



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO**

**INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

Análisis y diseño de una red WLAN para dar cobertura de internet en el área de la cancha de futbol de la UCSG.

**AUTOR:**

Alcívar Zambrano, Jesús Joel

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de**

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**TUTOR:**

Pacheco Bohórquez, Héctor Ignacio

**Guayaquil, Ecuador**

11 de marzo del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Alcívar Zambrano, Jesús Joel** como requerimiento para la obtención del Título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

**TUTOR (A)**

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. Pacheco Bohórquez, Héctor Ignacio**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando**

**Guayaquil, 11 de marzo del 2019**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Alcívar Zambrano, Jesús Joel**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Análisis y diseño de una red WLAN para dar cobertura de internet en el área de la cancha de futbol de la UCSG**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, 11 de Marzo del 2019**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Alcivar Zambrano, Jesús Joel**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Alcivar Zambrano, Jesús Joel**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Análisis y diseño de una red WLAN para dar cobertura de internet en el área de la cancha de futbol de la UCSG**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, 11 de marzo del 2019**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**Alcívar Zambrano Jesús Joel**

## REPORTE DE URKUND

Documento: [Tesis JESUS AL CIVAR.docx](#) (D48143162)

Presentado: 2019-02-20 14:25 (-05:00)

Presentado por: [jesus.alcivar.90@hotmail.com](mailto:jesus.alcivar.90@hotmail.com)

Recibido: [edwin.palacios.ucsp@analysis.arkund.com](mailto:edwin.palacios.ucsp@analysis.arkund.com)

Mensaje: Tesis Jesus Alcivar [Mostrar el mensaje completo](#)

0% de estas 34 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

- [TT-IMA-2018-Final-27-08-18-RevisadosinSIN2.docx](#)
- [TT-IMA-2018-Final-29-08-18-correcto2SIN3.docx](#)
- [TT-GC-A-2018-Final-30-08-18-correcto1SIN4.docx](#)
- [tesis 1er borrador 2.docx](#)
- Trabajo de titulación previo a la obtención del gra...
- previa a la obtención del Título de Ingeniero en T...

FACULTAD DE EDUCACION TECNICA

PARA EL DESARROLLO INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: Analisis y diseño de una red WLAN para dar cobertura de internet en el área de la cancha de futbol de la UCSG. AUTOR (ES):

67% #3 Activo

Archivo de registro Urkund: Universidad Católica de San... 67%

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES TUTOR:

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Se ha revisado el trabajo de titulación del alumno **Alcívar Zambrano, Jesús Joel** en la plataforma **URKUND**, y se ha aprobado con un porcentaje de plagio del 0%

**TUTOR (A)**

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. Pacheco Bohórquez, Héctor Ignacio**

## **DEDICATORIA**

Esta dedicatoria va para en primer lugar a mis padres, quienes a lo largo de mi vida me han apoyado de manera incondicional, me han brindado educación, valores y mucho amor. A mis hermanas, mis dos princesas, una de ellas mi ejemplo y modelo a seguir y la otra aquella a la que debo guiar en el largo camino que debe recorrer. A mis amigos, esas personas con las cuales he compartido momentos de alegrías y tristezas a lo largo de estos años, algunos siguieron caminos diferentes, otros aún siguen en la lucha y se graduarán pronto, pero todos ellos formaron parte de esta gran aventura. A mi novia, esa chica que me motiva día a día a seguir adelante, y a cumplir mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Católica “Santiago de Guayaquil”, a toda la Facultad Técnica para el Desarrollo, a mis profesores, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Héctor Pacheco, principal colaborador durante todo este proceso, quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. Romero Paz, Manuel de Jesús**

DECANO

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando**

COORDINADOR DE ÀREA

f. \_\_\_\_\_

**M. Sc. Zamora Cedeño, Néstor Armando**

OPONENTE

## INDICE GENERAL

<b>Indice de Figuras</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Indice de Tablas</b> .....	<b>XVI</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>XVII</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>Capítulo 1: Descripción General</b> .....	<b>2</b>
1.1. Introducción .....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Hipótesis.....	5
1.5. Metodología de investigación. ....	5
<b>Capítulo 2: Fundamentación Teórica</b> .....	<b>6</b>
2.1. Ondas electromagnéticas. ....	6
2.2. Espectro electromagnético. ....	7
2.3. División del espectro electromagnético. ....	7
2.3.1. Espectro electromagnético y telecomunicaciones.....	9
2.4. Tipos de ondas electromagnéticas según su propagación.....	10
2.5. Espectro Radioeléctrico.....	11
2.5.1. División del espectro radioeléctrico. ....	11
2.5.2. Regulación del uso del espectro radioeléctrico. ....	12

2.6.	Utilización de radiofrecuencias como medio de transmisión. ....	13
2.7.	Multiplexación inalámbrica, y técnicas de acceso múltiple. ....	14
2.7.1.	Acceso múltiple por división de tiempo.....	14
2.7.2.	Acceso múltiple por división de frecuencia.....	15
2.7.3.	Acceso múltiple por división de código.....	16
2.8.	Introducción a las Comunicaciones Inalámbricas.....	17
2.9.	Redes Inalámbricas.....	17
2.9.1.	Redes de área personal Inalámbrica (WPAN “Wireless Personal Área Network”).....	18
2.9.2.	Redes de área local inalámbrica (WLAN “Wireless Local Área Network”).....	19
2.9.3.	Redes de área metropolitana inalámbricas (WMAN “Wireless Metropolitan Area Network”).....	19
2.9.4.	Redes de área extendida inalámbricas (WWAN “Wireless Wide Área Network”).....	19
2.9.5.	Cuadro comparativo entre las tecnologías inalámbricas. ....	19
2.10.	Estándar IEEE 802.11 .....	20
2.11.	Familia IEEE 802.11 .....	22
2.12.	Arquitectura IEEE 802.11 .....	24
2.13.	Capa de acceso al medio (MAC) 802.11 .....	27
2.13.1.	Acceso inalámbrico a los medios.....	27
2.13.2.	Estaciones de Servicio. ....	28
2.13.3.	Servicios de Sistemas de Distribución.....	29

2.14. Capa física (PHY).....	30
2.15. Redes Inalámbricas de Área Local.....	32
2.16. Desafíos y limitaciones de las redes WLAN. ....	33
2.16.1. Asignación de frecuencias.....	33
2.16.2. Interferencia y confiabilidad.....	33
2.16.3. Seguridad.....	34
2.16.4. Consumo de energía.....	36
2.16.5. Seguridad humana.....	36
2.16.6. Movilidad.....	36
2.16.7. Rendimiento.....	36
2.17. Diseño de una red WLAN.....	37
<b>Capítulo 3: Aportaciones.....</b>	<b>38</b>
3.1. Ubicación geográfica del lugar.....	38
3.2. Cobertura actual de la red WiFi antes de llegar al campo de futbol.....	38
3.3. Estado de la red “wifiucsg”, protocolos de seguridad y sistema RADIUS.....	40
3.4. Proyección de la red desde el campus con destino al sector del campo de futbol de la UCSG.....	41
3.5. Diseño de la red Wifi.....	44
3.5.1. Datos técnicos y elementos de la red wifi.....	44
3.5.2. Diagrama del diseño de la red.....	47
3.5.3. Distribucion de los puntos de acceso en el area.....	48
3.5.4. Ubicación de los postes donde se colocarán los Puntos de Acceso.....	62

3.6. Costo aproximado de los materiales y equipos para la red WiFi. ...	64
<b>Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones. ....</b>	<b>65</b>
4.1. Conclusiones. ....	65
4.2. Recomendaciones. ....	65
<b>Bibliografía. ....</b>	<b>66</b>
<b>Glosario. ....</b>	<b>70</b>
<b>Anexos. ....</b>	<b>72</b>

## INDICE DE FIGURAS.

### CAPITULO 2:

Figura 2. 1 Características de una onda electromagnética .....	6
Figura 2. 2 Onda Electromagnética .....	6
Figura 2. 3 Espectro Electromagnetico .....	7
Figura 2. 4: Espectro Electromagnetico en las telecomunicaciones. ....	9
Figura 2. 5: Tipos de ondas según propagación .....	11
Figura 2. 6: Transmisión y recepción de ondas RF.....	14
Figura 2.7: Conceptos de TDMA.....	15
Figura 2. 8: Función de FDMA.....	16
Figura 2. 9: Función de CDMA.....	17
Figura 2. 10 Tipos de redes inalámbricas según su cobertura. ....	18
Figura 2. 11 La familia IEEE S02 y la relación con el modelo OSI.....	21
Figura 2. 12 Componentes físicos de una red de área local 802.11 .....	21
Figura 2. 13 Infraestructura del conjunto de servicios básicos BSS. ....	25
Figura 2. 14 Set de Servicio Extendido.....	26
Figura 2. 15 CSMA / CA .....	28
Figura 2. 16 Transmisión en secuencia directa .....	32

### CAPITULO 3:

Figura 3. 1 Ubicación de la cancha de futbol en el campus de la UCSG .....	38
--	----

Figura 3. 2 Punto de medición de intensidad de señal “wifiucsg” .....	39
Figura 3. 3 Mr WiFi Analyzer APK .....	39
Figura 3. 4 Resultados de señal en la aplicación.....	40
Figura 3. 5 Protocolos de seguridad SSID “wifiucsg” .....	41
Figura 3. 6 Ruta de la red de fibra óptica.....	42
Figura 3. 7 Distancia aproximada del tendido del enlace de fibra.....	43
Figura 3. 8 Diagrama de la cancha de futbol y la Facultad de Economía ....	43
Figura 3. 9 Simulación de los postes del tendido de la fibra. ....	44
Figura 3. 10 Ruckus T300.....	44
Figura 3. 11 Ruckus ZoneDirector 3000 .....	45
Figura 3. 12 Switch Ruckus ICX 7150-24P.....	46
Figura 3. 13 Diagrama de la red .....	48
Figura 3. 14 Mapa de lugar, utilizado en la simulación por software.....	49
Figura 3. 15 Zona donde se desea la cobertura .....	50
Figura 3. 16 Auto-Planner del software.....	50
Figura 3. 17 Numero de Puntos de Acceso. ....	51
Figura 3. 18 Ubicación de los AP según simulación en software.....	52
Figura 3. 19 Capacidad de clientes por AP.....	53
Figura 3. 20 Ancho de banda del canal .....	54
Figura 3. 21 Visualización de la cobertura del canal. 2.4 GHz.....	55
Figura 3. 22 Visualización de la cobertura del canal 5GHz.....	55

Figura 3. 23 Visualización de la cobertura del canal 2.4 GHz y 5 GHz.....	56
Figura 3. 24 Grafico Estadístico cobertura del canal 2.4GHz .....	56
Figura 3. 25 Grafico Estadístico del canal 5GHz .....	57
Figura 3. 26 Velocidad de los datos 2.4 GHz.....	57
Figura 3. 27 Velocidad de los datos 5 GHz.....	58
Figura 3. 28 Intensidad de la señal, en 2.4GHz .....	59
Figura 3. 29 Intensidad de la señal, en 2.4GHz .....	60
Figura 3. 30 Relación señal ruido .....	61
Figura 3. 31 Rendimiento teórico de la red. ....	61
Figura 3. 32 Ubicación de los postes para cada AP .....	63
Figura 3. 33 Red Malla Mesh.....	64

## INDICE DE TABLAS

### **CAPITULO 2:**

Tabla 2. 1: División del espectro electromagnético.....	8
Tabla 2. 2: Tipos de onda según su propagación .....	10
Tabla 2. 3: Nomenclatura y características de las bandas de frecuencia ....	12
Tabla 2. 4: Organismos reguladores del espectro, por país/región.....	13
Tabla 2. 5 Características de las tecnologías inalámbricas. ....	20
Tabla 2. 6 Estándares IEEE 802.11 .....	23
Tabla 2. 7 Servicios de la capa MAC .....	28
Tabla 2. 8 Servicios de sistemas de distribución. ....	29

### **CAPITULO 3:**

Tabla 3. 1 Valores en dBm y su interpretación .....	39
Tabla 3. 2 Configuración de los puntos de acceso. ....	52
Tabla 3. 3 Requerimientos mínimos de la red .....	62
Tabla 3. 4 Costo de los materiales y equipos de la red. ....	64

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un análisis técnico para el diseño de una red WLAN, que permita brindar cobertura y conectividad a internet a la zona de la cancha de futbol de la UCSG. La propuesta de la red se la estableció con la finalidad de su posible implementación, modificación o ampliación en el futuro, debido a cambios que se realicen en la infraestructura del lugar.

Este documento consta de cuatro capítulos: El Capítulo 1, lo conforma la introducción, descripción de la problemática y objetivos a cubrir en el desarrollo de los siguientes capítulos, además la hipótesis y metodología de investigación. El Capítulo 2, comprende la Fundamentación Teórica, acerca del espectro electromagnético, describiendo las bandas de frecuencia, medios de propagación y técnicas de acceso. Luego nos enfocamos en las comunicaciones inalámbricas, su clasificación, alcance y un enfoque especial en las redes inalámbricas de área local, donde se estudió el Estándar IEEE 802.11 en sus distintas variaciones, así como sus capas físicas y de acceso, además una revisión a las fortalezas y debilidades de las redes WLAN. El Capítulo 3 son las aportaciones del estudiante, donde se planteó cubrir cada uno de los objetivos específicos establecidos en el Capítulo 1, aquí se realizó el diseño de la red, la simulación de los equipos en funcionamiento con distintos valores de medición, y un presupuesto estimado de los equipos y materiales necesarios para una posible implementación.

Finalmente, las conclusiones y recomendaciones, así como la bibliografía, un breve glosario y anexos.

**PALABRAS CLAVE:** (WLAN, WIFI, AP, CAMPO DE FUTBOL, FRECUENCIA, INTERNET, SIMULACION)

## **ABSTRACT**

In the present work a technical analysis was carried out for the design of a WLAN network, which allows to provide coverage and connectivity to the internet to the area of the UCSG soccer field. The proposal of the network was established with the purpose of its possible implementation, modification or expansion in the future, due to changes that are made in the infrastructure of the place.

This document consists of four chapters: Chapter 1, consists of the introduction, description of the problem and objectives to be covered in the development of the following chapters, as well as the research methodology and hypothesis. Chapter 2, includes the Theoretical Foundation, about the electromagnetic spectrum, describing the frequency bands, propagation media and access techniques. Then we focused on wireless communications, their classification, scope and a special focus on wireless local area networks, where the IEEE 802.11 Standard was studied in its different variations, as well as its physical and access layers, as well as a revision to the Strengths and weaknesses of WLAN networks. Chapter 3 is the contributions of the student, where it was proposed to cover each of the specific objectives established in Chapter 1, here the design of the network was carried out, the simulation of the equipment in operation with different measurement values, and a budget estimated equipment and materials necessary for a possible implementation.

Finally, the conclusions and recommendations, as well as the bibliography, a brief glossary and annexes.

**KEY WORDS:** (WLAN, WIFI, AP, FOOTBALL FIELD, FREQUENCY, INTERNET, SIMULATION)

## **Capítulo 1: Descripción General.**

### **1.1. Introducción**

Desde siempre, parte vital del progreso de la sociedad se fundamenta en la necesidad de comunicarse entre sí. El uso de redes inalámbricas ha crecido vertiginosamente en velocidad de transmisión, aunque todavía no es rival para las tecnologías cableadas o de fibra óptica, pero cumple de manera satisfactoria los requerimientos de libertad de movimiento y conectividad para usuarios que utilizan dispositivos móviles. Por este medio se puede aumentar la conectividad de los usuarios en los lugares donde las redes alámbricas no pueden ser utilizadas, y mientras se encuentre conectado de forma correcta el usuario podrá enviar y recibir datos, voz y video.

Existen distintos tipos de tecnologías inalámbricas y clasificadas según su alcance y capacidad. Tenemos las de corto alcance (WPAN), como los que usan los dispositivos Bluetooth; redes de área local (WLAN), como las aplicaciones Wi-Fi, y redes de área metropolitana (WWAN) como la tecnología WIMAX. Estas tecnologías tienen un objetivo en común el cual es transmitir información en un medio libre como el aire, por lo tanto, también se convierte en una red muy susceptible a posibles ataques.

La Universidad Católica de “Santiago de Guayaquil” está en constante evolución en cuanto lo que tecnología de redes se refiere, la mayor parte del campus cuenta con cobertura de redes inalámbricas que permiten el acceso a internet a miles de estudiantes, docentes y público en general. Sin embargo, dentro del campus aún existen zonas sin cobertura, ya sea porque en esos sectores no hay mucho flujo de personas o porque son zonas nuevas, tal es el caso de la cancha de futbol cuya construcción fue finalizada a mediados del 2017.

Es por esto que en el presente trabajo se presenta una propuesta del diseño para una red WLAN que permita brindar cobertura de internet a la cancha de futbol de la UCSG. Mediante el acceso inalámbrico la flexibilidad de la red mejorara enormemente y podremos modificar la red cuando lo necesitemos en razón de la demanda que tenga o los cambios realizados en la infraestructura del lugar.

## **1.2. Planteamiento del problema**

En la actualidad todos buscamos estar conectados en cualquier momento y en cualquier lugar, y dentro de un campus universitario es indispensable. Desde que se inauguró la cancha de fútbol de la UCSG es cada vez más constante su utilización para eventos deportivos, incluso equipos del campeonato ecuatoriano de fútbol han hecho uso de esta instalación deportiva para realizar entrenamientos, por lo tanto, es necesario adecuar de manera óptima este espacio. Las telecomunicaciones son un punto primordial ya que las personas que visitan el lugar desean mantenerse conectadas a internet y debido a que es una nueva zona del campus aún no hay cobertura de la red inalámbrica de la universidad.

## **1.3. Justificación**

La mayoría de las personas de la comunidad universitaria posee al menos un dispositivo móvil inteligente con capacidad de acceder a internet, lo que permite mantenerse conectado en cualquier lugar y en un escenario deportivo es muy común ver a personas, compartiendo fotos, videos e incluso transmitiendo en vivo mediante sus dispositivos, lo cual consume muchos datos. En Ecuador menos de la mitad de los abonados de telefonía móvil poseen servicios de internet móvil y de ellos solo la mitad tiene contratado un plan de datos. Ante esta situación podemos decir que gran parte de los usuarios utilizan redes inalámbricas como el WiFi como medio para acceder a internet en sus dispositivos, incluso aquellos que poseen algún tipo de plan de internet móvil utilizan estas redes para ahorrar el consumo de datos y hacer uso aplicaciones que tienen gran flujo de información.

Como estudiante de la UCSG durante los últimos cuatros años he presenciado la evolución de muchos servicios, uno de ellos es la red inalámbrica que brinda acceso a internet a los profesores, estudiantes y público en general dentro del campus y de cómo ha pasado por múltiples etapas y cambios en cuestión de seguridad, cobertura y capacidad, es mediante esta red que podemos mantenernos conectados en nuestros dispositivos móviles.

La cancha de fútbol de la UCSG también forma parte de la evolución que antes mencione, fue inaugurada a mediados de 2017 y es por eso que aún no se encuentra acondicionada completamente, en la actualidad esta zona solo cuenta con

el campo de juego, y la zona de parqueos, pero para un sitio donde son cada vez más frecuentes los eventos deportivos y es visitado por gran cantidad de personas, existe la gran necesidad de diseñar una red WLAN que brinde cobertura, permita el acceso a internet y la transmisión de datos.

El proyecto de diseñar una red WLAN que brinde cobertura a esta zona es muy viable, ya que al estar en un espacio abierto evitamos la problemática que se presenta en interiores causada por la presencia de muros y obstáculos. Además, una de las ventajas que nos brinda esta tecnología es su flexibilidad, lo que nos permitirá en un futuro si es que se hacen adecuaciones de tipo arquitectónicas modificar la red de forma sencilla.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar una red WLAN para brindar cobertura de internet a la cancha de futbol de la UCSG.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Hacer un diagrama de la red que abarque la capa del núcleo, distribución y acceso.
- Realizar la simulación y el cálculo de los equipos necesarios para llevar a cabo este proyecto mediante la utilización del software para diseño de redes WLAN “Ekahau Site Survey”
- Analizar los diversos aspectos y funcionalidades de la red, obtenidos a partir de la simulación.
- Diseñar la red WLAN para darle cobertura de WiFi a la zona: campo de juego, perímetro de la cancha y parqueos.
- Realizar un breve costo aproximado de los materiales y equipos para la red WiFi.

#### **1.4. Hipótesis**

Con el correcto diseño de la red WLAN propuesta en el campo de fútbol de la UCSG se logrará un eficiente desempeño y cobertura de la señal de la red inalámbrica, y así brindar acceso a internet a los usuarios en esa zona.

#### **1.5. Metodología de investigación.**

La metodología utilizada en esta tesis es de tipo analítico-investigativo, que se relaciona con el análisis y estudio de temáticas relacionadas con redes inalámbricas, mediciones de cobertura mediante software, reconocimiento del espacio y planos, así como el diseño de la red basado en los datos obtenidos.

Este proyecto incluye dos tipos de investigación basándonos en el tema propuesto, el primero de tipo analítico, que consiste en realizar cálculos para obtener datos que permitan un enfoque eficaz, y el segundo de tipo documental, en razón de que el tema requiere la adquisición de conocimientos para poder actuar, modificar y diseñar.

## Capítulo 2: Fundamentación Teórica.

### 2.1. Ondas electromagnéticas.

La propagación es una forma de transporte en la que la energía se desplaza en el tiempo y espacio. Por otra parte, una onda se define como una perturbación de alguna propiedad, la cual puede ser la presión, densidad, el campo eléctrico o el campo magnético; que se propaga en un determinado medio que puede ser el agua, el aire, un metal o el vacío. (Ordóñez, 2012)

Las ondas electromagnéticas como podemos observar en la Figura 2.2, son propagaciones que se producen simultáneamente en los campos eléctricos y magnéticos, debido a una carga eléctrica que se encuentra en movimiento. (Ordóñez, 2012)

Una onda electromagnética posee características fundamentales las cuales se presentan en la Figura 2.1:

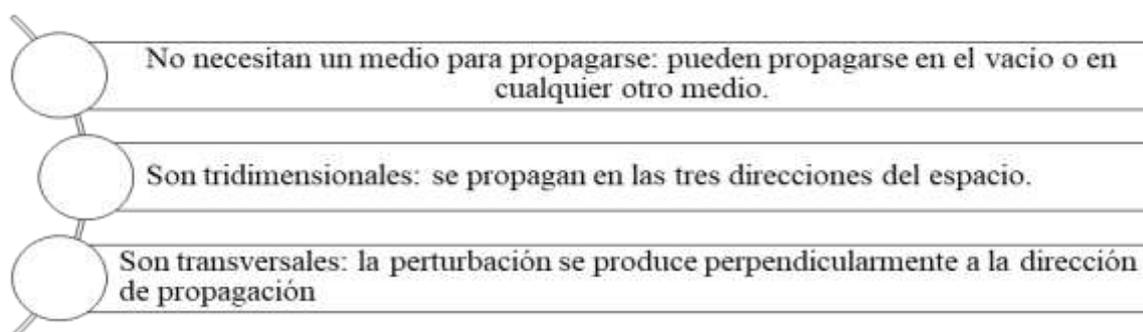


Figura 2. 1 Características de una onda electromagnética  
Elaborado por: Autor

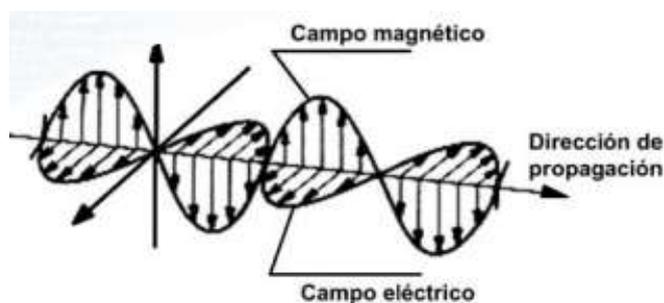


Figura 2. 2 Onda Electromagnética  
Fuente: (Ordóñez, 2012)

## 2.2. Espectro electromagnético.

El espectro no es más que el compuesto de todas las frecuencias existentes en las que se puede originar la radiación electromagnética, tiene un rango hipotético que va del cero al infinito y se organizan en un constante en relación a sus longitudes como se aprecia en la Figura 2.3, en el cual las ondas más largas se encuentran en un extremo y las más cortas en el otro.

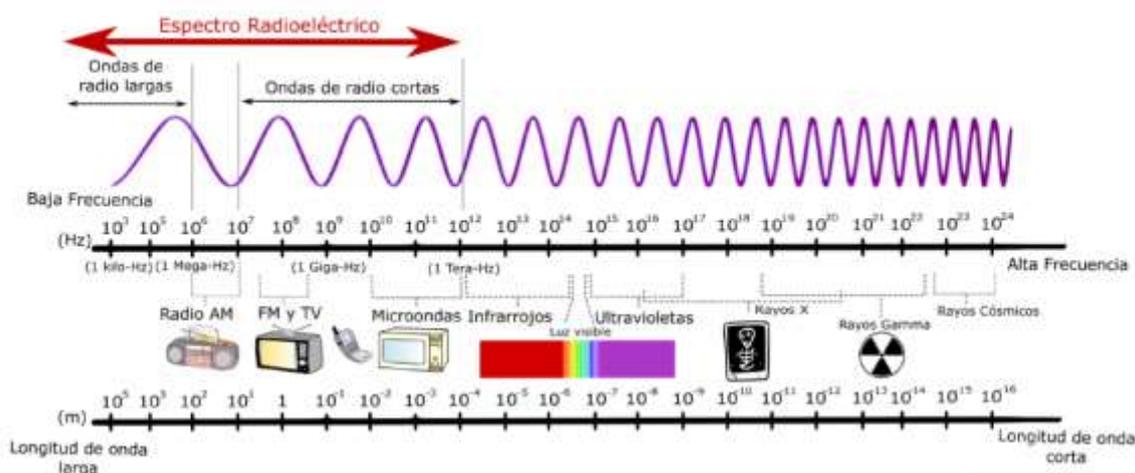


Figura 2. 3 Espectro Electromagnético  
Fuente: («Espectro electromagnético – EsOpo», s. f.)

## 2.3. División del espectro electromagnético.

Las ondas electromagnéticas no tienen un similar comportamiento en el medio de propagación, la misma naturaleza o la misma manera de interacción con la materia. Por ello, el espectro electromagnético se divide convencionalmente en segmentos o bandas de frecuencia. Esta clasificación se ha realizado en función de diversos criterios, y de cualquier manera no es exacta, produciéndose en ocasiones solapamientos en las bandas, pudiendo una frecuencia quedar por tanto incluida en dos rangos. (Ordóñez, 2012)

En la tabla 2.1, se muestra la clasificación del espectro electromagnético, con las características respectivas de las distintas ondas.

Tabla 2. 1: División del espectro electromagnético

		Longitud de onda	Frecuencia	Energía
<b>Radio</b>	Muy Baja Frecuencia	> 10 km	< 30 KHz	< 1.99 e-29 J
	Onda Larga	< 10 km	> 30 KHz	> 1.99 e -29 J
	Onda media	< 650 m	> 650 KHz	> 4.31 e-28 J
	Onda corta	< 180 m	> 1.7 MHz	> 1.13 e-27 J
	Muy alta frecuencia	< 10 m	> 30 MHz	> 2.05 e-26 J
	Ultra alta frecuencia	< 1 m	> 300 MHz	> 1.99 e-25 J
<b>Microondas</b>		< 30 cm	> 1.0 <3hz	> 1.99 e-24 J
<b>Infrarrojo</b>	Lejano / submilimetrico	< 1 mm	> 300 GHz	> 199 e-24 J
	Medio	< 50 um	>6.0 Thz	> 3.98 e-21 J
	Cercano	< 2.5 um	> 120 Thz	> 79.5 e-21 J
<b>Luz Visible</b>		< 780 nm	> 384 Thz	> 255 e-21J
<b>Ultravioleta</b>	Cercano	< 380 nm	> 789 Thz	> 523 e-21J
	Extremo	< 200 nm	> 1.5 Phz	> 993 e-21J
<b>Rayo X</b>		< 10 nm	> 30.0 Phz	> 19.9 e-18 J
<b>Rayos Gamma</b>		< 10 pm	> 30.0 Ehz	> 19.9 e-15 J

Elaborado por: Autor

Existen una multitud de aspectos a tener en cuentas para formar diferentes clasificaciones del espectro electromagnético y para utilizar las diferentes frecuencias para distintos propósitos. Entre los elementos a tener en cuenta se encuentran:

**Atenuación con la frecuencia:** Con carácter general, a menor frecuencia menor atenuación de la señal y por tanto mayor alcance o cobertura. (Ordóñez, 2012)

**Afectación de la climatología:** Factores como lluvia, nieve, niebla, calor, etc., no afectan por igual a las diferentes frecuencias del espectro. (Ordóñez, 2012)

**Comportamiento frente a obstáculos:** Importante para cubrir grandes distancias y para ubicar repetidores. Esta capacidad disminuye al aumentar la frecuencia. (Ordóñez, 2012)

**Capacidad de penetración:** Fundamental para la cobertura en interiores, varía con la frecuencia. (Ordóñez, 2012)

**Coste de los equipos:** En general, a frecuencias más altas, mayor es el coste de los equipos de emisión, recepción y tratamiento de la señal. (Ordóñez, 2012)

**Capacidad de transmisión:** El ancho de banda es fundamental en comunicaciones. A frecuencias bajas hay menos espectro disponible para compartir y además las tasas de transmisión son muy bajas. (Ordóñez, 2012)

**Comportamiento frente a las capas atmosféricas:** Las distintas frecuencias no se comportan igual en la ionosfera o en la troposfera, e incluso hay ondas que se propagan por la superficie terrestre. Existen así diversos modos de propagación de las ondas. (Ordóñez, 2012)

### 2.3.1. Espectro electromagnético y telecomunicaciones.

Las ondas electromagnéticas, convenientemente tratadas y moduladas, pueden emplearse para la propagación de información, dando lugar a un tipo de telecomunicación. A la fecha se utilizan masivamente ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias para la transferencia de información por medios guiados y por medios no guiados. Las frecuencias utilizadas en cada proceso dependen del comportamiento de las mismas en los diferentes materiales utilizados como medios de transmisión como se puede ver en la Figura 2.4, así como de la velocidad de transmisión deseada. (Ordóñez, 2012)

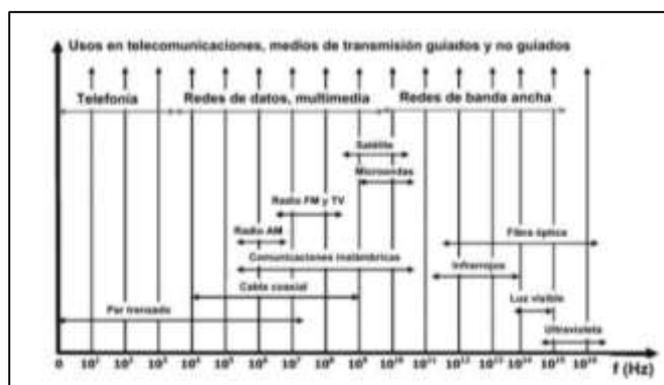


Figura 2. 4: Espectro Electromagnético en las telecomunicaciones.

Fuente: (Ordóñez, 2012)

## 2.4. Tipos de ondas electromagnéticas según su propagación.

En la comunicación los modos de propagación de una onda electromagnética son muy importantes, y estos dependen de la frecuencia de la onda y de las características eléctricas del terreno subyacente y de la atmósfera. (Ordóñez, 2012)

Cómo se observa en la Tabla 2.2, pueden distinguirse diferentes modos de propagación o tipos de onda

Tabla 2. 2: Tipos de onda según su propagación

Tipo de onda	Subdivisión	Frecuencia	Características
<b>Onda de superficie</b>		Inferiores a 30 MHz	Largos alcances y gran estabilidad de las señales
<b>Onda ionosférica</b>		3 y 30 MHz	Grandes alcances, pero cierto grado de inestabilidad en las señales
<b>Onda espacial</b>		Superiores a 30 MHz	Onda estable, aunque limitada aproximadamente al campo de visión directa, pudiendo ser afectada por desvanecimientos de señal
	<b>Onda directa</b>		Enlaza transmisor con receptor
	<b>Onda reflejada</b>		Conecta el transmisor y el receptor a través de una reflexión en el terreno subyacente.
	<b>Ondas de multitrayecto</b>		Alcanzan el receptor tras sufrir reflexiones en capas frontera de estratos troposféricos.
<b>Onda de dispersión troposférica</b>			Pérdidas muy elevadas, sujeto a desvanecimientos profundos.

Elaborado por: Autor

El medio de transmisión influye en la propagación de las ondas electromagnéticas mediante fenómenos físicos como reflexión, refracción, difracción, dispersión o absorción, entre otros. Sus efectos dependen del medio (tipo de terreno, condiciones y capas de la atmósfera), así como de la frecuencia y de la polarización de la onda emitida. Por ejemplo, a partir de ciertas altas frecuencias las ondas pueden atravesar las capas de la atmósfera, dando lugar a comunicaciones con el espacio exterior empleando satélites espaciales para comunicaciones. (Ordóñez, 2012)

En la figura 2.5 se establecen los tipos de ondas según su propagación en los distintos medios de transmisión.

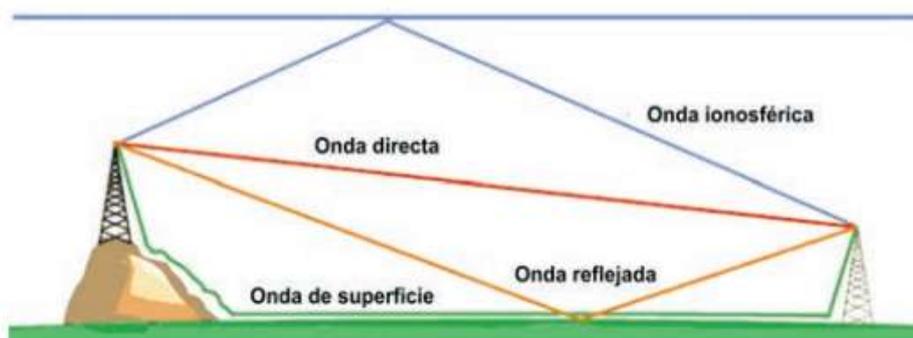


Figura 2. 5: Tipos de ondas según propagación  
Fuente: (Ordóñez, 2012)

## 2.5. Espectro Radioeléctrico

El espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado compuesto por todas las ondas radioeléctricas (en las frecuencias entre 9 KHz y 3000 GHz) que se propagan a través del espacio sin la necesidad de una guía artificial. (Feijóo, Gómez-Barroso, & Mochón, 2009)

A través del espectro radioeléctrico, es posible proporcionar una gran cantidad de servicios de telecomunicaciones que son cada vez más importantes para el desarrollo del país y el desarrollo económico. El espectro radioeléctrico está considerado por la Constitución como un sector estratégico, por lo que el estado se reserva el derecho de administración, regulación, control y gestión. En este contexto, la legislación ecuatoriana de telecomunicaciones lo define como un recurso natural limitado que pertenece al dominio público del estado, inmutable e imprescriptible. (Ecuador, 2018)

### 2.5.1. División del espectro radioeléctrico.

El espectro electromagnético se divide en diferentes bandas de frecuencia tal como se muestra en la Tabla 2.3, el espectro radioeléctrico comprende convencionalmente a 9 de estas bandas: desde la banda 4 (VLF) hasta la banda 12.

Tabla 2. 3: Nomenclatura y características de las bandas de frecuencia

BANDA	SÍMBOLO	FRECUENCIA	LONGITUD DE ONDA	NOMENCLATURA	ABREV.
-1	ELF	0,03 Hz < f < 0,3 Hz	1 Gm 5 X < 10 Gm	Gigamétricas	B.Gm
0		0,3 Hz < f < 3 Hz	100 Mm 5 A < 1 Gm	Hectomegamétricas	B.hMm
1		3 Hz < f < 30 Hz	10 Mm 5 X < 100 Mm	Decamegamétricas	B.daMm
2	SLF	30 Hz < f < 300 Hz	1 Mm < A < 10 Mm	Megamétricas	B.Mm
3	ULF	300 Hz < f < 3.000 Hz	100 km 5 A < 1 Mm	Hectokilométricas	B.hkm
4	VLF	3 kHz < f < 30 kHz	10 km 5 A < 100 km	Míriamétricas	B.Mam
5	LF	30 kHz < f < 300 kHz	1 km 5 A < 10 km	Kilométricas	B.km
6	MF	300 kHz < f < 3.000 kHz	100 m 5 A < 1 km	Hectométricas	B.hm
7	HF	3 MHz < f < 30 MHz	10 m 5 A < 100 m	Decamétricas	B.dam
8	VHF	30 MHz < f < 300 MHz	1 m 5 A < 10 m	Métricas	B.m
9	UHF	300 MHz < f < 3.000 MHz	100 mm 5 A < 1 m	Decimétricas	B.dm
10	SHF	3 GHz < f < 30 GHz	10 mm 5 A < 100 mm	Centimétricas	B.cm
11	EHF	30 GHz < f < 300 GHz	1 mm 5 A < 10 mm	Milimétricas	B.mm
12		300 < f < 300.000 GHz	100 pm 5 A < 1 mm	Decimilimétricas	B.dmm
13		3 < f < 30 THz	10 pm 5 A < 100 μm	Centimilimétricas	B.cmm
14		30 < f < 300 THz	1 pm 5 A < 10 μm	Micrométricas	B.μm
15		300 < f < 3.000 THz	100 nm 5 A < 10 μm	Decimicrométricas	B.dμm

Símbolos:  
 Hz: hertzio  
 k: kilo (10<sup>3</sup>), M: mega (10<sup>6</sup>), G: giga (10<sup>9</sup>), T: tera (10<sup>12</sup>)  
 μ: micro (10<sup>-6</sup>), m: mili (10<sup>-3</sup>), c: centi (10<sup>-2</sup>), d: deci (10<sup>-1</sup>)  
 da: deca (10), h: hecto (10<sup>2</sup>), Ma: miria (10<sup>4</sup>).

Fuente: (Ordóñez, 2012)

### 2.5.2. Regulación del uso del espectro radioeléctrico.

El uso del espectro de RF, sus términos y usos de bandas de frecuencia pueden ser usados para diferentes servicios, licenciados y no licenciados, siendo los

niveles de potencia de transmisión permitidos para diferentes formatos de señal controlados por autoridades responsables, países o regiones.

Aunque existan concordancias en regulación del espectro entre varios países y ciudades establecidas, denominadas por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), como observamos en la Tabla 2.4, existen diferencias en las asignaciones del espectro y otras condiciones por lo cual las diferentes regiones tienen su propio organismo regulador.

Tabla 2. 4: Organismos reguladores del espectro, por país/región

<b>Región</b>	<b>Siglas</b>	<b>Organismo regulador</b>
USA	FCC	Comisión Federal de Comunicaciones
Canadá	IC	Industria Canadá
Europa	ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
Japón	ARIB	Asociación de Industrias y Negocios de la Radio

Fuente: (Rackley, 2007)

## **2.6. Utilización de radiofrecuencias como medio de transmisión.**

Las ondas de radio se propagan en línea recta en varias direcciones simultáneamente. En el vacío, las ondas de radio se dispersan a 3.108 m / s. Sin embargo, en cualquier otro medio, las ondas de radiofrecuencias sufren debilitaciones debido a múltiples factores como la refracción, reflexión, absorción y difracción. (EcuRed contributors, 2014)

En la figura 2.6, se expresa el proceso de transmisión y recepción, en el instante en que la onda de radiofrecuencia ejerce acción en el conductor eléctrico (antena), induce un movimiento de carga eléctrica (corriente eléctrica) que se puede convertir en señales de audio otra información. La función del transmisor es producir un portador cuyas propiedades se modifiquen de acuerdo con las señales que se transmitirán y aumentar la onda portadora ya modulada. El receptor recoge la onda y la "demodula" para que solo la señal transmitida llegue al espectador auditivo.



Figura 2. 6: Transmisión y recepción de ondas RF  
Fuente: («Ondas Electromagnéticas Guiadas», 2018)

## 2.7. Multiplexación inalámbrica, y técnicas de acceso múltiple.

Las técnicas de multiplexado tienden a aumentar la eficiencia de la transmisión, transmitiendo múltiples señales o flujos de datos en un solo medio. La capacidad que se logra es mucho más grande, y se puede utilizar para darle a un usuario una tasa de datos más alta o para permitir que varios usuarios acceden al medio simultáneamente sin interferencias.

El acceso del usuario al ancho de banda se puede separar por varios medios: Por tiempo (Time Division Multiple Access, TDMA), por frecuencia (Frequency Division Multiple Access, FDMA o OFDMA), por espacio (Space Division Multiple Access, SDMA) o asignando a los usuarios códigos únicos (Code Division Multiple Access, CDMA). (Sarango & Danilo, 2017)

### 2.7.1. Acceso múltiple por división de tiempo

El acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) les asigna a los usuarios una misma frecuencia durante breves intervalos de tiempo, periódicamente, de tal forma que ellos efectúan transmisiones discontinuas en esa frecuencia portadora mediante ráfagas o paquetes de información. El sistema dispone de mecanismos de direccionamiento y sincronización, de forma que cada receptor extrae del flujo de señal únicamente las ráfagas destinadas al mismo e ignora las demás.

En la figura 2.7 se muestran los conceptos referentes a esta forma de acceso múltiple.

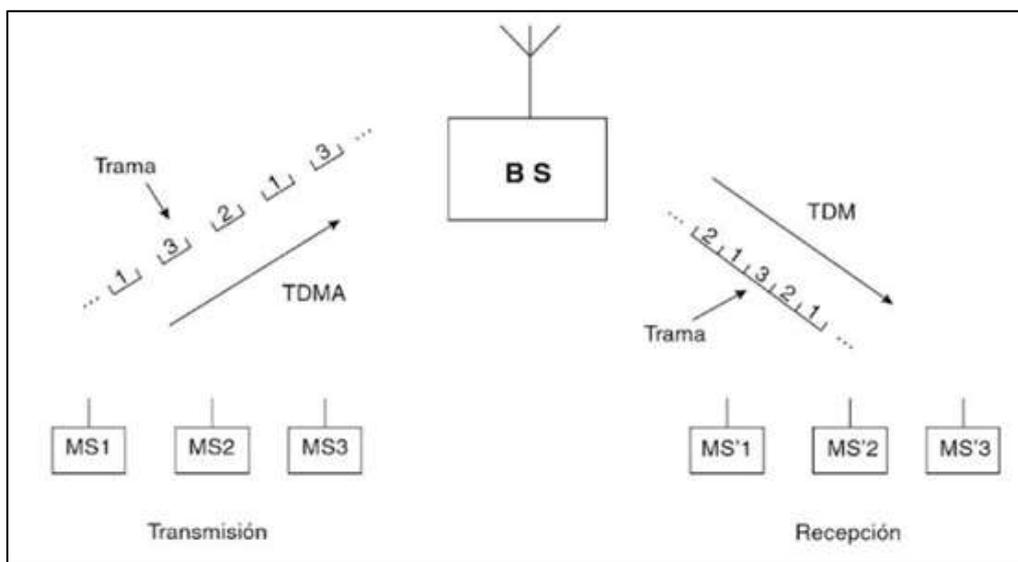


Figura 2.7: Conceptos de TDMA  
Fuente: (Rábanos, Tomás, & Salís, 2015)

En el enlace ascendente llegan a la estación base (BS) las ráfagas 1, 2, 3 ... procedentes de los terminales, en tramas sucesivas. Las ráfagas no suelen ser estrictamente contiguas, aunque se hayan emitido con sincronización, pues proceden de terminales situados a diferentes distancias de la BS. Entre ellas pueden existir pequeños intervalos. Este tipo de llegadas individuales constituye el TDMA básico. Cada terminal realiza su emisión modulando digitalmente una portadora con los bits de la ráfaga. (Rábanos, Tomás, & Salís, 2015)

En el enlace descendente, la información que transmite la BS se organiza también en una trama, pero con intervalos consecutivos en forma de multiplex por división de tiempo TDM (Time División Múltiplex), con sus ráfagas de bits. Esta señal TDM modula la portadora del enlace descendente y se irradia en difusión a todos los terminales. Cada terminal extraerá la información del intervalo que tenga asignado, una vez por trama. (Rábanos, Tomás, & Salís, 2015)

### 2.7.2. Acceso múltiple por división de frecuencia.

El método de Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), se basa en la separación en frecuencias. La anchura de banda disponible se divide en radiocanales, cada radiocanal se asigna a un único usuario. Cada receptor o grupo de receptores selecciona, mediante un filtro el radiocanal deseado. (Rábanos, Tomás, & Salís, 2015)

En la figura 2.8 se representa, como ejemplo, un sistema FDMA con 3 radiocanales, realizándose una recepción en el radiocanal 2.

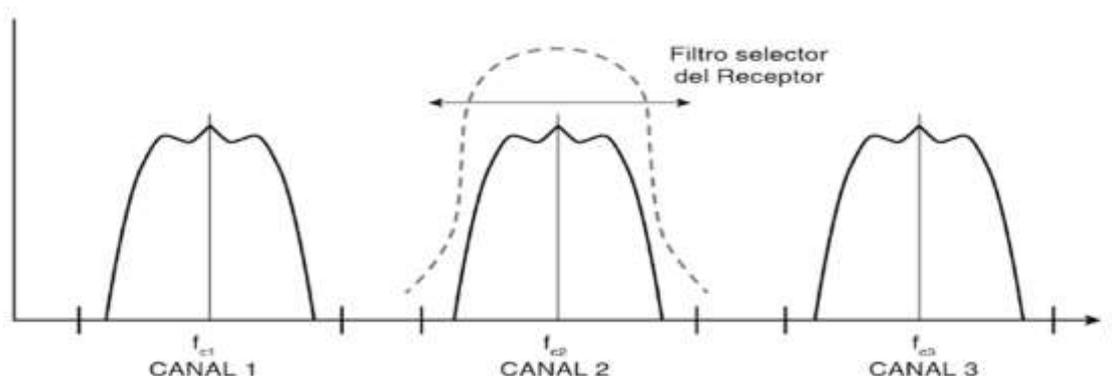


Figura 2. 8: Función de FDMA  
Fuente: (Rábanos, Tomás, & Salís, 2015)

### 2.7.3. Acceso múltiple por división de código.

El método Acceso múltiple por división de código CDMA, otorga a cada canal la totalidad del volumen espectral disponible: toda la anchura de banda, durante todo el tiempo y en toda la zona de cobertura, de forma que permite la transmisión simultánea de varias comunicaciones que emplean todas ellas los mismos recursos a la vez como se muestra en la Figura 2. 9. En consecuencia, se genera una intensa interferencia, por lo que deben establecerse mecanismos para poder extraer cada comunicación individual del conjunto de señales interferentes. Ello se realiza mediante la asignación a cada comunicación de un código único que se combina con la información transmitida. (Rábanos, Tomás, & Salís, 2015)

La propiedad de ortogonalidad es la base de CDMA, es decir que entre todos los códigos asignados ninguno interfiere entre sí. Por esto, se la utiliza en la telefonía móvil para garantizar que muchos usuarios, cada uno asignado un código de acceso ortogonal único, puede transmitir y recibir sin interferencia dentro de una sola célula de red. (Sarango & Danilo, 2017)

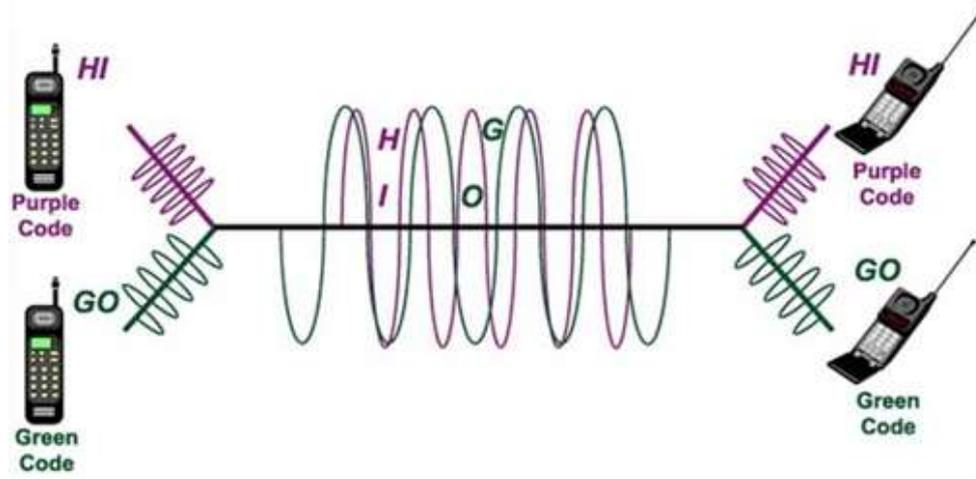


Figura 2. 9: Función de CDMA  
Fuente: (Sarango & Danilo, 2017)

## 2.8. Introducción a las Comunicaciones Inalámbricas.

En puntos anteriores se detallaron diferentes conceptos referentes a comunicación inalámbrica, empezando por el espectro, sus divisiones, las frecuencias que se utilizan para comunicaciones, los múltiples factores que influyen en la transmisión, propagación y recepción de ondas de radio, lo cual nos brindara un soporte teórico referente al concepto de comunicación inalámbrica.

Se conoce como comunicaciones inalámbricas a los sistemas de radio frecuencia entre puntos y multipuntos que no poseen una comunicación continua mediante un cable transmisor ni receptor, los sistemas de comunicaciones inalámbricas son precedidos por medio de pulsos electromagnéticos o pulsos de ondas moduladas en el espacio, siendo que los sentidos físicos solo se encuentren en la parte de transmisión y recepción. (Sarango & Danilo, 2017)

Las tecnologías inalámbricas brindan grandes ventajas en cuanto a costos y movilidad, esto gracias a que no es necesaria una conexión física entre los dispositivos, además, brinda a los usuarios la posibilidad de estar en movimiento dentro de una amplia área de cobertura. (Baquero & David, 2016)

## 2.9. Redes Inalámbricas.

Las redes inalámbricas son comúnmente asociadas a la transmisión de datos, en situaciones donde antiguamente se usaban redes cableadas.

La transmisión y la recepción se efectúan a través de antenas. Normalmente, el emisor tiene una sola antena, pero puede tener varias, ya que existen sistemas que emplean dos, tres e incluso hasta cuatro antenas. Unas antenas se usan para la emisión, otras para la recepción y normalmente, la mayoría de las veces, la misma antena permite actuar de ambos modos. También podemos trabajar con antenas intermedias (alcanzando distancias de pocos metros) o repetidoras (alcanzando decenas de kilómetros). (Andreu, 2011)

En forma general, este tipo de redes inalámbricas tienen como finalidad brindar conexión a dispositivos móviles, es por ello que se hace evidente una clasificación según el alcance de su cobertura como podemos observar en la Figura 2.10.

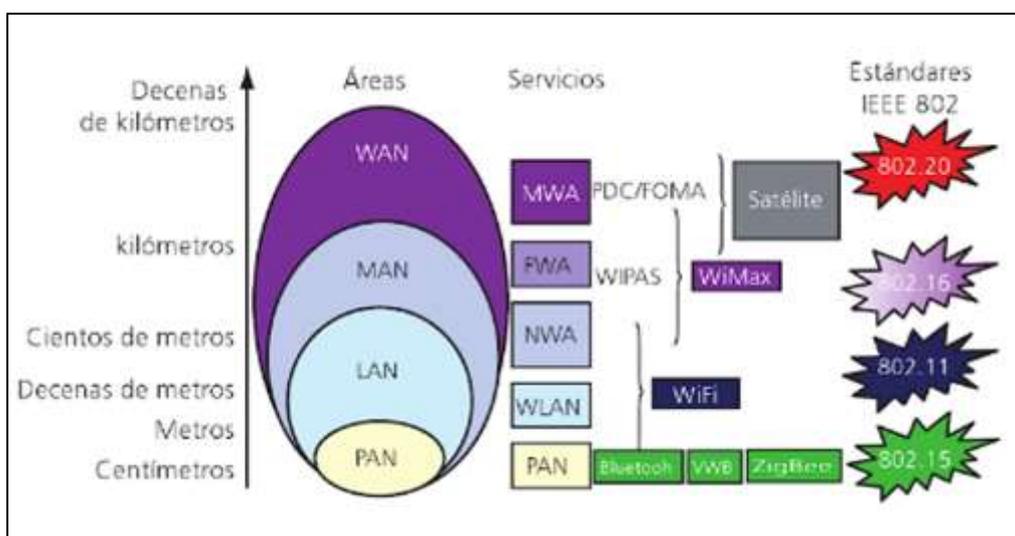


Figura 2. 10 Tipos de redes inalámbricas según su cobertura.  
Fuente: (Andreu, 2011)

### 2.9.1. Redes de área personal Inalámbrica (WPAN “Wireless Personal Área Network”)

Las redes inalámbricas de área personal WPAN por sus siglas en inglés Wireless Personal Area Network son redes que comúnmente cubren distancias del orden de los 10 metros como máximo, son normalmente utilizadas para conectar varios dispositivos portátiles personales sin la necesidad de utilizar cables. (Luis, s. f.)

Alcanza velocidades de transmisión inferiores al megabit por segundo. Los estándares más conocidos son el bluetooth, infrarrojos, RFID, TAG, UWB, ZigBee, que se utilizan para el intercambio de archivos «Persona a Persona» (Person to Person, Peer-to-Peer o P2P) o «Terminal a Terminal» (Device to Device o D2D). (Andreu, 2011)

### **2.9.2. Redes de área local inalámbrica (WLAN “Wireless Local Área Network”)**

Es una red que suele situarse en el mismo edificio (con un óptimo de 100 m y hasta un máximo de 450 m). La más conocida es WiFi, aunque existen otras tecnologías, como el HiperLAN2. Actualmente existen tarjetas y dispositivos interfaz que permiten emitir hasta unos 450 m en condiciones meteorológicas favorables, sin interferencias y sin obstáculos intermedios pero que en la práctica suelen funcionar solamente de forma óptima en distancias de unos 100 o 200 m. (Andreu, 2011)

### **2.9.3. Redes de área metropolitana inalámbricas (WMAN “Wireless Metropolitan Area Network”)**

Red inalámbrica que se sitúa en un barrio, urbanización o municipio pequeño (a pocos kilómetros). Las tecnologías de este grupo se conocen como Inalámbricas de Banda Ancha (Wireless Broadband); ejemplos de ellas son el WiMax o el WiBro, que soportan hasta unos 54 km de distancia en condiciones favorables de clima y cerca de 22 km en condiciones climatológicas adversas. (Andreu, 2011)

### **2.9.4. Redes de área extendida inalámbricas (WWAN “Wireless Wide Área Network”)**

Red inalámbrica global basada en tecnologías como 2G, 3G y 4G (telefonía móvil, que pueden alcanzar velocidades de cientos de megabits por segundo) cubren enormes zonas geográficas, con la utilización de satélites, cables interoceánicos, fibra óptica etc. (Andreu, 2011)

### **2.9.5. Cuadro comparativo entre las tecnologías inalámbricas.**

En la Tabla 2.5. presentada a continuación se detallarán las diversas características que poseen las redes inalámbricas que revisamos anteriormente.

Tabla 2. 5 Características de las tecnologías inalámbricas.

Características	Tipo de red			
	WPAN	WLAN	WMAN	WMAN
Estándar	IEEE 802.15	IEEE 802.11	IEEE 802.16	GSM/GRPS/UMTS
Implementación	Bluetooth, IRDA, RFID, ZigBee.	WiFi	WiMAX	2G/3G/4G
Velocidad	721 Kb/s	1-2-11-54-300 Mb/s – 1 Gb/s	15-134 Mb/s	9.6/170/2000 Kb/s
Frecuencia	2.4 GHz	2.4 GHz y 5 GHz	2-66 GHz	0.9/1.8/2.1 GHz
Rango	10 m	30-150m	1.6-50 Km Aprox	Restringido por celdas
Itinerancia	No	Sí	Sí (802.16e)	Sí

Fuente: (Baquero & David, 2016)

## 2.10. Estándar IEEE 802.11

Las especificaciones IEEE 802 se centran en las dos capas más bajas del modelo OSI porque incorporan componentes físicos y de enlace de datos. Todas estas redes tienen tanto un componente MAC como un componente físico (PHY). El MAC es un conjunto de reglas para determinar cómo acceder al medio y enviar datos, pero los detalles de la transmisión y la recepción se dejan a la capa física. Las especificaciones individuales en la serie 802 están identificadas por un segundo número. En este caso, 802.3 es la especificación para una red de acceso múltiple con detección de portadora con detección de colisión (CSMA / CD), que está relacionada con Ethernet. (Gast, 2005)

802.11 es parte de la familia IEEE 802 fue desarrollado en 1997 por la IEEE (“Institute of Electrical and Electronics Engineers”), que es una serie de especificaciones para tecnologías de red de área local (LAN). La Figura 2.11 muestra la relación entre los diversos componentes de la familia 802 y su lugar en el modelo OSI. (Gast, 2005)

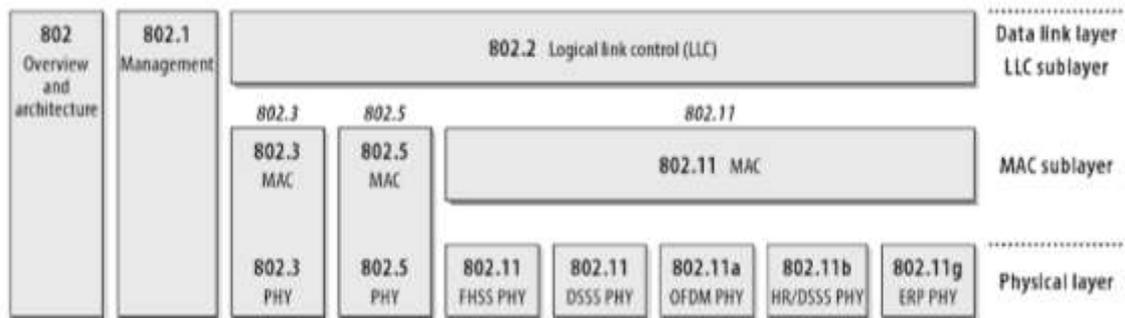


Figura 2. 11 La familia IEEE 802 y la relación con el modelo OSI  
Fuente: (Gast, 2005)

Las redes 802.11 constan de cuatro componentes físicos, que se resumen en la figura 2.12.

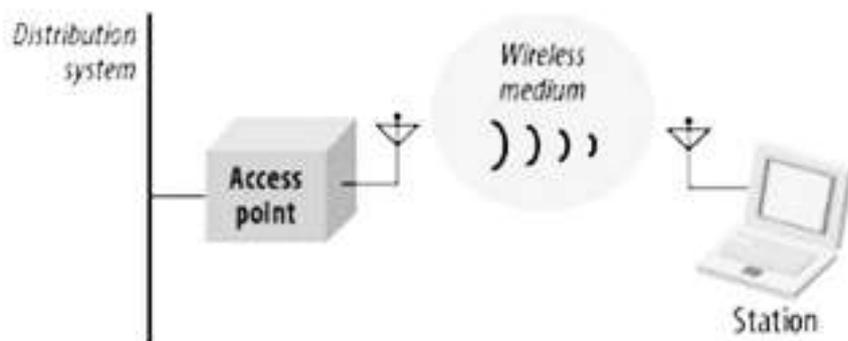


Figura 2. 12 Componentes físicos de una red de área local 802.11  
Fuente: (Gast, 2005)

Los componentes son:

### **Estaciones**

Las redes están construidas con el propósito de transferir datos entre estaciones. Las estaciones son dispositivos informáticos con interfaces de red inalámbrica. Por lo general, las estaciones son computadoras portátiles que funcionan con baterías. Sin embargo, no hay ninguna razón por la que las estaciones deban ser dispositivos portátiles. En algunos entornos, las redes inalámbricas se utilizan para evitar colocar nuevos cables, también en grandes espacios abiertos los usuarios pueden beneficiarse de la red inalámbrica, por ejemplo, un piso de fábrica que usa una WLAN para conectar componentes. (Gast, 2005)

## **Puntos de acceso**

Los dispositivos llamados puntos de acceso realizan la función de conexión inalámbrica a cableada. Los puntos de acceso realizan una serie de otras funciones, pero el puente es, con mucho, el más importante. (Gast, 2005)

## **Medio inalámbrico**

Para la transmisión de datos de una estación a otra, el estándar utiliza un medio inalámbrico. Se definen varias capas físicas diferentes; La arquitectura permite desarrollar múltiples capas físicas para soportar el MAC 802.11. Inicialmente, se estandarizaron dos capas físicas de radiofrecuencia (RF) y una capa física infrarroja, aunque las capas de RF han demostrado ser mucho más populares. También se han estandarizado varias capas de RF adicionales. (Gast, 2005)

## **Sistema de distribución**

Cuando varios puntos de acceso están conectados para formar un área de cobertura grande, deben comunicarse entre sí para rastrear los movimientos de las estaciones móviles. El sistema de distribución es el componente lógico de 802.11 utilizado para reenviar tramas a su destino. 802.11 no especifica ninguna tecnología particular para el sistema de distribución. En la mayoría de los productos comerciales, el sistema de distribución se implementa como una combinación de un motor de puente y un medio de sistema de distribución, que es la red troncal utilizada para retransmitir tramas entre puntos de acceso; a menudo se llama simplemente la red troncal. En casi todos los productos con éxito comercial, Ethernet se utiliza como tecnología de red troncal. (Gast, 2005)

### **2.11. Familia IEEE 802.11**

Como se mencionó anteriormente, este estándar comprende las dos capas inferiores del modelo OSI, y con el paso de los años ha ido evolucionando en diferentes estándares todos pertenecientes a las familias IEEE 802.11 cuyas principales características se resumen en la Tabla 2.6 presentada a continuación.

Tabla 2. 6 Estándares IEEE 802.11

<b>Estándar IEEE</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Compatibilidad</b>
802.11	2 Mb/s	2.4 GHz	
802.11a	54 Mb/s	5 GHz	
802.11b	11 Mb/s	2.4 GHz	
802.11g	54 Mb/s	2.4 GHz	802.11b
802.11n	600 Mb/s	2,4 GHz y 5 GHz	802.11a/b/g
802.11nac	1,3 Gb/s (1300 Mb/s)	5 GHz	802.11a/n

Fuente: (Martínez, 2005)

### **IEEE 802.11.a**

El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, este opera en la banda de 5 GHz y utiliza 52 subportadoras con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, esto lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. Una de su limitante quizás la más importante es que no tiene interoperabilidad con equipos del estándar 802.11b. (Baquero & David, 2016)

### **IEEE 802.11b.**

La versión 802.11.b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbit/s y utiliza el mismo método de acceso (CSMA/CA) definido en el estándar original. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2.4 GHz. (Baquero & David, 2016)

### **IEEE 802.11g.**

Este estándar al igual que el que 802.11b utiliza la banda de 2.4 GHz, pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, y una velocidad real de 24.7 Mbit/s de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. (Baquero & David, 2016)

### **IEEE 802.11n.**

En el estándar 802.11.n la velocidad real de transmisión podría llegar a los 500 Mbps, y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. (Baquero & David, 2016)

### **IEEE 802.11ac.**

La velocidad de transmisión es mucho mayor, alcanzando los 1.3 Gbps gracias al movimiento de información vía tres flujos de 433Mbps cada uno. Por su velocidad, el estándar también se conoce como WiFi 5G o WiFi Gigabit. (Peralta, Javier, 2014)

El radio de cobertura es más amplio, hasta un máximo de 90-100 metros, que es lo que el consumidor reclama con más frecuencia de este tipo de conexiones. 802.11ac funciona en la banda de 5 GHz, que ofrece más canales sin interferencias, y está menos “poblada”, por lo tanto, aporta una mayor estabilidad a la conexión, y un mayor radio de funcionamiento.

Junto a la nueva banda llega también el uso del beamforming, tecnología que permite a los Routers y Puntos de Acceso dirigir las ondas de radio de una forma más precisa, mejorando la recepción. Ampliación del ancho de banda hasta 160 MHz (40 MHz en las redes 802.11n), hasta 8 flujos (múltiples entradas y múltiples salidas) MIMO (4 en 802.11n) y modulación de alta densidad, 256-QAM (64-QAM en 802.11n). (Peralta, Javier, 2014)

## **2.12. Arquitectura IEEE 802.11**

### **Arquitectura de Servicios Básicos.**

En la figura 2.13, se muestra el modelo desarrollado por el grupo de trabajo 802.11. El bloque de construcción más pequeño de una WLAN es un conjunto de servicios básicos (BSS), que consiste en un número de estaciones que ejecutan el mismo protocolo MAC y compiten para acceder al mismo medio inalámbrico compartido. Un BSS puede estar aislado o puede conectarse a un sistema de distribución de red troncal (DS) a través de un punto de acceso (AP). El AP funciona como un puente y un punto de relevo. (Stallings, 2007)

En un BSS, las estaciones cliente no pueden comunicarse directamente unos con otros, más bien, si una estación en el BSS quiere comunicarse con otra estación en el mismo BSS, la trama MAC se envía primero desde la estación de origen hasta el AP, y luego desde el AP hasta el destino estación. De manera similar, una trama

MAC de una estación en el BSS a una estación remota es enviado desde la estación local al AP y luego transmitido por el AP a través del DS en su camino hacia la estación de destino. El DS puede ser un conmutador, una red cableada o una red inalámbrica. (Stallings, 2007)

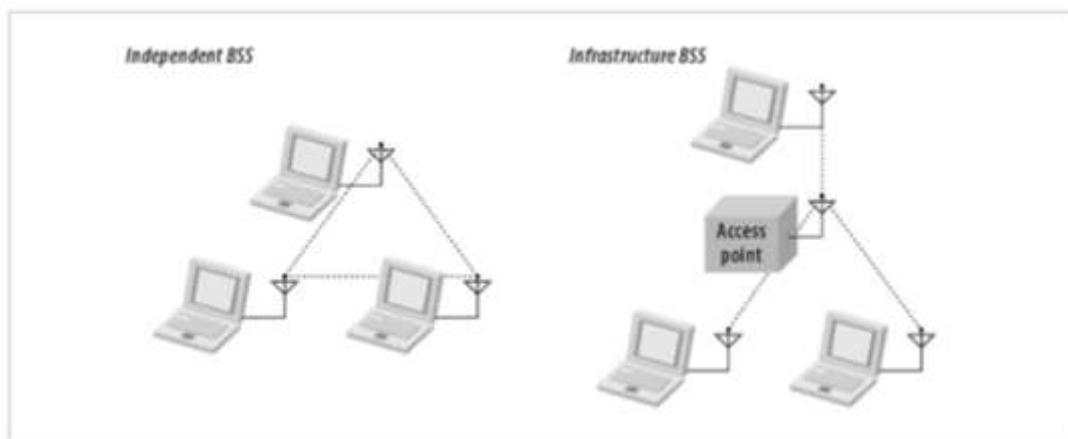


Figura 2. 13 Infraestructura del conjunto de servicios básicos BSS.  
Fuente (Gast, 2005)

Cuando todas las estaciones en el BSS son estaciones móviles, sin conexión a otros BSS, el BSS se denomina BSS independiente (IBSS). Un IBSS suele ser una red ad hoc. En un IBSS, todas las estaciones se comunican directamente, y ningún AP es involucrado en una configuración simple se muestra en la Figura 3.1, a la que pertenece cada estación a un solo BSS; es decir, cada estación está dentro del alcance inalámbrico solo de otras estaciones dentro del mismo BSS. También es posible que dos BSS se superpongan geográficamente, por lo que una sola estación podría participar en más de un BSS. Además, la asociación Entre una estación y un BSS es dinámico. Las estaciones pueden apagarse, estar dentro del alcance, y salir de rango

Un conjunto de servicios extendidos (ESS) consta de dos o más conjuntos de servicios básicos interconectados por un sistema de distribución. Típicamente, el sistema de distribución es un cableado Backbone LAN, pero puede ser cualquier red de comunicaciones. El conjunto de servicio extendido aparece como una LAN lógica única al nivel de control de enlace lógico (LLC).

### Arquitectura de Servicios Básicos Extendido.

Los BSS pueden crear cobertura en pequeñas oficinas y hogares, pero no pueden proporcionar cobertura de red a áreas más grandes. 802.11 permite la creación de redes inalámbricas de un tamaño arbitrariamente grande al vincular los BSS en un conjunto de servicios extendidos (ESS). Se crea un ESS encadenando BSS junto con una red troncal. Todos los puntos de acceso en un ESS reciben el mismo identificador de conjunto de servicios (SSID), que sirve como un "nombre" de red para los usuarios.

802.11 no especifica una tecnología de Backbone particular; solo requiere que la red troncal proporcione un conjunto específico de servicios. En la Figura 3.2, el ESS es la unión de los cuatro BSS (siempre que todos los puntos de acceso estén configurados para ser parte del mismo ESS). En la práctica, el grado de superposición entre los BSS probablemente sería mucho mayor que la superposición en la Figura 2.14.

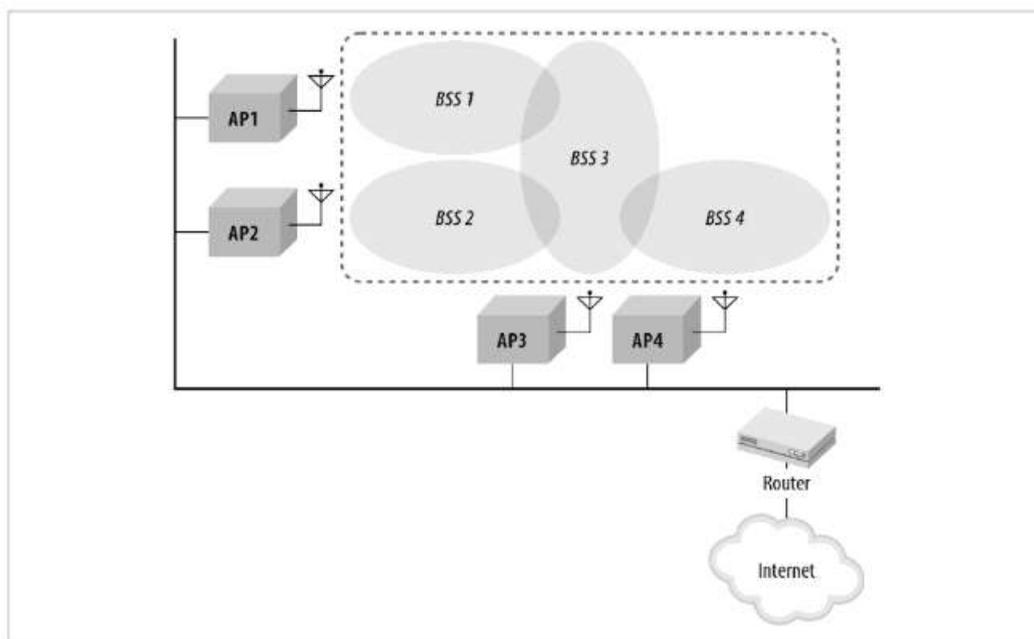


Figura 2. 14 Set de Servicio Extendido  
Fuente: (Gast, 2005)

### **2.13. Capa de acceso al medio (MAC) 802.11**

La capa MAC se implementa en cada estación 802.11 y permite que la estación establezca una red y transmita los datos transmitidos por el Control de enlace lógico (LLC). Estas funciones se entregan utilizando dos clases de servicios, servicios de estación y servicios de sistema de distribución, que se implementan mediante la transmisión de una variedad de marcos de gestión, control y datos entre capas MAC en la comunicación de las estaciones.

Antes de que se puedan invocar estos servicios MAC, el MAC primero debe obtener acceso al medio inalámbrico dentro de un BSS, y potencialmente muchas otras estaciones también compiten por acceder al medio. Los mecanismos para compartir de manera eficiente el acceso dentro de un BSS se describen en la siguiente sección.

#### **2.13.1. Acceso inalámbrico a los medios**

Compartir el acceso a los medios entre muchas estaciones transmisoras en una red inalámbrica es más complejo de lograr que en una red cableada. Esto se debe a que una estación de red inalámbrica no puede detectar una colisión entre su transmisión y la transmisión desde otra estación, ya que un transceptor de radio no puede transmitir y escuchar otras estaciones que transmiten al mismo tiempo.

El estándar 802.11 define una serie de funciones de coordinación de la capa MAC para coordinar el acceso a los medios entre múltiples estaciones. El acceso a los medios puede estar basado en la contención, como en la función de coordinación distribuida obligatoria (DCF) 802.11, cuando todas las estaciones compiten esencialmente por el acceso a los medios, o sin contienda, como en el opcional

802.11 utiliza la función de coordinación de puntos (PCF), cuando las estaciones pueden asignarse a períodos específicos durante los cuales tendrán uso exclusivo de los medios.

El método de acceso a los medios utilizado por la función de coordinación distribuida es el acceso múltiple por detección de portadora / evitación de colisiones (CSMA / CA), ilustrado en la Figura 2.15. En este modo, una estación que está

esperando para transmitir detectará el medio en el canal que se está utilizando y esperará hasta que el medio esté libre de otras transmisiones. Una vez que el medio está libre, la estación espera un período predeterminado (el espaciado entre cuadros o DIFS).

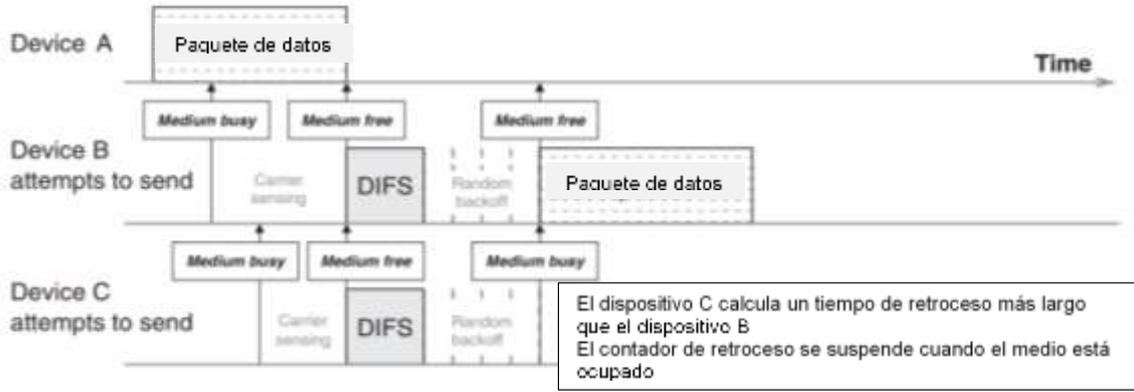


Figura 2. 15 CSMA / CA  
Fuente: (Rackley, 2007)

CSMA / CA es un protocolo simple de acceso a medios que funciona de manera eficiente si no hay interferencias y si los datos que se transmiten a través de la red no son críticos en el tiempo. En presencia de interferencia, el rendimiento de la red puede reducirse drásticamente a medida que las estaciones retroceden continuamente para evitar colisiones o esperar a que el medio quede inactivo. CSMA / CA es un protocolo basado en la contención, ya que todas las estaciones tienen que competir por el acceso, no se dan prioridades y, como resultado, no se pueden hacer garantías de calidad de servicio.

**2.13.2. Estaciones de Servicio.**

Los servicios de estación de capa MAC proporcionan funciones para enviar y recibir unidades de datos transmitidas por el LLC e implementar la autenticación y la seguridad entre estaciones, como se describe en la Tabla 2.7.

Tabla 2. 7 Servicios de la capa MAC

Servicio	Descripción
Autenticación	Este servicio permite a una estación receptora autenticar otra emisora antes de la asociación. Un punto de acceso se puede configurar para el sistema abierto o la clave compartida Autenticación. La autenticación de sistema abierta ofrece una

	seguridad mínima y no valida la identidad de otras estaciones Cualquier estación que intente autenticar recibirá la autenticación. La autenticación de clave compartida requiere que ambas estaciones tengan receptores una clave secreta (p. ej., una frase de contraseña) a través de otro canal seguro, como la entrada directa del usuario.
Des-Autenticación	Antes de la des asociación, una estación debe des autenticarse desde la estación que tiene la intención de detener la comunicación. La autenticación y des autenticación se logra mediante el intercambio de tramas de gestión entre las capas MAC de las dos estaciones comunicantes.
Privacidad	Este servicio permite que los marcos de datos y los marcos de autenticación de clave compartida se cifren opcionalmente antes de la transmisión, para ejemplo, utilizando la privacidad equivalente cableada (WEP) o el acceso protegido por Wi-Fi (WPA).
Entrega de unidades de datos de servicio MAC	Una unidad de datos del servicio MAC (MSDU) es una unidad de los datos pasados a la capa MAC por el regulador del link lógico. El punto en el que la LLC accede a los servicios MAC (en la "parte superior" de la capa MAC) se denomina el punto de acceso de servicio MAC o SAP. Este servicio garantiza la entrega de MSDUs entre estos puntos de acceso al servicio. Se pueden utilizar marcos de control como RTS, CTS y ACK para controlar el flujo de entre estaciones, por ejemplo, en la operación de modo mixto 802.11 b/g.

Fuente: (Rackley, 2007)

### 2.13.3. Servicios de Sistemas de Distribución.

La funcionalidad proporcionada por los servicios del sistema de distribución de MAC es distinta de los servicios de estación en que estos servicios se extienden a través del sistema de distribución en lugar de solo entre las estaciones de envío y recepción en cualquiera de los extremos de la interfaz aérea. Los servicios del sistema de distribución 802.11 se describen en la Tabla 2.8.

Tabla 2. 8 Servicios de sistemas de distribución.

Servicio	Descripción
Asociación	Este servicio permite realizar una conexión lógica entre una estación y un punto de acceso. Un punto de acceso no puede recibir ni entregar ningún dato hasta que una emisora asociado, ya que la asociación proporciona al sistema de distribución la información necesaria para la

	entrega de datos.
Disociación	Una emisora se desasocia antes de abandonar una red, por ejemplo, cuando se deshabilita un enlace inalámbrico, la interfaz de red controladora se desconecta manualmente o se apaga su PC host.
Re-asociación	El servicio de re-asociación permite a una estación cambiar los atributos (como las velocidades de datos admitidas) de una asociación existente o cambiar su asociación de un BSS a otro dentro de un BSS extendido. Por ejemplo, una estación de itinerancia puede cambiar su asociación cuando detecta otro punto de acceso que transmite un marco de baliza más fuerte.
Distribución	El servicio de distribución es utilizado por una estación para enviar fotogramas a otro dentro del mismo BSS, o a través del sistema de distribución a una estación en otro BSS.
Integración	La integración es una extensión de la distribución cuando el punto de acceso es un portal a una red non-802,11 y el MSDU tiene que ser transmitido a través de esta red a su destino. El servicio de integración proporciona la dirección necesaria y la traducción específica de los medios para que un MSDU 802,11 se pueda transmitir a través del nuevo medio y recibido con éxito por el MAC non-802,11 del dispositivo de destino.

Fuente: (Rackley, 2007)

#### 2.14. Capa física (PHY).

Es la capa más baja del modelo OSI, y es la encargada de las conexiones física hacia la red, la capa física comprende los medios guiados (cable coaxial, cable de par trenzado, fibra óptica, etc.) y los medio no guiados como son la radio, infrarrojo, laser y otras redes inalámbricas. (Baquero & David, 2016)

La Capa Física define la modulación y la señalización características de la transmisión de datos en cualquiera que sea la red. Las redes inalámbricas 802.11 operan en la banda de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz. Cada país tiene unos límites en cuanto al rango de frecuencia según su regulación. La IEEE 802.11 fija tres alternativas para la elección de la capa física para la transmisión y recepción de tramas 802.11. Estas tres alternativas fueron propuestas por diferentes miembros del comité de normalización y esto con el fin de darles la posibilidad a los usuarios a

que tuvieran la oportunidad de elegir en pro de sus posibilidades. (Baquero & David, 2016)

### **FHSS (“Frequency Hopping Spread Spectrum”)**

Frecuencia de salto de espectro de propagación (FHSS) resiste las interferencias saltando rápidamente de una frecuencia a otra de forma pseudoaleatoria. El sistema de recepción tiene el mismo algoritmo pseudoaleatorio que el remitente y salta simultáneamente. En el patrón de salto de frecuencia, se usa un código de secuencia muy largo antes de que se repita la secuencia, más de 65,000 saltos, lo que hace que parezca aleatorio. Por lo tanto, es muy difícil predecir la próxima frecuencia a la que un sistema de este tipo transmitirá / recibirá datos. El sistema parece ser una fuente de ruido para un oyente no autorizado, lo que hace que FHSS sea muy seguro contra interferencias e interceptaciones. Otra ventaja de los sistemas FHSS es que, por lo general, se pueden asignar múltiples secuencias de salto dentro de la misma área física, lo que aumenta la cantidad total de ancho de banda disponible. En instalaciones grandes, especialmente aquellas con pisos múltiples, es necesario espaciar las antenas, o puntos de acceso, en una matriz superpuesta. Esto asegura una cobertura adecuada para los dispositivos inalámbricos que se mueven de una celda a otra. Con FHSS, los usuarios del sistema pueden moverse entre los puntos de acceso en diferentes canales. Esto hace que la tecnología FHSS sea más flexible que DSSS. (Gokhale, 2004)

### **DSSS (“Direct Sequence Spread Spectrum”)**

La transmisión de secuencia directa es una técnica alternativa de propagación de espectro que puede utilizarse para transmitir una señal a través de una banda de frecuencia mucho más amplia. El enfoque básico de las técnicas de secuencia directa es difuminar la energía de RF en una banda ancha de una manera cuidadosamente controlada. Los cambios en el operador de radio están presentes en una banda ancha, y los receptores pueden realizar procesos de correlación para buscar cambios. El enfoque básico de alto nivel se muestra en la Figura 2.16. (Gast, 2005)

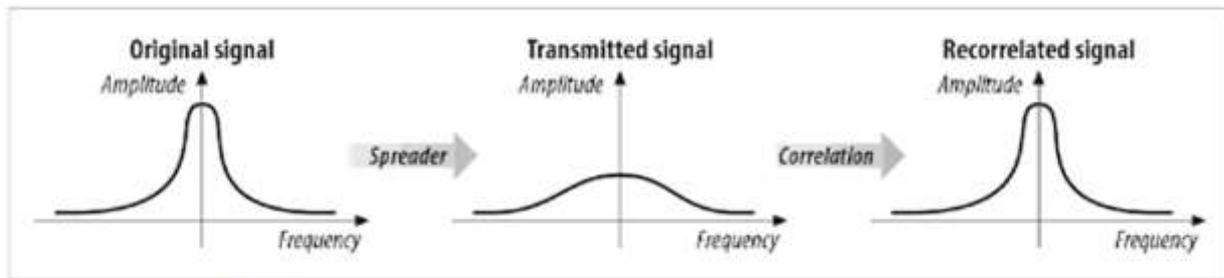


Figura 2. 16 Transmisión en secuencia directa  
Fuente: (Gast, 2005)

A la izquierda hay una señal de radio tradicional de banda estrecha. Es procesado por un separador, que aplica una transformación matemática para tomar una entrada de banda estrecha y aplanar la amplitud a través de una banda de frecuencia relativamente amplia. Para un receptor de banda estrecha, la señal transmitida parece un ruido de bajo nivel porque su energía de RF se distribuye en una banda muy ancha. La clave para la transmisión de secuencia directa es que cualquier modulación de la portadora de RF también se extiende a través de la banda de frecuencia. Los receptores pueden monitorear una banda de frecuencia amplia y buscar cambios que ocurren en toda la banda. La señal original se puede recuperar con un correlacionador, que invierte el proceso de propagación. (Gast, 2005)

## 2.15. Redes Inalámbricas de Área Local.

En puntos anteriores se ha revisado a breves rasgos los diferentes tipos de redes inalámbricas que existen, y sus aplicaciones más frecuentes que generalmente está clasificado por el tamaño del área geográfica donde se planea implementar. En el caso de este trabajo de investigación, nos enfocaremos en las Redes Inalámbricas de Area Local, ya que este sistema está enfocado en áreas como edificios, o campus.

Las redes de área local inalámbricas (WLAN), al igual que sus homólogos cableados, se están desarrollando para proporcionar un alto ancho de banda a los usuarios en una zona geográfica limitada. Se presenta como una alternativa a los altos costos de instalación y mantenimiento incurridos por eliminaciones y cambios experimentados en infraestructuras LAN cableadas. Las necesidades físicas y medio ambientales son otro punto a favor de las WLAN. Por lo general, se planean nuevas

arquitecturas de redes en edificios, sin embargo, se pueden encontrar con que es imposible adaptar las estructuras existentes para el acceso a la red cableada. Por ejemplo: Estructuras que son muy difíciles de cablear como paredes de hormigón, pisos, almacenes y edificios históricos. Por último, el entorno operacional puede no ser el adecuado para una red cableada, o en otros casos se necesita una red temporal y operativa por un tiempo muy corto, haciendo que la instalación de una red cableada sea impracticable. Ejemplos de esto pueden ser la implementación de una red ad hoc, en centros de registro, conferencias, aulas, centros de socorro y entornos militares tácticos o en sitios de recreación o esparcimiento como, patios de comida, escenarios deportivos, etc.

## **2.16. Desafíos y limitaciones de las redes WLAN.**

Idealmente los usuarios de redes inalámbricas buscan tener las mismas capacidades y servicios de una red cableada. Sin embargo, para cumplir con estos objetivos, la comunidad inalámbrica enfrenta ciertos desafíos y limitaciones.

### **2.16.1. Asignación de frecuencias.**

El funcionamiento de una red inalámbrica requiere que todos los usuarios funcionen en una banda de frecuencias común. Las bandas de frecuencias para usos particulares deben ser aprobadas y licenciadas en cada país, es por esto que la mayoría de redes WLAN funcionan en bandas de frecuencia de licencia libre, lo cual provoca muchas veces problemas de interferencias.

### **2.16.2. Interferencia y confiabilidad.**

La interferencia en comunicaciones inalámbricas puede ser causada por transmisiones simultáneas (es decir, colisiones) de dos o más fuentes que comparten la misma banda de frecuencias. Las colisiones son típicamente el resultado de la espera de múltiples estaciones para que el canal se desocupe y luego comenzar a transmitir al mismo tiempo. Las colisiones también son causadas por el problema "terminal oculto", donde una estación, creyendo que el canal está inactivo, comienza la transmisión sin detectar la presencia de una transmisión ya en progreso.

La confiabilidad del canal de comunicaciones se mide típicamente por la tasa de error de bit promedio (BER). En paquetes de voz, son generalmente aceptables las tasas de pérdida de paquetes en el orden de  $10^{-2}$ ; en cambio para datos no codificados, se considera aceptable una BER de  $10^{-5}$ . La solicitud de repetición automática (ARQ) y la corrección de errores hacia adelante (FEC) son técnicas que se utilizan para aumentar la confiabilidad.

### **2.16.3. Seguridad.**

En una red cableada, el medio de transmisión puede ser asegurado físicamente, y el acceso a la red es fácilmente controlado. Una red inalámbrica es más difícil de asegurar, ya que el medio de transmisión está abierto a cualquier persona dentro del rango geográfico de cobertura del transmisor. La privacidad de los datos entonces se logra generalmente usando el cifrado. Mientras que con el cifrado del tráfico inalámbrico se puede lograr una mayor seguridad, por lo general es a expensas de un mayor costo y disminución del rendimiento.

Para brindar seguridad a las redes inalámbricas tenemos varios protocolos de cifrado de datos:

- WEP (Wired Equivalent Privacy) o Privacidad equivalente al cableado. Es un sistema de cifrado simple, que se incluyó en la primera versión del estándar 802.11 y que utiliza claves estáticas de 64 o 128 bits. Cuando está activado este tipo de cifrado, el emisor debe cifrar la información, y el receptor la descifra, teniéndose que introducir la clave en cada equipo. (RAMOS & HURTADO, 2011)

También se cifra el resultado de realizar el CRC-32 del mensaje, que se utiliza para proveer integridad al mismo. Cuando el receptor descifra el mensaje, debe comprobar la integridad del mismo, es decir, que no se haya modificado en la transmisión. Este tipo de cifrado no es muy robusto y presenta muchas vulnerabilidades, ya que no es demasiado difícil obtener la información cifrada utilizando este método, como descifrar la contraseña WEP, y por tanto podría acceder a la red, como si de una red cableada se tratase. (RAMOS & HURTADO, 2011)

- WPA (Wifi Protected Access) o Acceso a WiFi protegido. Se desarrolló para mejorar la seguridad WEP, sobre todo en la generación de la clave, ya que en este método es dinámica y sin limitaciones en la longitud, y eliminar las demás debilidades de WEP. (RAMOS & HURTADO, 2011)

Utiliza para la gestión de sus claves dinámicas el estándar TKIP (Temporary Key Integrity Protocol), que es un protocolo para la gestión de claves dinámicas que utiliza una clave diferente en cada paquete que se transmita. (RAMOS & HURTADO, 2011)

Dentro de WPA tenemos varios tipos a su vez, como son:

WPA Personal, también llamada WPA PSK (Pre-Shared Key): es la implementación más sencilla, pero aumenta la seguridad de WEP por el uso de una clave compartida, pero utilizando gestión dinámica. La clave compartida podrá tener una longitud de 8 a 63 caracteres. Su configuración es sencilla, pero a la vez más segura que WPE, aunque la clave compartida entre los equipos la hace vulnerable a ataques de fuerza de bruta, por ejemplo, siendo una opción buena para redes domésticas. (RAMOS & HURTADO, 2011)

WPA Enterprise (o empresarial): se utiliza en el ámbito de las empresas y organizaciones, ya que tiene mayor seguridad al tener que identificarse los usuarios mediante un nombre, contraseña y, además, un certificado digital. (RAMOS & HURTADO, 2011)

**WPA2 (Wifi Protect Access 2).** El protocolo de seguridad WPA2, también conocido por el estándar 802.11i, es el protocolo más seguro. Se desarrolló para corregir los defectos que se encontraron en WPE y mejorar la seguridad de WPA. Utiliza para la gestión de las claves el estándar CCMP (Counter Mode with Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol), que fue creado para reemplazar a TKIP y que utiliza AES como algoritmo de cifrado, que proporciona además de confidencialidad, integridad. (RAMOS & HURTADO, 2011)

WPA2 Enterprise, o RADIUS (Servicio de acceso telefónico de autenticación remota de usuario) utiliza un servidor RADIUS para la autenticación y el uso de TKIP

dinámico, AES o WEP. Los servidores RADIUS son dispositivos informáticos especializados que no hacen nada más que autenticar a los usuarios y les proporcionan acceso a redes (o denegar el acceso de usuarios no autorizados). (Briere, Hurley, & Ferris, 2011)

#### **2.16.4. Consumo de energía.**

Normalmente, los dispositivos conectados a una red cableada son accionados por la energía comercial local de 110 V proporcionada en un edificio. Los dispositivos inalámbricos, sin embargo, están destinados a ser portátiles y/o móviles, y son típicamente alimentados por batería. Por lo tanto, los dispositivos deben estar diseñados para ser muy eficientes, que resulta en modos de "reposo" y pantallas de bajo consumo, lo que lleva a los usuarios hacer concesiones de costo-rendimiento y costo-capacidad.

#### **2.16.5. Seguridad humana.**

Se están realizando investigaciones para determinar si las transmisiones de radiofrecuencia (RF) de radio y teléfonos celulares están vinculadas a enfermedades humanas. Las redes deben diseñarse para minimizar la potencia transmitida por los dispositivos de red.

#### **2.16.6. Movilidad.**

A diferencia de los terminales con cable, que son estáticos cuando operan en la red, una de las principales ventajas de los terminales inalámbricos es la libertad de movilidad. Por lo tanto, los diseños de los sistemas deben adaptar los límites de transmisión y enrutamiento del tráfico a los usuarios móviles.

#### **2.16.7. Rendimiento.**

El rendimiento de las WLAN debería acercarse idealmente a la de sus homólogos cableados. Sin importar el flujo, debido a las limitaciones físicas y el ancho de banda disponible, las WLAN están actualmente orientadas a operar a velocidades de datos entre 1-2-11-54-300 Mb/s – 1 Gb/s. Para soportar múltiples transmisiones simultáneamente, se emplean frecuentemente técnicas de espectro ensanchado.

## 2.17. Diseño de una red WLAN

El diseño de una red WLAN está compuesto por tres tipos de capas, a continuación, se dará a conocer los tipos de capas que la componen. (Sarango & Danilo, 2017)

**La capa de acceso:** estos elementos dan acceso a las redes de las estaciones, introducen tráfico de la red, controlan el acceso, autentifican, autorizan o contabilizan el filtrado del tráfico y permite el redireccionamiento. Toda red de forma inalámbrica debe de estar contemplada en esta capa. (Sarango & Danilo, 2017)

**La capa de distribución:** permite la intercomunicación en partes de la red, organiza y se encarga de redistribuir el tráfico, controla y redirecciona el tráfico, también se encarga del acceso a los servicios de las partes de infraestructura, la manipulación de los paquetes y se encarga de la conectividad basada en políticas de privacidad. (Sarango & Danilo, 2017)

**El núcleo:** se encarga de la conmutación a altas velocidades, no permite la manipulación de ningún tráfico. (Sarango & Danilo, 2017)

## Capítulo 3: Aportaciones

### 3.1. Ubicación geográfica del lugar.

El campo de futbol de la UCSG es una zona nueva en el campus, se encuentra ubicada en la zona superior respecto a la Facultad de Economía y Medicina como se observa en la Figura 3.1.



Figura 3. 1 Ubicación de la cancha de futbol en el campus de la UCSG  
Elaborado por: Autor

### 3.2. Cobertura actual de la red WiFi antes de llegar al campo de futbol.

Mediante una aplicación de medición de señal y analizador de redes WiFi en dispositivos móviles, ubicados en el punto marcado en la Figura 3.2 se pudo observar que la intensidad de la señal de la red inalámbrica “wifiucsg” es muy débil como para ser utilizada y retransmitida por un repetidor o extensor, por eso se planteó crear una red WLAN que brinde cobertura en esta área.



Figura 3. 2 Punto de medición de intensidad de señal “wifucsg”  
Elaborado por: Autor

Utilizando la aplicación “Mr WiFi Analyzer”, véase Figura 3.3, disponible para dispositivos móviles con Android, ubicados en el punto geográfico antes mencionado, se obtuvo los resultados presentados en la Figura 3.4.



Figura 3. 3 Mr WiFi Analyzer APK  
Elaborado por: Autor

Para las señales inalámbricas la potencia de la señal se la mide en dBm, que es una unidad de medida expresada en decibelios en relación a 1 mili watt, en la Tabla 3.1, podemos ver las potencias de la señal y su interpretación, y aunque un enlace sea calificado como bueno, u optimo este dependerá siempre de las interferencias y obstáculos que existan entre emisor y receptor.

Tabla 3. 1 Valores en dBm y su interpretación

<b>INTERPRETACIÓN DE LOS VALORES DBM</b>	
-65dBm o inferior	Máxima señal
-66dBm a -75dBm	Optima señal

-76dBm a -85dBm	Buena señal
Superior a -85dBm	Mala señal

Elaborado por: Autor

En la Figura 3.4. los puntos de acceso que pertenecen a la universidad, pueden ser identificados fácilmente por sus nombres, y como se observa la intensidad de la señal que llega a la zona del campo de futbol está en un margen de -75 dBm a -86 dBm, en condiciones favorables sería posible la conexión con estas redes, pero en la ubicación donde nos encontramos existen diversos obstáculos que imposibilitan el enlace. Por esta razón es necesario una extensión de la red del campus que brinde cobertura en este sector que cumpla con un mínimo de -65 dBm y que los puntos de acceso se encuentren libres de obstáculos.

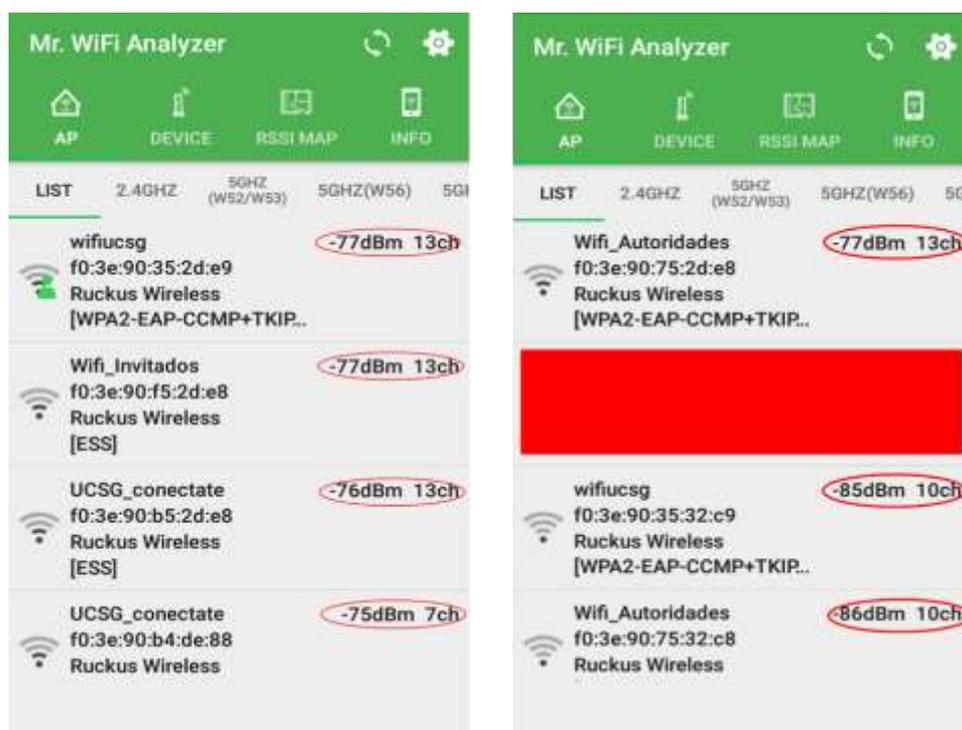


Figura 3. 4 Resultados de señal en la aplicación

Elaborado por: autor

### 3.3. Estado de la red “wificuosg”, protocolos de seguridad y sistema RADIUS.

La red inalámbrica en la UCSG ha ido cambiando con el paso de los años, y uno de los principales aspectos en los que ha mejorado es en la seguridad y estabilidad. Esta red cuenta con algunos SSIDs (Service Set Identifier) o nombres de

red, dirigidos a un tipo de usuario en particular, por nombrar algunas: “Wifi\_Autoridades”, “UCSG\_conectate”, “Wifi\_Invitados” y “wifiucsg”. Esta última está destinada a brindar conexión a los estudiantes.

La SSID “wifiucsg” actualmente se encuentra cifrada por varios protocolos de autenticación de usuario que mantiene controlado la cantidad de personas conectadas en la red lo que conlleva a una red más segura y estable. Mediante un analizador de redes inalámbricas podemos observar el tipo de seguridad de la red, véase Figura 3.5, donde se aprecian los protocolos WPA2-EAP-CCMP-TKIP-AES y uno de los más importantes el sistema de autenticación RADIUS, esta red es gestionada por un controlador central conectado a una base de datos donde se encuentran las credenciales de cada usuario autorizado a conectarse a la red.

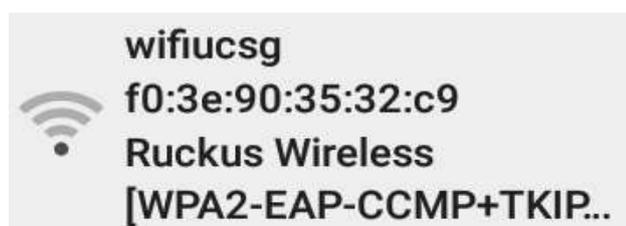


Figura 3. 5 Protocolos de seguridad SSID “wifiucsg”  
Elaborado por: Autor

En el diseño de la nueva red para brindar cobertura a la zona de la cancha de futbol, se utilizará equipos con capacidad de adaptarse a estos protocolos, el diseño contemplará también el uso de una controladora con la misma tecnología que permita centralizar la gestión de la red.

#### **3.4. Proyección de la red desde el campus con destino al sector del campo de futbol de la UCSG.**

Para proveer el servicio de internet a esta zona del campus es necesario hacer una nueva proyección de la red, la cual se lo realizara mediante un enlace punto a punto, en cable drop de fibra óptica que ira desde el centro de cómputo hasta el área de la cancha de futbol. El centro de Computo es el encargado de proveer 16 Mbps de ancho de banda en la red Wireless “wifiucsg” que es una red que se comparte en toda la universidad.

En la Figura 3.6 podemos observar la ruta por la cual se extenderá la fibra óptica con la finalidad de llegar al cuarto de telecomunicaciones ubicado en la zona del campo de futbol.



Figura 3. 6 Ruta de la red de fibra óptica  
Elaborado por: Autor

El tendido de la fibra optica en el campus se lo realizara de manera subterranea siguiendo las lineas ya existentes hasta la facultad mas cercana a la cancha de futbol, en este caso la Facultad de Economia.

Se utilizo el software “Google Earth Pro” para obtener la distancia entre los dos puntos en los cuales se quiere realizar el enlace, obteniendo como resultado una distancia aproximada de 458 metros como se puede observar en la Figura 3.7, se dejara un sobrante de 42 metros, que pueden ser utilizados en diversas situaciones dandonos un total aproximado de 500 metros de fibra optica necesarios para realizar el enlace.



Figura 3. 7 Distancia aproximada del tendido del enlace de fibra.  
Elaborado por: Autor

En la figura 3.8. se muestra en un mapa esquemático el área de la cancha de fútbol y la Facultad de Economía y ya que el campo de fútbol se encuentra en la zona superior en el último tramo el tendido de la fibra deberá realizarse de forma aérea para ello deben ubicarse dos postes en la posición recomendada en el diagrama, uno para el levantamiento de la fibra de subterráneo a aéreo y el otro para llevar la línea de fibra al cuarto de telecomunicaciones.



Figura 3. 8 Diagrama de la cancha de fútbol y la Facultad de Economía  
Elaborado por: Autor

En la Figura 3.9 se aprecia una aproximación donde deben ubicarse los postes que se utilizarán para realizar el cambio de tendido de la fibra de subterráneo a aéreo y la entrada al cuarto de telecomunicaciones.



Figura 3. 9 Simulación de los postes del tendido de la fibra.  
Elaborado por: Autor

### 3.5. Diseño de la red Wifi

#### 3.5.1. Datos técnicos y elementos de la red wifi.

##### Ruckus T300

La serie Ruckus T300 de puntos de acceso 802.11ac ofrece Wi-Fi constante y confiable en lugares al aire libre, está diseñado para una instalación rápida y simple con un gabinete ultra liviano pero que puede resistir los rigores de las implementaciones en exteriores. En la Figura 3.10 se muestra un equipo Ruckus T300.



Figura 3. 10 Ruckus T300  
44

Fuente: («T300 Series Outdoor Access Point», 2014)

Entre las principales características podemos mencionar las siguientes:

- Admisión de doble banda (5GHz/2,4GHz) en simultáneo
- Optimizado para los entornos de alta densidad
- Factor de forma pequeña, liviana y elegante
- Administrado de manera individual o centralizada por medio de una controladora.
- Portales cautivos y cuentas de invitados
- Estaciones simultáneas: Capacidad hasta de 512 por AP

Todas las características técnicas de este equipo pueden ser leídas en los anexos de este documento.

### **Ruckus ZoneDirector 3000**

Debido a que una red inalámbrica nos brinda la ventaja de la escalabilidad, es decir puede crecer sin mucha dificultad para futuras mejoras ya sean arquitectónicas o de expansión de la zona a la cual queremos brindar cobertura, este equipo es de muchísima utilidad, pues nos permite tener un control centralizado de los Puntos de Acceso. Véase Figura 3.11.



Figura 3. 11 Ruckus ZoneDirector 3000

Fuente: («Ruckus ZoneDirector 3000 Smart 1024-WLAN 500-AP Access Point Controller», s. f.)

### **Ruckus ICX 7150-24P Switch**

En la Figura 3.12. se observa el modelo de 24 puertos compatible con alimentación PoE, este equipo nos brindará mayor agilidad en el envío y recepción de paquetes a los Puntos de Acceso, así como también nos permitirá alimentar vía PoE a todos los AP de la zona.



Figura 3. 12 Switch Ruckus ICX 7150-24P  
Fuente: («Ruckus ICX 7150-24P», s. f.)

### **Otros materiales a utilizarse.**

Aquí se describirán otros materiales y elementos que serán utilizados en el diseño de la red:

- Fibra Óptica: Medio de propagación en altas velocidades de transmisión, permite enlaces a grandes distancias con poca atenuación.
- Cable UTP: Cable utilizado para la propagación de enlaces y comunicación de equipos, con un rango máximo funcional de 100m.
- POE (Energía sobre Ethernet): Dispositivo que permite la alimentación eléctrica a equipos activos a través de cable UTP.
- Caja de Distribución: Caja donde se aloja la fibra óptica para su posterior distribución en el área.
- Postes de hormigón: Postes de 9 m que permitirán la colocación de los Puntos de Acceso, y el tendido del último tramo de la Fibra óptica.
- Conversor de Medios o Transceiver (Tx/Rx): Son unos dispositivos conversores entre toda la data de las Señales eléctricas y Señales de Luz que se utiliza para lograr interconexión entre un cable de fibra óptica y un cable UTP como es el caso de nuestra red WI-FI.
- Extensor y repetidor LAN PoE: Repetidor de señal ethernet con PoE (Power over Ethernet) que permite extender una conexión ethernet a 100 m adicionales.

### **3.5.2. Diagrama del diseño de la red.**

Una de las primeras opciones en las que había pensado era realizar una extensión de la red desde la facultad más cercana, por medio de un enlace directo o un repetidor inalámbrico, pero la problemática de esta opción es que la intensidad de la señal inalámbrica que llega al sector de la cancha de futbol es muy baja, y también la red tendría mucho retardo ya que los paquetes de información deben enviarse a través del extensor al router de la señal original y viceversa.

Debido a los muchos inconvenientes que esto ocasionaría, la opción más viable es crear una nueva red, que tenga su origen en el nodo central, es decir el centro de cómputo de la UCSG, de esta manera la red del área del campo de futbol tendrá su propia gestión y podrá ser ampliada o modificada con relativa facilidad ya sea por cambios en la infraestructura del lugar o por mejoras al diseño propuesto. Así en la Figura 3.13, se muestra un diagrama de la red.

El núcleo de la red está en el centro de cómputo de la UCSG, aquí el router principal está conectado al proveedor de internet, luego se conecta al Switch principal el cual es el encargado de distribuir la red a las distintas facultades en el campus, en este Switch también se encuentra conectado una controladora de red WLAN que permite centralizar la gestión de todos los puntos de acceso inalámbrico del campus y cumple la función de revisar y confirmar las credenciales de cada usuario de la red inalámbrica.

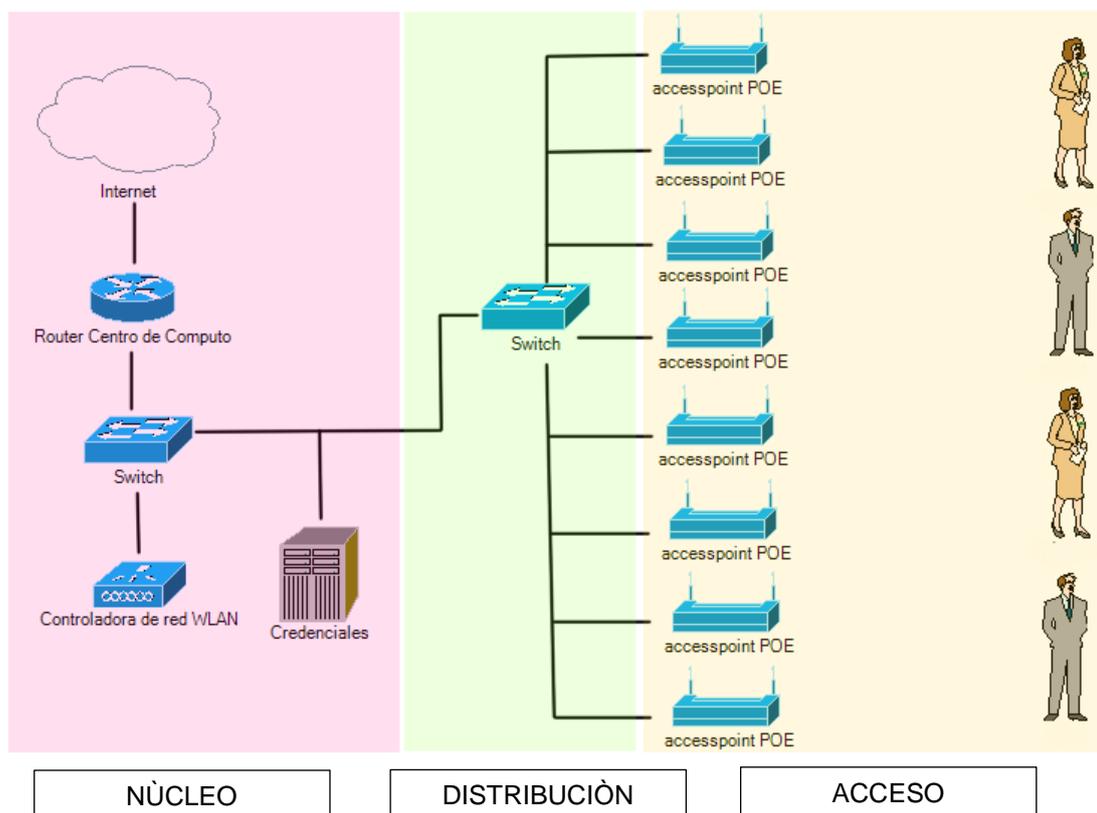


Figura 3. 13 Diagrama de la red  
Elaborado por: Autor

De ahí un el enlace de fibra óptica llegará hasta el cuarto de comunicaciones ubicado en el Campo de Futbol, y allí un Transceiver realizará la función Fibra/UTP el cual se conectará a un Switch de distribución para los puntos de acceso que brindaran cobertura inalámbrica en el área.

### 3.5.3. Distribucion de los puntos de acceso en el area.

Para la distribución de los APs en el área se realizó una simulación mediante el software “Ekahau Site Survey” el cual es una herramienta para la planificación de redes Wi-Fi, de licencia corporativa, aunque se puede acceder a él por un periodo de prueba, donde se pueden utilizar la mayoría de sus funciones. La distribución de los puntos de acceso se la puede simular de manera manual, es decir colocando nosotros mismo en el mapa los AP, o automáticamente dejando que el software decida la mejor ubicación para cada AP. El primer paso es añadir el mapa del lugar en el que deseamos realizar la simulación y el programa nos permitirá establecer las medidas lo más exactas que se puedan a la realidad. En la Figura 3.14 se observa el mapa del lugar diseñado para su utilización en el programa.



Figura 3. 14 Mapa de lugar, utilizado en la simulación por software  
Elaborado por: Autor

El siguiente paso luego de establecer las medidas del lugar, es señalar el área específica donde se desea que la cobertura y la señal sea excelente, véase Figura 3.15.

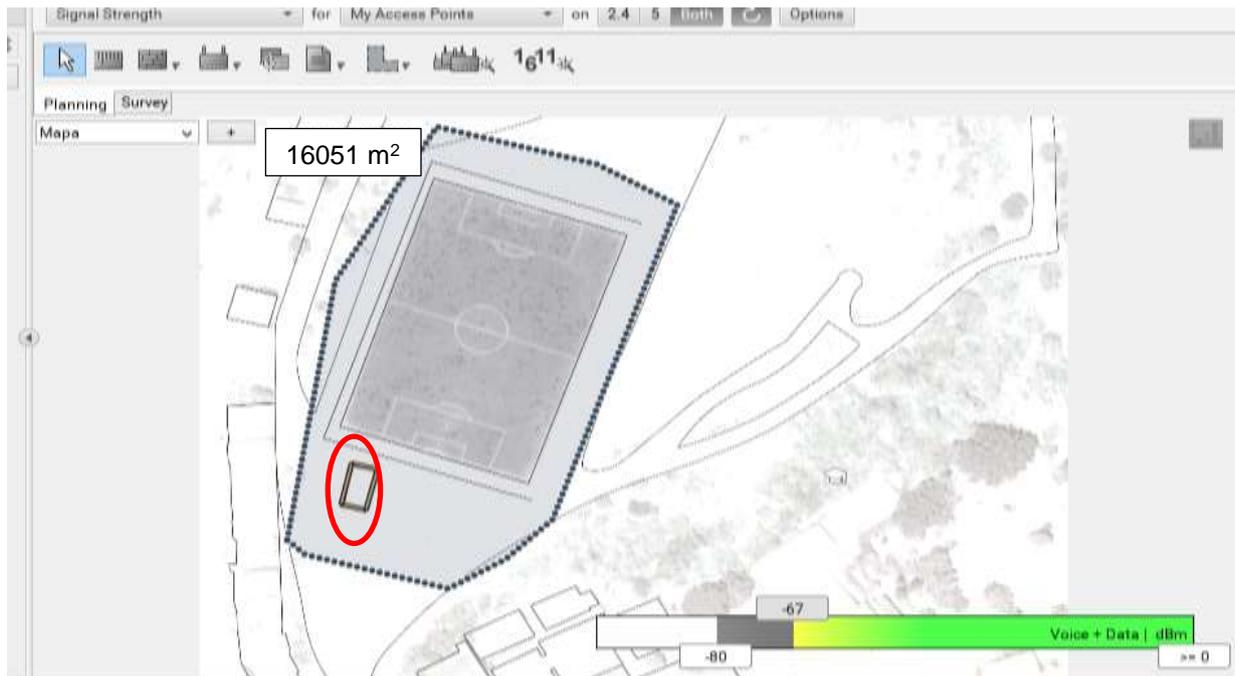


Figura 3. 15 Zona donde se desea la cobertura  
Elaborado por: Autor

Como se puede apreciar, en la zona superior nos aparece el área total en metros cuadrados, en este caso se ha trazado un aproximado de 16051 m<sup>2</sup>.

A continuación, definimos si existe alguna estructura o construcción dentro del área, por el momento solo está contemplado el cuarto de comunicaciones señalado con un círculo rojo en la Figura 3.15, y se procede a utilizar la simulación automática, véase Figura 3.16. los datos que podemos modificar en esta simulación son, los requerimientos de la red, la cantidad de dispositivos a los que se les brindara servicio y el modelo de AP que deseamos usar, y lo elegimos del gran catalogo que nos ofrece el software, en este caso ya tenemos definido usar el AP Ruckus T300 con la potencia de transmisión en su máxima capacidad.



Figura 3. 16 Auto-Planner del software  
Elaborado por: Autor

El software creara una disposición de los AP, en la ubicación donde brinden la mejor cobertura, como se puede ver en las Figuras 3.17 y 3.18, se necesitan 9 APs, para cubrir de manera óptima todo el sector marcado.

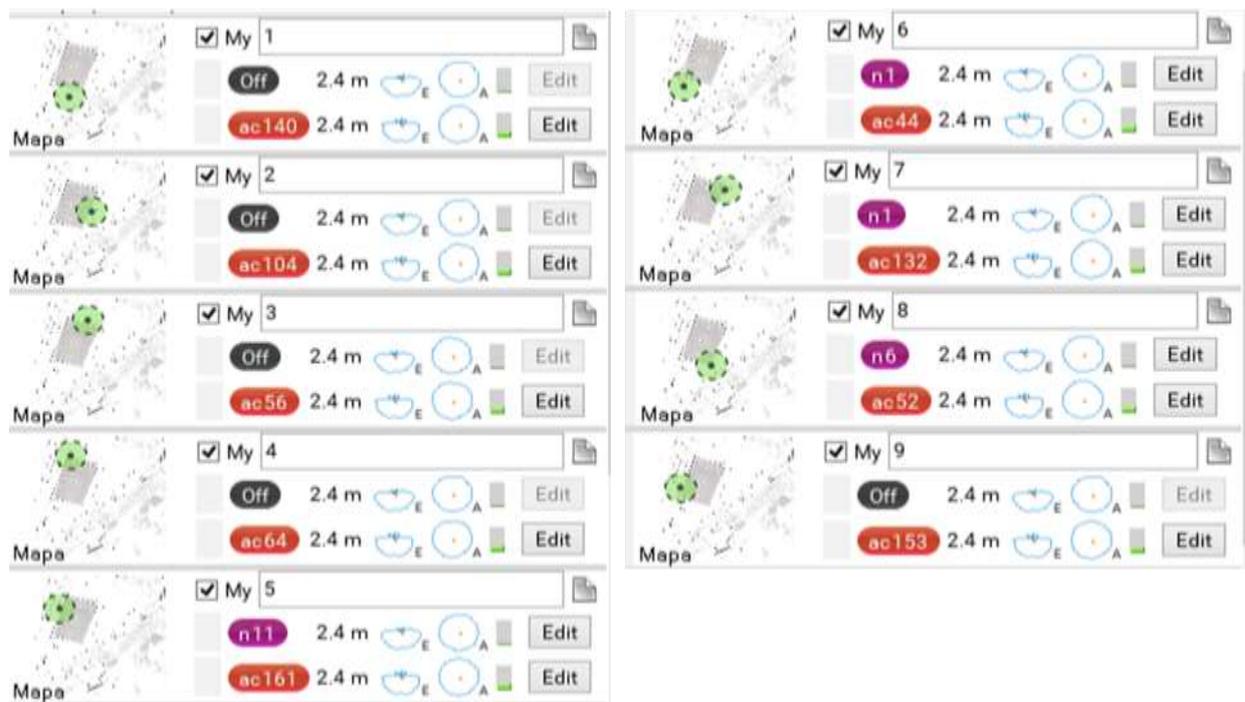


Figura 3. 17 Número de Puntos de Acceso.  
Elaborado por: Autor

Tal como se aprecia en la Figura 3.17, cinco de los nueve puntos de acceso trabajan solo en la banda de 5 GHz, es decir con el estándar 802.11.ac, están destinados a brindar mayor velocidad y menor interferencia, aunque tienen un rango de cobertura menor. Los cuatro APs restantes trabajan en 2.4 GHz y 5 GHz simultáneamente, utilizando las ventajas del estándar 802.11.n en cuanto a rango de cobertura, permite tener una red estable y compatible con dispositivos de baja, media y alta gama. Ambos estándares son compatibles y el Ruckus T300 nos brinda la posibilidad de aprovechar al máximo sus beneficios.

Para tener una mejor comprensión de como estará configurado cada punto de acceso en la simulación, en la Tabla 3.2 se muestra un resumen con las características de cada uno de los AP.

Tabla 3. 2 Configuración de los puntos de acceso.

AP	Estándar	Frecuencia	Canal	Ubicación (Altura)
1	802.11.ac	5 GHz	140	2.4 m
2	802.11.ac	5 GHz	104	2.4 m
3	802.11.ac	5 GHz	56	2.4 m
4	802.11.ac	5 GHz	64	2.4 m
5	802.11.n – 802.11.ac	2.4 GHz – 5 GHz	11 - 161	2.4 m
6	802.11.n – 802.11.ac	2.4 GHz – 5 GHz	1 - 44	2.4 m
7	802.11.n – 802.11.ac	2.4 GHz – 5 GHz	1 - 132	2.4 m
8	802.11.n – 802.11.ac	2.4 GHz – 5 GHz	6 - 52	2.4 m
9	802.11.ac	5 GHz	153	2.4 m

Elaborado por: Autor



Figura 3. 18 Ubicación de los AP según simulación en software

Elaborado por: Autor

El software nos muestra diversos aspectos y funcionalidades de la red, el primero de ellos es la Capacidad de Clientes por AP, como se observa en la Figura 3.19, la cual muestra cómo se distribuirían los dispositivos de usuario final entre los puntos de acceso.

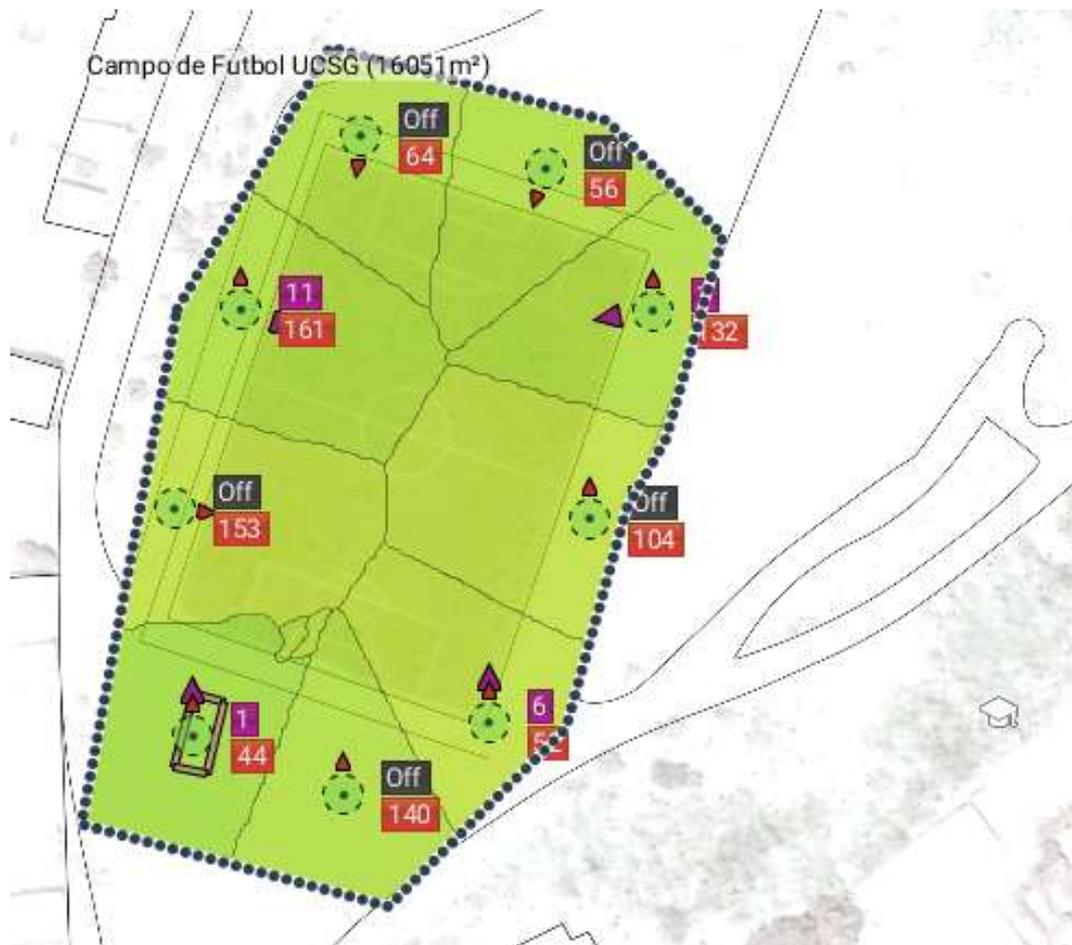


Figura 3. 19 Capacidad de clientes por AP  
Elaborado por: Autor

La red se simula en condiciones optimas, donde cada AP tiene cobertura en una zona especifica, para que las interferencias sean minimas en condiciones de alto flujo de datos, la ubicación de los AP puede variar en distancia de metros en relacion a la de la simulacion pero la funcionalidad sera fielmente similar, ya que el equipo Ruckus T300 permite esa flexibilidad.

La siguiente visualizacion, según se observa la Figura 3.20, nos enseña el ancho de banda del canal para visualizar mejor las características de la red 802.11n y 802.11ac, como la vinculación de canales.

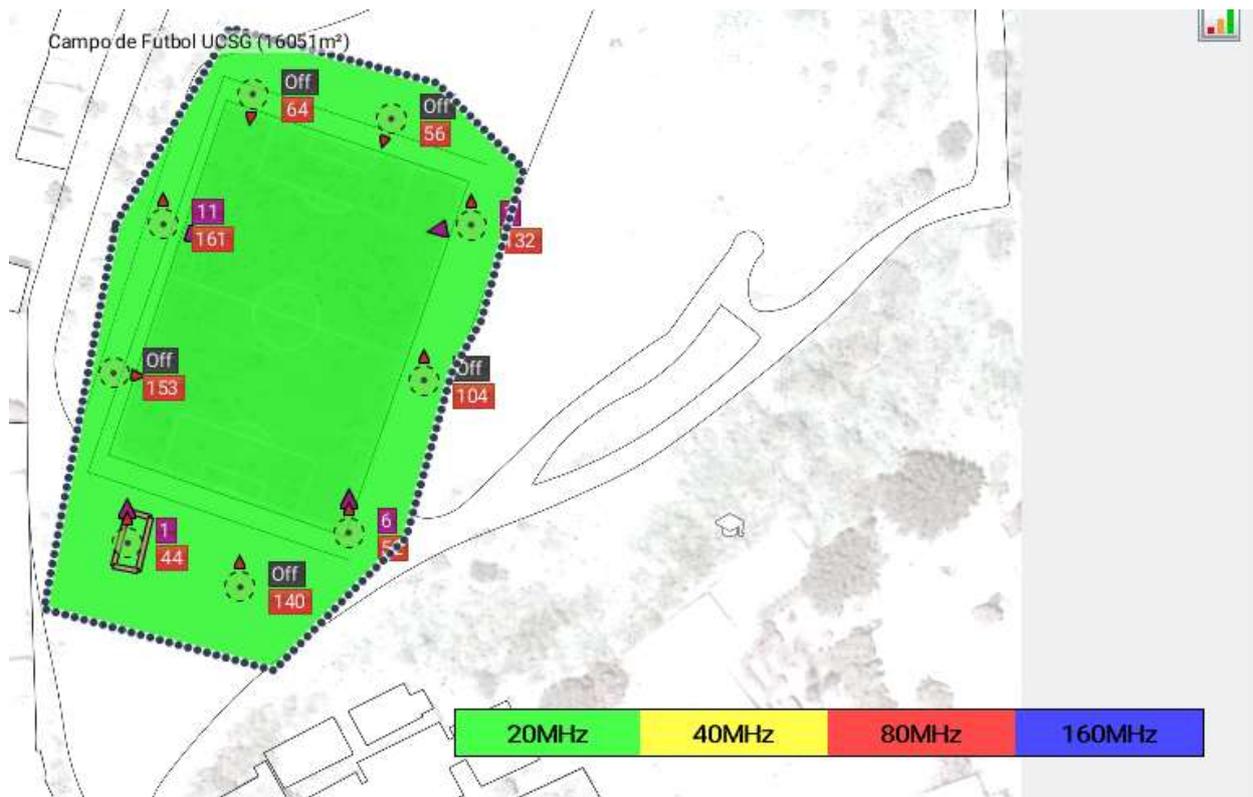


Figura 3. 20 Ancho de banda del canal  
Elaborado por: Autor

Todos los APs, se encuentran funcionando en el rango de los 20MHz, ya que las características que nos ofrece son las más idóneas con respecto al lugar y al público al que va dirigido. Este ancho de canal se utiliza para dispositivos más antiguos que aún no disponen de tecnología inalámbrica más avanzada. Y en situaciones donde el espectro de radiofrecuencia está muy saturado, disminuimos el caudal de velocidad, pero obtenemos mucha estabilidad en la transmisión inalámbrica.

### **Cobertura de los canales**

Otro de los datos que obtendremos en la simulación será la cobertura de canales, que nos permite tener un seguimiento de la superposición de canales. La visualización de cobertura de canal muestra el canal del AP con la intensidad de señal más fuerte en cada ubicación. Esta visualización se usará para identificar rápidamente el área de cobertura de cada canal y cómo se distribuyen las áreas de cobertura adyacentes. La visualización por canal muestra simultáneamente el área de cobertura principal para múltiples puntos de acceso en un formato de contraste

que facilita la verificación del plan de canales adecuado. También puede ver qué canales ocupan un área y sus intensidades de señal al desplazarse sobre el mapa véase Figura 3.21, 3.22 y 3.23.

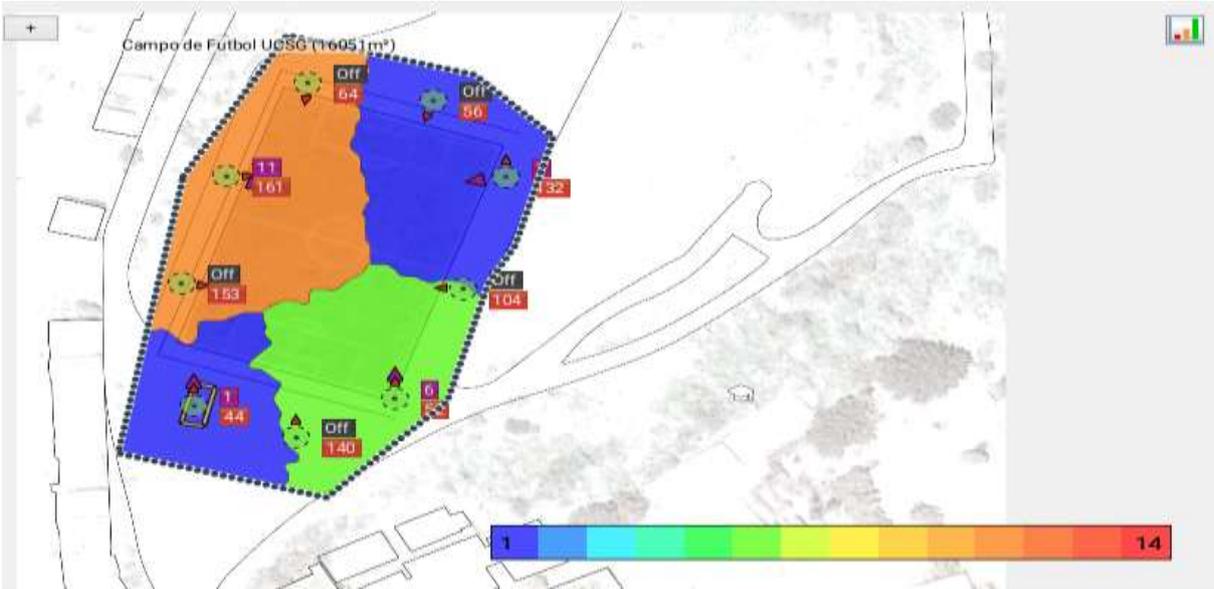


Figura 3. 21 Visualización de la cobertura del canal. 2.4 GHz  
Elaborado por: Autor

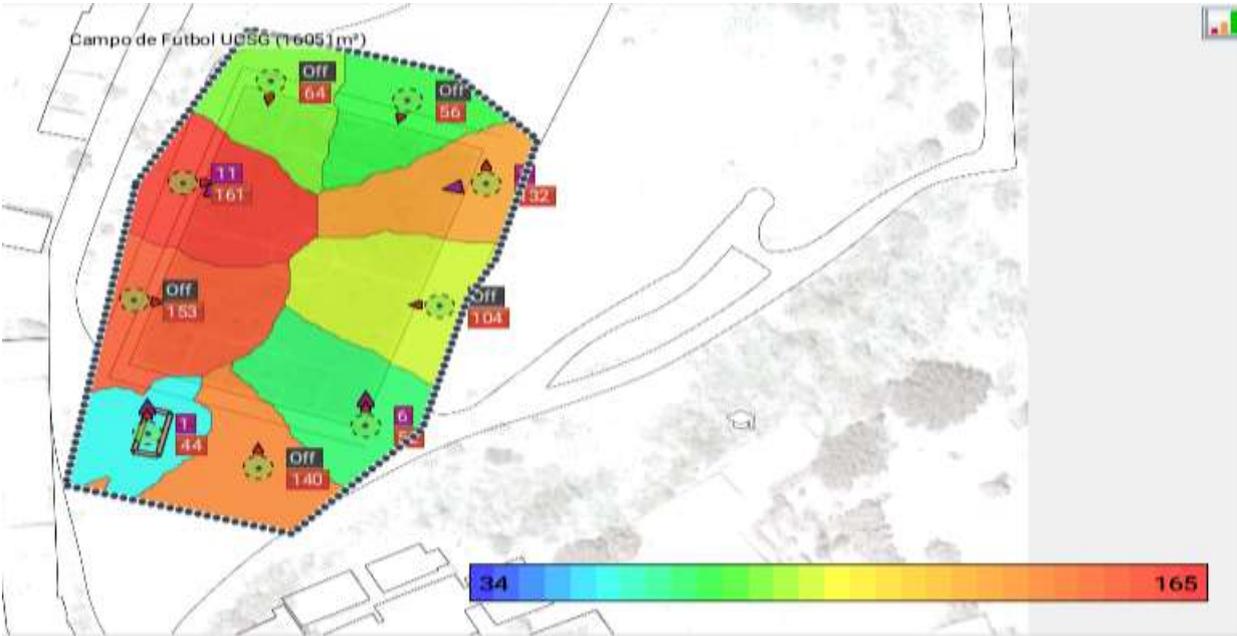


Figura 3. 22 Visualización de la cobertura del canal 5GHz  
Elaborado por: Autor

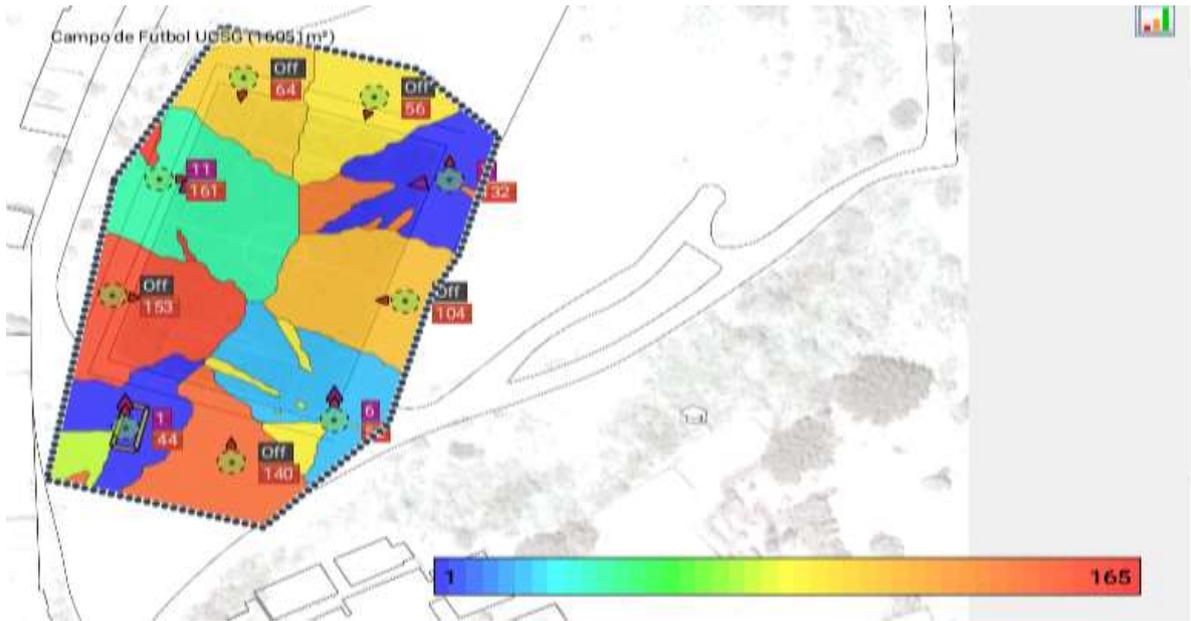


Figura 3. 23 Visualización de la cobertura del canal 2.4 GHz y 5 GHz.  
Elaborado por: Autor.

Como se puede observar en la Figura 3.22, la cobertura en 5 GHz requiere más canales y de todos los AP para cubrir toda el área. En cambio, los que trabajan en 2.4 GHz, véase Figura 3.21, tienen un rango más grande de cobertura y con solo 4 AP cubren el área en su totalidad y solo necesita utilizar 3 canales.

En la Figura 3.24 y 3.25, se presenta a manera de gráfico estadístico los porcentajes de las áreas cubiertas por cada canal.

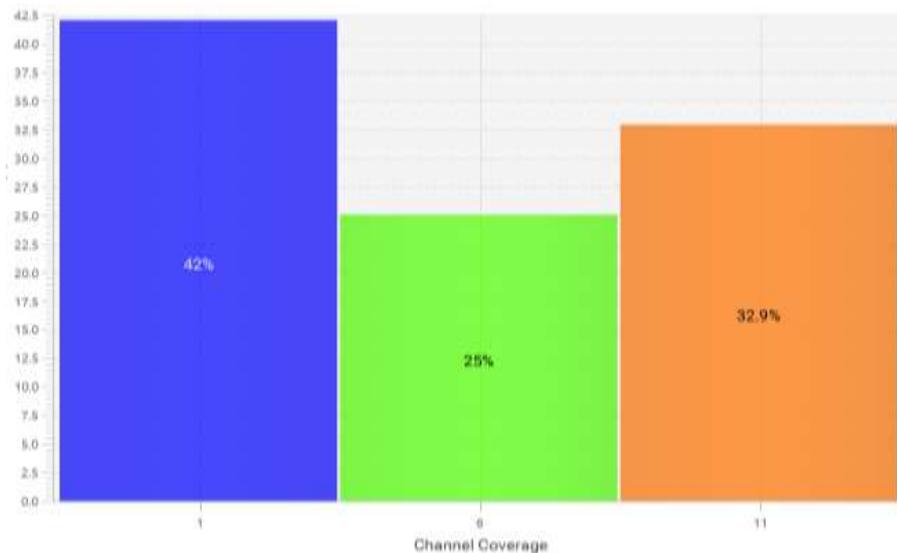


Figura 3. 24 Gráfico Estadístico cobertura del canal 2.4GHz  
Elaborado por: Autor

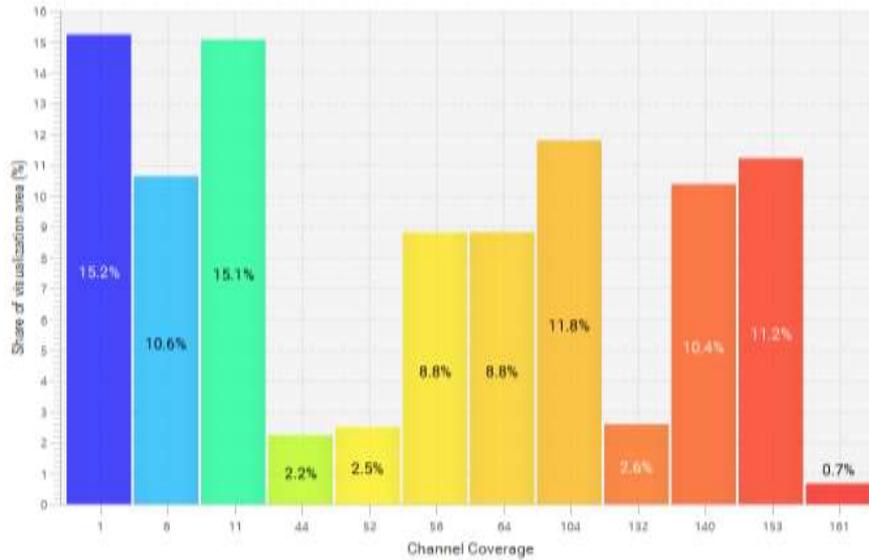


Figura 3. 25 Grafico Estadístico del canal 5GHz  
Elaborado por: Autor

### Velocidad de datos

En las Figuras 3.26 y 3.27, se muestra la velocidad a la que se comunican el dispositivo cliente y el punto de acceso en las Frecuencias 2.4 GHz y 5GHz. El software muestra la velocidad de datos calculada para los puntos de acceso. La tasa de datos se basa en la intensidad de señal mínima y la relación señal-ruido SNR.

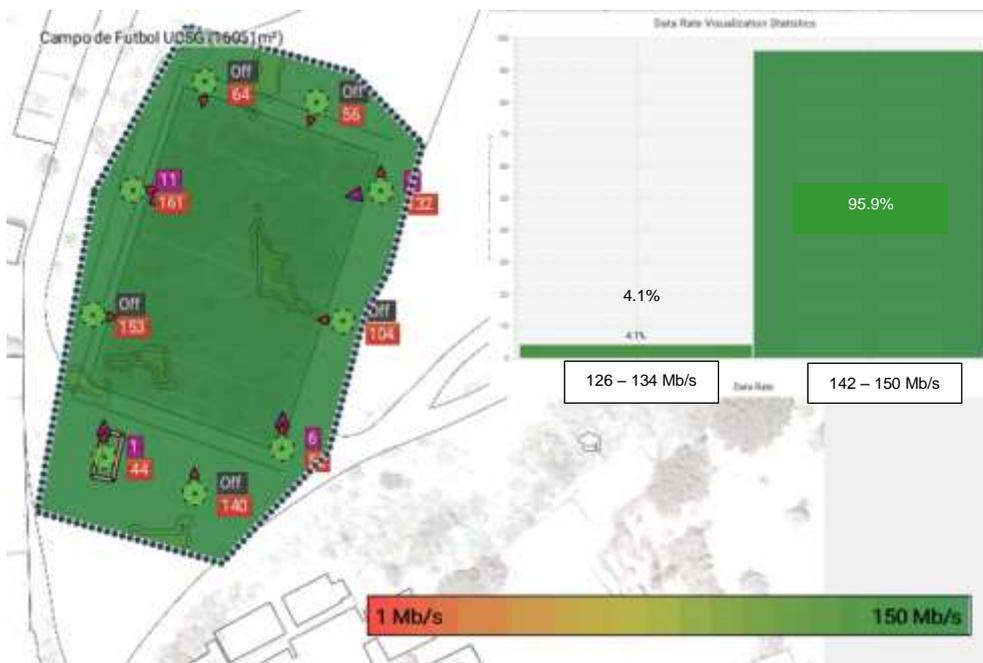


Figura 3. 26 Velocidad de los datos 2.4 GHz.  
Elaborado por: Autor

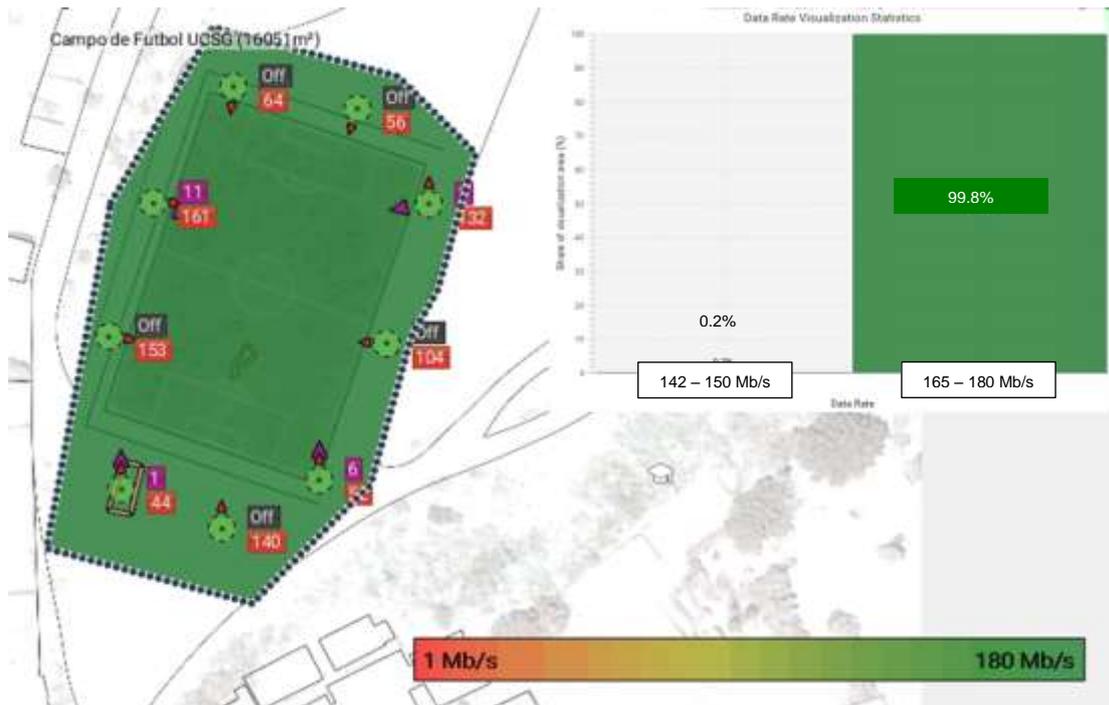


Figura 3. 27 Velocidad de los datos 5 GHz.  
Elaborado por: Autor

Analizando los resultados de esta visualización podemos darnos cuenta que la velocidad de los datos en la mayor parte del área funciona de manera óptima, en los canales de 2.4 GHz y 5 GHz existen zonas donde la velocidad cae un poco, pero aun así se mantiene en un rango favorable. Los dispositivos compatibles con el estándar 802.110.ac tendrán acceso a la mayor velocidad en transmisión de datos dentro del área.

### Intensidad de señal

La intensidad de la señal es un requisito fundamental para una red inalámbrica. En términos generales, una intensidad de señal más alta resultará en tasas de datos más altas. Por supuesto, también hay otros factores que determinan la velocidad de datos, como la relación señal a ruido (SNR), la interferencia, la compatibilidad del adaptador Wi-Fi del cliente (es decir, 802.11a / b / g / n / ac), y más. En las Figuras 3.28 y 3.29, se muestra la intensidad de la señal de los AP funcionando en 2,4 GHz, 5 GHz respectivamente.



Figura 3. 28 Intensidad de la señal, en 2.4GHz  
Elaborado por: Autor

Como se puede observar, la intensidad de la señal de los AP que funcionan en 2.4 GHz cubren de manera eficiente toda el área con solo una caída de señal de 0.4%. Mientras el 44% de la intensidad de la señal se encuentra en el rango mínimo de calidad establecido al iniciar el diseño de la red.

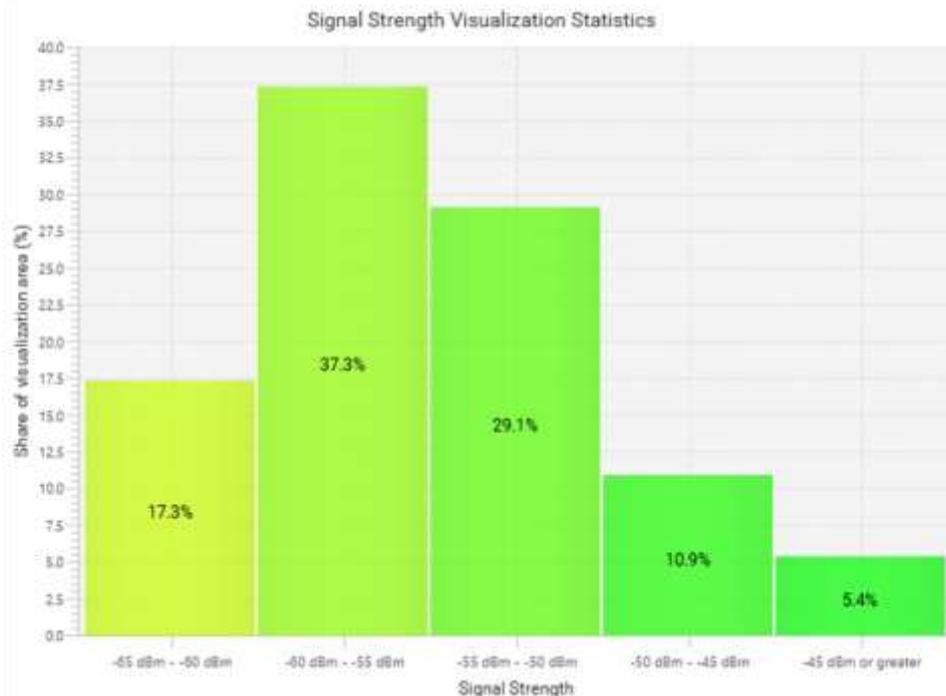
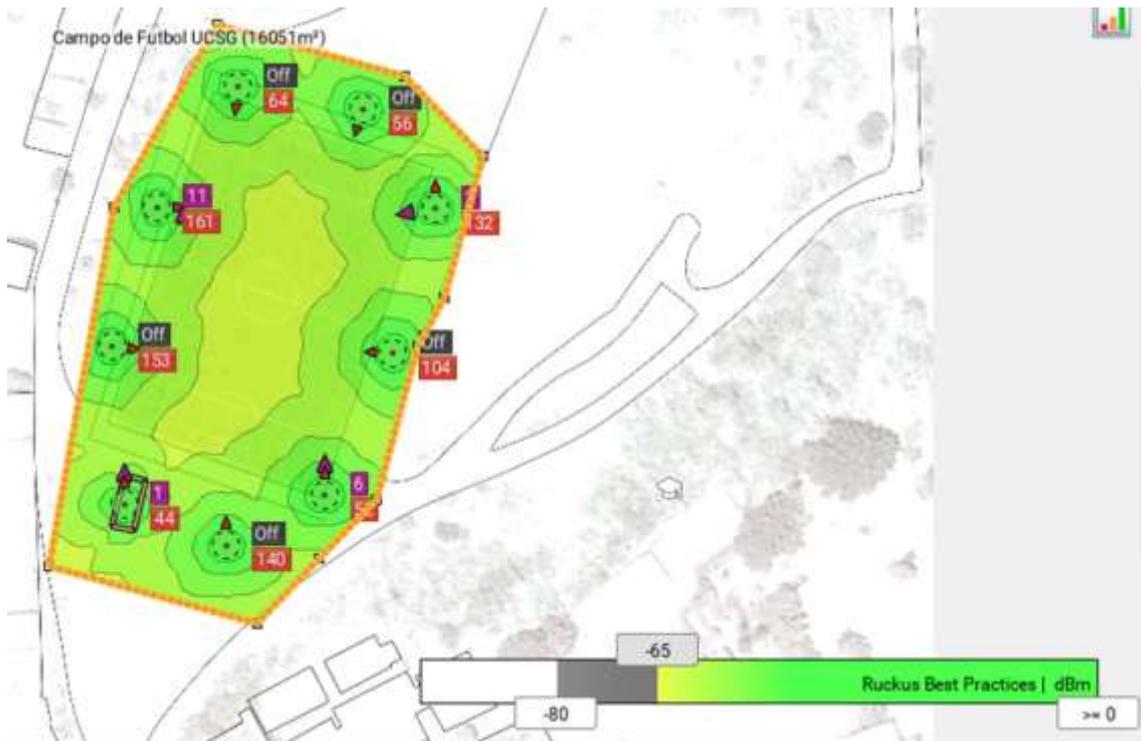


Figura 3. 29 Intensidad de la señal, en 2.4GHz  
Elaborado por: Autor

En este caso todos los APs trabajan en 5 GHz, y logran una cobertura total del área, logrando una intensidad de señal excelente sin ninguna caída significativa, el 17,3% se mantiene en el rango mínimo de intensidad, el porcentaje restante está en las condiciones óptimas.

### Relación señal ruido (SNR)

En la Figura 3.30, se presenta un gráfico estadístico donde se representa los valores de la relación señal-ruido, en la simulación la red se mantiene en un rango muy bueno de SNR.

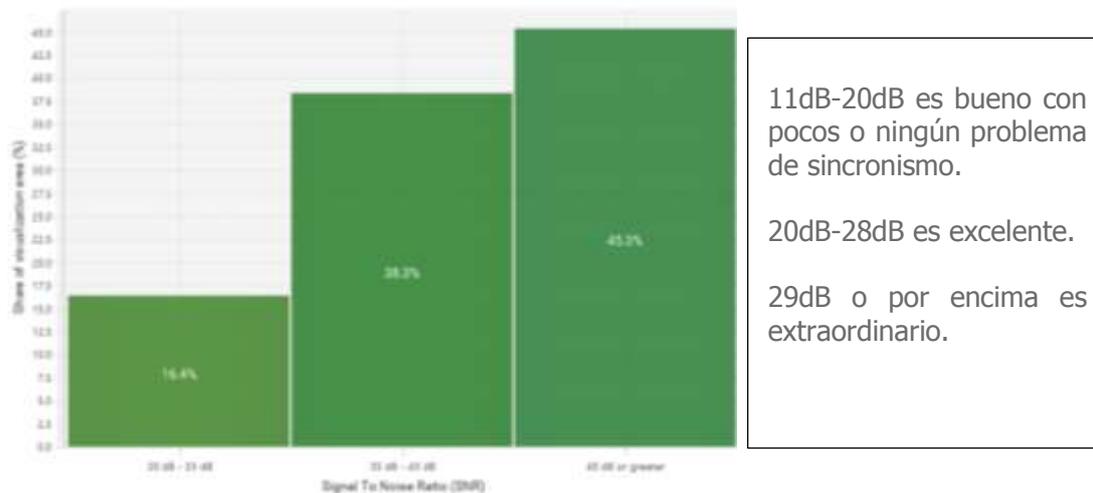


Figura 3. 30 Relación señal ruido  
Elaborado por: Autor

### Rendimiento de la red.

Por último, en la Figura 3.31, se muestra el rendimiento neto máximo teórico de la red.

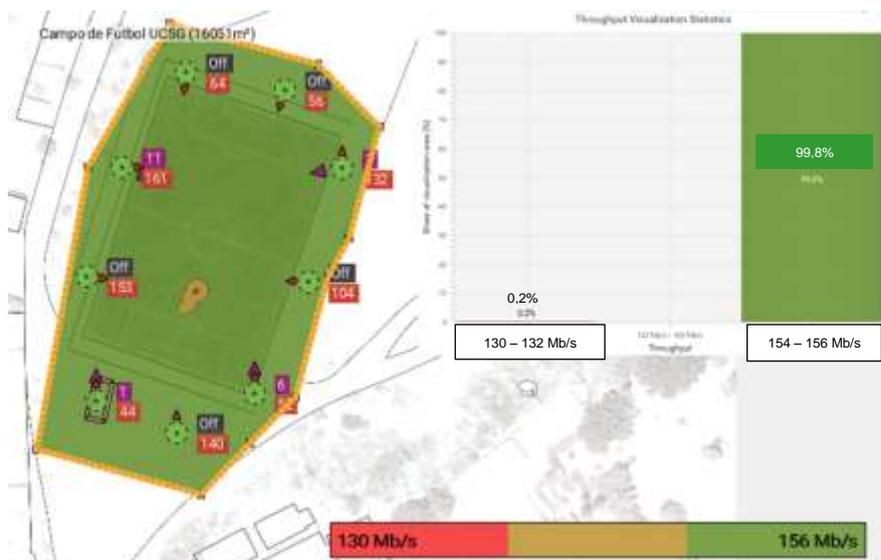


Figura 3. 31 Rendimiento teórico de la red.  
Elaborado por: Autor

Con los datos obtenidos en la simulación, y los valores técnicos podemos elaborar la Tabla 3.3 que resume los requisitos de cobertura en el área, donde se colocaran las cantidades mínimas de cada requerimiento para la cantidad de dispositivos aproximados sobre el cual se realizó la simulación, cabe recalcar que una de las ventajas de las redes inalámbricas como ya se ha mencionado es su capacidad de expandirse sin mucha complejidad, lo cual nos permite estar prestos a realizar modificaciones o expansiones de la red cuando esta lo requiera.

Tabla 3. 3 Requerimientos mínimos de la red

<b>Requisito de cobertura:</b> Ruckus Best Practices  <b>Area:</b> Campo de Futbol de la UCSG  <b>16051 m<sup>2</sup> (aprox.)</b>	Intensidad de la señal Min	-65.0 dBm
	Relación de señal a ruido mín.	25.0 Db
	Velocidad de datos Min	12 Mbps
	Cant. De puntos de acceso Min	2 at min. -75.0 dBm
	Superposición de canal máx.	2 at min. -85.0 dBm
	Tiempo de ida y vuelta (RTT) Max	300ms
	Max cantidad de Paquetes perdidos	2%
<b>Requerimientos de los dispositivos</b>	750 Generic Smartphone 250 Generic Tablet  Total: 1000 Dispositivos (500 Mbits/s)	

Elaborado por: Autor

**3.5.4. Ubicación de los postes donde se colocarán los Puntos de Acceso.**

Basándonos en los datos colocados en la simulación, cada punto de acceso debe estar a una altura de 2.4 m sobre la superficie en el punto del área, es así que se ha diseñado un bosquejo de la ubicación de los postes donde se colocara cada AP, véase Figura 3.32, teniendo en cuenta que estos mismos postes podrán ser usados para sistemas de iluminación u otro servicio adicional que se desee implementar a futuro.

Todo el cableado se tendera de manera subterránea y se utilizara el Switch en el cuarto de comunicaciones como nodo central de la red, cada punto de acceso será alimentado vía PoE por el Switch, para ello se utilizará el Cable UTP, y en las distancias mayores a los 100 metros, se requerirá un extensor y repetidor LAN PoE, que permita aumentar el rango de alcance del cable UTP en 100 metros adicionales.

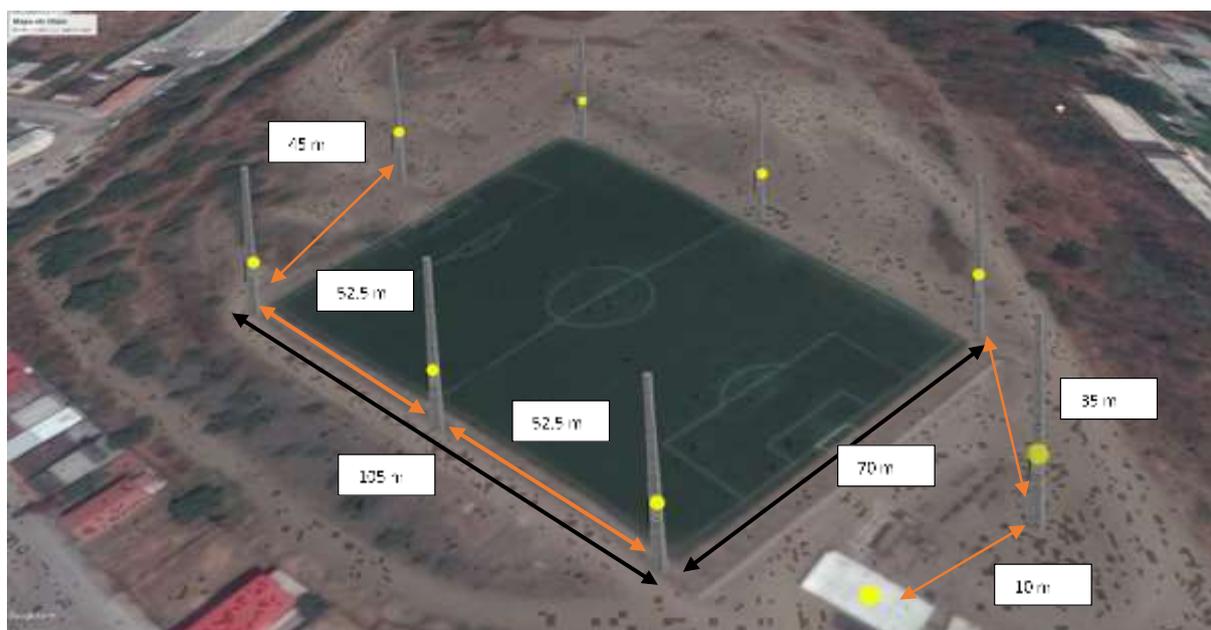


Figura 3. 32 Ubicación de los postes para cada AP  
Elaborado por: Autor

Otra opción que nos permite ahorrarnos el cableado, la canalización, y evitar la centralización de los envíos de paquetes: es utilizar una topología de red malla mesh véase Figura 3.33. Los AP Ruckus T300 cuentan con la tecnología SmartMesh, que permite crear una red en malla con todos los AP de una manera sencilla. Así el tráfico de información tendrá varios caminos por donde viajar, de igual manera uno de los AP estará conectado al Switch de donde recibirá el acceso a internet. Pero para que esta opción sea viable se debe tener una fuente de alimentación en cada punto donde se encuentre un AP.

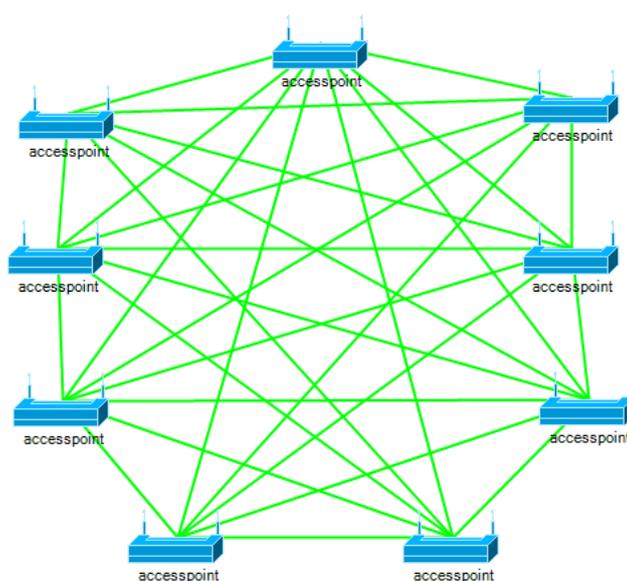


Figura 3. 33 Red Malla Mesh  
Elaborado por: Autor

### 3.6. Costo aproximado de los materiales y equipos para la red WiFi.

Se presenta la Tabla 3.4 con los valores aproximados del costo de los equipos y elementos de la red WI-FI diseñada para cancha de futbol de la UCSG.

Tabla 3. 4 Costo de los materiales y equipos de la red.

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total
Postes de Hormigón 9 m	9	\$ 370,00	\$ 3330,00
Roseta FO	1	\$ 9,00	\$ 9,00
Tubería corrugada para canalización 500 mts	500	\$ 1,40	\$ 700,00
Arquetas de hormigón para pozo de revisión	8	\$ 95,00	\$ 760,00
Punto de Acceso	9	\$ 690,00	\$ 6210,00
Controladora WLAN	1	\$ 4900,00	\$ 4900,00
Switch	1	\$ 289,00	\$ 289,00
Transceiver	2	\$ 25,00	\$ 50,00
Fibra Óptica, Cable drop plano, 2 hilos	1000	\$ 0,34	\$ 342,00
Cable UTP Cat. 6	500	\$ 0,75	\$ 375,00
Repetidor de señal LAN PoE	3	\$ 112,00	\$ 336,00
Total			\$ 17301,00

Elaborado por: Autor.

## **Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones.**

### **4.1. Conclusiones.**

Al finalizar el presente trabajo de investigación, se consiguió llegar a las siguientes conclusiones:

1. No debe existir una distancia superior a los 200 metros entre cada punto de acceso.
2. Los equipos que cuentan con puertos PoE son muy útiles en lugares donde no existen muchos puntos de alimentación eléctrica.
3. El diseño de la red WI-FI cumple con las pruebas simuladas que lo hacen un diseño confiable y seguro en el caso de darse una futura implementación.
4. Para el diseño de esta red es necesario contar con alimentación eléctrica en el sector.

### **4.2. Recomendaciones.**

1. Para la implementación se debe realizar el análisis completo de los permisos de construcción y normativas en cuanto a canalizaciones e instalación de postes y acometidas.
2. Para sitios como este, ubicados al aire libre se debe utilizar equipos que soporten condiciones externas.
3. Los equipos en los postes no deben instalarse a una altura superior a los 3 metros, así su rango de acción será óptimo y tendremos la mejor cobertura.
4. En caso de utilizarse la topología de malla, se necesitará un software de monitoreo, que permita conocer si existe pérdida de comunicación con algún AP.

## Bibliografía.

- Andreu, J. (2011). Redes inalámbricas (Servicios en red). Editex.
- Baquero, M., & David, J. (2016). Diseño de solución de conectividad de WiFi en el Campus de Floridablanca de la Universidad Santo Tomás. instname: Universidad Santo Tomás. Recuperado de <http://repository.usta.edu.co/handle/11634/9456>
- Briere, D., Hurley, & Ferris, E. (2011). Wireless Home Networking For Dummies. John Wiley & Sons.
- Conversor de Medios Gigabit PoE | Conversor Cobre a Fibra | Perle. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2019, de <https://www.perlesystems.es/products/10-100-1000-poe-media-converters.shtml#poepplusmodels>
- Crow, B. P., Widjaja, I., Kim, J. G., & Sakai, P. T. (1997). IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks. IEEE Communications Magazine, 35(9), 116-126. <https://doi.org/10.1109/35.620533>
- Ecuador, A. de R. y C. de las T. |. (2018). Espectro Radioeléctrico. Recuperado 15 de enero de 2019, de <http://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>
- EcuRed contributors. (2014, marzo 4). Radiofrecuencia - EcuRed [Blog]. Recuperado 15 de enero de 2019, de <https://www.ecured.cu/Radiofrecuencia>
- Ekahau Site Survey Heatmap Visualizations - Part 1: Introduction. (2019). Recuperado 19 de febrero de 2019, de <https://www.ekahau.com/blog/2014/12/31/ekahau-site-survey-heatmap-visualizations-part-1-introduction/>
- Ekahau Site Survey Heatmap Visualizations – Part 8: Channel Coverage. (2015, julio 21). Recuperado 18 de febrero de 2019, de

<https://www.ekahau.com/blog/2015/07/21/ekahau-site-survey-heatmap-visualizations-part-8-channel-coverage/>

Engst, A., & Fleishman, G. (2003). Introducción a las redes inalámbricas. Anaya Multimedia.

Feijóo, C., Gómez-Barroso, J. L., & Mochón, A. (2009). Reforms in Spectrum Management Policy. Handbook of Research on Telecommunications Planning and Management for Business, 33-47.

<https://doi.org/10.4018/978-1-60566-194-0.ch003>

Fiber Media Converters | Doumentation and Downloads. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2019, de

<https://www.perle.com/downloads/media-converter.shtml>

Gast, M. (2005). 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide. O'Reilly Media, Inc.

Gokhale, A. (2004). Introduction to Telecommunications. Cengage Learning.

Hernandez Karla. (2018, agosto 12). Ondas Electromagnéticas Guiadas. Recuperado 15 de enero de 2019, de

<http://pahk980323.blogspot.com/>

Lascano, S., & Backerd, M. (2015). Estudio de factibilidad para implementar el estándar 802.11 AC en la red de comunicaciones de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Recuperado de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/3928>

Luis, J. (s. f.). Redes Inalámbricas de Área Personal, 32.

Martínez, D. R. (2005). Comunicaciones en redes WLAN: WiFi, VoIP, multimedia, seguridad. Creaciones Copyright.

Navia, M., & Daniel, I. (2018). Estudio y diseño de una red inalámbrica publica WI-FI en el malecón del Salado de la ciudad de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/11337>

- Ordóñez, J. L. (2012). Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico, 15.
- Papacetzzi, F. M. A. (2003, diciembre 16). Wireless Personal Area Network (WPAN) a Home Networking. Recuperado 16 de enero de 2019, de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/archundia\\_p\\_fm/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/)
- Pearl. (2014, octubre 4). Wireless and Mobile Networks. Recuperado 16 de enero de 2019, de <https://www.slideserve.com/pearl/wireless-and-mobile-networks>
- Peralta, Javier. (2014). IEEE 802.11ac. Recuperado de <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/80211ac.pdf>
- Rábanos, J. M. H., Tomás, L. M., & Salís, J. M. R. (2015). Comunicaciones móviles. Editorial Universitaria Ramon Areces.
- Rackley, S. (2007). Wireless networking technology: from principles to successful implementation. Amsterdam ; Boston: Elsevier, Newnes.
- Ramos, M. D. P. A., & Hurtado, A. G.-C. (2011). Seguridad Informatica ED.11 Paraninfo. Editorial Paraninfo.
- Ruckus ICX 7150. (2016, noviembre 10). Recuperado 15 de febrero de 2019, de <https://www.ruckuswireless.com/products/campus-network-switches/ruckus-icx-family-switches/ruckus-icx-7150>
- Ruckus ICX 7150-24P. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2019, de <https://www.ruckusecurity.com/ICX-7150-24P.asp>
- Ruckus T300 DataSheet. (2017). Recuperado 15 de febrero de 2019, de <https://ruckus-www.s3.amazonaws.com/pdf/datasheets/ds-ruckus-t300-series-es.pdf>
- Ruckus ZD300. (2013). Recuperado 15 de febrero de 2019, de <https://ruckus-www.s3.amazonaws.com/pdf/datasheets/ds-zonedirector-3000-es.pdf>

Ruckus ZoneDirector 3000 Smart 1024-WLAN 500-AP Access Point Controller. (s. f.). Recuperado 15 de febrero de 2019, de <http://zd3000.com/>

Sarango, P., & Danilo, R. (2017). Estudio y diseño de una red inalámbrica WLAN utilizando LampSite para despliegue de Internet en los interiores del Estadio Monumental Banco Pichincha. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/7679>

Stallings, W. (2007). Data and computer communications (8th ed). Upper Saddle River, N.J: Pearson/Prentice Hall.

T300 Series Outdoor Access Point. (2014, septiembre 30). Recuperado 15 de febrero de 2019, de <https://www.ruckuswireless.com/products/access-points/ruckus-outdoor/ruckus-t300-series>

Visualizaciones de mapas de calor de la encuesta del sitio de Ekahau - Parte 2: Fuerza de la señal. (2019). Recuperado 19 de febrero de 2019, de <https://www.ekahau.com/blog/2015/01/13/ekahau-site-survey-heatmap-visualizations-part-2-signal-strength/>

Visualizaciones de mapas de calor de la encuesta del sitio de Ekahau - Parte 6: Velocidad de datos. (2019). Recuperado 19 de febrero de 2019, de <https://www.ekahau.com/blog/2015/06/22/ekahau-site-survey-heatmap-visualizations-part-6-data-rate/>

Zhang, Y., Lee, W., & Huang, Y.-A. (2003). Intrusion Detection Techniques for Mobile Wireless Networks. *Wireless Networks*, 9(5), 545-556. <https://doi.org/10.1023/A:1024600519144>

## GLOSARIO

**AP - Access Point:** Puntos de accesos, ubicaciones de Routers que transmiten señal.

Atenuación: Perdida o degradación de la intensidad de señal.

**Ekahau Site Suvery Pro:** Programa de simulaciones profesionales para redes inalámbricas.

**Fibra Óptica:** Filamento de material dieléctrico capaz de conducir y transmitir señales a través de impulsos luminosos de uno extremo a otro a una gran velocidad.

**IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers:** Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos, encargados de dar normativas a las comunicaciones inalámbricas y otro tipo de comunicaciones.

**POE – Energy on Ethernet:** Energía sobre ethernet, es un dispositivo que permite la conducción eléctrica por medio del cable UTP.

**Red de Acceso:** Red primaria por el que la empresa lleva el servicio a un lugar determinado.

**RF:** Radio frecuencias, frecuencias de radio que se transmiten por el espectro radioeléctrico.

**SSID - Service Set Identifier:** Secuencia de 32 caracteres para la denominación de una red inalámbrica para identificarlos.

**Transceiver - transmisores/receptores:** Son unos dispositivos que se utiliza para lograr interconexión entre un cable de fibra óptica y un cable UTP.

**UTP:** par trenzado sin blindaje, son cables que se utilizan para diferentes tecnologías.

**WI-FI Analyzer:** Analizador de WI-FI es una aplicación o programa para analizar espectros en redes inalámbricas WI-FI.

**WI-FI** – Wireless-Fidelity: Fidelidad inalámbrica o sin cables.

**WLAN** – Wireless Local Area Network: una red inalámbrica de área local es una de las redes más utilizada con un rango de acción de hasta 100 metros como por ejemplo el WIFI.

**WIMAX** - Worldwide Interoperability for Microwave Access: Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas, es un estándar de transmisión inalámbrica de datos con mayor rango de acción que el WI-FI. 3G y 4G: tercera generación y cuarta generación, denominaciones de las generaciones de transmisiones de datos.

## **ANEXOS**

# ANEXO 1

## Ruckus ICX 7150

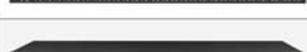
Enterprise-Class Stackable Access Switch

PRODUCT BROCHURE

### RUCKUS ICX 7150 PRODUCT FAMILY

#### RUCKUS ICX 7150

These Ruckus ICX 7150 models offer a single integrated power supply, one RJ-45 Ethernet port for out-of-band network management, one USB Type-C port for console management, one RJ-45 port for serial console management, and one USB port for external file storage.

	<b>Ruckus ICX 7150-24 Switch</b> 24x 10/100/1000 Mbps RJ-45 ports 2x 10/100/1000 Mbps uplink RJ-45 ports 4x 1/10 GbE uplink/stacking SFP/SFP+ ports
	<b>Ruckus ICX 7150-24P Switch</b> 24x 10/100/1000 Mbps RJ-45 PoE+ ports 370 W PoE budget 2x 10/100/1000 Mbps uplink RJ-45 ports 4x 1/10 GbE uplink/stacking SFP/SFP+ ports
	<b>Ruckus ICX 7150-48 Switch</b> 48x 10/100/1000 Mbps RJ-45 ports 2x 10/100/1000 Mbps uplink RJ-45 ports 4x 1/10 GbE uplink/stacking SFP/SFP+ ports
	<b>Ruckus ICX 7150-48P Switch</b> 48x 10/100/1000 Mbps RJ-45 PoE+ ports 370 W PoE budget 2x 10/100/1000 Mbps uplink RJ-45 ports 4x 1/10 GbE uplink/stacking SFP/SFP+ ports
	<b>Ruckus ICX 7150-48PF Switch</b> 48x 10/100/1000 Mbps RJ-45 PoE+ ports 740 W PoE budget 2x 10/100/1000 Mbps uplink RJ-45 ports 4x 1/10 GbE uplink/stacking SFP/SFP+ ports

#### RUCKUS ICX 7150 Z-SERIES

The Ruckus ICX 7150 Z-Series Switch offers redundant hot swappable load sharing power supplies, up to 2 hot swappable fans, one RJ-45 Ethernet port for out-of-band network management, one USB Type-C port for console management, one RJ-45 port for serial console management, and one USB port for external file storage.

	<b>Ruckus ICX 7150-48ZP</b> 16x 100/1000 Mbps/2.5 Gbps RJ-45 PoH, 802.3bt ready ports <sup>1</sup> 32x 10/100/1000 Mbps RJ-45 PoE+ ports 1,480 W PoE budget (with two power supplies) 8x 1/10 GbE uplink/stacking SFP/SFP+ ports
---	--

#### RUCKUS ICX 7150 COMPACT SWITCH

The Ruckus ICX 7150 compact switch offer a single integrated power supply, one RJ-45 Ethernet port for out-of-band network management, one USB Type-C port for console management, one RJ-45 port for serial console management, and one USB port for external file storage.

	<b>Ruckus ICX 7150-C12P Compact Switch</b> 12x 10/100/1000 Mbps POE+ RJ-45 ports 124 W power budget 2x 10/100/1000 Mbps uplink RJ-45 ports 2x 1/10 GbE uplink/stacking SFP/SFP+ ports
---	---

<sup>1</sup>Up to 90W per port, IEEE 802.3bt standard pending ratification. Compatible with uPoE.

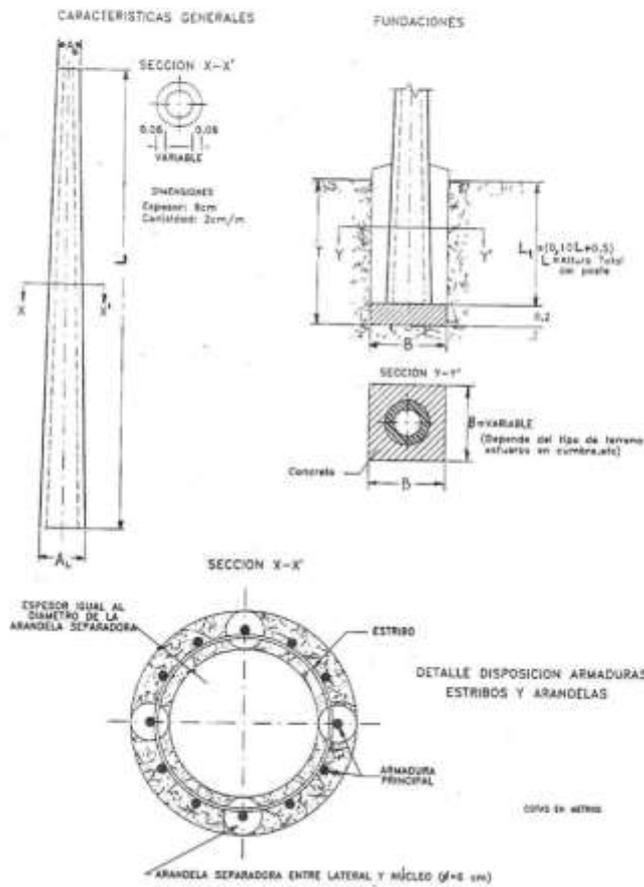
## ANEXO 2

Catálogo "Postes de hormigón armado y vibrado" (Rev. 05; 2.016/01/14)



### 3d. Esquemas de los postes circulares y rectangulares de hormigón armado

#### POSTES CIRCULARES (esquema)



Pág. 14 de 24

## ANEXO 3

### Ruckus T300

Puntos de acceso exterior 802.11ac de nivel de entrada

HOJA DE DATOS

#### RUCKUS T300



**BANDA DUAL  
802.11AC 2:2X2,  
1167 MBPS**

Antena interior  
omnidireccional de  
2.4 GHz y 5 GHz

- Apto para implementaciones de alta densidad  
(El mejor para cubrir cobertura y gran capacidad)

#### RUCKUS T300E



**BANDA DUAL  
802.11AC 2:2X2,  
1167 MBPS**

Antena interna  
omnidireccional para  
2.4 GHz y 5 GHz,  
soporte para antenas  
externas opcionales de  
5 GHz

- Apto para implementaciones de alta densidad
- Adecuado para aplicaciones en "terrenos abiertos" que requieran acceso de 2.4 GHz y SmartMesh de amplio rango de 5 GHz\*\*.



#### CARACTERÍSTICAS

- Admisión de doble banda (5GHz/2.4GHz) en simultáneo
- 1167 Mbps de capacidad total de RF de la WLAN
- Tecnología de antenas adaptativas BeamFlex+ y gestión de RF avanzada
- Hasta 10 dB de mitigación de la interferencia
- Optimizado para los entornos de alta densidad
- Diversidad de polarización para un óptimo rendimiento del dispositivo móvil
- Calificado IP-67, -20°C a +65°C
- Soporte ajustable incluido
- Factor de forma pequeña, liviana y elegante
- Administrado de manera individual o centralizada por medio de ZoneDirector, SCG 200 o FlexMaster
- Limitación de velocidad por usuario, dinámica, para WLAN de hotpot
- Soporte WPA-PSK (AES), 802.1X para RADIUS y Active Directory\*
- BYOD, Zero-IT y Dynamic PSK\*
- Portales cautivos y cuentas de invitados\*
- Control de admisión/balanco de la carga\*
- Balanco de la banda\*
- Reconocimiento y control de la aplicación\*
- Hotpot seguro\*
- Servicios de ubicación SPoT\*
- Band steering intoligente
- Equidad de conexión
- SmartMesh\*\*
- QoS intoligente

\*Cuando se usa con los controladores Ruckus ZoneDirector o SmartZone

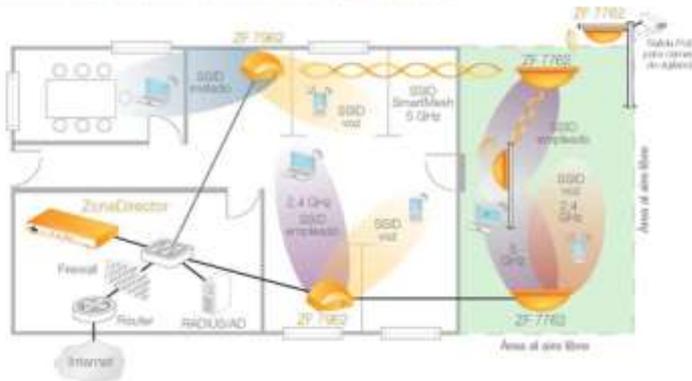




## ANEXO 5

### ZoneDirector™ 3000 CONTROLADOR LAN INALÁMBRICO INTELIGENTE DE CLASE EMPRESARIAL

El ZoneDirector 3000 se puede implementar en cualquier lugar dentro de una red de 2/3 capas. Todos los AP ZoneFlex son detectados dinámicamente y provisionados automáticamente por ZoneDirector.



#### Fácil de implementar

El ZoneDirector de Ruckus se integra a la perfección con los switches, firewalls, servidores de autenticación existentes y otra infraestructura de red. ZoneDirector se puede colocar en cualquier red de capa 2/3. Todos los AP ZoneFlex de Ruckus (con cable o inalámbrico) detectan automáticamente el ZoneDirector de Ruckus, se autoconfiguran y quedan listos para ser administrados instantáneamente. La redundancia inteligente de Ruckus asegura una alta disponibilidad de red y es fácil de usar con la sincronización automática de la configuración y los usuarios autorizados entre los ZoneDirector.

#### Fácil de administrar

Una vez instalado y en ejecución, el ZoneDirector administra automáticamente la red de Access Points ZoneFlex; ajusta automáticamente los niveles de potencia de transmisión y las asignaciones de canal de radio frecuencia, según sea necesario, para evitar la interferencia, evita que los Access Points contigüos interfieran y permite la cobertura redundante en caso de una falla de uno o varios APs. Los cambios de configuración se pueden aplicar con facilidad a varios AP o al sistema completo, de manera simultánea. Un panel personalizable proporciona acceso instantáneo a una variedad de eventos e información de red y de cliente, y un mapa de calor en tiempo real muestra las ubicaciones de los AP y la cobertura de señal, así como la topología de malla inteligente de Ruckus.

Los sistemas de WLAN inteligente de ZoneDirector integran una herramienta de rendimiento única de Ruckus llamada SpeedFlex™. SpeedFlex de Ruckus permite a los administradores determinar de forma local o remota el rendimiento de Wi-Fi del cliente a través de la LAN inalámbrica. Con SpeedFlex, los administradores ahora pueden planificar,

solucionar problemas, monitorear y medir el rendimiento de la WLAN de forma más optimizada, y eliminar así la necesidad de usar herramientas de velocidad en Internet que generalmente proporcionan resultados poco precisos sobre el entorno de Wi-Fi local.

#### Fácil de asegurar

El ZoneDirector 3000 proporciona nuevas técnicas innovadoras que simplifican y automatizan la seguridad de Wi-Fi. Además de la asistencia en la implementación de 802.1x, para aumentar las capacidades de asignación dinámica de VLAN y la integración a nivel empresarial, el ZoneDirector 3000 admite una clave preconfigurada (PSK) dinámica, con patentes pendientes, que agiliza la seguridad de WLAN.

Los usuarios que utilizan por primera vez, conectan sus equipos a la red LAN, especifican una URL, y son redirigidos a un portal web cautivo para realizar una autenticación única. Una vez realizada la autenticación, el ZoneDirector configura automáticamente el sistema del cliente con el SSID designado y una clave de cifrado generada dinámicamente. La clave está ligada al cliente y se puede eliminar al momento del vencimiento cuando el usuario o el dispositivo del usuario ya no sean de confianza.

El ZoneDirector de Ruckus centraliza las decisiones de autenticación y autorización para todos los AP, lo cual proporciona un control de admisión seguro en toda la WLAN. Funciona con cualquier base de datos de autenticación back-end como RADIUS y Active Directory, y también viene con una base de datos de autenticación interna. Además, los clientes se pueden asignar de forma dinámica a una VLAN según sus atributos de RADIUS.



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Alcívar Zambrano, Jesús Joel**, con C.C: # **0941441081** autor del trabajo de titulación: **Análisis y diseño de una red WLAN para dar cobertura de internet en el área de la cancha de futbol de la UCSG**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **11 de marzo del 2019**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Alcívar Zambrano, Jesús Joel**

C.C: **0941441081**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis y diseño de una red WLAN para dar cobertura de internet en el área de la cancha de futbol de la UCSG.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Alcívar Zambrano Jesús Joel		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Héctor Ignacio Pacheco Bohórquez,		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Telecomunicaciones		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Telecomunicaciones		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	11 de marzo del 2019	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	77
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Comunicaciones Inalámbricas, Sistemas de Comunicaciones		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	WLAN, WIFI, AP, CAMPO DE FUTBOL, FRECUENCIA, INTERNET, SIMULACION		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>En el presente trabajo se realizó un análisis técnico para el diseño de una red WLAN, que permita brindar cobertura y conectividad a internet a la zona de la cancha de futbol de la UCSG. La propuesta de la red se la estableció con la finalidad de su posible implementación, modificación o ampliación en el futuro, debido a cambios que se realicen en la infraestructura del lugar.</p> <p>Este documento consta de cuatro capítulos: El Capítulo 1, lo conforma la introducción, descripción de la problemática y objetivos a cubrir en el desarrollo de los siguientes capítulos, además la hipótesis y metodología de investigación. El Capítulo 2, comprende la Fundamentación Teórica, acerca del espectro electromagnético, describiendo las bandas de frecuencia, medios de propagación y técnicas de acceso. Luego nos enfocamos en las comunicaciones inalámbricas, su clasificación, alcance y un enfoque especial en las redes inalámbricas de área local, donde se estudió el Estándar IEEE 802.11 en sus distintas variaciones, así como sus capas físicas y de acceso, además una revisión a las fortalezas y debilidades de las redes WLAN. El Capítulo 3 son las aportaciones del estudiante, donde se planteó cubrir cada uno de los objetivos específicos establecidos en el Capítulo 1, aquí se realizó el diseño de la red, la simulación de los equipos en funcionamiento con distintos valores de medición, y un presupuesto estimado de los equipos y materiales necesarios para una posible implementación.</p> <p>Finalmente, las conclusiones y recomendaciones, así como la bibliografía, un breve glosario y anexos.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO AUTOR/ES:</b>	<b>CON</b>	<b>Teléfono:</b> +593-9-81243969	E-mail: <a href="mailto:jesus.alcivar.99@hotmail.com">jesus.alcivar.99@hotmail.com</a>
<b>CONTACTO INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>CON LA DEL</b>	<b>Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando</b>	
		<b>Teléfono: +593-9-67608298</b>	
		<b>E-mail: <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a></b>	
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			