

**DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES
INALÁMBRICO QUE UTILIZA CONTROL DE POTENCIA BASADO EN EL
ALGORITMO DE FOSCHINI**

ANEXOS



**Dora Lucia Ibarra Robledo
Paola Andrea Morales Anacona**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Línea de Investigación de Gestión Integrada de Redes, Servicios y
Arquitecturas de Comunicaciones
Popayán, Agosto de 2014**

**DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES
INALÁMBRICO QUE UTILIZA CONTROL DE POTENCIA BASADO EN EL
ALGORITMO DE FOSCHINI**

ANEXOS



Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero en
electrónica y telecomunicaciones

**Dora Lucia Ibarra
Paola Andrea Morales**

Director: Víctor Fabián Miramá Pérez

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Línea de Investigación de Gestión Integrada de Redes, Servicios y
Arquitecturas de Comunicaciones
Popayán, Agosto de 2014**

CONTENIDO

pág.

| | |
|---|------------|
| LISTA DE FIGURAS | iii |
| LISTA DE TABLAS | vi |
| ANEXO A. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN | 1 |
| A.1. FUNCIONES PRINCIPALES | 1 |
| A.1.1. Funciones Secundarias | 9 |
| A.2. Interfaces Gráficas de Usuario | 11 |
| ANEXO B. RESULTADOS DE COBERTURA | 17 |
| B.1. ESCENARIOS CON RADIO DE CELDA 0.6 Km | 17 |
| B.1.1. SIMULACION EN MODO SIMPLE | 17 |
| B.1.1.1. Escenario de Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB | 17 |
| B.1.1.2. Escenario de Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB | 20 |
| B.1.1.3. Escenario de Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB | 24 |
| B.1.1.4. Escenario de Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB | 27 |
| B.1.1.5. Escenario de Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB | 31 |
| B.1.1.6. Escenario de Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14Db | 34 |
| B.1.1.7. Escenario de Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB | 38 |
| B.1.1.8. Escenario de Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB | 41 |
| B.1.2. SIMULACIÓN EN MODO ITERATIVO | 45 |
| B.1.2.1. SINR DE -20dB | 45 |
| B.1.2.2. SINR DE -14dB | 48 |
| B.2. ESCENARIO DE RADIO DE CELDA 1 Km | 53 |
| B.2.1. SIMULACIÓN EN MODO SIMPLE | 53 |
| B.2.1.1. Escenario de Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB | 53 |
| B.2.1.2. Escenario de Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB | 56 |
| B.2.1.3. Escenario de Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB | 59 |
| B.2.1.4. Escenario de Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB | 63 |
| B.2.1.5. Escenario de Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB | 66 |
| B.2.1.6. Escenario de Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB | 70 |
| B.2.1.7. Escenario de Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB | 73 |
| B.2.1.8. Escenario de Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB | 77 |
| B.2.2. SIMULACIÓN EN MODO ITERATIVO | 80 |
| B.2.2.1. SINR DE -20dB | 81 |
| B.2.2.2. SINR DE -14dB | 84 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura A.1 Interfaz Principal: GUIConfigCeldas..... | 12 |
| Figura A.2 Interfaz Principal: GUIConfigPropagacionETSI..... | 12 |
| Figura A.3 Interfaz: GUISimulación..... | 13 |
| Figura A.4 Interfaz: GUICeldas_SinControl_R_1Km_100_Usuarios_SINR_-20dB. | 14 |
| Figura A.5 Interfaz: GUICeldas_ControlIdeal_R_1Km_100_Usuarios_SINR_-20dB..... | 15 |
| Figura A.6 Interfaz: GUICeldas_ControlFoschini_R_1Km_100_Usuarios_SINR_-20dB. | 16 |
| Figura B.1 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB. | 17 |
| Figura B.2 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB..... | 18 |
| Figura B.3 Sin Control de Potencia Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB. | 18 |
| Figura B.4 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB..... | 19 |
| Figura B.5 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB. | 19 |
| Figura B.6 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB..... | 20 |
| Figura B.7 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB. | 20 |
| Figura B.8 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB. | 21 |
| Figura B.9 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB..... | 21 |
| Figura B.10 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB. | 22 |
| Figura B.11 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB..... | 22 |
| Figura B.12 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB. | 23 |
| Figura B.13 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB..... | 23 |
| Figura B.14 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB. | 24 |
| Figura B.15 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB. | 24 |
| Figura B.16 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB..... | 25 |
| Figura B.17 Sin Control de Potencia Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB. | 25 |
| Figura B.18 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB..... | 26 |
| Figura B.19 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB. | 26 |
| Figura B.20 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB..... | 27 |
| Figura B.21 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB. | 27 |
| Figura B.22 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB. | 28 |
| Figura B.23 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB..... | 28 |
| Figura B.24 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB. | 29 |
| Figura B.25 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB..... | 29 |
| Figura B.26 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB. | 30 |
| Figura B.27 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB..... | 30 |
| Figura B.28 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB. | 31 |
| Figura B.29 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB. | 31 |
| Figura B.30 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB..... | 32 |
| Figura B.31 Sin Control de Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB. | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura B.32 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB..... | 33 |
| Figura B.33 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB..... | 33 |
| Figura B.34 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB..... | 34 |
| Figura B.35 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB..... | 34 |
| Figura B.36 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB..... | 35 |
| Figura B.37 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB..... | 35 |
| Figura B.38 Sin Control de Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB..... | 36 |
| Figura B.39 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB..... | 36 |
| Figura B.40 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB..... | 37 |
| Figura B.41 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB..... | 37 |
| Figura B.42 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB..... | 38 |
| Figura B.43 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB..... | 38 |
| Figura B.44 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB..... | 39 |
| Figura B.45 Sin Control de Potencia Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB..... | 39 |
| Figura B.46 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB..... | 40 |
| Figura B.47 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB..... | 40 |
| Figura B.48 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB..... | 41 |
| Figura B.49 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB..... | 41 |
| Figura B.50 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB..... | 42 |
| Figura B.51 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB..... | 42 |
| Figura B.52 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB..... | 43 |
| Figura B.53 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB..... | 43 |
| Figura B.54 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB..... | 44 |
| Figura B.55 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB..... | 44 |
| Figura B.56 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB..... | 45 |
| Figura B.57 Degradación vs Número de Usuarios por Celda..... | 45 |
| Figura B.58 Degradación vs Radio Cobertura..... | 46 |
| Figura B.59 Porcentaje Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 47 |
| Figura B.60 Promedio Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 47 |
| Figura B.61 Radio Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 48 |
| Figura B.62 Degradación vs Número de Usuarios por Celda..... | 49 |
| Figura B.63 Degradación vs Radio Cobertura..... | 49 |
| Figura B.64 Porcentaje Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 50 |
| Figura B.65 Promedio Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 51 |
| Figura B.66 Radio Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 51 |
| Figura B.67 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB..... | 53 |
| Figura B.68 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB..... | 53 |
| Figura B.69 Sin Control de Potencia Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB..... | 54 |
| Figura B.70 Evolución Potencia Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB..... | 54 |
| Figura B.71 Evolución SINR Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB..... | 55 |
| Figura B.72 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB..... | 55 |
| Figura B.73 Histograma de SINR Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB..... | 56 |
| Figura B.74 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB..... | 56 |
| Figura B.75 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB..... | 57 |
| Figura B.76 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB..... | 57 |
| Figura B.77 Evolución Potencia Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB..... | 58 |
| Figura B.78 Evolución SINR Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB..... | 58 |
| Figura B.79 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB..... | 59 |
| Figura B.80 Histograma de SINR Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB..... | 59 |

| | |
|--|----|
| Figura B.81 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB. | 60 |
| Figura B.82 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB..... | 60 |
| Figura B.83 Sin Control de Potencia Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB. | 61 |
| Figura B.84 Evolución Potencia Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB..... | 61 |
| Figura B.85 Evolución SINR Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB. | 62 |
| Figura B.86 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB..... | 62 |
| Figura B.87 Histograma de SINR Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB. | 63 |
| Figura B.88 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB. | 63 |
| Figura B.89 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB..... | 64 |
| Figura B.90 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB. | 64 |
| Figura B.91 Evolución Potencia Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB..... | 65 |
| Figura B.92 Evolución SINR Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB. | 65 |
| Figura B.93 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB..... | 66 |
| Figura B.94 Histograma de SINR Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB. | 66 |
| Figura B.95 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB. | 67 |
| Figura B.96 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB..... | 67 |
| Figura B.97 Sin Control de Potencia Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB. | 68 |
| Figura B.98 Evolución Potencia Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB..... | 68 |
| Figura B.99 Evolución SINR Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB. | 69 |
| Figura B.100 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB..... | 69 |
| Figura B.101 Histograma de SINR Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB. | 70 |
| Figura B.102 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB. | 70 |
| Figura B.103 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB..... | 71 |
| Figura B.104 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB. | 71 |
| Figura B.105 Evolución Potencia Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB..... | 72 |
| Figura B.106 Evolución SINR Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB. | 72 |
| Figura B.107 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB..... | 73 |
| Figura B.108 Histograma de SINR Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB. | 73 |
| Figura B.109 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB. | 74 |
| Figura B.110 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB..... | 74 |
| Figura B.111 Sin Control de Potencia Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB. | 75 |
| Figura B.112 Evolución Potencia Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB..... | 75 |
| Figura B.113 Evolución SINR Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB. | 76 |
| Figura B.114 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB..... | 76 |
| Figura B.115 Histograma de SINR Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB. | 77 |
| Figura B.116 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB. | 77 |
| Figura B.117 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB..... | 78 |
| Figura B.118 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB. | 78 |
| Figura B.119 Evolución Potencia Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB..... | 79 |
| Figura B.120 Evolución SINR Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB. | 79 |
| Figura B.121 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB..... | 80 |
| Figura B.122 Histograma de SINR Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB. | 80 |
| Figura B.123 Degradación vs N Usuarios por Celda. Radio de celda 1, SINR mínimo -20dB..... | 81 |
| Figura B.124 Degradación vs Radio Cobertura. Radio de celda 1, SINR mínimo -20dB..... | 82 |
| Figura B.125 Porcentaje Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 83 |
| Figura B.126 Promedio Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 83 |
| Figura B.127 Radio Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 84 |
| Figura B.128 Degradación vs Número de Usuarios por Celda..... | 85 |
| Figura B.129 Degradación vs Radio Cobertura. | 85 |

| | |
|---|----|
| Figura B.130 Porcentaje Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 86 |
| Figura B.131 Promedio Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 87 |
| Figura B.132 Radio Cobertura vs Número de Usuarios por Celda..... | 87 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla B.1 Distancias de la estación base del primer y último usuario con cobertura y sin cobertura, para un Radio de Celda 0.6 Km y una SINR de -20dB..... | 48 |
| Tabla B.2 Distancias de la estación base del primer y último usuario con cobertura y sin cobertura, para un Radio de Celda 0.6 Km y una SINR de -14dB..... | 52 |
| Tabla B.3 Distancias de la estación base del primer y último usuario con cobertura y sin cobertura, para un Radio de Celda 1 Km y una SINR de -20dB..... | 84 |
| Tabla B.4 Distancias de la estación base del primer y último usuario con cobertura y sin cobertura, para un Radio de Celda 1 Km y una SINR de -14dB..... | 88 |

ANEXO A. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN.

La herramienta de simulación fue implementada empleando el paradigma procedimental de programación. Como consecuencia, la implementación se realizó mediante un conjunto de funciones, las cuales serán consideradas en tres grupos: las **funciones principales**, las **funciones secundarias** y las **Interfaces Gráficas de Usuario** (GUI, *Graphic User Interface*). La estructura escenario será una variable global que todas las funciones pueden acceder y modificar. El primer grupo de funciones contiene las funciones que implementan la lógica principal de la simulación. El segundo grupo contiene un conjunto de funciones de respaldo relacionadas principalmente con la presentación de los resultados al usuario.

A continuación se presenta una descripción de las funciones implementadas. En dicha descripción se muestran las variables de entrada, las variables de salida, las precondiciones, las postcondiciones y una descripción de la operación de la función. Las precondiciones y postcondiciones se refieren al estado de la estructura general antes y después de la ejecución de la función.

A.1. FUNCIONES PRINCIPALES

- **CrearCeldas**
 - Variables de entrada: N_u, N_v
 - Variables de salida: celdas
 - Descripción: crea una matriz de celdas de un tamaño (N_u, N_v) , que corresponderá a la estructura **celdas** del modelo de información.
- **CrearModeloTransmisión**
 - Variables de entrada: celdas
 - Variables de salida: ninguna
 - Precondición: La matriz celdas debe haber sido creada previamente
 - Postcondición: creación de la estructura `escenario.transmision`

- Descripción: crea la estructura de transmisión del modelo de información considerado en la sección 2.3, adecuada para la matriz de celdas generada por la función CrearCeldas. Esta función asigna valores por default a la configuración general y a la configuración específica de las celdas, sin embargo esta función deja vacío el vector de usuarios de la celda, ya que este es creado en el momento de iniciar una simulación de acuerdo con el número de usuarios especificado.
- **CrearUsuarios**
 - Variables de entrada: Nusuarios
 - Variables de salida: ninguna
 - Precondición: Existencia de las estructuras escenario.celdas y escenario.transmisión.
 - Postcondición: creación del vector escenario.transmision.especificosCelda(i).usuarios para $i=1, 2, \dots, Nu*Nv$, es decir para cada una de las $Nu*Nv$ celdas. Creación del vector de estructuras escenario.enlaces.
 - Descripción: esta función crea al vector de usuarios de la estructura de configuración específica de una celda considerada en la sección 2.3, asignando valores aleatorios a sus posiciones. Los usuarios son asignados ordenándolos desde el más cercano hasta el más lejano a la estación base.
- **Calcular Distancias**
 - Variables de entrada: ninguna
 - Variables de salida: matrizDistancias
 - Precondición: existencia de las estructuras escenario.transmisión y escenario.transmision.especificosCeda(i).usuarios para $i=1, 2, \dots, Nu*Nv$, es decir para todas las celdas del sistema.
 - Postcondición: ninguno de los campos de la estructura escenario es modificada.
 - Descripción: esta función calcula las distancias existentes entre cada usuario y cada estación base, tanto de su propia celda como de las otras. Las distancias están organizadas en forma de matriz, en la que cada fila corresponde a un receptor o estación base y cada columna a un usuario, de manera que el elemento (i,j) de la matriz es la distancia normalizada entre la estación base i y el usuario j que pertenece al enlace j-ésimo.
- **Calcular Pérdidas**
 - Variables de entrada: matrizDistancias
 - Variables de salida: matrizPerdidas

- Precondición: existencia de las estructuras `escenario.transmisión` y `escenario.transmision.especificosCeda(i).usuarios` para $i=1, 2, \dots, Nu \cdot Nv$, es decir para todas las celdas del sistema.
- Postcondición: ninguno de los campos de la estructura `escenario` es modificada.
- Descripción: esta función calcula las pérdidas totales entre cada usuario y cada estación base, incluyendo, tanto de su propia celda como de las otras. Estas pérdidas incluyen las pérdidas de propagación y las ganancias de antenas y pérdidas de propagación, así como las pérdidas por desvanecimiento tipo sombra y están dadas en dB.

- **ControlPotenciaNinguno**

- Variables de entrada: `matrizPerdidas`
- Variables de Salida: ninguna
- Precondición: existencia de las estructuras `escenario.transmisión` y `escenario.transmision.especificosCeda(i).usuarios` para $i=1, 2, \dots, Nu \cdot Nv$, es decir para todas las celdas del sistema.
- Postcondición: asignación de estado a los campos `coberturaNocontrol`, `potenciaNocontrol` y `sinrNocontrol` de cada una de las estructuras que forman el vector `escenario.enlaces`.
- Descripción: esta función asigna un valor inicial a las potencias de los enlaces, las cuales son registradas en el campo `potenciaNocontrol` del vector `enlaces` considerado en la sección 2.3. A partir de estas potencias y de la matriz de pérdidas, procede a calcular la SINR resultante en cada enlace y lo guarda en el campo `sinrNocontrol` y dependiendo de si este supera o no la SINR mínimo definido para la celda, determinar si el enlace proporciona, o no, cobertura al usuario. El resultado se registra en la bandera `coberturaNocontrol` del vector de enlaces.

- **ControlPotencialIdeal**

- Variables de entrada: `estructura transmisión`, `estructura enlaces`, `matrizPerdidas`
- Variables de Salida: ninguna
- Precondición: existencia de las estructuras `escenario.transmisión` y `escenario.transmision.especificosCeda(i).usuarios` para $i=1, 2, \dots, Nu \cdot Nv$, es decir para todas las celdas del sistema.
- Postcondición: asignación de estado a los campos `coberturaldeal`, `potencialdeal` y `sinrIdeal` de cada una de las estructuras que forman el vector `escenario.enlaces`.
- Descripción: esta función realiza el cálculo de potencias óptimas de acuerdo con el control ideal de potencias y descarta a los enlaces que tengan valores de potencia por fuera del rango permitido, a la vez que los marca como enlaces sin cobertura. Finalmente asigna a los enlaces que no han sido descartados, el valor de potencia

óptimo obtenido, marcándolos como enlaces con cobertura. Finalmente se calcula la SINR de los usuarios con cobertura los resultados de esta función son registrados en los campos `potencialdeal`, `sinIdeal` y en la bandera `coberturaldeal` del vector de enlaces considerado en la sección 2.3.

- **ControlPotenciaFoschini**

- Variables de entrada: estructura transmisión, estructura enlaces, matrizPerdidas, Niteraciones
- Variables de Salida: ninguna
- Precondición: existencia de las estructuras `escenario.transmisión` y `escenario.transmision.especificosCeda(i).usuarios` para $i=1, 2, \dots, Nu \cdot Nv$, es decir para todas las celdas del sistema.
- Postcondición: asignación de estado a los campos `coberturaFoschini`, `potenciaFoschini` y `sinrFoschini` de cada una de las estructuras que forman el vector `escenario.enlaces`.
- Descripción: esta función asigna un valor inicial a las potencias y, siguiendo el algoritmo de Foschini ajusta el valor de las mismas durante un número de iteraciones determinado. La función registra los valores de SINR y de potencia obtenidos para cada enlace, en cada iteración en los campos `potenciaFoschini` y `sinrFoschini` del vector `enlaces` considerado en la sección 2.3, sin embargo, a diferencia de las otras funciones de control de potencia en las que se registra un solo valor de potencia y de SINR, estos campos son vectores con una longitud igual al número de iteraciones del algoritmo. La evaluación de cobertura de los enlaces se realiza al final de la ejecución de todas las iteraciones del algoritmo determinando si el último SINR obtenido supera el SAINR mínimo y registrando el resultado en el campo `coberturaFoschini` del vector de enlaces.

- **EvaluarCobertura**

- Variables de entrada: estructura transmisión, estructura enlaces
- Variables de salida: ninguna.
- Precondición: ejecución previa de las funciones `ControlPotenciaNinguno`, `ControlPotencialdeal`, `ControlPotenciaFoschini`.
- Postcondición: asignación de valores a los campos:
`nUsuariosConCoberturaNoControl`,
`nUsuariosSinCoberturaNoControl`,
`radioCoberturaNoControl`,
`nUsuariosConCoberturaldeal`,
`nUsuariosSinCoberturaldeal`,
`radioCoberturaldeal`,
`nUsuariosConCoberturaFoschini`,

nUsuariosSinCoberturaFoschini,
radioCoberturaFoschini, en cada uno de los campos del vector
escenario.transmision.esoecificoscelda, relacionados con la cobertura para cada
una de las celdas.

- Descripción: esta función recorre el vector de configuraciones específicas de las celdas mencionado en la sección 2.3; para cada celda recorre su vector de usuarios, y para cada usuario obtiene del vector de enlaces, el enlace correspondiente. Para cada celda se realiza un conteo de los usuarios con cobertura y de los usuarios sin cobertura y, dado que el vector de usuarios al ser creado fue ordenado en orden de distancias a la estación base, de menor a mayor, es posible determinar el radio de cobertura cuando el contador de usuarios sin cobertura alcance el cinco por ciento del total de usuarios de la celda. Finalmente se obtiene el porcentaje de usuarios con cobertura de la celda mediante la relación entre el número de usuarios con cobertura y el total de usuarios de la celda. Los resultados de este proceso son registrados en el vector de configuraciones específicas de las celdas, el cual, como se consideró en la sección 2.3 contiene campos para registrar tanto el radio como el número de usuario con y sin cobertura para cada uno de los tres tipos de control empleados.

- **GraficarEvolucionSINRYPotencia**

- Variables de entrada: ninguna
- Variables de salida: ninguna.
- Precondición: ejecución previa de la función EvaluarCobertura
- Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
- Descripción: esta función muestra la evolución de la potencia y de la SINR al emplear el algoritmo de Foschini. Para ello realiza una gráfica de la potencia contra el número de iteración y de la SINR contra el número de iteración para cuatro usuarios, el más lejano y el más cercano a la base con cobertura y el más lejano y más cercano a la base sin cobertura.

- **ObtenerRadiosFoschini**

- Variables de entrada: ninguna
- Variables de salida: radioCoberturaPromedio, nUsuariosConCoberturaPromedio.
- Precondición: ejecución previa de la función EvaluarCobertura.
- Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
- Descripción: esta función obtiene los valores promediados entre celdas del radio de celda y del porcentaje de usuarios con cobertura obtenidos al aplicar el control de potencia mediante el algoritmo de Foschini.

- **ObtenerRadiosIdeal**

- Variables de entrada: ninguna
- Variables de salida: radioCoberturaPromedio, nUsuariosConCoberturaPromedio.
- Precondición: ejecución previa de la función EvaluarCobertura.
- Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
- Descripción: esta función obtiene los valores promediados entre celdas del radio de celda y del porcentaje de usuarios con cobertura obtenidos al aplicar el control de potencia ideal.

- **ObtenerRadiosNoControl**

- Variables de entrada: ninguna
- Variables de salida: radioCoberturaPromedio, nUsuariosConCoberturaPromedio.
- Precondición: ejecución previa de la función EvaluarCobertura.
- Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
- Descripción: esta función obtiene los valores promediados entre celdas del radio de celda y del porcentaje de usuarios con cobertura obtenidos al no aplicar control de potencia.

- **GraficarHistograma**

- Variables de entrada: ninguna
- Variables de salida: ninguna.
- Precondición: ejecución previa de la función EvaluarCobertura
- Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
- Descripción: esta función muestra la evolución de la potencia y de la SINR al emplear el algoritmo de Foschini. Para ello realiza una gráfica de la potencia contra el número de iteración y de la SINR contra el número de iteración para dos usuarios: un usuario con cobertura y un usuario sin cobertura.

- **GraficarEvolucionSINRYPotencia**

- Variables de entrada: ninguna
- Variables de salida: ninguna.
- Precondición: ejecución previa de la función EvaluarCobertura
- Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
- Descripción: esta función grafica un histograma de potencias en el que se muestra la potencia de transmisión asignada a los usuarios cuando se emplea el algoritmo

de Foschini y cuando se emplea el control ideal. Además, también grafica un histograma de la SINR obtenida para los enlaces al emplear el algoritmo de Foschini y cuando no se emplea ningún control de potencia

- **RealizarSimulacionSimple**

- Variables de entrada: nUsuariosCelda, nIteraciones, betha
- Variables de salida: ninguna
- Precondición: existencia de las estructuras, previamente inicializadas, escenario.celdas y escenario.transmision.
- Postcondición: creación de usuarios y evaluación de cobertura.Descripción: esta función realiza la simulación en modo simple. Para esto se realizan los siguientes pasos:
 - Creación de usuarios y enlaces mediante la función CrearUsuarios
 - Cálculo de distancias entre usuarios y estaciones base mediante la invocación de la función CalcularDistancias
 - Cálculo de las pérdidas mediante el llamado al función CalcularPerdidas
 - Aplicación de las técnicas de control de potencia mediante la invocación de las funciones ControlPotenciaNinguno, ControlPotencialdeal y ControlPotenciaFoschini.
 - Evaluación de cobertura por medio de la función EvaluarCobertura
 - Elaboración de histogramas por medio de la función GraficarHistogramas
 - Realización de las gráficas de evolución de potencia y SINR invocando a la función GraficarEvolucionSINRYPotencia.
 - Presentación de los resultados individuales, a petición del usuario por celdas por medio de las GUI GUIResultadoEscenarioFoschini, GUIResultadoEscenarioIdeal y GUIResultadoEscenarioNoControl. Estas, a su vez, presentan los resultados de los radios de cobertura y el porcentaje de usuarios con cobertura, por celda y promedio. Además, estas interfaces de usuario, presentan una gráfica de la estructura de celdas y de la cobertura, para lo cual emplean las funciones GraficarCoberturaIdeal, GraficarCoberturaFoschini y GraficarCoberturaFoschini, así como las funciones auxiliares GraficarCeldas, y GraficarIndicesCeldas.

- **RealizarsimulacionIterada**

- Variables de entrada: N, nIteraciones, betha
- Variables de salida: ninguna
- Precondición: existencia de las estructuras, previamente inicializadas, escenario.celdas y escenario.transmision.
- Postcondición: creación de usuarios y evaluación de cobertura.
- Descripción: esta función realiza la simulación en modo iterativo. Para esto se realizan los siguientes pasos:

- a. Creación de usuarios y enlaces mediante la función CrearUsuarios
- b. Cálculo de distancias entre usuarios y estaciones base mediante la invocación de la función CalcularDistancias
- c. Cálculo de las pérdidas mediante el llamado a la función CalcularPerdidas
- d. Aplicación de las técnicas de control de potencia mediante la invocación de las funciones ControlPotenciaNinguno, ControlPotencialIdeal y ControlPotenciaFoschini.
- e. Evaluación de cobertura por medio de la función EvaluarCobertura
- f. Obtención de los radios de cobertura promedio y del porcentaje promedio de usuarios con cobertura empleado las funciones ObtenerRadiosNoControl, ObtenerRadiosIdeal y ObtenerRadiosFoschini.
- g. Todos los pasos anteriores se realizan de forma iterativa para los valores del número de usuarios definidos para la simulación iterativa.
- h. Al terminar de ejecutar todas las iteraciones, se realizan las gráficas del radio de cobertura contra el número de usuarios por celda y del porcentaje de usuarios contra el número de usuarios por celda y del porcentaje de usuarios con cobertura obtenidos al no aplicar control de potencia.

- **GraficarCeldas**

- Variables de entrada: axes
- Variables de salida: ninguna.
- Precondición: existencia del campo escenario.celdas
- Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
- Descripción: esta función realiza una gráfica de la estructura de celdas sobre el elemento axes¹ pasado como argumento.

- **GraficarCoberturaIdeal**

- Variables de entrada: axes
- Variables de salida: ninguna.
- Precondición: ejecución de la función EvaluarCobertura.y de la función GraficarCeldas para el mismo objeto axes sobre el que se realizará la gráfica de cobertura.
- Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
- Descripción: esta función realiza una gráfica de la distribución de usuarios graficándolos de manera que se distinga a simple vista a los usuarios que tienen cobertura y los que no la tienen, de acuerdo con los resultados obtenidos para el

¹ En MATLAB® un elemento de tipo axes representa una zona en la que se pueden realizar gráficas.

control ideal de potencia. Además, realiza un gráfico del radio de cobertura sobre cada celda, mediante una circunferencia centrada en el centro de la celda y cuyo radio es igual al radio de cobertura.

- **GraficarCoberturaFoschini**

- Variables de entrada: axes
- Variables de salida: ninguna.
- Precondición: ejecución de la función `EvaluarCobertura.y` de la función `GraficarCeldas` para el mismo objeto axes sobre el que se realizará la gráfica de cobertura.
- Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
- Descripción: esta función realiza una gráfica de la distribución de usuarios graficándolos de manera que se distinga a simple vista a los usuarios que tienen cobertura y los que no la tienen, de acuerdo con los resultados obtenidos para el control de potencia mediante el algoritmo de Foschini. Además, realiza un gráfico del radio de cobertura sobre cada celda, mediante una circunferencia centrada en el centro de la celda y cuyo radio es igual al radio de cobertura.

- **GraficarCoberturaNoControl**

- Variables de entrada: axes
- Variables de salida: ninguna.
- Precondición: ejecución de la función `EvaluarCobertura.y` de la función `GraficarCeldas` para el mismo objeto axes sobre el que se realizará la gráfica de cobertura.
- Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
- Descripción: esta función realiza una gráfica de la distribución de usuarios graficándolos de manera que se distinga a simple vista a los usuarios que tienen cobertura, y los que no la tienen, de acuerdo con los resultados obtenidos al no realizar control de potencia. Además, realiza un gráfico del radio de cobertura sobre cada celda, mediante una circunferencia centrada en el centro de la celda y cuyo radio es igual al radio de cobertura.

A.1.1. Funciones Secundarias

- **GraficarCelda**

- Variables de entrada: celda, axes, `colorRelleno`, `grosorBorde`, `colorBorde`.
- Variables de salida: ninguna.
- Precondición: no requiere ninguna precondición en la estructura escenario

- Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
 - Descripción: esta función grafica el hexágono correspondiente a una celda del sistema, sobre el axes pasado como parámetro y con la información de celda contenida en el parámetro celda. La gráfica se realiza con el color de relleno, el grosor de borde y el color de borde indicados por los parámetros colorRelleno, grosorBorde y colorBorde.
- **GraficarPosicionesCeldas**
 - Variables de entrada: axes
 - Variables de salida: ninguna.
 - Precondición: existencia de la matriz de estructuras escenario.celdas. Ejecución previa de la función GraficarCeldas sobre el axes pasado como parámetro.
 - Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
 - Descripción: esta función grafica las posiciones de las celdas relativas al sistema de coordenadas (u,v) sobre el axes pasado como parámetro, el cual, según las precondiciones, contiene la gráfica de las celdas del sistema.
- **GraficarIndicesCeldas**
 - Variables de entrada: axes
 - Variables de salida: ninguna.
 - Precondición: existencia de la matriz de estructuras escenario.celdas. Ejecución previa de la función GraficarCeldas sobre el axes pasado como parámetro.
 - Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
 - Descripción: esta función grafica los índices de las celdas sobre el axes pasado como parámetro, el cual, según las precondiciones, contiene la gráfica de las celdas del sistema.
- **GraficarGrilla**
 - Variables de entrada: axes
 - Variables de salida: ninguna.
 - Precondición: existencia de la matriz de estructuras escenario.celdas. Ejecución previa de la función GraficarCeldas sobre el axes pasado como parámetro.
 - Postcondición: ningún campo de la estructura escenario es modificada.
 - Descripción: esta función grafica los ejes u y v, así como un conjunto de líneas punteadas paralelas a dichos ejes y que pasan por los centros de las celdas, sobre el axes pasado como parámetro, el cual, según las precondiciones, contiene la gráfica de las celdas del sistema.

A.2. Interfaces Gráficas de Usuario

- **GUIConfigCeldas**

- Variables de entrada: ninguna
- Variables de salida: ninguna.
- Precondición: ninguna
- Postcondición: creación de la estructura escenario con sus campos `escenario.celdas` y `escenario.transmision`
- Descripción: esta interfaz de usuario es la interfaz base del sistema y es la primera en ser ejecutada. A través de esta interfaz, el usuario puede configurar el tamaño del arreglo de celdas así como acceder a las demás interfaces. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** muestra esta interfaz de usuario.

- **GUIConfigTransmision**

- Variables de entrada: ninguna
- Variables de salida: ninguna.
- Precondición: ejecución de la interfaz de usuario GUIConfigCeldas. Creación de las estructuras `escenario.cedas` y `escenario.transmision`
- Postcondición: actualización de los valores de la estructura `escenario.transmision`
- Descripción: esta interfaz permite al usuario configurar los valores del radio de la celda, frecuencia de operación, rango de potencias de transmisión para cada una de las celdas, SINR mínima para cada celda, ganancia de antenas, pérdidas en líneas de transmisión y ruido térmico, los cuales forman parte de la estructura `escenario.transmision`. La Figura A.1 muestra esta interfaz de usuario.

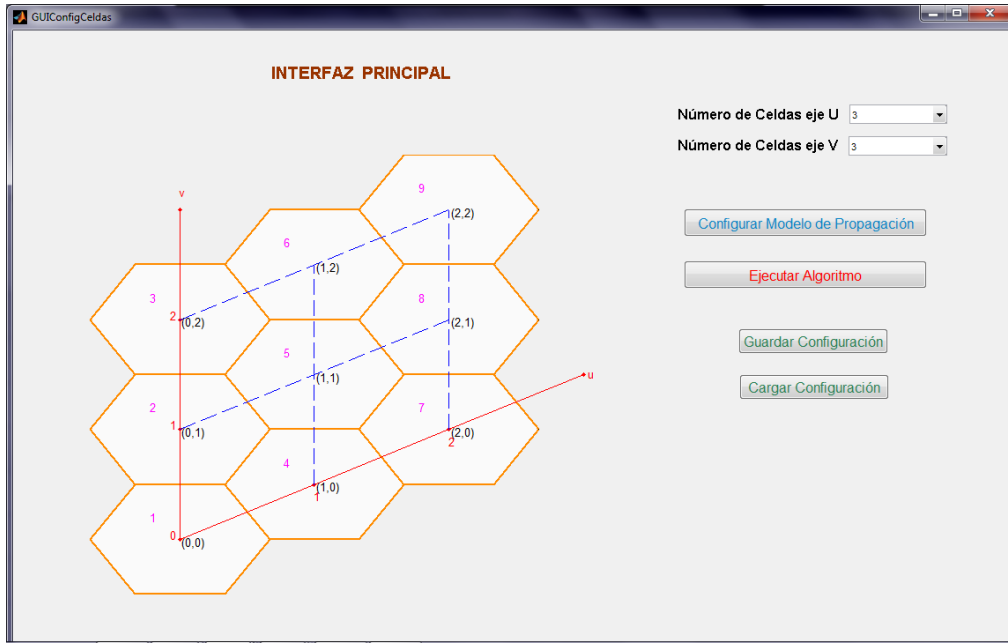


Figura A.1 Interfaz Principal: GUIConfigCeldas

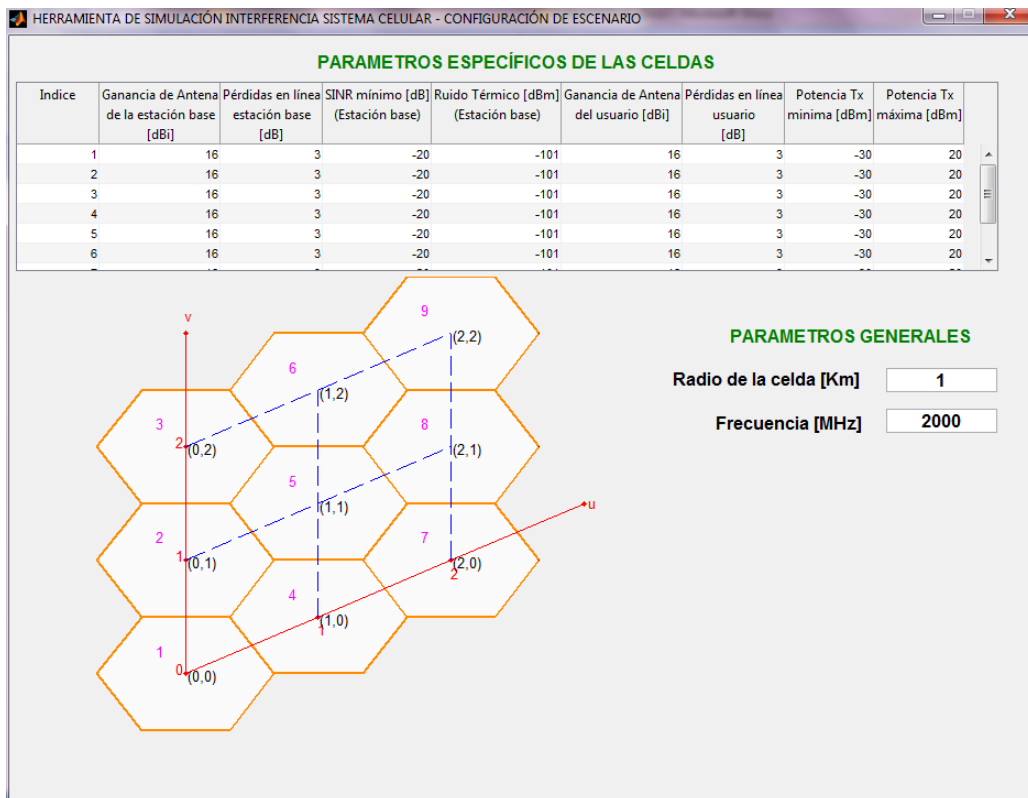


Figura A.2 Interfaz Principal: GUIConfigPropagacionETSI.

GUISimulacion

VARIABLES DE ENTRADA: ninguna

VARIABLES DE SALIDA: ninguna.

PRECONDICIÓN: Creación y configuración de las estructuras escenario.cedas y escenario.transmision

POSTCONDICIÓN: creación de usuarios y evaluación de cobertura.

DESCRIPCIÓN: esta interfaz permite al usuario realizar simulaciones, tanto en modo simple como en modo iterativo. Para el modo simple, el usuario configura el número de iteraciones del algoritmo de Foschini, así como el número de usuarios. En el modo iterativo, se configura además del número de iteraciones, el rango de variación del número de usuarios definido por el valor mínimo, el máximo y el incremento realizado entre iteración e iteración. La Figura A.3 muestra esta interfaz de usuario.



Figura A.3. Interfaz: GUISimulación.

GUIResultadosNoControl

VARIABLES DE ENTRADA: ninguna

VARIABLES DE SALIDA: ninguna.

PRECONDICIÓN: Realización de simulación.

POSTCONDICIÓN: esta función no realiza ningún cambio sobre la estructura escenario.

DESCRIPCIÓN: esta interfaz permite al usuario visualizar los resultados de una simulación en modo simple, obtenidos al no aplicar control de potencia de una simulación en modo simple. Los resultados observados son:

- Gráfica de la distribución de usuarios y de los radios de cobertura.

- Tabla de radios de cobertura relativos y de porcentaje de usuarios con cobertura para cada celda.
- Radio de cobertura relativo promedio y de porcentaje promedio de usuarios con cobertura.

La Figura A.4 muestra esta interfaz de usuario.

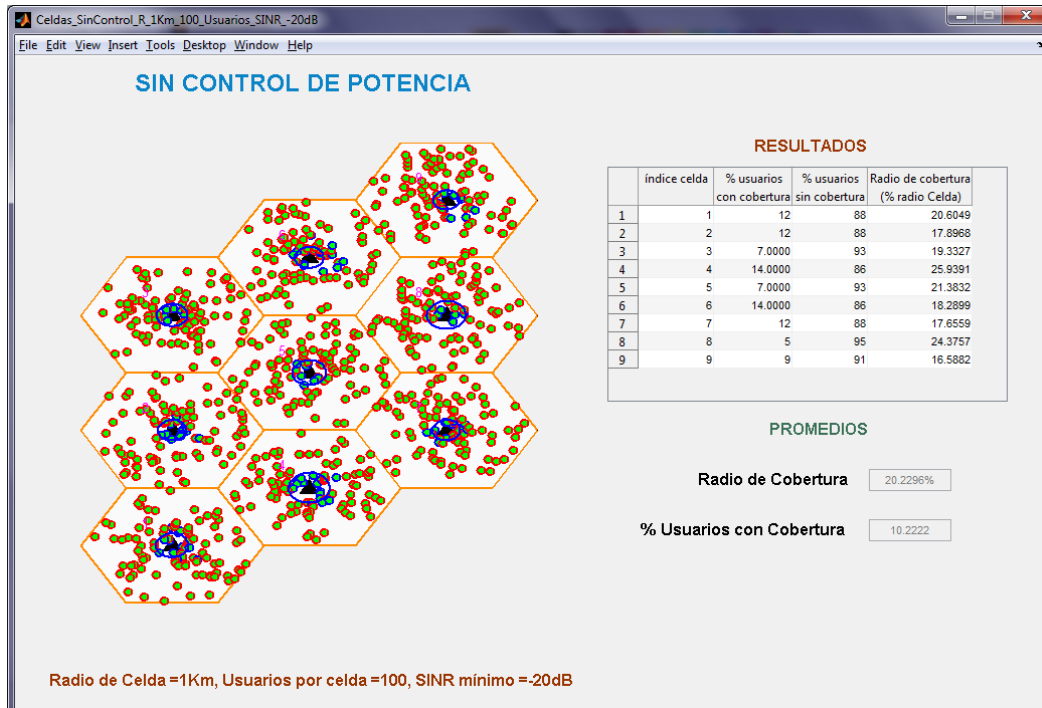


Figura A.4. Interfaz: GUI_Celdas_SinControl_R_1Km_100_Usuarios_SINR_-20dB.

GUIResultadosIdeal

Variables de entrada: ninguna

Variables de salida: ninguna.

Precondición: Realización de simulación.

Postcondición: esta función no realiza ningún cambio sobre la estructura escenario.

Descripción: esta interfaz permite al usuario visualizar los resultados de una simulación en modo simple, obtenidos al aplicar control de potencia ideal. Los resultados observados son:

- Gráfica de la distribución de usuarios y de los radios de cobertura.
- Tabla de radios de cobertura relativos y de porcentaje de usuarios con cobertura para cada celda.
- Radio de cobertura relativo promedio y de porcentaje promedio de usuarios con cobertura.

La Figura A.5 muestra esta interfaz de usuario

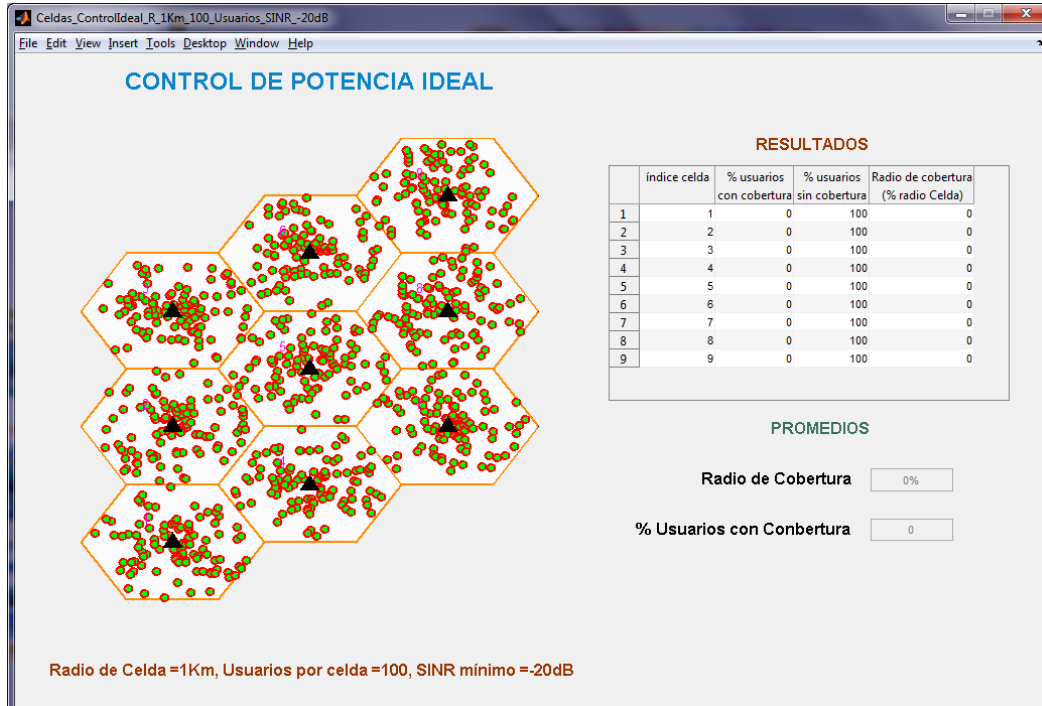


Figura A.5 Interfaz: GUI_Celdas_ControlIdeal_R_1Km_100_Usuarios_SINR_-20dB.

GUIResultadosFoschini

Variables de entrada: ninguna

Variables de salida: ninguna.

Precondición: Realización de simulación.

Postcondición: esta función no realiza ningún cambio sobre la estructura escenario.

Descripción: esta interfaz permite al usuario visualizar los resultados de una simulación en modo simple, obtenidos al aplicar control de potencia basado en el algoritmo de Foschini.

Los resultados observados son:

- Gráfica de la distribución de usuarios y de los radios de cobertura.
- Tabla de radios de cobertura relativos y de porcentaje de usuarios con cobertura para cada celda.
- Radio de cobertura relativo promedio y de porcentaje promedio de usuarios con cobertura.

La Figura A.6 muestra esta interfaz de usuario

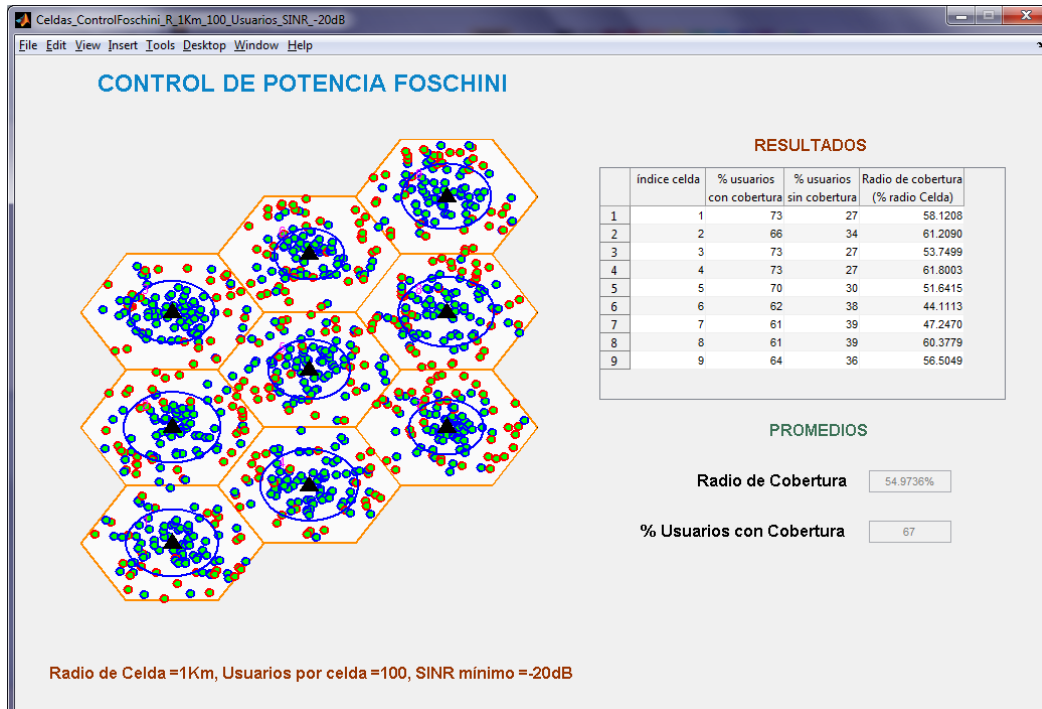


Figura A.6 Interfaz: GUI_Celdas_ControlFoschini_R_1Km_100_Usuarios_SINR_-20dB.

ANEXO B. RESULTADOS DE COBERTURA

En este anexo se presentan los resultados de las simulaciones obtenidas en modo simple para las celdas individuales en las cuales se puede observar el radio de cobertura de cada una de ellas cuando se aplica de forma separada los tres tipos de control de los que se habla en el documento principal, Control de Potencia de Foschini, Control de Potencia Ideal y cuando no hay Control de Potencia. A continuación se presentan primero las graficas obtenidas durante el desarrollo de la simulación en modo simple y segundo las gráficas obtenidas durante en desarrollo de la simulación iterada.

B.1. ESCENARIOS CON RADIO DE CELDA 0.6 Km

B.1.1. SIMULACION EN MODO SIMPLE

B.1.1.1. Escenario de Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB

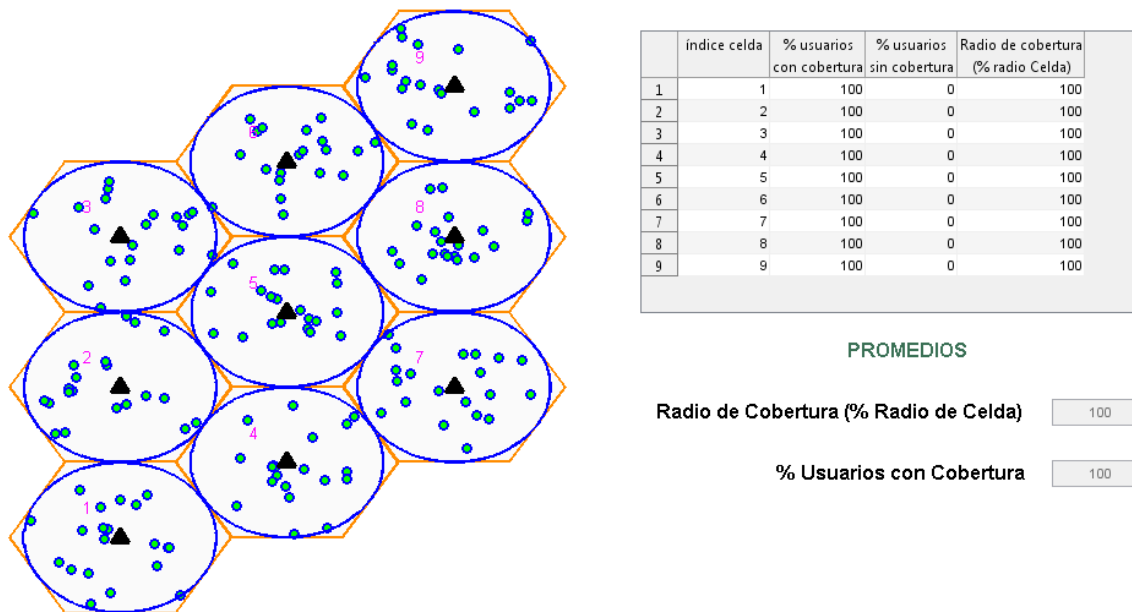
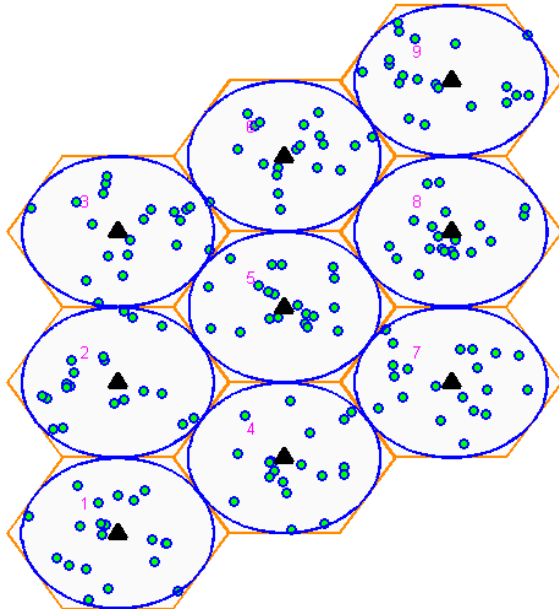


Figura B.1 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.



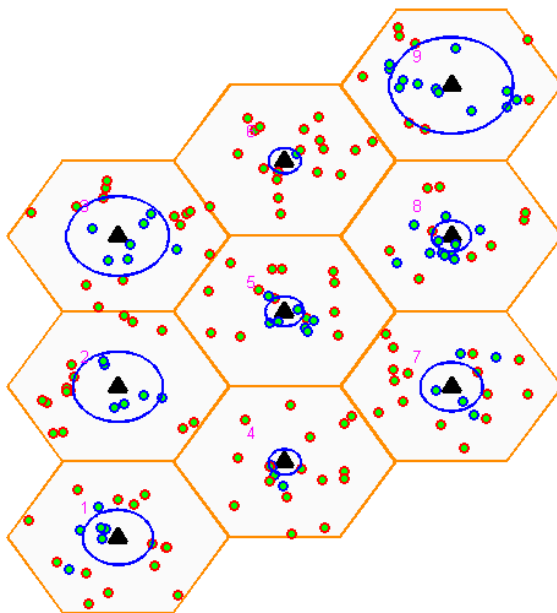
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 100 | 0 | 100 |
| 2 | 2 | 100 | 0 | 100 |
| 3 | 3 | 100 | 0 | 100 |
| 4 | 4 | 100 | 0 | 100 |
| 5 | 5 | 100 | 0 | 100 |
| 6 | 6 | 100 | 0 | 100 |
| 7 | 7 | 100 | 0 | 100 |
| 8 | 8 | 100 | 0 | 100 |
| 9 | 9 | 100 | 0 | 100 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.2 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 30 | 70 | 36.7728 |
| 2 | 2 | 30 | 70 | 47.0263 |
| 3 | 3 | 35 | 65 | 53.1686 |
| 4 | 4 | 20 | 80 | 17.2032 |
| 5 | 5 | 35 | 65 | 20.1866 |
| 6 | 6 | 5 | 95 | 17.1635 |
| 7 | 7 | 25 | 75 | 32.7810 |
| 8 | 8 | 55.0000 | 45 | 20.7692 |
| 9 | 9 | 60 | 40 | 64.3470 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.3 Sin Control de Potencia Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.

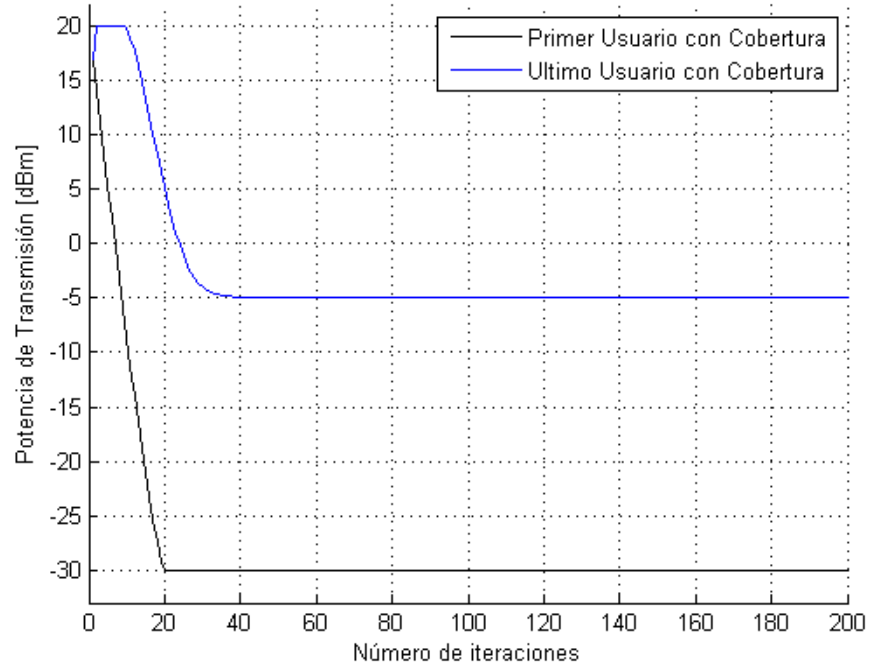


Figura B.4 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.

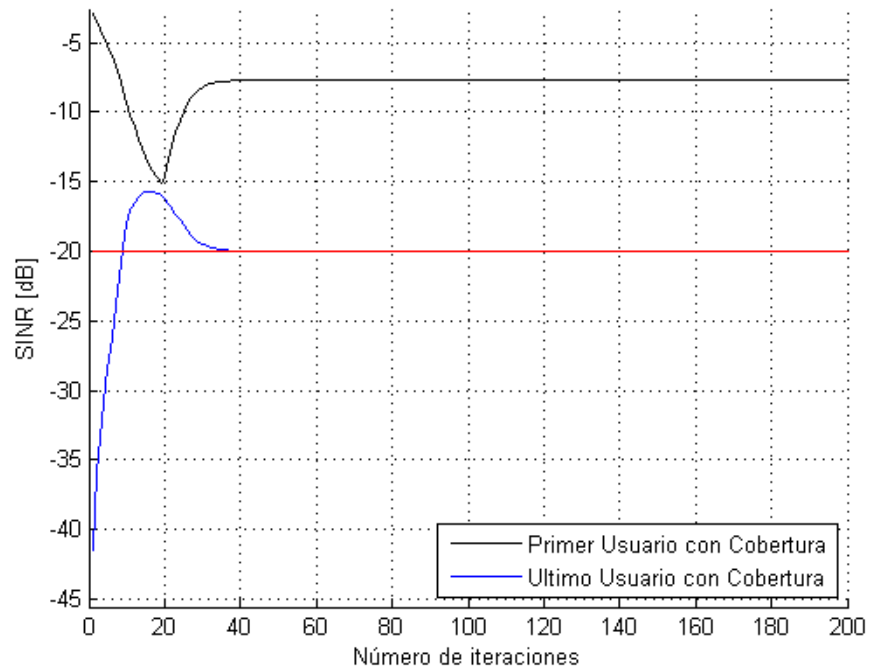


Figura B.5 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.

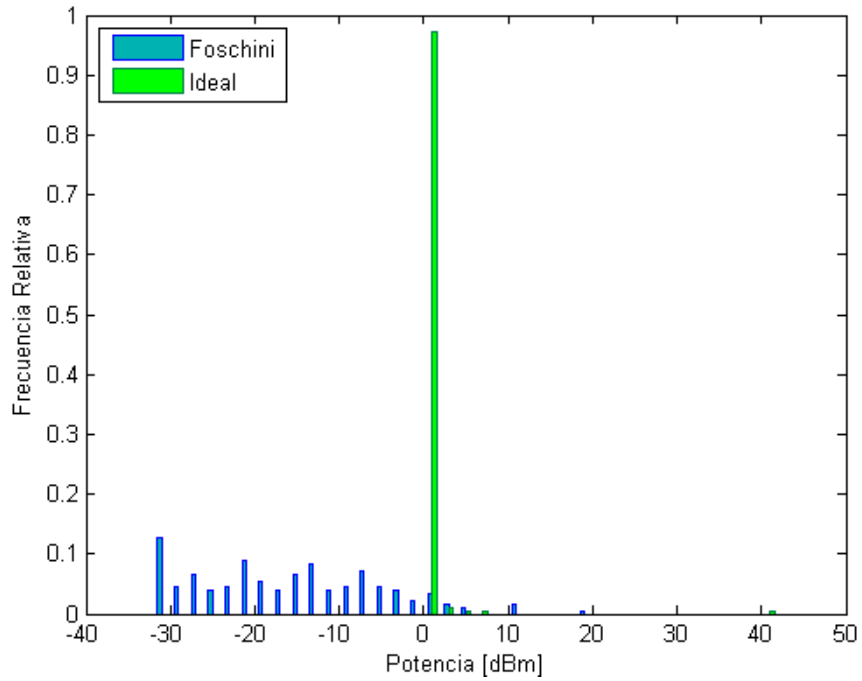


Figura B.6 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.

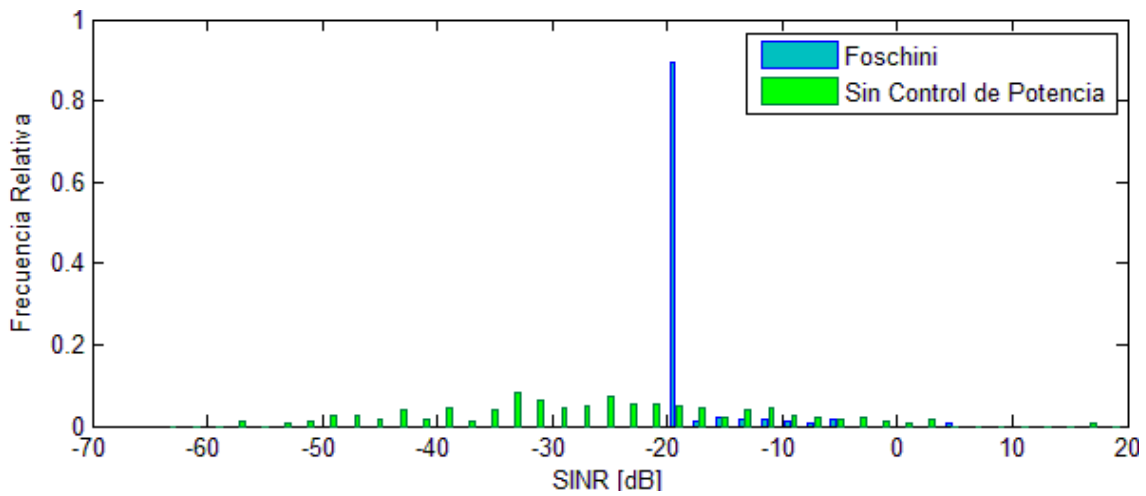
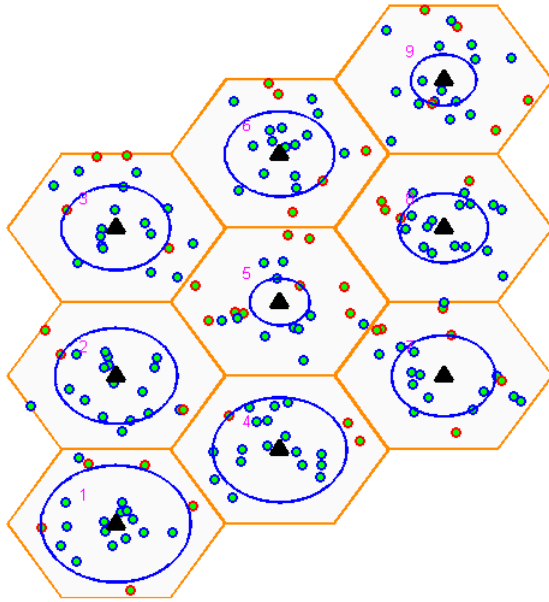


Figura B.7 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.

B.1.1.2. Escenario de Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB



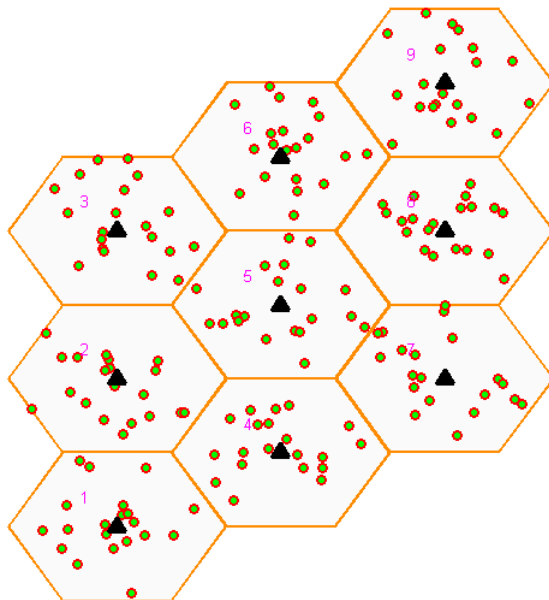
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 75 | 25 | 79.3007 |
| 2 | 2 | 85 | 15 | 64.9243 |
| 3 | 3 | 80 | 20 | 57.4276 |
| 4 | 4 | 85 | 15 | 71.1059 |
| 5 | 5 | 55.0000 | 45 | 31.9240 |
| 6 | 6 | 75 | 25 | 57.9416 |
| 7 | 7 | 70 | 30 | 55.0136 |
| 8 | 8 | 80 | 20 | 47.2454 |
| 9 | 9 | 75 | 25 | 34.8526 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.8 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.9 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.

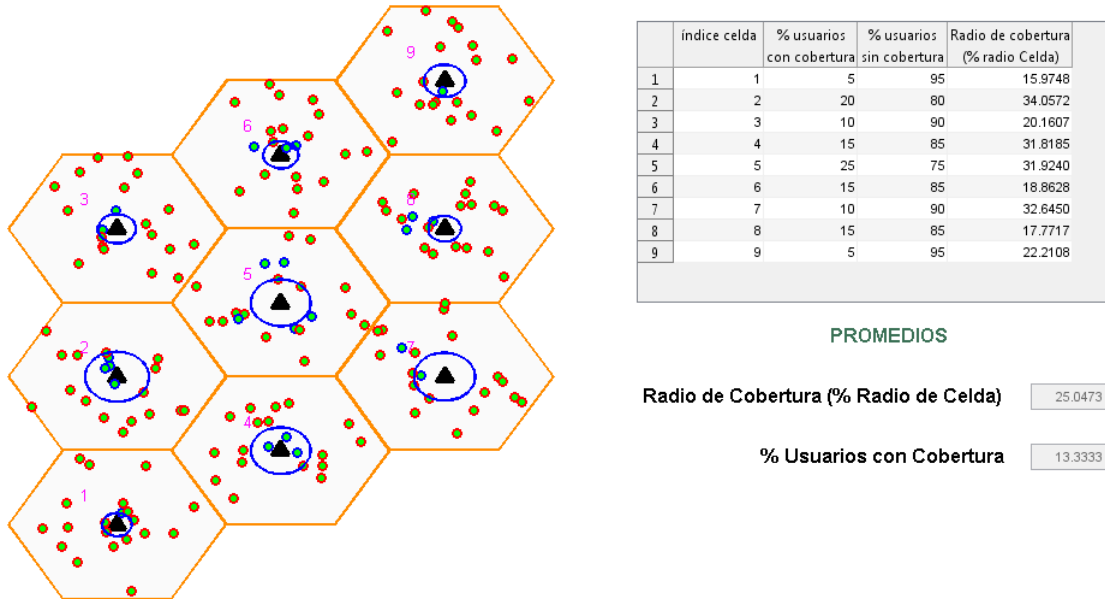


Figura B.10 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.

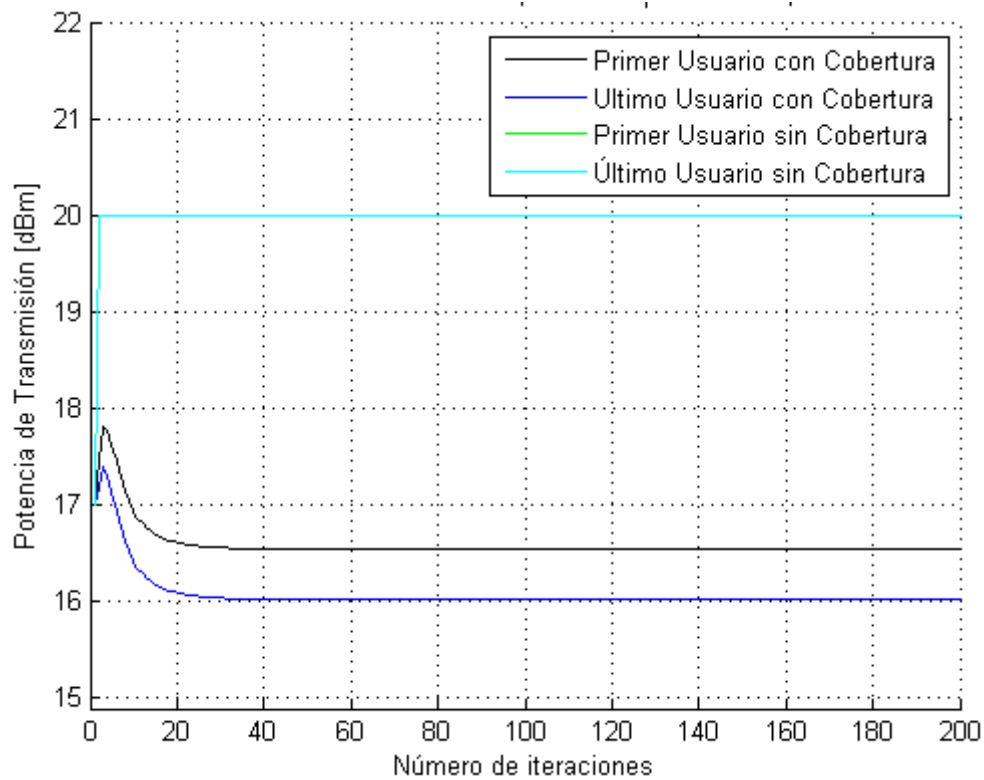


Figura B.11 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.

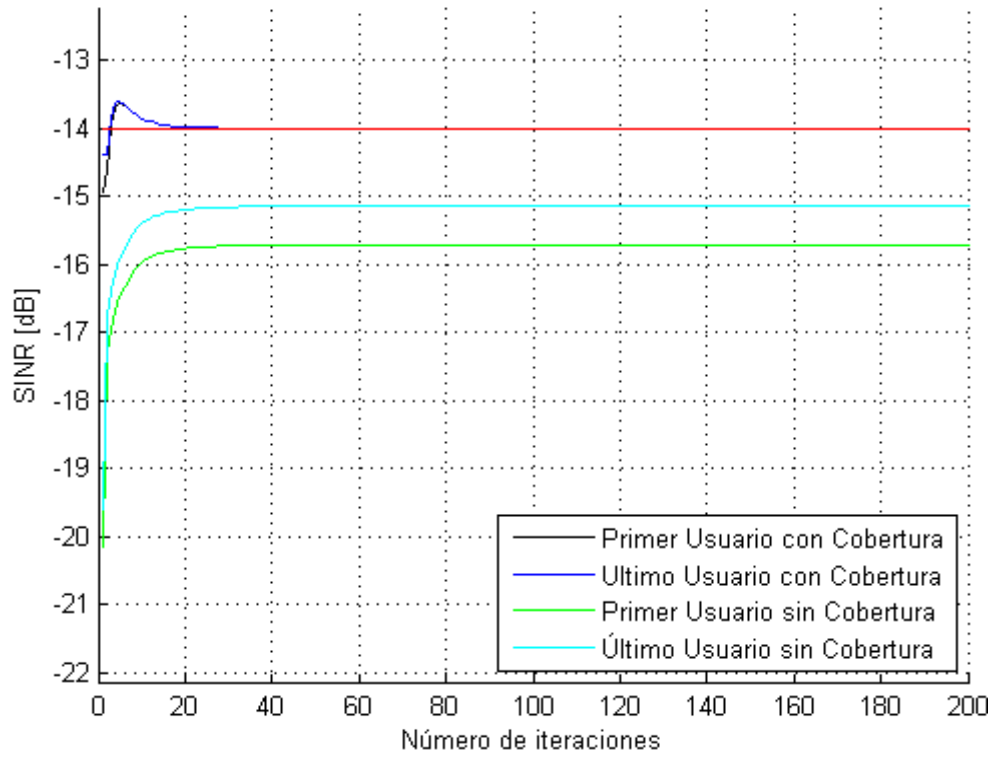


Figura B.12 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.

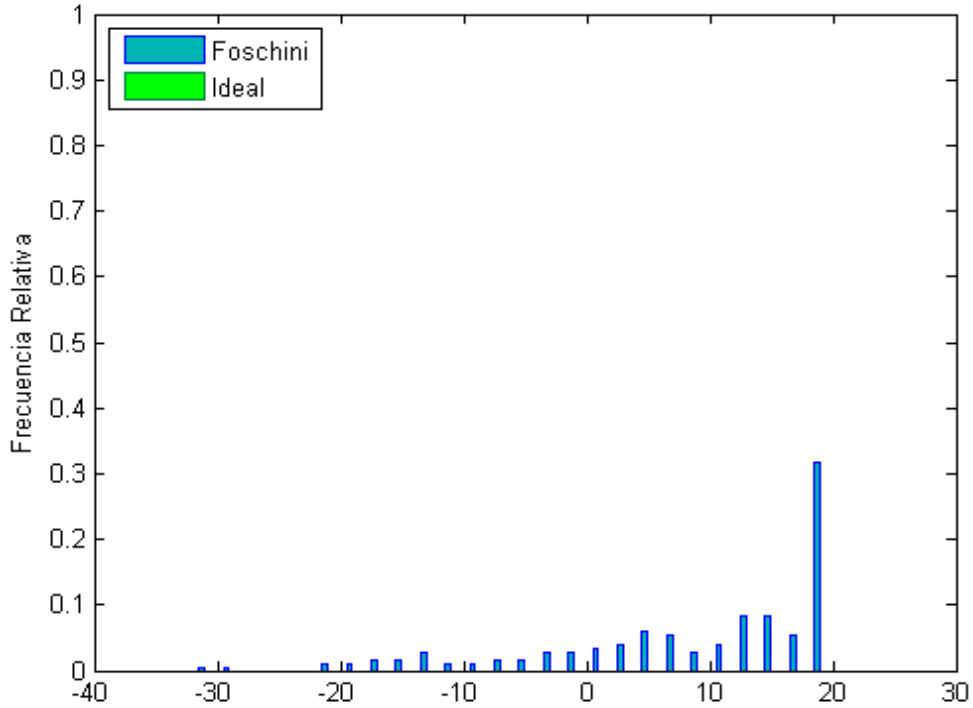


Figura B.13 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.

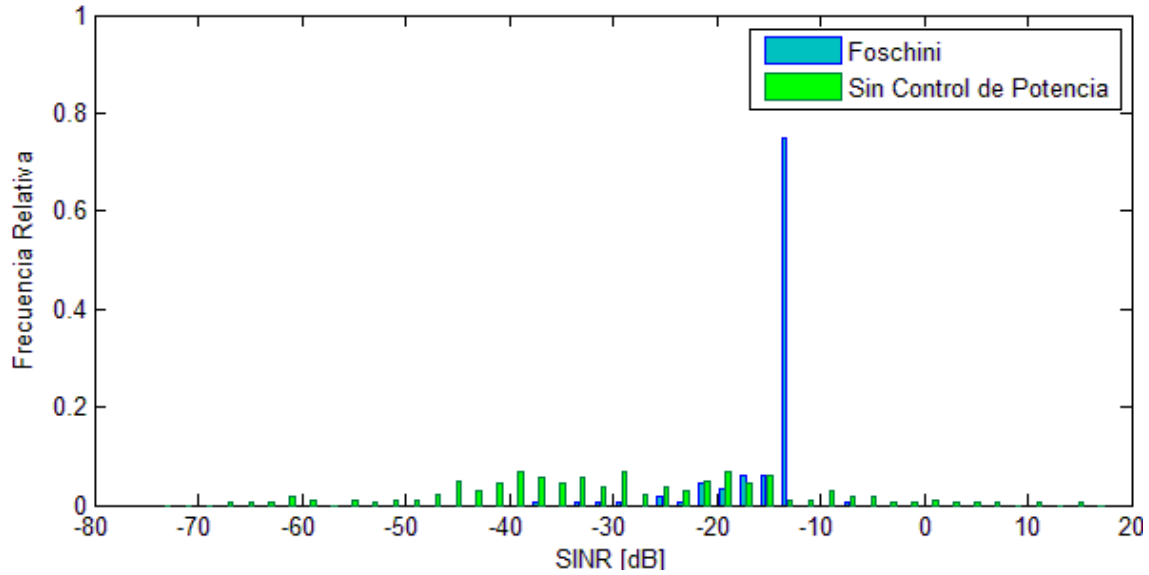
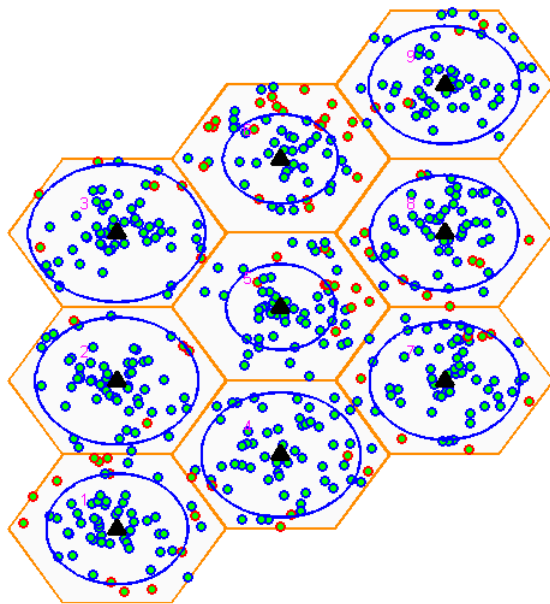


Figura B.14 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.

B.1.1.3. Escenario de Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB



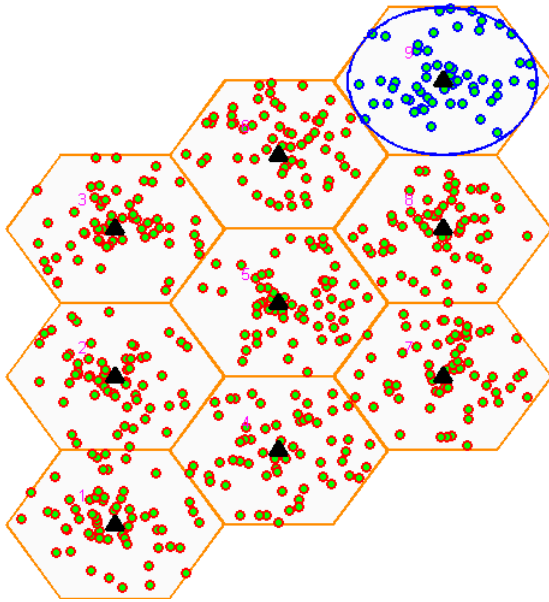
| indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 80 | 20 | 75.1554 |
| 2 | 93.3333 | 6.6667 | 86.3724 |
| 3 | 90 | 10 | 93.6110 |
| 4 | 90 | 10 | 84.6639 |
| 5 | 83.3333 | 16.6667 | 58.2079 |
| 6 | 66.6667 | 33.3333 | 60.8642 |
| 7 | 88.3333 | 11.6667 | 79.9114 |
| 8 | 85 | 15 | 78.1315 |
| 9 | 93.3333 | 6.6667 | 79.9072 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.15 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.



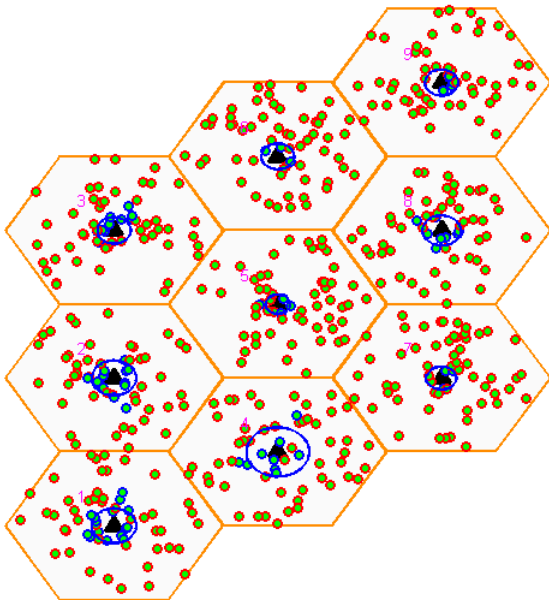
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 9 | 100 | 0 | 100 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.16 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 25 | 75 | 23.8500 |
| 2 | 2 | 23.3333 | 76.6667 | 23.9154 |
| 3 | 3 | 16.6667 | 83.3333 | 18.1517 |
| 4 | 4 | 15 | 85 | 33.5791 |
| 5 | 5 | 6.6667 | 93.3333 | 13.2826 |
| 6 | 6 | 5 | 95 | 17.7286 |
| 7 | 7 | 5 | 95 | 15.9762 |
| 8 | 8 | 13.3333 | 86.6667 | 20.5724 |
| 9 | 9 | 10 | 90 | 17.9362 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.17 Sin Control de Potencia Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.

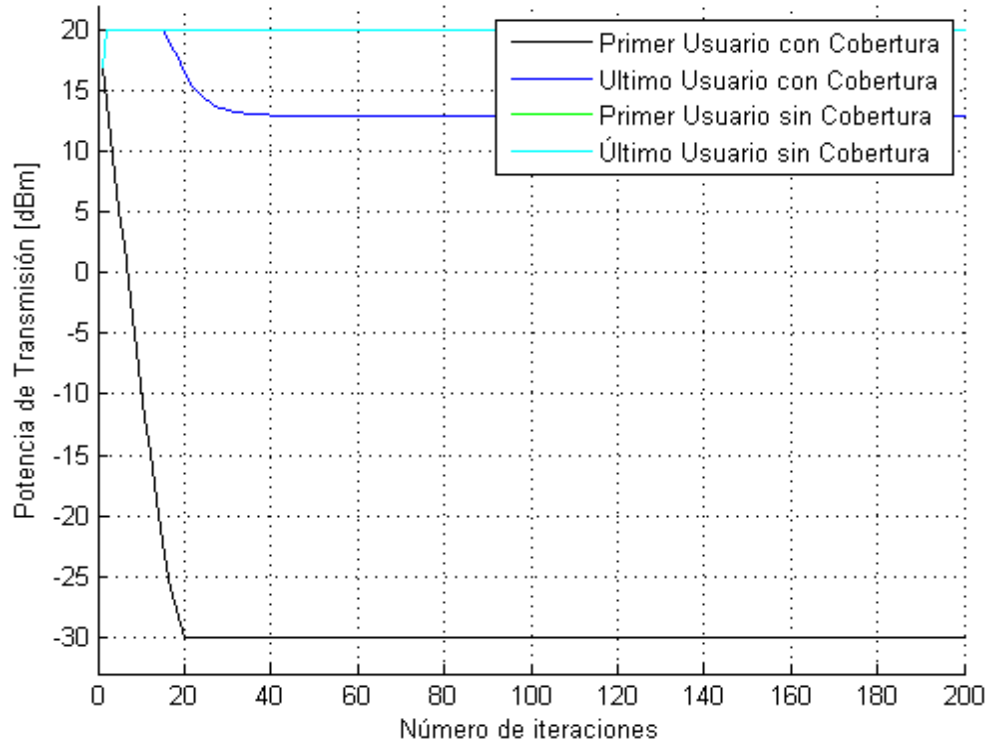


Figura B.18 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.

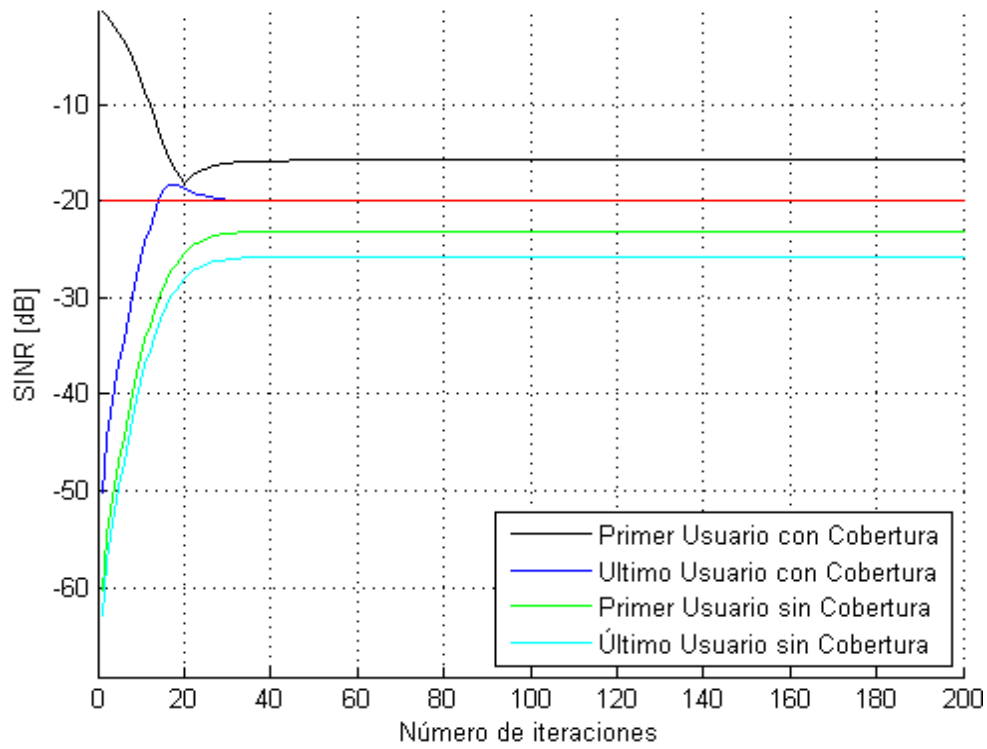


Figura B.19 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.

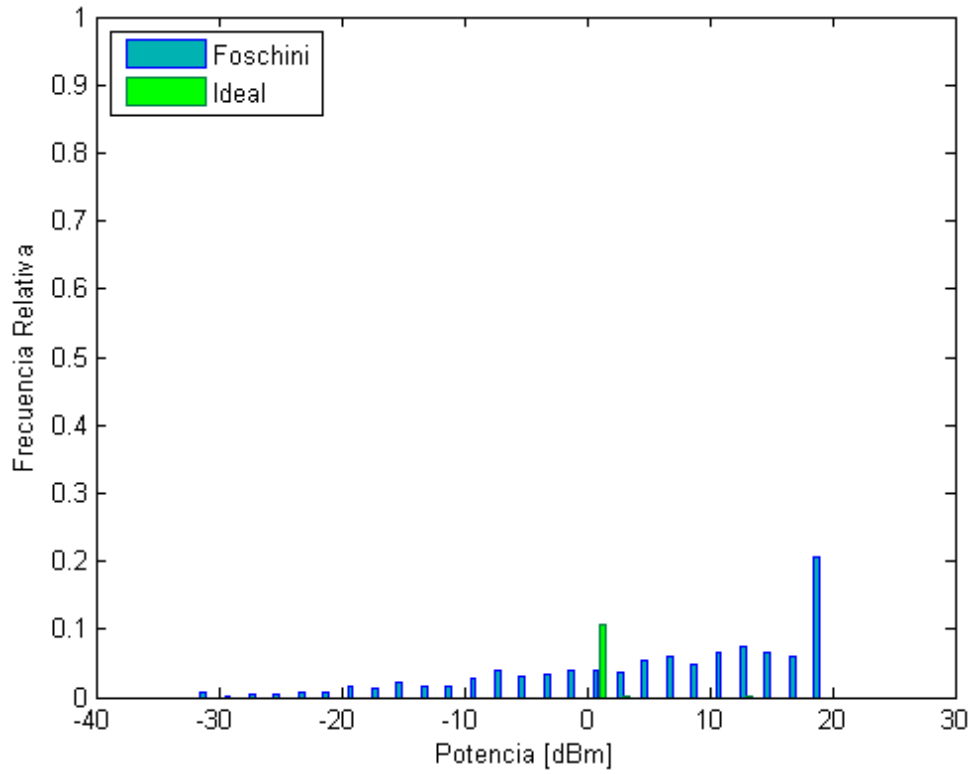


Figura B.20 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.

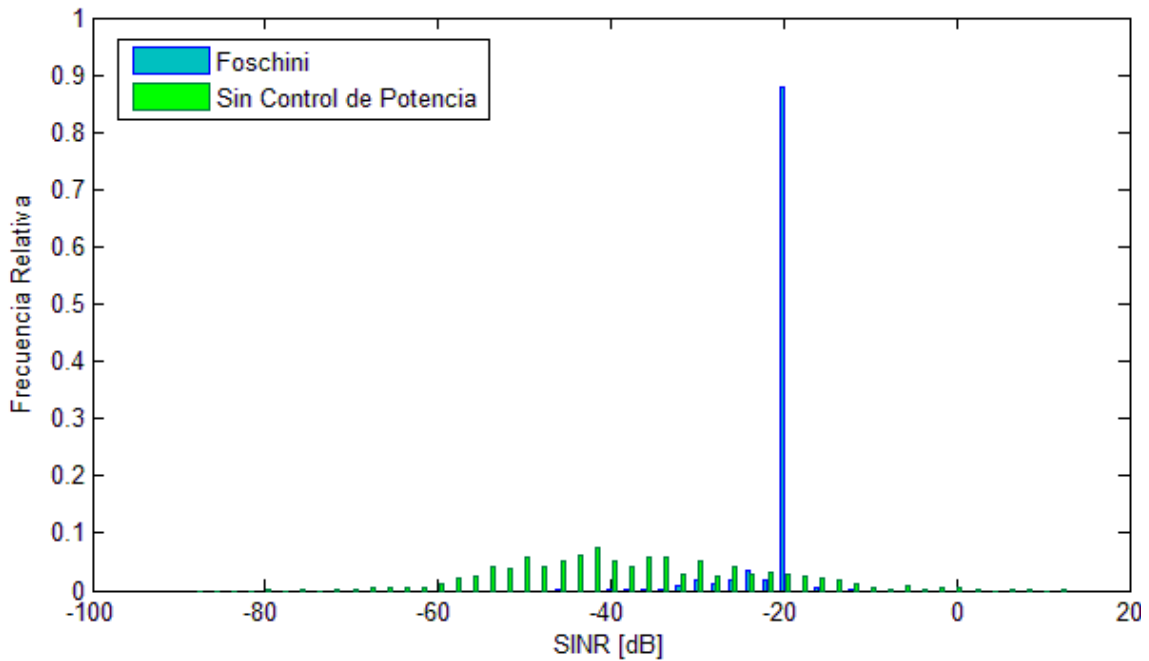
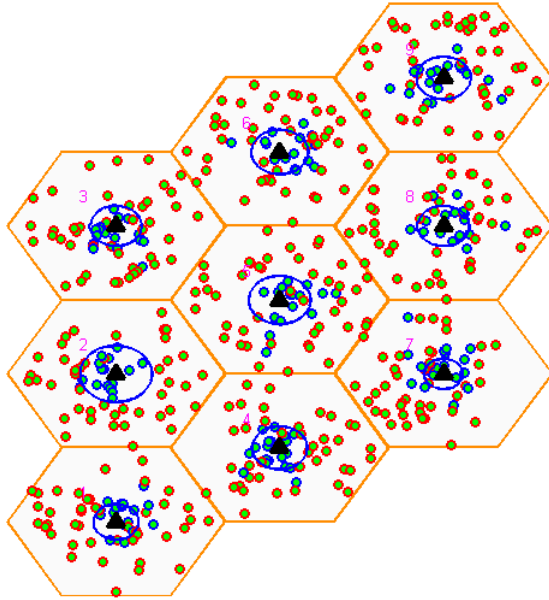


Figura B.21 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.

B.1.1.4. Escenario de Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB



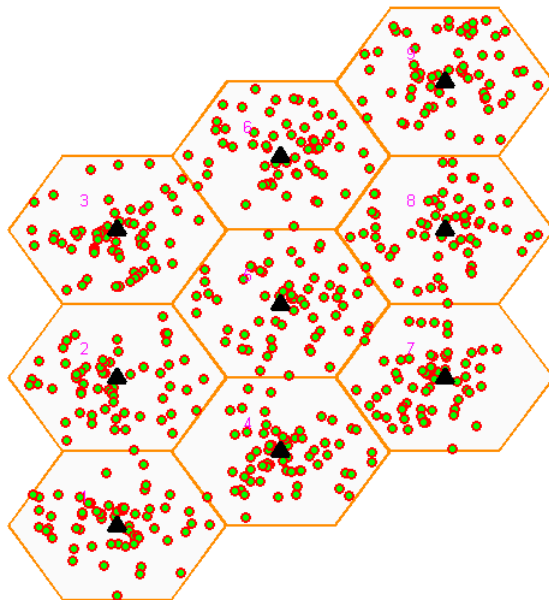
| indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 30 | 70 | 24.2247 |
| 2 | 28.3333 | 71.6667 | 38.4781 |
| 3 | 28.3333 | 71.6667 | 27.4062 |
| 4 | 31.6667 | 68.3333 | 29.4477 |
| 5 | 26.6667 | 73.3333 | 32.9269 |
| 6 | 25 | 75 | 30.4322 |
| 7 | 31.6667 | 68.3333 | 20.7288 |
| 8 | 26.6667 | 73.3333 | 27.5147 |
| 9 | 28.3333 | 71.6667 | 29.0857 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.22 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.



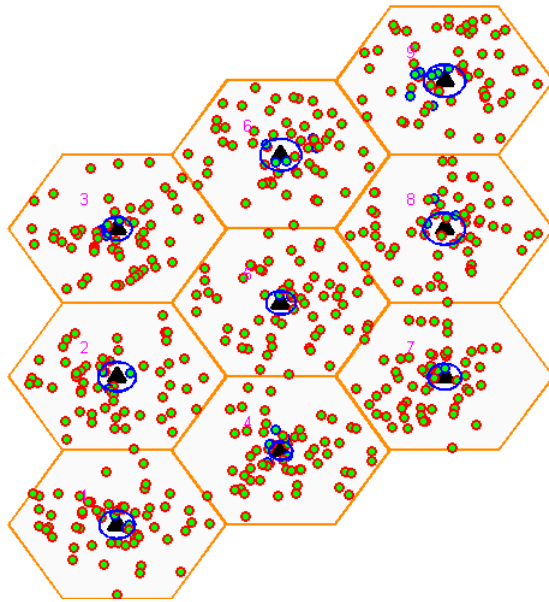
| indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.23 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 5 | 95 | 19.1546 |
| 2 | 2 | 5 | 95 | 20.2517 |
| 3 | 3 | 6.6667 | 93.3333 | 16.0255 |
| 4 | 4 | 8.3333 | 91.6667 | 12.6443 |
| 5 | 5 | 3.3333 | 96.6667 | 16.1280 |
| 6 | 6 | 8.3333 | 91.6667 | 22.1233 |
| 7 | 7 | 5 | 95 | 17.9342 |
| 8 | 8 | 5 | 95 | 21.9554 |
| 9 | 9 | 11.6667 | 88.3333 | 22.2548 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda) 18.7191

% Usuarios con Cobertura 6.48148

Figura B.24 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.

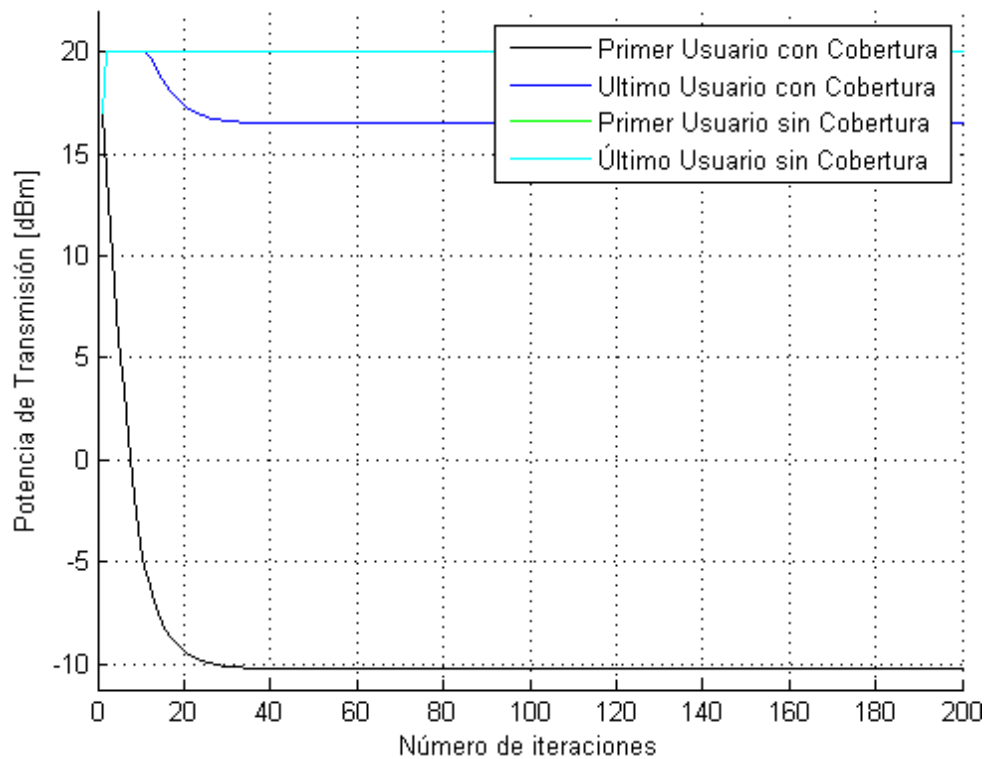


Figura B.25 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.

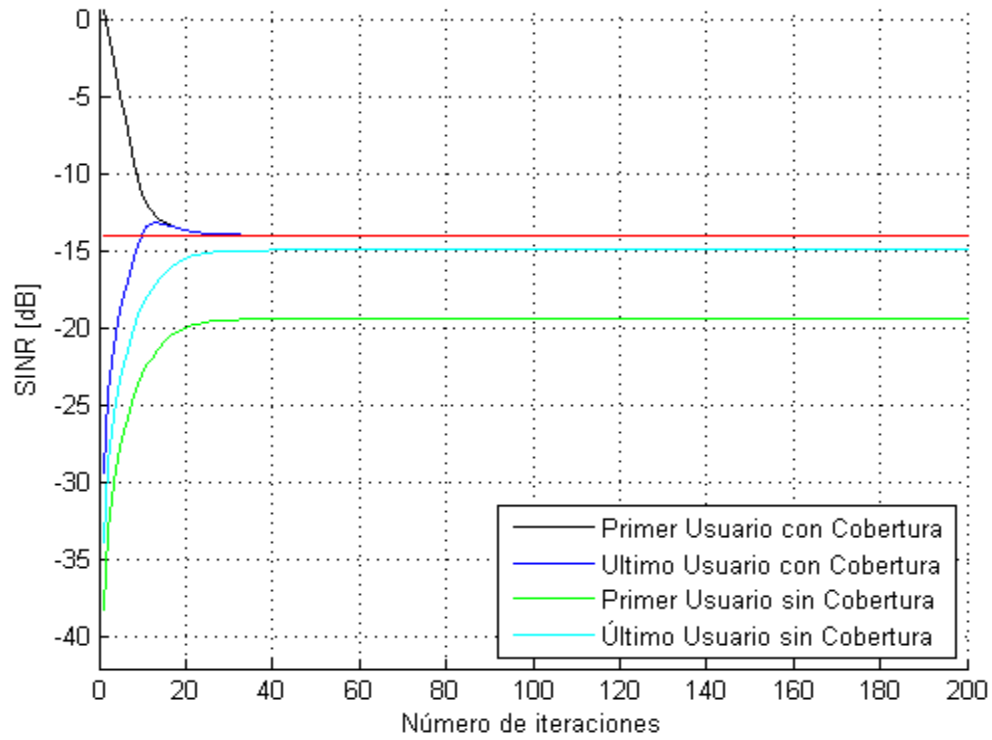


Figura B.26 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.

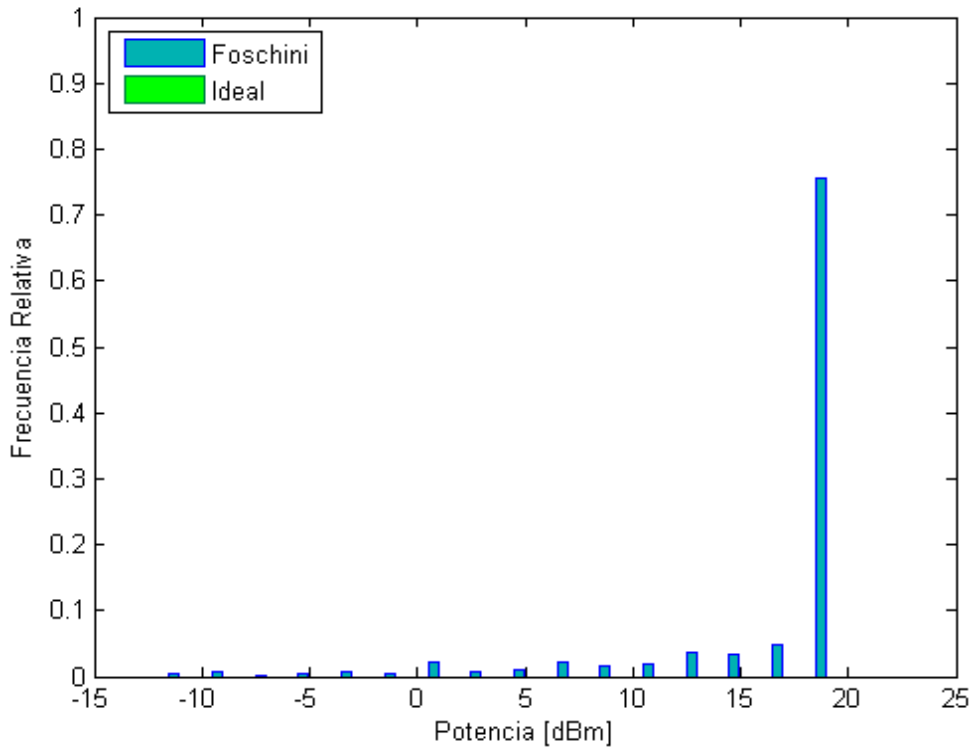


Figura B.27 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.

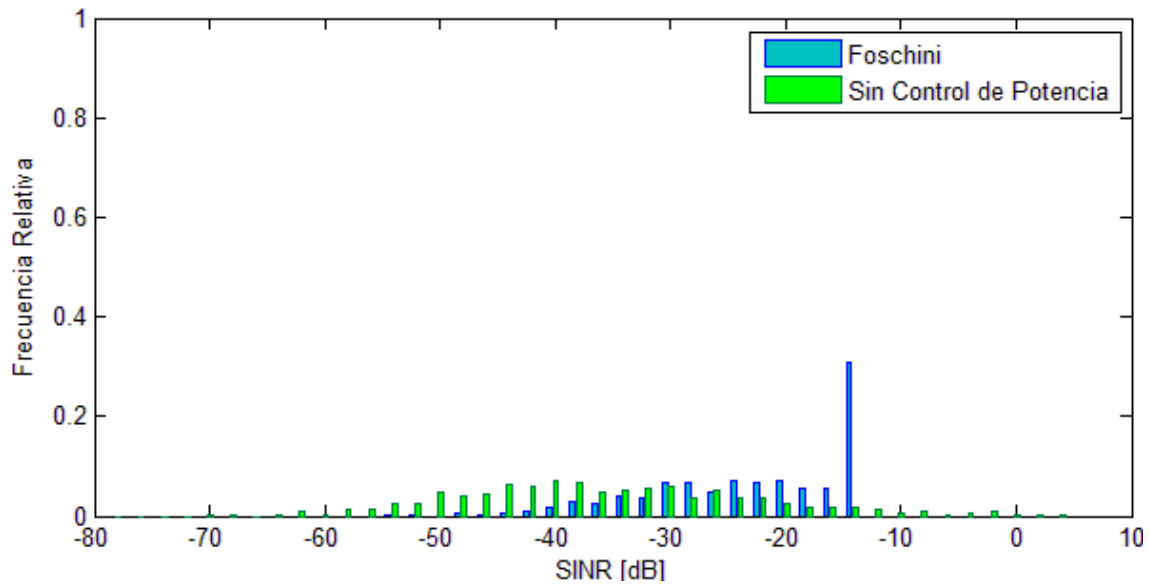
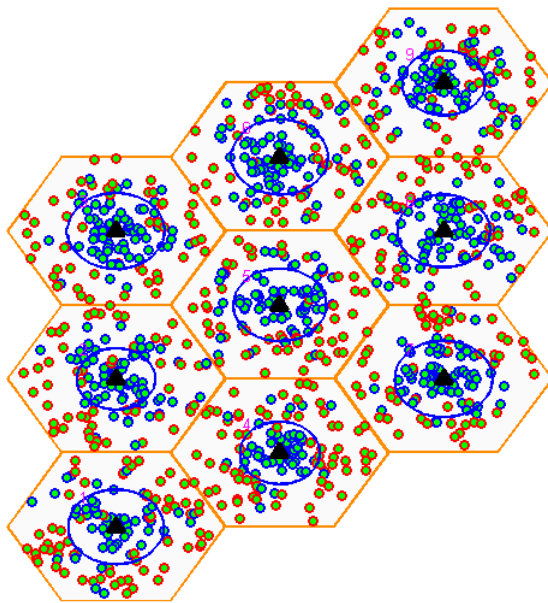


Figura B.28 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.

B.1.1.5. Escenario de Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB



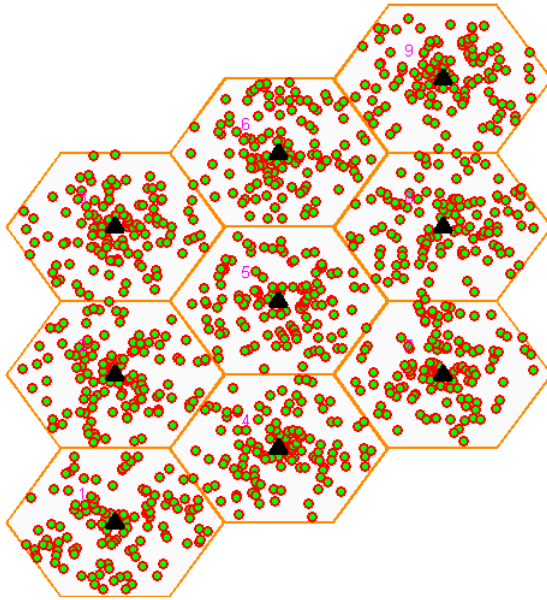
| indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 46.6667 | 53.3333 | 50.8305 |
| 2 | 56.6667 | 43.3333 | 41.7824 |
| 3 | 59.1667 | 40.8333 | 51.6420 |
| 4 | 41.6667 | 58.3333 | 42.5728 |
| 5 | 56.6667 | 43.3333 | 49.4721 |
| 6 | 57.5000 | 42.5000 | 51.1591 |
| 7 | 57.5000 | 42.5000 | 52.0559 |
| 8 | 54.1667 | 45.8333 | 49.5260 |
| 9 | 60.8333 | 39.1667 | 44.1893 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda) 48.1367

% Usuarios con Cobertura 54.537

Figura B.29 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.



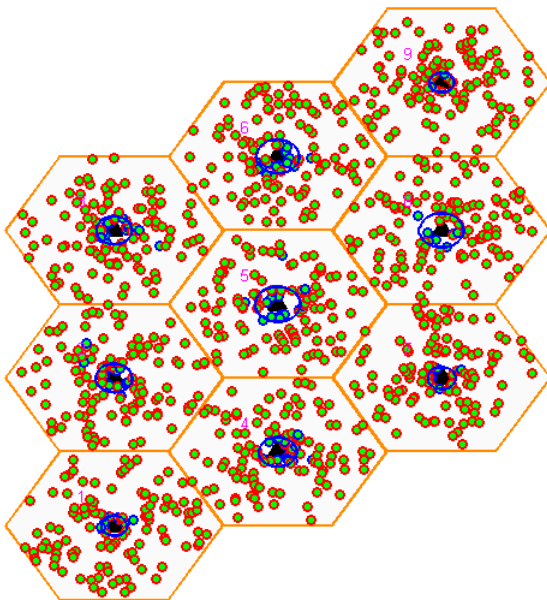
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.30 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 6.6667 | 93.3333 | 13.9363 |
| 2 | 2 | 10 | 90 | 19.7035 |
| 3 | 3 | 10.8333 | 89.1667 | 19.2610 |
| 4 | 4 | 11.6667 | 88.3333 | 20.3509 |
| 5 | 5 | 12.5000 | 87.5000 | 24.1271 |
| 6 | 6 | 11.6667 | 88.3333 | 23.0666 |
| 7 | 7 | 5.8333 | 94.1667 | 15.2562 |
| 8 | 8 | 5.8333 | 94.1667 | 23.4674 |
| 9 | 9 | 2.5000 | 97.5000 | 13.4502 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.31 Sin Control de Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.

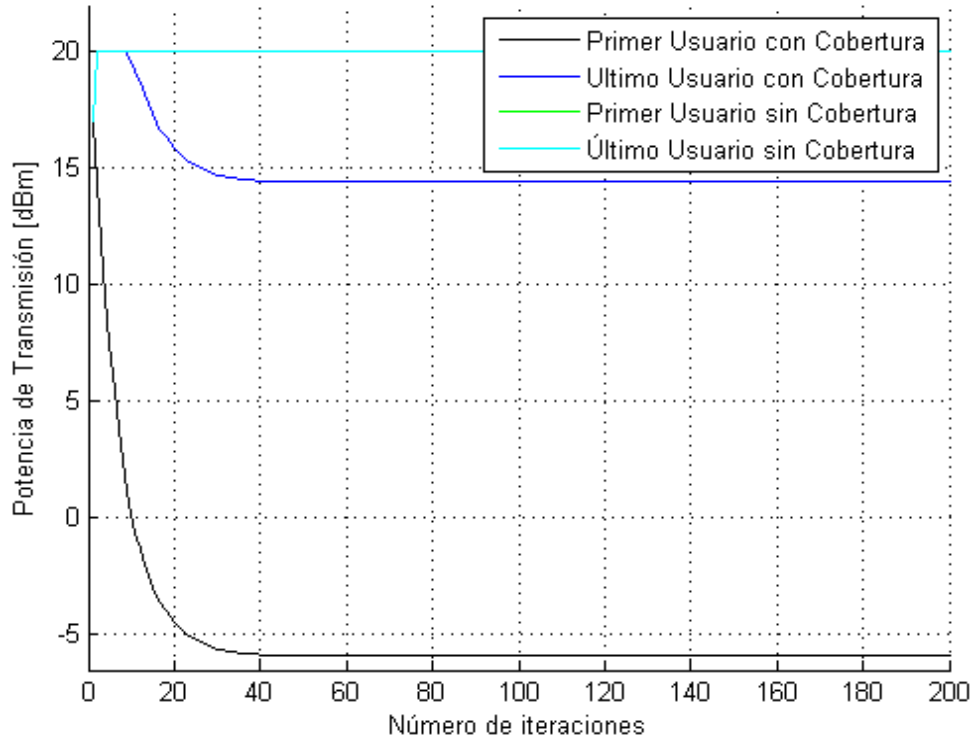


Figura B.32 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.

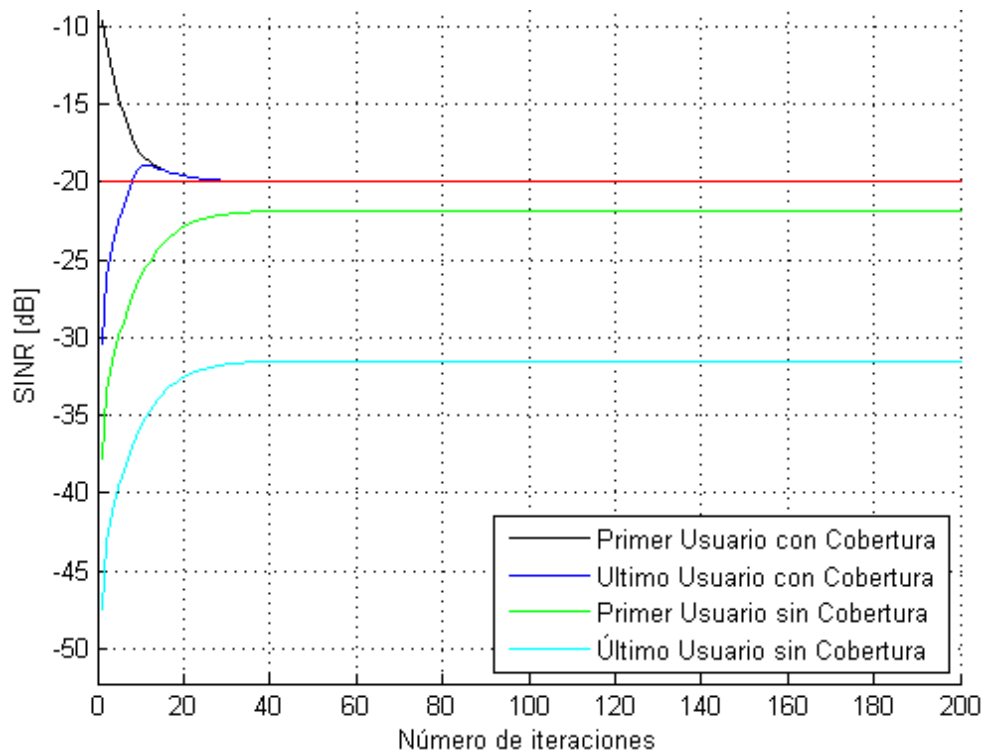


Figura B.33 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.

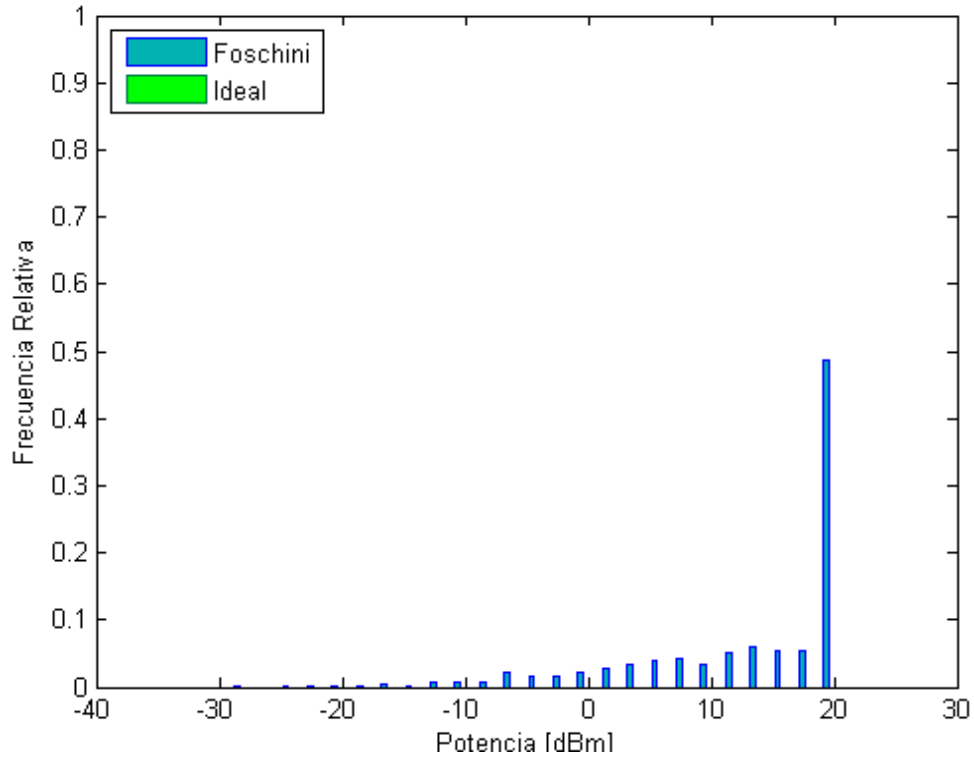


Figura B.34 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.

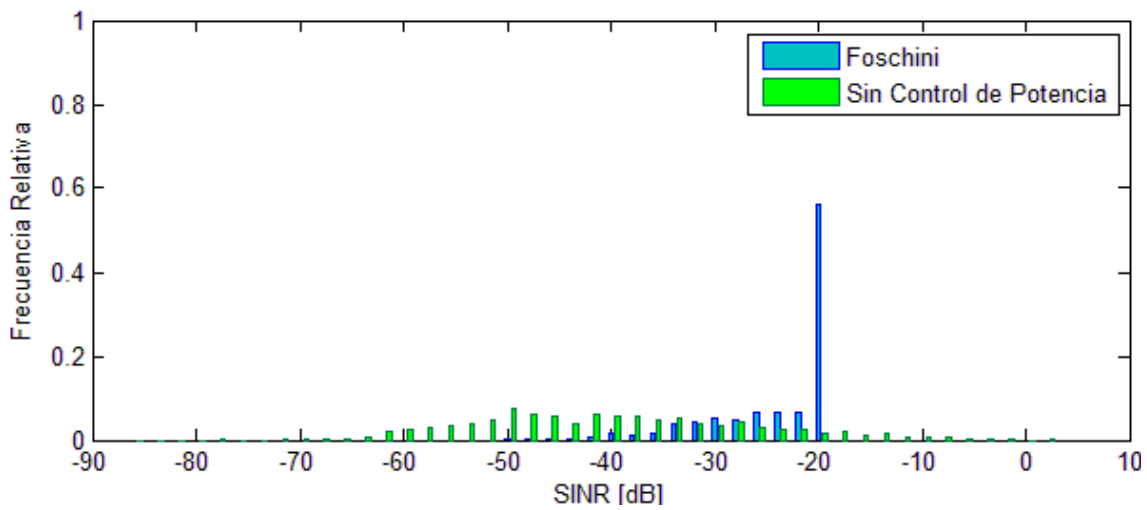
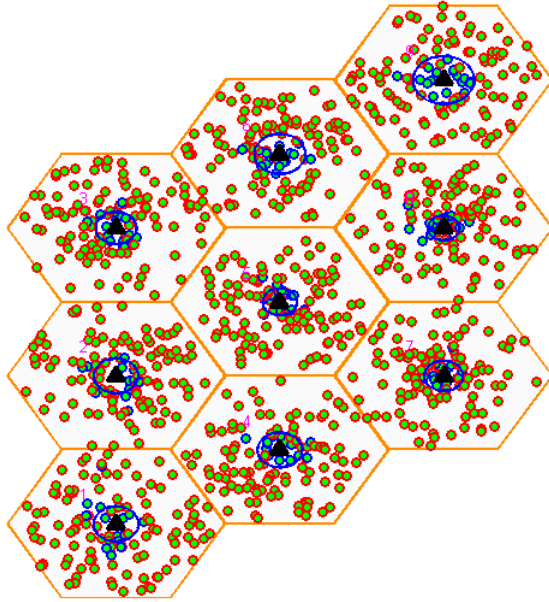


Figura B.35 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.

B.1.1.6. Escenario de Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14Db



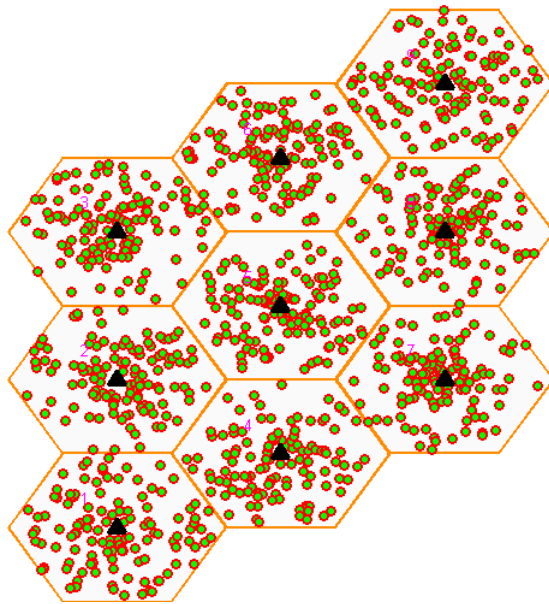
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 11.6667 | 88.3333 | 24.0968 |
| 2 | 2 | 11.6667 | 88.3333 | 23.7310 |
| 3 | 3 | 13.3333 | 86.6667 | 21.9905 |
| 4 | 4 | 13.3333 | 86.6667 | 23.8997 |
| 5 | 5 | 11.6667 | 88.3333 | 18.6002 |
| 6 | 6 | 13.3333 | 86.6667 | 27.3405 |
| 7 | 7 | 11.6667 | 88.3333 | 20.7575 |
| 8 | 8 | 15 | 85 | 17.1091 |
| 9 | 9 | 15 | 85 | 32.6188 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.36 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.



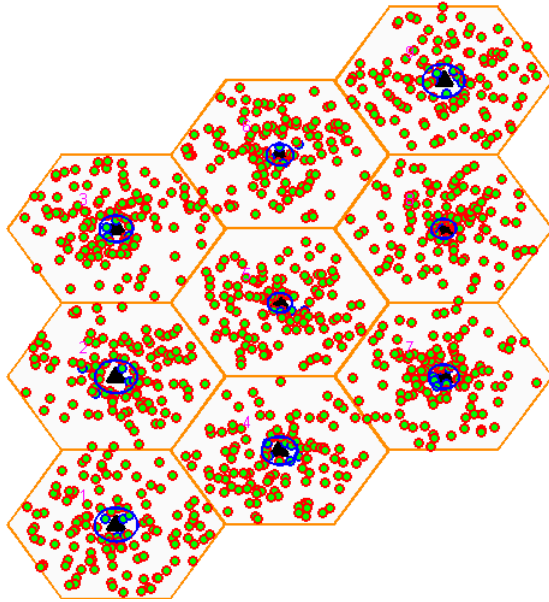
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.37 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 4.1667 | 95.8333 | 23.1847 |
| 2 | 2 | 5 | 95 | 22.4969 |
| 3 | 3 | 3.3333 | 96.6667 | 18.1812 |
| 4 | 4 | 5 | 95 | 19.2961 |
| 5 | 5 | 2.5000 | 97.5000 | 13.5149 |
| 6 | 6 | 3.3333 | 96.6667 | 14.8823 |
| 7 | 7 | 5 | 95 | 16.6321 |
| 8 | 8 | 2.5000 | 97.5000 | 13.4978 |
| 9 | 9 | 5 | 95 | 22.6287 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda) 18.2572

% Usuarios con Cobertura 3.98148

Figura B.38 Sin Control de Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.

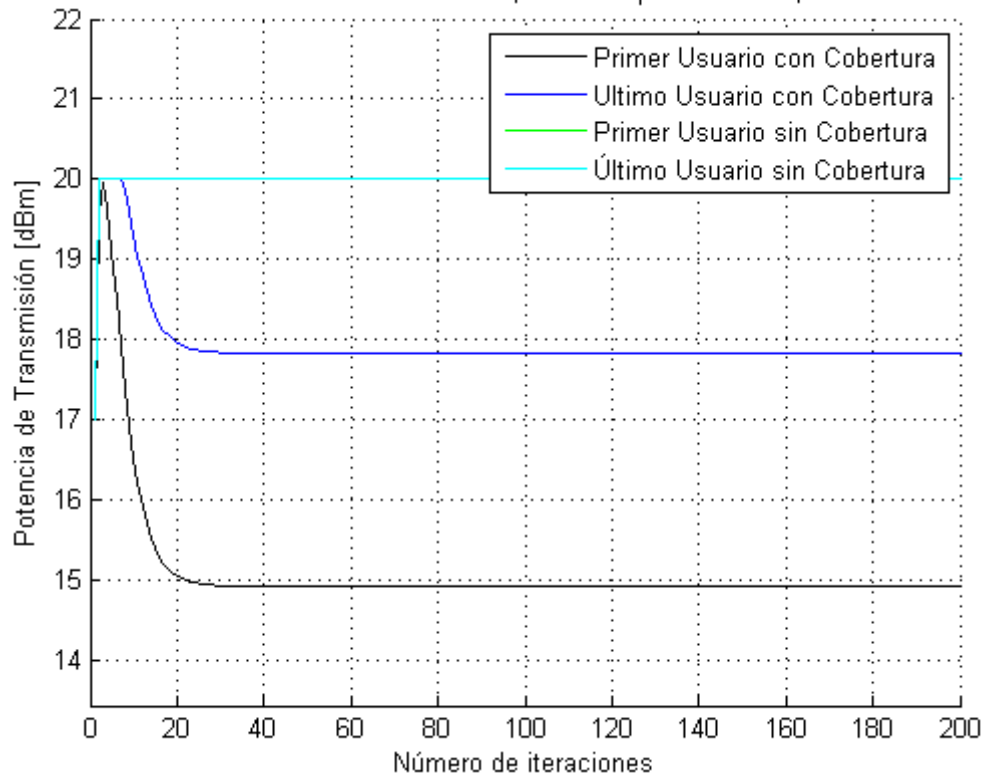


Figura B.39 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.

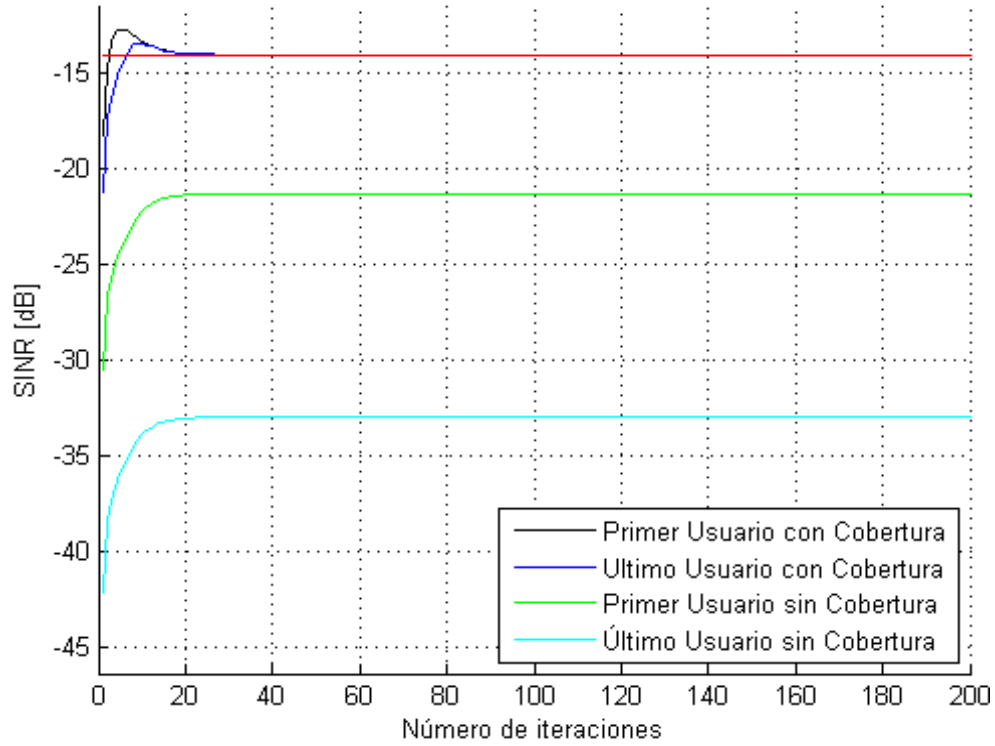


Figura B.40 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.

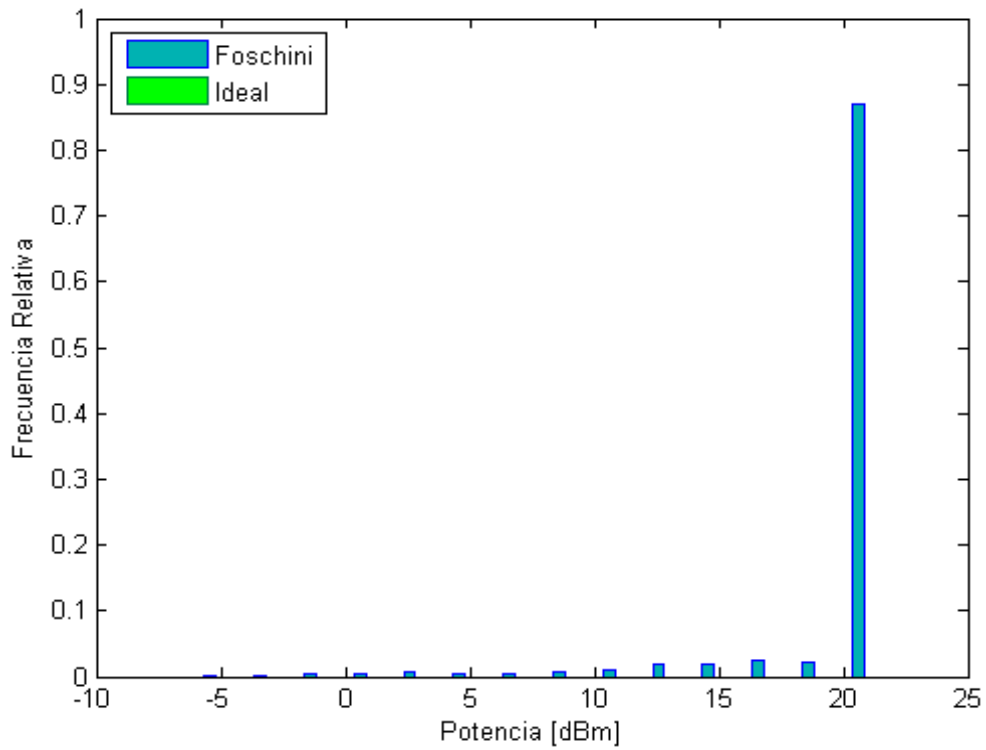


Figura B.41 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.

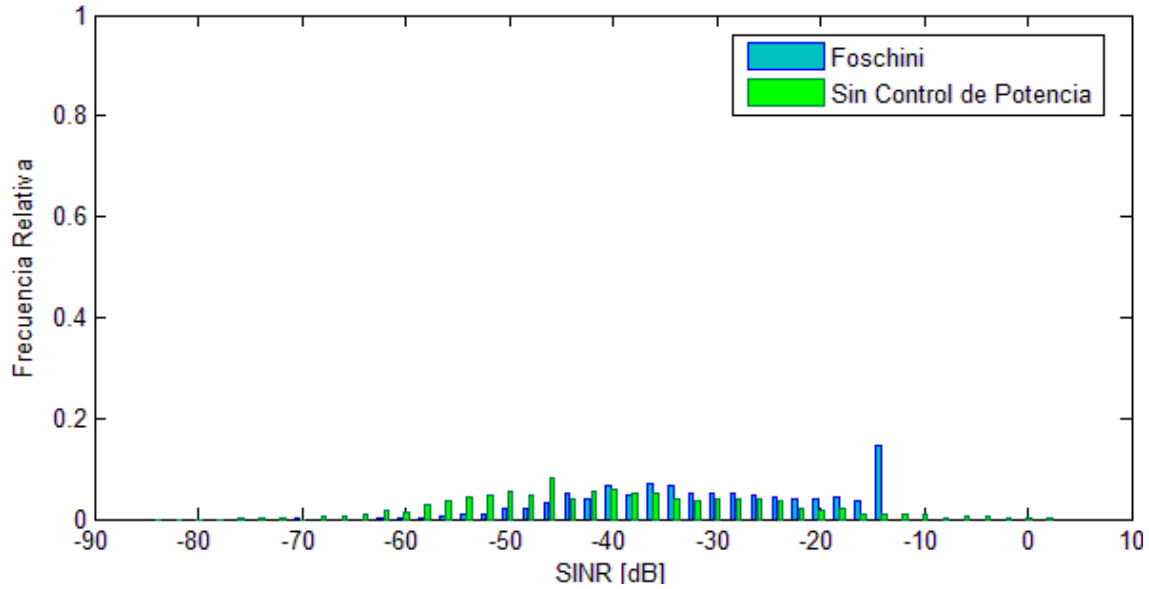


Figura B.42 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.

B.1.1.7. Escenario de Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB

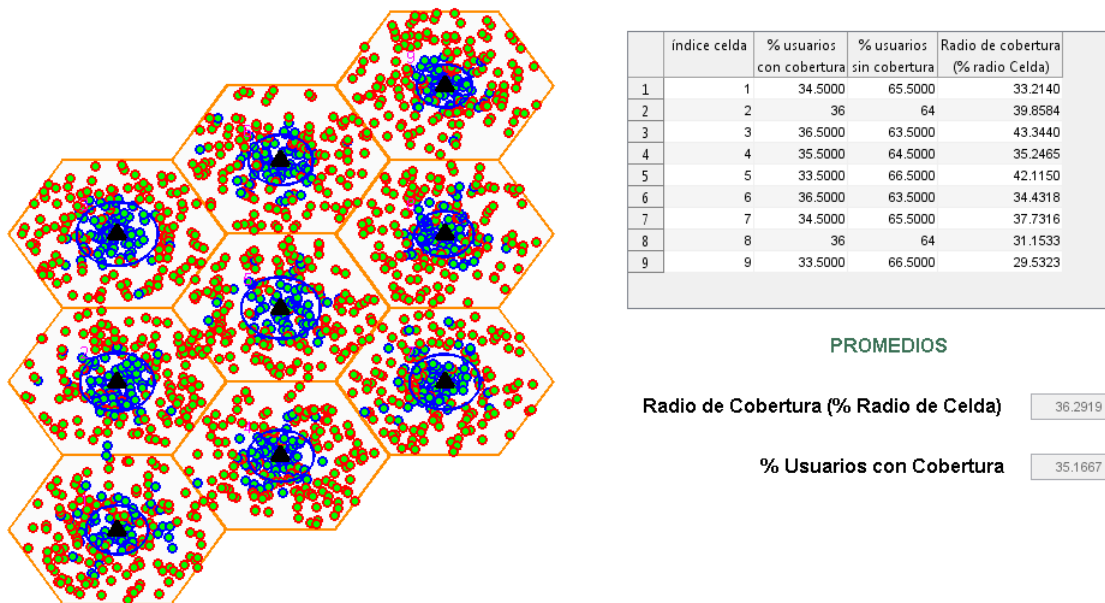
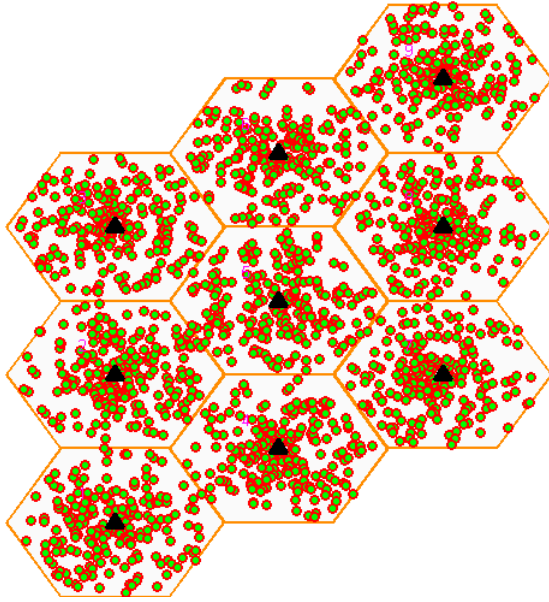


Figura B.43 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.



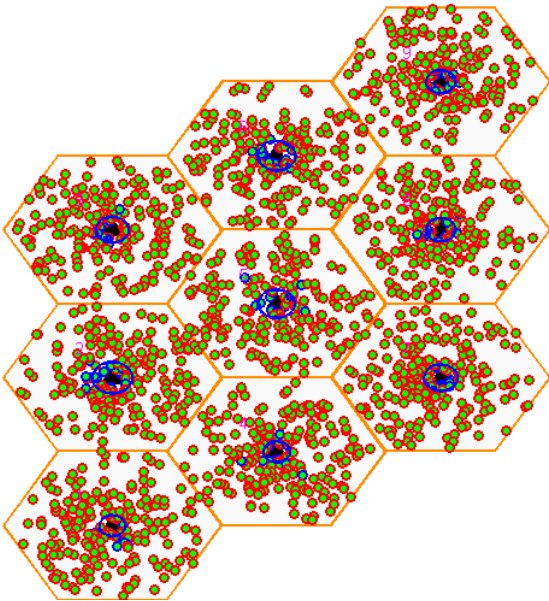
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.44 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 4.5000 | 95.5000 | 14.2656 |
| 2 | 2 | 7.5000 | 92.5000 | 21.5368 |
| 3 | 3 | 5 | 95 | 17.6389 |
| 4 | 4 | 6.5000 | 93.5000 | 14.4770 |
| 5 | 5 | 6 | 94 | 19.4538 |
| 6 | 6 | 8 | 92 | 20.3132 |
| 7 | 7 | 5.5000 | 94.5000 | 18.1455 |
| 8 | 8 | 6.5000 | 93.5000 | 16.1419 |
| 9 | 9 | 5 | 95 | 15.8079 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.45 Sin Control de Potencia Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.

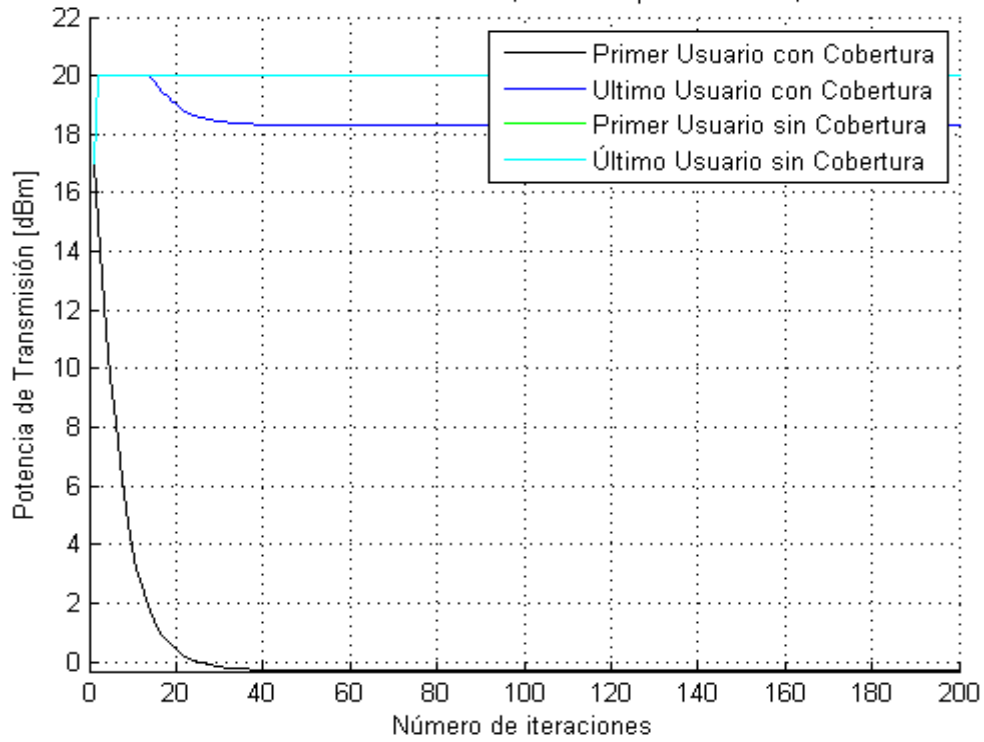


Figura B.46 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.

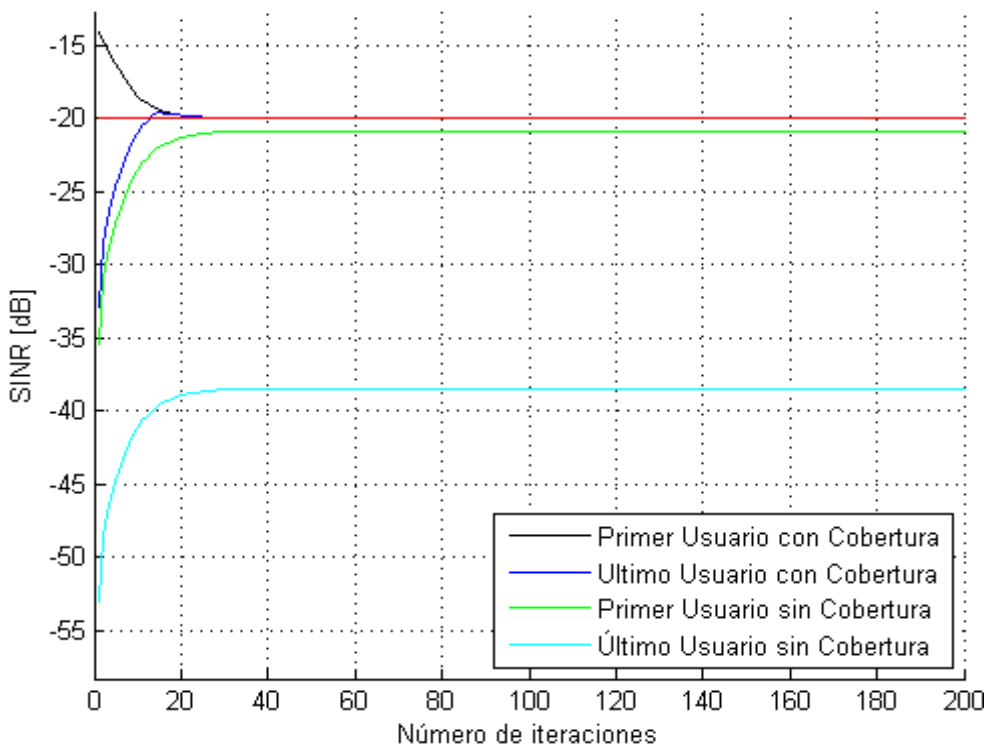


Figura B.47 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.

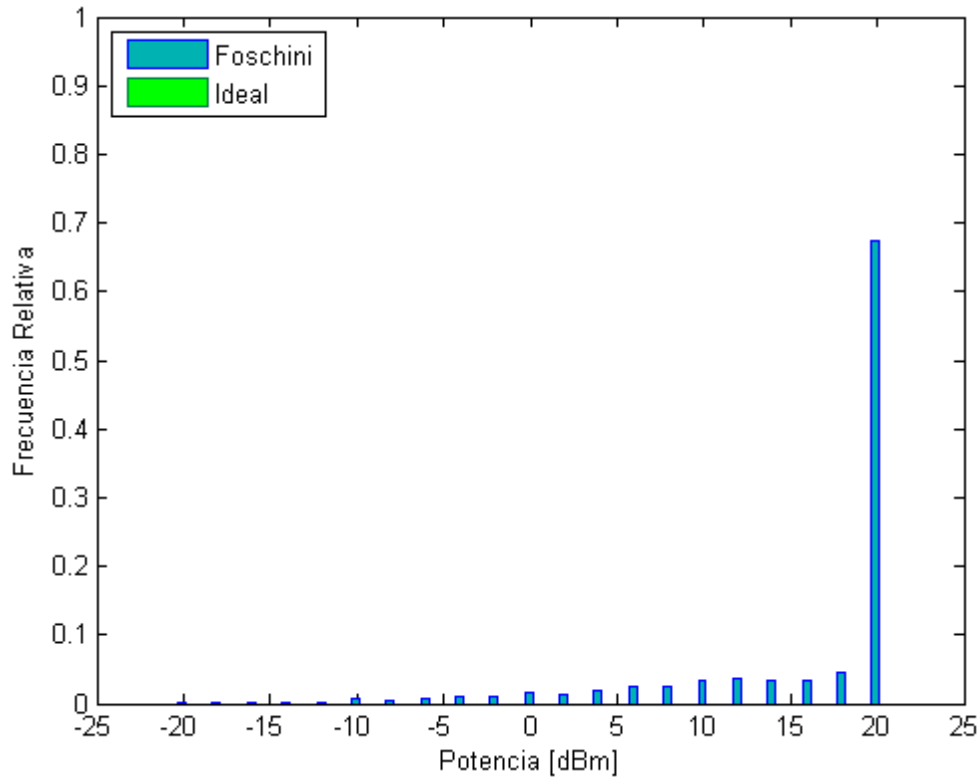


Figura B.48 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.

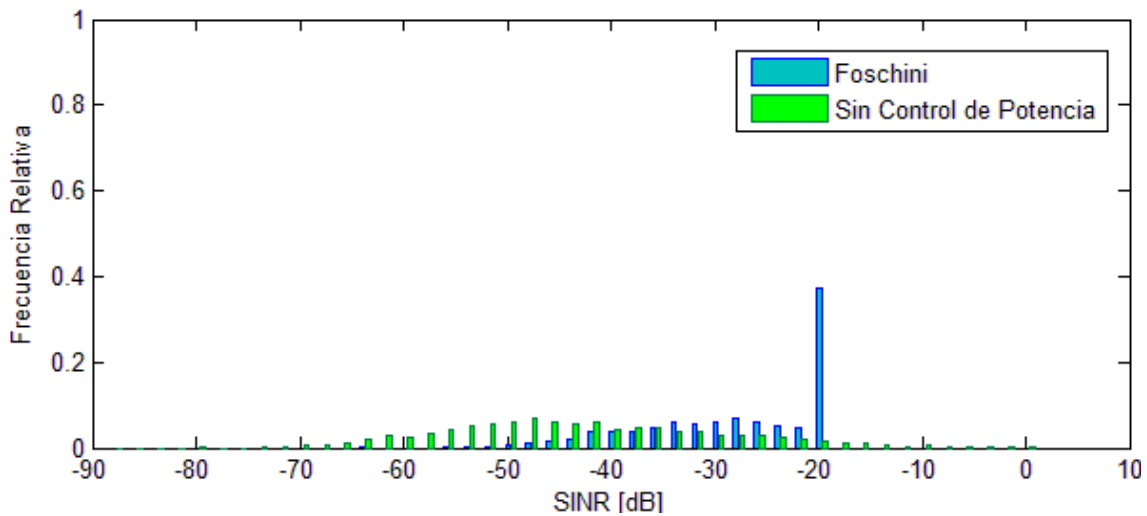
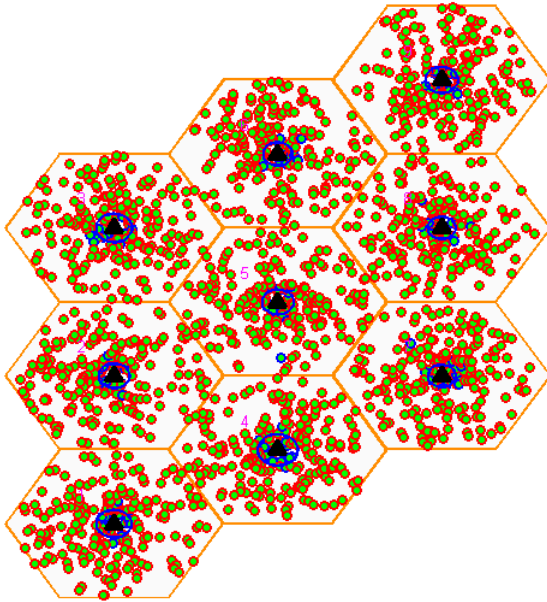


Figura B.49 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.

B.1.1.8. Escenario de Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB



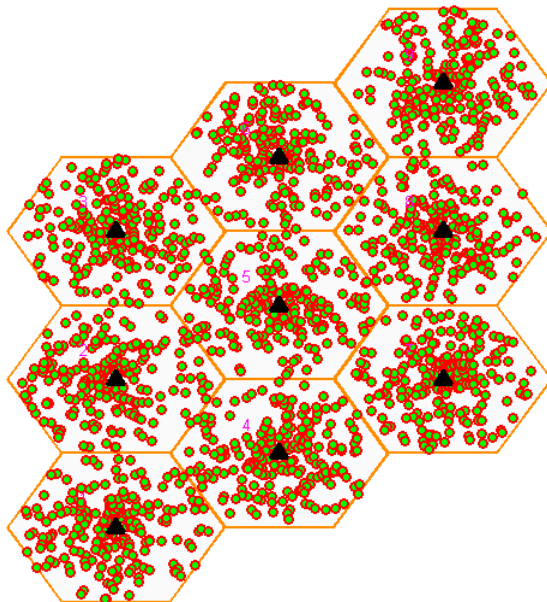
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 7.5000 | 92.5000 | 18.9465 |
| 2 | 2 | 7.0000 | 93 | 16.8365 |
| 3 | 3 | 7.5000 | 92.5000 | 19.5993 |
| 4 | 4 | 7.0000 | 93 | 21.5205 |
| 5 | 5 | 7.0000 | 93 | 17.1397 |
| 6 | 6 | 5.5000 | 94.5000 | 16.0264 |
| 7 | 7 | 6.5000 | 93.5000 | 15.2470 |
| 8 | 8 | 5.5000 | 94.5000 | 15.2580 |
| 9 | 9 | 8.5000 | 91.5000 | 17.8290 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.50 Control de Potencia Foschini Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.



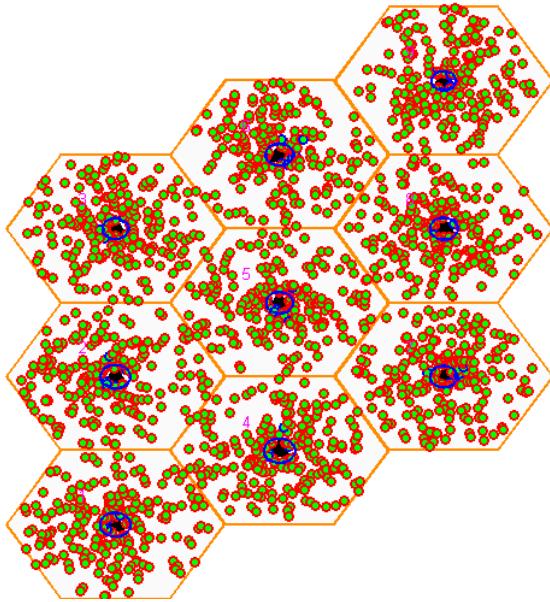
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.51 Control de Potencia Ideal Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 2 | 98 | 16.5176 |
| 2 | 2 | 3.5000 | 96.5000 | 16.1509 |
| 3 | 3 | 1.5000 | 98.5000 | 14.1644 |
| 4 | 4 | 2 | 98 | 16.8024 |
| 5 | 5 | 2.5000 | 97.5000 | 14.7335 |
| 6 | 6 | 3 | 97 | 15.0341 |
| 7 | 7 | 3.5000 | 96.5000 | 14.7686 |
| 8 | 8 | 2 | 98 | 15.1296 |
| 9 | 9 | 4 | 96 | 13.2729 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda) 15.1749

% Usuarios con Cobertura 2.66667

Figura B.52 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.

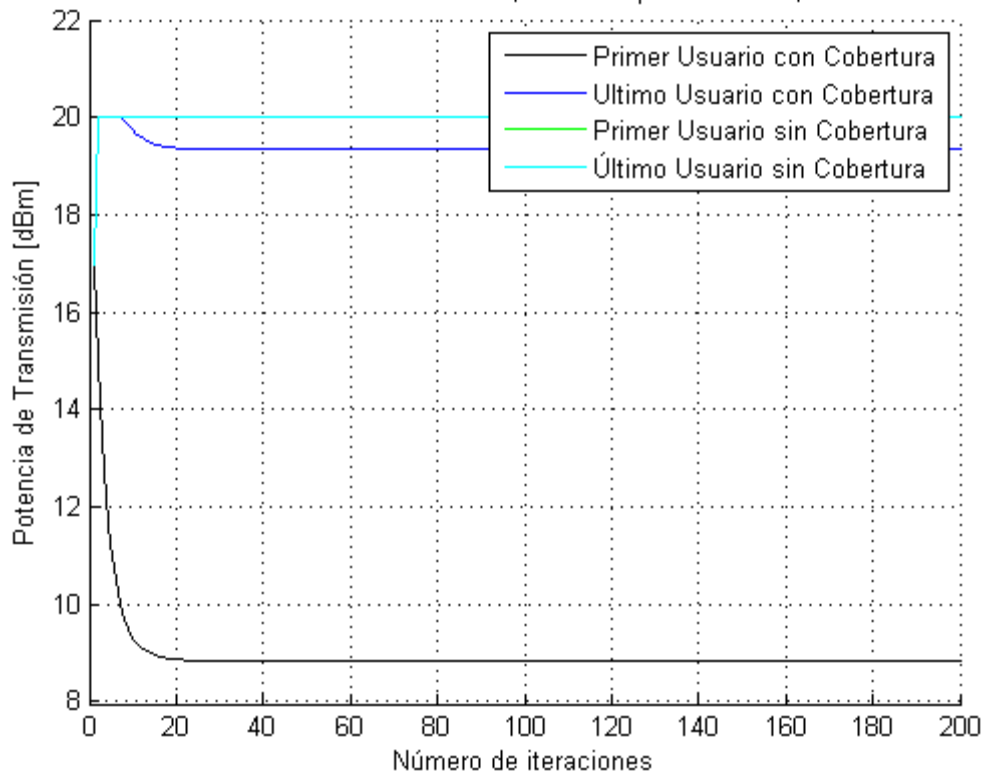


Figura B.53 Evolución Potencia Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.

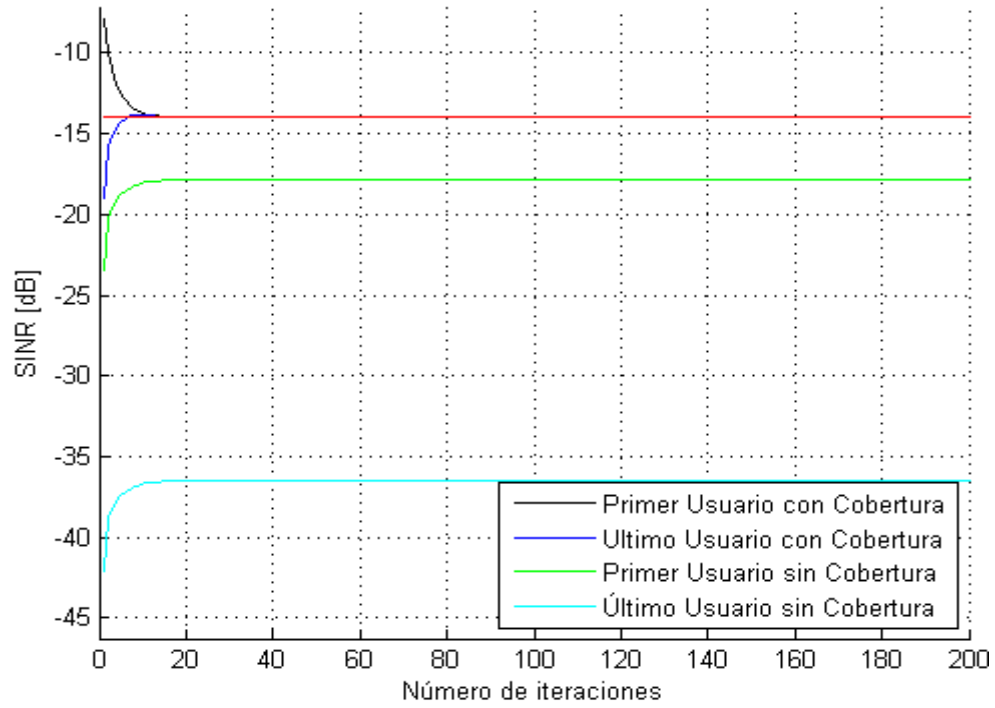


Figura B.54 Evolución SINR Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.

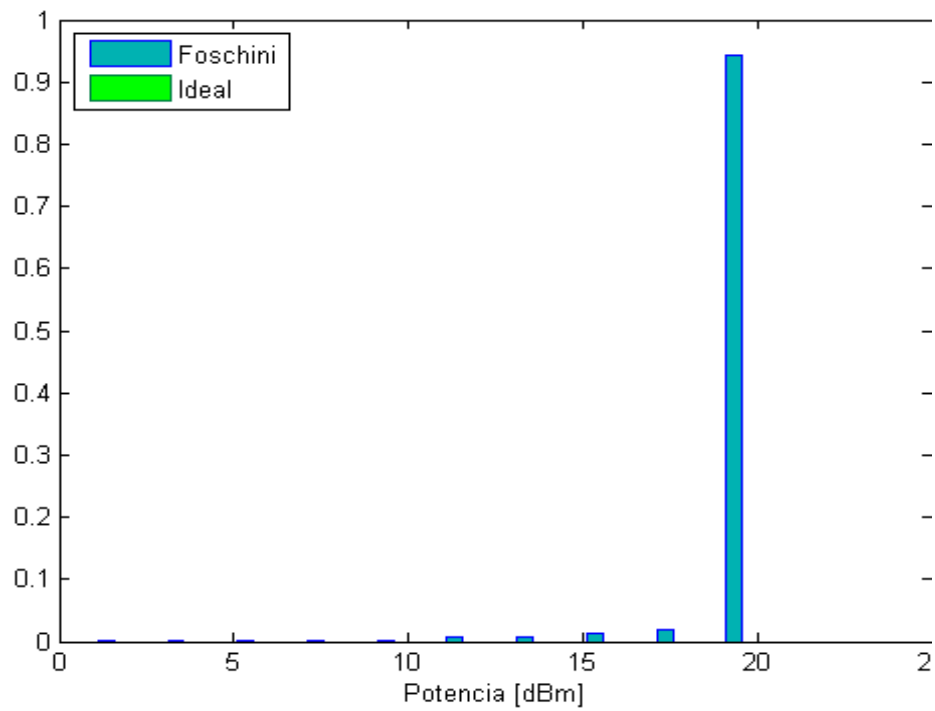


Figura B.55 Histograma de Potencia Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.

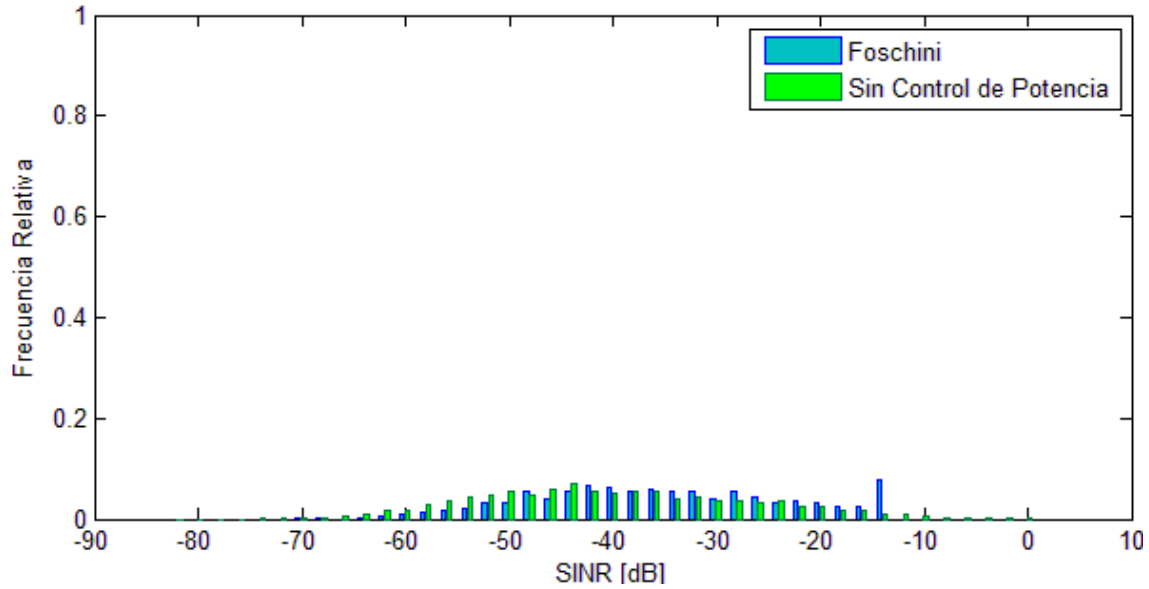


Figura B.56 Histograma de SINR Radio 0.6 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.

B.1.2. SIMULACIÓN EN MODO ITERATIVO

B.1.2.1. SINR DE -20dB

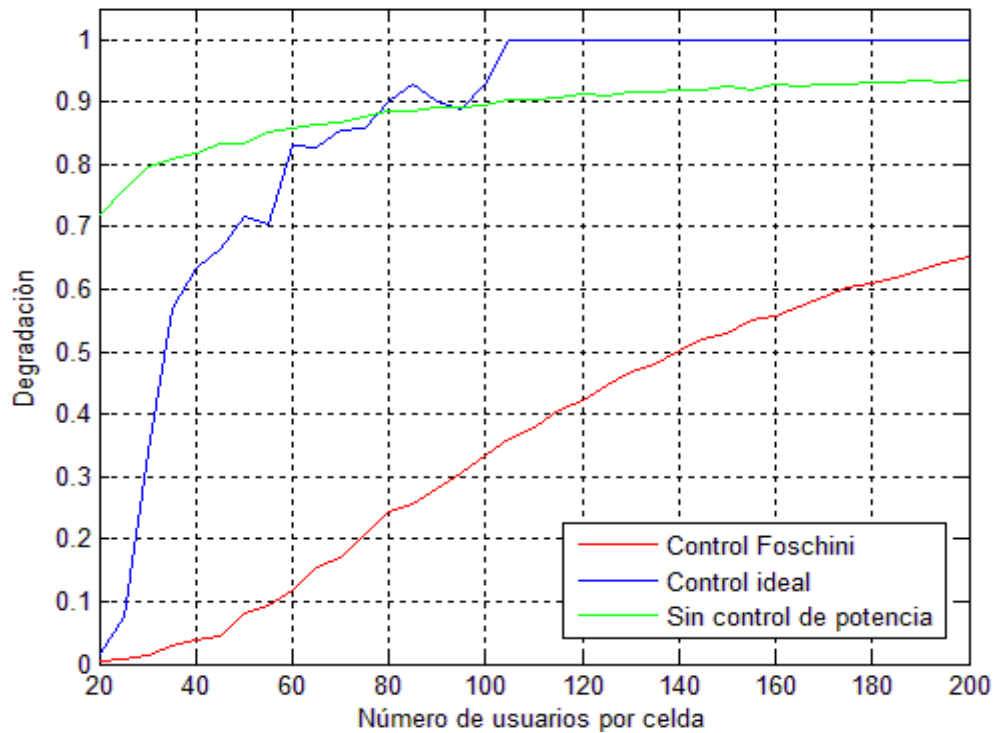


Figura B.57 Degradación vs Número de Usuarios por Celda.

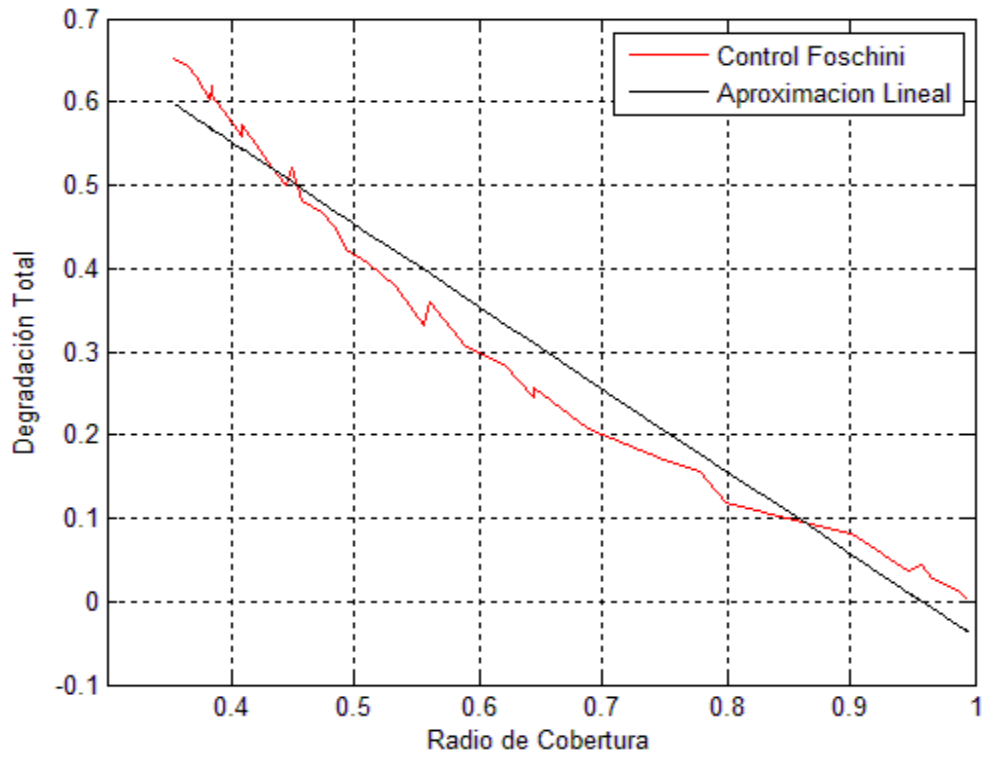


Figura B.58 Degradación vs Radio Cobertura.

Aproximación lineal

$$\%D = -0.99R_c + 0.9484$$

Donde $\%D$ es el porcentaje de usuarios con degradación y R_c es el radio de cobertura.

Desviación 0,0703

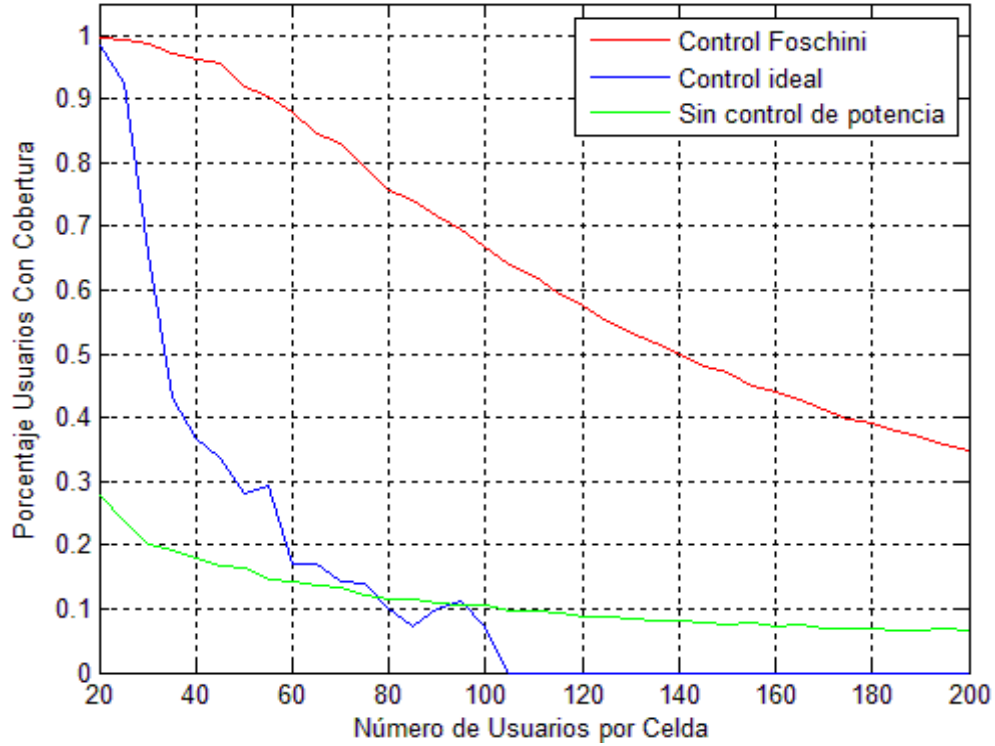


Figura B.59 Porcentaje Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda.

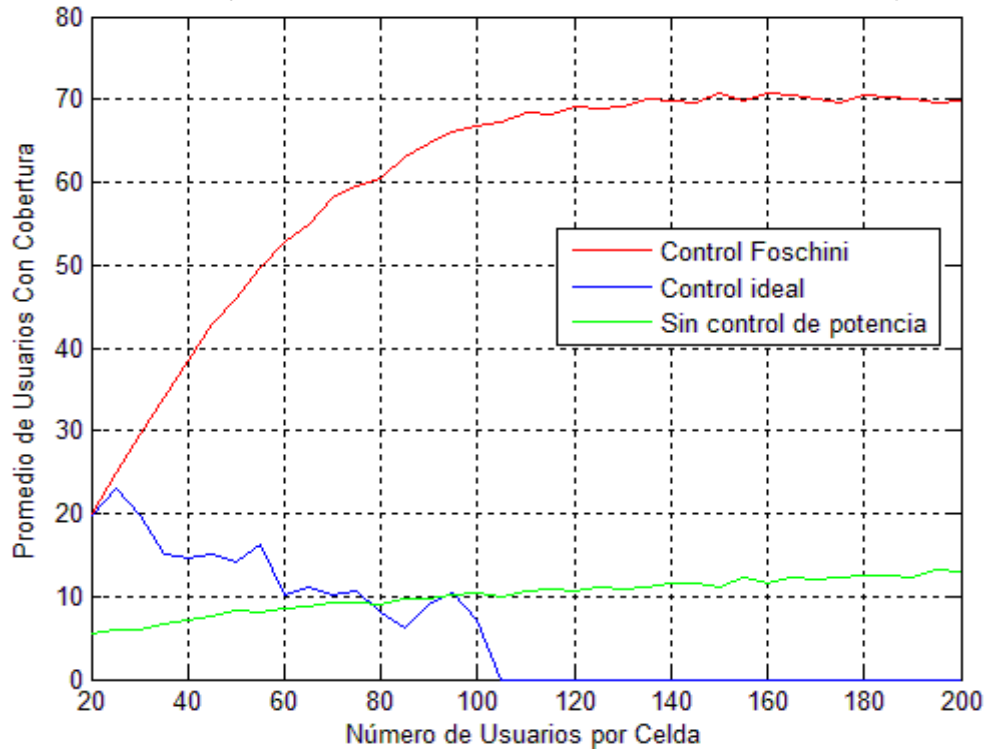


Figura B.60 Promedio Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda.

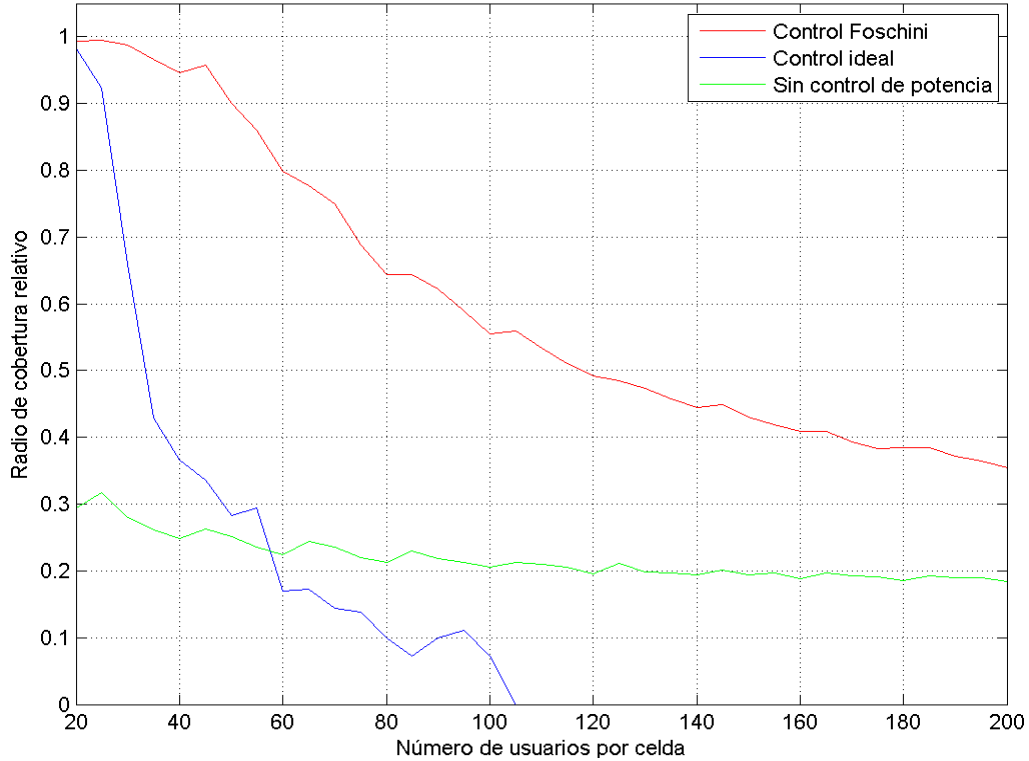


Figura B.61 Radio Cobertura vs Número de Usuarios por Celda.

| Usuarios por Celda | Primer Usuario con Cobertura [m] | Último Usuario con Cobertura [m] | Primer Usuario sin Cobertura [m] | Último Usuario sin Cobertura [m] |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 20 | 81.6099 | 512.8128 | No Existe | No Existe |
| 60 | 60.1678 | 592.2039 | 248.8486 | 565.1292 |
| 120 | 61.3088 | 564.5087 | 194.4230 | 598.6620 |
| 200 | 60.5338 | 470.7661 | 62.1113 | 597.5299 |

Tabla B.1 Distancias de la estación base del primer y último usuario con cobertura y sin cobertura, para un Radio de Celda 0.6 Km y una SINR de -20dB.

B.1.2.2. SINR DE -14dB

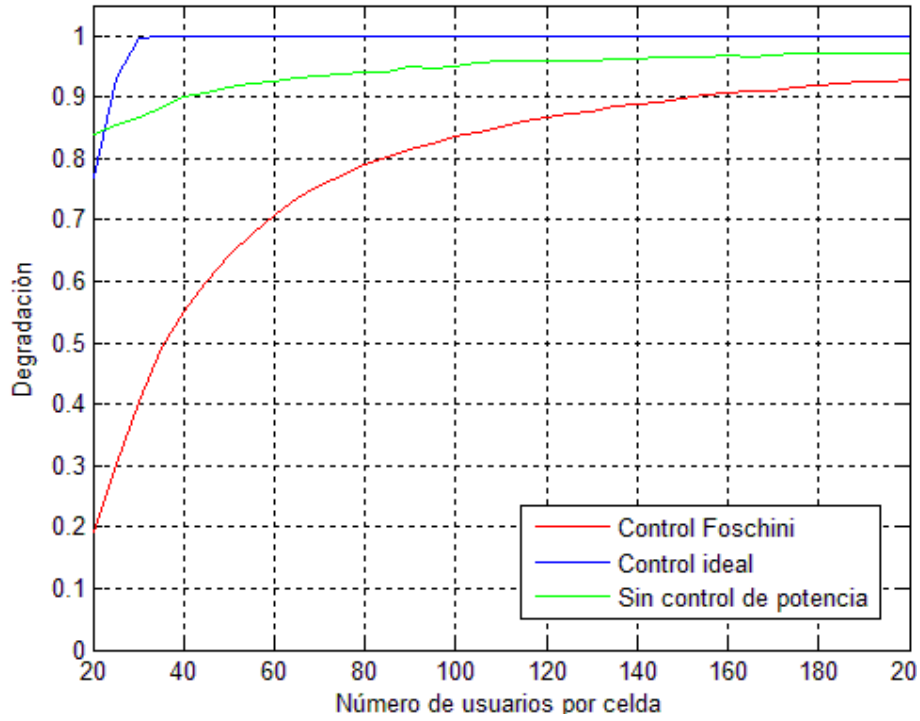


Figura B.62 Degradación vs Número de Usuarios por Celda.

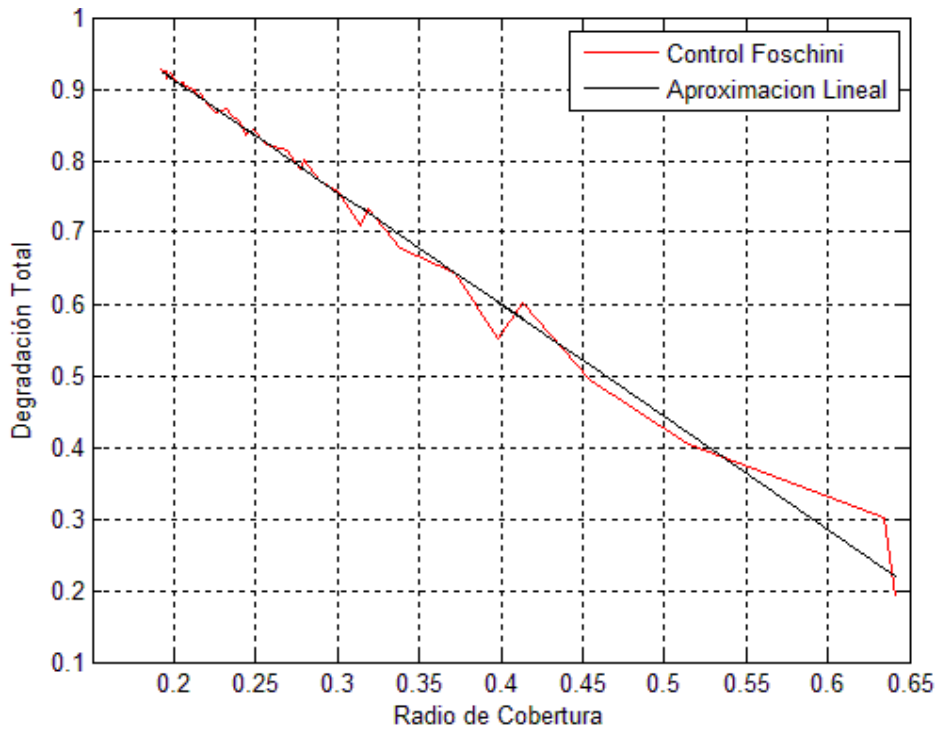


Figura B.63 Degradación vs Radio Cobertura.

Aproximación lineal

$$\%D = -1.5696R_c + 1.2271$$

Donde %D es el porcentaje de usuarios con degradación y R_c es el radio de cobertura.

Desviación 0,0528

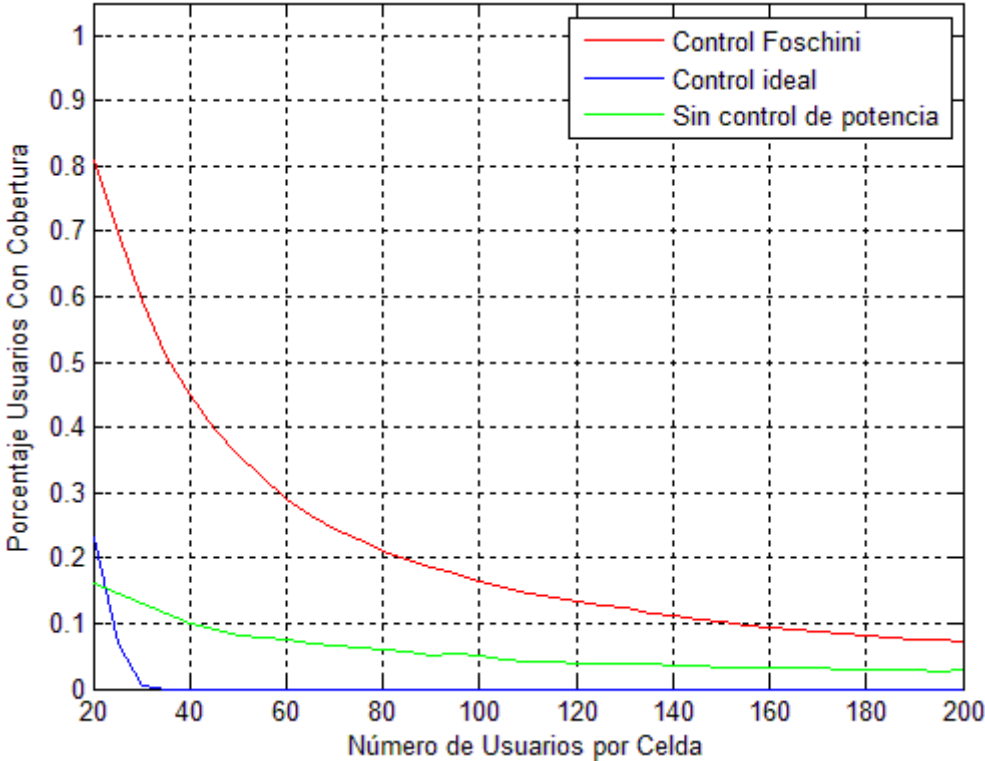


Figura B.64 Porcentaje Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda.

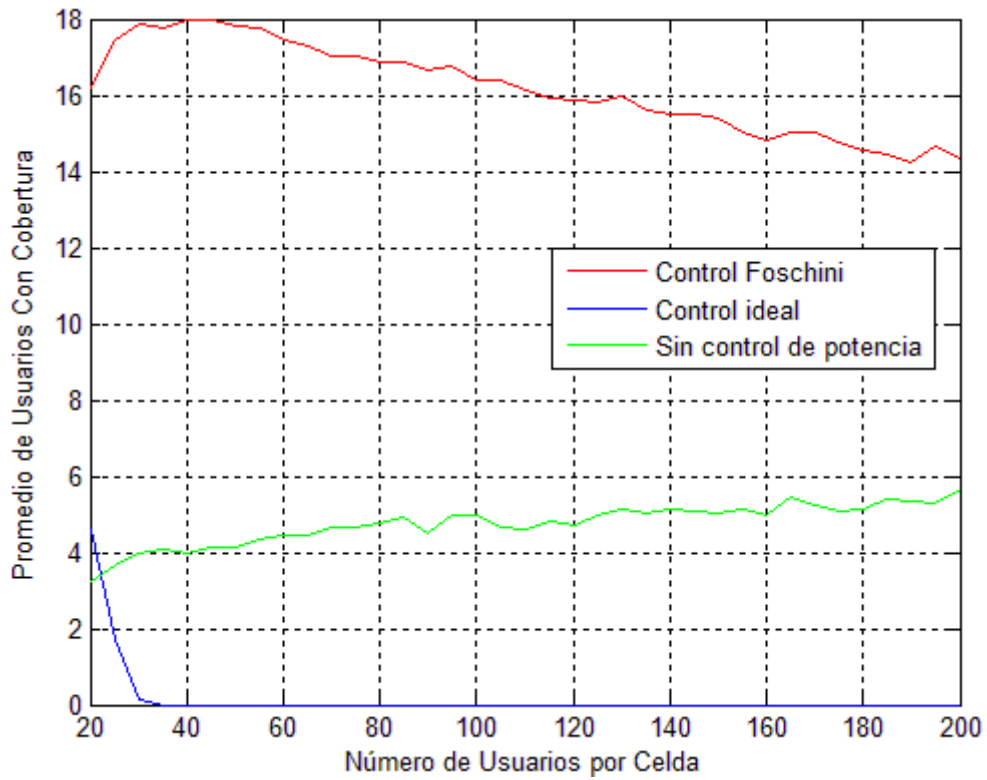


Figura B.65 Promedio Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda.

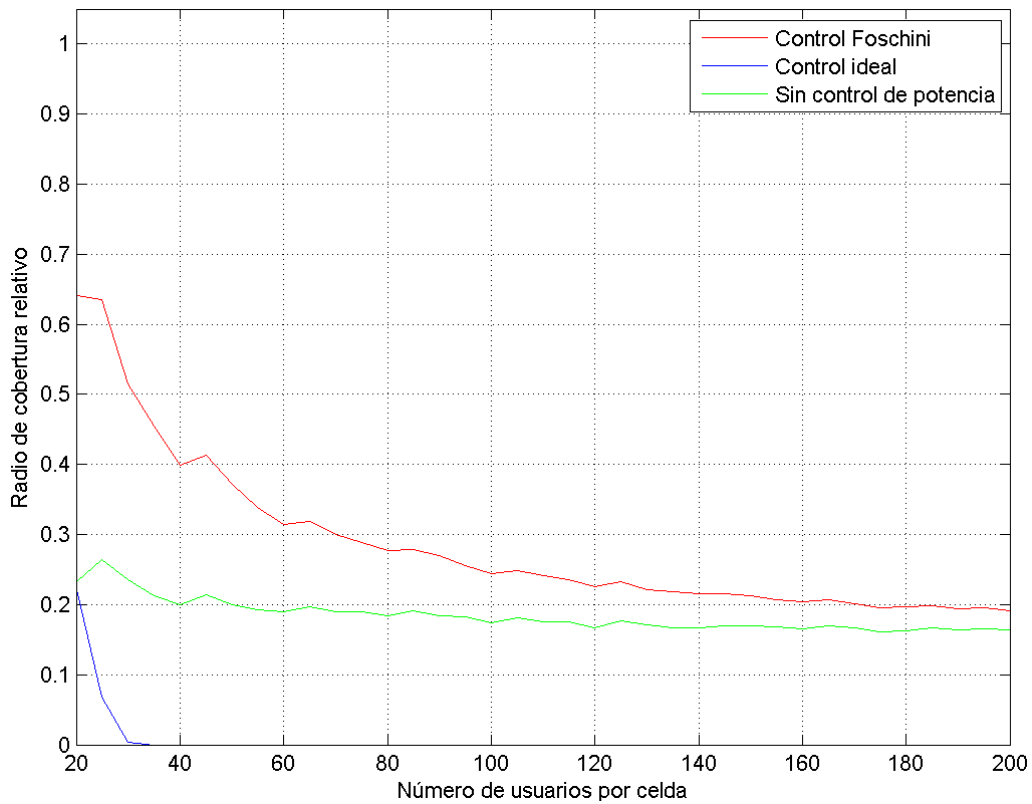


Figura B.66 Radio Cobertura vs Número de Usuarios por Celda.

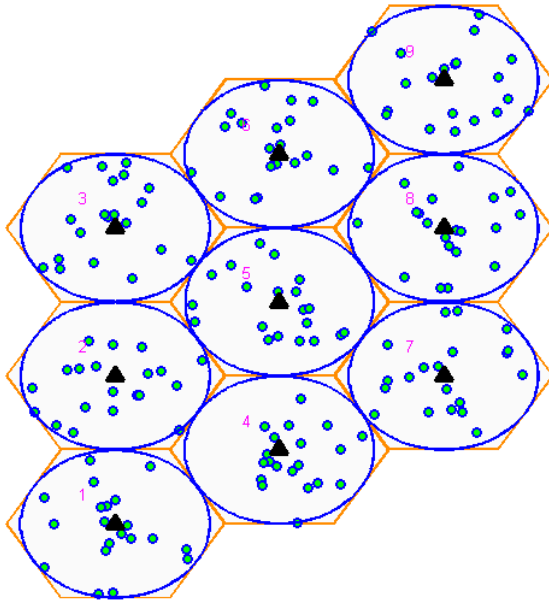
| Usuarios por Celda | Primer Usuario con Cobertura [m] | Último Usuario con Cobertura [m] | Primer Usuario sin Cobertura [m] | Último Usuario sin Cobertura [m] |
|---------------------------|---|---|---|---|
| 20 | 191.544 | 560.3001 | 182.2044 | 552.6982 |
| 60 | 63.7784 | 429.1766 | 96.7679 | 596.1889 |
| 120 | 68.9519 | 229.2828 | 61.7671 | 566.6460 |
| 200 | 60.5521 | 458.3581 | 72.4614 | 594.4280 |

Tabla B.2 Distancias de la estación base del primer y último usuario con cobertura y sin cobertura, para un Radio de Celda 0.6 Km y una SINR de -14dB.

B.2. ESCENARIO DE RADIO DE CELDA 1 Km

B.2.1. SIMULACIÓN EN MODO SIMPLE

B.2.1.1. Escenario de Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB



RESULTADOS

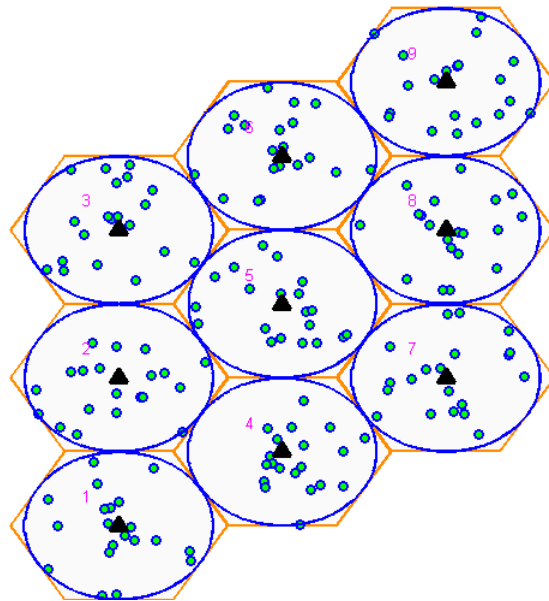
| indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 100 | 0 | 100 |
| 2 | 100 | 0 | 100 |
| 3 | 100 | 0 | 100 |
| 4 | 100 | 0 | 100 |
| 5 | 100 | 0 | 100 |
| 6 | 100 | 0 | 100 |
| 7 | 100 | 0 | 100 |
| 8 | 100 | 0 | 100 |
| 9 | 100 | 0 | 100 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.67 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.



RESULTADOS

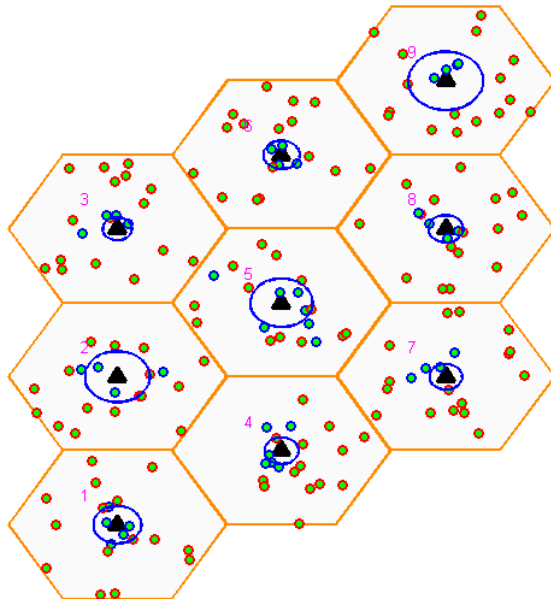
| indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 100 | 0 | 100 |
| 2 | 100 | 0 | 100 |
| 3 | 100 | 0 | 100 |
| 4 | 100 | 0 | 100 |
| 5 | 100 | 0 | 100 |
| 6 | 100 | 0 | 100 |
| 7 | 100 | 0 | 100 |
| 8 | 100 | 0 | 100 |
| 9 | 100 | 0 | 100 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.68 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.



RESULTADOS

| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 25 | 75 | 25.7084 |
| 2 | 2 | 20 | 80 | 34.7711 |
| 3 | 3 | 20 | 80 | 15.9129 |
| 4 | 4 | 30 | 70 | 18.3222 |
| 5 | 5 | 35 | 65 | 33.1364 |
| 6 | 6 | 20 | 80 | 19.4660 |
| 7 | 7 | 20 | 80 | 17.6605 |
| 8 | 8 | 20 | 80 | 18.8089 |
| 9 | 9 | 20 | 80 | 39.8458 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.69 Sin Control de Potencia Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.

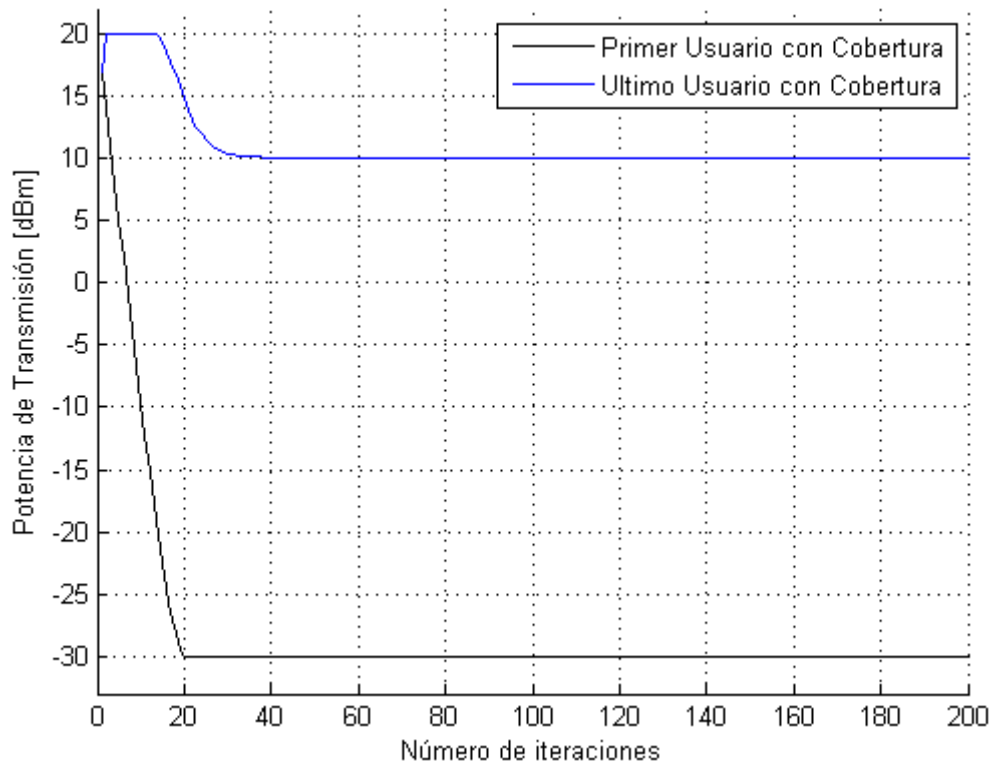


Figura B.70 Evolución Potencia Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.

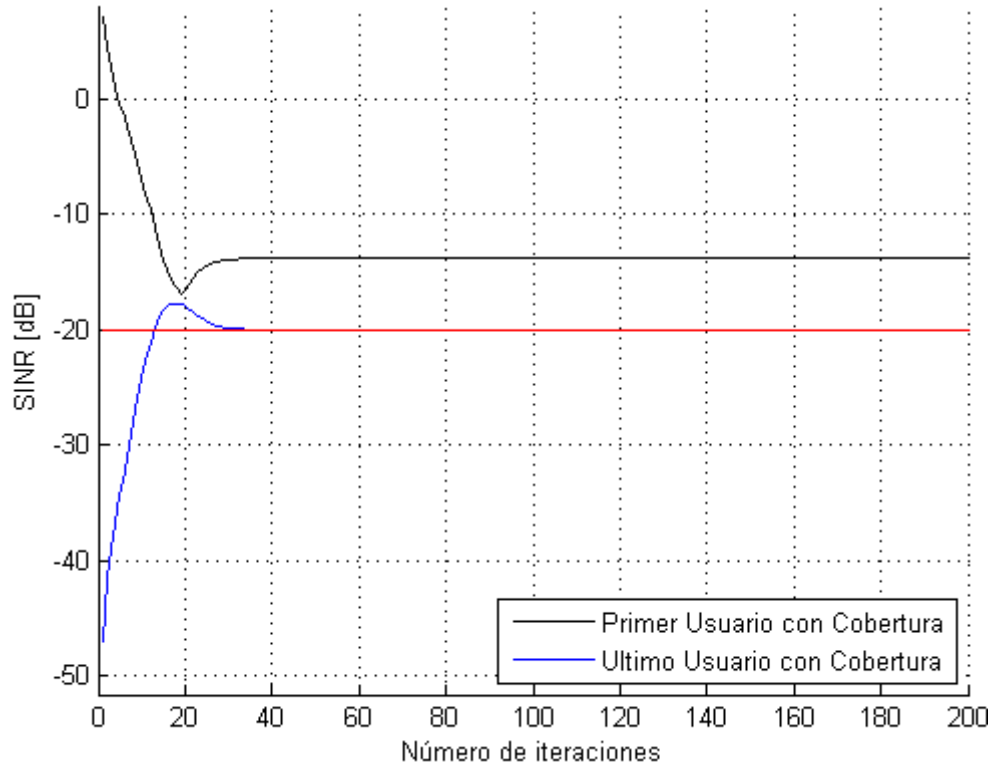


Figura B.71 Evolución SINR Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.

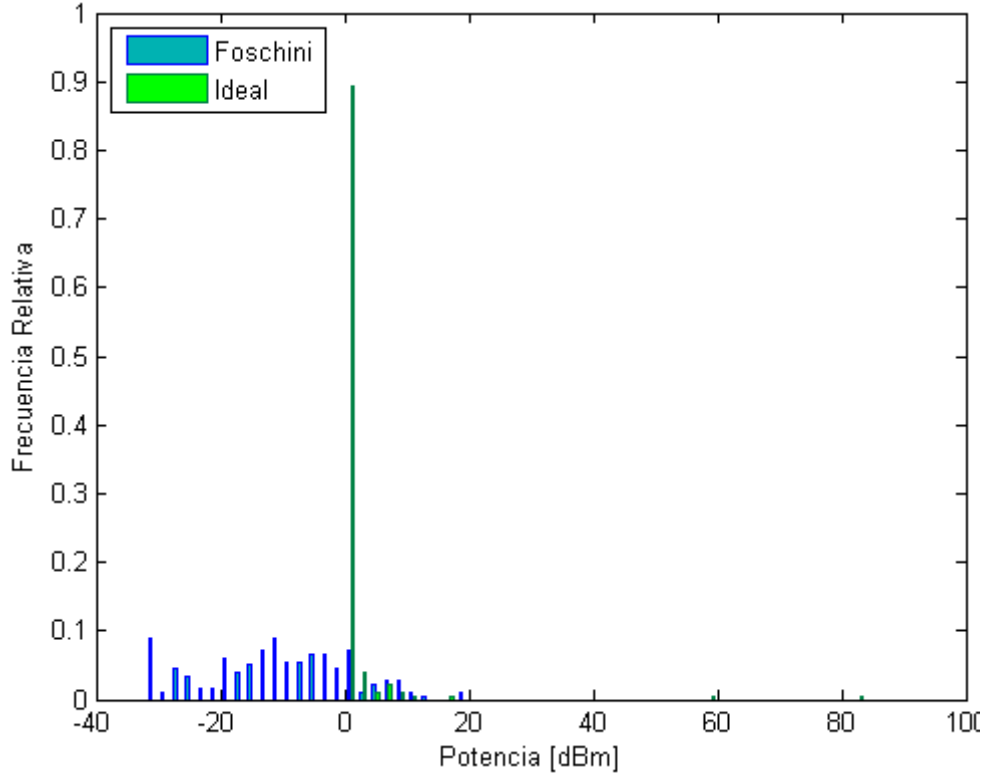


Figura B.72 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.

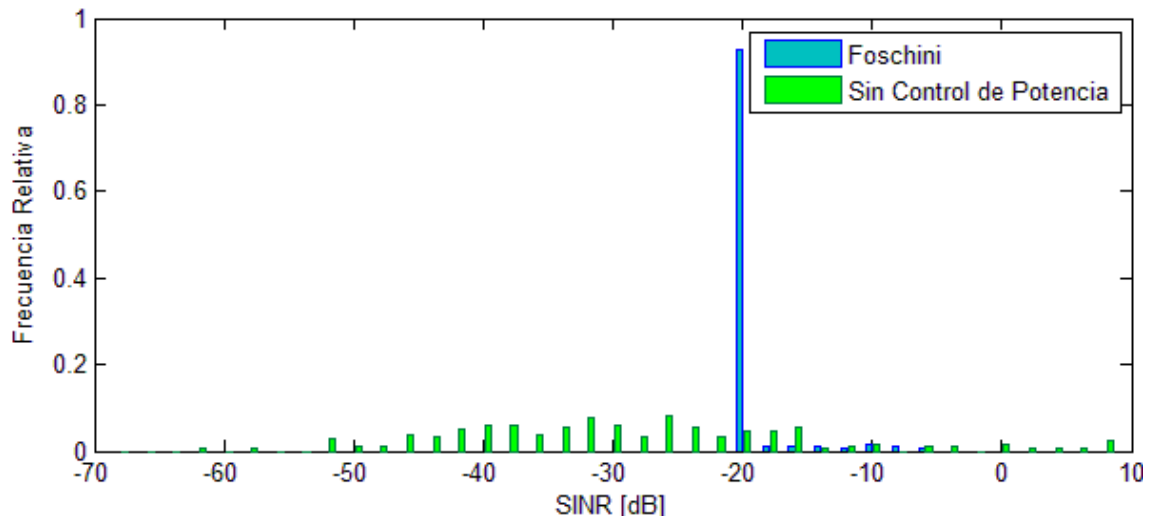


Figura B.73 Histograma de SINR Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -20dB.

B.2.1.2. Escenario de Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB

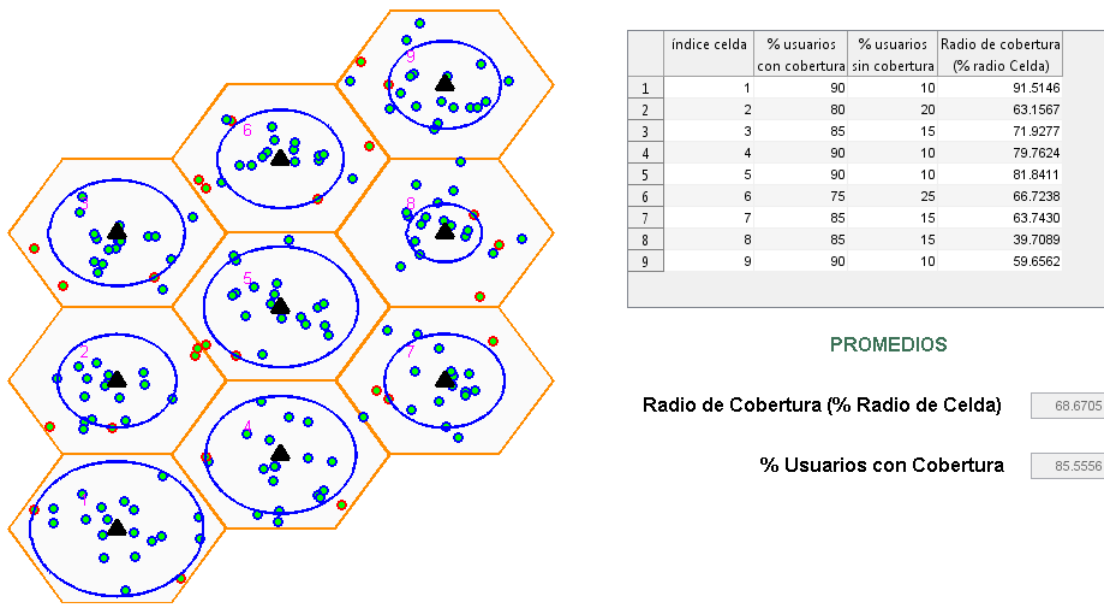
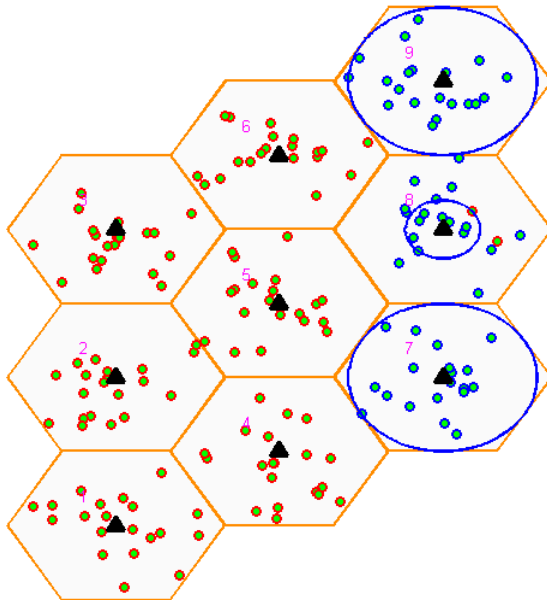


Figura B.74 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.



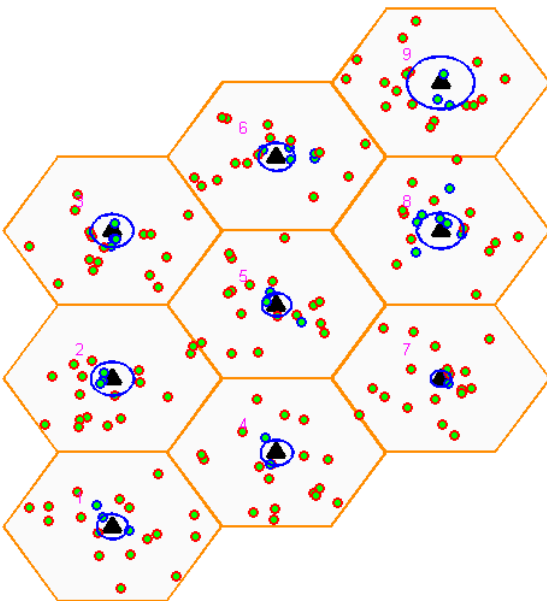
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 100 | 0 | 100 |
| 8 | 8 | 90 | 10 | 39.7089 |
| 9 | 9 | 100 | 0 | 100 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.75 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 15 | 85 | 17.0546 |
| 2 | 2 | 15 | 85 | 22.9975 |
| 3 | 3 | 20 | 80 | 22.6467 |
| 4 | 4 | 10 | 90 | 17.4765 |
| 5 | 5 | 15 | 85 | 15.9932 |
| 6 | 6 | 25 | 75 | 19.3763 |
| 7 | 7 | 10 | 90 | 11.2195 |
| 8 | 8 | 35 | 65 | 24.5878 |
| 9 | 9 | 15 | 85 | 35.7720 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.76 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.

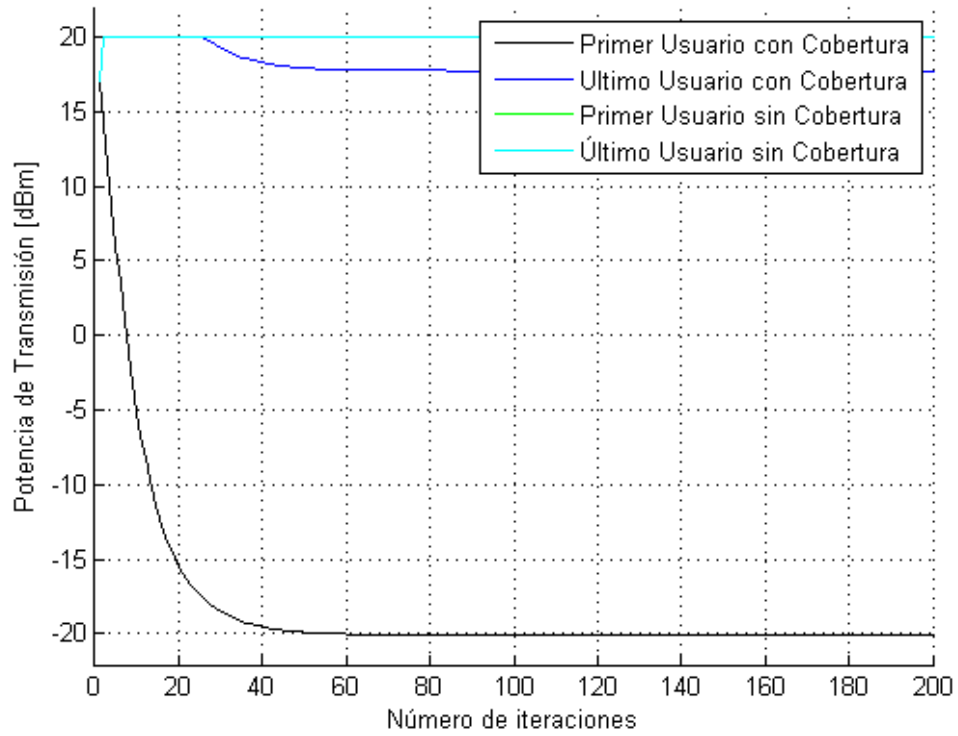


Figura B.77 Evolución Potencia Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.

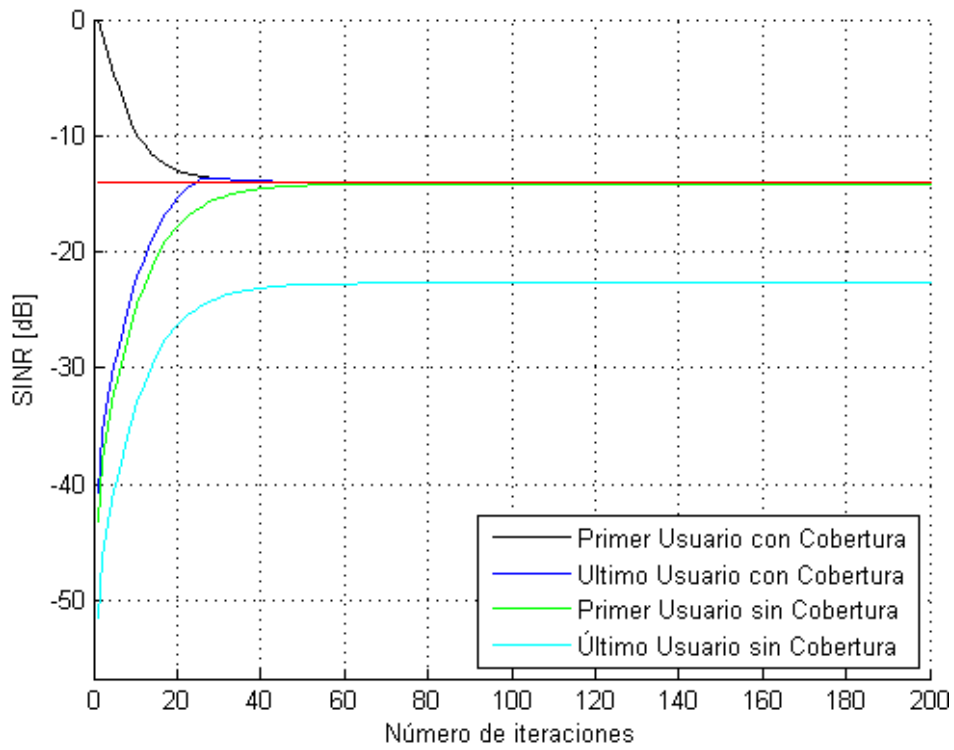


Figura B.78 Evolución SINR Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.

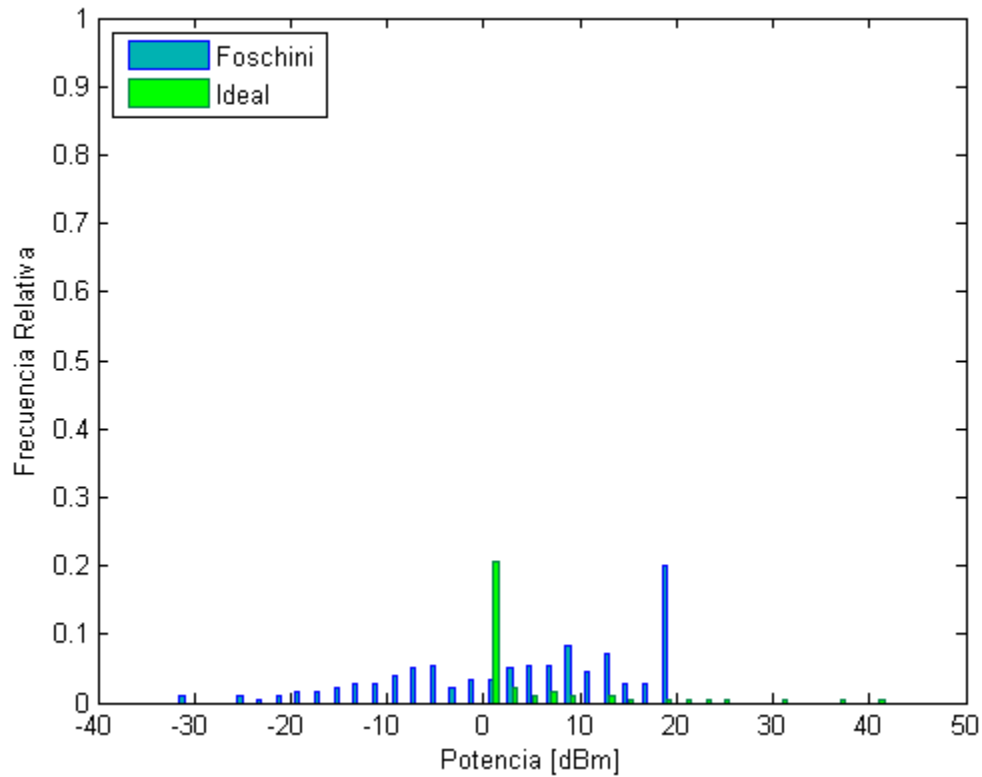


Figura B.79 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.

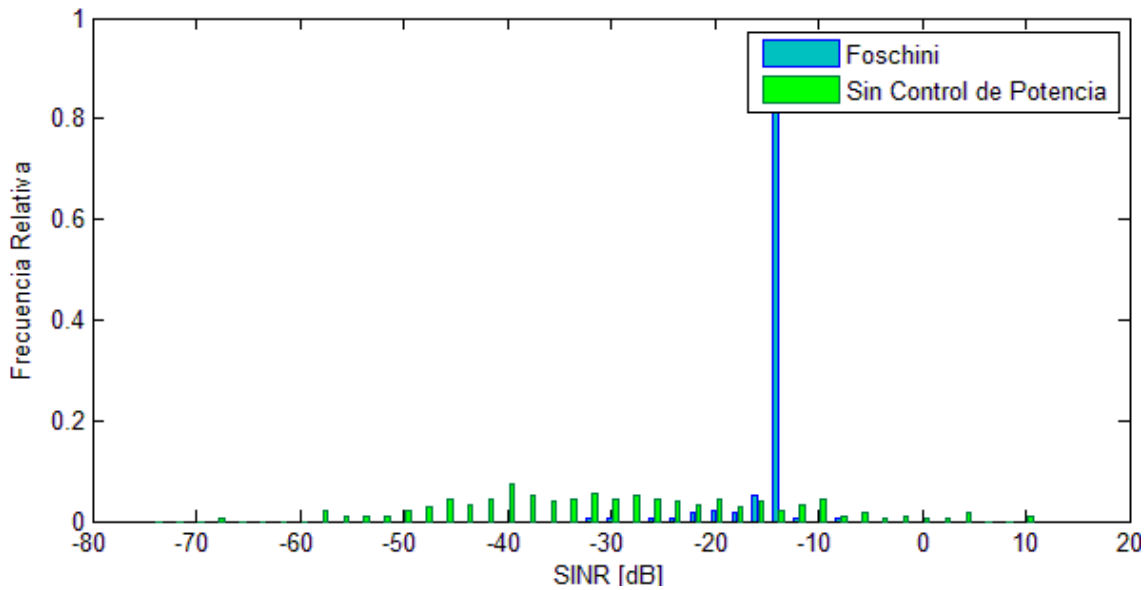
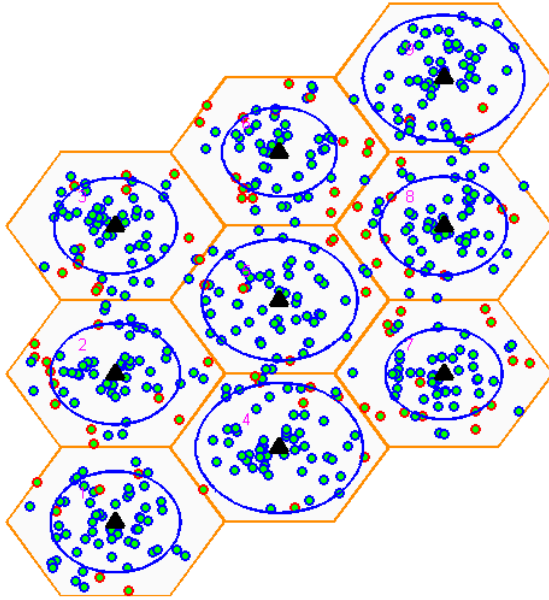


Figura B.80 Histograma de SINR Radio 1 Km, 20 Usuarios y SINR = -14dB.

B.2.1.3. Escenario de Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB



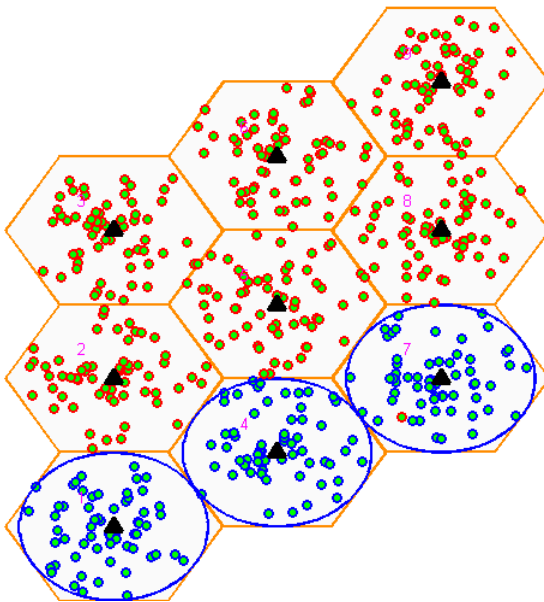
| indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 90 | 10 | 68.7200 |
| 2 | 80 | 20 | 68.6187 |
| 3 | 81.6667 | 18.3333 | 65.1571 |
| 4 | 86.6667 | 13.3333 | 88.2005 |
| 5 | 90 | 10 | 82.3296 |
| 6 | 75 | 25 | 60.4506 |
| 7 | 75 | 25 | 61.8299 |
| 8 | 83.3333 | 16.6667 | 67.0380 |
| 9 | 95 | 5 | 85.2772 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.81 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.



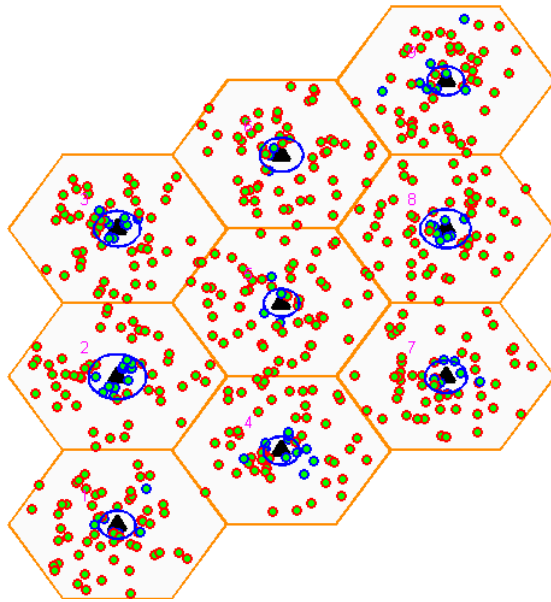
| indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 100 | 0 | 100 |
| 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 100 | 0 | 100 |
| 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 98.3333 | 1.6667 | 100 |
| 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.82 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 10 | 90 | 19.3750 |
| 2 | 2 | 21.6667 | 78.3333 | 30.7798 |
| 3 | 3 | 16.6667 | 83.3333 | 24.3575 |
| 4 | 4 | 20 | 80 | 19.5373 |
| 5 | 5 | 6.6667 | 93.3333 | 18.9744 |
| 6 | 6 | 5 | 95 | 23.2364 |
| 7 | 7 | 13.3333 | 86.6667 | 22.3485 |
| 8 | 8 | 13.3333 | 86.6667 | 26.5832 |
| 9 | 9 | 15 | 85 | 20.0364 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda) 22.8032

% Usuarios con Cobertura 13.5185

Figura B.83 Sin Control de Potencia Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.

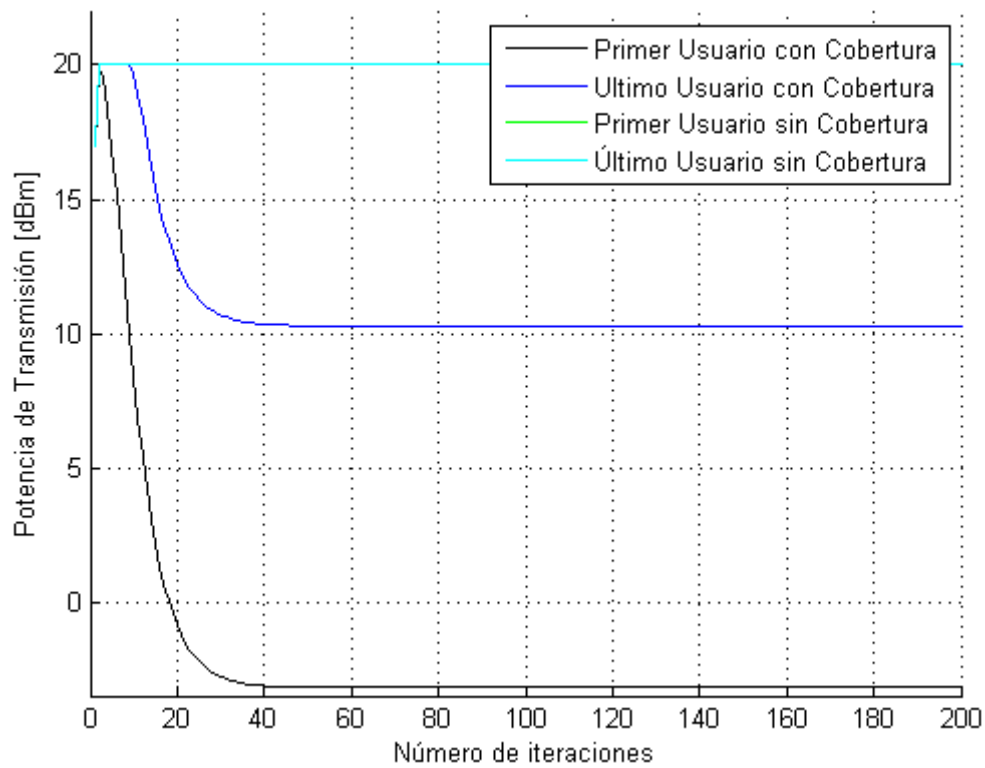


Figura B.84 Evolución Potencia Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.

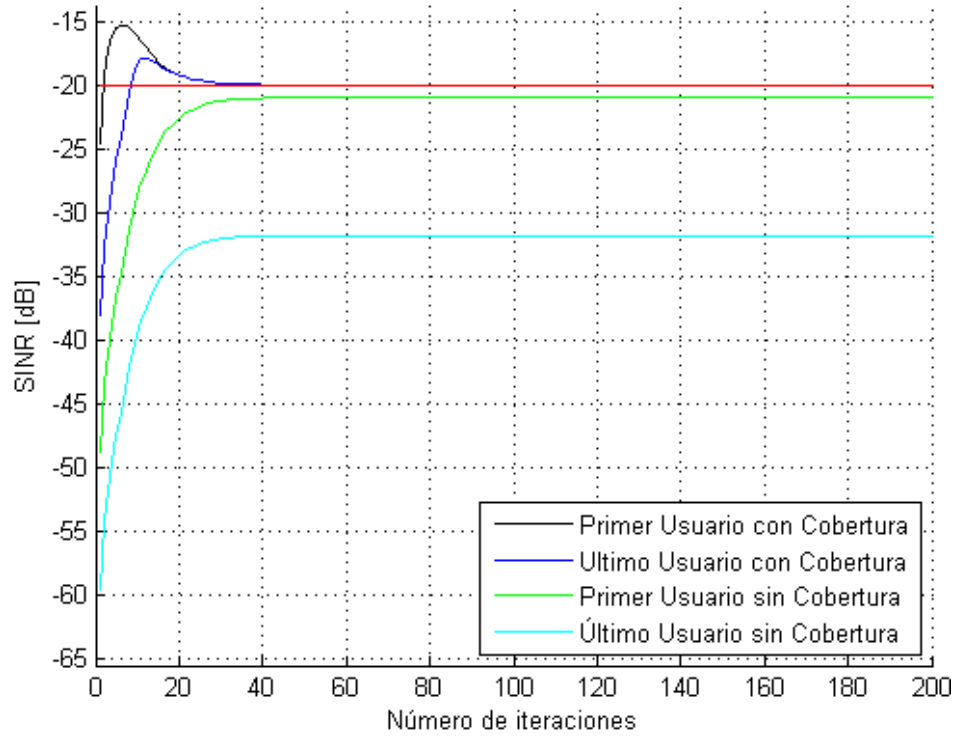


Figura B.85 Evolución SINR Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.

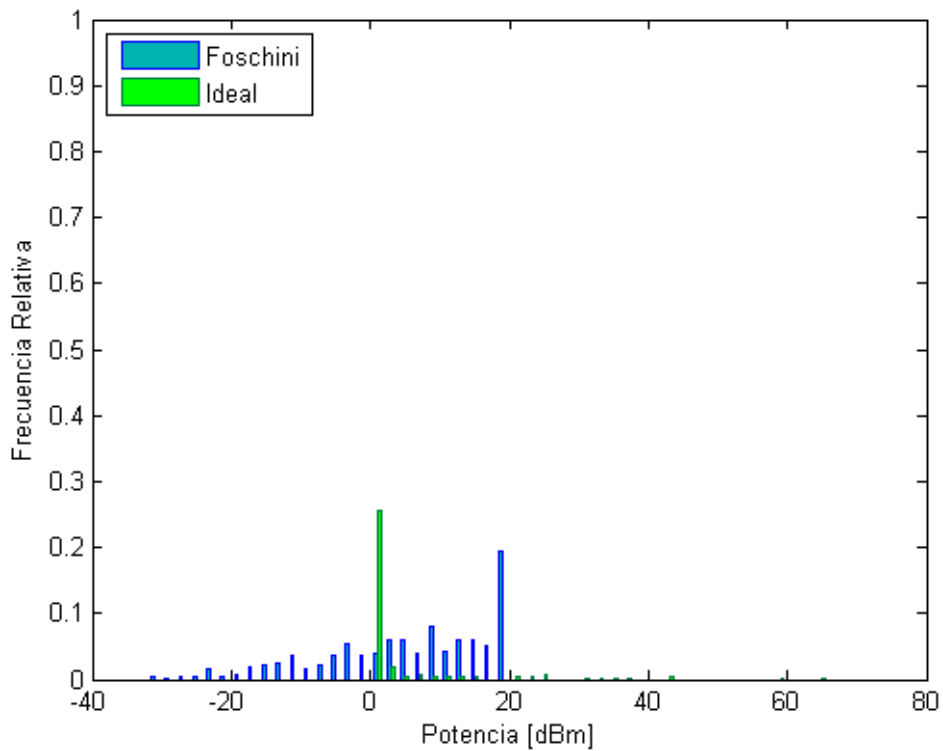


Figura B.86 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.

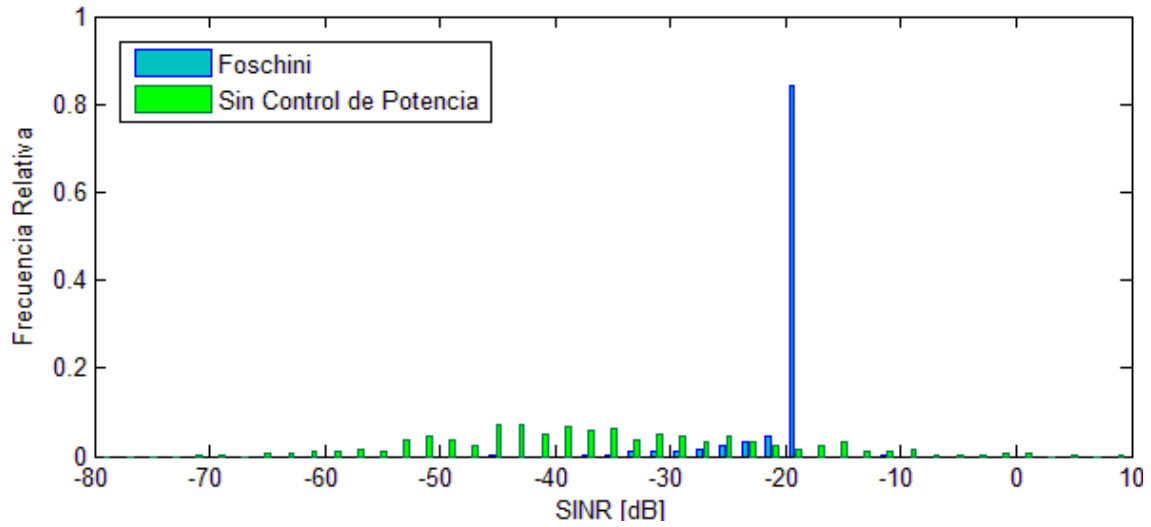


Figura B.87 Histograma de SINR Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -20dB.

B.2.1.4. Escenario de Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB

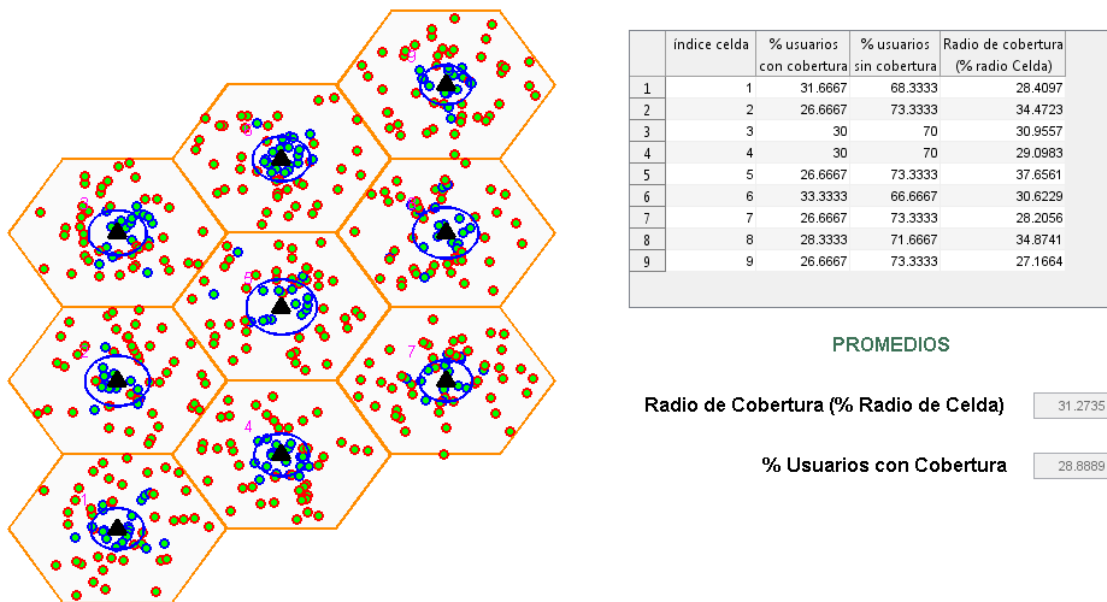
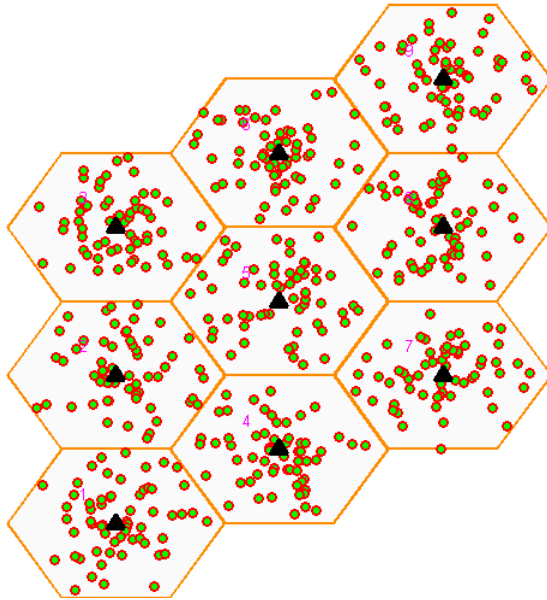


Figura B.88 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.



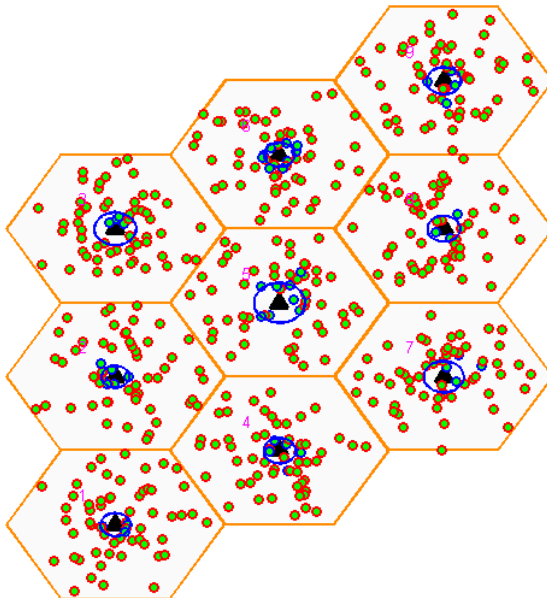
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.89 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 5 | 95 | 15.9996 |
| 2 | 2 | 10 | 90 | 14.9315 |
| 3 | 3 | 6.6667 | 93.3333 | 22.3466 |
| 4 | 4 | 8.3333 | 91.6667 | 17.4389 |
| 5 | 5 | 15 | 85 | 27.2216 |
| 6 | 6 | 15 | 85 | 16.6150 |
| 7 | 7 | 6.6667 | 93.3333 | 21.4652 |
| 8 | 8 | 5 | 95 | 17.6967 |
| 9 | 9 | 6.6667 | 93.3333 | 18.5193 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.90 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.

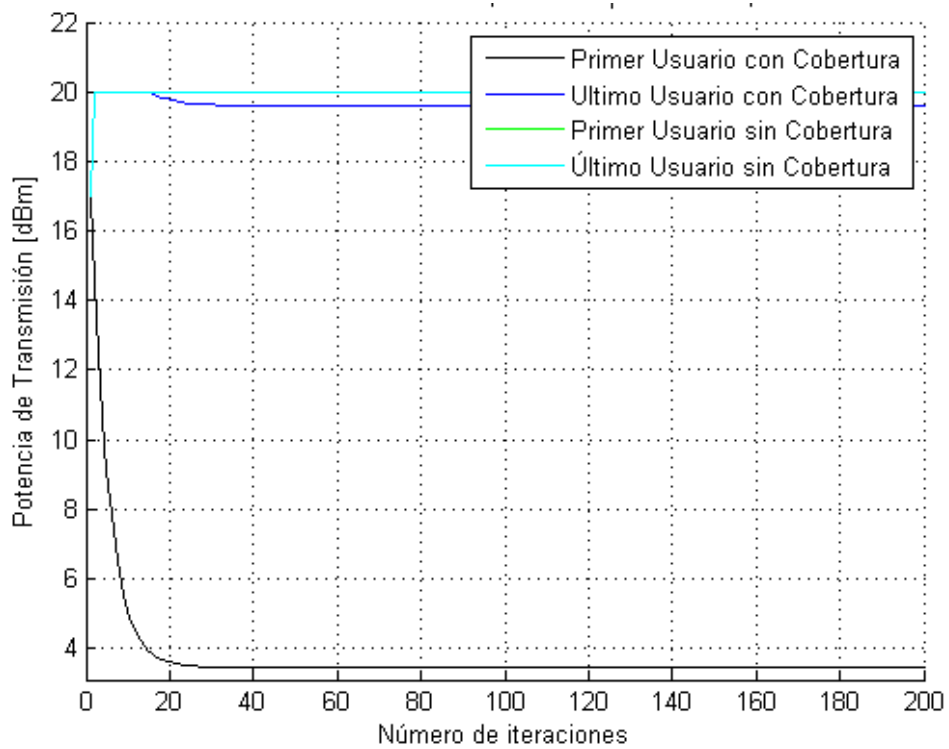


Figura B.91 Evolución Potencia Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.

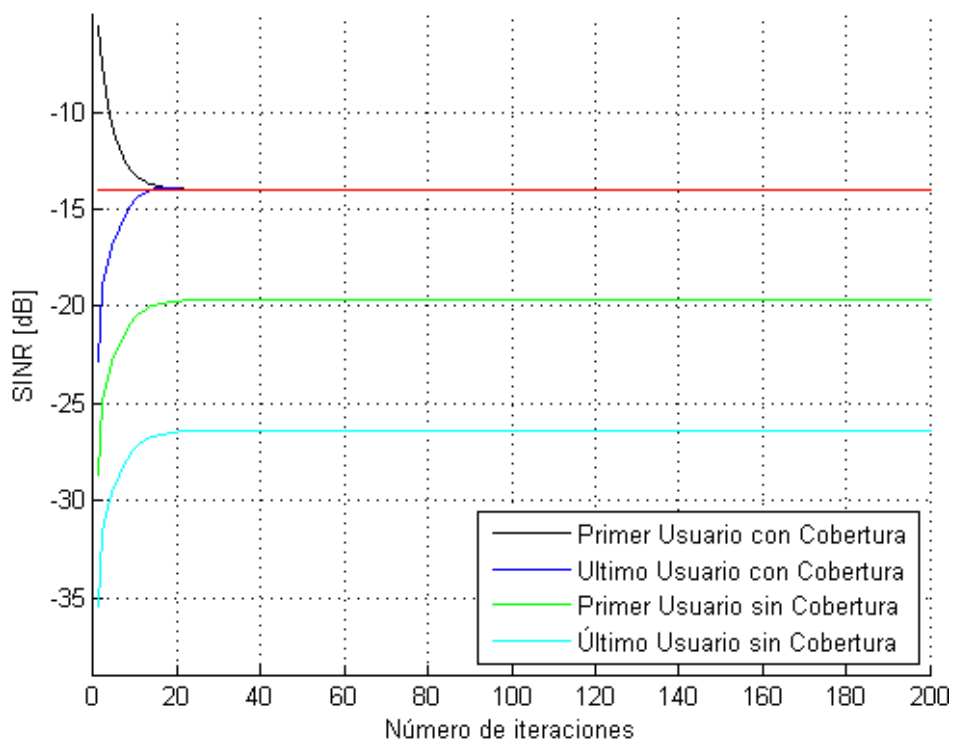


Figura B.92 Evolución SINR Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.

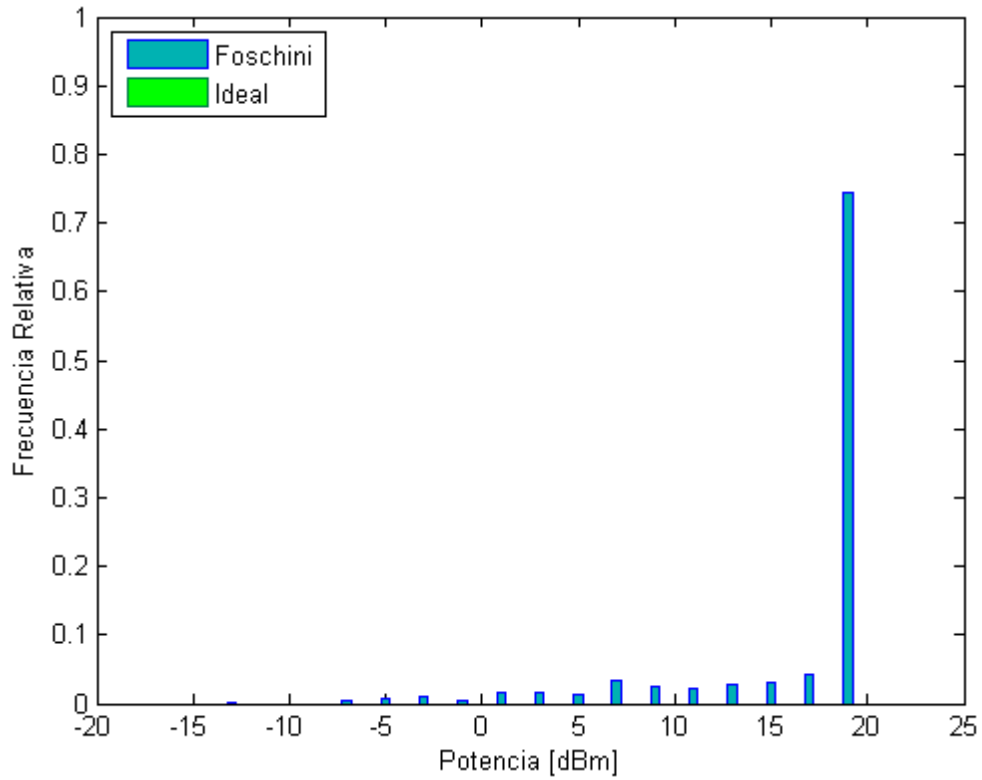


Figura B.93 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.

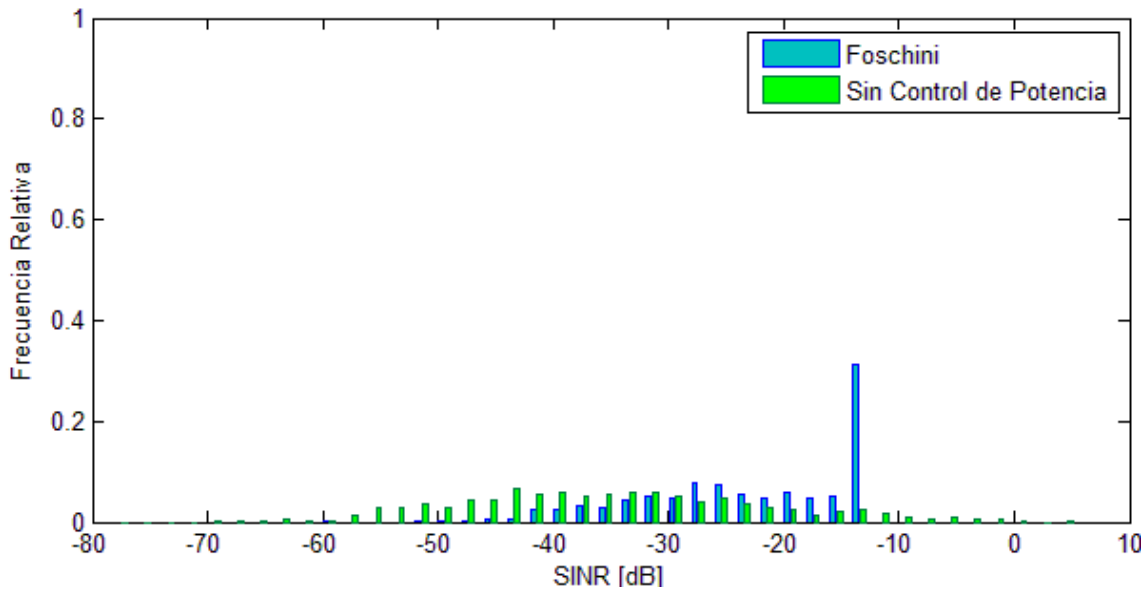
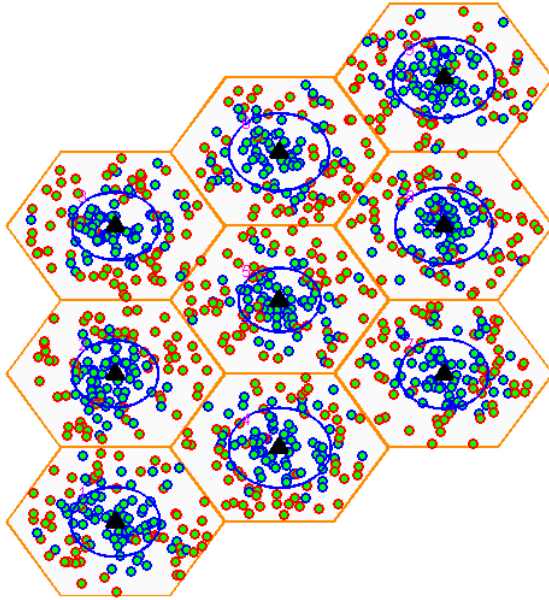


Figura B.94 Histograma de SINR Radio 1 Km, 60 Usuarios y SINR = -14dB.

B.2.1.5. Escenario de Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB



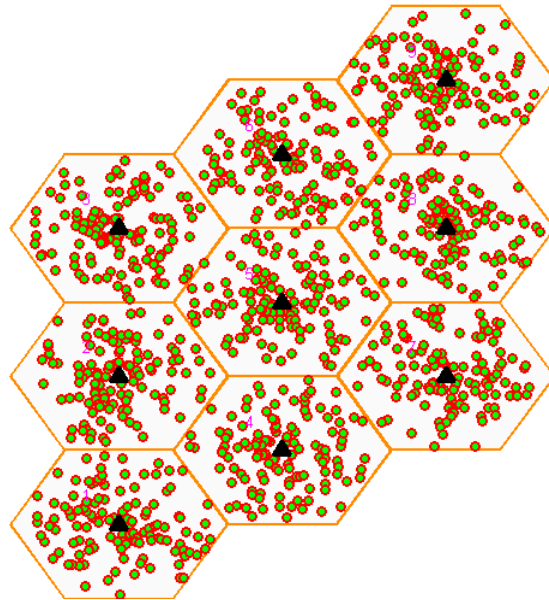
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 55.8333 | 44.1667 | 47.5218 |
| 2 | 2 | 51.6667 | 48.3333 | 45.6828 |
| 3 | 3 | 51.6667 | 48.3333 | 46.2480 |
| 4 | 4 | 55.0000 | 45 | 54.3301 |
| 5 | 5 | 53.3333 | 46.6667 | 43.5518 |
| 6 | 6 | 55.0000 | 45 | 52.6876 |
| 7 | 7 | 53.3333 | 46.6667 | 47.3973 |
| 8 | 8 | 57.5000 | 42.5000 | 51.6573 |
| 9 | 9 | 60 | 40 | 54.5050 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.95 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.96 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.

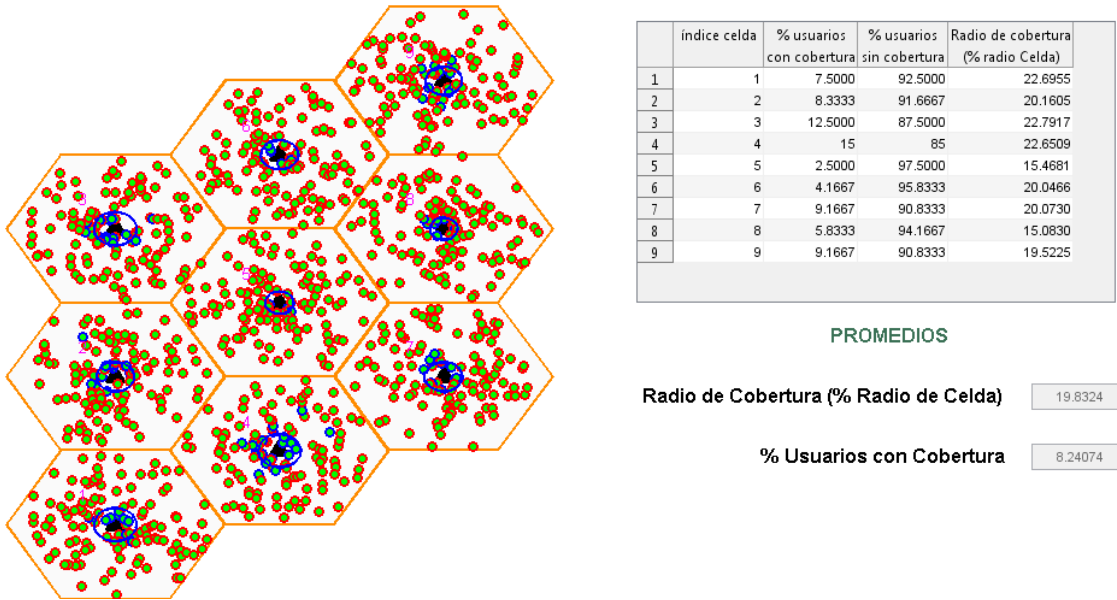


Figura B.97 Sin Control de Potencia Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.

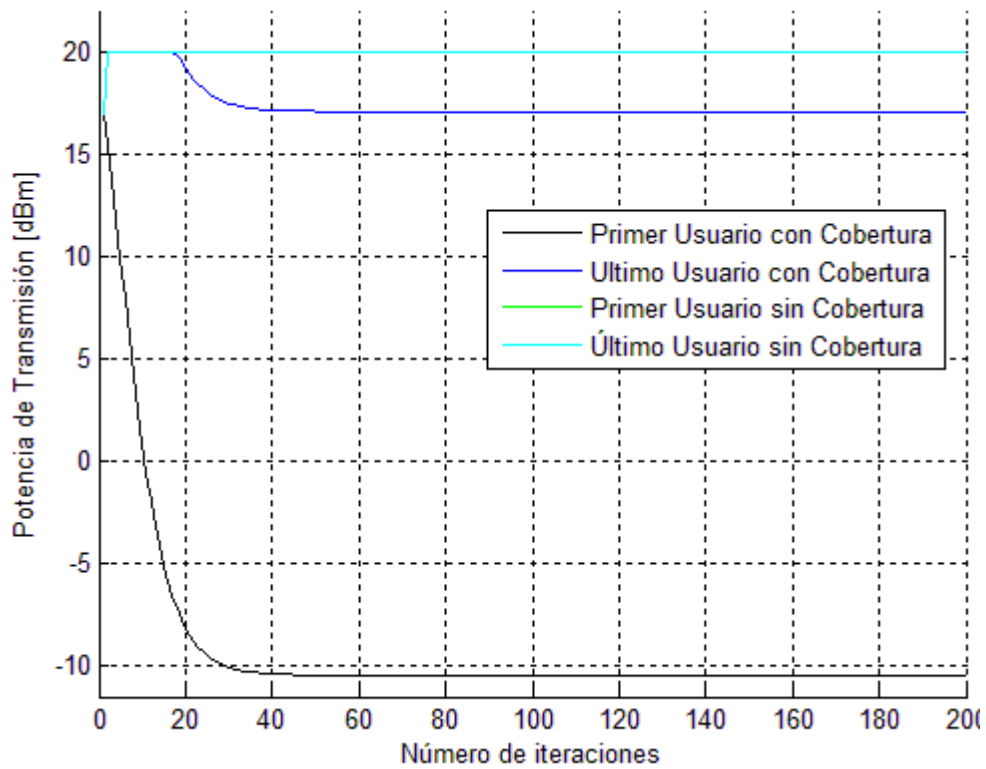


Figura B.98 Evolución Potencia Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.

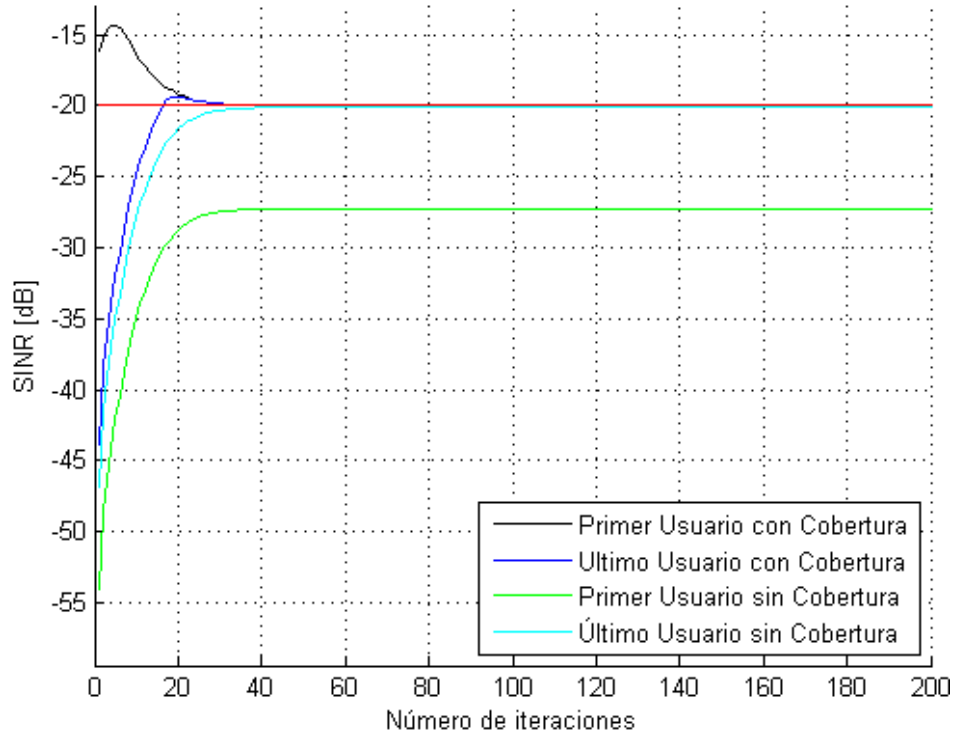


Figura B.99 Evolución SINR Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.

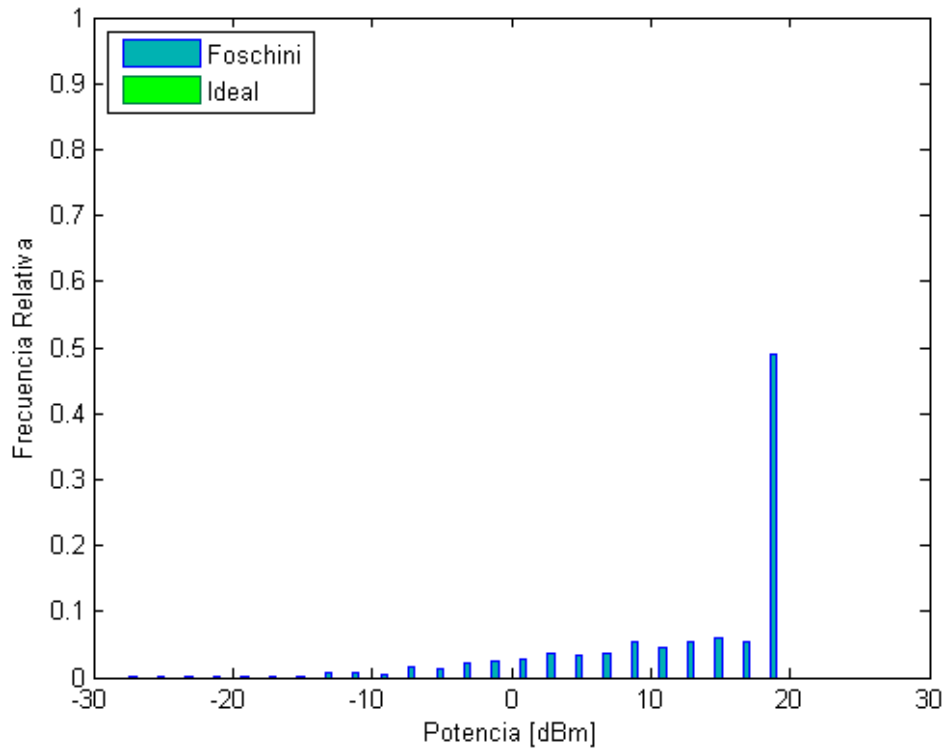


Figura B.100 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.

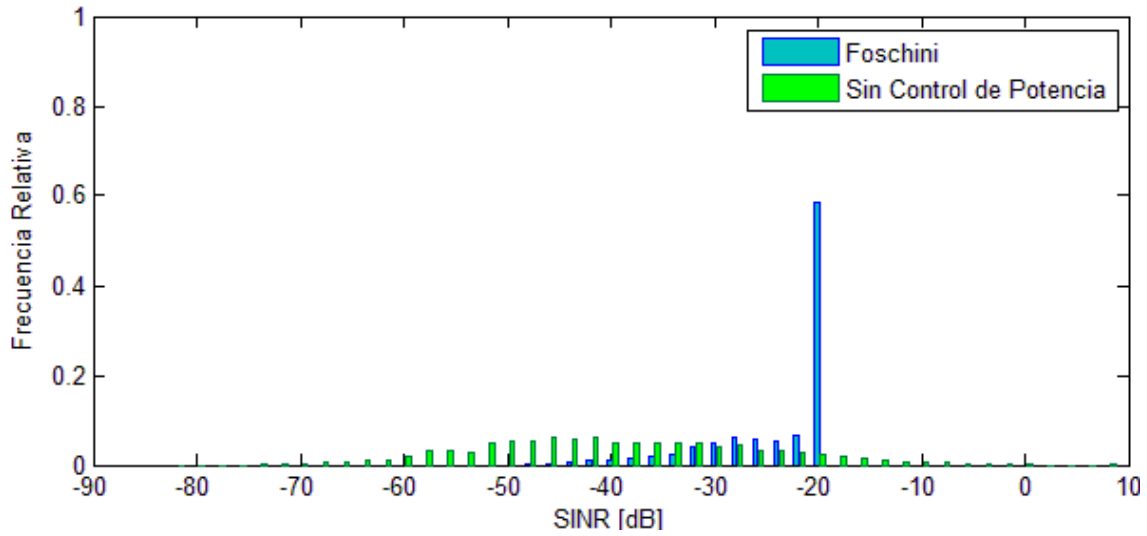


Figura B.101 Histograma de SINR Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -20dB.

B.2.1.6. Escenario de Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB

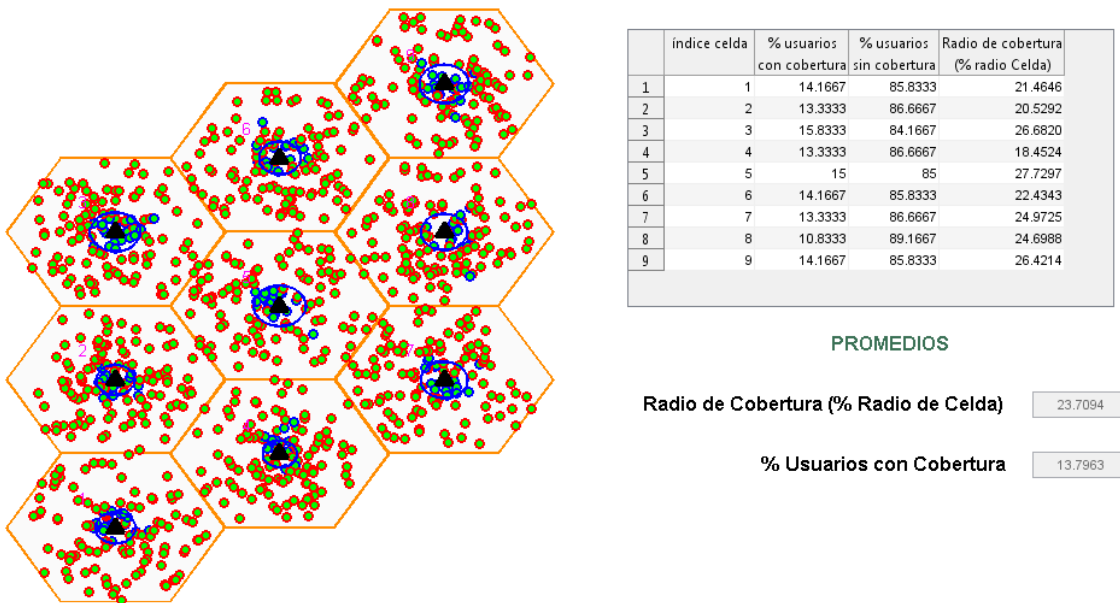
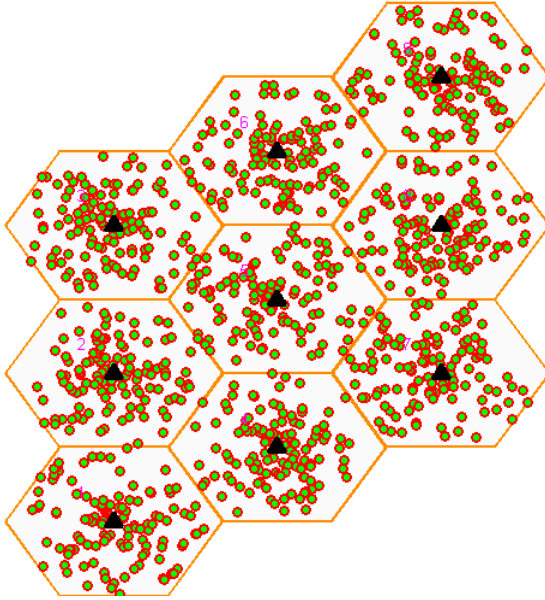


Figura B.102 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.



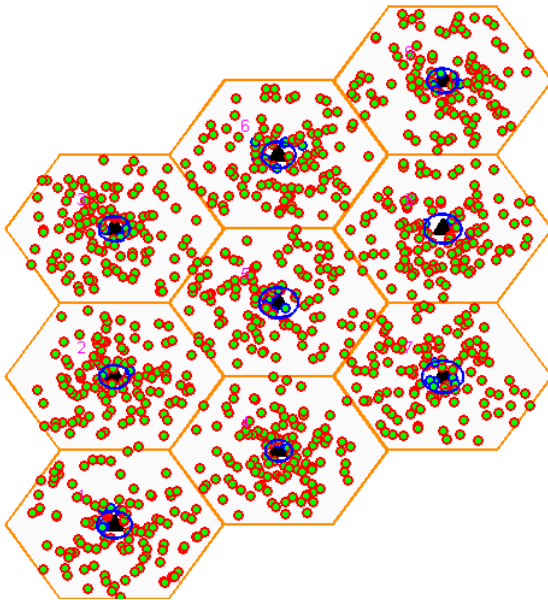
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.103 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 5 | 95 | 18.6669 |
| 2 | 2 | 4.1667 | 95.8333 | 15.9442 |
| 3 | 3 | 2.5000 | 97.5000 | 16.9969 |
| 4 | 4 | 2.5000 | 97.5000 | 14.5896 |
| 5 | 5 | 6.6667 | 93.3333 | 21.0046 |
| 6 | 6 | 5.8333 | 94.1667 | 18.1628 |
| 7 | 7 | 5 | 95 | 22.0417 |
| 8 | 8 | 3.3333 | 96.6667 | 20.0713 |
| 9 | 9 | 4.1667 | 95.8333 | 16.8962 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.104 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.

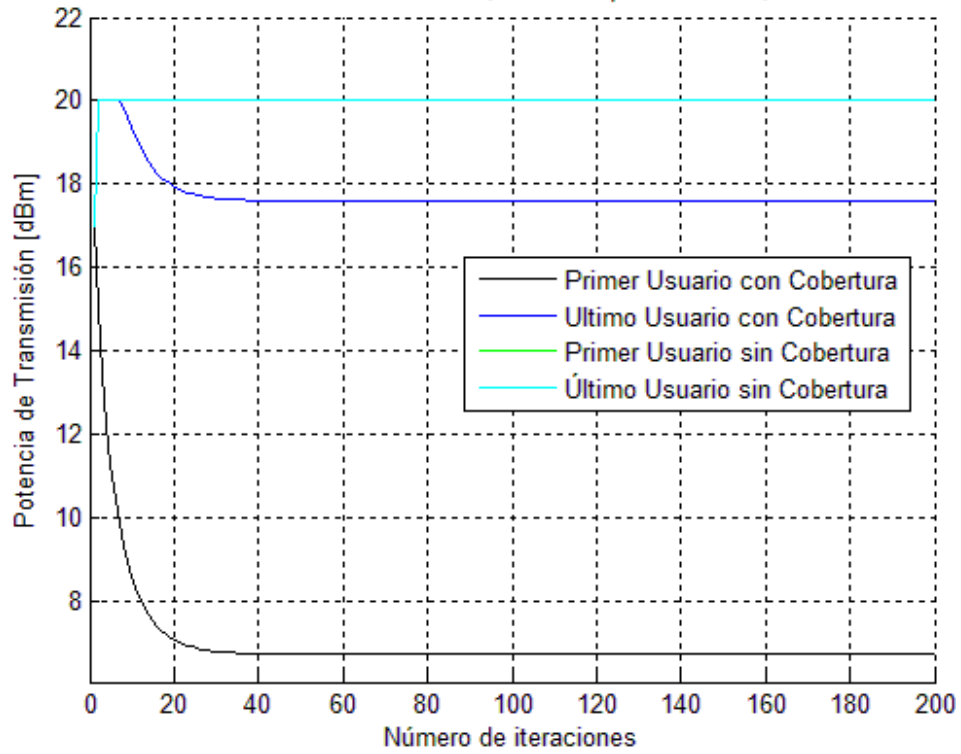


Figura B.105 Evolución Potencia Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.

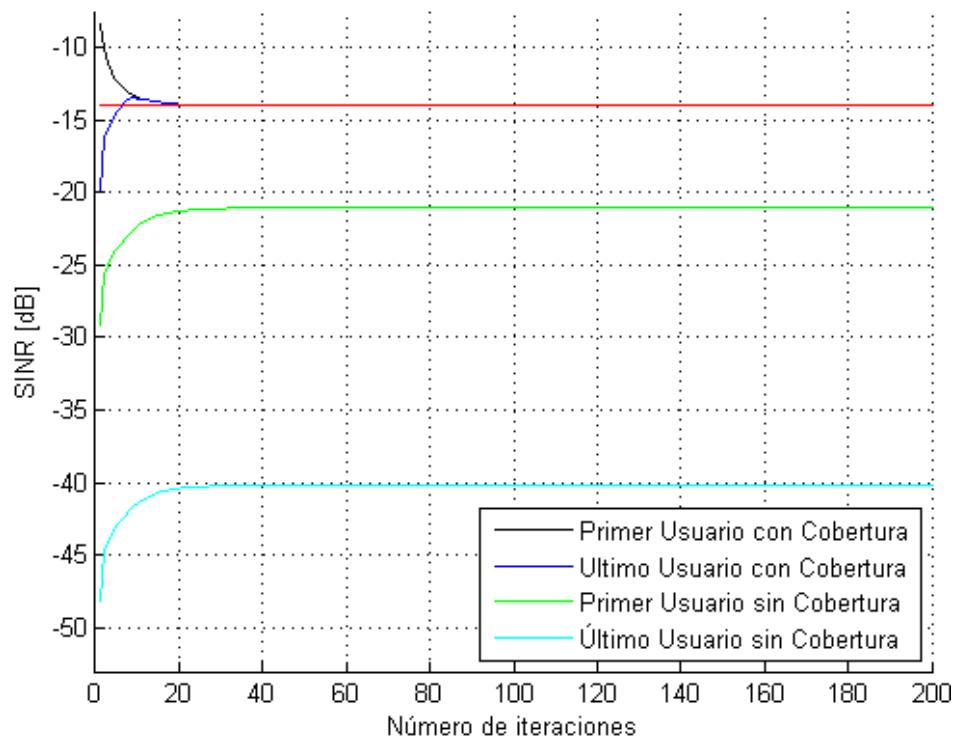


Figura B.106 Evolución SINR Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.

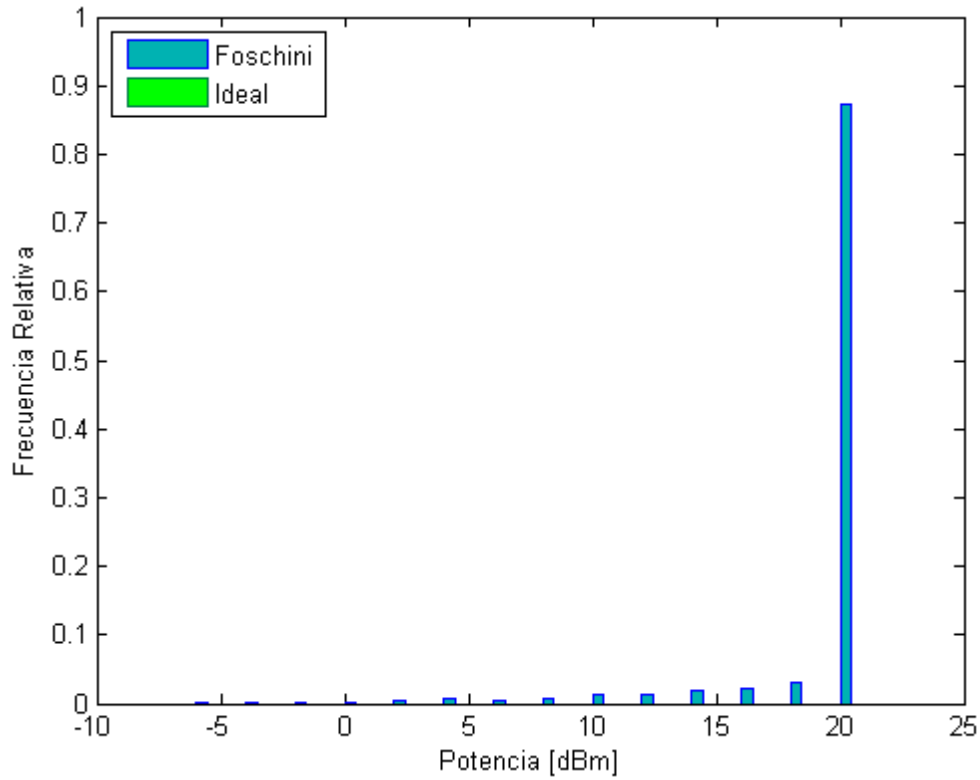


Figura B.107 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.

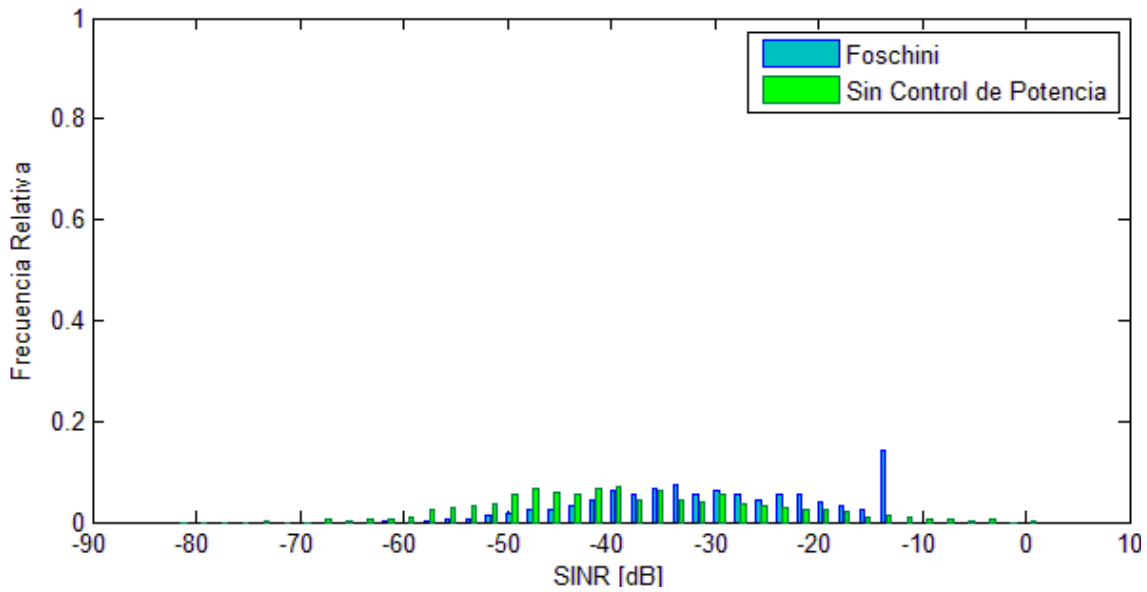
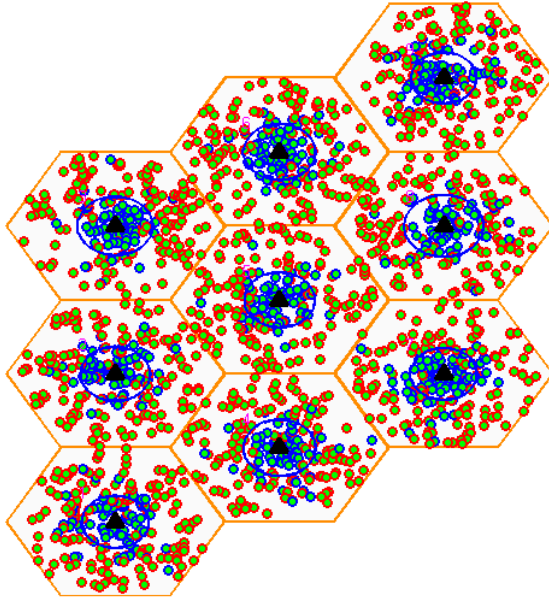


Figura B.108 Histograma de SINR Radio 1 Km, 120 Usuarios y SINR = -14dB.

B.2.1.7. Escenario de Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB



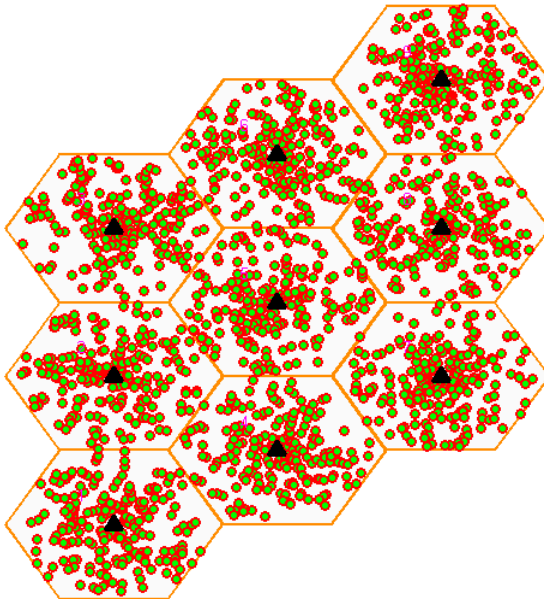
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 34.5000 | 65.5000 | 35.5972 |
| 2 | 2 | 34.5000 | 65.5000 | 36.9982 |
| 3 | 3 | 35 | 65 | 39.8519 |
| 4 | 4 | 35 | 65 | 38.4149 |
| 5 | 5 | 31.5000 | 68.5000 | 37.4933 |
| 6 | 6 | 34.5000 | 65.5000 | 38.1122 |
| 7 | 7 | 38.5000 | 61.5000 | 35.2728 |
| 8 | 8 | 34 | 66 | 42.0982 |
| 9 | 9 | 37 | 63 | 34.7672 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.109 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.



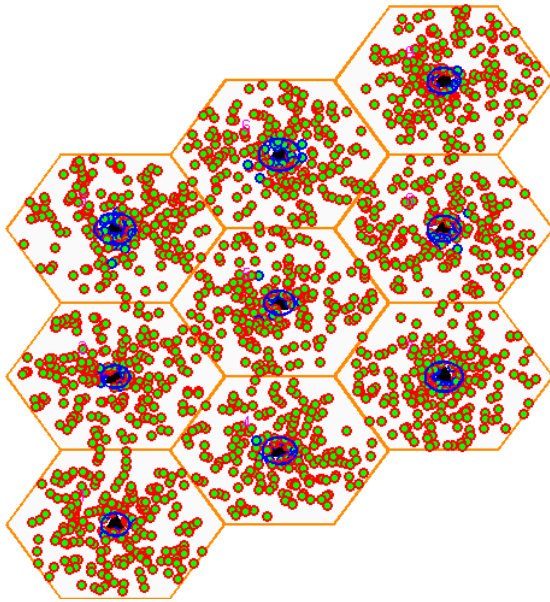
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.110 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 2 | 98 | 15.5705 |
| 2 | 2 | 5.5000 | 94.5000 | 15.4843 |
| 3 | 3 | 12.5000 | 87.5000 | 21.4807 |
| 4 | 4 | 7.0000 | 93 | 18.3330 |
| 5 | 5 | 5 | 95 | 16.6314 |
| 6 | 6 | 10 | 90 | 21.9116 |
| 7 | 7 | 7.0000 | 93 | 20.3556 |
| 8 | 8 | 8.5000 | 91.5000 | 17.7199 |
| 9 | 9 | 6 | 94 | 17.7219 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.111 Sin Control de Potencia Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.

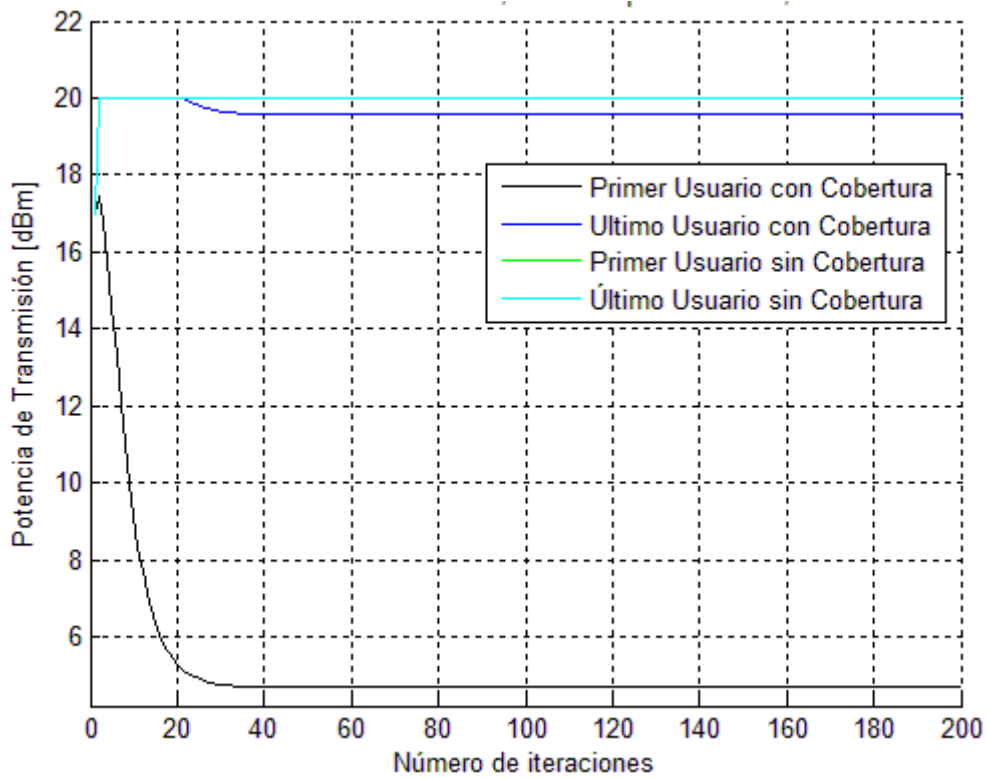


Figura B.112 Evolución Potencia Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.

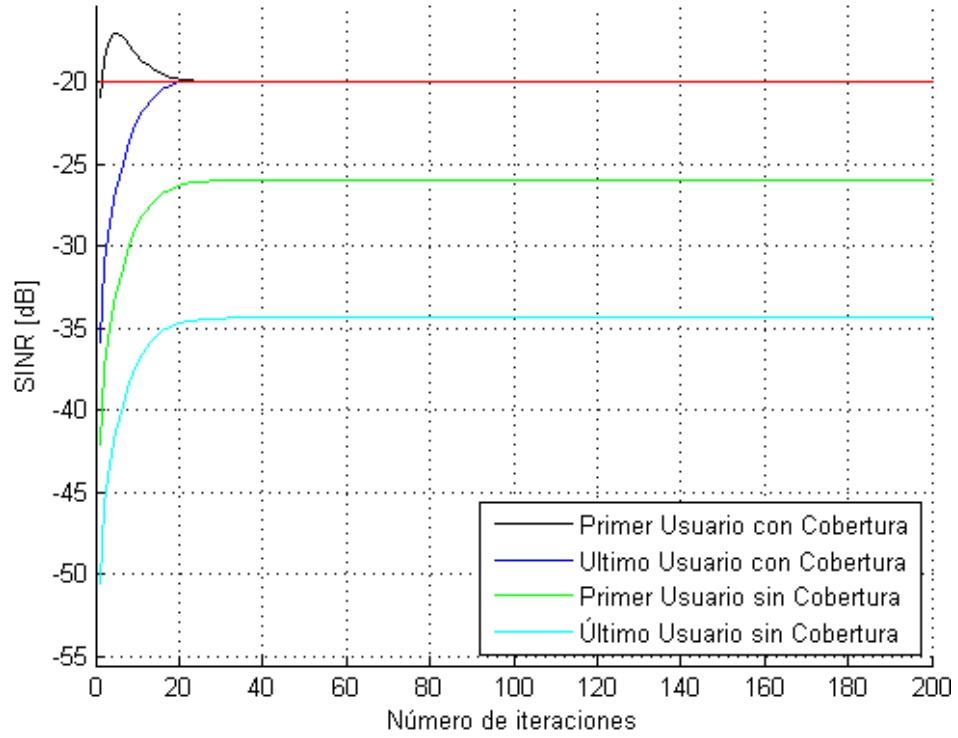


Figura B.113 Evolución SINR Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.

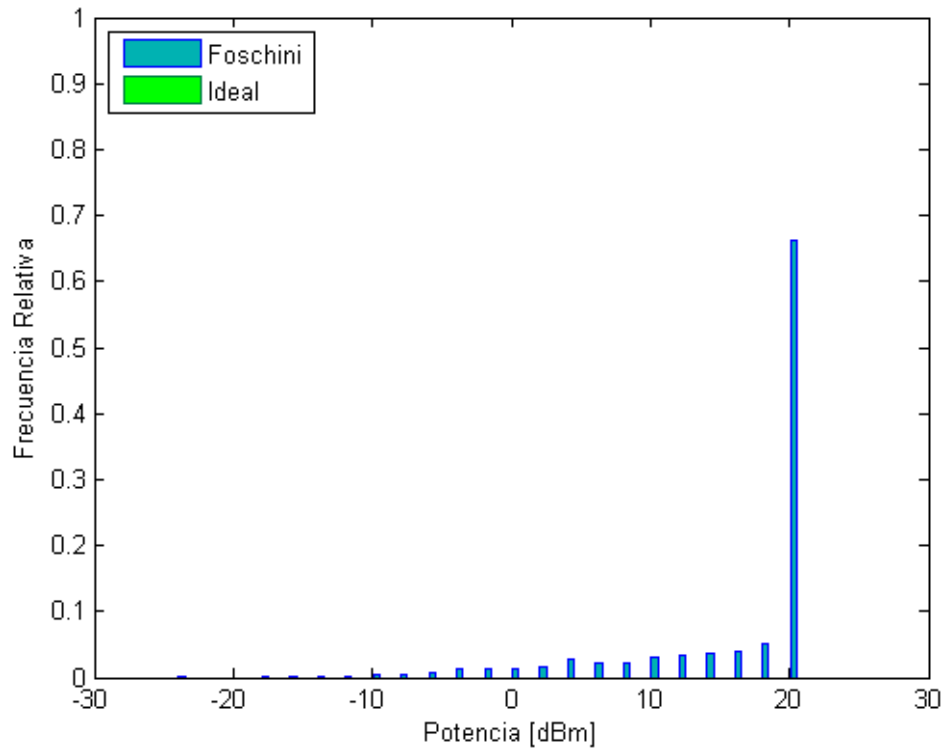


Figura B.114 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.

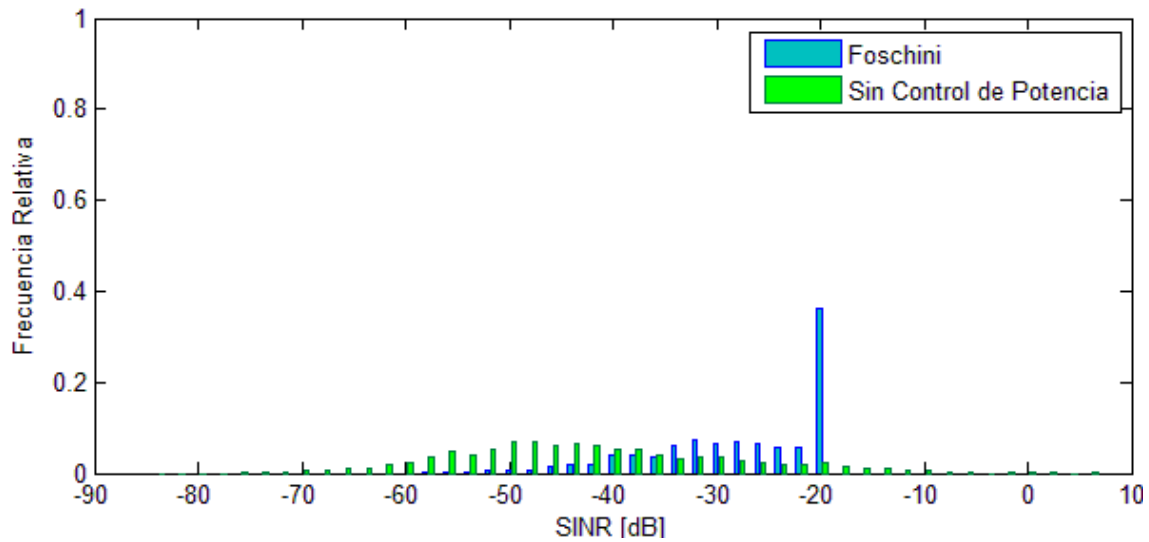
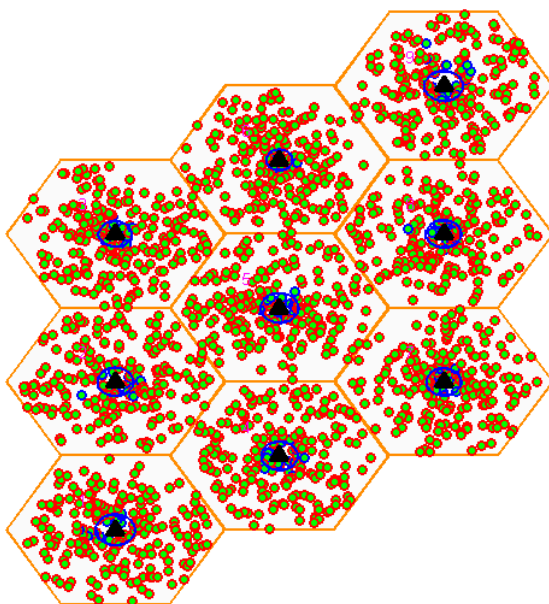


Figura B.115 Histograma de SINR Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -20dB.

B.2.1.8. Escenario de Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB



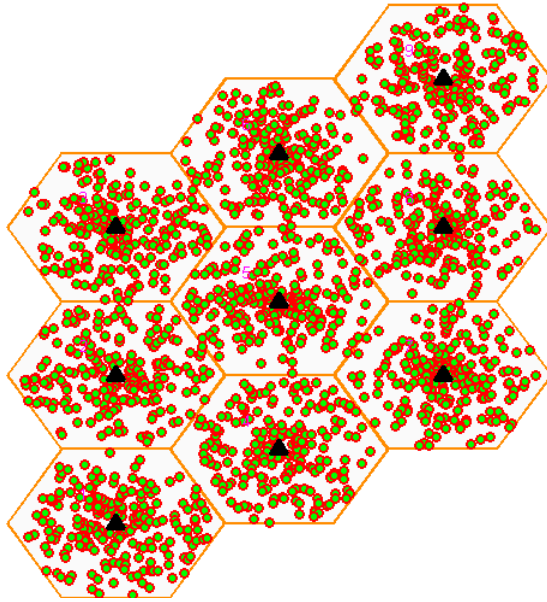
| indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 7.0000 | 93 | 21.0774 |
| 2 | 6.5000 | 93.5000 | 19.3368 |
| 3 | 7.5000 | 92.5000 | 17.5318 |
| 4 | 7.5000 | 92.5000 | 19.5163 |
| 5 | 9 | 91 | 20.1866 |
| 6 | 5 | 95 | 14.1557 |
| 7 | 8 | 92 | 18.7328 |
| 8 | 9 | 91 | 18.8202 |
| 9 | 8.5000 | 91.5000 | 20.4534 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.116 Control de Potencia Foschini Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.



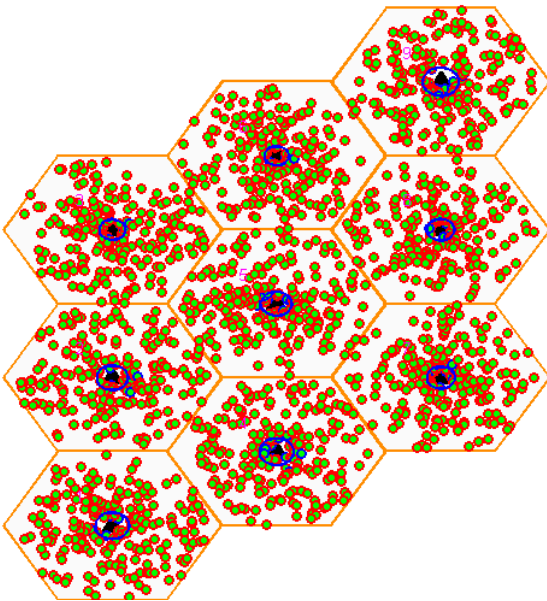
| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 2 | 0 | 100 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 100 | 0 |
| 4 | 4 | 0 | 100 | 0 |
| 5 | 5 | 0 | 100 | 0 |
| 6 | 6 | 0 | 100 | 0 |
| 7 | 7 | 0 | 100 | 0 |
| 8 | 8 | 0 | 100 | 0 |
| 9 | 9 | 0 | 100 | 0 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.117 Control de Potencia Ideal Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.



| | indice celda | % usuarios con cobertura | % usuarios sin cobertura | Radio de cobertura (% radio Celda) |
|---|--------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 2 | 98 | 18.2700 |
| 2 | 2 | 3.5000 | 96.5000 | 16.9393 |
| 3 | 3 | 2 | 98 | 14.0699 |
| 4 | 4 | 4.5000 | 95.5000 | 18.4454 |
| 5 | 5 | 4 | 96 | 16.5702 |
| 6 | 6 | 2.5000 | 97.5000 | 13.2417 |
| 7 | 7 | 3 | 97 | 15.1520 |
| 8 | 8 | 2 | 98 | 14.8380 |
| 9 | 9 | 4 | 96 | 19.3052 |

PROMEDIOS

Radio de Cobertura (% Radio de Celda)

% Usuarios con Cobertura

Figura B.118 Sin Control de Potencia Radio 0.3 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.

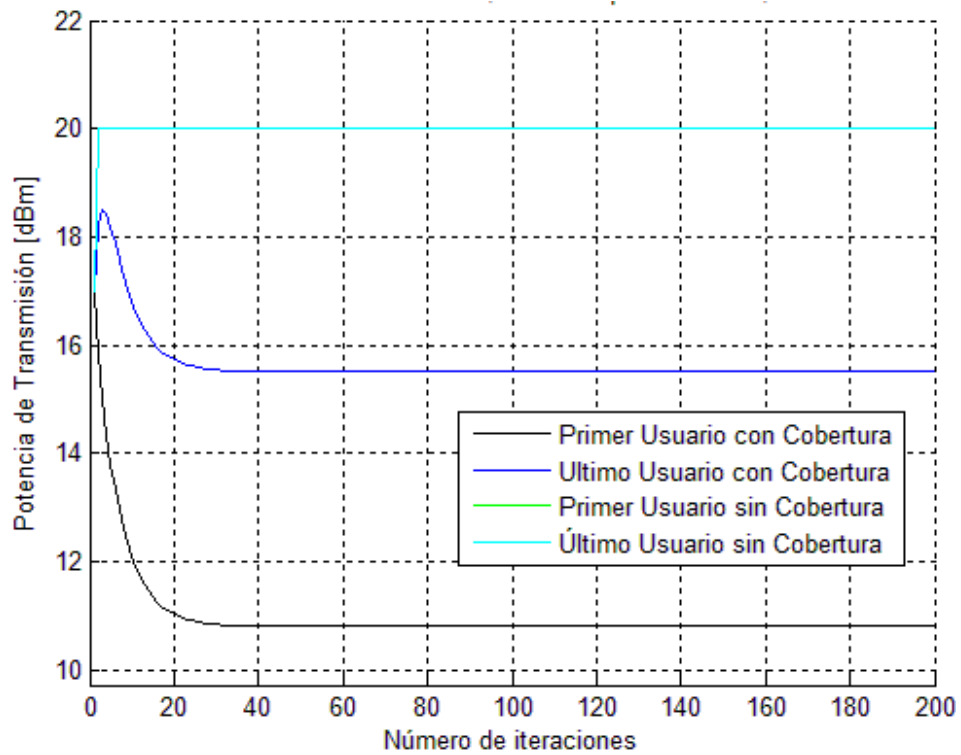


Figura B.119 Evolución Potencia Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.

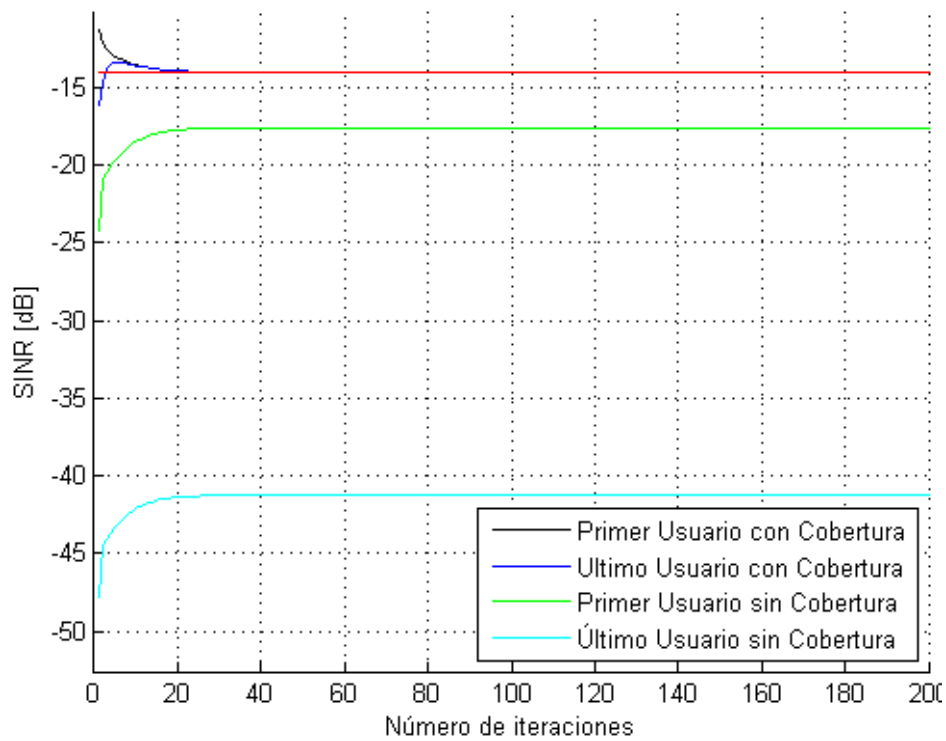


Figura B.120 Evolución SINR Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.

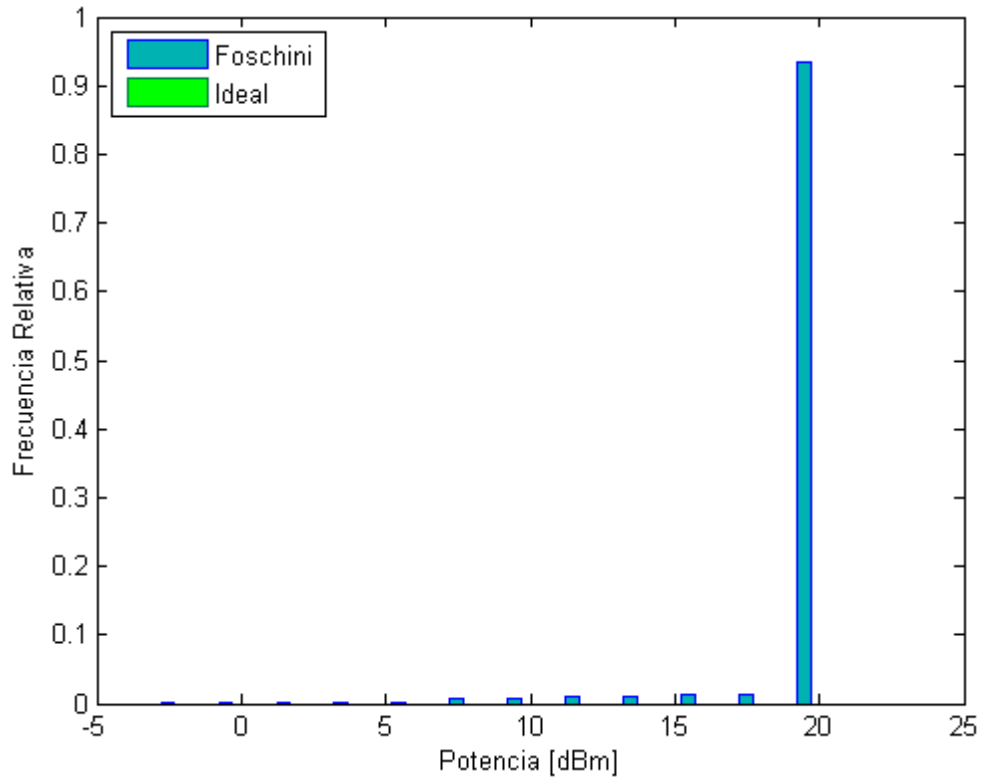


Figura B.121 Histograma de Potencia Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.

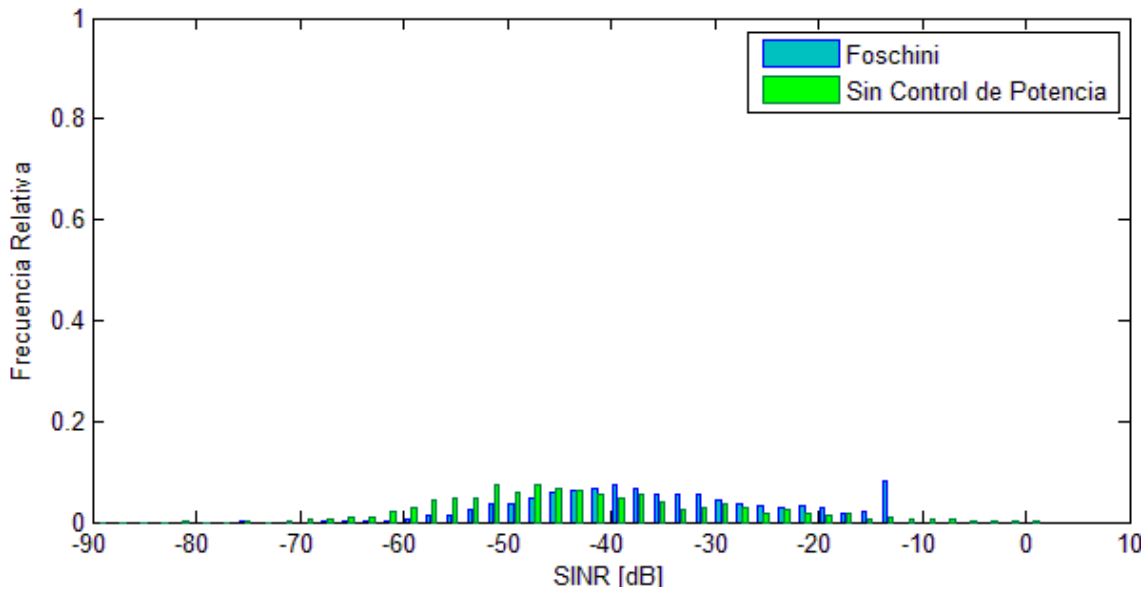


Figura B.122 Histograma de SINR Radio 1 Km, 200 Usuarios y SINR = -14dB.

B.2.2. SIMULACIÓN EN MODO ITERATIVO

B.2.2.1. SINR DE -20dB

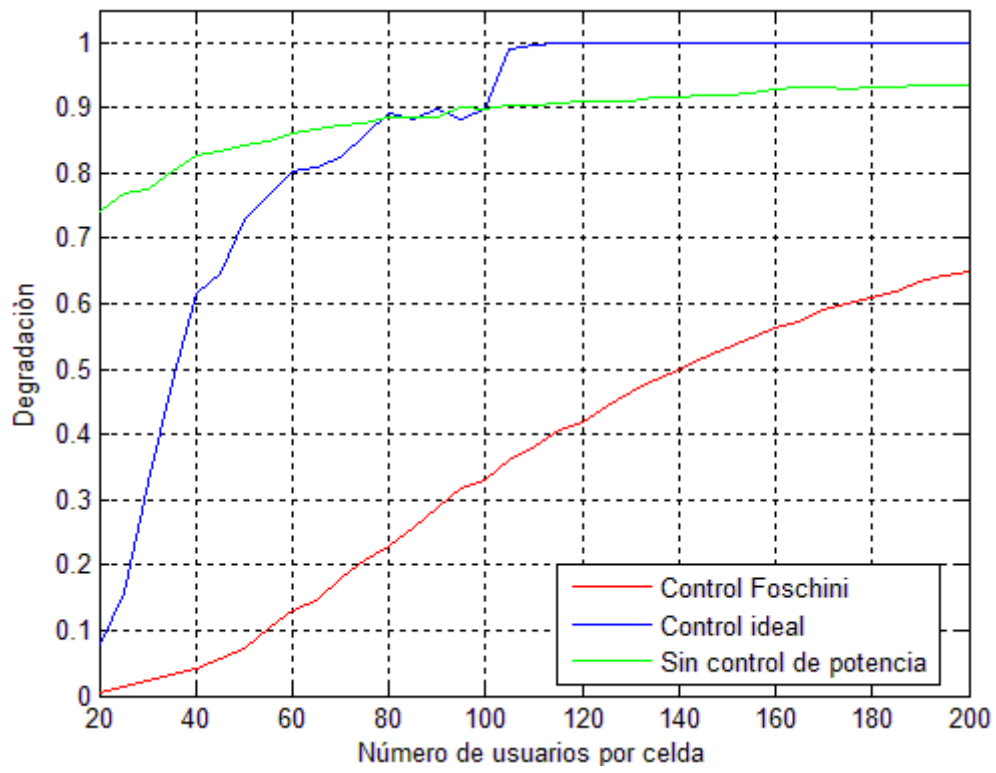


Figura B.123 Degradación vs N Usuarios por Celda. Radio de celda 1, SINR mínimo - 20dB

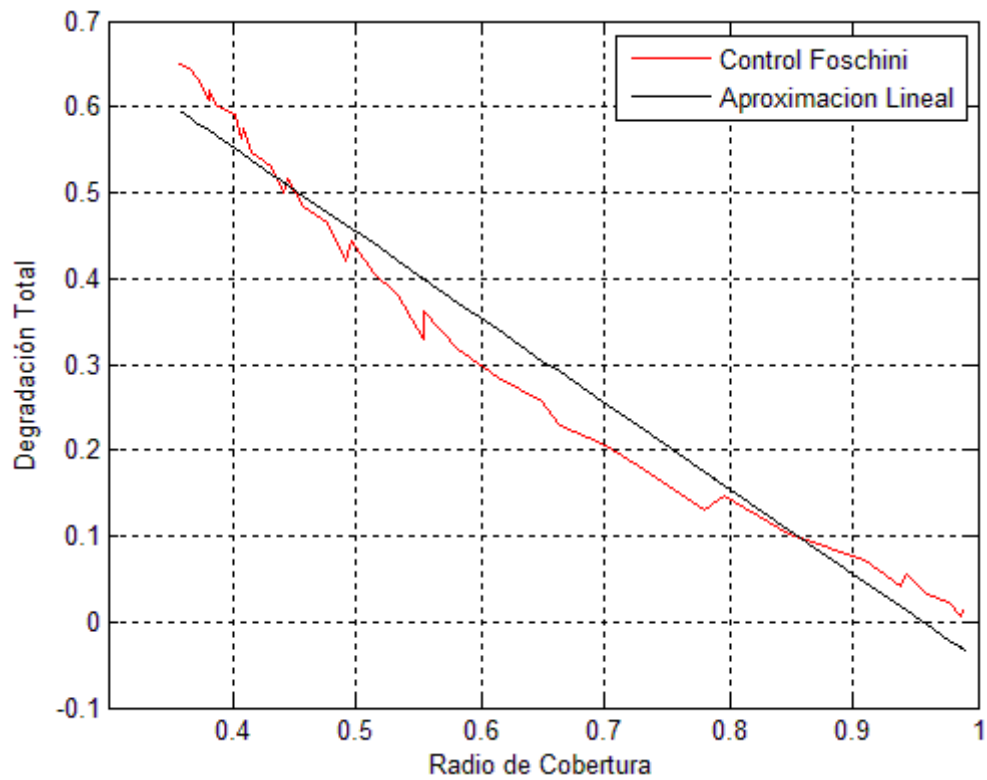


Figura B.124 Degradación vs Radio Cobertura. Radio de celda 1, SINR mínimo -20dB

Aproximación lineal

$$\%D = -0.99R_c + 0.9510$$

Donde $\%D$ es el porcentaje de usuarios con degradación y R_c es el radio de cobertura.

Desviación 0,0698

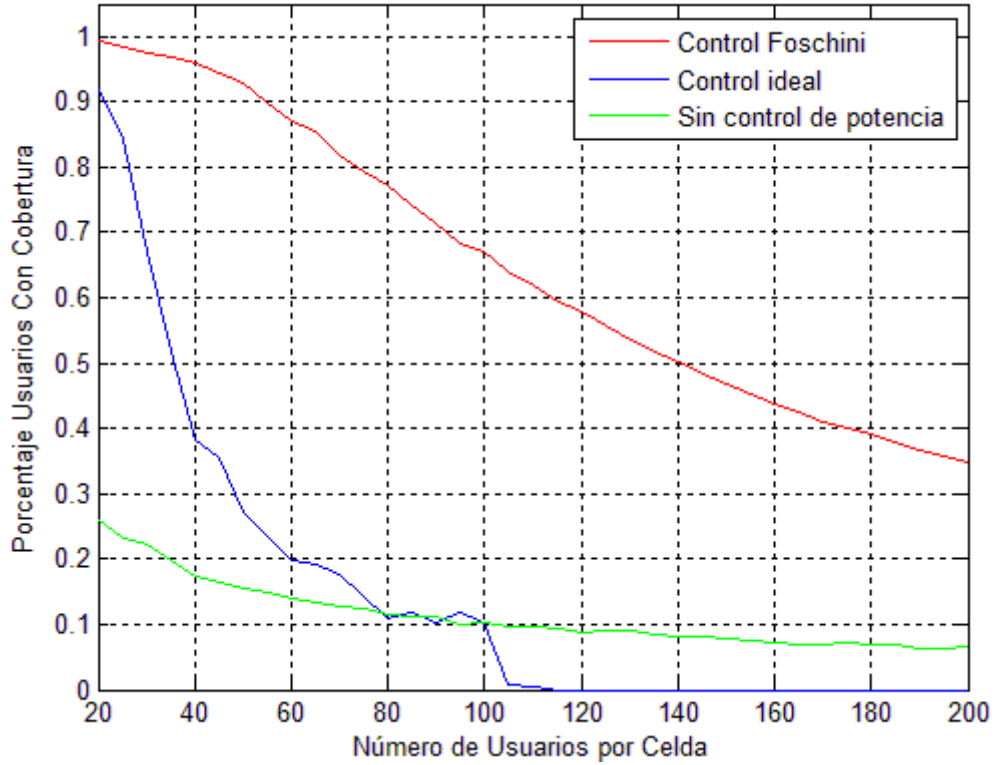


Figura B.125 Porcentaje Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda.

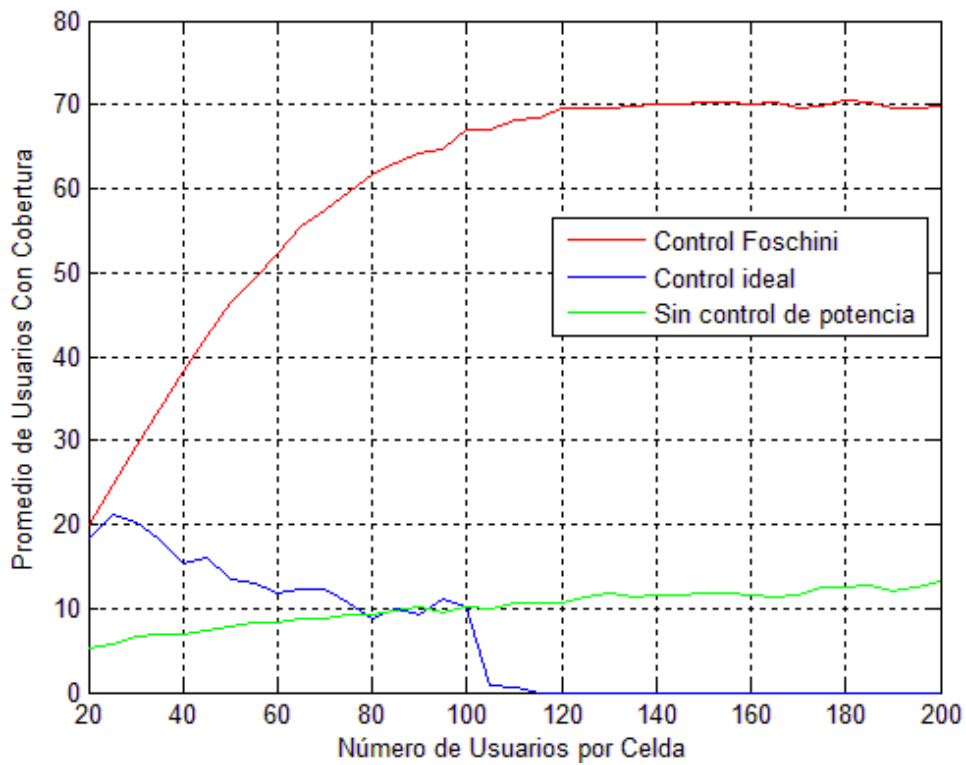


Figura B.126 Promedio Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda.

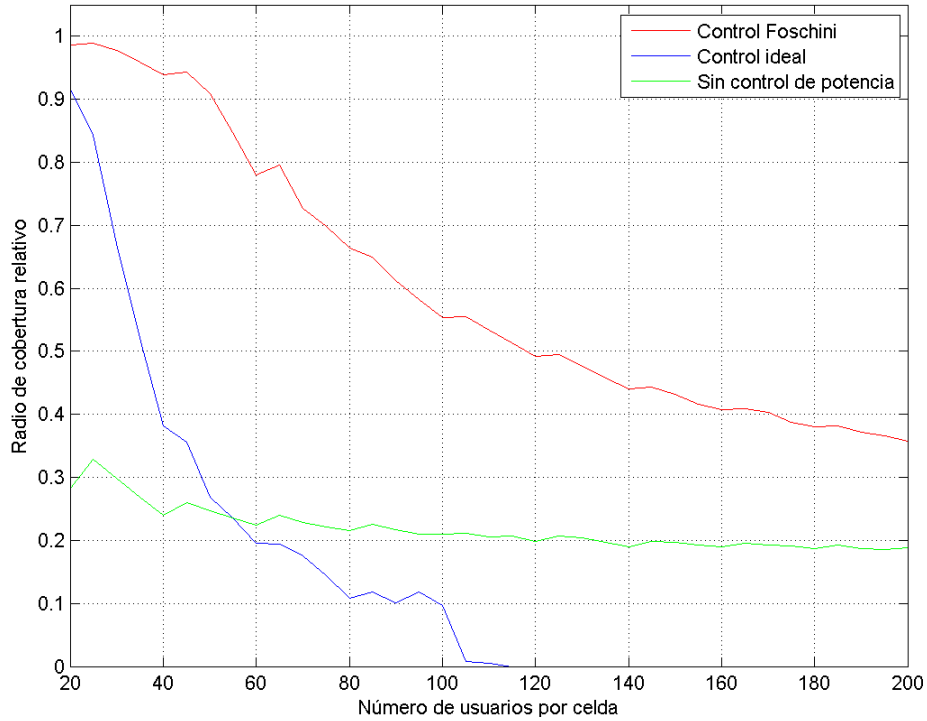


Figura B.127 Radio Cobertura vs Número de Usuarios por Celda.

| Usuarios por Celda | Primer Usuario con Cobertura [m] | Último Usuario con Cobertura [m] | Primer Usuario sin Cobertura [m] | Último Usuario sin Cobertura [m] |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 20 | 141.0608 | 927.6106 | No Existe | No Existe |
| 60 | 113.5424 | 998.4760 | 412.9463 | 990.7833 |
| 120 | 104.6454 | 975.1272 | 252.7233 | 994.4719 |
| 200 | 104.4593 | 825.6992 | 269.2516 | 997.0745 |

Tabla B.3 Distancias de la estación base del primer y último usuario con cobertura y sin cobertura, para un Radio de Celda 1 Km y una SINR de -20dB.

B.2.2.2. SINR DE -14dB

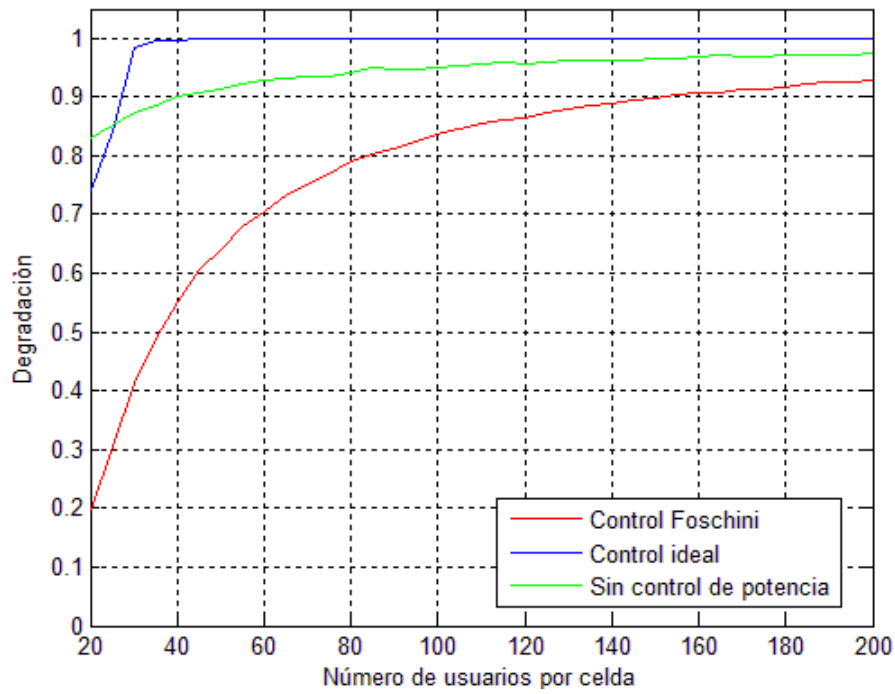


Figura B.128 Degradación vs Número de Usuarios por Celda.

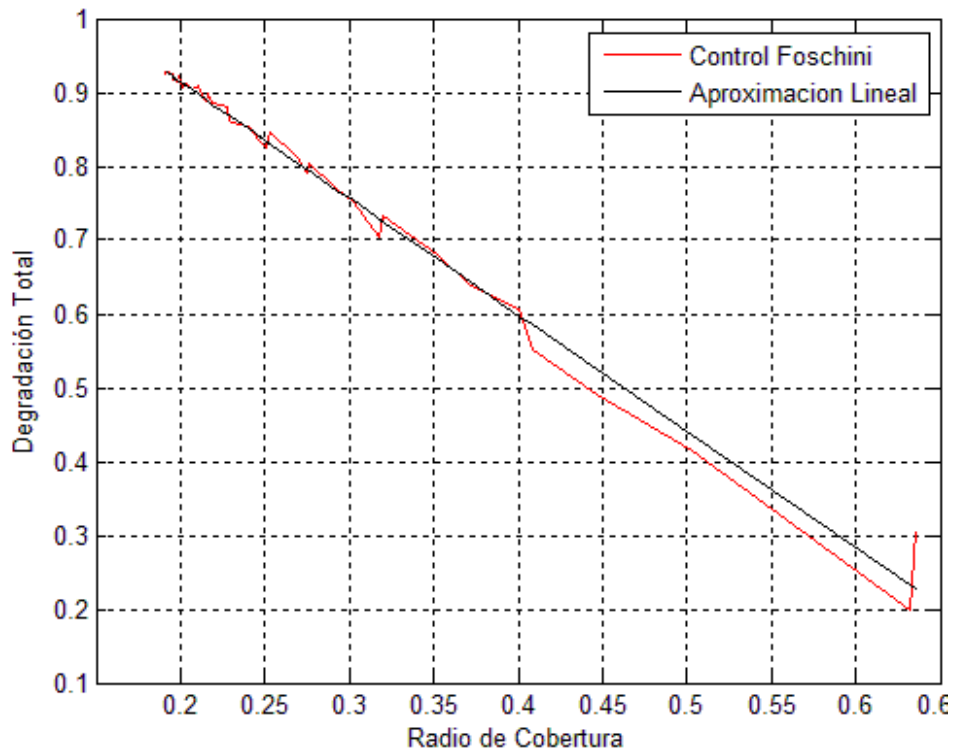


Figura B.129 Degradación vs Radio Cobertura.

Aproximación lineal

$$\%D = -1.5780R_c + 1.2296$$

Donde $\%D$ es el porcentaje de usuarios con degradación y R_c es el radio de cobertura.

Desviación 0,0525

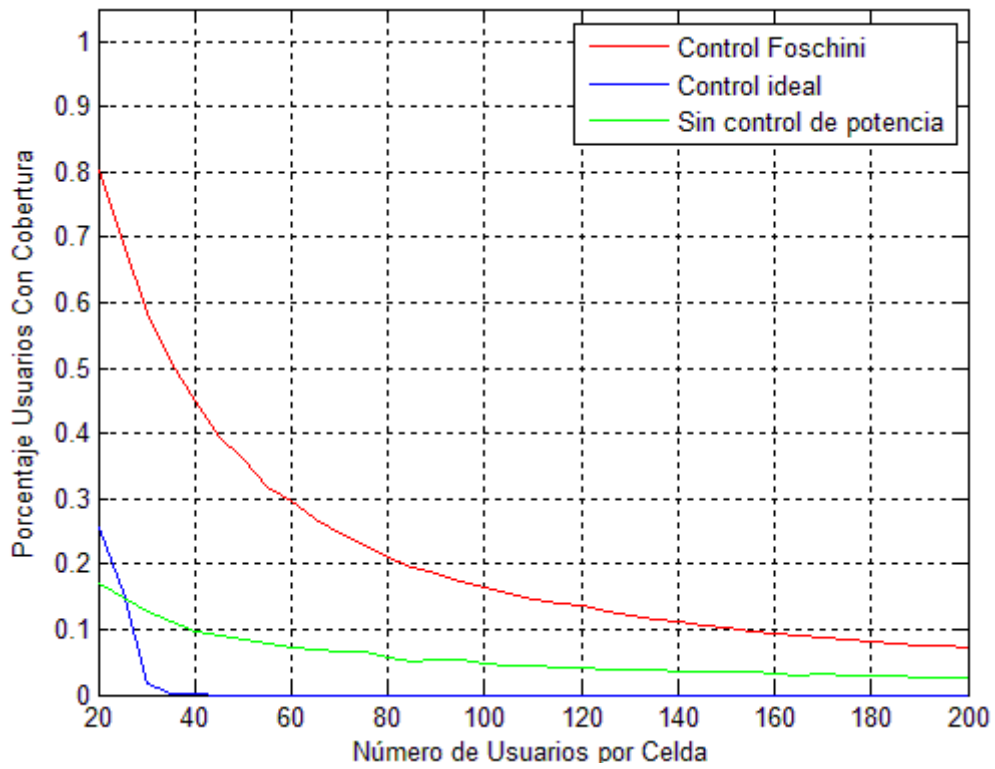


Figura B.130 Porcentaje Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda

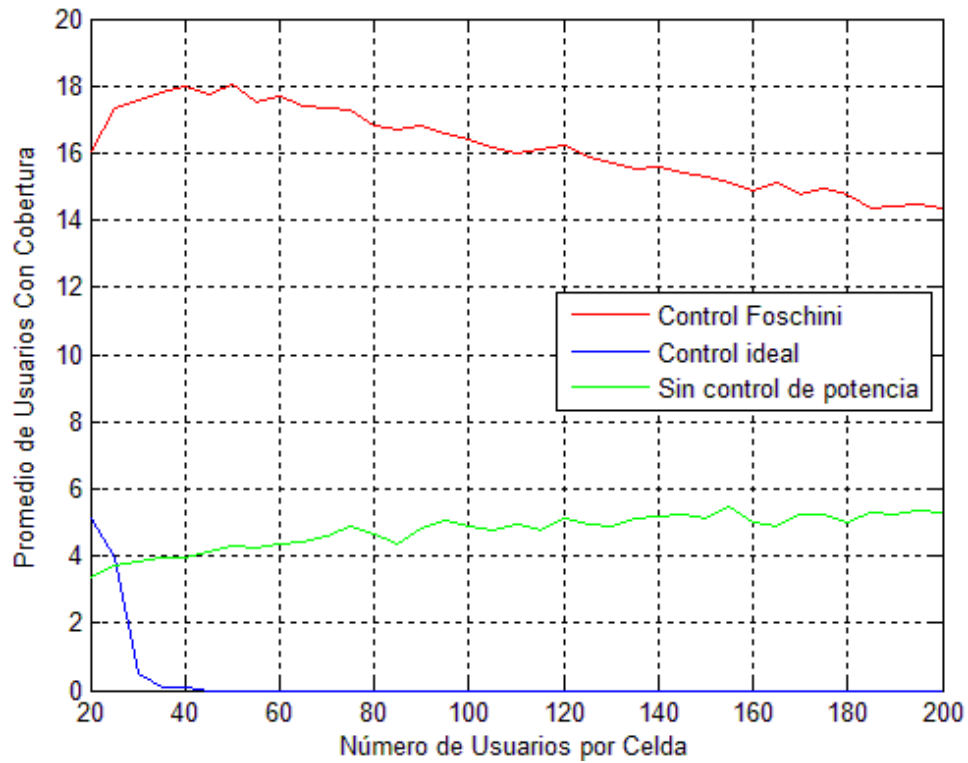


Figura B.131 Promedio Usuarios con Cobertura vs Número de Usuarios por Celda.

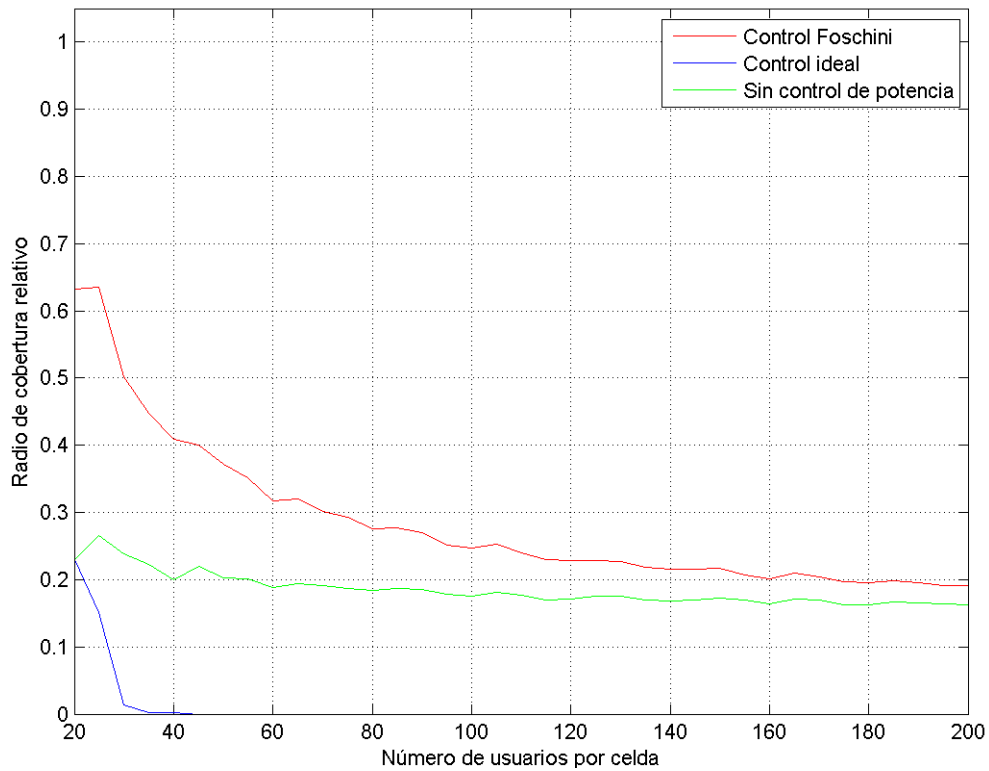


Figura B.132 Radio Cobertura vs Número de Usuarios por Celda.

| Usuarios por Celda | Primer Usuario con Cobertura [m] | Último Usuario con Cobertura [m] | Primer Usuario sin Cobertura [m] | Último Usuario sin Cobertura [m] |
|---------------------------|---|---|---|---|
| 20 | 117.5463 | 907.8481 | 818.4114 | 949.1037 |
| 60 | 157.0726 | 873.3523 | 195.5199 | 999.9155 |
| 120 | 108.7007 | 518.9825 | 149.4504 | 997.2666 |
| 200 | 103.7102 | 279.0299 | 114.7689 | 994.7789 |

Tabla B.4 Distancias de la estación base del primer y último usuario con cobertura y sin cobertura, para un Radio de Celda 1 Km y una SINR de -14dB.