

# Comparación de simulaciones de interferencias en sistemas de acceso inalámbrico móvil usando herramientas que aplican la técnica estadística de Montecarlo.

ISRAEL RICARDO BERNAL SÁNCHEZ  
CAMILO ANDRÉS VELASCO TRIANA

## RESUMEN

Este proyecto tiene como actividad asociada la comparación de los resultados de simulaciones de dos herramientas que emplean el método estadístico de Monte Carlo para determinar posibles interferencias en sistemas de acceso inalámbrico móvil, teniendo en cuenta los parámetros técnicos para el funcionamiento del internet de las cosas (IoT), debido a que actualmente en Colombia no existen normas, reglas o recomendaciones que regulen las crecientes nuevas opciones de interconexión para dispositivos que incluyen sensores y actuadores, y existe una creciente masificación de los puntos de acceso a internet para la interconexión digital de objetos por medio de radiocomunicaciones; para ello se tendrá en cuenta las recomendaciones de la UIT en particular con la Resolución UIT-R 66, UIT-R 250-1/5 y la UIT-R SM. 2028-1.

## PALABRAS CLAVES

Redes inalámbricas de área local (WAS/RLAN), Internet de las cosas (IoT), LPWAN, Comunicación orientada a máquinas (MOC), Accionador, Dispositivo, Aplicaciones máquina a máquina, Sensor, Red de sensores, Red inteligente, Redes ubicuas, Web de las cosas.

## I. INTRODUCCIÓN

El avance de las telecomunicaciones ha permitido, llegar al concepto de no solo conectar las personas entre sí, sino que, además, ya es posible la interconexión digital de objetos cotidianos con internet (el internet de las cosas), con el objetivo de que estos puedan ser identificados y gestionados por otros equipos, de la misma manera que lo harían las personas. Siendo así, llegará el punto en el que se conectarían a internet más “cosas u objetos” que personas.

Por este motivo, se hace necesario regular las frecuencias utilizadas en los sistemas de acceso inalámbrico móvil que proporcionan telecomunicaciones a un gran número de sensores y/o activadores dispersos sobre zonas amplias, con el fin de no generar interferencia entre estos sistemas. Por ello la necesidad de determinar modelos que faciliten la identificación de dichas interferencias empleando herramientas de simulación como ICS Telecom o SEAMCAT que basan su simulación en el método estadístico de Monte Carlo.

## II. OBJETIVO GENERAL

Comparar los resultados del análisis de interferencias en sistemas de acceso inalámbrico móvil con las dos herramientas ICS Telecom y SEAMCAT las cuales emplean el método estadístico de Montecarlo.

## III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar los aspectos técnicos y fundamentos teóricos de las interferencias de los sistemas de acceso inalámbrico móvil.
- Realizar simulaciones aplicando la técnica estadística de Montecarlo para evaluar interferencias usando la herramienta SEAMCAT.
- Realizar simulaciones aplicando la técnica estadística de Montecarlo para evaluar interferencias usando la herramienta ICS Telecom.
- Comparar los resultados que se obtuvieron con ICS Telecom y SEAMCAT

## IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Se puede determinar interferencias de sistemas de acceso inalámbrico móvil por medio de la metodología estadística de Montecarlo?

## V. HIPÓTESIS

Por medio del método de Montecarlo se puede evaluar diferentes escenarios de interferencias, facilitando así modelar situaciones muy complejas mediante funciones elementales relativamente simples. Esto permite variar los diferentes parámetros en un sistema inalámbrico móvil.

## VI. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

IoT es una de las aplicaciones de mayor expectativa en los últimos años, debido a que ofrece conexión a internet a dispositivos, sensores, actuadores y objetos en general, tanto de un mundo físico como virtual. Ello, permite soportar sistemas inteligentes, programables y capaces de interactuar con los seres humanos, este tipo de conectividad requiere en una mayor proporción el uso del espectro radioeléctrico.

Adicionalmente se propone el IoT como la plataforma para construir ciudades inteligentes (smart cities), lo que generará un impacto transversal en las necesidades relacionadas con educación, seguridad, agricultura, cadenas de distribución, salud, transporte, entre otros.

Por estas razones y teniendo en cuenta la necesidad de uso de espectro para las presentes y futuras aplicaciones con relación a la implementación de IoT en Colombia se hace necesario realizar

estudios para evaluar interferencias en sistemas de acceso inalámbrico móvil a un gran número de sensores y/o actuadores dispersos sobre zonas amplias en las bandas de frecuencia en sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local.

## VII. ALCANCE Y LIMITACIONES

El presente estudio pretende mostrar la comparación de interferencias en sistemas de acceso inalámbrico simulando sensores y actuadores en dos Software diferentes ICS TELECOM y SEAMCAT.

La investigación abarca solamente el uso de dos herramientas de simulación una de uso libre y otra licenciada.

## VIII. MARCO TEÓRICO

### A. INTERNET DE LAS COSAS IoT

En 1999 Kevin Ashton inventa el término “Internet of Things”, “El IoT es el mundo en el que cada objeto tiene una identidad virtual propia y capacidad potencial para integrarse e interactuar de manera independiente en la Red con cualquier otro individuo, ya sea una máquina (M2M) o un humano.”

#### Definiciones de IoT

Es una red de elementos, cada uno con sensores embebidos los cuales están conectados a Internet. *IEEE Institute. March 2014.*

Sistema donde el internet es conectado al mundo físico vía sensores ubicuos. OASIS, Open Protocols, 2014 Adopta estándares abiertos para la sociedad global de información.

Puede ser visto como una sombrilla para tecnologías interconectadas, dispositivos, objetos y servicios. IoT-A Project Es un proyecto europeo para diseñar un modelo de arquitectura como referencia para IoT.

Definiciones tomadas de Towards a definitions of internet of things, documento de IEEE sobre la contribución de una continua cambiante definición de IoT disponible en: <http://iot.ieee.org/definition.html><sup>2</sup>

El Internet de las Cosas (IoT) es un concepto de computación en donde todas las cosas, incluyendo cada objeto físico, se puede conectar – haciendo de esos objetos inteligentes, programables y capaces de interactuar con los seres humanos. Internet of Things Community, IEEE.

#### El concepto de IoT Recomendación UIT-T Y.2060

Internet de las cosas (IoT) puede considerarse un concepto ambicioso con repercusiones tecnológicas y sociales.

Desde la perspectiva de la normalización técnica, IoT puede concebirse como una infraestructura global de la sociedad de la información, que permite ofrecer servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la interoperabilidad de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) presentes y futuras.

Aprovechando las capacidades de identificación, adquisición de datos, procesamiento y comunicación, IoT utiliza plenamente los "objetos" para ofrecer servicios a todos los tipos de aplicaciones, garantizando a su vez el cumplimiento de los requisitos de seguridad y privacidad.

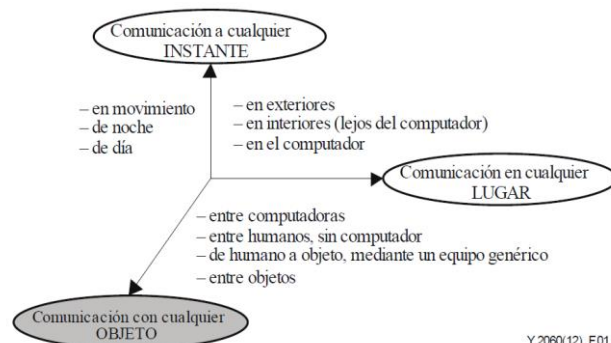


Figura 1 La nueva dimensión que introduce Internet de las cosas. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T). Recomendación UIT-T Y.2060. Descripción general de Internet de los objetos (Overview of the Internet of things). Junio de 2012. Op. cit., p. 09.

En el contexto de IoT, los objetos - cosas son objetos del mundo físico (objetos físicos) o del mundo de la información (mundo virtual) que se pueden identificar e integrar en redes de comunicación. Los objetos tienen información conexas, que puede ser estática y dinámica.

Los objetos físicos existen en el mundo físico y es posible detectarlos, actuar sobre ellos y conectarlos. Ejemplos de objetos físicos son el entorno que nos rodea, los robots industriales, los bienes y los equipos eléctricos.

Los objetos virtuales existen en el mundo de la información y se pueden almacenar, procesar y acceder a las mismas. Ejemplos de objetos virtuales son el contenido multimedia y el software de aplicaciones.

Las aplicaciones IoT son de diversos tipos, por ejemplo, "sistemas de transporte inteligente", "red de suministro eléctrico", "cibersalud" o "hogar inteligente". Pueden basarse en plataformas de aplicaciones patentadas, pero también en plataformas de servicios/aplicaciones comunes que ofrecen capacidades genéricas, tales como autenticación, gestión de dispositivos, tasación y contabilidad.

Las redes de comunicaciones transfieren datos adquiridos por los dispositivos a aplicaciones y otros dispositivos, así como instrucciones de las aplicaciones a los dispositivos. Las redes de comunicación ofrecen capacidades de transferencia de datos fiables y eficientes. La infraestructura de red IoT puede crearse mediante redes existentes, como las redes convencionales basadas en TCP/IP, y/o redes evolutivas, tales como las redes de la próxima generación (NGN).

### *Características fundamentales de IoT*

**Interconectividad:** En el contexto de IoT, todo puede estar interconectado con la infraestructura mundial de la información y la comunicación.

**Servicios relacionados con objetos:** IoT es capaz de suministrar servicios relacionados con los objetos dentro de las restricciones de objetos, como protección de la privacidad y coherencia semántica entre los objetos físicos y sus correspondientes objetos virtuales. Para ofrecer servicios relacionados con objetos dentro de las restricciones de objetos, las tecnologías en el mundo físico y en el de la información evolucionarán.

**Heterogeneidad:** Los dispositivos en IoT son heterogéneos dado que se basan en diferentes plataformas hardware y redes. Pueden interactuar con otros dispositivos o plataformas de servicios a través de redes diferentes.

**Cambios dinámicos:** El estado de los dispositivos varía dinámicamente, por ejemplo, del modo reposo al activo, conectado y/o desconectado, así como el contexto del dispositivo, como la ubicación y velocidad. Además, el número de dispositivos también puede cambiar dinámicamente.

**Escalabilidad:** El número de dispositivos que ha de gestionarse y que se comunican entre sí puede ser incluso un orden de magnitud mayor que el número de dispositivos conectados actualmente a Internet. El porcentaje de comunicación que requerirán estos dispositivos será muchísimo mayor que el de la comunicación entre humanos. Será incluso más esencial la gestión de los datos generados y su interpretación para fines de aplicación, aspectos éstos que guardan relación con la semántica de datos y la manipulación eficiente de datos.

### *Uso del Espectro para IoT*

Para definir requisitos particulares de necesidades de espectro para IoT depende de la naturaleza del servicio en particular a usar, para ello existen entre otras, diferentes perspectivas y requisitos como:

- Características de operación.
- Características de funcionalidad
- Características de uso
- Características de autorización por uso del espectro
- Características de cobertura

En muchos casos los requerimientos para servicios particulares de IoT estarán influenciados por la tecnología existente, la cual determinará los lineamientos de necesidades de espectro; Algunas de las tecnologías que están emergiendo para proveer servicios de IoT pueden ser particularizadas así:

- Tecnologías de área personal o local: Cortos rangos de conectividad con propósitos generales como wifi o bluetooth y sus respectivas versiones optimizadas.
- Tecnologías de área amplia y bajo consumo de energía (LPWAN Wide área low power technologies): Tecnologías hechas a la medida de la necesidad para ciertas aplicaciones de IoT usando espectro menor a 1GHz (sub-1GHz spectrum), estas tecnologías son capaces de proveer cobertura a un área amplia, adicionalmente está habilitadas para usar espectro licenciado o de uso libre.

- Tecnología móvil. Redes móviles existentes, como GSM, las cuales han sido usadas por varios años para proveer conectividad inalámbrica, adicionalmente se han propuesto mejoras técnicas para soportar servicios IoT más eficientes usando la infraestructura existente. Dichas mejoras incluyen interfaces para soportar eficientemente servicios IoT con 200KHz de ancho de banda por canal llamado NB-IoT y variantes del estándar LTE usado para servicios 4G optimizado para IoT, adicionalmente en un largo plazo las redes 5G emergerán para soportar eficientemente un gran rango de servicios los cuales incluyen IoT.
- Tecnologías satelitales.

Existen varias opciones de espectro que ha sido identificadas como son:

- 169.4 – 169.8125 MHz (Reto: Ancho de banda limitado comparado con otras opciones)
- 868 – 870 MHz
- 870 – 876 MHz y 915 – 921 MHz.
- 2.4 GHz/ 5 GHz para dispositivos de corto alcance (Reto: Alcance y penetración en muros)
- Redes comerciales (ejemplo GSM) (Reto: Precio y longevidad de las redes GSM)
- Soluciones con redes privadas (PMR Professional mobile radio / PAMR Public Access Mobile Radio) usando atribuciones nacionales en bandas VHF y UHF

## **B. INTERFERENCIAS**

La interferencia es todo tipo de interacción con las ondas de radio la cual se produce sobre cierta distancia, sea que se trate del acto principal deseable de la comunicación por radio entre dos terminales separadas o de interferencias no deseadas de un radio transmisor a un receptor no deseado. Por lo tanto, la evaluación de la pérdida que sufre la señal de radio durante la transición entre el emisor (la fuente de ondas de radio) y el receptor (el final de la trayectoria de radio) es una de las primeras tareas fundamentales en cualquier evaluación de la ingeniería del espectro. Esta pérdida se entiende en términos físicos como la reducción de la potencia (amplitud) de la señal de radio durante su viaje.

Según la definición en el Artículo No. 1.166 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, la interferencia es: “El efecto de energía no deseada... en la recepción en un sistema de radiocomunicaciones, que se manifiesta por una degradación en el funcionamiento, tergiversación, o pérdida de información que se pudiera extraer en ausencia de esa energía no deseada”.

### *Interferencias debidas a un interferidor*

En el modo C/I, el término “señal” se refiere a la intensidad de campo entregada por el transmisor a la entrada de la antena receptora.

Consideremos dos transmisores Tx1, Tx2 y un punto de recepción M en el mapa, en el cual Tx1 entrega una señal C1 y Tx2 una señal C2.

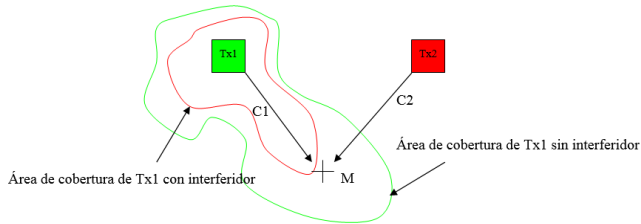


Figura 2 Víctima, interferidor y receptor

Tx1 será considerada interferente para Tx2 en el punto M si:

- $C1 \text{ (dB}\mu\text{V/m)} > \text{Umbral (dB}\mu\text{V/m)}$
- y
- $C1/C2 \text{ (dB)} < C/I \text{ Required (dB)} - \text{XPD (dB)}$

La primera condición supone que el punto pertenece al área de cobertura de Tx1 de manera que será considerado interferido. Esta condición implica que cuanto más alto sea el umbral, más pequeño será el área de cobertura y el área interferido.

La segunda condición implica que Tx1 es interferido por Tx2 siempre que la relación entre ambas señales sea menor que un valor mínimo necesario, normalmente llamado relación de protección, opcionalmente reducido por otro parámetro, llamado discriminación de polarización cruzada.

#### Intensidad de campo interferente

La intensidad de campo interferente (NFS) entregada por Tx2 en el emplazamiento del receptor relacionada con Tx1 se define según la siguiente fórmula:

$$\text{NFS (dB}\mu\text{V/m)} = C2 \text{ (dB}\mu\text{V/m)} + C/I \text{ Required (dB)} - \text{XPD (dB)}$$

#### Interferencia debida a múltiples interferidores

Consideremos tres transmisores Tx1, Tx2, Tx3 y un punto de recepción M en el mapa, en el cual Tx1 entrega una señal C1, Tx2 una señal C2 y Tx3 una señal C3.

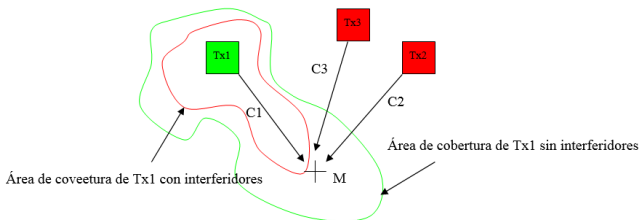


Figura 3. Víctima, interferentes y receptor

Se pueden utilizar dos definiciones diferentes para interferencias.

#### Modo interferencias independientes

En este modo, Tx1 se considera interferido en el punto M si:

- $C1 \text{ (dB}\mu\text{V/m)} > \text{umbral (dB}\mu\text{V/m)}$
- y
- $C1 \text{ (dB}\mu\text{V/m)} < \text{Max (NFS) (dB}\mu\text{V/m)}$

Esto significa que los cálculos de interferencias se realizan considerando por turnos cada interferidor sobre cada víctima y comparando la proporción de sus señales con la relación necesaria. Por ejemplo, en la Figura 3, Tx1 sólo es interferido si es interferido por Tx2 o Tx3.

Como  $C1/C2 \text{ (dB)} = C1 \text{ (dB}\mu\text{V/m)} - C2 \text{ (dB}\mu\text{V/m)}$ , el mismo criterio que el especificado anteriormente como si sólo hubiera un interferidor.

#### Modo interferencias aditivas

En este modo, Tx1 se considera interferido en el punto M si:

- $C1 \text{ (dB}\mu\text{V/m)} > \text{Umbral (dB}\mu\text{V/m)}$
- y
- $C1 \text{ (dB}\mu\text{V/m)} < \text{Sum (NFS) (dB}\mu\text{V/m)}$

Sum(NFS) queda definido según la siguiente fórmula, donde NFS(i) es el NFS debido al i-ésimo interferidor expresado en dBμV/m:

$$\text{Sum(NFS)} = 10 \times \text{Log}_{10}(\sum 10^{\text{NFS}(i)/10})$$

Este método aditivo suele conocerse como power sum ya que, en una escala lineal, corresponde a la suma cuadrática de los NFS's. Según  $C1/C2 \text{ (dB)} = C1 \text{ (dB}\mu\text{V/m)} - C2 \text{ (dB}\mu\text{V/m)}$ ,

### C. SIMULACIÓN DE MONTECARLO

La simulación de Montecarlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen los ordenadores para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos.

Los orígenes de esta técnica están ligados al trabajo desarrollado por Stan Ulam y John Von Neumann a finales de los 40 en el laboratorio de Los Alamos, cuando investigaban el movimiento aleatorio de los neutrones. En años posteriores, la simulación de Montecarlo se ha venido aplicando a una infinidad de ámbitos como alternativa a los modelos matemáticos exactos o incluso como único medio de estimar soluciones para problemas complejos. Así, en la actualidad es posible encontrar modelos que hacen uso de simulación MC en las áreas informática, empresarial, económica, industrial e incluso social. En otras palabras, la simulación de Monte Carlo está presente en todos aquellos ámbitos en los que el comportamiento aleatorio o probabilístico desempeña un papel fundamental -precisamente, el nombre de Monte Carlo proviene de la famosa ciudad de Mónaco, donde abundan los casinos de juego y donde el azar, la probabilidad y el comportamiento aleatorio conforman todo un estilo de vida.

¿Qué es la simulación de Monte Carlo? La simulación de Monte Carlo es una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística y los ordenadores para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos (por lo general, cuando se trata de sistemas cuyo estado va cambiando con el paso del tiempo, se recurre bien a la simulación de eventos discretos o bien a la simulación de sistemas continuos). La clave de la simulación MC consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables (inputs del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema. Una vez identificados dichos inputs o variables aleatorias, se lleva a cabo un

experimento consistente en generar con ayuda del ordenador muestras aleatorias (valores concretos) para dichos inputs, y analizar el comportamiento del sistema ante los valores generados. Tras repetir  $n$  veces este experimento, dispondremos de  $n$  observaciones sobre el comportamiento del sistema, lo cual nos será de utilidad para entender el funcionamiento del mismo obviamente, nuestro análisis será tanto más preciso cuanto mayor sea el número  $n$  de experimentos que llevemos a cabo.

#### D. SEAMCAT

SEAMCAT es una herramienta software de simulación basada en el Método de Monte Carlo. Este simulador ha sido desarrollado dentro del marco de la Conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones (CEPT, European Conference of Postal and Telecommunication), en concreto por la Oficina de Comunicaciones Europea (ECO, European Communications Office).

Este simulador está orientado, fundamentalmente, al modelado estadístico de diferentes escenarios de interferencia de radio. Los resultados arrojados permiten la optimización de la compartición del espectro radio-eléctrico mediante estudios de compatibilidad de bandas de frecuencia adyacentes. El modelo estadístico implementado en SEAMCAT está publicado en ERC Report 68. SEAMCAT permite el análisis de escenarios complejos de compatibilidad ofreciendo importantes características:

- Cuantificación de los niveles de interferencia. El nivel de interferencia entre dos sistemas se expresa en términos de probabilidad de capacidad de recepción de un sistema frente a la interferencia del otro.
- Consideración de las distribuciones espaciales y/o temporales de las señales recibidas. Este parámetro sirve de ayuda a la hora de realizar una planificación de frecuencias óptima.
- Puede simularse cualquier tipo de escenario independientemente del tipo de sistema radio interferido e interferente.

#### E. ICS TELECOM

La herramienta de planificación ICS Telecom es un producto de la compañía francesa ATDI, ICS Telecom es una herramienta que permite planificar las redes de comunicaciones de radio y administrar el espectro de las frecuencias.

ICS Telecom es capaz de modelar cualquier red de radio, sin importar cual sea su tamaño, desde redes locales hasta redes nacionales. ICS Telecom permite realizar evaluación de tecnologías, dimensionar infraestructuras, planificación de red, optimización del espectro, entre otros. En ICS Telecom pueden simularse todas las tecnologías de radio actuales, tanto fijas como móviles, comprendidas en la gama de frecuencia de 10kHz a 450GHz, algunas de las tecnologías que incluye son: Difusión de TV y radio analógica y digital, Comunicaciones fijas, Comunicaciones móviles, Microondas, Celular/UMTS, Radar, Satélite, Telemetría, etc

#### F. ESTADO DEL ARTE

Para realizar la simulación de la interferencia del sistema de acceso móvil se empleó la solución de conectividad de celular para internet de las cosas SIGFOX el cual se basa en una infraestructura de antenas y de estaciones de base totalmente independientes de las redes existentes una alternativa para las redes wifi usadas actualmente para este tipo de proyectos. Esta red de baja velocidad opera en la banda de 900 MHz.

#### Simulación ICS Telecom

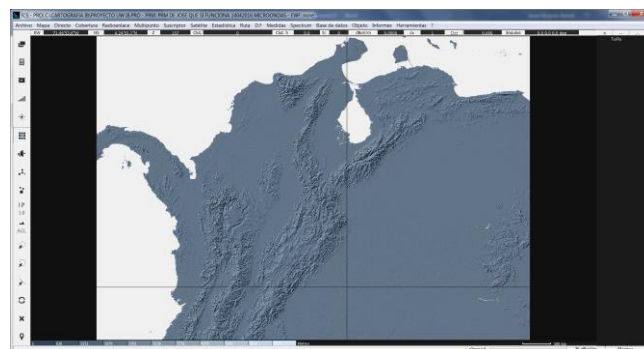


Figura 4. Entorno de trabajo ICS Telecom

Para la simulación en esta herramienta se definieron bajo los parámetros descritos en la figura 5.

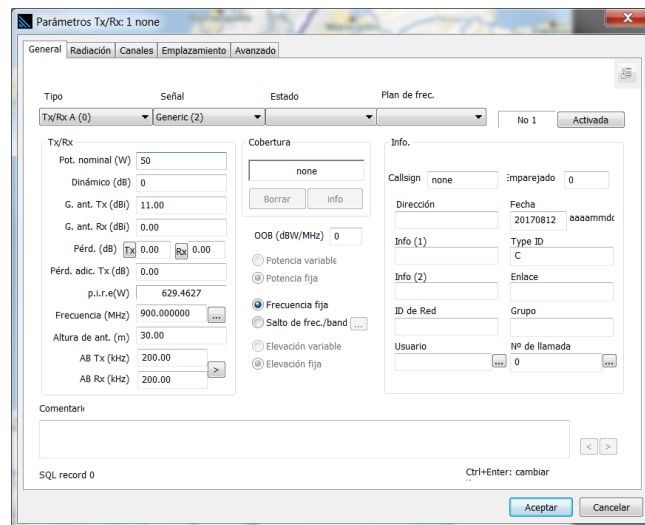


Figura 5. Parámetros de simulación

En este tipo de soluciones se emplean antenas omnidireccionales las cuales fueron configuradas en los elementos de radiación de la figura 6.

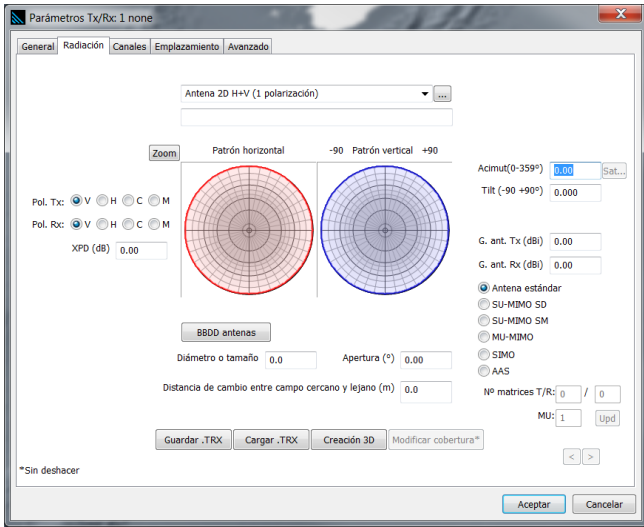


Figura 6. Parámetros de Antena

Una vez ingresado los parámetros necesarios para la simulación se procedió a realizar las posibles interferencias causadas por elementos aleatorios a nuestra estación base tal y como se aprecia en la Figura 7.

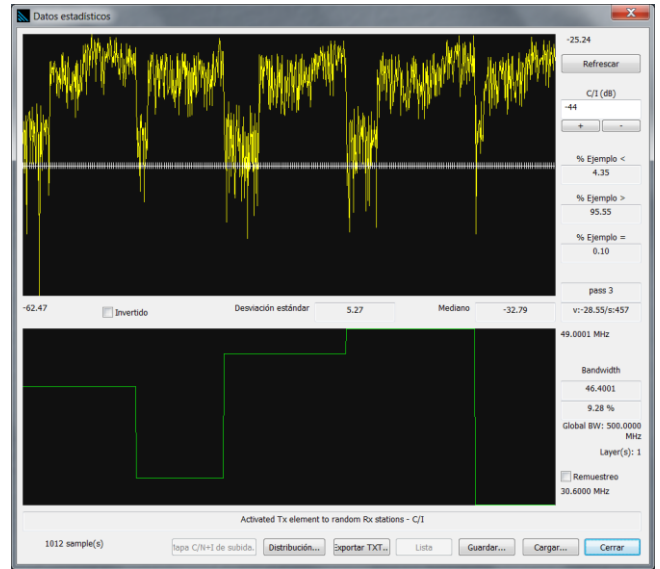


Figura 9. Resultados de la Simulación de interferencia por medio del método de Montecarlo

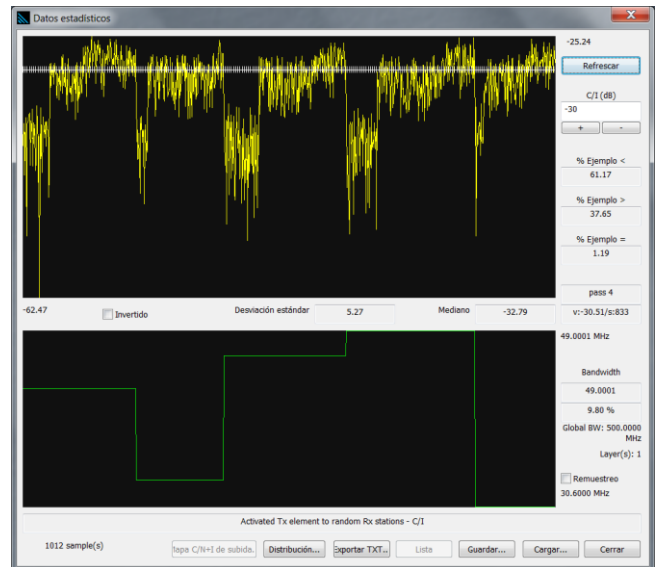


Figura 10. Resultados de la Simulación de interferencia por medio del método de Montecarlo

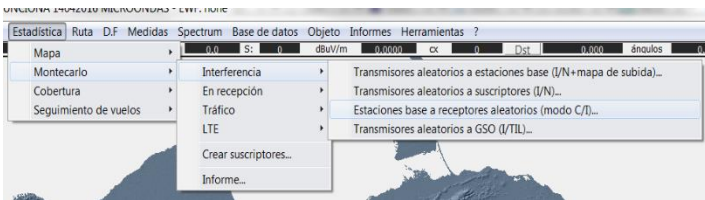


Figura 7. Interferencia Montecarlo

En la figura 8. Se muestra el escenario de la generación grafica de las posibles interferencias.

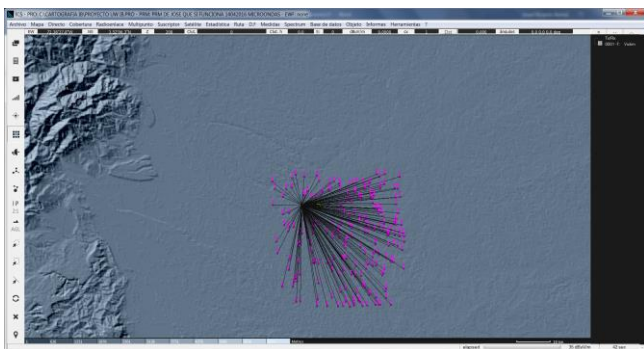


Figura 8. Generación Aleatoria de posibles interferentes

Finalmente encontramos en las Figuras 9 y 10 el resultado de la simulaciones realizadas, donde podemos variar la referencia del nivel del C/I y así mismo nos muestra el porcentaje de elementos posiblemente interferentes con nuestra estación base. Al tener esta referencia en -44 db el resultado obtenido fue de 4.35% de las estaciones generan algún tipo de interferencia por el contrario cuando este nivel pasa a ser -30 el incremento de elementos interferentes paso a ser de 61.17%.

## Simulación SEAMCAT

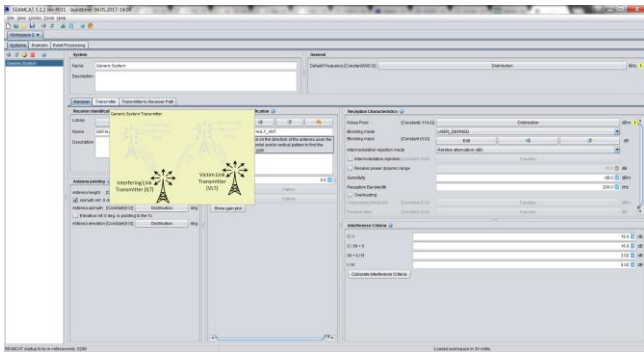


Figura 11. Entorno de Trabajo SEAMCAT

Se generaron múltiples interferencias aleatorias como se muestra en la figura 12.

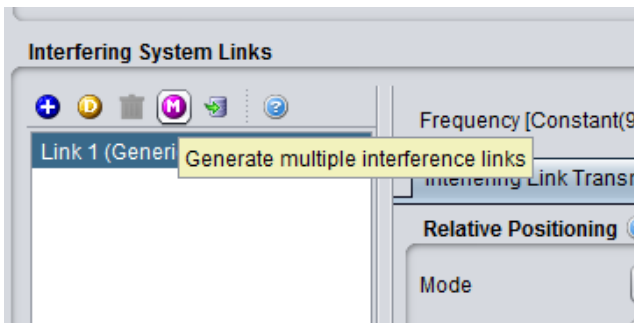


Figura 12. Generación de posibles Interferentes

Al generar enlaces múltiples de interferencia software permite elegir la cantidad de niveles de interferencia y la cantidad de enlaces en cada uno de estos niveles, siendo así se simularon 5 niveles, con 15 enlaces interferentes en cada nivel, por lo tanto, la separación entre enlaces distribuidos en cada nivel es de 24. Así mismo, la separación entre nivel se elegida fue de 0.43 Km, como se observa en la figura 13.

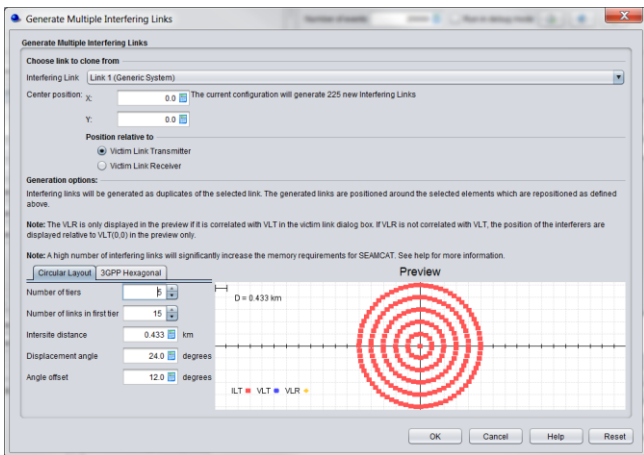


Figura 14. Parámetros de posibles interferentes

Finalmente, en las figuras 15,16 y 17 se obtienen los resultados de la simulación donde:

- ILT: transmisor de enlace interferente
- VLT: transmisor de enlace Víctima
- ILR: receptor de enlace interferente

La intensidad deseada de la señal recibida (dRSS), que es la intensidad de la señal deseada recibida en el receptor de enlace de víctima (VLR) desde el transmisor de enlace de víctima (VLT).

La intensidad de señal recibida interferente (iRSS), que es la intensidad de una señal procedente del transmisor de enlace de interferencia (ILT) recibido en el VLR.

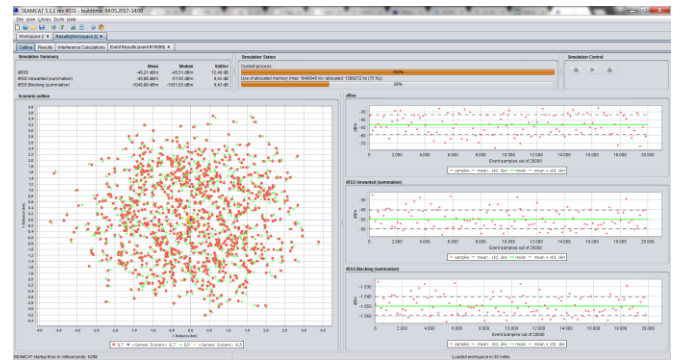


Figura 15. Resultados simulación SEAMCAT

Como se observa en la figura 16, el porcentaje de elementos posiblemente interferentes con nuestra estación base es del 82%.

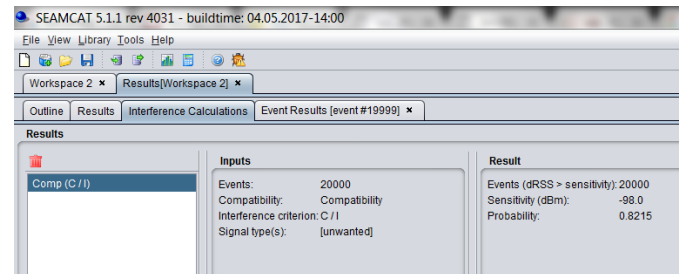


Figura 16. Resultados de la Interferencia

## IX. CONCLUSIONES

El método Monte Carlo puede abordar prácticamente todos los escenarios de radio interferencia. Esta flexibilidad se logra mediante la forma en que los parámetros del sistema se definen. Lo cual hace que sea ampliamente usado en las diferentes herramientas de simulación de sistemas de acceso móvil.

Una de las grandes ventajas del uso de un modelo estadístico para simular sistemas de radiocomunicaciones, es la capacidad de realizar efectos presentes en el ambiente de radio que son muy complejos como las emisiones fuera de banda, el bloqueo del receptor y la intermodulación.

Internet de las cosas tiene dos grandes desafíos para garantizar un correcto acceso de red; la primera se relaciona con el hecho de que hoy en día coexisten gran cantidad de redes diferentes que pueden interferir en la comunicación y el segundo se relaciona con el gran tamaño de datos del IoT, siendo así, es necesario definir y estandarizar las frecuencias de transmisión y recepción más óptimas con el fin de evitar que las señales de Internet de las cosas y las demás redes se interfieran y se vean afectadas.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASIET, EL INTERNET DE LAS COSAS: Una mirada a la actividad global de la UIT. Rambla República de México #6125, Montevideo, Uruguay, Disponible en: <http://asiet.lat/el-internet-de-las-cosas-una-mirada-a-la-actividad-global-de-la-uit/>
- [2] Roberto Minerva, Abyi Biru, Domenico Rotondi, IEEE IoT, Towards a definitions of internet of Things. 27 Mayo de 2015. Disponible en: [http://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE\\_IoT\\_Towards\\_Definition\\_Internet\\_of\\_Things\\_Revision1\\_27MAY15.pdf](http://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf)
- [3] DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS PARA PROMOVER EL INTERNET DE LAS COSAS – IoT junio 2016 ANE.
- [4] MANUAL DE GESTION DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO, Ingeniería del Espectro radioeléctrico Titulo II
- [5] Estudio de propagación de una red de DTV terrestre bajo el estándar DVB-T disponible en : <http://www.bdigital.unal.edu.co/8192/3/02299916.20122.pdf>
- [6] SEAMCAT User manual disponible en: <http://tractool.seamcat.org/wiki/Manual>
- [7] INTRODUCTION – SEAMCAT HANDBOOK disponible en: <http://confluence.seamcat.org/display/SH/1.3+Monte-Carlo+Basics>