienta logra relacionar muchos aspectos que generalmente no se piensan que afecten los resultados.

Una recomendación importante, es la posibilidad de llegar a validar los resultados de una simulación. Adicionalmente se recomienda realizar un mayor énfasis en las características de las antenas las cuales pueden ser modificadas para generar una tabla de datos, sobre cada una de las antenas que el software estudiantil permite trabajar.

BIBLIOGRAFIA

Wikipedia® es una marca registrada de la organización sin ánimo de lucro [Wikimedia Foundation, Inc.](#) Esta página fue modificada por última vez el 21:10, 23 ene 2008. Pagina disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Simulador>

Wikipedia® es una marca registrada de la organización sin ánimo de lucro [Wikimedia Foundation, Inc.](#) Esta página fue modificada por última vez el 21:10, 23 ene 2008. Pagina disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Antena#Impedancia de entrada](http://es.wikipedia.org/wiki/Antena#Impedancia_de_entrada)

<http://es.geocities.com>, Última actualización: Copyright 2005 JM. Todos los derechos reservados. Dirección: (Valera - Trujillo). Pagina disponible: http://www.geocities.com/ingenieria_antenas/texto1.htm

Radioplan GmbH. an [Actix](#) Company, 2000-2006 Pagina web disponible en: "http://radioplan.com/download/rps_ug_5.3.pdf"

Technical English - Spanish Vocabulary, Actualización enero 8, 2008. Pagina disponible: [http://www.sapiensman.com/ESDictionary/C/Technical_vocabulary_Spanish\(C5\).htm](http://www.sapiensman.com/ESDictionary/C/Technical_vocabulary_Spanish(C5).htm)

Fundamentos de las antenas, URL de esta página: <http://members.fortunecity.es/unitec/antenas/antenas1.htm>

ANEXO

Taller de simulación de cobertura de un escenario

El objetivo de este taller para los estudiantes de la escuela, es el empezar a conocer los alcances de la herramienta RPS

A continuación se detallan los pasos que se deben seguir en la herramienta RPS para realizar la simulación de la cobertura de potencia de un escenario.

- 1) Realice la apertura del software RPS versión 5.3 (estudiantil)
- 2) Realice la apertura de un diseño de ejemplo para entornos Indoor. Para realizarlo busque el ejemplo, como lo indica la siguiente figura.

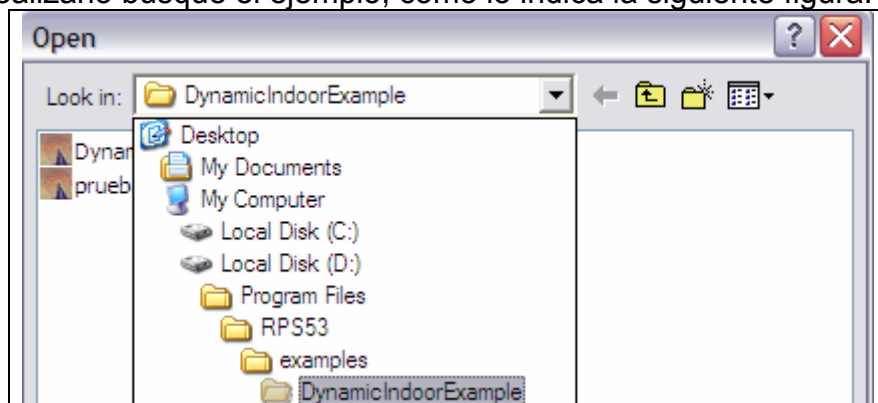
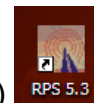


Figura 82. Apertura de ejercicio básico de indoor

- 3) Inmediatamente aparecerá en la pantalla, un diseño de entorno indoor como se muestra en la siguiente figura

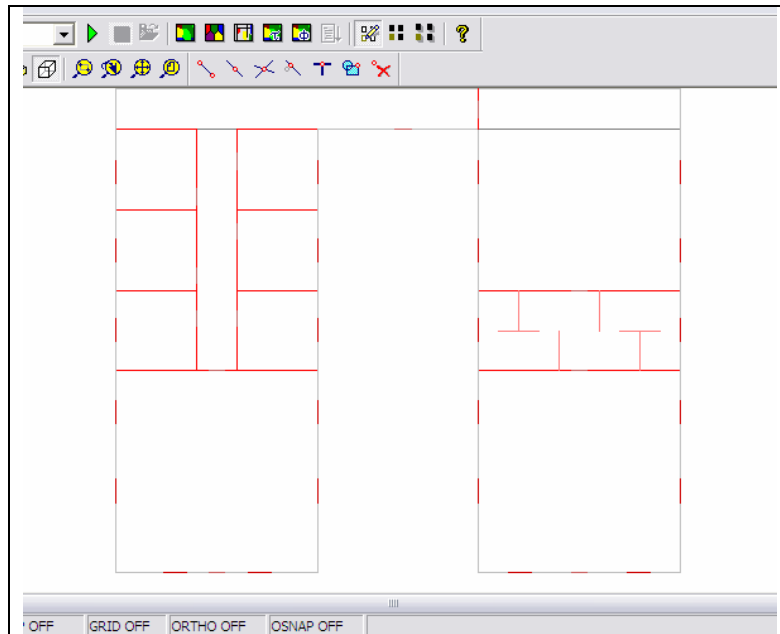



Figura 83. Ejemplo Indoor de la base de datos

- 4) El ejercicio esta compuesto por 13 antenas transmisoras de diferentes tipos. Para visualizar con que tipos de antenas se cuenta en el ejemplo, debe pasar a 2D, esto se hace realizando clic sobre el icono  "2D VIEW" y obtendrá el resultado que se muestra en la figura 84

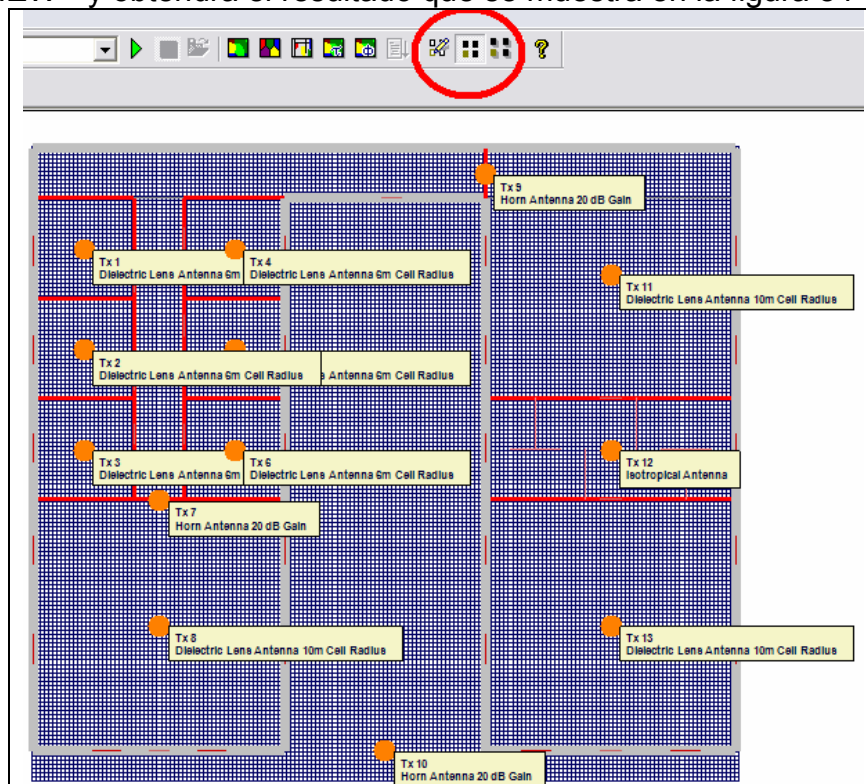




Figura 84. Vista en 2D

- 5) Es importante resaltar que las antenas receptoras están distribuidas por toda el área del diseño (cuadrícula azul), Ver figura 84. Para lograr visualizar mejor las antenas receptoras y las antenas transmisoras, se debe cambiar de vista, por medio del icono  "3D VIEW" y a su vez manipular el icono  "ROTATE 3D SCENE". Ver figura 85.

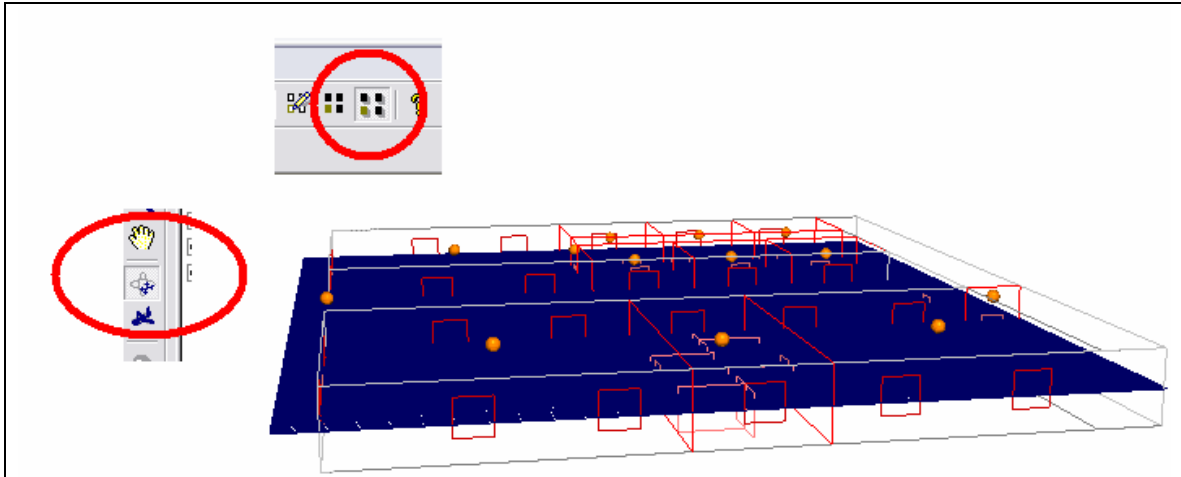




Figura 85. Vista en 3D

- 6) A continuación de inicio de la simulación realizando clic en el icono *RUN SIMULATION*. . Una vez se pone a correr el sistema saldrá un mensaje de error que indica el número máximo de reflexiones que el simulador tiene en cuenta (tal cantidad, solo para la versión estudiantil). Pulse aceptar y espere los resultados.
- 7) Es importante resaltar que la simulación tomara un tiempo considerable debido a la gran cantidad de antenas receptoras repartidas en el lugar de análisis. (De 5 a 10 minutos dependiendo de la velocidad del procesador)
- 8) Una vez ha terminado el proceso de simulado, aparecerá un mensaje un mensaje de: "*simulation finished!*", En la pantalla del simulador.
- 9) Para dar inicio al análisis de resultados, se debe tener en cuenta que estos se podrán ver en 2D o 3D
- 10) Uno de los primeros gráficos disponibles es el nivel de cobertura , de las antenas transmisoras, el cual se define por una escala de colores. Si se requiere saber el nivel de cobertura de cualquier espacio del área de cubrimiento de las antenas receptoras solamente desplace el Mouse sobre la figura. Ver figura 86. Mencione que antena transmisora tiene el nivel de cobertura mas bajo _____dBm

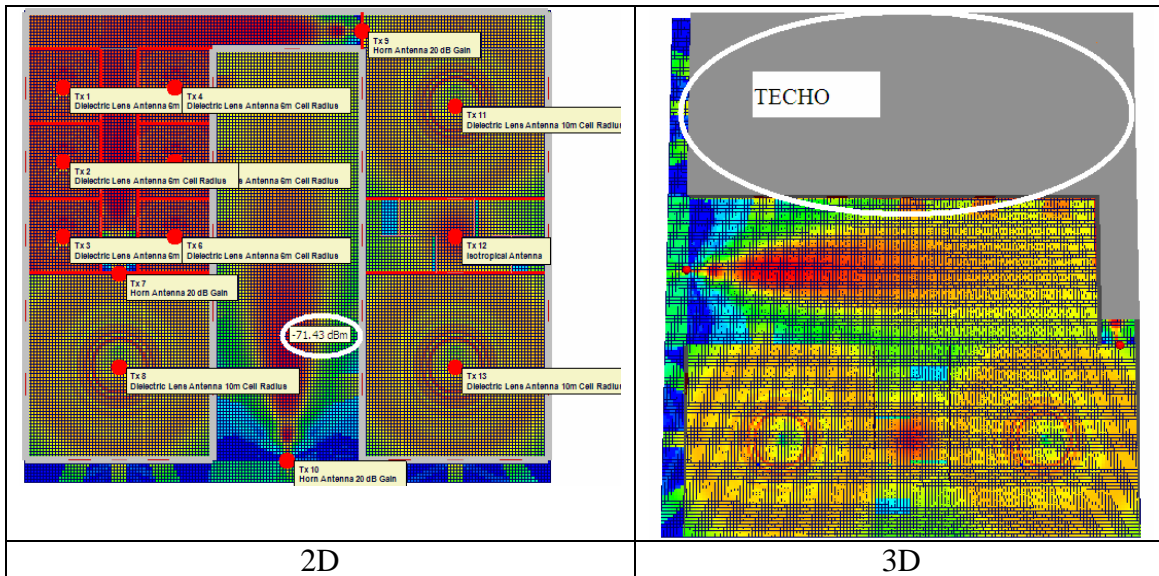



Figura 86. Nivel de cobertura

La figura en 3D esta girada 90 grados a la derecha, tomando como referencia la figura en 2D. Es importante resaltar que la figura análisis en 3D muestra que solo tiene techo en la mitad de la edificación.

11) Otro de los iconos de análisis es el “Best Serving Transmitter”  el cual divide la pantalla en diferentes tonos de color, los cuales representan el nivel de cobertura de cada una de las antenas transmisoras. Ver la figura 87 (se muestra en nivel 2D y 3D). Observe los resultados y coméntelos en la clase.

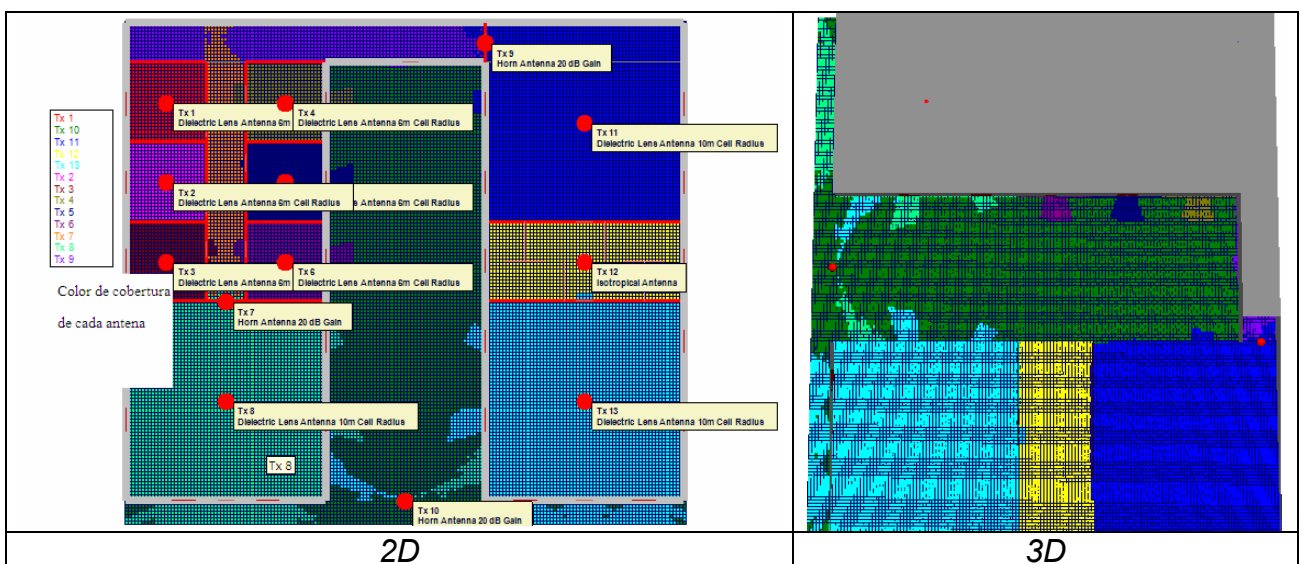



Figura 87. Best Serving Transmitter

12) Para continuar con el análisis se cuenta con otro icono que permite observar el radio de interferencia de cada señal producida por las antenas transmisoras . Ver figura 88. Describa que antena sufre de mayor nivel de interferencia _____ dB

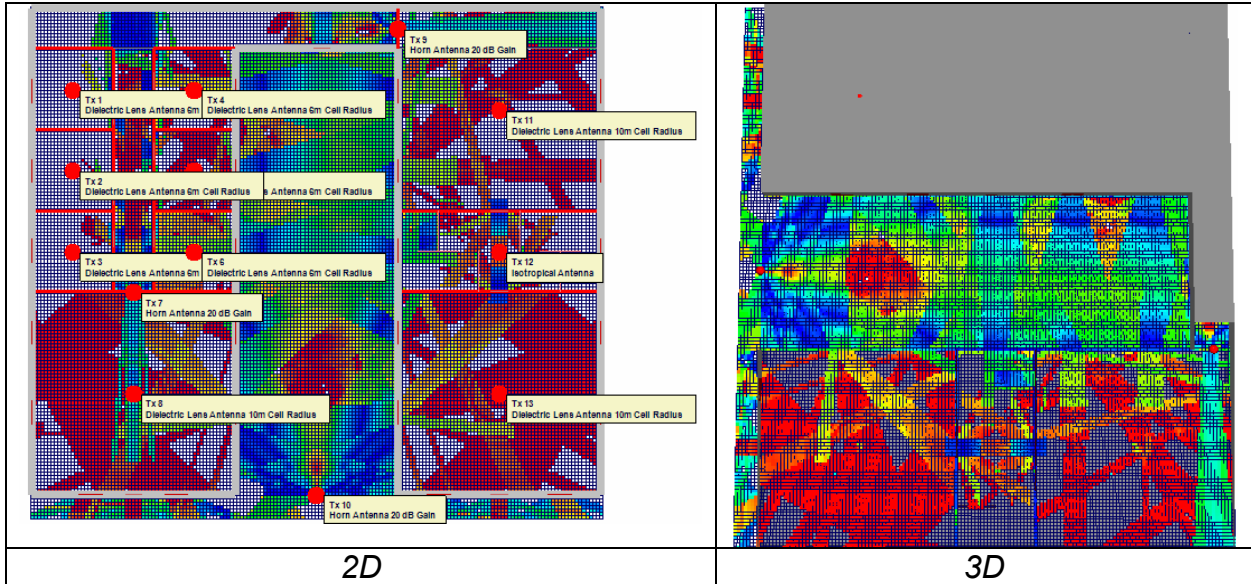



Figura 88. Radio de interferencia.

13) Otro de los elementos de análisis con el que cuenta el software es el nivel de retardo de cobertura de una señal . Esta medida es arrojada por el sistema en nano segundos. Ver figura 89. Describa cual de las antenas sufre un mayor nivel de retraso.

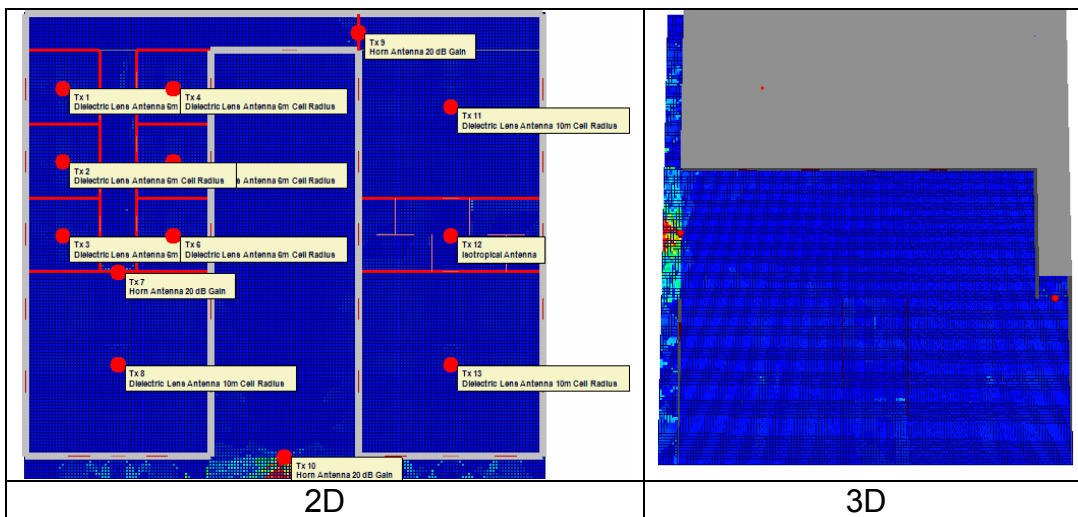



Figura 89. Retardo de cobertura

- 14) Adicionalmente el software cuenta con el icono  “ANGULAR SPREAD” que permite medir el ángulo de cobertura de las antenas transmisoras sobre las receptoras. Para la medida del ángulo el software asigna un color para diferenciar cada una de ellos. Esto se puede observar en la siguiente figura (parte derecha 2D)

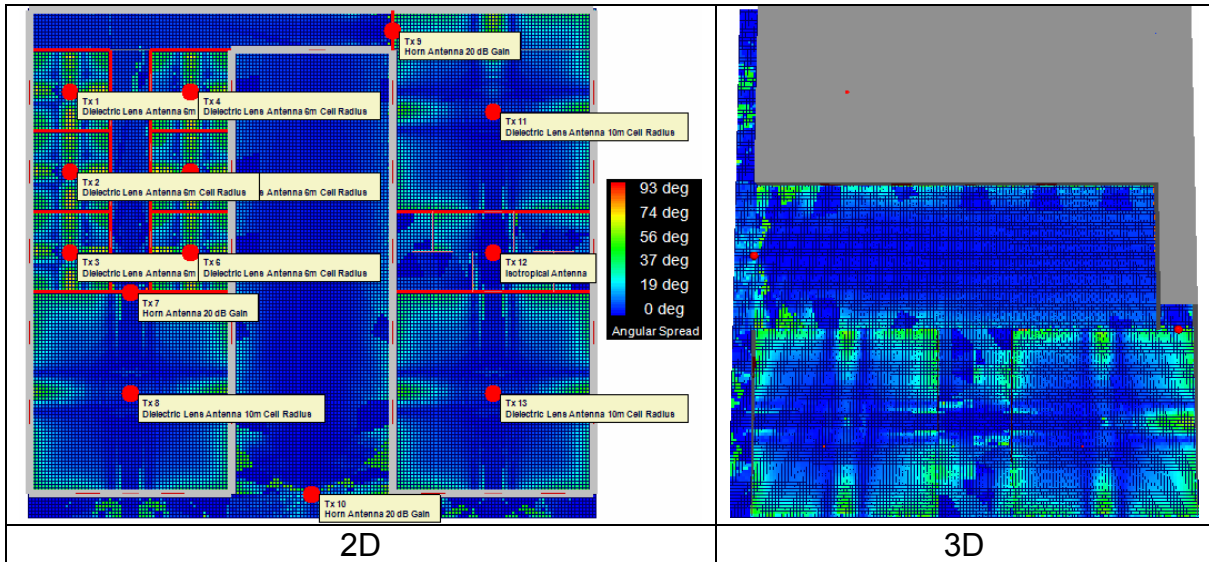


Figura 90. Análisis angular

- 15) Para finalizar, comente con sus compañeros los alcances trabajados en el ejercicio.