



---

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS  
Y TELECOMUNICACIONES**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES**

**TÍTULO:  
EVALUACIÓN EL ESTADO ACTUAL DE LA RED INALÁMBRICA WLAN DEL  
CAMPUS VIRGEN DEL ROSARIO DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**Autor:  
UBEIMAR ARÉVALO GUERRERO**

**Director:  
EDWIN MAURICIO SEQUEDA ARENAS**

**PAMPLONA-COLOMBIA**

**AGOSTO DE 2019**



---

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS  
Y TELECOMUNICACIONES**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES**

**TÍTULO:  
EVALUACIÓN EL ESTADO ACTUAL DE LA RED INALÁMBRICA WLAN DEL  
CAMPUS VIRGEN DEL ROSARIO DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**Autor:  
UBEIMAR ARÉVALO GUERRERO**

**Director:  
EDWIN MAURICIO SEQUEDA ARENAS**

**JURADO CALIFICADOR:  
Ing. JOHRMAN DE JESÚS VIDES NIÑO  
M.Sc (c). EDWIN MAURICIO SEQUEDA ARENAS  
M.Sc. NYDIA SUSANA SANDOVAL CARRERO**

**PAMPLONA-COLOMBIA**

**AGOSTO DE 2019**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS  
Y TELECOMUNICACIONES**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR POR ÉL TÍTULO DE INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN EL ESTADO ACTUAL DE LA RED INALÁMBRICA WLAN DEL  
CAMPUS VIRGEN DEL ROSARIO DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**FECHA DE INICIO DEL TRABAJO: ABRIL 2019**

**FECHA DE TERMINACION DEL TRABAJO: AGOSTO 2019**

**NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACIÓN PARA LA SUSTENTACION:**

---

**UBEIMAR ARÉVALO GUERRERO  
AUTOR**

---

**M.Sc(c). EDWIN MAURICIO SEQUEDA A.  
DIRECTOR**

---

**M.Sc. HERNANDO VELANDIA V.  
DIRECTOR DEL PROGRAMA**

**JURADO CALIFICADOR:**

---

**ING. JOHRMAN VIDES NIÑO**

---

**M.Sc (c). EDWIN SEQUEDA ARENAS**

---

**M.Sc . NYDIA S. SANDOVAL C**

**PAMPLONA N. S. COLOMBIA  
AGOSTO DE 2019**

---

## DEDICATORIA

*El presente Trabajo de Grado primeramente lo dedico a Dios, quien me ha guiado en este largo camino y luego a mis padres y hermanos que estuvieron apoyándome en el proceso.*

*Muy especialmente a mis padres quienes con un gran sacrificio me permitieron realizar el sueño de ser profesional y me brindaron su apoyo incondicional estando a mi lado en los momentos que más los he necesitado.*

---

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco al cuerpo docente de la Universidad de Pamplona del programa de Ingeniería en Telecomunicaciones, quienes además de contribuir con mi formación académica, también lo hicieron en mi formación personal.*

---

## RESUMEN

En el presente proyecto se realizó un estudio de cobertura de red inalámbrica WLAN en la sede Virgen del Rosario y Clínica Veterinaria de la Universidad de Pamplona, en donde se refleja el estado actual de la red y las zonas de baja o nula cobertura. La determinación de las zonas de baja intensidad de señal inalámbrica, se obtiene mediante la recolección de información de las configuraciones actuales y la información de la hoja de datos de los puntos de acceso (AP) como también la de receptores de señal inalámbrica, de los cuales se eligieron computadores portátiles y teléfonos Móviles; destacando parámetros como ganancia, sensibilidad y potencia de transmisión. Una vez se tiene esta información, se procede a utilizar del software Wireless InSite en su versión demo, que es empleado en la simulación de la cobertura actual de la red inalámbrica; generando un mapa de intensidad de cobertura en todos los puntos de acceso actualmente instalados en la sede Virgen del Rosario y el software inSIDDer en su versión gratuita para la recolección del nivel de fuerza de la señal recibida (RSSI) en las zonas de baja cobertura de la sede. Teniendo en cuenta el estado actual de la red inalámbrica se procede a recolectar información por medio de la controladora (WLC) mediante la visualización de los usuarios que se conectan a la red en tiempo real y se realiza dos diseños de red, en los que se propone la instalación de nuevos puntos de acceso (AP); configuraciones de ancho de banda, potencia, y canales. Se elige el diseño número 1 como el más indicado para implementación, porque tiene en cuenta parámetros como lo son (Cobertura, Capacidad y calidad), permitiendo de esta manera tener una red inalámbrica WLAN robusta en toda la sede y Clínica Veterinaria; mejorando el actual servicio WIFI y beneficiando a toda la comunidad universitaria.

---

## **ABSTRACT**

*In the present project, a wireless WLAN coverage study was carried out at the Virgen del Rosario headquarters and the Veterinary Clinic of the University of Pamplona, reflecting the current state of the network and areas with low or no coverage. The determination of the zones of low intensity of wireless signal, is obtained by means of the collection of information of the current configurations and the information of the data sheet of the points of access (AP) as well as that of receivers of wireless signal, of which portable computers and mobile telephones were chosen; emphasizing parameters like gain, sensitivity and power of transmission. Once this information is available, we proceed to use the Wireless InSite software in its demo version, which is used in the simulation of the current coverage of the wireless network; generating a coverage intensity map in all access points currently installed in the Virgen del Rosario headquarters and the inSIDDer software in its free version for collecting the strength level of the signal received (RSSI) in the low coverage areas of the headquarters. Taking into account the current state of the wireless network, information is collected by means of the controller (WLC) through the visualization of the users that connect to the network in real time and two network designs are made, in which the installation of new access points (AP) is proposed; configurations of bandwidth, power and channels. The design number 1 is chosen as the most suitable for implementation, because it takes into account parameters such as (Coverage, Capacity and Quality), thus allowing to have a robust wireless WLAN throughout the headquarters and Veterinary Clinic, improving the current WIFI service and benefiting the entire university community.*

---

# CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Planteamiento del Problema .....	2
1.2	Justificación .....	4
1.3	Delimitación .....	6
1.3.1.	Objetivo General.....	6
1.3.2	Objetivos Específicos.....	6
1.3.3.	Acotaciones .....	6
2	MARCO TEÓRICO .....	7
2.1	Redes inalámbricas de área local (WLAN).....	8
2.1.1	Estándar IEEE 802.11.....	9
2.1.2	Topologías Físicas WLAN.....	11
2.2	Modelos de Propagación.....	13
2.3.	Modelos de propagación Indoor (Entornos Interiores).....	14
2.4.	Calidad de servicio (QoS) .....	27
2.5.	Marco legal .....	30
2.5.1.	ANSI TIA/EIA-607.....	30
2.5.2.	Norma Técnica Colombiana NTC 4353.....	33
2.6.	Estado del Arte .....	35
2.6.1.	Internacional .....	35
2.6.2.	Nacional.....	36
2.6.3.	Regional .....	37
3.	DESARROLLO .....	39
3.1.	Estado Actual de la Red WLAN.....	39
3.1.1.	Topología Física .....	40
3.1.2.	Topología Lógica.....	43
3.1.3.	Encuesta Realizada a Usuarios .....	44
3.1.4.	Ubicación de los Puntos de Acceso (AP) .....	48
3.1.5.	Configuración de los Puntos de Acceso (AP) .....	50
3.1.6.	Canales.....	51
3.1.7.	Medición Ancho de banda.....	52
3.2.	Simulación de Cobertura Actual .....	54
3.3.	Resultados del Análisis de Cobertura Actual.....	60
3.3.1.	Zonas de baja cobertura .....	60
3.3.2.	Medición con inSSIDer.....	63
3.4.	Comparación Mediciones inSSIDer – Wireless Insite .....	65
3.5.	Ampliación de Cobertura.....	69
3.5.1.	Criterios de diseño .....	69
3.5.2.	Diseños.....	70
3.5.3.	Metodología de diseño.....	70
3.6.	Simulación de los Diseños .....	97

---

3.6.1.	Diseño 1.....	97
3.6.2.	Diseño 2.....	121
	.....	135
3.7.	Comparación de Diseños.....	140
4.	CÁLCULOS MATEMÁTICOS (MODELOS DE PROPAGACIÓN).....	143
4.1.	Cálculos de modelos de propagación – Wireless inSite.....	143
4.2.	Cost 231-Multi-Wall Model.....	145
4.3.	<i>Empirical Model for Wireless LAN</i> .....	151
4.4.	Keenan-Motley Model.....	155
5.	ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO.....	158
5.1.	Estudio Técnico.....	158
5.1.1.	Punto de Acceso (Ap).....	158
5.1.2.	Principales Características de los AP.....	161
5.2.	Estudio Económico.....	162
5.2.1.	Implementación con AP RUCKUS R510.....	162
5.2.2.	Implementación con AP CISCO AIR-CAP1702I-A-K9.....	165
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	168
6.1.	CONCLUSIONES.....	168
6.2.	RECOMENDACIONES.....	173
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	175
8.	ANEXOS.....	178
8.1.	Anexo A Configuraciones Actuales de los Puntos de Acceso (AP).....	179
8.2.	Anexo B Manual de uso Wireless inSite.....	187
8.3.	Anexo C Simulación de cobertura actual segundo y Tercer piso.....	198
8.4.	Anexo D Encuesta realizada.....	202
8.5.	Anexo E Evidencia Encuesta.....	203
8.6.	Anexo F Mediciones a cinco puntos software inSSIDer.....	206
8.7.	Anexo G Mediciones Simulador Wireless inSite.....	216
8.8.	Anexo H Hojas de Datos AP RUCKUS - CISCO.....	230

---

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una WLAN .....	8
Figura 2. Topología Física Primer Piso .....	40
Figura 3. Topología Física Segundo Piso .....	41
Figura 4. Topología Física Tercer Piso .....	42
Figura 5. Topología Lógica Campus Virgen del Rosario.....	43
Figura 6. Ecuación muestral .....	44
Figura 7. Porcentaje de utilización de WIFI .....	44
Figura 8. Porcentaje Frecuencia de utilización WIFI.....	45
Figura 9. Porcentaje de Tiempo Promedio uso WIFI .....	45
Figura 10. Cantidad de Dispositivos de los 132 usuarios .....	46
Figura 11. Porcentaje de Conexión Satisfactoria.....	46
Figura 12. Porcentaje desconexión Dispositivo .....	47
Figura 13. Valoración del servicio WIFI .....	47
Figura 14. Canales Superpuestos Sala de Biblioteca.....	51
Figura 15. Canales Superpuestos Sala de Pin-Pong.....	51
Figura 16. Servidor TV AZTECA SUCURZAL COLOMBIA.....	52
Figura 17. Servidor Ginebra.....	53
Figura 18. Modelo 3D Primer Piso .....	55
Figura 19. Modelo 3D Segundo Piso .....	55
Figura 20. Modelo 3D Tercer Piso .....	56
Figura 21. Colores Mapa de Calor .....	56
Figura 22. Cobertura Actual AP 77 .....	57
Figura 23. Cobertura Actual AP 75 .....	57
Figura 24. Cobertura Actual AP 71 .....	58
Figura 25. Cobertura Actual AP 67 .....	59
Figura 26. Cobertura Actual AP 69 .....	59
Figura 27. Cobertura Actual AP 66 .....	59
Figura 28. Zonas de baja cobertura Primer Piso.....	60
Figura 29. Zonas de baja cobertura Segundo Piso.....	61
Figura 30. Zonas de baja cobertura Tercer Piso.....	62
Figura 31. Intensidad de señal baja, entrada de la sede Virgen del Rosario .....	63
Figura 32. Intensidad de señal baja, Zona Ping-Pong .....	63
Figura 33. Intensidad de señal baja, Corredor 1 Segundo Piso.....	64
Figura 34. Intensidad de señal baja, Corredor 1 Tercer Piso.....	64
Figura 35. Distribución de Receptores Primer Piso .....	66
Figura 36. Distribución de Receptores Segundo Piso.....	67
Figura 37. Distribución de Receptores Tercer Piso.....	68

---

Figura 38. Metodología de Diseño .....	70
Figura 39. Topología Física Diseño 1 Primer Piso.....	72
Figura 40. Topología Física Diseño 1 Segundo Piso .....	73
Figura 41. Topología Física Diseño 1 Tercer Piso .....	74
Figura 42. Topología Física Diseño 1 Primer Piso Clínica.....	75
Figura 43. Topología Física Diseño 1 Tercer Piso Clínica .....	75
Figura 44. Topología Física Diseño 1 Segundo Piso Clínica .....	75
Figura 45. Topología Lógica Diseño 1 .....	76
Figura 46. Redistribución y Nuevos Puntos de Acceso (AP) Primer Piso .....	78
Figura 47. Puntos de Acceso Actuales Primer Piso.....	78
Figura 48. Puntos de Acceso Actuales Segundo Piso .....	79
Figura 49. Redistribución y Nuevos Puntos de Acceso (AP) Segundo Piso .....	79
Figura 50. Redistribución y Nuevos Puntos de Acceso (AP) Tercer Piso .....	80
Figura 51. Puntos de Acceso Actuales Tercer Piso .....	80
Figura 52. Nuevos Puntos de Acceso (AP) Primer Piso Clínica .....	81
Figura 53. Nuevos Puntos de Acceso (AP) Segundo Piso Clínica.....	81
Figura 54. Nuevos Puntos de Acceso (AP) Tercer Piso Clínica.....	82
Figura 55. Requisitos típicos de bandwidth de aplicaciones.....	85
Figura 56. Topología Física Diseño 2 Primer Piso.....	90
Figura 57. Topología Física Diseño 2 Segundo Piso .....	91
Figura 58. Topología Física Diseño 2 Tercer Piso .....	92
Figura 59. Topología Física Diseño 2 Clínica Tercer Piso .....	93
Figura 60. Topología Física Diseño 2 Clínica Segundo Piso .....	93
Figura 61. Topología Física Diseño 2 Clínica Primer Piso .....	93
Figura 62. Diseño 2 AP Primer Piso .....	94
Figura 63. Diseño 2 AP Segundo Piso.....	95
Figura 64. Diseño 2 AP Tercer Piso.....	95
Figura 65. Diseño 2 AP Tercer Piso Clínica.....	96
Figura 66. Diseño 2 AP Primer Piso Clínica .....	96
Figura 67. Diseño 2 AP Segundo Piso Clínica.....	96
Figura 68. Cobertura Txi1 Diseño 1 primer piso .....	98
Figura 69. Cobertura Txi2 Diseño 1 primer .....	98
Figura 70. Cobertura Txi3 Diseño 1 primer piso .....	98
Figura 71. Ubicación Txi1, Txi2, Txi3 Auditorio.....	99
Figura 72. Cobertura Txi5 Diseño 1 Primer Piso.....	100
Figura 73. Cobertura Txi4 Diseño 1 Primer Piso.....	100
Figura 74. Cobertura Txi6 Diseño 1 Primer Piso.....	100
Figura 75. Ubicaciones Txi4, Txi5, Txi6 Sala de Ping-Pong .....	101
Figura 76. Cobertura Txi8 Diseño 1 Primer Piso.....	102
Figura 77. Cobertura Txi7 Diseño 1 Primer Piso.....	102

---

Figura 78. Cobertura Txi9 Diseño 1 Primer Piso.....	102
Figura 79. Ubicaciones Txi7, Txi8, Txi9 Primer Piso.....	103
Figura 80. Cobertura Txi10 Diseño 1 Segundo Piso.....	104
Figura 81. Cobertura Txi1 Diseño 1 Segundo Piso.....	104
Figura 82. Ubicaciones Txi1, Txi10, Corredor Segundo Piso .....	105
Figura 83. Cobertura Txi3 Diseño 1 Segundo Piso.....	106
Figura 84. Cobertura Txi2 Diseño 1 Segundo Piso.....	106
Figura 85. Ubicaciones Txi2, Txi3, Corredor Segundo Piso .....	106
Figura 86. Cobertura Txi5 Diseño 1 Segundo Piso.....	107
Figura 87. Cobertura Txi4 Diseño 1 Segundo Piso.....	107
Figura 88. Ubicaciones Txi4, Txi5, Corredor Segundo Piso .....	108
Figura 89. Cobertura Txi7 Diseño 1 Segundo Piso.....	109
Figura 90. Cobertura Txi6 Diseño 1 Segundo Piso.....	109
Figura 91. Ubicaciones Txi6, Txi7 y Txi8 Corredor Segundo Piso .....	109
Figura 92. Cobertura Txi8 Diseño 1 Segundo Piso.....	109
Figura 93. Ubicación Txi9 Zona Administrativos .....	110
Figura 94. Cobertura Txi9 Diseño 1 Segundo Piso.....	110
Figura 96. Cobertura Txi1 Diseño 1 Tercer Piso.....	111
Figura 95. Cobertura Txi9 Diseño 1 Tercer Piso.....	111
Figura 97. Ubicaciones Txi1, Txi2 Corredor Tercer Piso .....	111
Figura 98. Cobertura Txi4 Diseño 1 Tercer Piso.....	112
Figura 99. Cobertura Txi3 Diseño 1 Tercer Piso.....	112
Figura 100. Ubicaciones Txi3, Txi4 Corredor Tercer Piso .....	112
Figura 101. Cobertura Txi6 Diseño 1 Tercer Piso.....	113
Figura 102. Cobertura Txi5 Diseño 1 Tercer Piso.....	113
Figura 103. Ubicaciones Txi5, Txi6 Corredor Tercer Piso .....	114
Figura 104. Cobertura Txi8 Diseño 1 Tercer Piso.....	114
Figura 105. Cobertura Txi7 Diseño 1 Tercer Piso.....	114
Figura 106. Ubicaciones Txi7, Txi8, Txi9 Corredor Tercer Piso.....	115
Figura 107. Cobertura Txi9 Diseño 1 Tercer Piso.....	115
Figura 108. Ubicaciones Txi10 Zona Administrativos Tercer Piso .....	115
Figura 109. Cobertura Txi10 Diseño 1 Tercer Piso.....	115
Figura 110. Cobertura Txi3 Diseño 1 Primer Piso Clínica.....	116
Figura 111. Cobertura Txi1 Diseño 1 Primer Piso Clínica.....	116
Figura 112. Cobertura Txi2 Diseño 1 Primer Piso Clínica.....	116
Figura 113. Cobertura Txi2 Diseño 1 Segundo Piso Clínica .....	117
Figura 114. Cobertura Txi1 Diseño 1 Segundo Piso Clínica .....	117
Figura 115. Cobertura Txi3 Diseño 1 Segundo Piso Clínica .....	117
Figura 116. Cobertura Txi1 Diseño 1 Tercer Piso Clínica.....	117
Figura 117. Cobertura Txi2 Diseño 1 Tercer Piso Clínica.....	117

---

Figura 118. Cobertura Txi3 Diseño 1 Tercer Piso Clínica.....	117
Figura 119. Cobertura Txi4 Diseño 1 Tercer Piso Clínica.....	117
Figura 120. AP Txi3 Cobertura Diseño 1 Piso 1 .....	118
Figura 121. AP 75 Cobertura Actual Piso 1 .....	118
Figura 122. AP Txi8 Cobertura Diseño 1 Piso 2 .....	119
Figura 123. AP 62 Cobertura Actual piso 2.....	119
Figura 124. AP Txi10 Cobertura Diseño 1 Piso 3 .....	120
Figura 125. AP 56 Cobertura Actual Piso 3 .....	120
Figura 126. Cobertura Txi2 Diseño 2 Primer Piso.....	121
Figura 127. Cobertura Txi1 Diseño 2 primer Piso .....	121
Figura 128. Cobertura Txi3 Diseño 2 Primer Piso.....	122
Figura 129. Cobertura Txi4 Diseño 2 Primer Piso.....	122
Figura 130. Cobertura Txi5 Diseño 2 Primer Piso.....	122
Figura 131. Cobertura Txi6 Diseño 2 Primer Piso.....	123
Figura 132. Cobertura Txi7 Diseño 2 Primer Piso.....	124
Figura 133. Cobertura Txi9 Diseño 2 Primer Piso.....	124
Figura 134. Cobertura Txi8 Diseño 2 Primer Piso.....	124
Figura 135. Cobertura Txi2 Diseño 2 Segundo Piso.....	125
Figura 136. Cobertura Txi1 Diseño 2 Segundo Piso.....	125
Figura 137. Cobertura Txi3 Diseño 2 Segundo Piso.....	125
Figura 138. Cobertura Txi5 Diseño 2 Segundo Piso.....	126
Figura 139. Cobertura Txi4 Diseño 2 Segundo Piso.....	126
Figura 140. Cobertura Txi7 Diseño 2 Segundo Piso.....	127
Figura 141. Cobertura Txi6 Diseño 2 Segundo Piso.....	127
Figura 142. Cobertura Txi8 Diseño 2 Segundo Piso.....	127
Figura 143. Cobertura Txi9 Diseño 2 Segundo Piso.....	128
Figura 144. Cobertura Txi2 Diseño 2 Tercer Piso.....	129
Figura 145. Cobertura Txi1 Diseño 2 Tercer Piso.....	129
Figura 146. Cobertura Txi4 Diseño 2 Tercer Piso.....	130
Figura 147. Cobertura Txi3 Diseño 2 Tercer Piso.....	130
Figura 148. Cobertura Txi6 Diseño 2 Tercer Piso.....	131
Figura 149. Cobertura Txi5 Diseño 2 Tercer Piso.....	131
Figura 150. Cobertura Txi8 Diseño 2 Tercer Piso.....	132
Figura 151. Cobertura Txi7 Diseño 2 Tercer Piso.....	132
Figura 152. Cobertura Txi9 Diseño 2 Tercer Piso.....	132
Figura 153. Cobertura Txi10 Diseño 2 Tercer Piso.....	133
Figura 154. Cobertura Txi3 Diseño 2 Primer Piso Clínica.....	134
Figura 155. Cobertura Txi2 Diseño 2 Primer Piso Clínica.....	134
Figura 156. Cobertura Txi1 Diseño 2 Primer Piso Clínica.....	134
Figura 157. Cobertura Txi3 Diseño 2 Segundo Piso Clínica.....	135

---

Figura 158. Cobertura Txi1 Diseño 2 Segundo Piso Clínica .....	135
Figura 159. Cobertura Txi2 Diseño 2 Segundo Piso Clínica .....	135
Figura 160. Cobertura Txi4 Diseño 2 Tercer Piso Clínica .....	136
Figura 161. Cobertura Txi2 Diseño 2 Tercer Piso Clínica .....	136
Figura 162. Cobertura Txi3 Diseño 2 Tercer Piso Clínica .....	136
Figura 163. Cobertura Txi1 Diseño 2 Tercer Piso Clínica .....	136
Figura 164. AP 71 Cobertura Actual Piso 1 .....	137
Figura 165. AP Txi6 Cobertura Diseño 2 Piso 1 .....	137
Figura 166. AP Txi4 Cobertura Diseño 2 Piso 1 .....	137
Figura 167. AP Txi5 Cobertura Diseño 2 .....	137
Figura 168. AP 65 Cobertura Actual Diseño 2 Piso 2 .....	138
Figura 169. AP Txi5 Cobertura Diseño 2 Piso 2 .....	138
Figura 171. AP 57 Cobertura Actual Diseño 2 Piso 3 .....	139
Figura 170. AP Txi8 Cobertura Diseño 2 Piso 3 .....	139
Figura 172. AP Txi9 Cobertura Diseño 2 Piso 3 .....	139
Figura 173. Comparación Diseño 2 AP Txi4 .....	140
Figura 174. Comparación Diseño 1 AP Txi4 .....	140
Figura 175. Comparación Diseño 2 AP Txi5 .....	141
Figura 176. Comparación Diseño 1 AP Txi5 .....	141
Figura 177. Comparación Diseño 1 AP Txi6 .....	142
Figura 178. Comparación Diseño 2 AP Txi6 .....	142
Figura 179. Mediciones Wireles inSite 10,20,30 metros .....	144
Figura 180. Valor de Pérdida 10 metros .....	147
Figura 181. Valor de Pérdida 20 metros .....	148
Figura 182. Valor de Pérdida 30 metros .....	149
Figura 183. Grados Aproximados Transmisor- Receptor .....	152
Figura 184. AP RUCKUS R510 .....	159
Figura 185. AP CISCO AIR-CAP1702I-A-K9 .....	160
Figura 186. Configuración Actual AP 62 .....	179
Figura 187. Configuración Actual AP 65 .....	180
Figura 188. Configuración Actual AP 57 .....	180
Figura 189. Configuración Actual AP 60 .....	181
Figura 190. Configuración Actual AP 56 .....	181
Figura 191. Configuración Actual AP 66 .....	182
Figura 192. Configuración Actual AP 69 .....	183
Figura 193. Configuración Actual AP 75 .....	183
Figura 194. Configuración Actual AP 68 .....	184
Figura 195. Configuración Actual AP 77 .....	184
Figura 196. Configuración Actual AP 64 .....	185
Figura 197. Configuración Actual AP 59 .....	185

---

Figura 198. Configuración Actual AP 61 .....	186
Figura 199. Configuración Actual AP 71 .....	186
Figura 200. Creación de Plano Wireless inSite.....	187
Figura 201. Altura de la base a la placa.....	188
Figura 202. Presentación del plano .....	188
Figura 203. Modelo 3D del Plano.....	189
Figura 204. Agregar elemento .....	189
Figura 205. Parámetros Antena Transmisora .....	190
Figura 206. Parámetros Antena del Receptor.....	190
Figura 207. Parámetros de onda .....	191
Figura 208. Selección de Transmisor .....	191
Figura 209. Parámetros Transmisor .....	192
Figura 210. Ubicación del Transmisor .....	193
Figura 211. Selección Receptor.....	194
Figura 212. Modelos de Propagación .....	195
Figura 213. Iniciar Simulación.....	195
Figura 214. Mostrar Resultados de Simulación .....	196
Figura 215. Simulación AP de Prueba .....	197
Figura 216. Cobertura Actual AP 65 .....	198
Figura 217. Cobertura Actual AP 62 .....	198
Figura 218. Cobertura Actual AP 64 .....	199
Figura 219. Cobertura Actual AP 57 .....	199
Figura 220. Cobertura Actual AP 56 .....	199
Figura 221. Cobertura Actual AP 59 .....	200
Figura 222. Cobertura Actual AP 58 .....	200
Figura 223. Cobertura Actual AP 61 .....	201
Figura 224. Cobertura Actual AP 60 .....	201
Figura 225. Encuesta realizada en el campus virgen del rosario.....	202
Figura 226. Evidencia Encuesta 1 .....	203
Figura 227. Evidencia Encuesta 2 .....	204
Figura 228. Evidencia Encuesta 3 .....	205
Figura 229. Medición inSSIDer R1 Primer Piso .....	206
Figura 230. Medición inSSIDer R2 Primer Piso .....	207
Figura 231. Medición inSSIDer R3 Primer Piso .....	208
Figura 232. Medición inSSIDer R4 Primer Piso .....	208
Figura 233. Medición inSSIDer R5 Primer Piso .....	209
Figura 234. Medición inSSIDer R1 Segundo Piso .....	210
Figura 235. Medición inSSIDer R2 Segundo Piso .....	210
Figura 236. Medición inSSIDer R3 Segundo Piso .....	211
Figura 237. Medición inSSIDer R4 Segundo Piso .....	211

---

Figura 238. Medición inSSIDer R5 Segundo Piso .....	212
Figura 239. Medición inSSIDer R1 Tercer Piso .....	213
Figura 240. Medición inSSIDer R2 Tercer Piso .....	213
Figura 241. Medición inSSIDer R3 Tercer Piso .....	214
Figura 242. Medición inSSIDer R4 Tercer Piso .....	214
Figura 243. Medición inSSIDer R5 Tercer Piso .....	215
Figura 244. Medición punto R1 Primer Piso Simulador .....	216
Figura 245. Medición punto R2 Primer Piso Simulador .....	216
Figura 246. Medición punto R3 Primer Piso Simulador .....	218
Figura 247. Medición punto R4 Primer Piso Simulador .....	219
Figura 248. Medición punto R1 Segundo Piso Simulador.....	220
Figura 249. Medición punto R2 Segundo Piso Simulador.....	221
Figura 250. Medición punto R3 Segundo Piso Simulador.....	222
Figura 251. Medición punto R4 Segundo Piso Simulador.....	223
Figura 252. Medición punto R5 Segundo Piso Simulador.....	224
Figura 253. Medición punto R1 Tercer Piso Simulador.....	225
Figura 254. Medición punto R2 Tercer Piso Simulador.....	226
Figura 255. Medición punto R3 Tercer Piso Simulador.....	227
Figura 256. Medición punto R4 Tercer Piso Simulador.....	228
Figura 257. Medición punto R5 Tercer Piso Simulador.....	229
Figura 258. Hoja de Datos AP RUCKUS R510.....	235
Figura 259. Hoja de Datos AP CISCO AIR-CAP1702I-A-K9 .....	241

---

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Familia IEEE 802.11 .....	9
Tabla 2. factores de Pérdida .....	16
Tabla 3. Valores Exponente de Pérdidas por Trayectoria.....	18
Tabla 4. Factor de penetración lnfnf .....	19
Tabla 5. Ubicación Puntos de Acceso (AP) Primer Piso .....	48
Tabla 6. Ubicación Puntos de Acceso (AP) Segundo Piso .....	48
Tabla 7. Ubicación Puntos de Acceso (AP) Tercer Piso .....	49
Tabla 8. Potencias de Transmisión y Canales Configurados.....	50
Tabla 9. Porcentaje de Error de Mediciones Primer Piso .....	66
Tabla 10. Porcentaje de Error de Mediciones Segundo Piso.....	67
Tabla 11. Porcentaje de Error de Mediciones Tercer Piso.....	68
Tabla 12. Número de AP por Piso Sede Virgen del Rosario.....	83
Tabla 13. Número de AP por Piso Clínica Veterinaria .....	83
Tabla 14. Número de Salones y Administrativos Virgen del Rosario .....	85
Tabla 15. Número de Salones y Administrativos Clínica Veterinaria .....	85
Tabla 16. Diseño 1 Canales Primer Piso Virgen del Rosario .....	86
Tabla 17. Diseño 1 Canales Segundo piso Virgen del Rosario .....	87
Tabla 18. Diseño 1 Canales Tercer piso Virgen del Rosario .....	87
Tabla 19. Diseño 1 Canales Primer Piso Clínica Veterinaria .....	88
Tabla 20. Diseño 1 Canales Segundo Piso Clínica Veterinaria .....	88
Tabla 21. Diseño 1 Canales Tercer Piso Clínica Veterinaria .....	88
Tabla 22. Margen de Error Wireless inSite- Cost 231 .....	150
Tabla 23. Margen de Error Wireless inSite- Cost 231 .....	154
Tabla 24. Margen de Error Wireless inSite - Keenan-Motley Model .....	157
Tabla 25. principales Características de los AP a Implementar .....	161
Tabla 26. Valor Implementación Primer Piso .....	162
Tabla 27. Valor Implementación Segundo Piso .....	163
Tabla 28. Valor Implementación Tercer Piso .....	163
Tabla 29. Valor Implementación Clínica Veterinaria SVR .....	163
Tabla 30. Valor Total AP RUCKUS Campus Virgen del Rosario .....	164
Tabla 31. Valor Implementación Primer Piso Clínica Veterinaria.....	165
Tabla 32. Valor Implementación Segundo Piso Clínica Veterinaria .....	165
Tabla 33. Valor Implementación Tercer Piso Clínica Veterinaria.....	166
Tabla 34. Valor Implementación Clínica Veterinaria .....	166
Tabla 35. Valor Total Implementación AP CISCO .....	167

---

## GLOSARIO

**BSSID:** Es la dirección MAC de un punto de acceso inalámbrico o también conocido como WAP.

**Punto de acceso (AP):** Punto de acceso inalámbrico, dispositivo que interconecta dispositivos de comunicación inalámbrica para formar una red inalámbrica.

**WLC:** Controlador de LAN inalámbrica, administra puntos de acceso en grandes cantidades por el administrador de la red o el centro de operaciones de la red.

**Mbps:** Mega bit por segundo (Mb/s, Mbit/s o Mbps) es una unidad que se usa para cuantificar un caudal de datos, 1Mbps es equivalente a 1024 kb/s.

**WLAN:** Wireless local área network o red de área local inalámbrica, red de datos implementada bajo lineamientos del estándar de comunicaciones IEEE 802.11.

**WiFi:** *Wireless Fidelity* o fidelidad inalámbrica es el certificado otorgado por la Wi-Fi Alliance a aquellos dispositivos inalámbricos sometidos a pruebas de operatividad y compatibilidad, de por si aprobadas. Hoy en día sinónimo de WLAN.

**Wireless:** Inalámbrico, sin cables, que no requiere de alambres para su correcto funcionamiento. Conexión wireless que transmite/recibe datos a través del espacio aéreo.

**QoS o calidad de servicio (*quality of service*):** Es el rendimiento promedio de una red de telefonía o de computadoras, particularmente el rendimiento visto por los usuarios de la red.

## INTRODUCCIÓN

---

1.1	Planteamiento del Problema.....	2
1.2	Justificación.....	4
1.3	Delimitación.....	6

---

Debido al crecimiento de dispositivos Móviles durante los últimos años, el uso de la red inalámbrica ha incrementado exponencialmente, haciendo que empresas e instituciones educativas amplíen la cobertura de su red inalámbrica WLAN; para satisfacer la necesidad de conexión de los usuarios.

La sede Virgen del Rosario de la Universidad de Pamplona, requiere la evaluación de la actual red inalámbrica WLAN. El presente trabajo de grado busca encontrar zonas de baja o nula cobertura y rendimiento de la red. Una vez identificadas las falencias, se busca rediseñar la red inalámbrica con la redistribución e instalación de nuevos AP con configuración correcta, evitando que se produzcan interferencias cocanal o de canal adyacente y estableciendo control del ancho de banda para cada usuario. Con lo anterior la red WIFI será robusta y estará en las condiciones para proveer el establecimiento de conexión a Internet a múltiples usuarios y garantizando que la señal inalámbrica llegue a esas zonas en donde se presenta baja intensidad de señal. Prestando un servicio de calidad a toda la comunidad universitaria.

---

## 1.1 Planteamiento del Problema

La Universidad de Pamplona actualmente cuenta con una red WLAN, que suministra acceso a Internet a estudiantes y administrativos. Desafortunadamente existen problemas que experimentan los usuarios como desconexiones repentinas y baja recepción de la señal WIFI, presentándose inconformismo en la comunidad universitaria; dado que es una herramienta fundamental para el desarrollo de actividades académicas, administrativas y de investigación. Es así, como la Universidad de Pamplona en su propósito de mejoramiento, requiere que la cobertura WIFI se extienda por todo el campus universitario, cumpliendo con las expectativas de calidad en la navegación; soportando una gran cantidad de usuarios conectados simultáneamente.

El campus Virgen del Rosario ha sido adquirido recientemente por la Universidad de Pamplona, teniendo un flujo diario de aproximadamente 9000 estudiantes<sup>1</sup> en los 37 salones que conforman la infraestructura (datos proporcionados oficina de Registro y Control), las peticiones de conectividad constante hechas por la comunidad universitaria; provoca que se tome la decisión de instalar puntos de acceso inalámbrico aleatoriamente sin hacer un estudio previo de cobertura que refleje el número real de dispositivos a instalar. Adicionalmente, no se tiene control del ancho de banda, distribución de canales y número de usuarios por dispositivo. Al presentarse la situación de consumo excesivo de ancho de banda en un punto de acceso inalámbrico (AP) por muchos usuarios a la vez, ocasionará que haya un cuello de botella que se ve reflejado en conexiones ralentizadas y constantes interrupciones en la conexión; no se tiene documentación de la distribución de AP

---

<sup>1</sup> Director de registro y control José del Carmen Santiago Guevara

---

en las ubicaciones de instalación para realizar mantenimientos físicos o efectuar cambios de dispositivo. Para el campus Virgen del Rosario están asignado 20 Mbps, que son utilizados para el funcionamiento de la red LAN y WLAN, siendo una incógnita saber si realmente puede satisfacer la demanda de tráfico de los estudiantes y administrativos. El bloque perteneciente a la clínica veterinaria, fue inaugurado hace unos meses y en estos momentos no cuenta con acceso a Internet WLAN, lo que genera malestar en los estudiantes que ejercen sus actividades académicas allí.

---

## 1.2 Justificación

En los últimos años el aumento de la población estudiantil en la Universidad de Pamplona ha incrementado la demanda de conectividad, lo que genera la necesidad de tener una infraestructura de red robusta, que esté en capacidad de soportar el tráfico generado por los usuarios. Para garantizar el óptimo funcionamiento de la red inalámbrica WLAN, es necesario dar prioridad a la instalación de nuevos puntos de acceso, que cubran en su totalidad el campus virgen del rosario de la universidad de pamplona.

Desde el punto de vista tecnológico, es necesario implementar un estudio de cobertura de la red inalámbrica WLAN del campus Virgen del rosario, que permita determinar las áreas de no cobertura o baja cobertura y el rendimiento de red. Empleando conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en líneas como: Telemática y comunicaciones Inalámbricas, con el apoyo de herramientas de simulación que permiten la predicción de cobertura en las zonas de interés.

Desde el punto de vista académico, al ofrecer una conexión inalámbrica de calidad se obtendrá mejoras en el tiempo de respuesta de estudiantes y docentes, en aspectos de consultas u otras actividades que requieran estar con una conexión a Internet.

Desde el punto de vista Administrativo, será de gran beneficio porque podrán ejecutar sus labores sin la dependencia de la red LAN, que puede tener problemas de conectividad por el deterioro de los conectores Rj45, o fallas en el cableado. Al tener una red de respaldo WLAN se evitará atrasos en sus trabajos y sin la limitación de estar en un mismo lugar, con el computador conectado a la red LAN.

---

Desde el punto de vista financiero, se hace una inversión en que la infraestructura de red esté optimizada, previniendo la compra de dispositivos en el futuro en la adecuación de la red inalámbrica, evitando el gasto de dinero en mano de obra que muy seguramente se vuelva a contratar varias veces para mitigar las fallas de cobertura. Además, se reutilizarán los AP existentes en el mejoramiento de la red WLAN.

Por otra parte, el Soporte Tecnológico CIADTI tiene la necesidad de contar con función de un estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones, que haga un estudio de cobertura de la red WLAN del campus Virgen del Rosario y resuelva los conflictos de conexiones que a diario se presenta en el campus Virgen del Rosario.

---

## **1.3 Delimitación**

### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar el estado actual de la red WLAN, con la implementación de software de simulación que permiten la predicción de cobertura y rendimiento de la red, del campus Virgen Rosario de la Universidad de Pamplona.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el estado actual de la red inalámbrica del campus Virgen del Rosario de la Universidad de Pamplona.
- Elaborar por lo menos dos diseños de ampliación de cobertura y mejoramiento de la calidad de servicio red WLAN.
- Realizar cálculos con diferentes modelos de propagación, que permitan la comparación de los resultados de las simulaciones de los diseños propuestos.
- Elaborar un estudio económico y técnico de los diseños.

### **1.3.3. Acotaciones**

El proyecto actual se desarrollará en la sede Virgen del Rosario de la Universidad de Pamplona, con la posibilidad de replicarlo en otras sedes y bloques de la universidad. Se utilizará el software Wireless inSite en su versión demo y el software inSSIDer en su versión gratuita, la posible implementación de la infraestructura de red inalámbrica estará sujeta a los recursos asignados por la vicerrectoría administrativa.

### MARCO TEÓRICO

---

2.1	Redes inalámbricas de área local (WLAN) .....	8
2.2	Modelos de Propagación .....	13
2.3.	Modelos de propagación Indoor (Entornos Interiores) .....	14
2.4.	Calidad de servicio (QoS) .....	27
2.5.	Marco legal .....	30
2.6.	Estado del Arte .....	35

---

A continuación, se describe que son las redes inalámbricas WLAN, la norma IEE82.11 que la rige, como también las topologías inalámbricas y se estudia los modelos de propagación para interiores que ayudarán a tener exactitud en los radios de cobertura; posteriormente la calidad del servicio QoS para que la red sea robusta y no presente rendimiento bajo. Esta información es punto clave para la realización del actual proyecto.

---

## 2.1 Redes inalámbricas de área local (WLAN)

Las redes inalámbricas de área local (WLAN) es un sistema de comunicación que utiliza ondas electromagnéticas para enviar y recibir información, hoy día la WLAN son utilizadas mayormente que las redes cableadas, por su fácil instalación y flexibilidad; gracias a que puede llegar donde el cable no llega superando mayor número de obstáculos llegando a atravesar paredes. Es útil en zonas donde el cableado no es posible o es muy costoso. Están diseñadas para proporcionar acceso inalámbrico en zonas con un rango típico de hasta 100 metros. Proporcionando movilidad al usuario y conectividad por toda el área de cobertura, se caracteriza por trabajar en bandas de frecuencias libres, pero con regulación en cada país para el uso eficiente del espectro. Las WLAN se basan en el estándar 802.11 del IEEE y son comercializadas bajo la marca Wi-Fi. En la Figura 1, se puede visualizar el esquema básico de una WLAN. (Salazar)



**Figura 1. Esquema de una WLAN**

Salazar, J. (2017) Esquema de una WLAN [Figura]. Recuperado de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf)

---

### 2.1.1 Estándar IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 fue lanzado al público en el año 1997 y especifica las normas de funcionamiento de la red inalámbrica WLAN en las bandas de frecuencias 2.4 GHz, 5 GHz y 60 GHz. Ha tenido modificaciones para mejorar la velocidad de transmisión que son realizadas por la IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*), los equipos que cumplen los estándares de la 802.11 están certificados por la marca WIFI que es un sinónimo de WLAN. En la Tabla 1. Familia IEEE 802.11 (Salazar)

Tabla 1. Familia IEEE 802.11

ESTÁNDAR IEEE 802.11	VELOCIDAD TRANSMISIÓN	BANDA DE FRECUENCIAS	CARACTERÍSTICAS
▪ IEEE 802.11	▪ 2Mbps	▪ ISM 2.4-2.5GHz	▪ Esquema de transmisión FHSS (Espectro ensanchado por salto de frecuencia)
▪ IEEE 802.11b	▪ 5.5 Mbps y 11 Mbps	▪ 2,4 GHz	▪ Esquema de transmisión DSSS (Espectro Ensanchado por Secuencia Directa)
▪ IEEE 802.11a	▪ 54 Mbps	▪ 5 GHz	▪ Esquema de transmisión OFDM (multiplexación por

			<p>división de frecuencias ortogonales).  permite que los datos sean transmitidos por subportadoras en paralelo.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>IEEE 802.11g</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 54 Mbps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2,4 GHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Esquema de transmisión OFDM y DSSS, compatible con 802.11b</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>IEEE 802.11n</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 600 Mbps (Teórico)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2,4GHz-5 GHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tecnología MIMO (de múltiple entrada múltiple salida), mejora las distancias y mayor ancho de banda de 40 MHz</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>IEEE 802.11ac</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1,3 Gbps (Teórico)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 5 GHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ modulación de alta densidad 256 QAM (Modulación de amplitud en cuadratura)</li> </ul>

---

## **2.1.2 Topologías Físicas WLAN**

Las topologías WLAN está dividida en redes de infraestructura BSS en donde es la más básica existen un punto de acceso y clientes, Red Ad hoc o independiente BSS, en esta red los clientes crean su propia red sin la intervención de un punto de acceso y la red EBSS; en donde existen múltiples BSS que permiten mayores áreas de cobertura. (CARRASCO MUÑOZ, RODRÍGUEZ, & Jorge)

### **Topología ad-hoc (IBSS)**

En esta topología no es necesaria la intervención de router o punto de acceso (AP), no dependen de un nodo central porque cada dispositivo puede actuar como host o como nodo. los usuarios pueden crear una red punto a punto, el cliente inalámbrico tiene que configurar su adaptador con el mismo SSID y numero de canal de la red para establecer conexión estable. El rendimiento está estipulado en el número de dispositivos que conformen la red, a mayor número la calidad baja. En redes IEEE 802.11 el modo ad hoc se denota como Conjunto de servicios Básicos Independientes (CARRASCO MUÑOZ, RODRÍGUEZ, & Jorge)

### **Topología de infraestructura básica (BSS)**

La topología BSS tiene un elemento de coordinación, Router, punto de acceso o estación base que está conectado a la red LAN y mediante el, los usuarios pueden establecer conexión a Internet. Se recomienda que cuando se tenga muchos puntos de acceso, todos deben configurarse con canal diferente y el mismo nombre de red

---

(SSID). La topología estrella es la más utilizada, aunque se puede optar por otras topologías como redes en malla. (CARRASCO MUÑOZ, RODRÍGUEZ, & Jorge)

### **Topología de infraestructura básica (EBSS)**

Para el establecimiento de conexión, el usuario deberá conocer el SSID y el BSSID del punto de acceso (AP), según la norma no se limita al número de usuarios por celda, pero está sujeto bajo las características de la antena del transmisor. (CARRASCO MUÑOZ, RODRÍGUEZ, & Jorge)

---

## 2.2 Modelos de Propagación

Un modelo de propagación es un conjunto de expresiones matemáticas que son utilizadas para especificar las pérdidas que sufre la señal inalámbrica en un ambiente dado. Se clasifican en modelos empíricos, deterministas y semi - empíricos. Los modelos empíricos o estadísticos se basan en mediciones, los modelos teóricos se basan en principios fundamentales de los fenómenos de propagación en un entorno ideal, lo que hace que sean fáciles de implementar para hacer estimaciones de la propagación de la señal. Los modelos deterministas hacen uso de las ecuaciones de Maxwell para la realización del cálculo de las características de la propagación que se quieren estudiar. Las operaciones matemáticas que se utilizan en este modelo son complejas y tienen requerimientos computacionales elevados. Con estos modelos de propagación se predice la pérdida en la trayectoria que una señal de RF pueda tener entre una estación base y un receptor sea móvil o fijo. La ventaja de modelar radiocanales teniendo en cuenta las características de la trayectoria entre Transmisor (Tx) y Receptor (Rx), es conocer la viabilidad de los proyectos a implementar, de esta manera se puede hacer estimaciones, costos y capacidad de los equipos requeridos (especificaciones técnicas). La calidad de un modelo u otro se mide por la veracidad de los resultados, teniendo en cuenta las características del ambiente de propagación como lo son las propiedades eléctricas del suelo, tipo del material de las construcciones. (Sevilla)

---

## **2.3. Modelos de propagación Indoor (Entornos Interiores)**

El estudio realizado para el pronóstico de cobertura por uno o varios modelos de propagación, facilita la visualización de los lugares en donde no hay intensidad de señal y brindan al diseñador de red facilidad en la planificación y dimensionamiento de la red WLAN.

Estos son algunos de los modelos más utilizados:

- Modelo de Pérdida de Trayecto basado en COST 231
- Modelo basado en el número de muros y suelos (simplificado)
- Modelo ITU-R
- Linear Path Attenuation Model
- Dual Slope-Model
- Keenan-Motley Model
- Multi-Wall Model
- Modelo de trazado de rayos (Ray Tracing)

---

## Modelo de Pérdida de Trayecto basado en COST 231

Es un modelo empírico que incorpora un componente lineal de pérdida, proporcional al número de paredes penetradas, más un término más complejo que depende del número de pisos penetrados, produciendo una pérdida que aumenta lentamente a medida que añaden pisos. Es utilizado en UMTS, El modelo se basa en el modelo COST 231 definido como: (Sevilla)

$$L = L_{FS} + L_C + \sum_{i=1}^{K_w} K_{wi} L_{wi} + n^{\left(\frac{n+2}{n+1}-b\right)} * L_f \quad (1)$$

Donde

$L_{FS}$  = Pérdida en espacio libre entre transmisor y receptor

$L_C$  = Constante de pérdida 37 dB.

$K_w$  = Número de tipos de paredes.

$K_{wi}$  = Número de paredes de tipo  $i$  penetradas

$L_{wi}$  = pérdida debida a muro 6.9 dB

$n$  = número de suelos penetrados

$L_f$  = pérdida entre suelos adyacentes 18.3 dB

$b$  = parámetro empírico 0.46

$b = 0.46$  parámetro se utiliza para ajustar empíricamente los efectos no lineales del número de pisos sobre la pérdida de trayecto. Si denota la pérdida entre pisos adyacentes. (Carlos, Luis, & ReigotoLuis, 2012)

---

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se aprecian el valor los m  
ateriales ligeros o pesados

**Tabla 2. factores de Pérdida**

	Descripción	Factor (dB)
Lf	Suelos (estructura típica) -Baldosas -Revestimiento de hormigón - Espesor típico <30 cm	18.3
Lw1	Muros internos finos - Yeso - Muros con muchos huecos (ventanas)	3.4
Lw2	Muros internos Hormigón, ladrillos - Mínimo número de huecos	6.9

---

### **Modelo basado en el número de muros y suelos (simplificado)**

Es caracterizado por que la pérdida de trayecto es similar a las pérdidas de espacio libre, tiene en cuenta el número de suelos y muros que atraviesa el rayo en línea recta entre el transmisor y receptor. (Sevilla)

En la ecuación (2), se ilustra la ecuación para tener en cuenta el número de suelos y en la ecuación (3), el número de pisos.

$$L = L_1 + 20\log(r) + n_f a_f + n_w a_w \quad (2)$$

(Modelo de ecuación basado en número de muro de suelos y simplificados)

$$L_T = L_{FS} + L_1 + 20\log(r) + n_f a_f + n_w a_w \quad (3)$$

(modelo de pérdida de trayecto basado en número de muros suelos ((simplificado))

Donde:

- R - distancia en metros en línea recta
- $L_1$  - pérdida de referencia con  $r=1$  metro
- $a_f$  - atenuación por cada suelo que atraviesa
- $a_w$  - atenuación por cada muro que atraviesa
- $n_f$  - número de suelos que atraviesa
- $n_w$  - número de muros que atraviesa

---

### Modelo ITU-R

Este modelo fue creado por la ITU para la propagación en interiores. Sólo tiene en cuenta explícitamente el número de suelos. Es más estable debido a la utilización de variables que se conocen sin necesidad de mediciones, por lo que se puede considerar semi-empírico. Viene dado por la ecuación (4). (Sevilla)

$$LT = L1 + 20 \log_{10}(f_c [MHz]) + 10 \log_{10}(r[m]) + L_f n_f - 28 \quad (4)$$

$f_c$ : Frecuencia de operación en GHz

$n$ : Factor de pérdida por atenuación exponencial

$r$ : Distancia en metros entre transmisor y receptor

$L_{nf}$ : Factor de penetración de pisos

$n_f$  : número de pisos penetrados

**Tabla 3. Valores Exponente de Pérdidas por Trayectoria**

Frecuencia (GHz)	Residencial	Oficina	Comrcial
0.9		3.3	2
1.2-1.3		3.2	2.2
1.8-2	2.8	3	2.2
4		2.8	2.2
60		2.2	1.7

---

**Tabla 4. Factor de penetración  $l_{nf}$**

Frecuencia (GHz)	Residencial	Oficina	Comercial
0.9		9 Un Piso	
		19 Dos pisos	
		24 Tres pisos	
1.8-2	4 nf	$15 + 4(nf-1)$	$6+3(n-1)e^{26}$

---

### Linear Path Attenuation Model

Este modelo considera los transmisores y receptores que están ubicados en una misma planta, las pérdidas por trayecto (*path loss*) medidas en db se obtienen a partir de las pérdidas de espacio libre (PLFS). Experimentalmente se obtuvo un rando para un factor lineal que está en la siguiente ecuación:

$$PL(d) = PLfs + ad \quad (5)$$

a: Es el coeficiente de atenuación lineal

d: Es la distancia entre transmisor y receptor.

Oficinas: Coeficiente 0.47 dB/m.

Es un modelo sencillo el cual no tiene a consideración efectos de desvanecimiento de la onda electromagnética. Sólo toma en consideración la pérdida en espacio libre. Las medidas son específicas de un solo sitio dado que las variaciones en las características de terrenos u materiales, hacen que se comporte diferente, por lo que debe ser medido con precisión para poder demostrar los beneficios de este modelo. (Sevilla)

---

## Dual Slope-Model

Los creadores de este modelo Feuerstein y Beyer, observaron las pérdidas por camino (*path loss*,) se comporta de diferentes maneras en longitudes cercanas y longitudes largas. Para dar solución a este problema, se crean dos modelos path loss, uno para distancias cortas y otro para largas. El primero tiene un rango corto y tiene su propio índice de decaimiento. El segundo es función del primero. Para diferenciar la utilización de ambos modelos se introduce la distancia de ruptura dBR. Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

$$PL_{DS1}(d) = 10n_1 \log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) - a_0 \quad (6)$$

$$PL_{DS2}(d) = PL_{DS1}(d_{BR}) + 10n_2 \log\left(\frac{d}{d_{BR}}\right) \quad (7)$$

- dBR: distancia de ruptura
- $\lambda$  : longitud de onda..
- n1: exponente de path loss antes de dBR (PLDS1).
- n2: exponente de path loss después de dBR (PLDS1).
- $a_0$  : diferencia entre PLDS y PLFS a la distancia de 1 metro.
- dBR: es causado por efectos en las ondas y varía entre 0 y 5 dB

## Regiones cercanas

n1: 2;

## Regiones lejanas

n2 Mayor a 6.

La distancia de ruptura dBR es un parámetro que se conoce a través de mediciones experimentales y es muy importante en la realización del cálculo. Este modelo se puede hacer más específico para un sitio al poder introducir los valores n1 y n2. (Sevilla)

---

### Keenan-Motley Model

El modelo Keenan-Motley Model es un modelo semi-empírico que necesita de mediciones y teoría para poder determinar las pérdidas de trayecto *path loss* mediante la fuerza de la señal recibida y una distancia de referencia. La fórmula utilizada es la siguiente

$$LKM (d) = LFS (d) + nw Lw + nf Lf \quad (8)$$

- LFS (d) : Pérdidas en el espacio libre.
- Lw : Pérdidas causadas por los muros o paredes.
- nw : Es el número de muros o paredes que debe atravesar la trayectoria.
- Lf : Son las pérdidas o la atenuación causada por los pisos.
- nf : Es el número de pisos que debe atravesar la trayectoria.

Este modelo depende tanto de la teoría como las pérdidas por trayecto (*path loss*) medido. El *path loss* medido es una buena forma de saber el comportamiento del modelo. (Sevilla)

Las pérdidas Lw y Lf suelen escogerse desde 1dB a 30dB dependiendo de las dimensiones y materiales del muro o del piso. Hay que tener en cuenta que no es una ley que estas pérdidas varíen entre estos valores. (Cuenca)

Para el cálculo de las pérdidas por el espacio libre se utilizó la siguiente formula:

$$LFS (d) = 32.45 + 20 \log ( f [MHz ] ) + 20 \log d [Km] \quad (9)$$

---

### Multi-Wall Model

considera la relación no lineal entre la pérdida de penetración acumulada y el número de pisos y paredes penetrados. El modelo se ha derivado de simulaciones de trazado de rayos y está caracterizado por un exponente de  $n=2$ , como las pérdidas de trayecto en espacio libre; también tiene factores de pérdida que se relacionan con el número de pisos ( $n_f$ ) y muros ( $n_w$ ) que están en medio de la línea de vista del transmisor y receptor. La fórmula utilizada es la siguiente: (Sevilla)

$$PLMW = PL_1 + 20\log(d) + n_f a_f + n_w a_w \quad (10)$$

- $PL_1$  a - path loss a 1 metro.
- $a_f$  - factor de atenuación de suelos.
- $a_w$  - factor de atenuación de muros.
- $n_f$  - número de suelos atravesados.
- $n_w$  - número de muros atravesados

---

## Modelo de trazado de rayos (Ray Tracing)

El trazado de rayos es un modelo determinista que se emplea para la predicción de la respuesta del canal de radiocomunicaciones, mejorando la precisión de los modelos empíricos tradicionales, permite estimar por completo la respuesta a un impulso en un punto receptor específico. El algoritmo de trazado de rayos, puede calcular todos los posibles caminos desde el transmisor al receptor. En los modelos básicos de trazado de rayos, la predicción se basa en cálculos de transmisión en espacio abierto complementados con el efecto de reflexión de las paredes, teniendo en cuenta una única reflexión. Los algoritmos de trazado de rayos más complejos incluyen mecanismos de difracción, dispersión difusa y Modelos de Propagación en Interiores Radio propagación Indoor Modelo de Cobertura para Redes Inalámbricas de Interiores. mediante la suma de todos los caminos posibles existentes entre transmisor y receptor. (Sevilla)

$$E_i = E_0 f_{ri} f_{rt} L_{FSL}(r) \left[ \prod_j \bar{R}_j \prod_k \bar{T}_k \prod_l \bar{D}_l A_l(S_l, S'_l) \right] e^{-jkr} \quad (11)$$

Donde

- $E_0$  representa el campo de referencia
- $f_{ri}$  y  $f_{rt}$  son los diagramas de radiación del campo de antena transmisor y receptor
- $L_{FSL}$  es la pérdida en el espacio libre
- $R_j$  es el coeficiente de reflexión para la reflexión  $j$
- $T_k$  es el coeficiente de transmisión para la transmisión  $k$
- $D_l$  y  $A_l$  son el coeficiente de difracción y la atenuación de dispersión para la  $l$ th difracción

- 
- $e^{jkr}$  es el factor de fase de propagación, donde  $r$  es la longitud del trayecto del rayo desplegado y  $k$  es el factor de fase de propagación.

---

### ***Empirical Models for Wireless Lan***

Optimiza los modelos de propagación basados en la medición (Tuan, J-C Chen, & Chou). Técnicas y emplea los modelos optimizados para evaluar la red. Rendimiento de WLAN en un entorno interior donde WLAN es más empleado popularmente Pérdidas por trayecto.

$$L = 20.42 + 36.3 \log(f \text{ GHz}) + 18.9 \log(Rm) + nw [10.22 \cos \theta + 27.21(1 - \cos \theta)] + 5.88 mf \quad (12)$$

$$L = 30.1 + 36.3 \log(f \text{ GHz}) + 20.2 \log(Rm) + nw [1.16 \cos^2 \theta + 27.25(1 - \cos \theta)^2] + 2.2 mf \quad (13)$$

$$L = 27.91 + 36.3 \log(f \text{ GHz}) + 19.35 \log(Rm) + nw [14.73 \sin^2 \theta + 3.02(1 - \sin \theta)^2] + 2.2 mf \quad (14)$$

$$L = 19.07 + 36.3 \log(f \text{ GHz}) + 18.3 \log(Rm) + nw [21 \sin \theta + 12.2(1 - \sin \theta)] + 8.6 mf \quad (15)$$

nw= número de paredes

mf = número de pisos

R= distancia

f= frecuencia

---

## 2.4. Calidad de servicio (QoS)

La Calidad de Servicio (QoS), se puede entender como la capacidad de una red para proveer diferentes niveles de servicio (Alvarez).

La implementación de Políticas de Calidad de Servicio se puede enfocar en varios aspectos según los requerimientos de la red, los principales son:

- Asignar ancho de banda en forma diferenciada.
- Evitar y/o administrar la congestión en la red
- Manejar prioridades de acuerdo al tipo de tráfico.
- Modelar el tráfico de la red.

### **RENDIMIENTO (*Throughput*)**

Es uno de los parámetros más importantes porque se mide la calidad de servicio, especificando el volumen de información que son transferidos a través por la red, la cual normalmente se mide en megabits por segundo y siempre será inferior al ancho de banda. (Alvarez)

### **RETARDO (*Delay*)**

El *Delay* es un parámetro importante en el diseño de una red de telecomunicaciones, es el tiempo de transmisión de un bit desde su origen hasta su destino y se refiere al tiempo que dura en transmitirse por la red, un bit desde su origen hasta su destino. El retardo es ocasionado por la distancia, errores en la transmisión (bits errados) y las capacidades de procesamiento de los sistemas que están involucrados en la transmisión. (Alvarez)

---

### **VARIABILIDAD (*Jitter*)**

El *Jitter* se considera como el cambio indeseado de la propiedad de una señal, por lo que termina siendo una señal de ruido no deseada. El Jitter puede amortiguarse mediante el incremento de buffers (buffering) en los receptores lo que, a su vez, incrementa el retardo extremo a extremo. El jitter y la pérdida de paquetes son algunos de los parámetros básicos indicadores de calidad de servicio en una red. (Alvarez)

### **PERDIDA DE PAQUETES O FIABILIDAD (*RELIABILITY*)**

Esta referida a la pérdida de paquetes y corrupciones de datos durante la transferencia de datos. Cuando ocurre congestión en una red, los paquetes tienden a caerse debido a un sobre flujo del buffer o debido al esfuerzo límite de retardo. Las pérdidas de paquetes afectan directamente la visión de la Calidad de Servicio en el lado del receptor extremo. (Alvarez)

### **ANCHO DE BANDA (*Bandwidth*)**

Es la capacidad de transportar información a través de un canal de comunicación. Para sistemas digitales, el término Ancho de Banda (Bandwidth) indica la capacidad de un canal o del enlace entre dos nodos en red, o velocidad de transmisión cuando se trata de expresarse desde el punto de vista de la transmisión digital. Este concepto está relacionado con el Throughput (el cual es medido cuando el retardo es considerado) ya que ambos se pueden expresar en las mismas magnitudes (bits/seg), pero Bandwidth se ha hecho más usual aplicarlo a la capacidad de los canales de comunicación de los enlaces entre los nodos en una red. (Alvarez)

---

## **LATENCIA (*Latency*)**

La latencia es el tiempo que tarda en transmitirse un paquete dentro de la red, un método para medir la latencia es mediante el ping, el tiempo que tarda en comunicarse la conexión local con un equipo remoto de la red. También es ver cuánto tiempo se demora un dispositivo en procesar un paquete. Este dispositivo puede ser un router, en muchos casos hablar de Latencia es sinónimo de Retardo (*Delay*).  
(Alvarez)

---

## **2.5. Marco legal**

En la parte final de cada norma se especifica el aporte al actual trabajo de grado.

### **2.5.1. ANSI TIA/EIA-607.**

Realiza observaciones acerca de los componentes necesarios para proporcionar protección eléctrica a los usuarios e infraestructura de las telecomunicaciones mediante el empleo de un sistema de puesta a tierra adecuadamente configurado e instalado.

#### **Requisitos para adecuados sistemas de puesta a tierra**

##### **TMGB (Barra principal de tierra para telecomunicaciones)**

es el punto central de tierra para los sistemas de telecomunicaciones. Se ubica en las “Instalaciones de Entrada”, o en la “Sala de Equipos”. Típicamente hay una única TMGB por edificio, y debe ser ubicada de manera de minimizar la distancia del conductor de tierra hasta el punto de aterramiento principal del edificio.

Este conductor de tierra debe estar forrado, preferentemente de color verde, y debe tener una sección mínima de 6 AWG, Asimismo, debe estar correctamente identificado mediante etiquetas adecuadas. Es recomendable que el conductor de tierra de telecomunicaciones no sea ubicado dentro de canalizaciones metálicas. En caso de tener que alojarse dentro de canalizaciones metálicas, éstas deben estar eléctricamente conectadas al conductor de tierra en ambos extremos.

La TMGB debe ser una barra de cobre, con perforaciones roscadas según el estándar NEMA. Debe tener como mínimo 6 mm de espesor, 100 mm de ancho y largo adecuado para la cantidad de perforaciones roscadas necesarias para alojar a todos los cables que lleguen desde las otras barras de tierra de telecomunicaciones. (Joskowicz, Universidad de la República, 2013)

---

### **TGB (Barras de tierra para telecomunicaciones)**

En la Sala de Equipos y en cada Sala de Telecomunicaciones debe ubicarse una “Barra de tierra para telecomunicaciones” (TGB= “Telecommunications Grounding Busbar”). Esta barra de tierra es el punto central de conexión para las tierras de los equipos de telecomunicaciones ubicadas en la Sala de Equipos o Sala de Telecomunicaciones. De forma similar a la TMGB, la TGB debe ser una barra de cobre, con perforaciones roscadas según el estándar NEMA. Debe tener como mínimo 6 mm de espesor, 50 mm de ancho y largo adecuado para la cantidad de perforaciones roscadas necesarias para alojar a todos los cables que lleguen desde los equipos de telecomunicaciones cercanos y al cable de interconexión con el TMGB. Deben considerarse perforaciones para los cables necesarios en el momento del diseñado y para futuros crecimientos (Joskowicz, Universidad de la República, 2013)

### **TBB (Backbone de tierras)**

Entre la barra principal de tierra (TMGB) y cada una de las barras de tierra para telecomunicaciones (TGB) debe tenderse un conductor de tierra, llamado TBB (Telecommunications Bonding Backbone). El TBB es un conductor aislado, conectado en un extremo al TMGB y en el otro a un TGB, instalado dentro de las canalizaciones de telecomunicaciones. El diámetro mínimo de este cable es 6 AWG y no puede tener empalmes en ningún punto de su recorrido. En el diseño de las canalizaciones se sugiere minimizar las distantes del TBB (es decir, las distancias entre las barras de tierra de cada armario de telecomunicaciones –TGBy la barra principal de tierra de telecomunicaciones –TMGB-). (Joskowicz, Instituto de Ingeniería Eléctrica, 2013)

---

Los sistemas de puesta a tierra son normalmente una parte integral del sistema de cableado específico para señales o telecomunicaciones que protegen. Además de ayudar a proteger de tensiones peligrosas al personal y al equipo, un sistema de puesta a tierra apropiado puede reducir la interferencia electromagnética (EMI) hacia el sistema de cableado de telecomunicaciones. Una puesta a tierra inapropiada puede producir tensiones inducidas y esos voltajes pueden interferir otros circuitos de telecomunicaciones.

---

## **2.5.2. Norma Técnica Colombiana NTC 4353**

Esta norma específica un sistema de cableado de telecomunicaciones genérico para edificaciones comerciales que soportará un ambiente multiproducto y multiproveedor. También da información que puede usarse para el diseño de productos de telecomunicaciones para empresas comerciales.

El propósito de esta norma es hacer posible la planificación e instalación de un sistema de cableado estructurado para edificaciones comerciales. (ICONTEC, 1997)

### **CABLEADO HORIZONTAL**

El cableado horizontal es la porción del sistema de cableado de telecomunicaciones que se extiende desde la salida/conector de telecomunicaciones en el área de trabajo hasta el conector cruzado horizontal en el armario de telecomunicaciones.

### **DISTANCIAS HORIZONTALES**

La distancia horizontal máxima debe ser de 90 m, independientemente del tipo de medio de transmisión. Esta es la longitud del cable, desde la terminación mecánica del medio de transmisión en el conector cruzado horizontal del armario de

---

telecomunicaciones, hasta la salida/conector de telecomunicaciones en el área de trabajo. (ICONTEC, 1997)

Se debe cumplir norma dado que, para el diseño de la infraestructura de red, los Puntos de Acceso (AP) no deben exceder 90 metros hasta el nodo. Adicionalmente cuenta con la información de las prácticas de instalación de cableado.

---

## **2.6. Estado del Arte**

### **2.6.1. Internacional**

#### **MODELO DE COBERTURA PARA REDES INALÁMBRICAS DE INTERIORES<sup>2</sup>**

El proyecto busca desarrollar un software de simulación en 2D y 3D del modelo de trazado de rayos, que identifique la potencia que recibe el receptor, las pérdidas por reflexión, difracción y refracción del rayo a lo largo de su recorrido. Este trabajo aporta el conocimiento acerca de cómo funciona el modelo de propagación Ray Tracing.

#### **PROPUESTA DE RED INALÁMBRICA WI-FI PARA SERVICIO DE INTERNET, PARA EL CENTRO HISTÓRICO PATRIMONIAL DE LA CIUDAD DE ZARUMA PROVINCIA DE EL ORO <sup>3</sup>**

El proyecto tiene como objetivo sugerir un diseño de red inalámbrica WIFI en donde se entrega un cuadro económico de los equipos a utilizar, se utiliza el software Zone director 3000 siendo una herramienta que facilita a los administradores de red ver la topología de red. Según lo anterior brinda una idea de diseño de red inalámbrica y la

---

<sup>2</sup> Camargo Olivares, José Luis, MODELO DE COBERTURA PARA REDES INALÁMBRICAS DE INTERIORES.

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones. Sevilla, -España: Universidad de Sevilla, 2009. 250 p.

<sup>3</sup> TUTIVÉN ALVARADO, Erick Aland, Propuesta de red inalámbrica Wi-Fi para servicio de Internet para el centro Histórico patrimonial de la ciudad de Zaruma Provincia de El Oro. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones. Guayaquil-Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2016. 78 p.

---

tecnología implementada como también el número de clientes que soporta un dispositivo Ruckus.

### **2.6.2. Nacional**

#### **DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA WIFI PARA LA EMPRESA PROCIBERNETICA<sup>4</sup>**

El proyecto plantea la realizar un diseño de red inalámbrica WIFI, con la identificación de toda la infraestructura se procede a detectar los lugares en los que se instalarán los puntos de acceso que brindarán cobertura a toda la empresa, por último, se presenta un diseño de seguridad de red. Se tuvo en cuenta las características de los equipos a utilizar y la configuración correcta de los mismos para que tuvieran un rendimiento óptimo y no causaran interferencias de canal.

#### **ANÁLISIS DE LA COBERTURA Y REDISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE LA SEDE TOROBAJO DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO<sup>5</sup>**

El proyecto tiene como fin realizar un estudio del estado de la red inalámbrica y realizar un rediseño que beneficien a la comunidad universitaria, brindando una mayor cobertura. Se realizó un estudio acerca del alcance del radio de la celda el AP utilizado en diferentes puntos de la zona en consideración. Se considera para el

---

<sup>4</sup> BARBOSA REYES, Julyeth Jhasbleidy, ORJUELA AYALA, Daniel Fernando, DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA WIFI PARA LA EMPRESA PROCIBERNETICA. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Sistemas. Bogotá – Cundinamarca: Universidad libre de Ingeniería, 2010. 75 p.

<sup>5</sup> CALPA JUAJINOY, Jose Luis, ANÁLISIS DE LA COBERTURA Y REDISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE LA SEDE TOROBAJO DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico. San Juan de Pasto – Nariño: Universidad de Nariño, 2013. 152 p.

---

actual proyecto, realizar mediciones en diferentes puntos del campus para corroborar el nivel de intensidad del AP.

### **2.6.3. Regional**

#### **DISEÑO DE SOLUCIÓN DE CONECTIVIDAD DE WIFI EN EL CAMPUS DE FLORIDABLANCA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS<sup>6</sup>**

El presente proyecto de grado tiene como objetivo determinar el rendimiento de la red inalámbrica actual y proponer una solución que incluya el rediseño de la estructura de red WLAN, que garantice la prestación del servicio comunidad estudiantil, docente y administrativo. Utiliza los softwares InSSIDer 4, Vistumbler y Tamo Grap Site survey para realizar el diagnóstico de la red inalámbrica y diseñar una propuesta WLAN para el campus florida blanca de la Universidad Santo tomas. El anterior trabajo de grado maneja herramientas de simulación y de recepción del nivel de señal recibida, en este trabajo de grado se utilizó el software inSSIDer y se realizó un estudio a profundidad, para conseguir una mejor herramienta de simulación que tenga en cuenta todas las características de la infraestructura de un edificio.

---

<sup>6</sup> MONTERO BAQUERO, Juan David, Diseño de solución de conectividad de WiFi en el Campus de Floridablanca de la Universidad Santo Tomás. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones. Bucaramanga – Santander: Universidad Santo Tomas, 2016. 138 p.

---

### DESARROLLO

---

3.1.	Estado Actual de la Red WLAN .....	39
3.2.	Simulación de Cobertura Actual.....	54
3.3.	Resultados del Análisis de Cobertura Actual .....	60
3.4.	Comparación Mediciones inSSIDer – Wireless Insite .....	65
3.5.	Ampliación de Cobertura .....	69
3.6.	Simulación de los Diseños.....	97

---

#### 3.1. Estado Actual de la Red WLAN

La red actual está conformada por quince puntos de acceso (AP) y cuatro switch y un Servidor DHCP. Se tiene un switch principal que está conectado a toda la red, ubicado en el tercer piso y conecta a los AP número 56, 57, 58, 59, 60, 61, en el segundo piso se encuentra otro que conecta a los AP 62,64,65 y también a los AP instalados en la biblioteca con número 66,67,69, dos switch en el primer piso; uno en el Auditorio y otro en la oficina de Psicología cerca de la sala de Ping-Pong. El switch del auditorio conecta a los AP número 77, 75 y el otro al AP número 71 ubicado en esa sala.

---

### 3.1.1. Topología Física

En las imágenes se observa como actualmente están distribuidos los puntos de acceso (AP) en todo el campus Virgen del Rosario, las líneas rojas representa el cable UTP, los hexágonos son los AP y los rectángulos vienen siendo los switch (SW)

#### Primer Piso

El primer piso cuenta con seis puntos de acceso (AP) con número 77,75,71,69,67,66

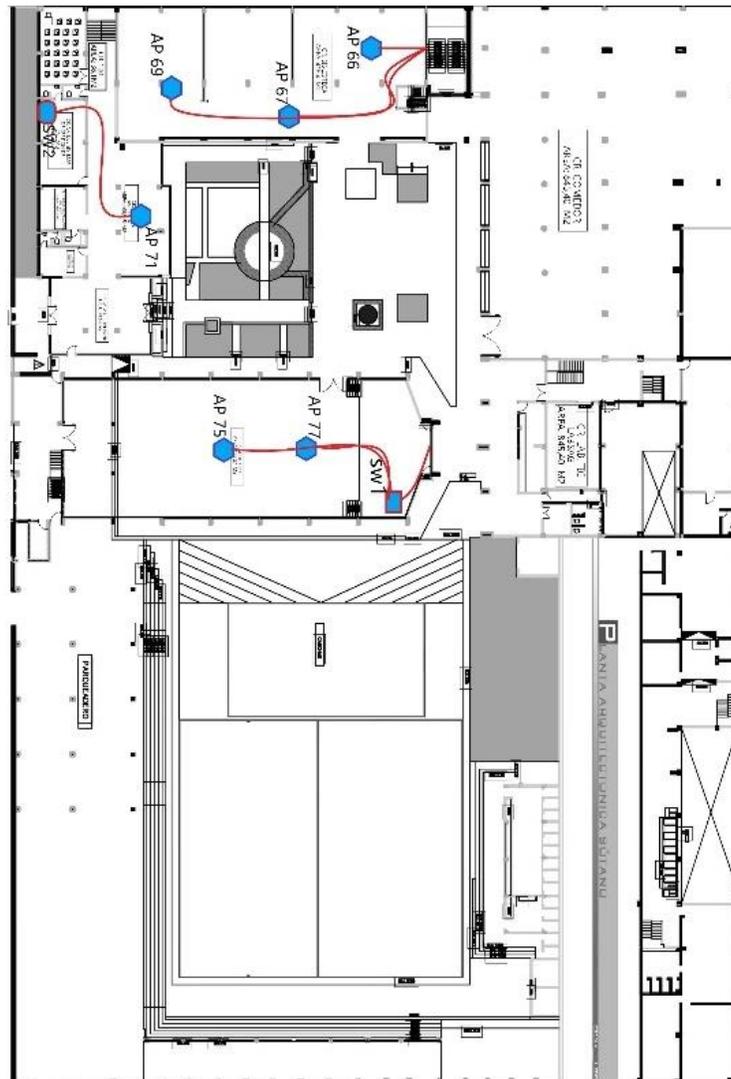


Figura 2. Topología Física Primer Piso

---

## Segundo Piso

El segundo piso tiene solamente tres puntos de acceso (AP), con número 62,64,y 65.

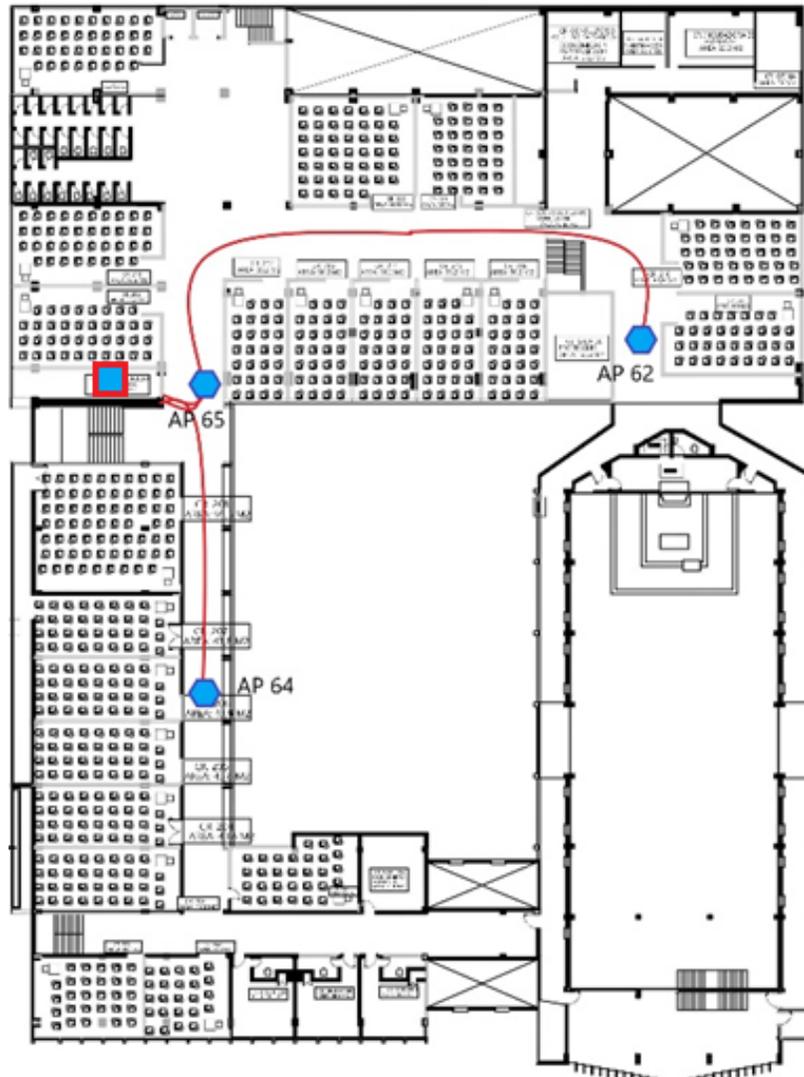


Figura 3. Topología Física Segundo Piso

---

## Tercer Piso

En el tercer piso hay seis puntos de acceso (AP), con número 62,64,y 65

61,60,59,58,57,56

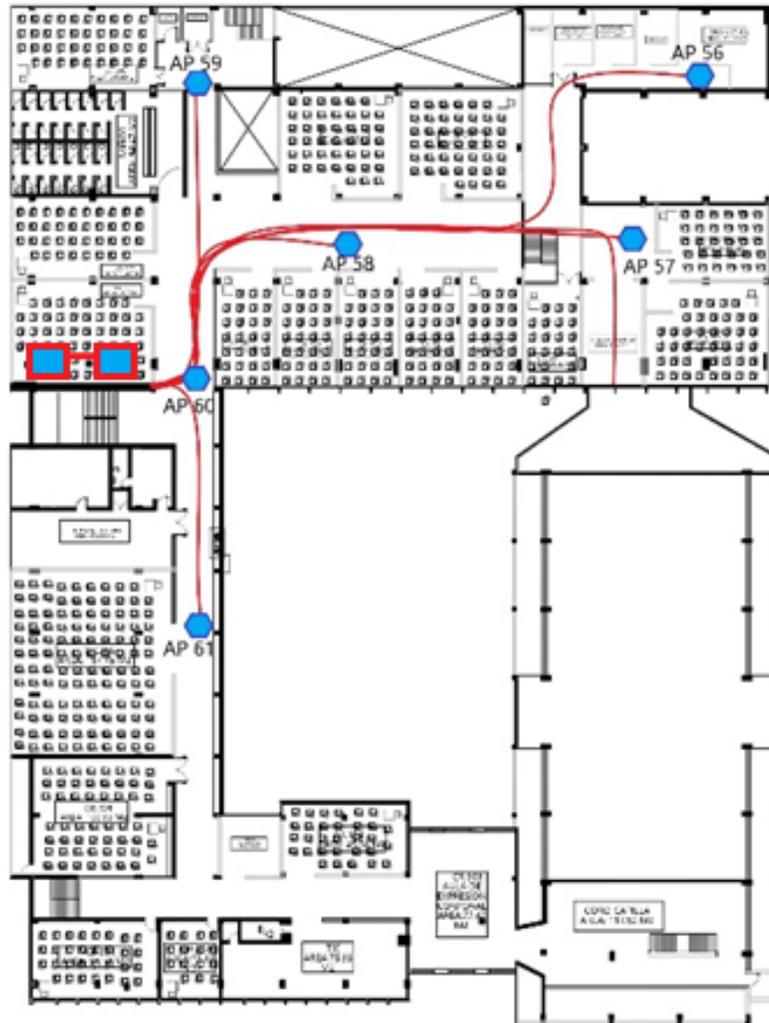


Figura 4. Topología Física Tercer Piso

### 3.1.2. Topología Lógica

En la red actual cada AP tiene puerta de enlace 172.29.2.x que es el número de etiqueta. En el círculo Azul representan el primer piso, el rojo el segundo y verde el tercero.

En la Figura 5, se ve la topología en estrella: en la que cada conector o salida de telecomunicaciones está cableada directamente al dispositivo de distribución.

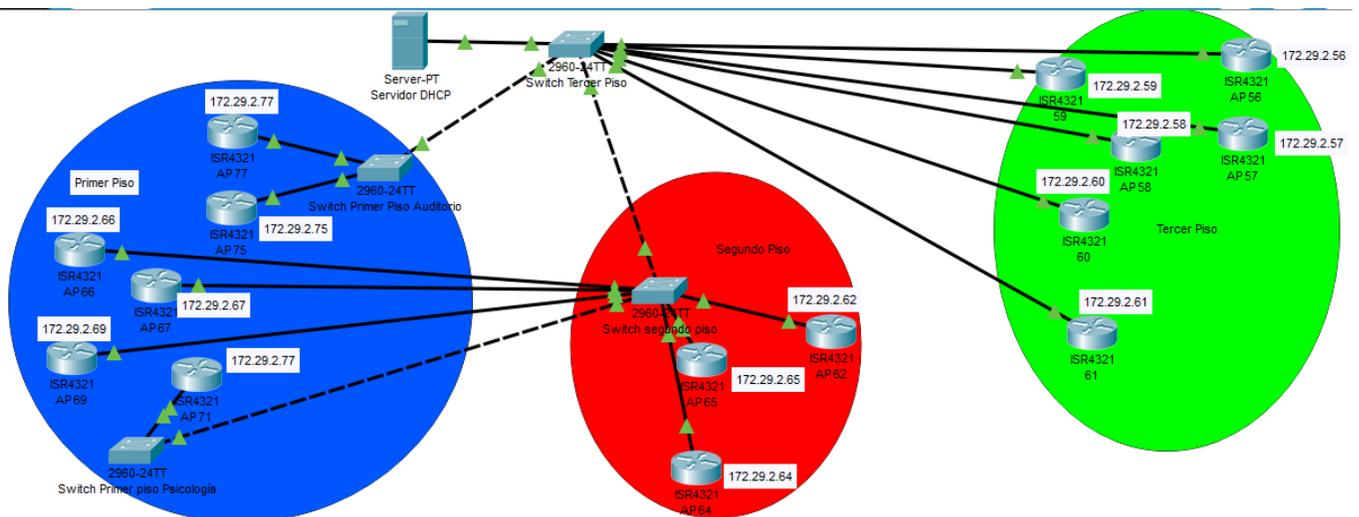


Figura 5. Topología Lógica Campus Virgen del Rosario

---

### 3.1.3. Encuesta Realizada a Usuarios

Se eligieron usuarios que frecuentan las zonas de estudio (sala de Ping-Pong y Biblioteca), ya que pueden realizar la encuesta sin ningún problema, así evitando el ingreso a las aulas e interrumpiendo las clases. Con la observación del número de mesas y sillas que están actualmente en la en esas zonas, el número de usuarios es de aproximadamente 200.

El número de encuestados se determinó mediante la toma de muestra de la totalidad de los usuarios que frecuentan las zonas, se utilizó la ecuación

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

**Figura 6. Ecuación muestral**

Feedback, N. (2017). Cálculo del tamaño de la muestra para datos globales. [Figura]. Recuperado de <https://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calculiar.html>

La muestra fue de 132 personas a las que se les realizó la encuesta del servicio de red inalámbrica (ver Anexos Evidencias Encuesta), en donde las preguntas fueron acerca de movilidad y calidad del servicio, ver en Anexos (Encuesta actual), en donde está el formato de la encuesta.

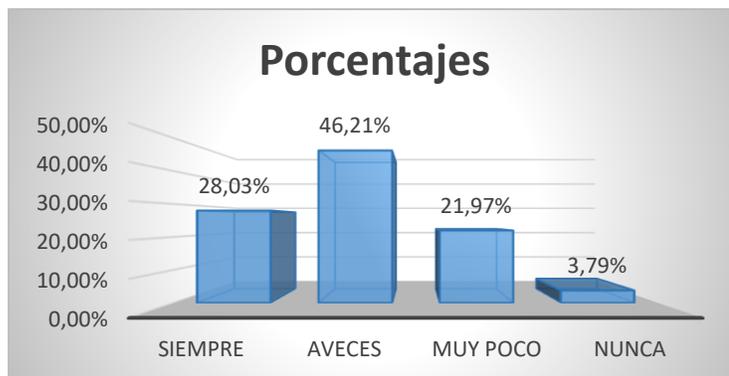
En la Figura 7, se ven los resultados de la encuesta en la que se refleja el porcentaje de usuarios que hacen uso del servicio WIFI, en donde el 86 % se conectan a la red del campus Virgen del rosario



**Figura 7. Porcentaje de utilización de WIFI**

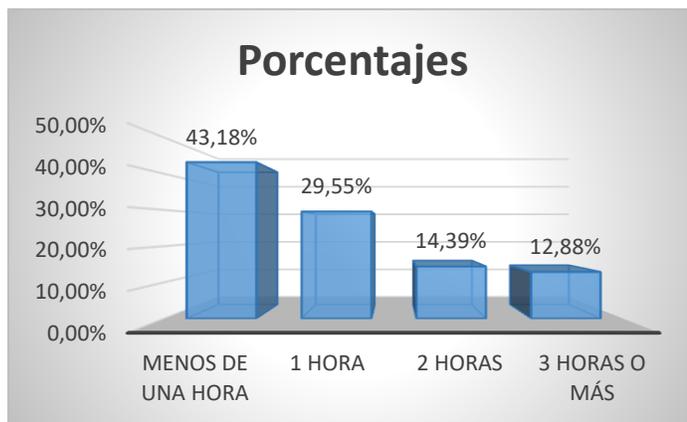
---

En la Figura 8, se refleja la frecuencia en la que los usuarios hacen uso del servicio WiFi, el cual tiene un alto porcentaje en el que muy pocas veces se conectan, argumentando que el servicio es deficiente, presentando baja velocidad de conexión y en algunas zonas poca intensidad de señal.



**Figura 8. Porcentaje Frecuencia de utilización WIFI**

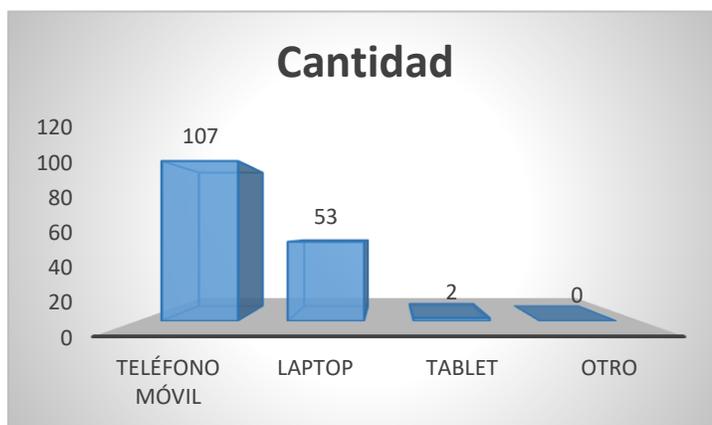
En la Figura 9, se tiene los porcentajes de los tiempos de conexión de los usuarios, en la que se visualiza que el mayor número de clientes está menos de una hora cada vez que se conectan a la red.



**Figura 9. Porcentaje de Tiempo Promedio uso WIFI**

---

Se aprecia que los usuarios establecen conexión con más de un dispositivo, en la Figura 10, se observa gran cantidad de dispositivos 162 en total de los 132 encuestados. Se puede proveer que 30 dispositivos más podrían estar estableciendo conexión a Internet.



**Figura 10. Cantidad de Dispositivos de los 132 usuarios**

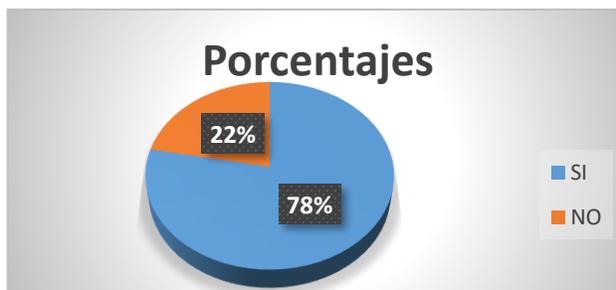
Los usuarios presentan inconvenientes al tratar de establecer conexión estable en diferentes puntos del Campus como se puede observar en la Figura 11, en donde el 83 % no tiene buena navegación.



**Figura 11. Porcentaje de Conexión Satisfactoria**

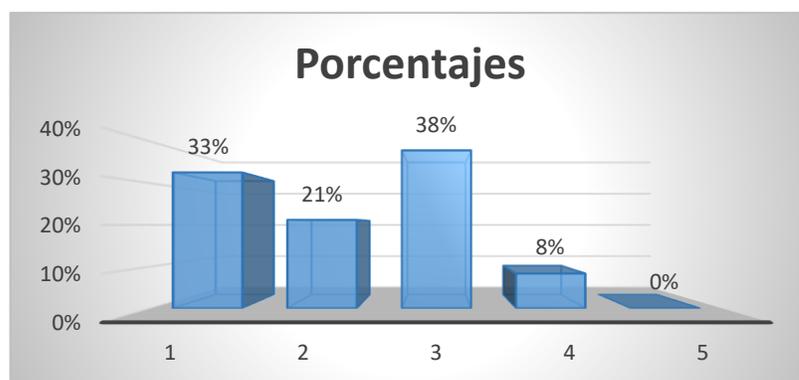
---

La Figura 12, muestra que una gran cantidad de usuarios presentan desconexiones repentinas en la sede, lo que es una muestra de que el servicio WIFI debe mejorarse.



**Figura 12. Porcentaje desconexión Dispositivo**

Se realizó una escala del 1-5 en donde se valoraba la calidad del servicio, en el que 1 es nada bueno y 5 muy bueno. La Figura 13 muestra que una gran mayoría piensa que el servicio WIFI no presenta un servicio de calidad.



**Figura 13. Valoración del servicio WIFI**

---

### 3.1.4. Ubicación de los Puntos de Acceso (AP)

Se realizó búsqueda por toda la planta que conforma la infraestructura, para encontrar la ubicación exacta de cada punto de acceso (AP) instalado, que servirá para posteriormente realizar la simulación de cobertura. En la Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7 están las ubicaciones exactas de los AP de cada planta.

**Tabla 5. Ubicación Puntos de Acceso (AP) Primer Piso**

<b>Punto de Acceso (AP)</b>	<b>Ubicación Latitud, longitud</b>	<b>Descripción</b>
AP77	7.37854, -72.64733	Auditorio
AP75	7.3785, -72.64734	Auditorio
AP71	7.3787, -72.64734	Frente al cubículo de psicología
AP69	7.37888, -72.64739	Biblioteca
AP67	7.37847, -72.64721	Biblioteca
AP66	7.37873, -72.64716	Biblioteca

**Tabla 6. Ubicación Puntos de Acceso (AP) Segundo Piso**

<b>Punto de Acceso (AP)</b>	<b>Ubicación Latitud, longitud</b>	<b>Descripción</b>
AP64	7.37856, -72.64724	Frente del salón SVR 206 en la parte de placa.
AP65	7.37863, -72.647	Frente del salón SVR 209 en la parte superior del plafón
AP62	7.37844, -72.64709	Frente del salón SVR 217 en la parte superior del plafón

**Tabla 7. Ubicación Puntos de Acceso (AP) Tercer Piso**

<b>Punto de Acceso (AP)</b>	<b>Ubicación Latitud, longitud</b>	<b>Descripción</b>
AP61	7.37868, -72.64718	Frente a la oficina de Arquitectura
AP60	7.37865, -72.6471	Frente del salón SVR 306 en la parte superior del plafón
AP59	7.37856, -72.64715	Frente del salón SVR 308 en la parte superior del plafón
AP58	7.37884, -72.64695	Frente del salón SVR 309 en la parte superior del plafón
AP57	7.37859, -72.64656	Frente del salón SVR 316 en la parte superior del plafón
AP56	7.37831, -72.64706	Administrativos

---

### 3.1.5. Configuración de los Puntos de Acceso (AP)

En la Tabla 8 se observa las potencias de transmisión y canales que actualmente tienen configurados (en Anexo A, se corrobora la información). Se logra apreciar que en la banda de 2.4 GHz, se están utilizando canales iguales en puntos de acceso que están en la biblioteca y auditorio; en 5 GHz se repiten canales cuando en esta banda hay un total de 25 canales que no se superponen.

**Tabla 8. Potencias de Transmisión y Canales Configurados**

<b>Puntos de acceso</b>	<b>Potencia de transmisión 2.4GHz dBm</b>	<b>Potencia de transmisión 5GHz dBm</b>	<b>Canales 2.4 GHz</b>	<b>Canales 5 GHz</b>
Tx56	22	22	1	161
Tx57	19	15	6	48
Tx58	16	15	1	36
Tx59	19	15	11	40
Tx60	13	15	6	48
Tx61	13	14	1	52
Tx62	22	15	11	44
Tx64	16	15	6	36
Tx65	10	15	1	44
Tx66	10	14	6	52
Tx67	10	14	11	44
Tx69	10	14	11	100
Tx71	13	15	11	48
Tx75	13	12	11	44
Tx77	16	12	1	40



---

### 3.1.7. Medición Ancho de banda

Actualmente para la sede Virgen del Rosario están asignados 20 Mbps (Información que fue suministrada por los administradores de la red), que provee el servicio a toda la comunidad universitaria.

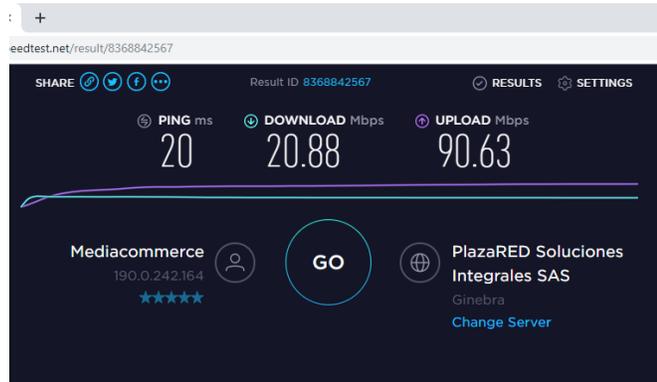
La conexión con la que se realizó el test de velocidad, fue de conexión múltiple, que mostrará la velocidad potencial máxima, utilizando múltiples transmisiones en paralelo. La descarga en paralelo de archivo consiste en una técnica que permite la descarga de distintas partes de un archivo completamente, almacenado en diferentes servidores.

Se hizo una desconexión total de la sede, es decir, se conectó directamente el PC al tranciver; para posteriormente realizar un test de velocidad en donde se verifica la cantidad de Mbps asignados. En la Figura 16, Figura 17, se observa que efectivamente que hay una velocidad de 20 Mbps asimétrica.

Para realizar el test de velocidad se eligieron dos servidores, uno local y otro extranjero.



Figura 16. Servidor TV AZTECA SUCURSAL COLOMBIA



**Figura 17. Servidor Ginebra**

El ancho de banda actualmente asignado es deficiente para el alto número de usuarios que a diario hacen uso de la red inalámbrica WLAN, por ejemplo, si en la conexión hay una cantidad de aproximadamente 400 usuarios; cada uno tendría que navegar a 6.25 Kilobyte por segundo por lo que se tendría inconvenientes al hacer uso del navegador y otras aplicaciones que hoy día sobrepasan los 100 Kilobyte por segundo.

---

## 3.2. Simulación de Cobertura Actual

Se aclara que las simulaciones de la Clínica Veterinaria no se llevaron a cabo por que actualmente no cuenta con red inalámbrica WLAN y se visualiza la simulación de cobertura realizada en la primera planta del campus Virgen del Rosario. Ver las simulaciones de las demás plantas en (Anexo C).

Para realizar la simulación de cobertura, fue necesario tener acceso a los planos de la sede Virgen del Rosario, como también al controlador de LAN inalámbrica (WLC) para verificar la potencia de transmisión y velocidad que tiene cada uno de los AP (ver Anexo A), se utilizaron los softwares WiFiAnalyzer e inSSIDer para escaneo de redes y Wireless inSite para simulación, la que se realizó por planta, en donde se visualiza las zonas de baja y alta intensidad de señal.

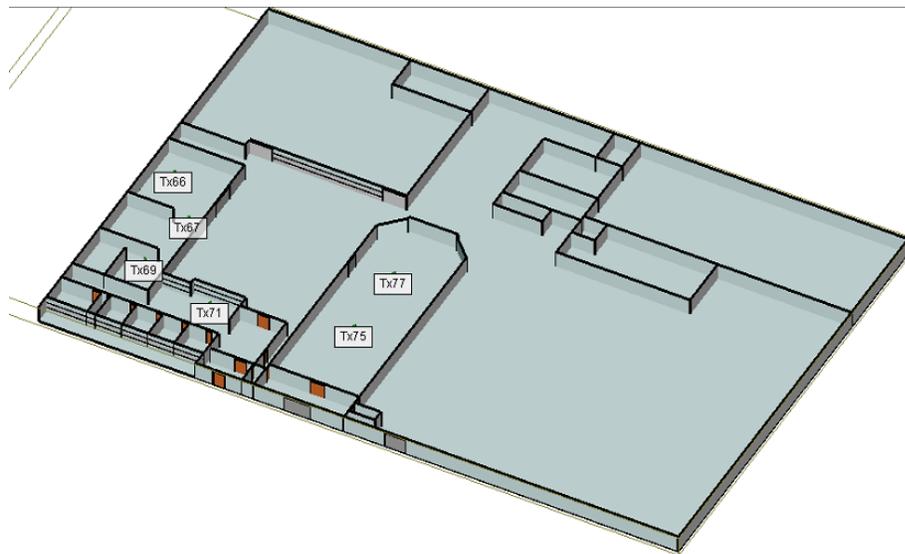
### **inSSIDer**

Es una herramienta útil que realiza escaneo de toda la red en busca de la intensidad de señal, canales, velocidad de transmisión y clientes conectados.

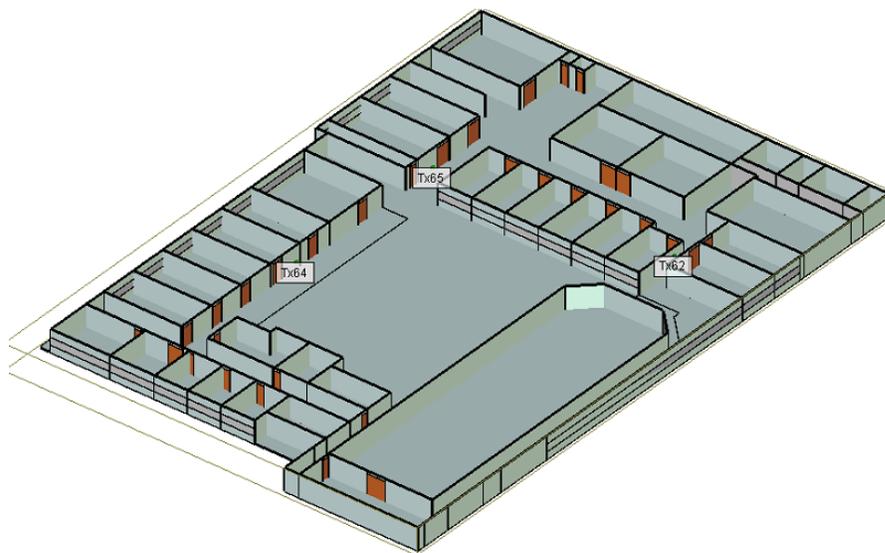
### **Wireless inSite**

Es un conjunto de modelos de trazado de rayos de alta fidelidad para el análisis de propagación de ondas de radio en un sitio específico. El software de simulación tiene en cuenta las características de los materiales de construcción y permite obtener predicciones eficientes y precisas de la propagación electromagnética en entornos complejos urbanos, interiores y rurales. Para ver a detalle cómo se maneja el software ver Anexo B

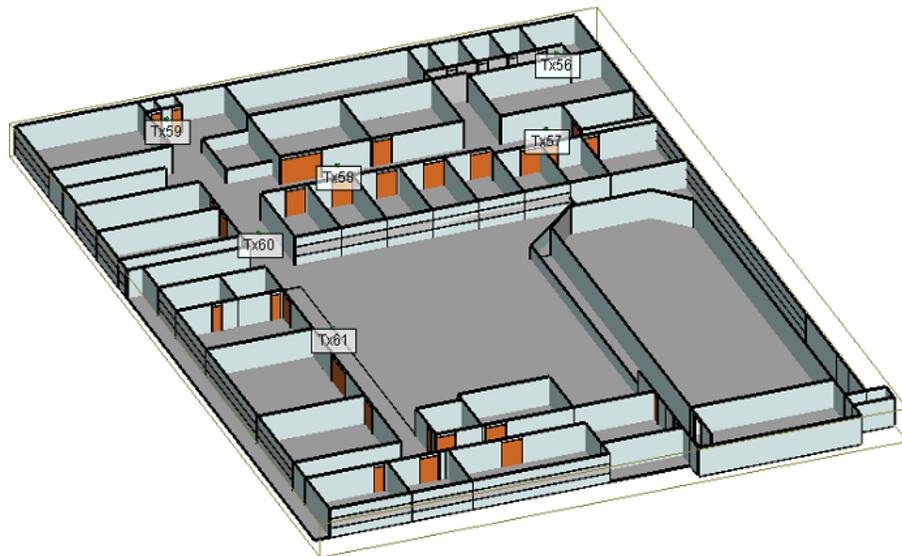
En las figura Figura 18, Figura 19, Figura 20 se observa un modelo 3D de la infraestructura compuesta por tres plantas y los puntos de acceso (AP) actualmente instalados; el cual fue elaborado con la herramienta de simulación.



**Figura 18. Modelo 3D Primer Piso**



**Figura 19. Modelo 3D Segundo Piso**



**Figura 20. Modelo 3D Tercer Piso**

### **Colores Mapa de Calor**

Cabe resaltar que el simulador solo muestra la cobertura de un AP a la vez.

En Figura 21, se aprecian los colores del mapa de calor que va desde el rojo hasta el morado en dBm, en donde el rojo tiene la mejor intensidad de señal y el morado las zonas en donde no hay intensidad de señal por el AP que se esté estudiando. El color que supera el umbral del receptor es el amarillo.



**Figura 21. Colores Mapa de Calor**

---

## Puntos de Acceso Auditorio Primer Piso

### Tx75, Tx77

La Figura 23, Figura 22, se observa la cobertura que brinda los puntos de acceso 75 y 77 ubicados en el auditorio. Esa zona presenta buena intensidad de señal, pero para cubrir un gran número de conexiones se hace necesario la instalación de otro AP

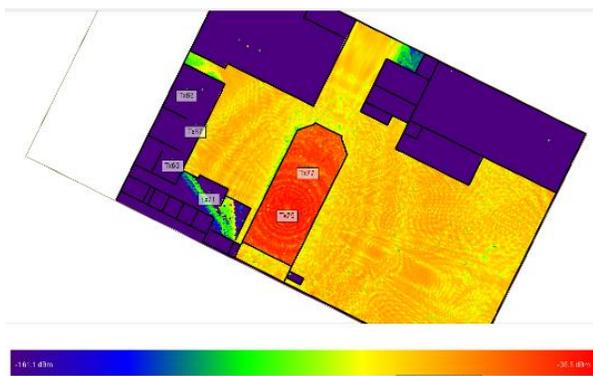


Figura 23. Cobertura Actual AP 75

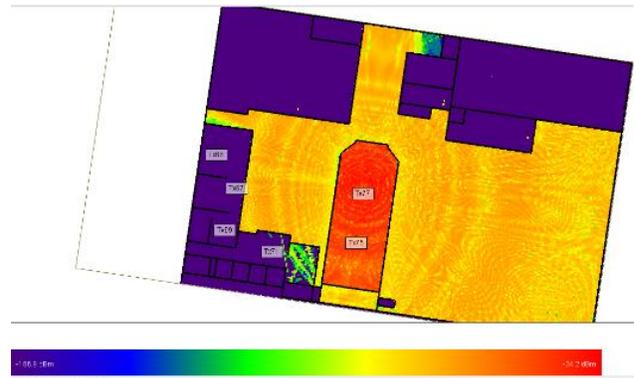


Figura 22. Cobertura Actual AP 77

---

## Punto de Acceso Tx 71 Zona Ping-Pong Primer Piso

La cobertura actual que brinda el Punto de Acceso 71 en la zona de Ping Pong, es deficiente para los salones que están al fondo y no es apropiado tener un solo AP para solventar aproximadamente 150 conexiones que se establecen a diario en ese sector.

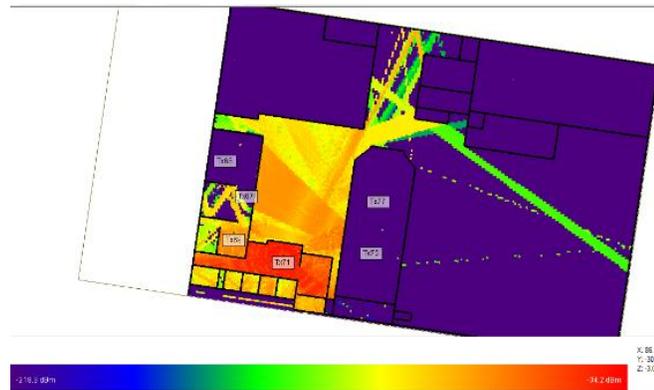


Figura 24. Cobertura Actual AP 71

## Punto de Acceso Tx 66, Tx67, Tx69 Biblioteca

La Figura 25, Figura 26, Figura 27 se observa la cobertura que brinda los puntos de acceso 66,67,69 ubicados en la Biblioteca. En esta zona se tiene excelente cobertura y los AP actualmente instalados están en condiciones de soportar la solicitud de conexiones realizadas por los usuarios.

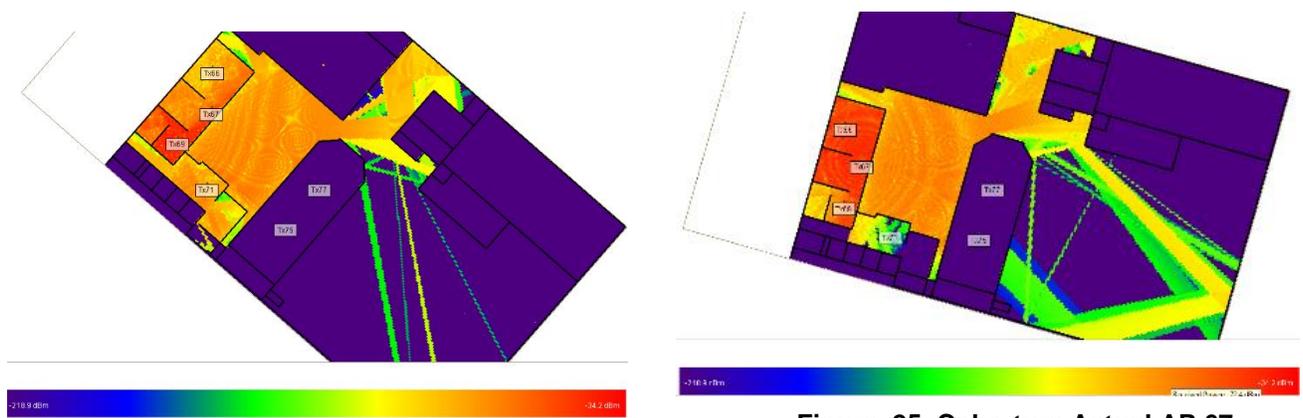


Figura 25. Cobertura Actual AP 67

Figura 26. Cobertura Actual AP 69

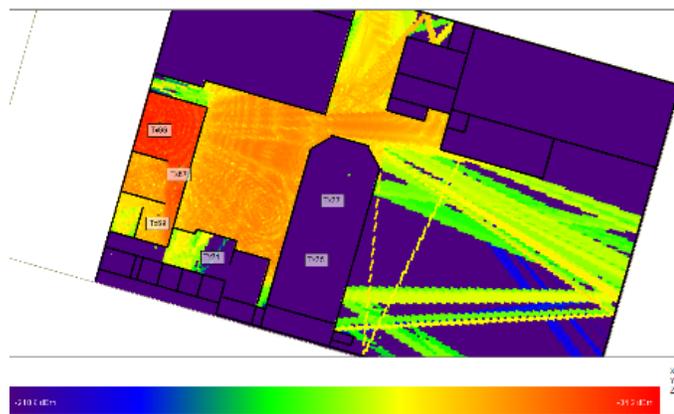


Figura 27. Cobertura Actual AP 66

---

### 3.3. Resultados del Análisis de Cobertura Actual

#### 3.3.1. Zonas de baja cobertura

Con la simulación se evidencia que en todas las plantas hay zonas que no tienen cobertura, en las imágenes siguientes se resalta con un círculo verde las zonas de baja cobertura.

##### Primer Piso

La simulación da como resultado que en la zona de los salones que están al lado de la escalera, cerca de la sala de Ping Pong, tiene cobertura baja y los estudiantes presentan dificultades para establecer conexión a Internet. De igual forma en la entrada al auditorio, punto clave para diferentes eventos que se realizan y se debe tener conexión estable.

En la Figura 28, se visualiza las zonas en la que hay baja cobertura, información que suministra el software Wireless Insite.

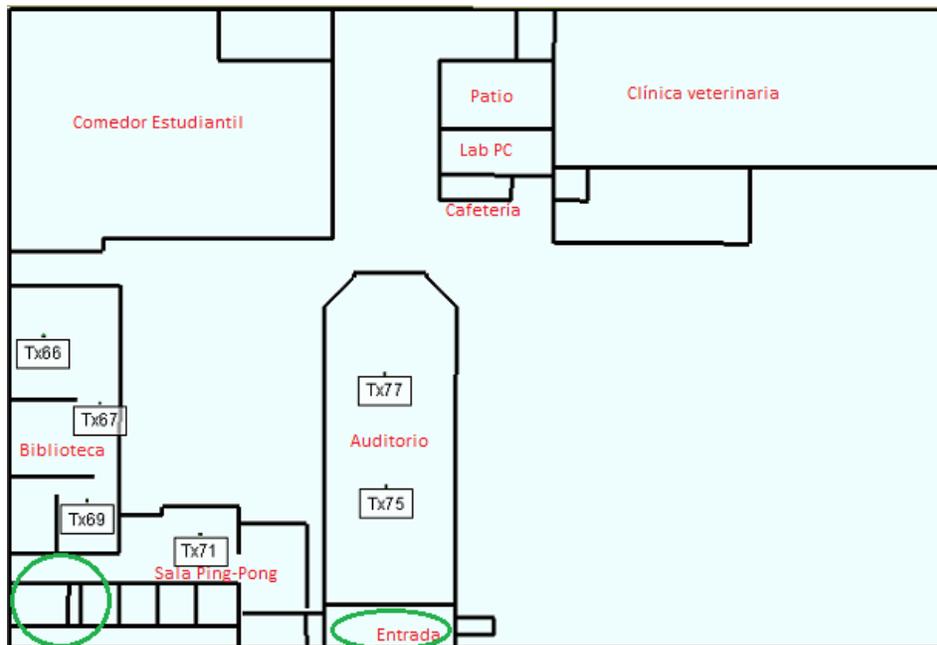


Figura 28. Zonas de baja cobertura Primer Piso

---

## Cobertura Actual Segundo piso

El segundo piso cuenta con solamente 3 puntos de acceso (AP), tiene una zona con cobertura deficiente que está por el corredor 1, las demás zonas tienen una intensidad relativamente buena; esto se debe a que la intensidad de señal proviene del primer y tercer piso con potencia elevada. Con la densidad de estudiantes que ejercen sus actividades académicas en el segundo piso, los AP van estar congestionados.

En la Figura 29, se aprecia la zona de baja cobertura, en donde no llegan señal WIFI de ningún punto de acceso del primer o tercer piso.

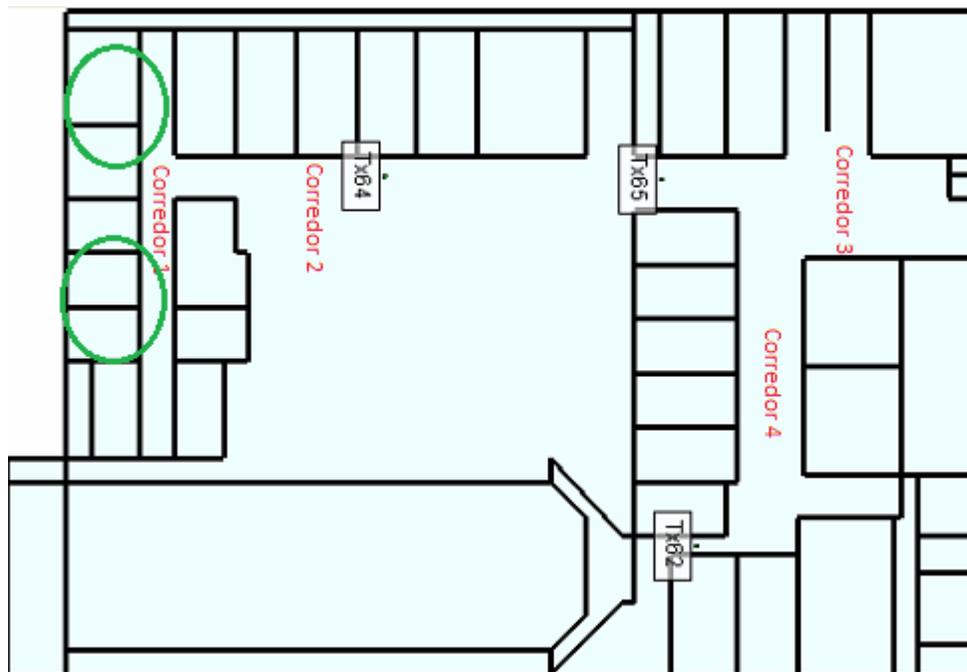


Figura 29. Zonas de baja cobertura Segundo Piso

---

### Cobertura Actual Tercer piso

El tercer piso Tiene 6 puntos de acceso (AP) instalados, presenta un déficit de cobertura en la misma zona que el segundo piso ver Figura 30



Figura 30. Zonas de baja cobertura Tercer Piso

### 3.3.2. Medición con inSSIDer

#### Primer Piso

#### Medición con inSSIDer entrada de la sede Virgen del Rosario

Escaneo de red con inSSIDer, con el uso de esta herramienta se verificó la intensidad de señal, número de clientes conectados, ancho de canal, velocidad máxima de transmisión y la familia 802.11 actualmente configurados.

En la Figura 31, se realiza medición en un punto de la entrada de la sede (zona representada con un círculo verde anteriormente), comprobando la intensidad de señal que llega desde el AP con etiqueta número 75 instalado en el auditorio siendo el más cercano, comprobándose la intensidad de señal con un valor de -77 dBm, lo que hace que se produzcan desconexiones repentinas.

RADIO	CLIENTS	CHAN...	WIDTH	CHAN UTILIZATION	SIGNAL	MODE	SECURITY	BASIC RATES	MAX RATE
AP75-ROSARIO-AU	20	11	20 MHz	91.8%	-77 dBm	b, g, n	Open	1, 2, 5,5, 11	144.4

Figura 31. Intensidad de señal baja, entrada de la sede Virgen del Rosario

#### Medición con inSSIDer zona Ping- Pong ultimo salón

Se verifica que el AP instalado en la zona de Ping-Pong con etiqueta número 71, no alcanza a llegar con buena intensidad de señal a las aulas de clase del fondo (zona resaltada en verde anteriormente), presentando -81 dBm, lo que causa que no sea posible establecer una conexión estable. ver Figura 32

RADIO	CLIENTS	CHA...	WIDTH	CHAN UTILIZATION	SIGNAL	MODE	SECURITY	BASIC RATES	MAX RATE
AP61-ROSARIO	47	1	20 MHz	91.4%	-75 dBm	b, g, n	Open	1, 2, 5,5, 11	144.4
AP58-ROSARIO	23	1	20 MHz	85.9%	-80 dBm	b, g, n	Open	1, 2, 5,5, 11	144.4

Figura 32. Intensidad de señal baja, Zona Ping-Pong

---

## Segundo Piso

### Medición con inSSIDer corredor 1

Cuando se escaneo la red con inSSIDer, se tiene la intensidad de señal del AP con número de etiqueta 64 en todo el corredor 1 de -79 dBm. Ver Figura 33

RADIO	CLIENTS	CHAN...	WIDTH	CHAN UTILIZATION	SIGNAL	MODE	SECURITY	BASIC RATES	MAX RATE
 AP64-ROSARIO 	25	1	20 MHz	82.0%	-79 dBm	b, g, n	Open	1, 2, 5,5, 11	144.4

Figura 33. Intensidad de señal baja, Corredor 1 Segundo Piso

## Tercer Piso

### Medición con inSSIDer corredor 1

Con el escaneo de red con inSSIDer, se obtiene la intensidad de señal del AP con número de etiqueta 61 en todo el corredor 1, de -84 dBm. Ver Figura 34

 AP71-ROSARIO-BI 	26	11	20 MHz	84.3%	-82 dBm	b, g, n	Open	1, 2, 5,5, 11	144.4
 AP61-ROSARIO 	39	1	20 MHz	80.4%	-84 dBm	b, a, n	Open	1, 2, 5.5, 11	144.4

Figura 34. Intensidad de señal baja, Corredor 1 Tercer Piso

---

### **3.4. Comparación Mediciones inSSIDer – Wireless Insite**

Se realizaron mediciones reales en diferentes puntos de cada piso de la sede Virgen del Rosario, para corroborar el margen de error de la simulación del radio de la celda de los AP actualmente instalados.

Las mediciones realizadas en el simulador se pueden ver en Anexo F.

Para todas las mediciones, se escogió un punto de acceso y cinco receptores (R1-R5), con la finalidad de comprobar si el nivel de RSSI de las simulaciones se ajustan a la realidad.

En las figuras se utilizó la forma de un triángulo que representa al receptor que está distribuido en diferentes puntos de cada planta y una línea roja que representa la conexión con el AP de estudio.

## Medición Primer Piso AP 71 Zona Ping- Pong

En la Figura 35, se hace distribución de puntos receptores, para proceder a hacer la medición de la intensidad de señal recibida por el AP, con etiqueta número 71 ubicado en la sala de Ping-Pong.

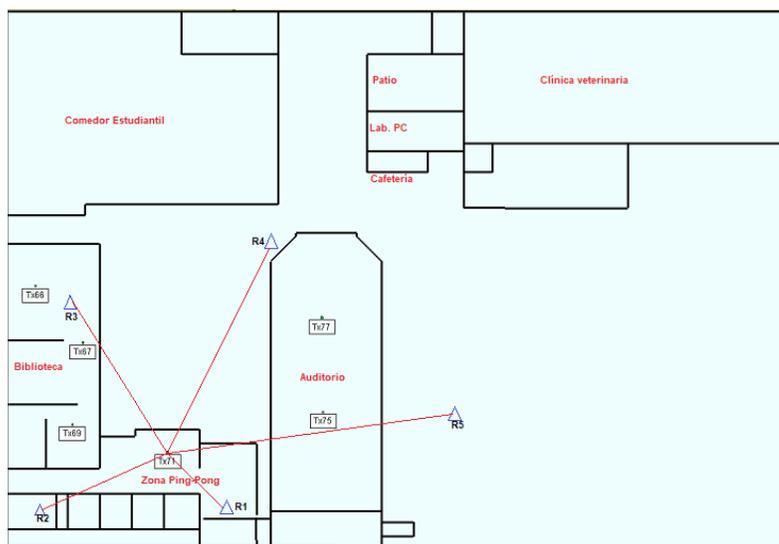


Figura 35. Distribución de Receptores Primer Piso

## Resultados de Mediciones AP 71

Tabla 9. Porcentaje de Error de Mediciones Primer Piso

	RSSI inSSIDer (dBm)	RSSI Wireless Insite (dBm)	Porcentaje de Error (%)
R1	-66	-72.4	8.3
R2	-81	-85.1	5.06
R3	-86	-103.4	20.23
R4	-86	-90.8	5.58
R5	-94	-113.7	20.95

## Medición Segundo Piso AP 64 Corredor 2

En la Figura 36, se hace distribución de puntos receptores, para proceder a hacer la medición de la intensidad de señal recibida por el AP, con etiqueta número 64 ubicado en la sala de Ping-Pong.

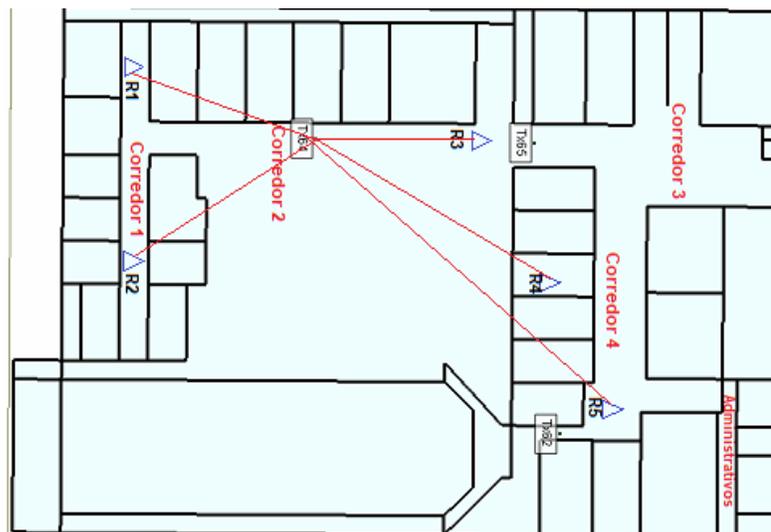


Figura 36. Distribución de Receptores Segundo Piso

## Resultados de Mediciones AP 64 Segundo Piso

Tabla 10. Porcentaje de Error de Mediciones Segundo Piso

	RSSI inSSIDer (dBm)	RSSI Wireless Insite (dBm)	Porcentaje de Error (%)
R1	-79	-85.5	8.22
R2	-74	-89	20.27
R3	-63	-54.2	13.96
R4	-85	-90.2	6.11
R5	-85	-89	4.7

## Medición Tercer Piso AP 61 Corredor 2

En la Figura 37, se hace distribución de puntos receptores, para proceder a hacer la medición de la intensidad de señal recibida por el AP, con etiqueta número 61 ubicado en la sala de Ping-Pong

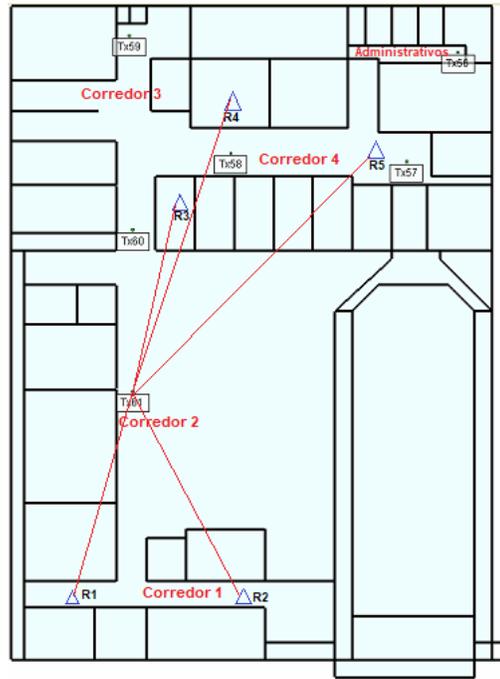


Figura 37. Distribución de Receptores Tercer Piso

## Resultados de Mediciones AP 61 Tercer Piso

Tabla 11. Porcentaje de Error de Mediciones Tercer Piso

	RSSI inSSIDer (dBm)	RSSI Wireless Insite (dBm)	Porcentaje de Error (%)
R1	-84	-86	2.38
R2	-92	-97.4	5.86
R3	-94	-100.2	6.59
R4	-91	-112.6	23.73
R5	-94	-102.9	9.46

---

## **3.5. Ampliación de Cobertura**

### **3.5.1. Criterios de diseño**

Para realizar de los diseños se tuvieron en cuenta parámetros como: la densidad de usuarios que a diario frecuentan el campus, el número de conexiones por cada estudiante y el estudio de las características de los puntos de acceso y los terminales receptores. Con lo anterior la red tendrá mayor cobertura y calidad en la prestación del servicio WIFI.

#### **Densidad de usuarios**

Actualmente en la sede Virgen del Rosario hay un Aproximado de 800 - 1000 estudiantes por hora, A partir de las 9 AM.

#### **Número de conexiones requeridas**

El número de conexiones requeridas es alto, como se evidenció en la encuesta hay un gran número usuarios que tienen varios dispositivos y requerirán uso de conexión.

#### **Soporte de conexiones**

Se tiene en cuenta que para que un punto de acceso (AP), no baje el rendimiento es aconsejable que en la banda de 2.4 GHz haya 30 usuarios y en la banda de 5 GHz un aproximado de 50 usuarios.

---

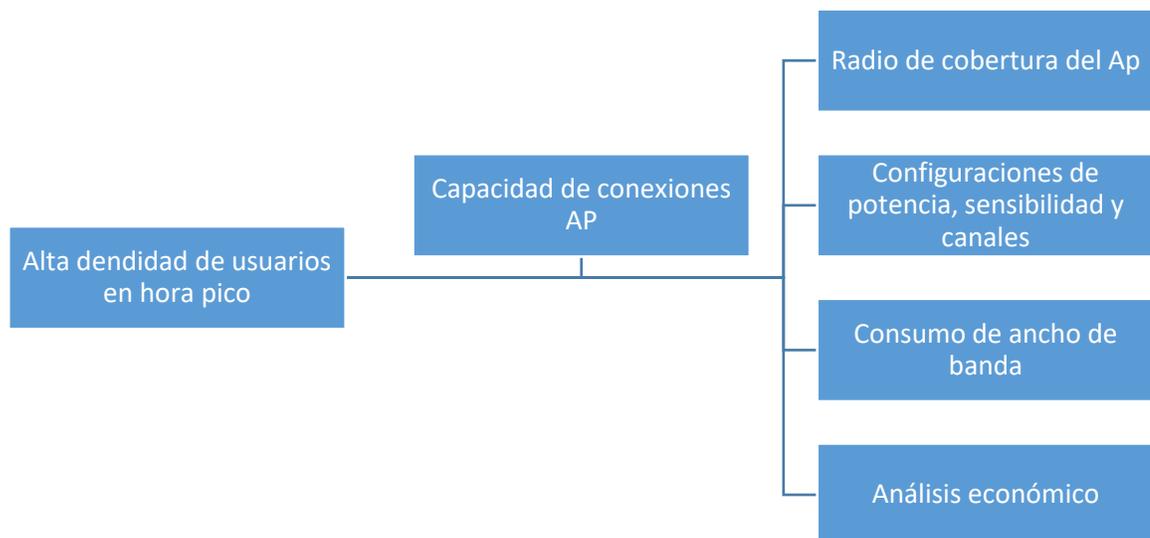
### 3.5.2. Diseños

Los diseños propuestos a continuación, tienen similitudes en el número de puntos de acceso y configuraciones.

### 3.5.3. Metodología de diseño

Para la elaboración de los diseños se tuvo en cuenta diferentes tipos de parámetros, permitiendo de este modo que la red pueda ser robusta y otorgue un servicio de calidad a toda la comunidad universitaria.

La metodología está compuesta por 6 fases las cuales ayudaron a realizar la ampliación de cobertura y mejoramiento de calidad de la red inalámbrica WLAN en el campus Virgen del Rosario.



**Figura 38. Metodología de Diseño**

---

### **3.5.3.1. Diseño 1 Topología de infraestructura Virgen del Rosario y Clínica**

Para el diseño se estudiaron parámetros de ganancia de antena, potencia, sensibilidad de los AP y de los dispositivos de los usuarios. El diseño propuesto permite ampliar la cobertura actual y mejorar la calidad del servicio de Internet inalámbrico a toda la comunidad universitaria.

#### **3.5.3.1.1. Requisitos Funcionales**

Se eliminará el SSID (WIRELESS UP) de la banda de 2.4GHz y en la banda de 5GHz quedarán los dos SSID (WIRELESS UP Y WIFI-UP-RS), esto se debe a la falta de canales no superpuestos en la banda de 2.4 GHz que actualmente están siendo utilizados por los dos SSID, haciendo que haya interferencias cocanal y de canal adyacente.

#### **3.5.3.1.2. Requisitos No Funcionales**

Los requisitos no funcionales describen las restricciones de la WLAN, por ende, son atributos relacionados con la calidad, como:

- **Rendimiento** En la actualidad los dispositivos modernos soportan 802.11ac, se quiere que la gran mayoría de usuarios se conecten a WIFI 5 GHz que tiene un mayor rendimiento que 2.4 GHz. Hay dispositivos antiguos que no soportan 802.11ac y que necesitan acceso a la red, con lo anterior se le brindará un 50% de conexiones a 2.4 GHz y un 90% a 5 GHz por piso, dado que la gran mayoría utiliza Smartphone que soporta 802.11ac.

---

### 3.5.3.1.3. Topología Física Diseño 1

Se requieren un switch principal para la administración de toda la red, cuatro switch uno para cada planta y otro para la Clínica Virgen del Rosario.

Los rectángulos verdes representan los switch y el hexágono azul los puntos de acceso.

#### Primer Piso

El primer piso cuenta con un switch y 9 Puntos de Acceso (AP)

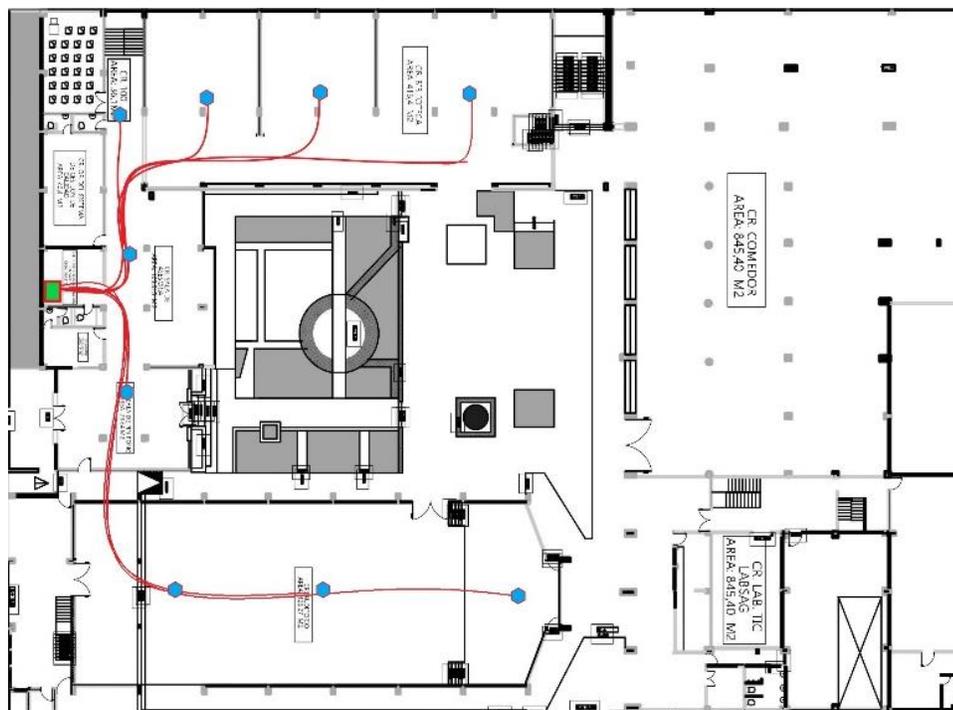


Figura 39. Topología Física Diseño 1 Primer Piso

## Segundo Piso

El Segundo piso cuenta con un switch que se representa con un rectángulo verde y 10 Puntos de Acceso (AP) en forma de hexágono color azul.

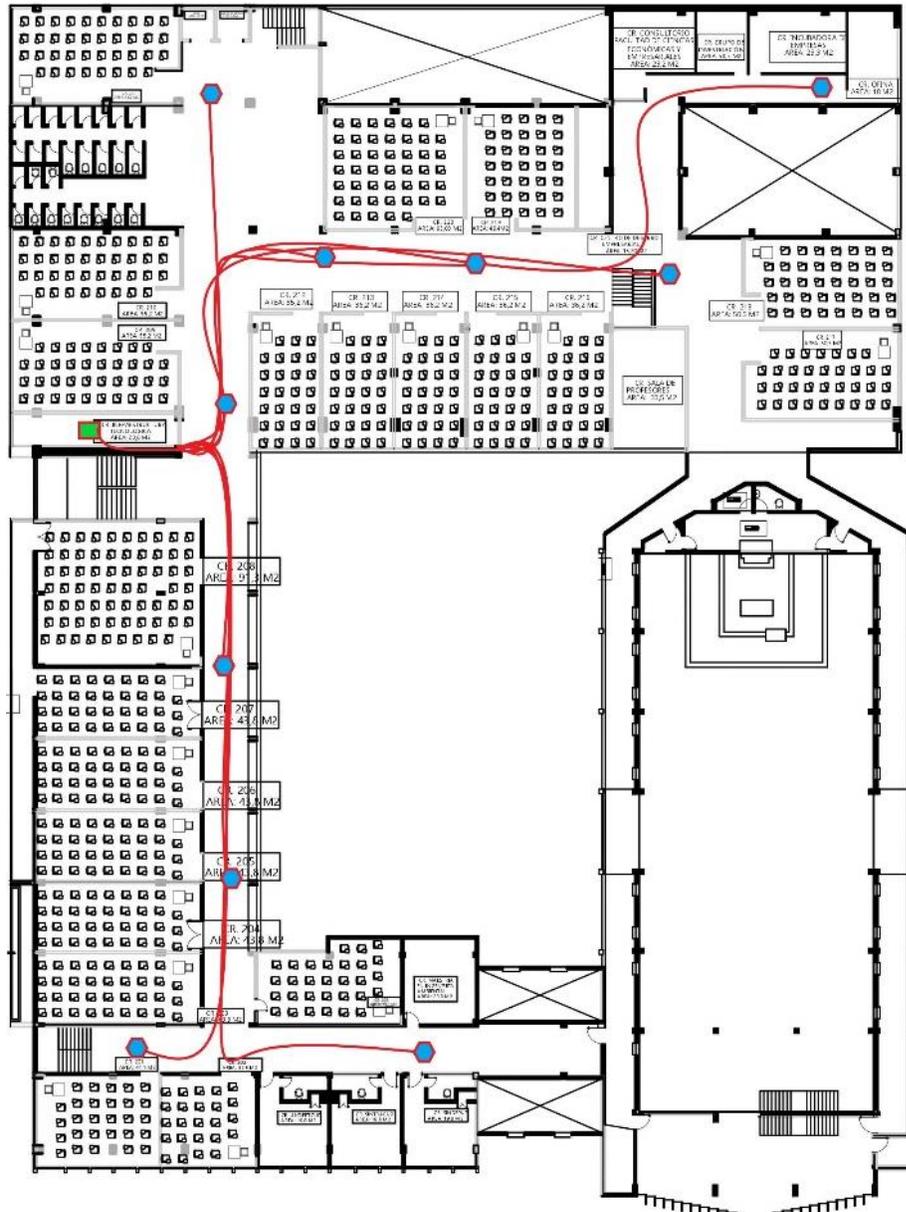


Figura 40. Topología Física Diseño 1 Segundo Piso

### Tercer Piso

El segundo piso cuenta con dos switch (Administración y Puntos Acceso) representado con un rectángulo verde y 10 Puntos de Acceso (AP) representados con un hexágono color azul

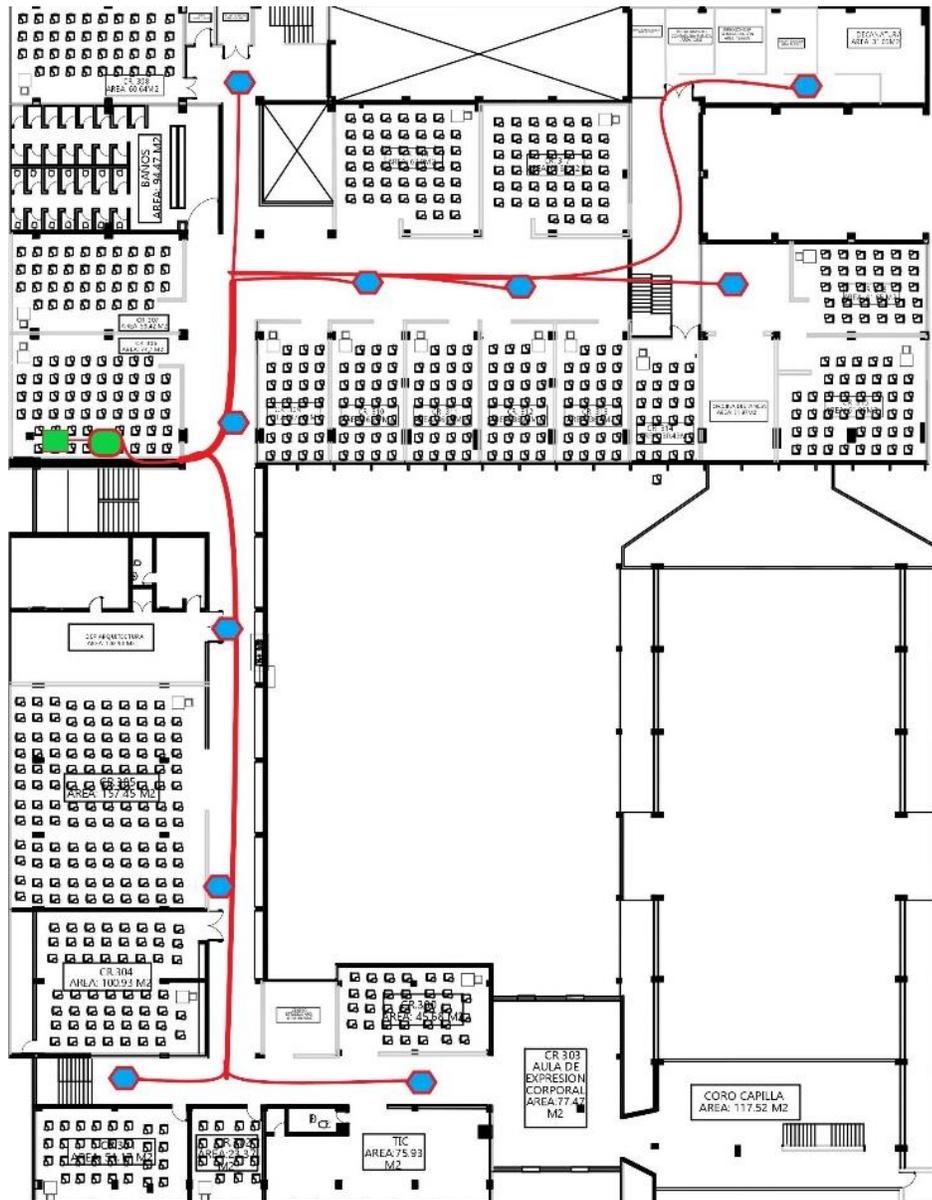
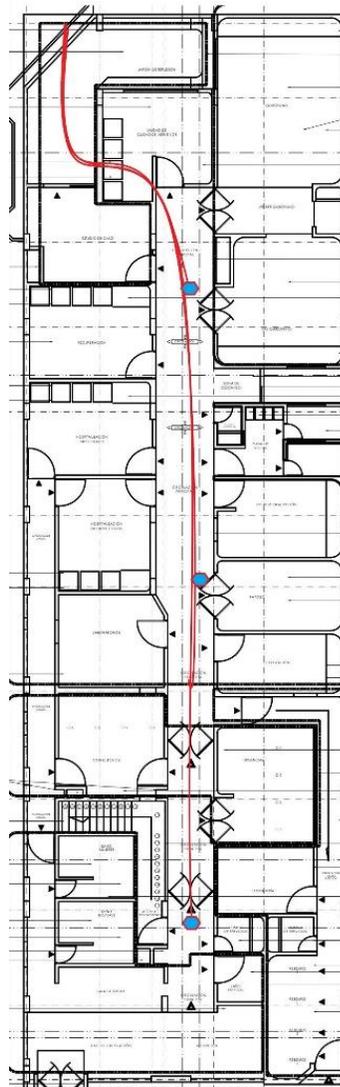


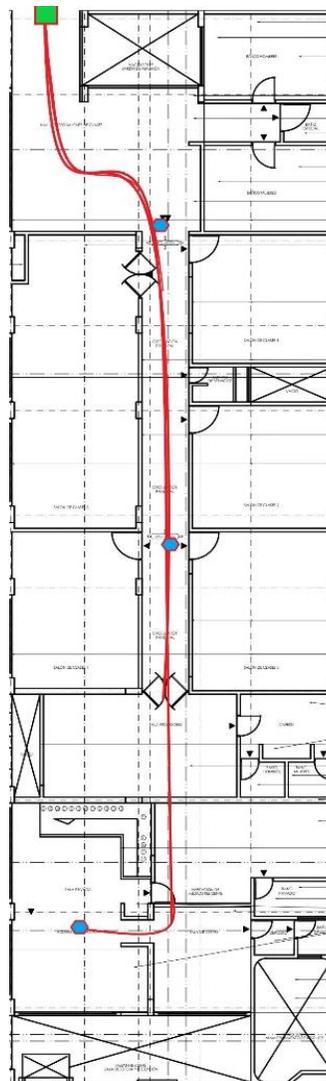
Figura 41. Topología Física Diseño 1 Tercer Piso

## Clínica Veterinaria

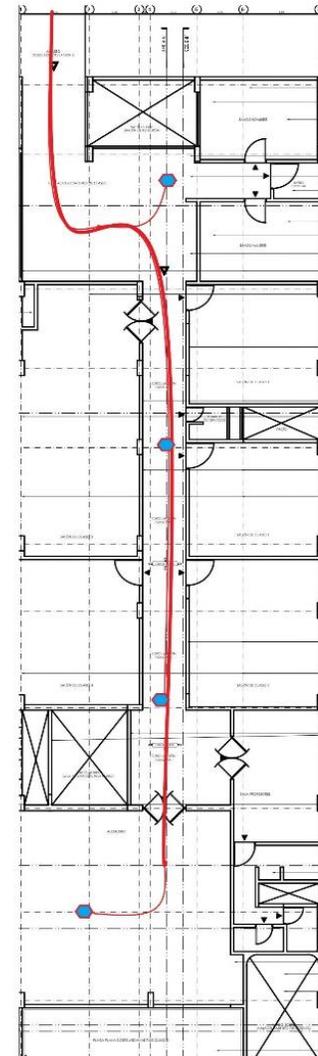
Tendrá solo un switch ubicado en el segundo piso (rectángulo verde) y 10 puntos de acceso distribuidos en las plantas (3 AP primer piso, 3 AP segundo piso 4 AP tercer piso), representados por hexágonos color azul.



**Figura 42. Topología Física Diseño 1 Primer Piso Clínica**



**Figura 44. Topología Física Diseño 1 Segundo Piso Clínica**



**Figura 43. Topología Física Diseño 1 Tercer Piso Clínica**

---

### 3.5.3.1.4. Topología Lógica Diseño 1

El diseño propone la configuración de Red de área local y virtual (VLAN), Esto es positivo para evitar colisiones en la red y que no disminuya la velocidad de transmisión.

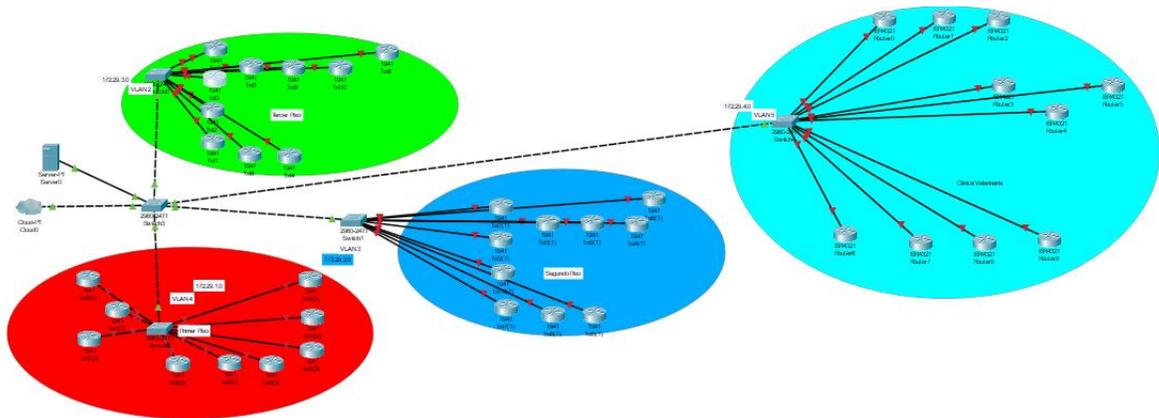


Figura 45. Topología Lógica Diseño 1

---

### **3.5.3.1.5. Desarrollo del Diseño1**

Para brindar una mejor calidad del servicio WLAN el diseño está dividido en:

- Redistribución e instalación de nuevos puntos de acceso (AP) por toda la zona de baja o nula cobertura
- Número de usuarios
- Modelo del AP
- Numero de AP por piso
- Potencia
- Ancho de banda
- Limitar Familia del protocolo 802.11 a, b, g
- Canales

---

### 3.5.3.1.6. Redistribución e instalación de nuevos puntos de acceso (AP) por toda la zona de baja cobertura

Con la redistribución de puntos de acceso (AP), se logró cubrir las zonas de baja o nula cobertura que presenta la sede Virgen del Rosario y además se logra que haya una estabilidad en la red, gracias a que con la incorporación de los nuevos AP; soportaran un gran número de usuarios conectados simultáneamente.

#### Redistribución AP Primer Piso

En la Figura 47, se observa los puntos de acceso (AP) actuales y en la Figura 46, la redistribución de AP; logrando de esta manera que haya cobertura en todas las zonas de interés.



Figura 47. Puntos de Acceso Actuales Primer Piso

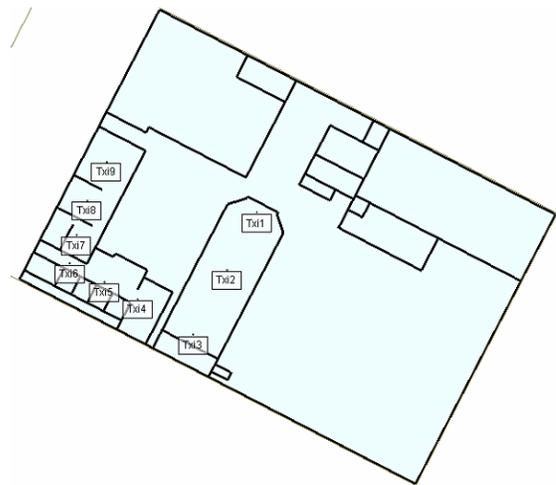
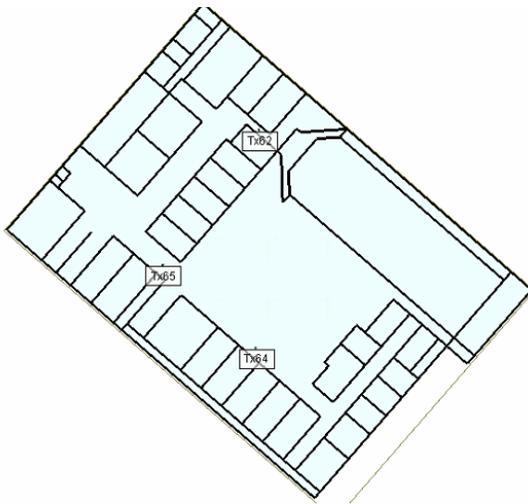


Figura 46. Redistribución y Nuevos Puntos de Acceso (AP) Primer Piso

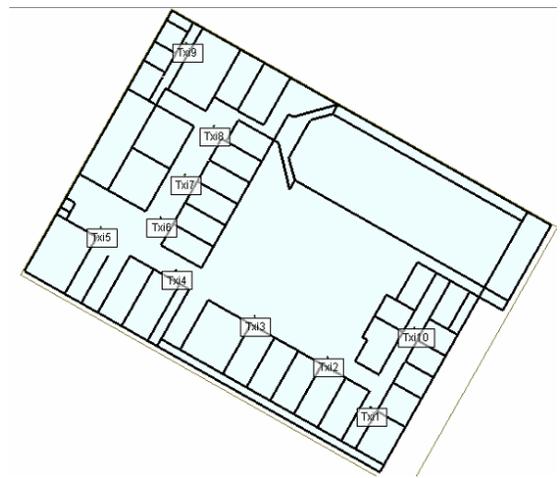
---

## Redistribución AP Segundo Piso

El segundo piso presenta un bajo número de AP que no logran cumplir con la demanda de conexiones de los usuarios, por lo que se hace necesario cubrir esta necesidad con la incorporación de 7 nuevos AP. En la Figura 48, se refleja que solo hay 3 AP y en la Figura 49, la redistribución de AP.



**Figura 48. Puntos de Acceso Actuales Segundo Piso**



**Figura 49. Redistribución y Nuevos Puntos de Acceso (AP) Segundo Piso**

---

## Redistribución AP Tercer Piso

En la Figura 50, y en la Figura 51 , se visualiza el número de AP actuales y la redistribución que se hizo para garantizar la cobertura y servicio de WIFI a la tercer planta de la infraestructura.

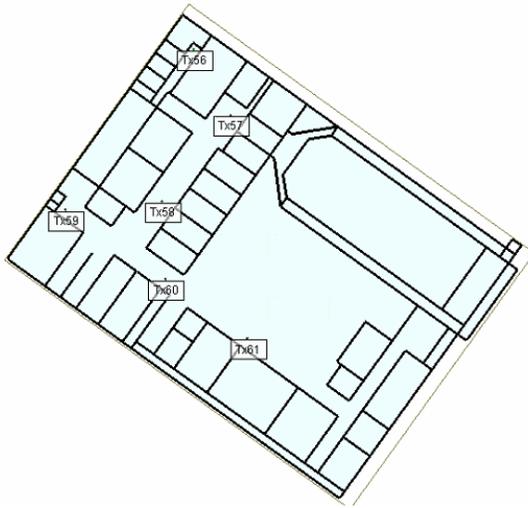


Figura 51. Puntos de Acceso Actuales Tercer Piso

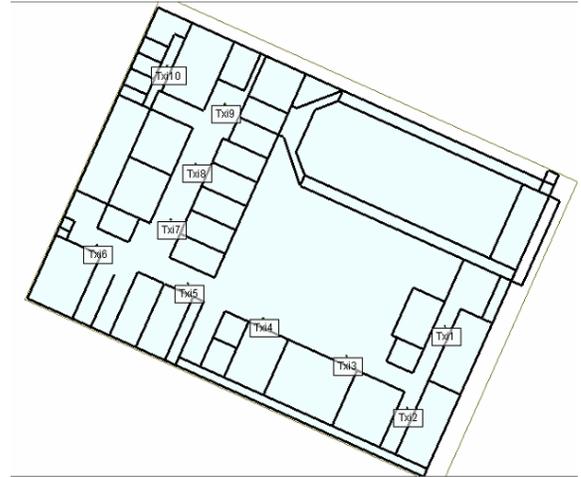


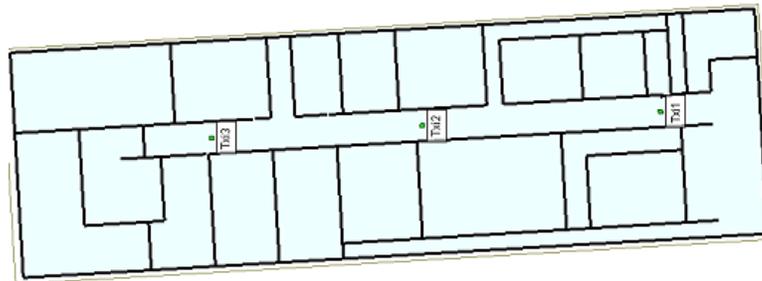
Figura 50. Redistribución y Nuevos Puntos de Acceso (AP) Tercer Piso

---

## Instalación de Puntos de Acceso AP en la Clínica Veterinaria

La clínica veterinaria actualmente no tiene una infraestructura de red inalámbrica, es un bloque pequeño que requiere una cantidad de AP pequeña, con el reconocimiento de la instalación; en el primer piso son laboratorios, en donde no hay un gran número de usuarios y no se hace necesario gran cantidad de AP, de igual forma el segundo piso solo hay tres salones de clase y en el tercer piso se incrementa el número de AP con uno adicional para el auditorio.

### Distribución de AP Clínica Veterinaria Primer piso



**Figura 52. Nuevos Puntos de Acceso (AP) Primer Piso Clínica**

### Distribución de AP Clínica Veterinaria Segundo piso



**Figura 53. Nuevos Puntos de Acceso (AP) Segundo Piso Clínica**

---

## Distribución de AP Clínica Veterinaria Tercer piso

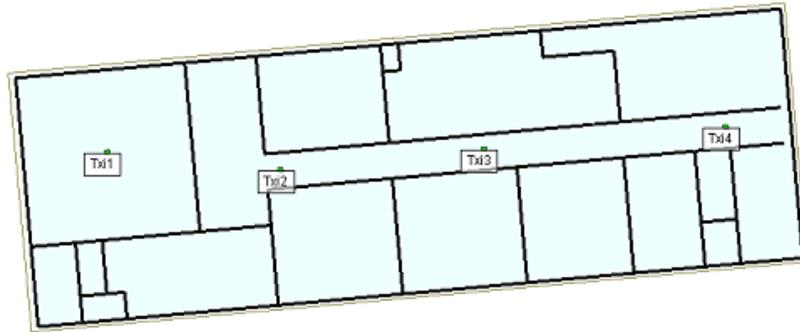


Figura 54. Nuevos Puntos de Acceso (AP) Tercer Piso Clínica

### Número de usuarios

Los AP (Puntos de Acceso) en teoría pueden soportar más de 200 conexiones, pero la práctica es aconsejable tener un rango máximo 30 usuarios en 2.4Ghz y 50 usuarios en 5Ghz (CISCO, 2017), para que el rendimiento de la red no se vea afectado; conociendo esta limitación se configura los dispositivos para que acepten máximo 30 usuarios en 2.4 y 50 usuarios en 5Ghz. Con lo anterior el rendimiento de la red inalámbrica permanecerá estable y se evitará congestiones.

---

## **Modelo de AP**

Se decidió utilizar el modelo AIR-CAP1702I-A-K9 actualmente implementado en la sede Virgen de Rosario para reducción de costos ya que los AP instalados pueden ser reutilizados al igual que algunos AP que están en bodega.

También se propone la compra del AP RUCKUS R510, que tiene la alternativa de conexión en malla y fácil extensión de la red en el futuro.

## **Numero de AP por piso**

Se utiliza un número considerable de AP ver Tabla 12, dado la alta densidad de estudiantes que actualmente ejercen sus actividades académicas en la sede. La recolección de datos da como resultado aproximadamente 30 estudiantes por salón, lo que se decide que para la banda de 2.4 GHz instalar un AP por cada 60 estudiantes y para la banda de 5 GHz, uno por cada 50 estudiantes.

**Tabla 12. Número de AP por Piso Sede Virgen del Rosario**

<b>AP</b>	<b>N° AP</b>
<b>Primer piso</b>	<b>9</b>
<b>Segundo piso</b>	<b>10</b>
<b>Tercer piso</b>	<b>10</b>

**Tabla 13. Número de AP por Piso Clínica Veterinaria**

<b>AP</b>	<b>N° AP</b>
<b>Primer piso</b>	<b>3</b>
<b>Segundo piso</b>	<b>3</b>
<b>Tercer piso</b>	<b>4</b>

---

## **Potencia**

Se utiliza una potencia de transmisión de 13 dBm en cada AP para cada piso, siendo cercana a los dispositivos de los usuarios (Smartphone, Notebook, Table entre otros), permitiendo una conexión estable, con un mayor número de celdas reducidas con rangos de separación aproximadamente 10- 15 metros entre cada AP, instalados estratégicamente evitando interferencia cocanal o de canal adyacente.

Se elige una potencia media de transmisión en 2.4 GHz, para la alta densidad de usuarios por que entre más potencia halla, los usuarios alejados con menos intensidad de señal harán retransmisiones que afectarán el rendimiento del AP. Por otra parte, los dispositivos automáticamente eligen la intensidad de señal más fuerte para establecer conexión, lo que implica bajar la potencia en 2.4 y subirla en 5 GHz para que los dispositivos que son dual band se conecten a esta banda. Es la solución en donde los dispositivos móviles naveguen sin interferencia cocanal o de canal adyacente.

## **Ancho de banda**

Para que haya una conexión con una velocidad aceptable, con un promedio de la mitad de usuarios conectados a la red, determinado por medio de la visualización de conexiones de dispositivos en tiempo real (ver Anexo A) y por medio del software inSSIDer; se requieren al menos 512 Mbps para toda la sede y clínica asignando a cada usuario 1Mbps de descarga y al menos 500 kbps de carga ver Tabla 14, Tabla 15, con un consumo mínimo para aplicaciones como web casual, instrucciones web y audio casual (CISCO, 2017), ver Figura 55

Solicitud	Rendimiento
Web-casual	500 Kbps
Instrucción web	1 Mbps
Audio casual	100 Kbps
Audio - Instruccional	1 Mbps
On-demand o streaming de video casual	1 Mbps
On-Demand o transmisión de video - (1080p)	2-5 Mbps
On demand o Streaming de video 4K	15-18 Mbps
Intercambio de archivos casual	1-2 Mbps
Intercambio de archivos de instrucción	2-8 Mbps
Pruebas en línea	2-4 Mbps
Copia de seguridad del dispositivo	10-50 Mbps

**Figura 55. Requisitos típicos de bandwidth de aplicaciones**

Fuente: [https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/technotes/87/b\\_wireless\\_high\\_client\\_density\\_design\\_guide.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/technotes/87/b_wireless_high_client_density_design_guide.html)

Consultado: 19 de Julio 2019

**Tabla 14. Número de Salones y Administrativos Virgen del Rosario**

Salones estudiantes	Salones Administrativos	Total, estudiantes-Hora	Total, Administrativos-Hora	Usuarios conectados	Mbps por usuario	Mbps totales
37	12	1110	12	450	1	400

**Tabla 15. Número de Salones y Administrativos Clínica Veterinaria**

Salones Estudiantes	Salones Administrativos	Total, estudiantes-Hora	Total, Administrativos-Hora	Usuarios conectados	Mbps por usuario	Mbps totales
12	4	360	4	180	1	112

---

### **Limitar Familia del protocolo 802.11 a, b, g**

Configurar algunos AP para que operen con esta familia del protocolo 802.11, por que los dispositivos que se conectan con ese protocolo ralentizarán la red dado que el AP disminuirá su velocidad al margen de estos protocolos.

### **Canales**

#### **Virgen del Rosario y Clínica Veterinaria**

En 2.4 GHz se utilizará los canales 1,6,11 para WIFI-UP-RS en donde no hay superposición con un ancho de canal de 20 MHz y en 5GHZ WIRELESS UP Y WIFI-UP-RS se utilizarán los canales no superpuestos 36,40,44,48,52,56,60,64,100,104,108,112,116,132,136,140,149,153,157,161 con ancho de canal de 20 MHz.

**Tabla 16. Diseño 1 Canales Primer Piso Virgen del Rosario**

AP	Canales 2.4 GHz	Canales 5GHz
Txi1	1	36,40
Txi2	6	44,48
Txi3	11	52,56
Txi4	1	60,64
Txi5	6	100,104
Txi6	11	108,112
Txi7	1	116,132
Txi8	6	136,140
Txi9	11	149,153

---

**Tabla 17. Diseño 1 Canales Segundo piso Virgen del Rosario**

AP	Canales 2.4 GHz	Canales 5GHz
Txi1	11	157,161
Txi2	1	149,153
Txi3	6	136,140
Txi4	11	116,132
Txi5	1	108,112
Txi6	6	100,104
Txi7	11	60,64
Txi8	1	52,56
Txi9	6	44,48
Txi10	11	40,36

**Tabla 18. Diseño 1 Canales Tercer piso Virgen del Rosario**

AP	Canales 2.4 GHz	Canales 5GHz
Txi1	1	36,40
Txi2	6	44,48
Txi3	11	52,56
Txi4	1	60,64
Txi5	6	100,104
Txi6	11	108,112
Txi7	1	116,132
Txi8	6	136,140
Txi9	11	149,153

---

## Canales Clínica Veterinaria

**Tabla 19. Diseño 1 Canales Primer Piso Clínica Veterinaria**

AP	Canales 2.4 GHz	Canales 5GHz
Txi1	1	36,40
Txi2	6	44,48
Txi3	11	52,56

**Tabla 20. Diseño 1 Canales Segundo Piso Clínica Veterinaria**

AP	Canales 2.4 GHz	Canales 5GHz
Txi1	6	60,64
Txi2	11	100,104
Txi3	1	108,112

**Tabla 21. Diseño 1 Canales Tercer Piso Clínica Veterinaria**

AP	Canales 2.4 GHz	Canales 5GHz
Txi1	1	116,132
Txi2	6	136,140
Txi3	11	149,153
Txi4	1	157,161

---

### **3.5.3.2. Diseño 2 Topología de infraestructura Virgen del Rosario y Clínica**

En este diseño se instalan puntos de acceso dentro de las aulas para que hubiese una mayor concentración de intensidad de señal inalámbrica cerca al usuario.

#### **3.5.3.2.1. Requisitos Funcionales**

Se elimina el SSID (WIRELESS UP) de la banda de 2.4GHz y en la banda de 5GHZ quedarán los dos SSID (WIRELESS UP Y WIFI-UP-RS), esto se debe a la falta de canales no superpuestos en la banda de 2.4 GHz que actualmente están siendo utilizados por los dos SSID, haciendo que haya interferencias cocanal y de canal adyacente.

#### **3.5.3.2.2. Requisitos no Funcionales**

Los requisitos no funcionales describen las restricciones de la WLAN, por ende, son atributos relacionados con la calidad, como:

- **Rendimiento** En la actualidad los dispositivos modernos soportan 802.11ac, se quiere que la gran mayoría de usuarios se conecten a WIFI 5 GHz que tiene un mayor rendimiento que 2.4 GHz. Hay dispositivos antiguos que no soportan 802.11ac y que necesitan acceso a la red, con lo anterior se le brindará un 50% de conexiones a 2.4 GHz y un 90% a 5 GHz por piso, dado que la gran mayoría utiliza Smartphone que soporta 802.11ac.

#### **3.5.3.2.3. Topología Física Diseño 2**

En esta topología se utiliza el mismo número de AP y Switch que el Primer diseño

#### **Primer Piso**

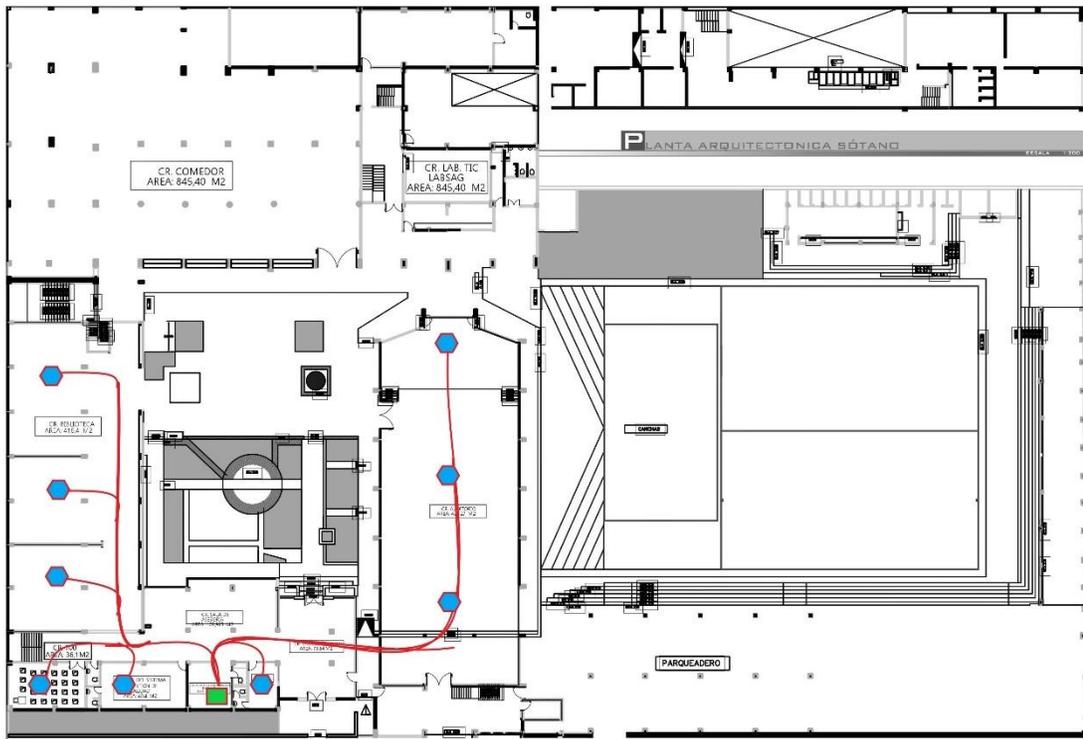


Figura 56. Topología Física Diseño 2 Primer Piso

## Segundo Piso

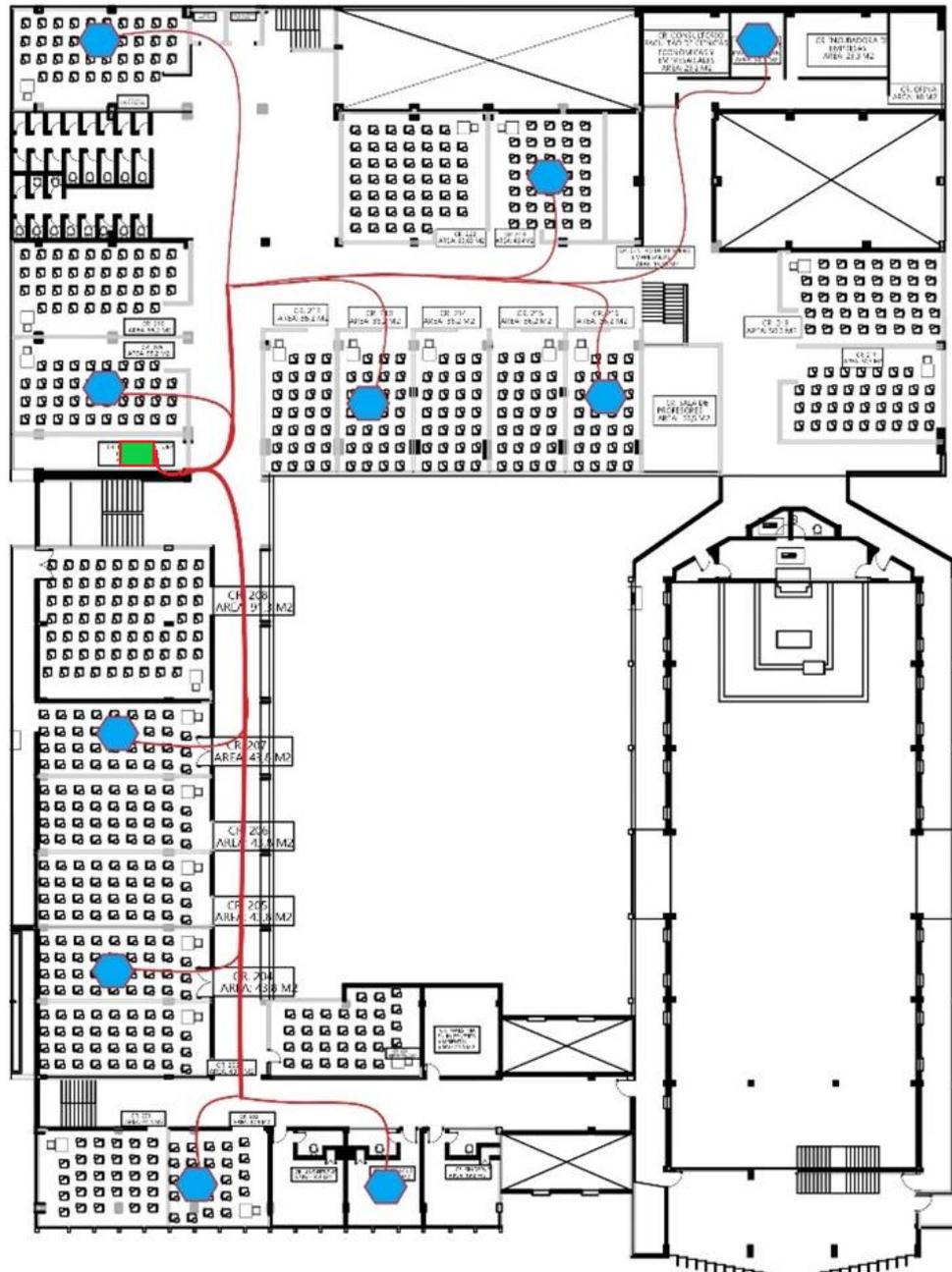


Figura 57. Topología Física Diseño 2 Segundo Piso

## Tercer Piso

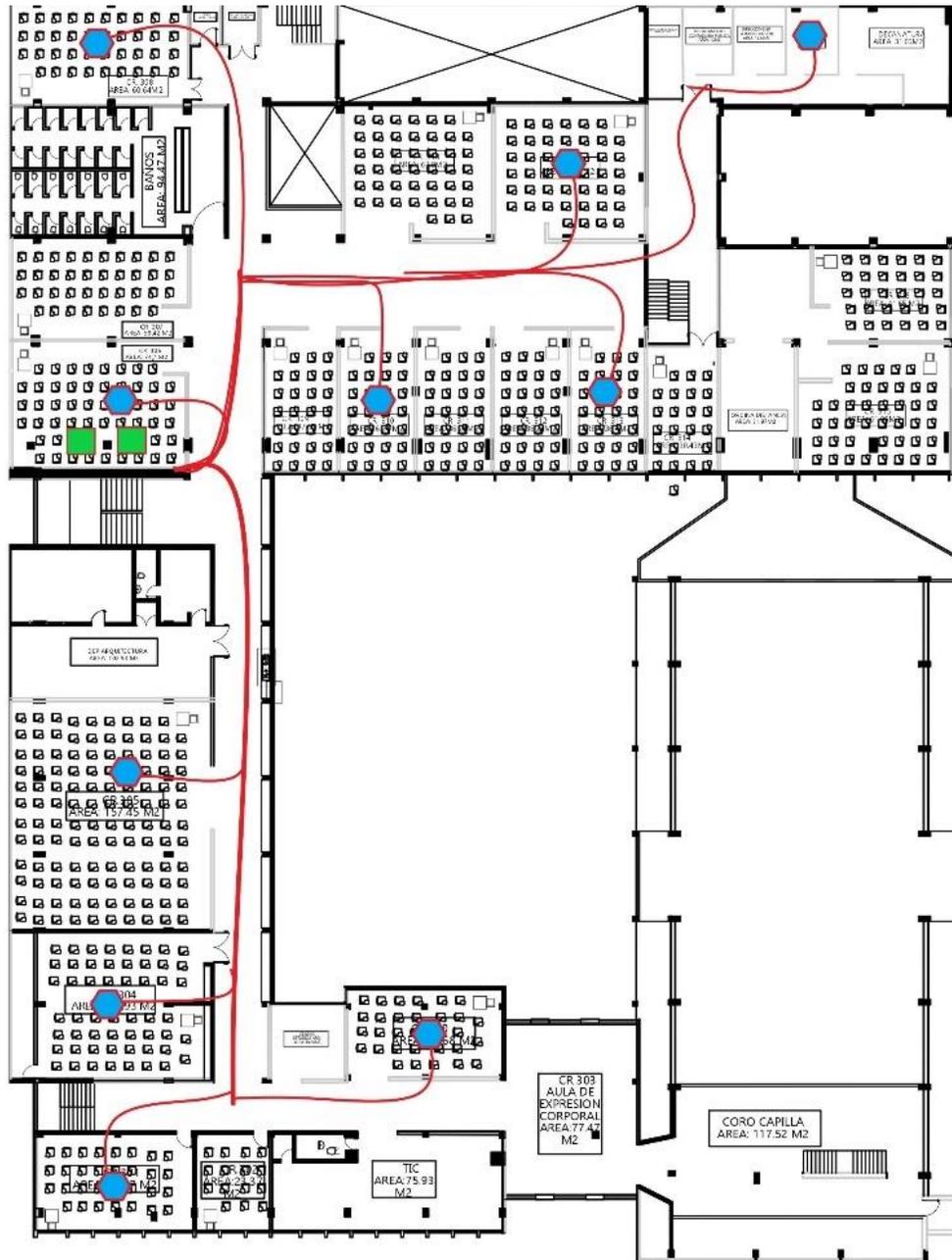
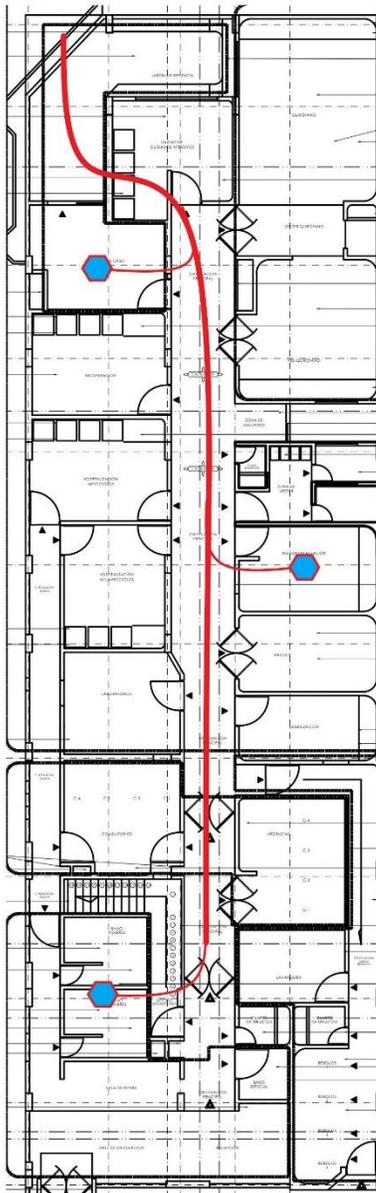
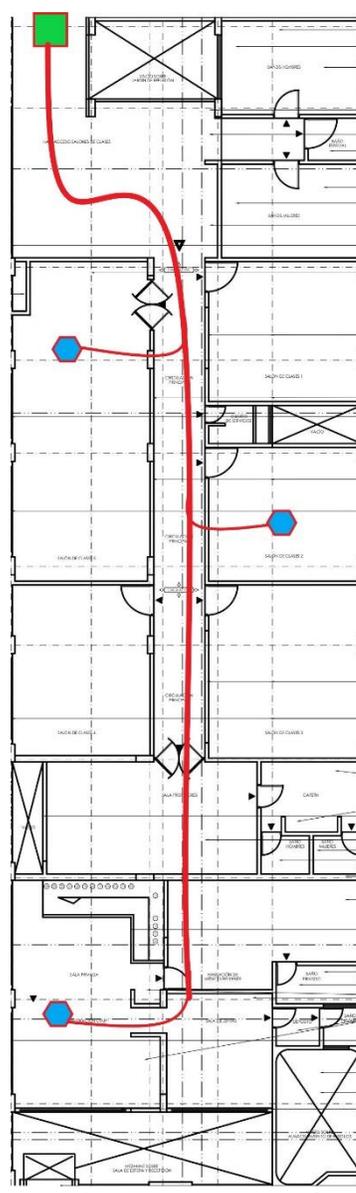


Figura 58. Topología Física Diseño 2 Tercer Piso

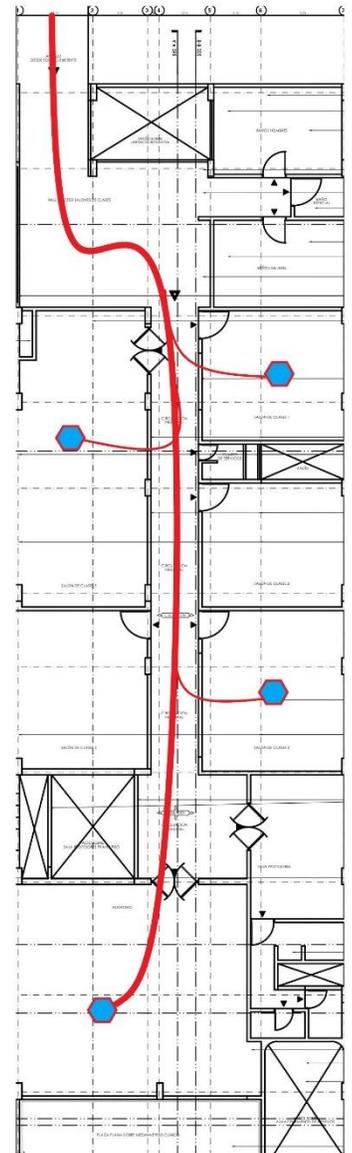
## Cínica Veterinaria



**Figura 61. Topología Física Diseño 2 Clínica Primer Piso**



**Figura 60. Topología Física Diseño 2 Clínica Segundo Piso**



**Figura 59. Topología Física Diseño 2 Clínica Tercer Piso**

### 3.5.3.2.4. Topología Lógica

Es la misma del Diseño 1

---

### 3.5.3.2.5. Desarrollo del Diseño

El número de usuarios, ancho de banda, modelo del AP, canales y potencia son los mismos del primer diseño. El actual diseño tiene variaciones en:

- Redistribución de los puntos de acceso (AP) del primer diseño

### Redistribución de los puntos de acceso (AP) del primer diseño

En la Figura 62, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Figura 64 se visualiza la redistribución de AP en virgen del Rosario y en Figura 65, Figura 66, Figura 67 Clínica Veterinaria, llegando al usuario con una mayor intensidad de señal. Se hace una distribución de AP por dentro de los salones, posteriormente en las simulaciones se apreciará la cobertura de estos.

### Redistribución AP Primer Piso

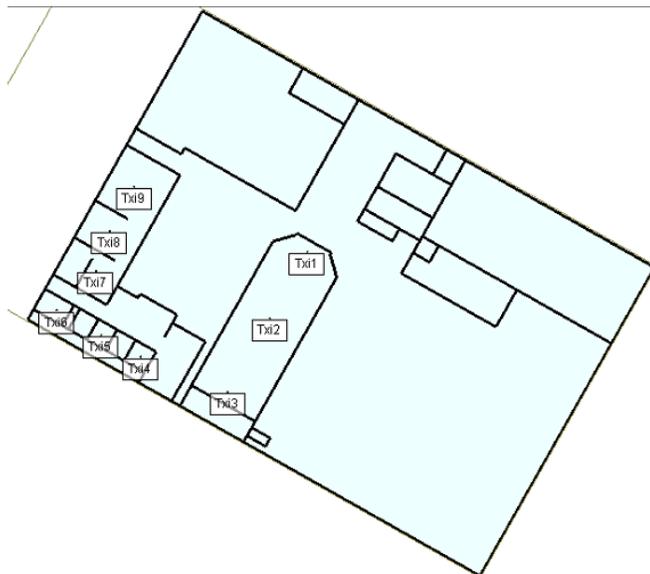


Figura 62. Diseño 2 AP Primer Piso

---

### Redistribución AP Segundo Piso

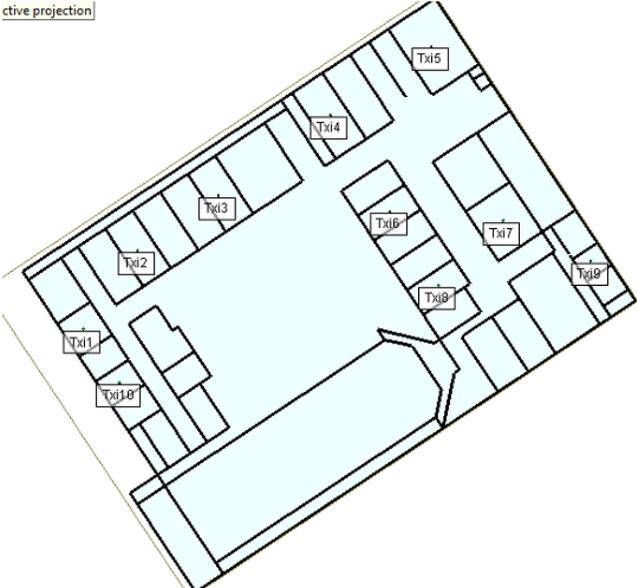


Figura 63. Diseño 2 AP Segundo Piso

---

### Redistribución AP Tercer Piso

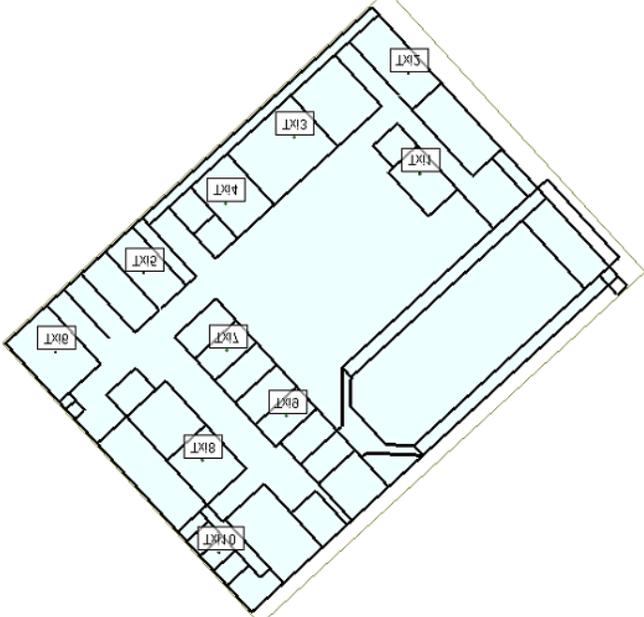
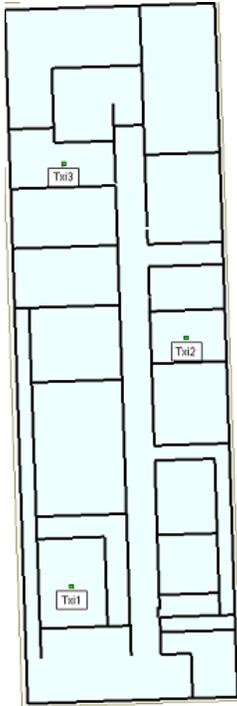


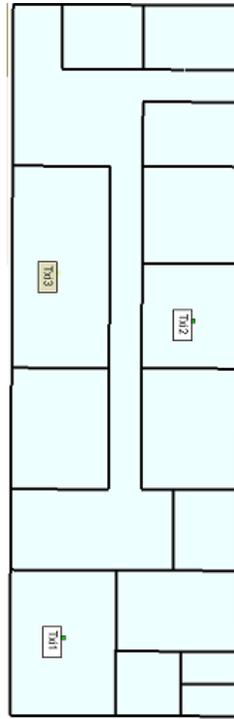
Figura 64. Diseño 2 AP Tercer Piso

---

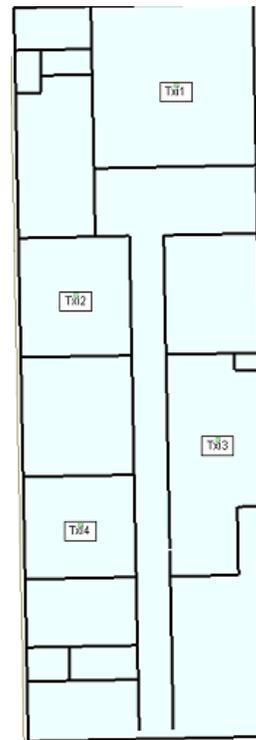
**Redistribución AP Primer, Segundo y Tercer Piso Clínica Veterinaria**



**Figura 66. Diseño 2 AP Primer Piso Clínica**



**Figura 67. Diseño 2 AP Segundo Piso Clínica**



**Figura 65. Diseño 2 AP Tercer Piso Clínica**

---

## **3.6. Simulación de los Diseños**

En este apartado se tendrán las coberturas de la redistribución de los Puntos de Acceso (AP) en todas las plantas y se podrá observar que en las zonas de baja cobertura se instalaron nuevos puntos que cubren en su totalidad dicha zona, además los otros AP prácticamente permanecen en sus sitios de instalación porque tiene buena cobertura y también para reducción de gastos ya que la instalación se pueden hacer dentro de las bombilla en donde no se utilizará cableado y mano de obra adicional.

### **3.6.1. Diseño 1**

#### **3.6.1.1. Cobertura**

En el primer diseño se aprecia que hay cobertura en todas las zonas, con un numero de AP suficientes para brindar un servicio eficiente a los usuarios de la sede Virgen del Rosario y Clínica Veterinaria.

---

## Virgen del Rosario

### 3.6.1.2. Primer piso

#### Auditorio AP Tx1, Tx2, Tx3

Los AP distribuidos en el auditorio tendrán la capacidad de soportar hasta 150 usuarios conectados a la vez, ya que se realizan eventos en los que hay una gran densidad de usuarios, y también pueden brindar cobertura a la capilla ubicada en el segundo piso.

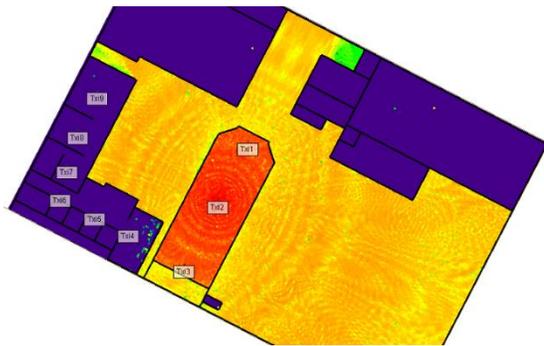


Figura 68. Cobertura Tx1 Diseño 1 primer piso

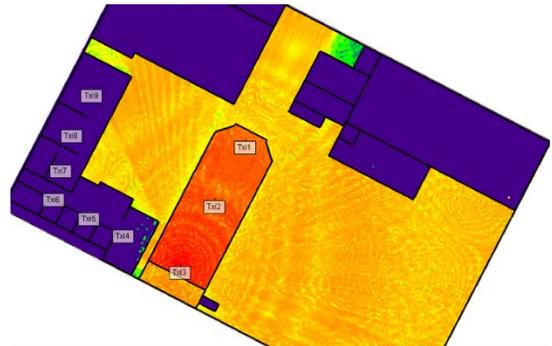


Figura 70. Cobertura Tx3 Diseño 1 primer piso

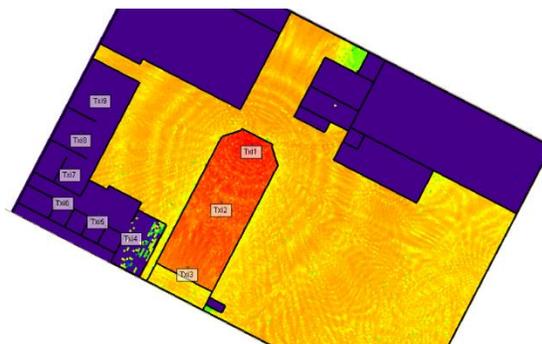


Figura 69. Cobertura Tx2 Diseño 1 primer



**Figura 71. Ubicación Txi1, Txi2, Txi3 Auditorio**

---

## Zona de ping-pong AP Tx4, Tx5, Tx6

Se visualiza que en la zona que habia baja cobertura, en la simulación hay cobertura, garantizando que la señal llegue a todos los rincones en donde antes se tenían problemas de conexión. Ver Figura 72, Figura 73, Figura 74

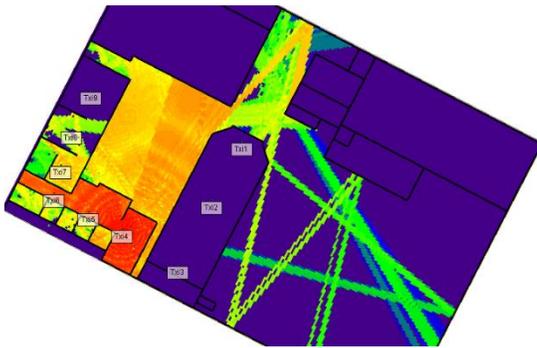


Figura 73. Cobertura Txi4 Diseño 1 Primer Piso

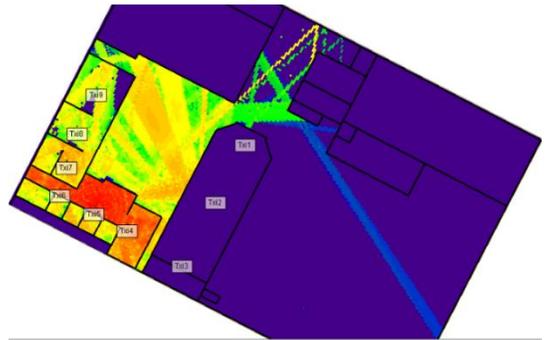


Figura 72. Cobertura Txi5 Diseño 1 Primer Piso

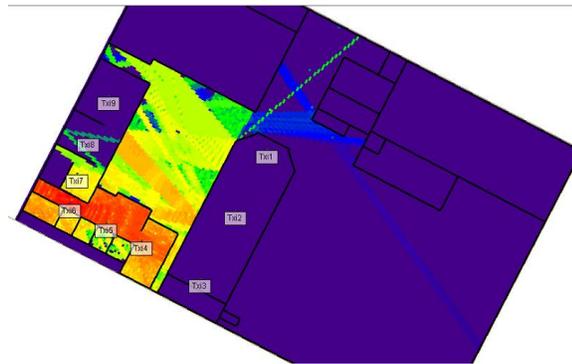


Figura 74. Cobertura Txi6 Diseño 1 Primer Piso

---

En la Figura 75, se aprecia el corredor 1 en donde estarían las instalaciones de los AP, siendo estas en el techo.



**Figura 75. Ubicaciones Txi4, Txi5, Txi6 Sala de Ping-Pong**

---

## Biblioteca

Tres Ap pueden solventar la demanda de conectividad, por que la capacidad de personas máximo viene dado por las sillas y pupitres. los usuarios estan entre 100-120 personas.

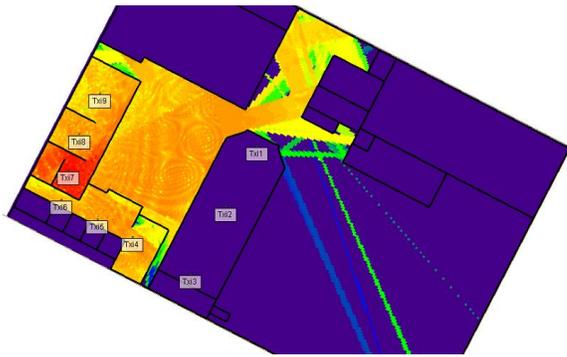


Figura 77. Cobertura Txi7 Diseño 1 Primer Piso

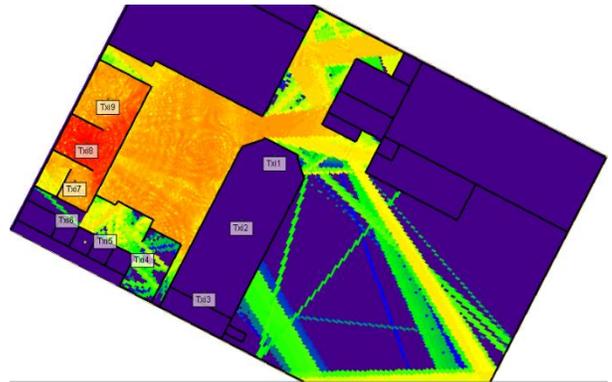


Figura 76. Cobertura Txi8 Diseño 1 Primer Piso

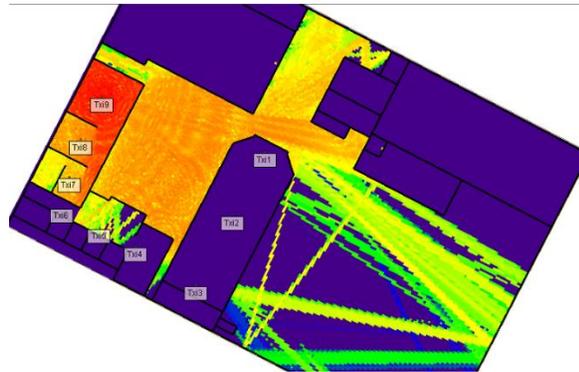


Figura 78. Cobertura Txi9 Diseño 1 Primer Piso

---

En la Figura 79, se puede observar dos de los tres puntos de acceso que se dejaron en su sitio actual.



**Figura 79. Ubicaciones Txi7, Txi8, Txi9  
Primer Piso**

---

### 3.6.1.3. Segundo piso

#### Corredor 1 AP Tx1, Tx10

En el corredor 1, están los AP que proporcionan cobertura a la zona en donde hay intensidad de señal débil o nula. Ver Figura 80, Figura 81

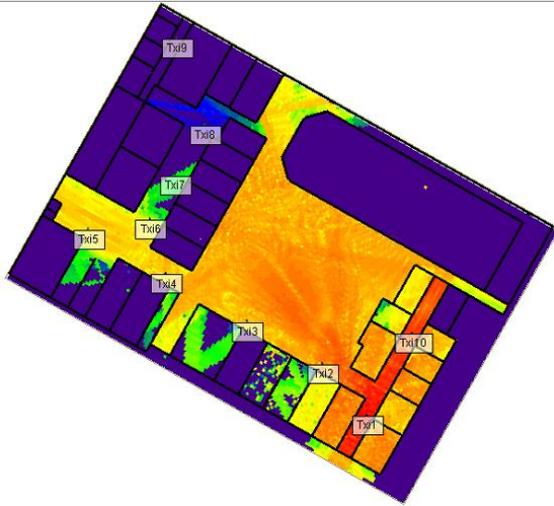


Figura 81. Cobertura Tx1 Diseño 1 Segundo Piso

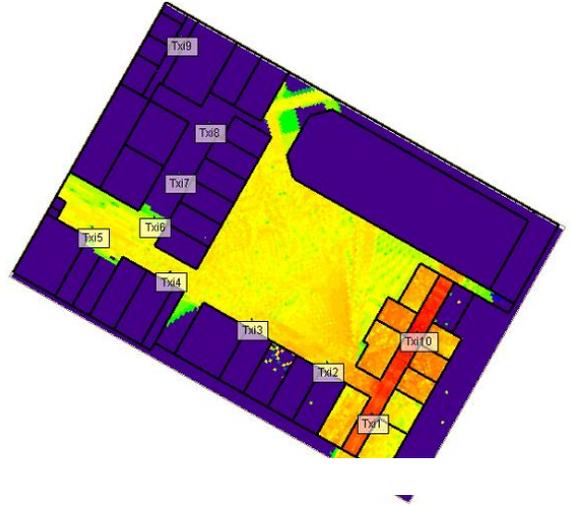


Figura 80. Cobertura Tx10 Diseño 1 Segundo Piso



**Figura 82. Ubicaciones Txi1,  
Txi10, Corredor Segundo Piso**

---

## Corredor 2 AP Txi2, Txi3

Este corredor dispone de dos AP, que brindan buena intensidad de señal a los salones que están al lado. En la Figura 83, está el AP TXi3, en la Figura 84 el AP Txi2 y en la Figura 85, el corredor 2 en donde irán instalados.

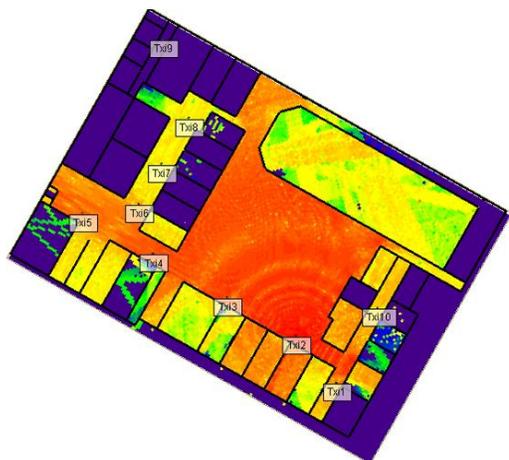


Figura 84. Cobertura Txi2 Diseño 1 Segundo Piso

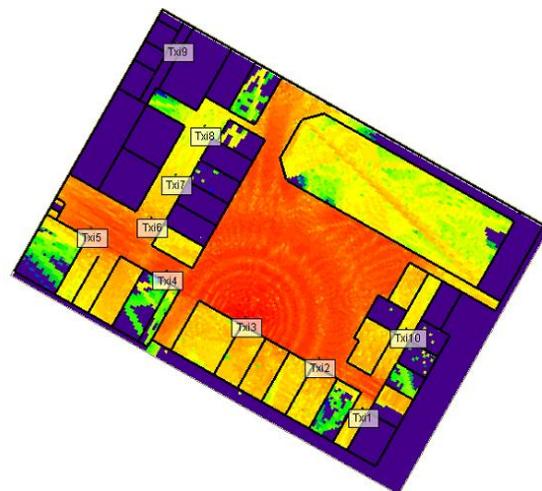


Figura 83. Cobertura Txi3 Diseño 1 Segundo Piso



Figura 85. Ubicaciones Txi2, Txi3, Corredor Segundo Piso

---

### Corredor 3 Tx4, Tx5

El AP Txi4 está ubicado al lado del cuarto en el que está el nodo de telecomunicaciones y el AP Txi5 cerca a los baños en donde hay un salón de clases de gran tamaño.

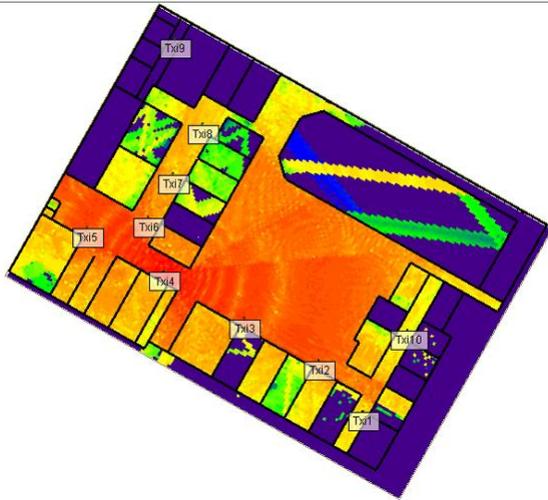


Figura 87. Cobertura Txi4 Diseño 1 Segundo Piso

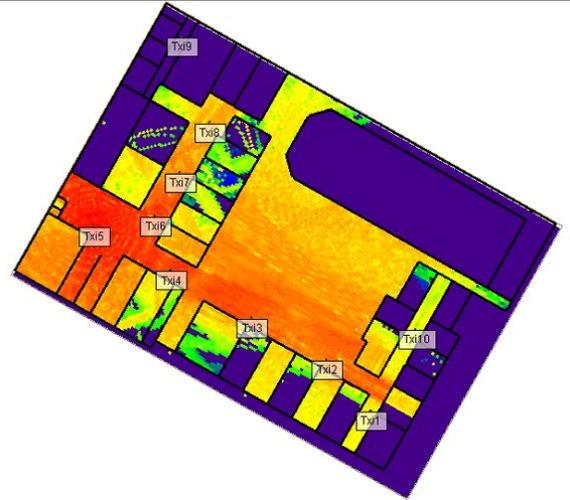


Figura 86. Cobertura Txi5 Diseño 1 Segundo Piso



**Figura 88. Ubicaciones Txi4,  
Txi5, Corredor Segundo Piso**

---

## Corredor 4 AP Txi6, Txi7, Txi8

El corredor 4, es una de las zonas en las hay una gran cantidad de usuarios, por esta razón es necesario la instalación de tres AP que junto al AP txi5 brindan capacidad de conexión a los usuarios de esa zona.



Figura 90. Cobertura Txi6 Diseño 1 Segundo Piso

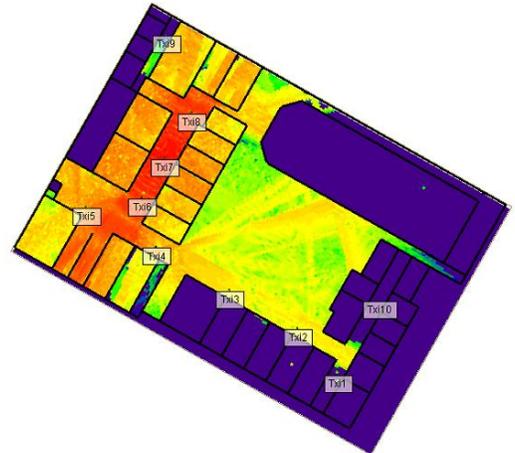


Figura 89. Cobertura Txi7 Diseño 1 Segundo Piso

La ubicación de las instalaciones de los AP, se puede realizar dentro de las bombillas de esta forma quedan mimetizadas. Ver Figura 91

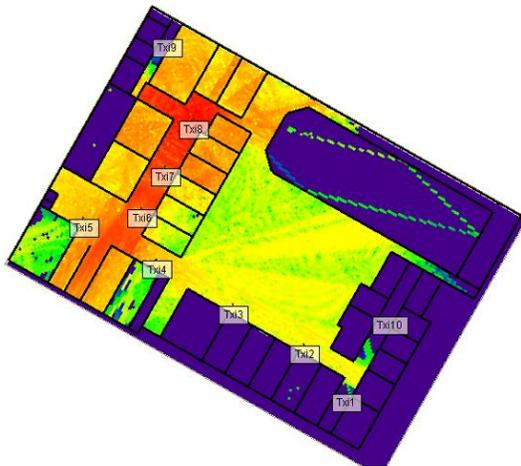


Figura 92. Cobertura Txi8 Diseño 1 Segundo Piso



Figura 91. Ubicaciones Txi6, Txi7 y Txi8 Corredor Segundo Piso

---

## Zona Administrativos Txi9

Se necesitó solo un AP en esta zona, ya que no tiene una gran cantidad de usuarios. Se ubica de igual forma dentro de la bombilla, tratando de mimetizar la instalación.

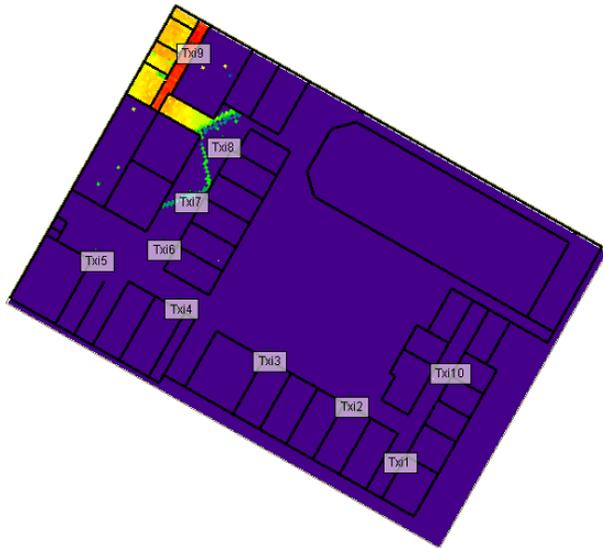


Figura 94. Cobertura Txi9 Diseño 1 Segundo Piso



Figura 93. Ubicación Txi9  
Zona Administrativos

---

### 3.6.1.4. Tercer Piso

#### Corredor 1 AP Txi1, Txi2

Dos AP que proporcionan cobertura en la zona del corredor 1, en donde no hay intensidad de señal eficiente.



Figura 96. Cobertura Txi1 Diseño 1 Tercer Piso

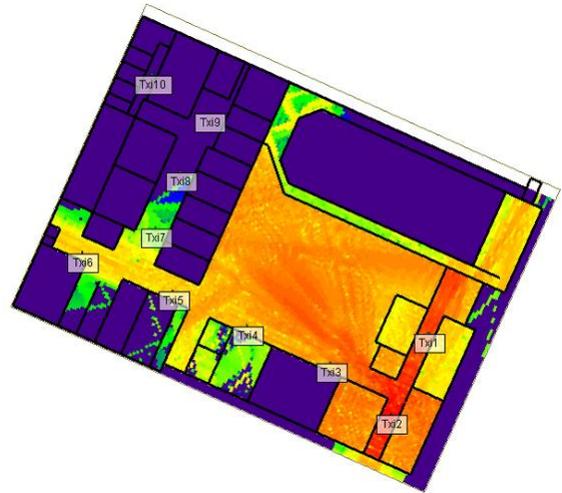


Figura 95. Cobertura Txi9 Diseño 1 Tercer Piso



Figura 97. Ubicaciones Txi1, Txi2 Corredor Tercer Piso

---

## Corredor 2 AP Txi3, Txi4

Este corredor lo conforman dos AP, que cubren las necesidades de conexión de los usuarios de esa zona. En la Figura 100, esta la ubicación del corredor en la que se instalarán los AP.

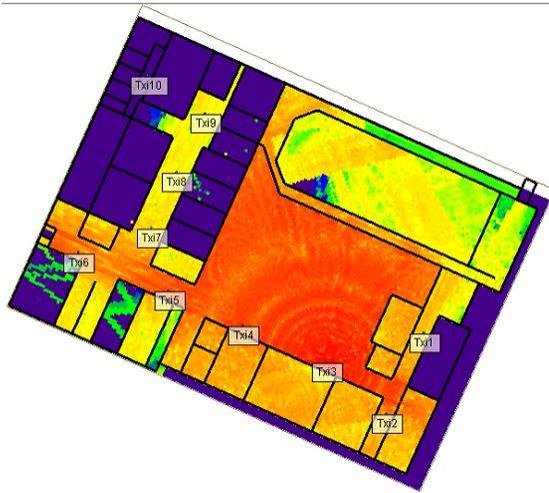


Figura 99. Cobertura Txi3 Diseño 1 Tercer Piso

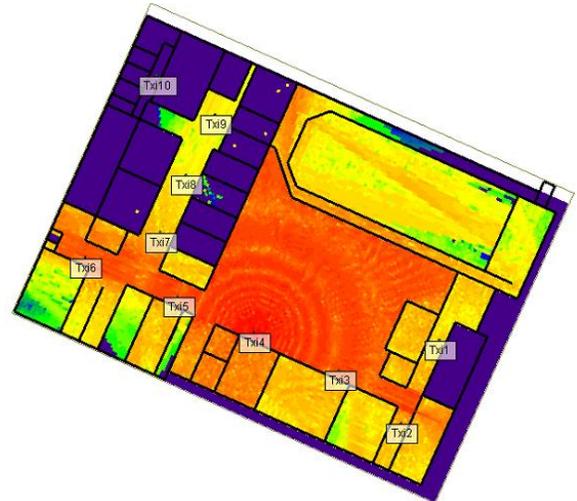


Figura 98. Cobertura Txi4 Diseño 1 Tercer Piso



Figura 100. Ubicaciones Txi3, Txi4 Corredor Tercer Piso

---

### Corredor 3 AP Txi5, Txi6

El Ap Txi5, también se encuentra cerca al nodo de telecomunicaciones de ese piso y el Txi6 cerca a los baños en donde hay un salón de clases amplio, en la Figura 103 se encuentra la ubicación del corredor 3 en donde se puede instalar de igual modo en las bombillas.

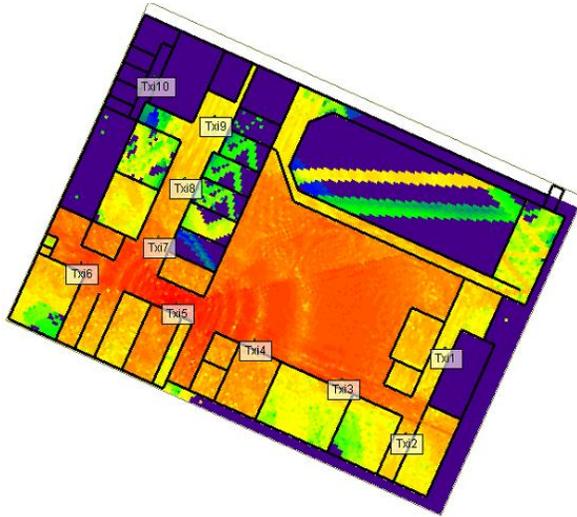


Figura 102. Cobertura Txi5 Diseño 1 Tercer Piso

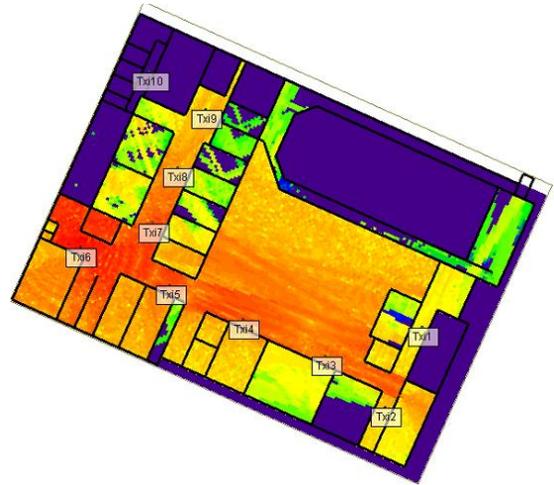


Figura 101. Cobertura Txi6 Diseño 1 Tercer Piso



**Figura 103. Ubicaciones Txi5, Txi6 Corredor Tercer Piso**

**Corredor 4 AP Txi7, Txi8, Txi9**

Los AP Txi7, Txi8, Txi9 se ubican en las bombillas, como se muestra en la Figura 106



**Figura 105. Cobertura Txi7 Diseño 1 Tercer Piso**



**Figura 104. Cobertura Txi8 Diseño 1 Tercer Piso**

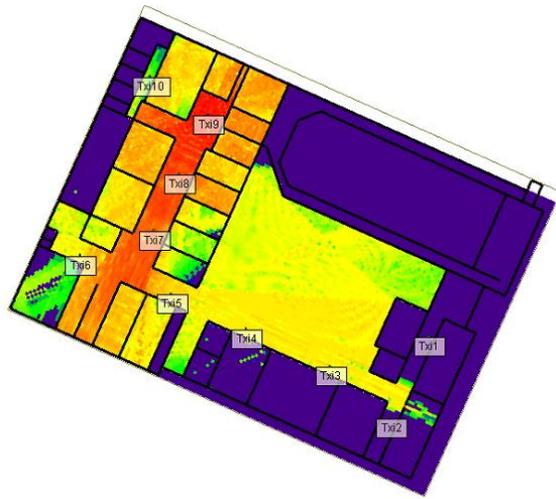


Figura 107. Cobertura Txi9 Diseño 1 Tercer Piso



Figura 106. Ubicaciones Txi7, Txi8, Txi9 Corredor Tercer Piso

### Zona administrativos



Figura 109. Cobertura Txi10 Diseño 1 Tercer Piso



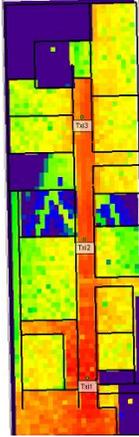
Figura 108. Ubicaciones Txi10 Zona Administrativos Tercer Piso

---

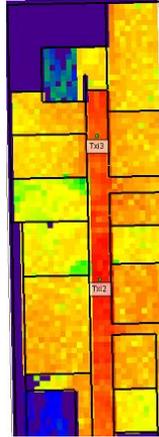
## Clínica Veterinaria

En la Clínica veterinaria se cubre todo el bloque con los puntos de acceso que se quieren instalar tal y como se ven en las figuras.

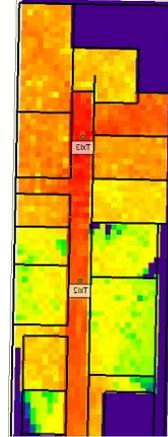
### Primer piso



**Figura 111.**  
**Cobertura Txi1**  
**Diseño 1**  
**Primer Piso**  
**Clínica**

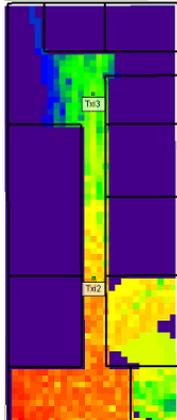


**Figura 112.**  
**Cobertura Txi2**  
**Diseño 1**  
**Primer Piso**  
**Clínica**

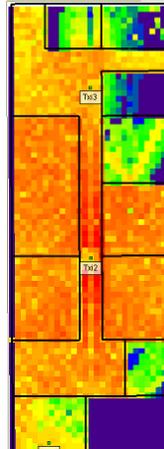


**Figura 110.**  
**Cobertura Txi3**  
**Diseño 1**  
**Primer Piso**  
**Clínica**

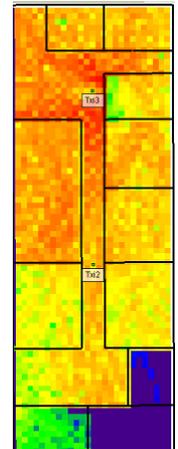
**Segundo piso**



**Figura 114.**  
**Cobertura Txi1**  
**Diseño 1**  
**Segundo Piso**  
**Clínica**



**Figura 113.**  
**Cobertura Txi2**  
**Diseño 1**  
**Segundo Piso**  
**Clínica**

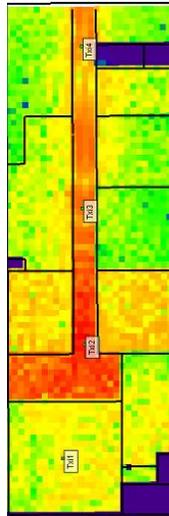


**Figura 115.**  
**Cobertura Txi3**  
**Diseño 1**  
**Segundo Piso**  
**Clínica**

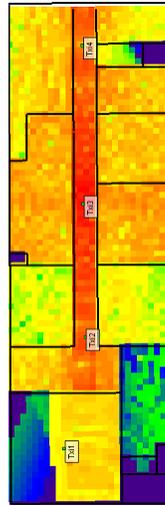
**Tercer Piso**



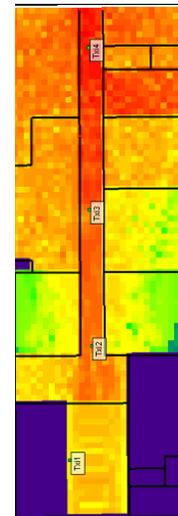
**Figura 116.**  
**Cobertura Txi1**  
**Diseño 1**  
**Tercer Piso**  
**Clínica**



**Figura 117.**  
**Cobertura Txi2**  
**Diseño 1**  
**Tercer Piso**  
**Clínica**



**Figura 118.**  
**Cobertura Txi3**  
**Diseño 1**  
**Tercer Piso**  
**Clínica**



**Figura 119.**  
**Cobertura Txi4**  
**Diseño 1**  
**Tercer Piso**  
**Clínica**

---

## Número de AP

El número total de puntos de acceso (AP) en la sede virgen del Rosario, es de 29 y en la Clínica Veterinaria es de 10, con este número de AP posteriormente se podrá tener cobertura en todas las zonas que conforman la infraestructura.

### 3.6.1.5. Comparación Cobertura Actual – Diseño 1

A continuación, se ve la comparación de cobertura actual con la del diseño 1 escogiendo un AP por piso, verificando que las ubicaciones de los transmisores que se emplearon en las simulaciones de mejoramiento de cobertura en el diseño 1 son mejores, a las actuales.

#### Primer Piso AP 75 – Txi3

La figura Figura 121 muestra que el AP 77 ubicado en el centro del auditorio, tiene poca intensidad de señal en la entrada del campus mientras que la Figura 120 tiene ubicado un AP cerca de la zona en donde hay baja cobertura y se logra apreciar cómo tiene un aumento considerable de intensidad de señal.

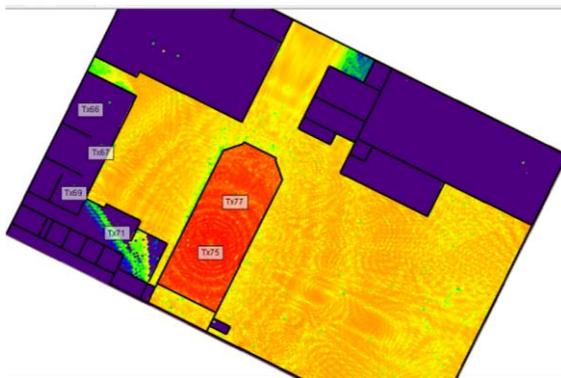


Figura 121. AP 75 Cobertura Actual Piso 1

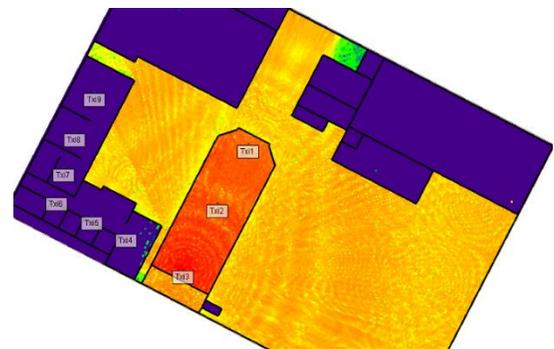


Figura 120. AP Txi3 Cobertura Diseño 1 Piso 1

---

## Segundo Piso AP 62 – Txi8

La Figura 123 muestra el AP ubicado en el segundo piso cerca al corredor 4, con intensidad de señal buena hacia la zona de la parroquia que no es de interés en el trabajo propuesto, mientras que en la Figura 122 se hace un desplazamiento de este AP y se aprovecha al máximo el radio de la celda llegando a cubrir gran parte del corredor 4.

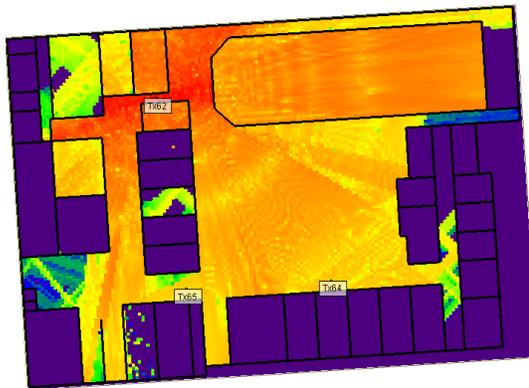


Figura 123. AP 62 Cobertura Actual piso 2

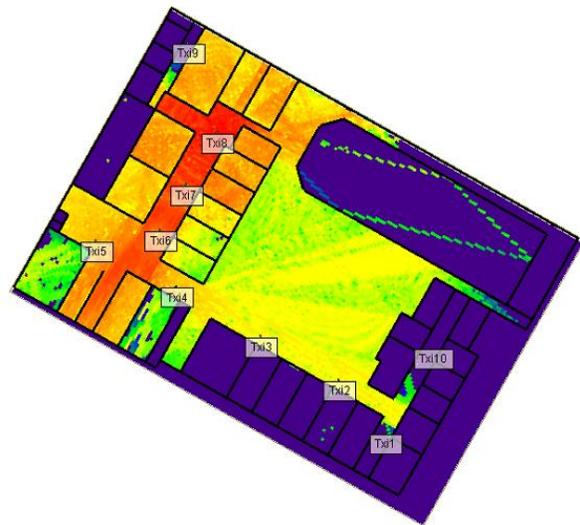


Figura 122. AP Txi8 Cobertura Diseño 1 Piso 2

---

### Tercer Piso AP

La zona de administrativos tiene un solo AP como se puede ver en la Figura 125, se observa que la ubicación de instalación no es la más conveniente ya que deja los dos últimos cubículos con poca intensidad de señal. En la Figura 124 se hace un desplazamiento hacia el centro en donde tiene una intensidad mayor de señal, aprovechándose al máximo la capacidad del AP



Figura 125. AP 56 Cobertura Actual Piso 3



Figura 124. AP Tx10 Cobertura Diseño 1 Piso 3

---

## 3.6.2. Diseño 2

### 3.6.2.1. Cobertura

Se simularon el mismo número de AP que en el primer diseño dentro de los salones, se ve que la intensidad de señal no alcanza a penetrar algunas paredes, por lo que se tendría que instalar más AP, prácticamente uno por cada salón para poder tener cobertura en toda la sede Virgen del Rosario. De igual modo pasa en la Clínica Veterinaria.

### Virgen del Rosario

#### 3.6.2.2. Primer Piso

##### Auditorio AP Txi1, Txi2, Txi3

Los tres AP no tiene variación en la ubicación de instalación, dado que es un auditorio y siempre están por dentro para poder brindar la mejor conexión al usuario.

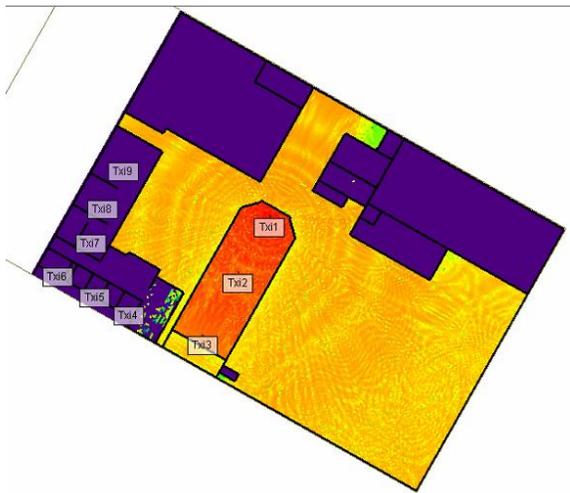


Figura 127. Cobertura Txi1 Diseño 2 primer Piso

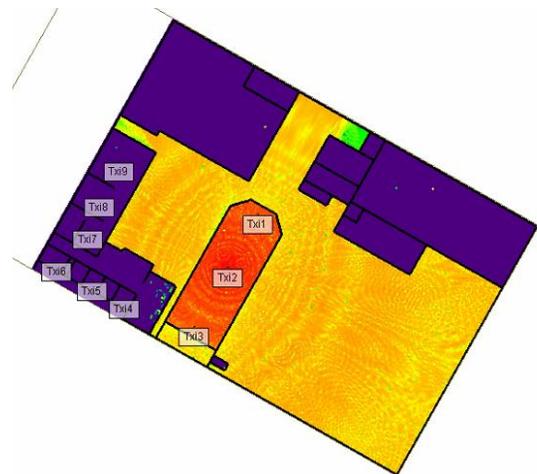


Figura 126. Cobertura Txi2 Diseño 2 Primer Piso

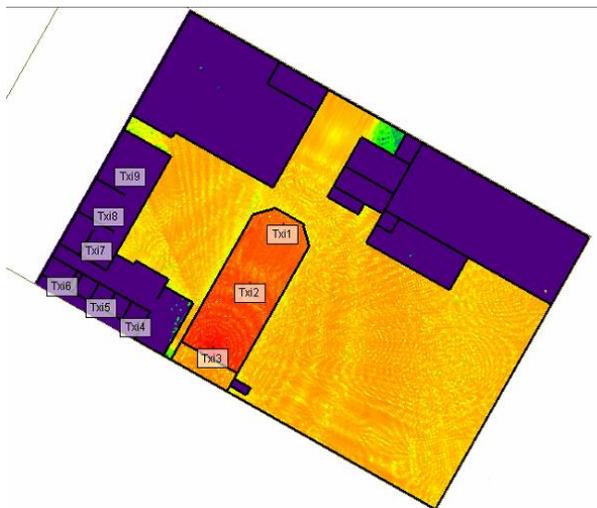


Figura 128. Cobertura Txi3 Diseño 2 Primer Piso

### Zona de Ping-Pong AP Txi4, Txi5, Txi6

Se observa que la ubicación de los AP dentro de los salones, no es la óptima dado que no cubre toda la zona. En la Figura 130, Figura 129, Figura 131, se observa detalladamente el radio de la celda.

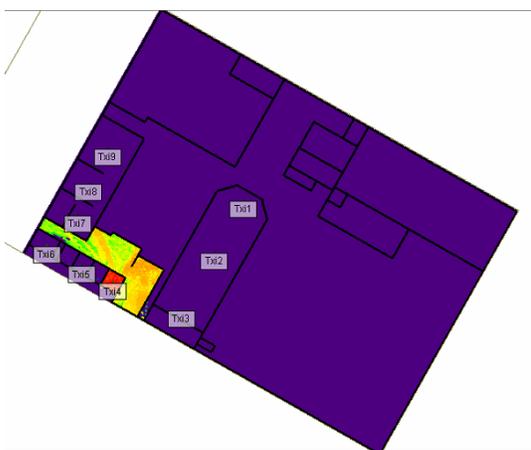


Figura 129. Cobertura Txi4 Diseño 2 Primer Piso

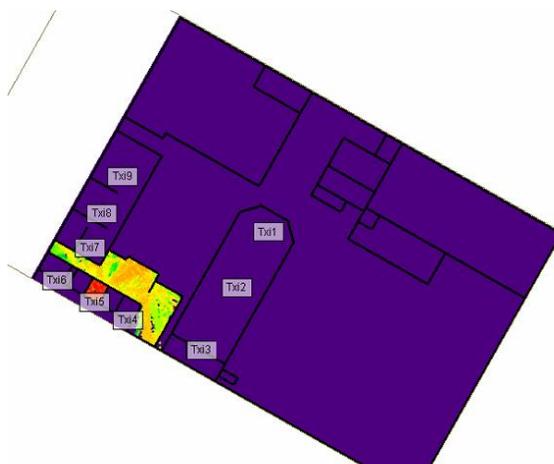


Figura 130. Cobertura Txi5 Diseño 2 Primer Piso



**Figura 131. Cobertura Tx16 Diseño 2 Primer Piso**

---

## Biblioteca AP Txi7, Txi8, Txi9

Al igual que el auditorio, los AP permanecen por dentro de la zona, Dado que no se podría ubicar en otros sitios por que quedarían en la parte externa en donde estarían expuestos a lluvias.

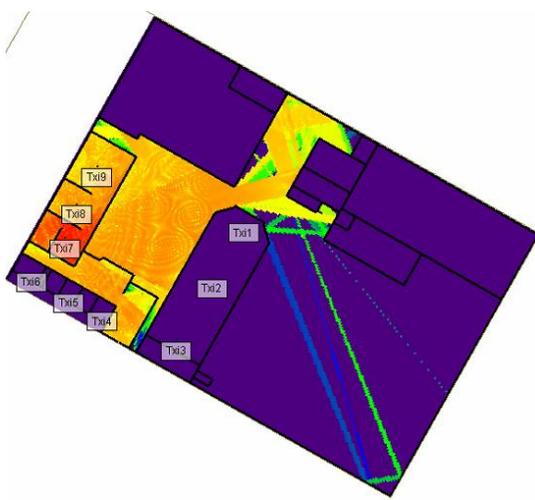


Figura 132. Cobertura Txi7 Diseño 2 Primer Piso

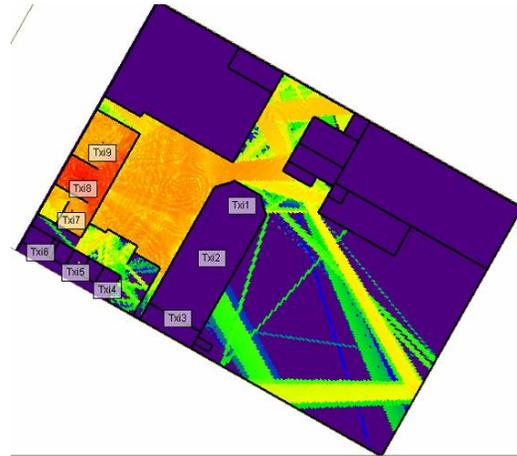


Figura 133. Cobertura Txi9 Diseño 2 Primer Piso

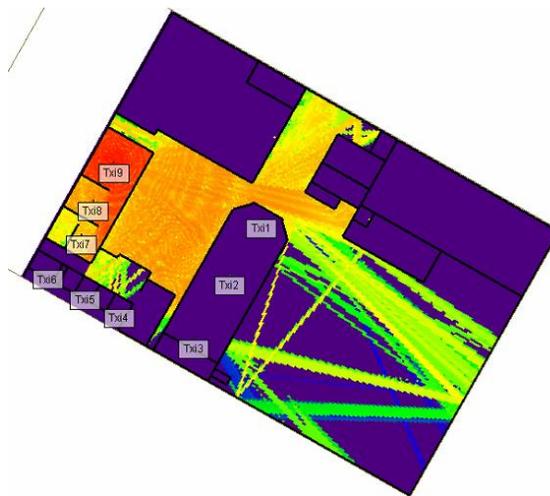


Figura 134. Cobertura Txi8 Diseño 2 Primer Piso

---

### 3.6.2.3. Segundo piso

#### Corredor 2 AP Txi1, Txi2, Txi3, en Salones

Esta distribución no favorece, dado que no cubren la totalidad de la zona, se tendría que instalar un AP por cada salón para que hubiese cobertura en todo el segundo piso.

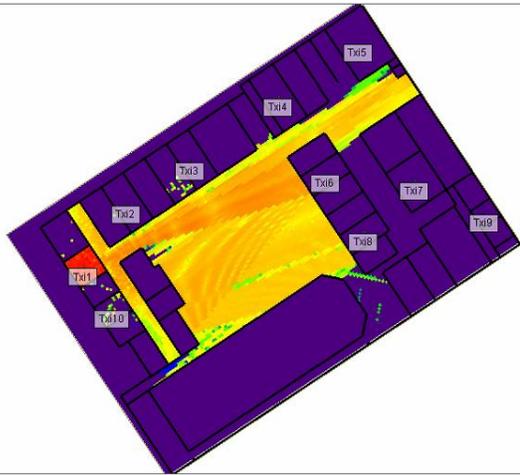


Figura 136. Cobertura Txi1 Diseño 2 Segundo Piso

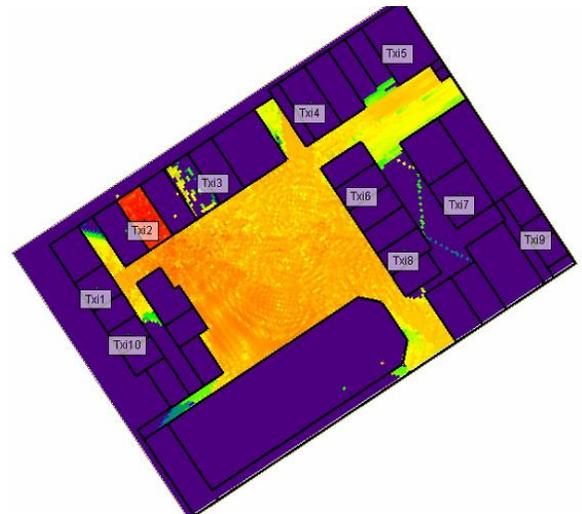


Figura 135. Cobertura Txi2 Diseño 2 Segundo Piso

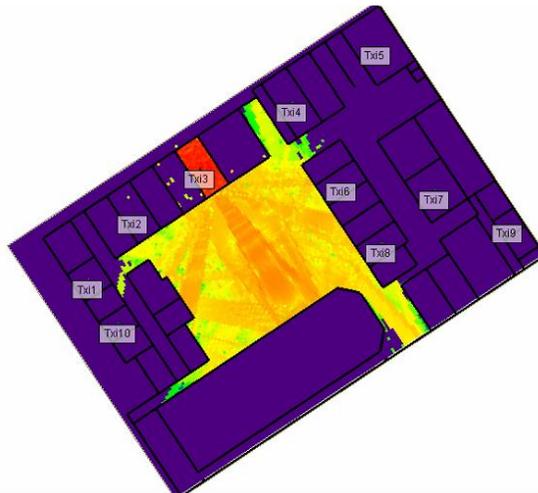


Figura 137. Cobertura Txi3 Diseño 2 Segundo Piso

---

### Corredor 3 AP Txi4, Txi5, en salones

Los AP ubicados en los salones, no generan mayor cobertura a demás lugares por lo que no es buena elección, realizar la instalación de los mismos ahí.

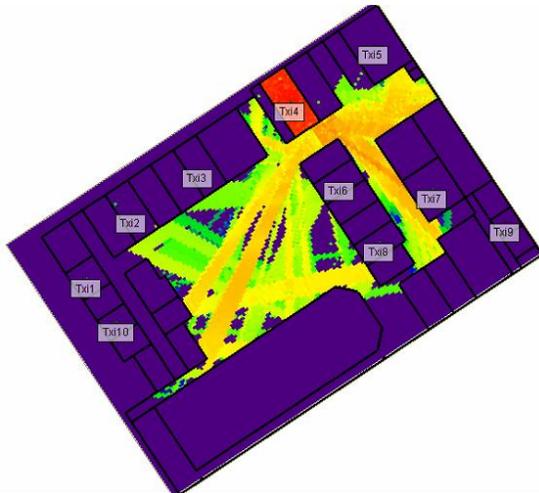


Figura 139. Cobertura Txi4 Diseño 2 Segundo Piso

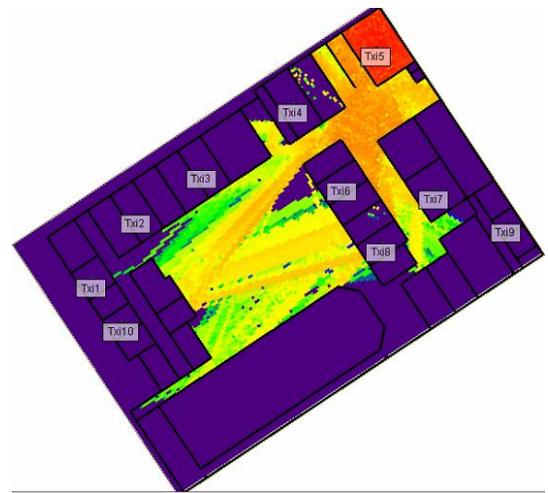


Figura 138. Cobertura Txi5 Diseño 2 Segundo Piso

---

## Corredor 4 AP Txi6, Txi7, Txi8 en salones

Se necesitarían cuatro puntos de acceso más, para que cada salón de clases tuviese cobertura. Ver Figura 140, Figura 141, Figura 142

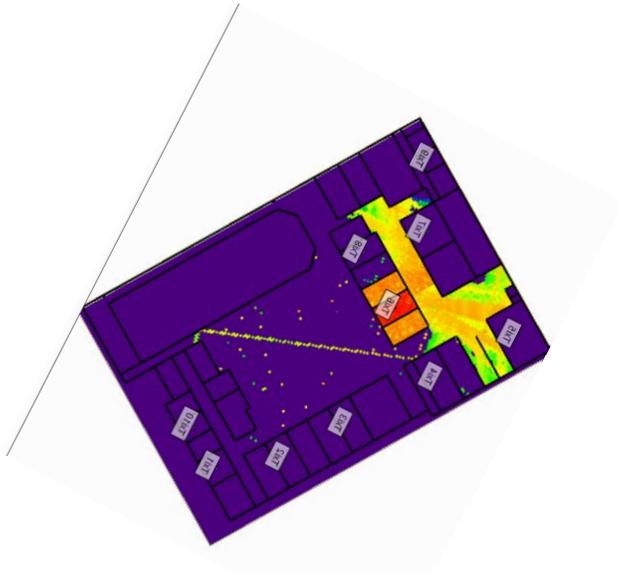


Figura 141. Cobertura Txi6 Diseño 2 Segundo Piso



Figura 140. Cobertura Txi7 Diseño 2 Segundo Piso



Figura 142. Cobertura Txi8 Diseño 2 Segundo Piso

---

## Zona Administrativos Txi9

En el area de administrativos el AP que se instalaría en esa ubicación, sería pérdida de equipamiento por que no alcanzaría a cubrir toda la zona, siendo pocos los usuarios que se conectan en ese punto.

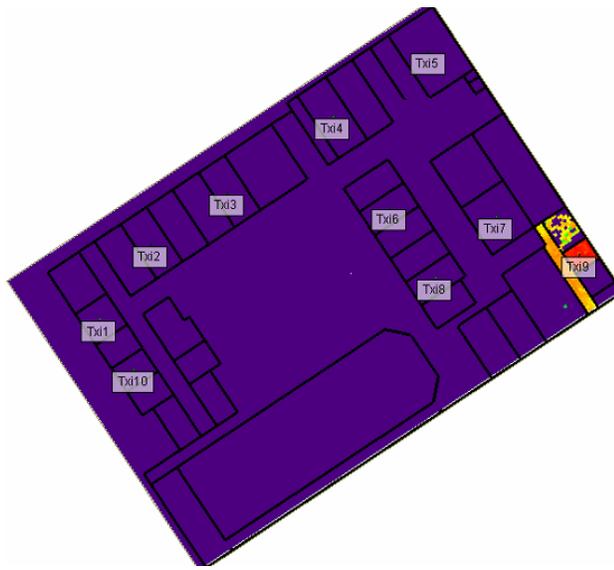


Figura 143. Cobertura Txi9 Diseño 2 Segundo Piso

---

### 3.6.2.4. Tercer Piso

#### Corredor 1 AP Tx1, Tx2

La zona de administrativos quedaría sin cobertura ver Figura 144, Figura 145, no dando solución al problema actual de baja intensidad de señal que se localiza en el corredor 1.

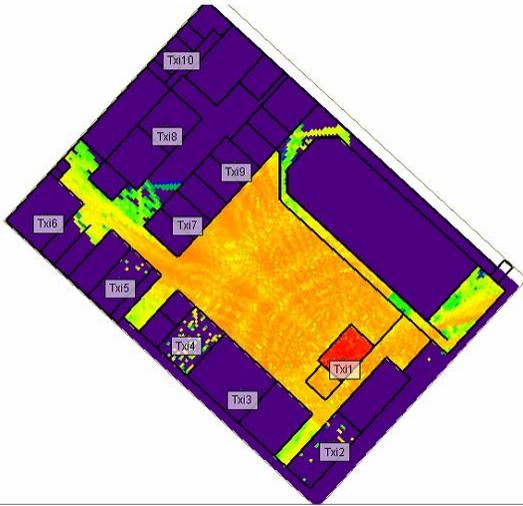


Figura 145. Cobertura Tx1 Diseño 2 Tercer Piso

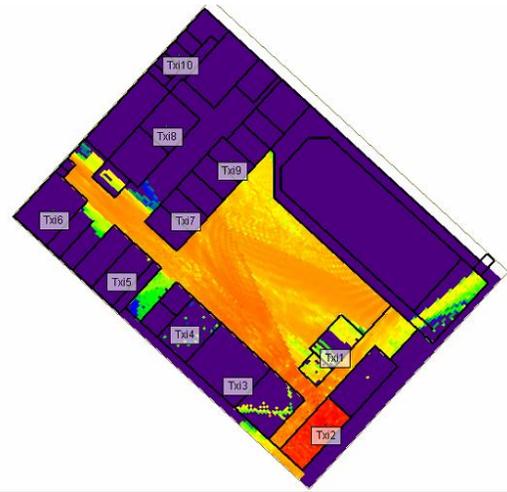


Figura 144. Cobertura Tx2 Diseño 2 Tercer Piso

---

## Corredor 2 AP Tx3, Tx4

En esta zona quedaría un salón sin cobertura, como se aprecia en la Figura 147, y una vez más el diseño no cumple con las expectativas de intensidad de señal por toda la zona.

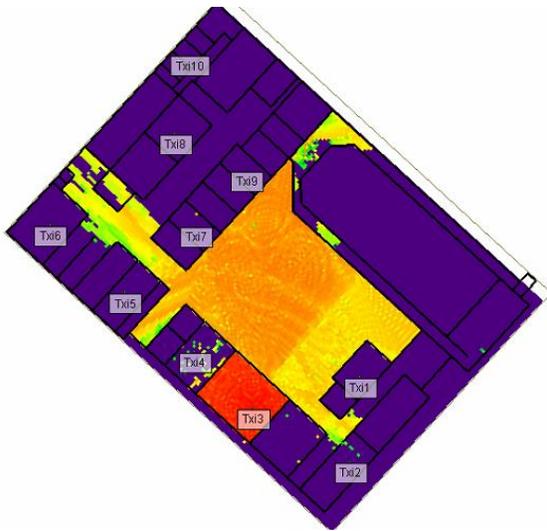


Figura 147. Cobertura Tx3 Diseño 2 Tercer Piso

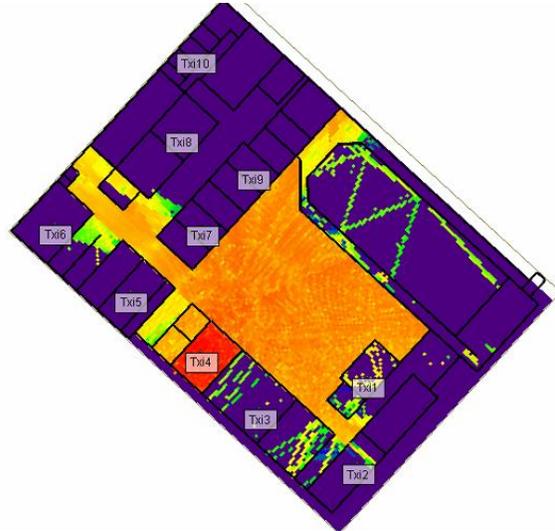


Figura 146. Cobertura Tx4 Diseño 2 Tercer Piso

---

### Corredor 3 AP Tx5, Tx6

En el corredor 3, en la Figura 149 y Figura 148, se observa que un salón queda sin cobertura

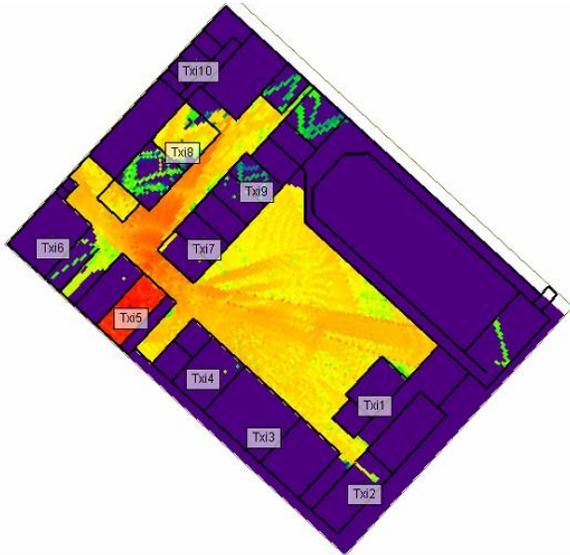


Figura 149. Cobertura Tx5 Diseño 2 Tercer Piso

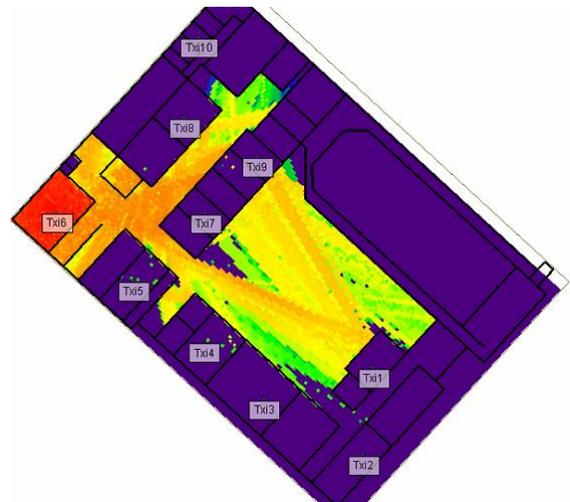


Figura 148. Cobertura Tx6 Diseño 2 Tercer Piso

---

### Corredor 4 AP Txi7, Txi8, Txi9

Los puntos de acceso alcanzan a cubrir siete salones pero deja sin cobertura a cuatro más, de este modo el servicio WIFI no llegaría a una parte importante de usuarios. Ver Figura 150, Figura 151, Figura 152

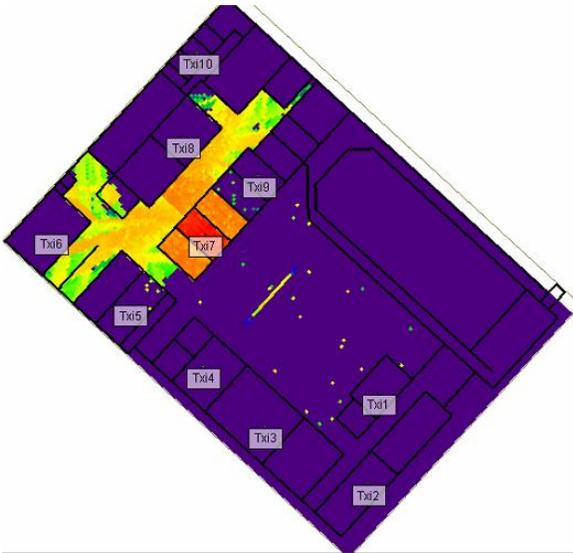


Figura 150. Cobertura Txi8 Diseño 2 Tercer Piso

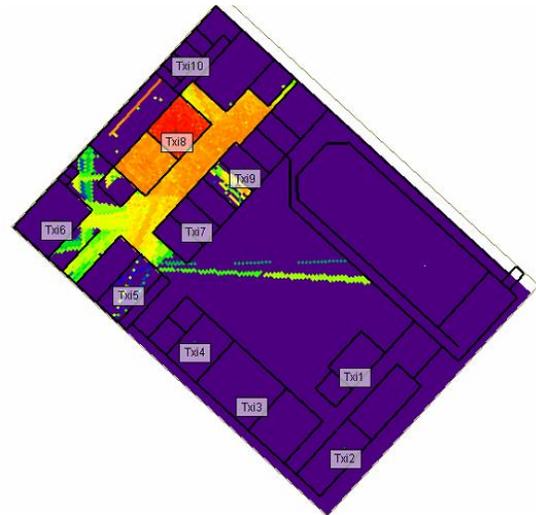


Figura 151. Cobertura Txi7 Diseño 2 Tercer Piso

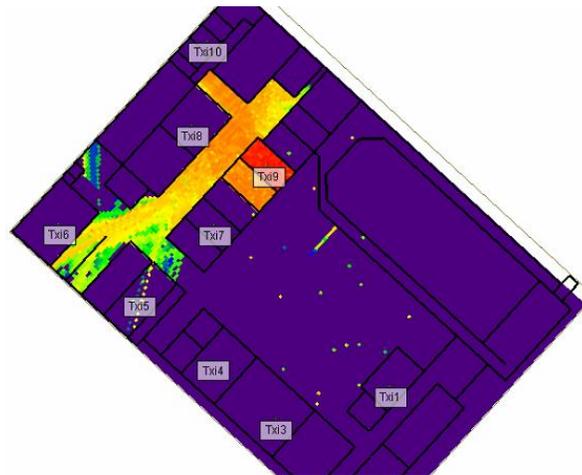
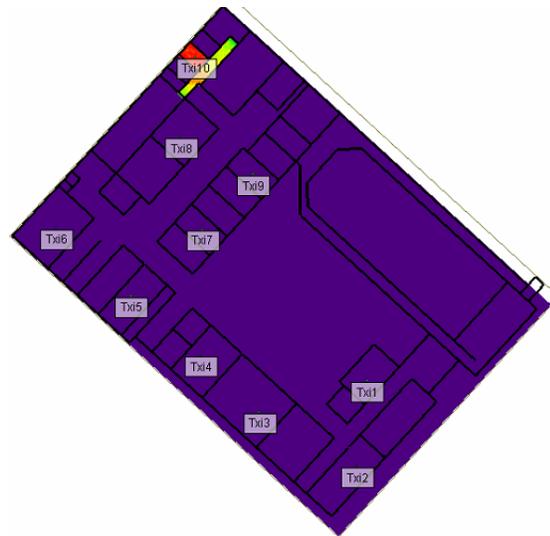


Figura 152. Cobertura Txi9 Diseño 2 Tercer Piso

---

## Zona Administrativos Tx10

Como se ve en la Figura 153, el Punto de acceso solo cubre una oficina, haciendo mal uso del potencial que tiene para cubrir toda esa zona.



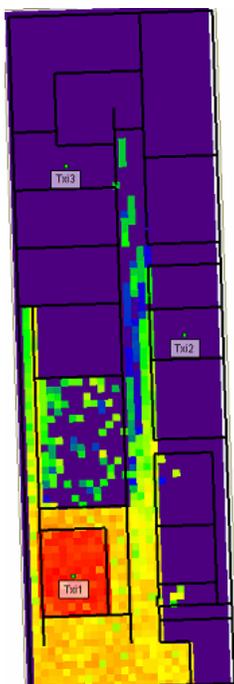
**Figura 153. Cobertura Tx10 Diseño 2 Tercer Piso**

---

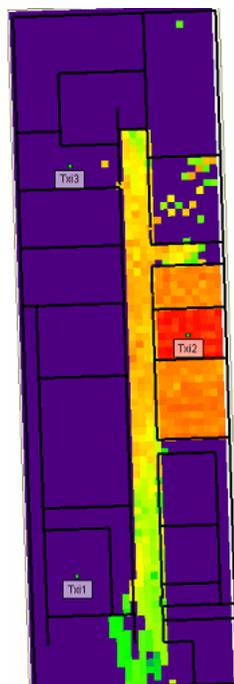
## Clínica Veterinaria

### Primer Piso AP Txi1, Txi2, Txi3

Como se aprecia en la Figura 154, Figura 155, Figura 156, hay áreas en las que la intensidad de señal es nula a pesar de que es un bloque pequeño, la cobertura de red inalámbrica no alcanza a llegar a todo el primer piso.



**Figura 156.**  
Cobertura Txi1  
Diseño 2 Primer  
Piso Clínica



**Figura 155.**  
Cobertura Txi2  
Diseño 2 Primer  
Piso Clínica

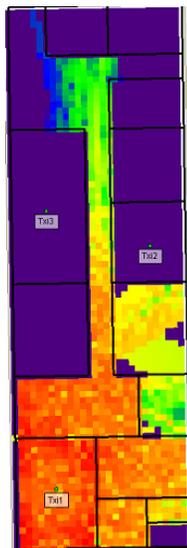


**Figura 154.**  
Cobertura Txi3  
Diseño 2 Primer  
Piso Clínica

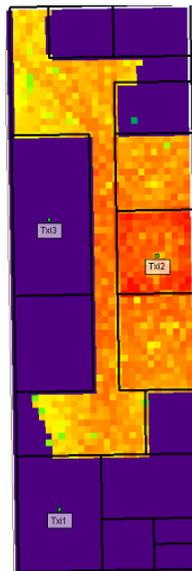
---

## Segundo Piso AP Txi1, Txi2, Txi3

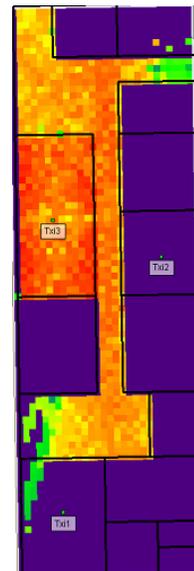
En la simulación se ve que abarca una buena parte de cobertura, pero deja espacios con deficiencia de señal ver Figura 157, Figura 158, Figura 159, corroborando que el diseño 1 es más apropiado para este tipo de edificación.



**Figura 158.**  
Cobertura Txi1  
Diseño 2  
Segundo Piso  
Clínica



**Figura 159.**  
Cobertura Txi2  
Diseño 2  
Segundo Piso  
Clínica

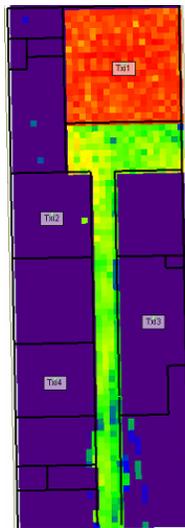


**Figura 157.**  
Cobertura Txi3  
Diseño 2  
Segundo Piso  
Clínica

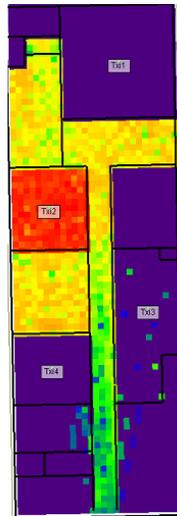
---

### Tercer Piso AP Txi1, Txi2, Txi3, Txi4

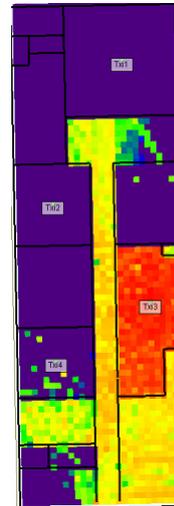
Se observa que hay un 90 % de cobertura en el tercer piso, pesar de que en este piso hay más puntos de acceso que en los otros, quedan áreas con baja intensidad de señal como se aprecia en la Figura 162, Figura 161, Figura 163, Figura 160



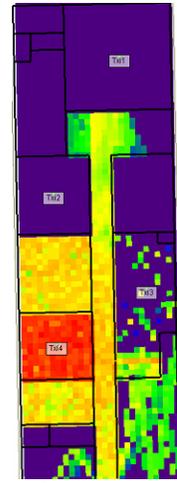
**Figura 163.**  
Cobertura Txi1  
Diseño 2 Tercer  
Piso Clínica



**Figura 161.**  
Cobertura  
Txi2 Diseño  
2 Tercer  
Piso Clínica



**Figura 162.**  
Cobertura Txi3  
Diseño 2  
Tercer Piso  
Clínica



**Figura 160.**  
Cobertura Txi4  
Diseño 2  
Tercer Piso  
Clínica

### Número de AP

En este diseño se tomó el mismo número de puntos de acceso del diseño 1

### 3.6.2.5. Comparación Cobertura Actual – Diseño 2

A continuación, se ve la comparación de cobertura actual con la del diseño 2 escogiendo un AP por piso, verificando que las ubicaciones de los transmisores que se emplearon en las simulaciones del diseño 2 tienen una alta intensidad solo en las zonas de instalación siendo mejor la distribución de AP actual.

#### Primer Piso

Como se puede visualizar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** e l AP 71 presenta cobertura en la zona de Ping-Pong y en las siguientes figuras, tres AP no superan el radio de la celda de la instalación actual

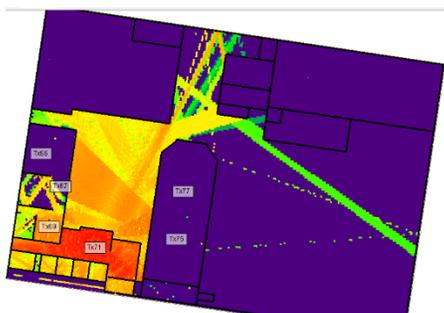


Figura 164. AP 71 Cobertura Actual Piso 1



Figura 166. AP Tx14 Cobertura Diseño 2 Piso 1



Figura 167. AP Tx15 Cobertura Diseño 2 Piso 1

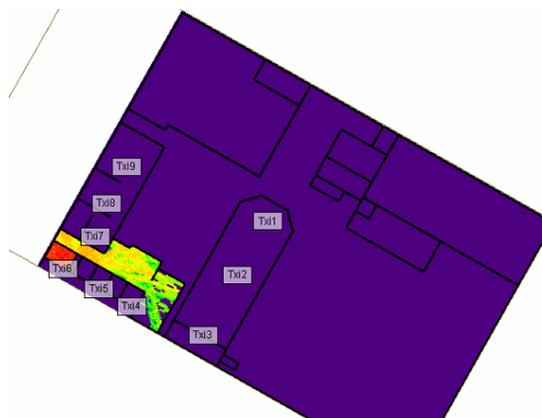


Figura 165. AP Tx16 Cobertura Diseño 2 Piso 1

---

## Segundo Piso

El AP 65 de la Figura 168 muestra buena cobertura en su alrededor, mientras en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la onda electromagnética sufre a atenuación.

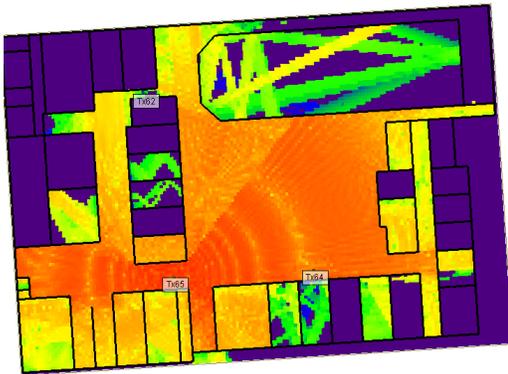


Figura 168. AP 65 Cobertura Actual  
Diseño 2 Piso 2

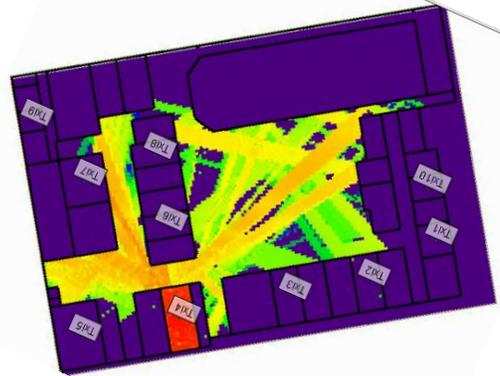


Figura 169. AP Tx15 Cobertura Diseño 2  
Piso 2

---

### Tercer Piso

Como se puede apreciar el AP con etiqueta 57 que está en la Figura 171, tiene gran intensidad de señal a su alrededor y en el diseño 2, los AP más cercanos es el Txi8 Figura 170 y el Txi9 Figura 170, no alcanzan a tener la cobertura del actual AP instalado.

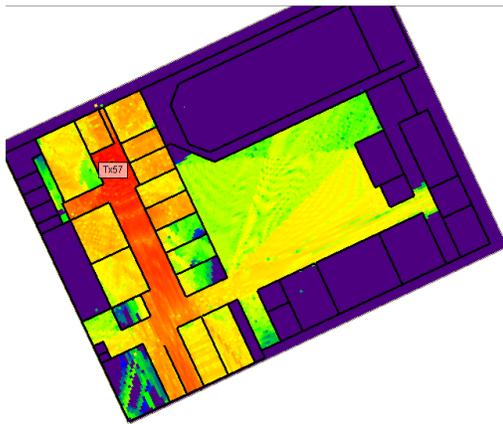


Figura 171. AP 57 Cobertura Actual Diseño 2 Piso 3

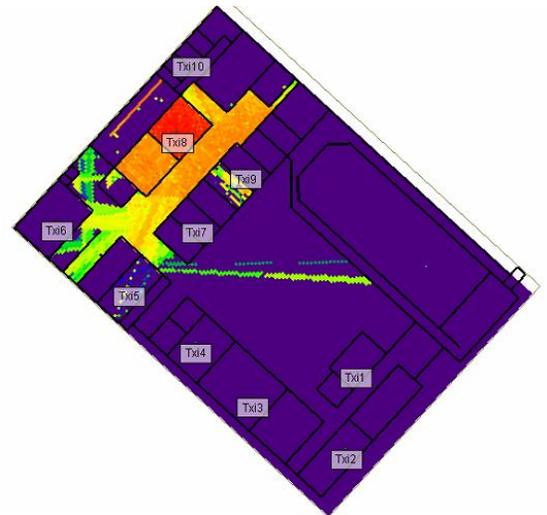


Figura 170. AP Txi8 Cobertura Diseño 2 Piso 3

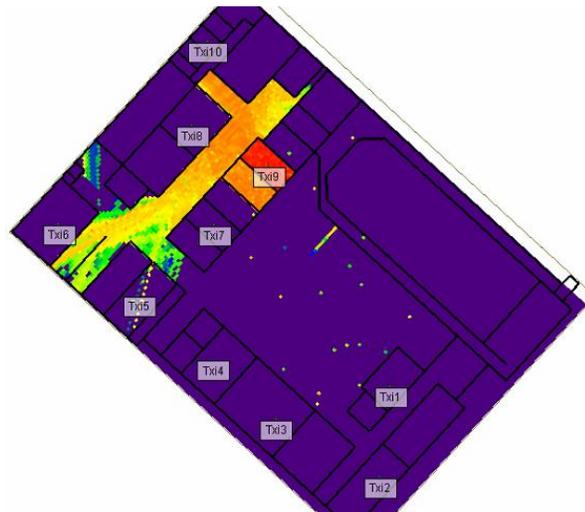


Figura 172. AP Txi9 Cobertura Diseño 2 Piso 3

---

### 3.7. Comparación de Diseños

A continuación, solo se visualizan la cobertura de los dos diseños con los AP del primer piso zona Ping-Pong. Se puede ver claramente que el radio de la celda en el que el diseño 1 brinda mejor cobertura que el diseño 2, Las demás simulaciones muestran los mismos resultados.

Se resalta que no habrán comparaciones con los AP ubicados en la biblioteca ya que estos presentan los mismos puntos de instalación.

#### Primer Piso

En la Figura 173 y Figura 174 se visualiza la cobertura que presenta el AP Txi4, en la Figura 173 está ubicado un AP en el corredor de la sala de Ping-Pong siendo esta amplia en comparación de la figura Figura 174 en donde el AP está ubicado en uno de los salones de administrativos. El radio de la celda tiene menor intensidad de señal en el corredor y demás sitios de la zona.

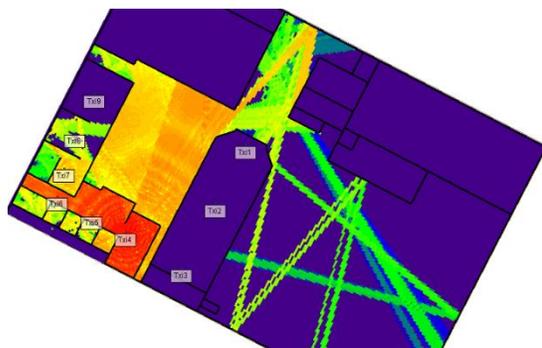


Figura 174. Comparación Diseño 1 AP Txi4

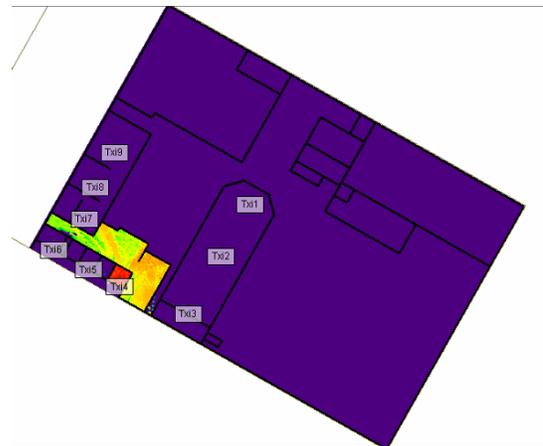


Figura 173. Comparación Diseño 2 AP Txi4

---

## Segundo Piso

En la Figura 175 y Figura 176 se muestra el radio de la celda del AP Txi5 ubicados en un cuarto y en la sala. En la Figura 175, se aprecia que la intensidad de señal de ese AP es grande solo en el punto de instalación en comparación con demás salones y corredor. y en la Figura 176 el Ap ubicado en el corredor brinda buena intensidad de señal a todos el área de esa zona.

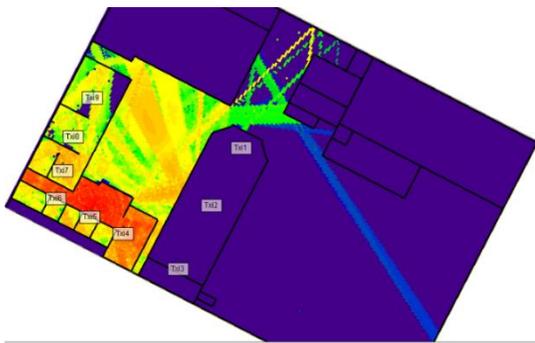


Figura 176. Comparación Diseño 1 AP Txi5



Figura 175. Comparación Diseño 2 AP Txi5

---

### Tercer Piso

En la Figura 178 y Figura 177 se puede observar la cobertura del AP Txi 6 ubicado en el fondo de la sala, se aprecian instalaciones adentro y fuera del aula de clase. Se puede ver que en la Figura 178 la expansión de la onda tiene gran atenuación en comparación con la Figura 177 que brinda cobertura a toda la zona.

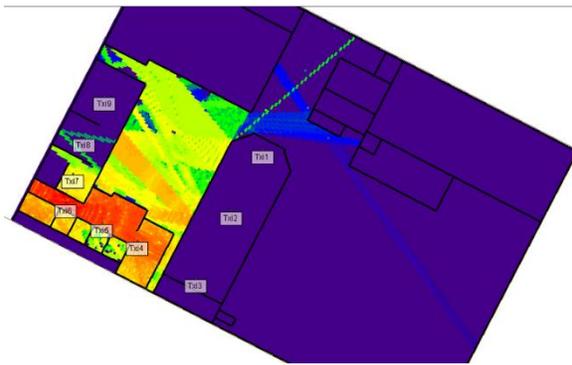


Figura 177. Comparación Diseño 1 AP Txi6



Figura 178. Comparación Diseño 2 AP Txi6

# CÁLCULOS MATEMÁTICOS (MODELOS DE PROPAGACIÓN)

---

4.1. Cálculos de modelos de propagación – Wireles inSite .....	143
4.2. <i>Cost 231-Multi-Wall Model</i> .....	145
4.3. <i>Empirical Model for Wireless LAN</i> .....	151
4.4. Keenan-Motley Model.....	155

---

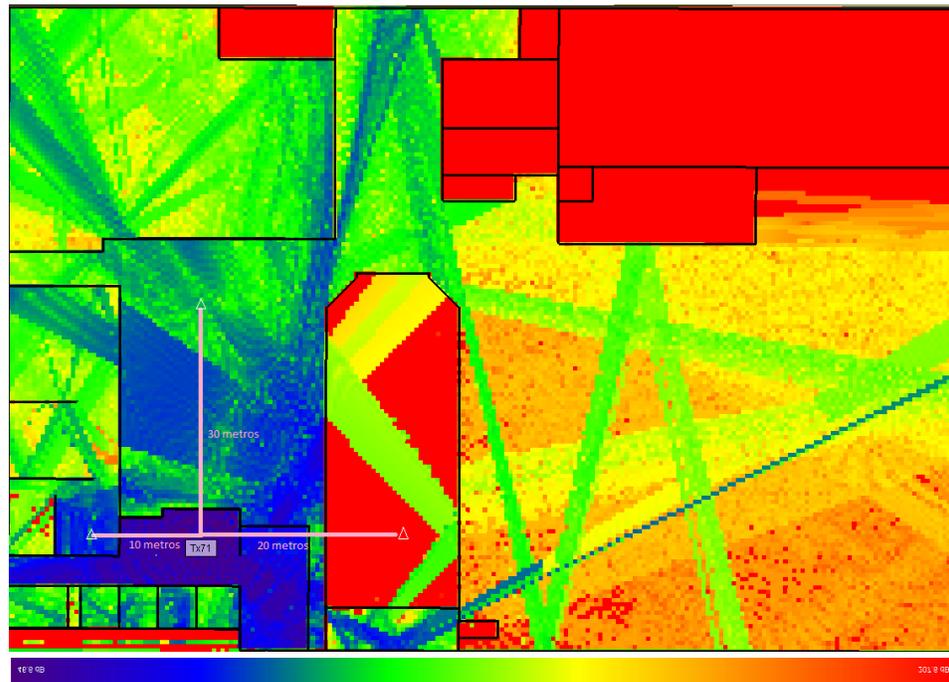
### 4.1. Cálculos de modelos de propagación – Wireles inSite

Se realizaron cálculos basados en las pérdidas de trayecto, para posteriormente hacer una comparación con los resultados que el simulador Wireless Insite proporciona. Se utilizaron los modelos de propagación *Cost 231-Multi-Wall Model*, *Empirical Models for Wireless Lan* y el modelo de Keenan-Motley

La medición se realiza en el primer piso con el Punto de Acceso ubicado en la sala de Ping Pong. Se tomaron medidas a diferentes distancias transmisor- receptor (10, 20, 30 metros), en la medición de 10 metros de distancia hay una pared que limita con Biblioteca, en la de 20 metros dos paredes hasta llegar al auditorio y en 30 metros una pared que va hacia el patio.

---

En la Figura 179, se puede observar los puntos que son representados mediante un triángulo y las líneas color rosa representa el AP que se está estudiando. El color rojo son las zonas en las que hay mayor pérdida y la morada menor pérdida.



**Figura 179. Mediciones Wireles inSite 10,20,30 metros**

---

## 4.2. Cost 231-Multi-Wall Model

### Pérdida de trayecto

La pérdida de trayecto en dB viene dada por la ecuación (1)

$$L = L_{FS} + L_C + \sum_{i=1}^1 K_{wi} L_{wi} + n \left( \frac{n+2}{n+1} - b \right) * L_f$$

Donde

$L_{FS}$  = Pérdida en espacio libre entre transmisor y receptor

$L_C$  = Constante de pérdida 37 dB.

$K_{wi}$  = Número de paredes de tipo  $i$  penetradas

$L_{wi}$  = pérdida debida a muro 6.9 dB

$n$  = número de suelos penetrados

$L_f$  = pérdida entre suelos adyacentes 18.3 dB

$b$  = parámetro empírico 0.46

---

## Procedimiento

### Pérdidas de Espacio Libre

$$LFS(d) = 32.45 + 20 \log(MHz) + 20 \log(Rkm)$$

$$10 \text{ metros} \quad LFS(d) = 32.45 + 20 \log(2412) + 20 \log(0.01) = 60.09 \text{ dB}$$

$$20 \text{ metros} \quad LFS(d) = 32.45 + 20 \log(2412) + 20 \log(0.02) = 66.11 \text{ dB}$$

$$30 \text{ metros} \quad LFS(d) = 32.45 + 20 \log(2412) + 20 \log(0.03) = 69.63 \text{ dB}$$

### Pérdida de trayectoria

$$10 \text{ metros} \quad L = 60.09 + 37 + \sum_{i=1}^1 1 * 6.9 + 1 \left( \frac{1+2}{1+1} - 0.46 \right) * 18.3 = 122.29 \text{ dB}$$

$$20 \text{ metros} \quad L = 66.11 + 37 + \sum_{i=1}^1 2 * 6.9 + 1 \left( \frac{1+2}{1+1} - 0.46 \right) * 18.3 = 135.21 \text{ dB}$$

$$30 \text{ metros} \quad L = 69.63 + 37 + \sum_{i=1}^1 1 * 6.9 + 1 \left( \frac{1+2}{1+1} - 0.46 \right) * 18.3 = 131.83 \text{ dB}$$

---

## Wireless inSite

En las simulaciones se pueden obtener los valores solo con observar la intensidad de color y en la barra inferior se consigue la información de cuanta perdida tiene cada punto receptor. En la Figura 180, Figura 181, y en la Figura 182 se visualiza las pérdidas de trayecto

### Punto Receptor 10 metros

En el punto de estudio que está en la biblioteca, se observa intensidad de color azul, en la barra de estado se pueden ver las pérdidas por trayecto que hay en ese lugar.

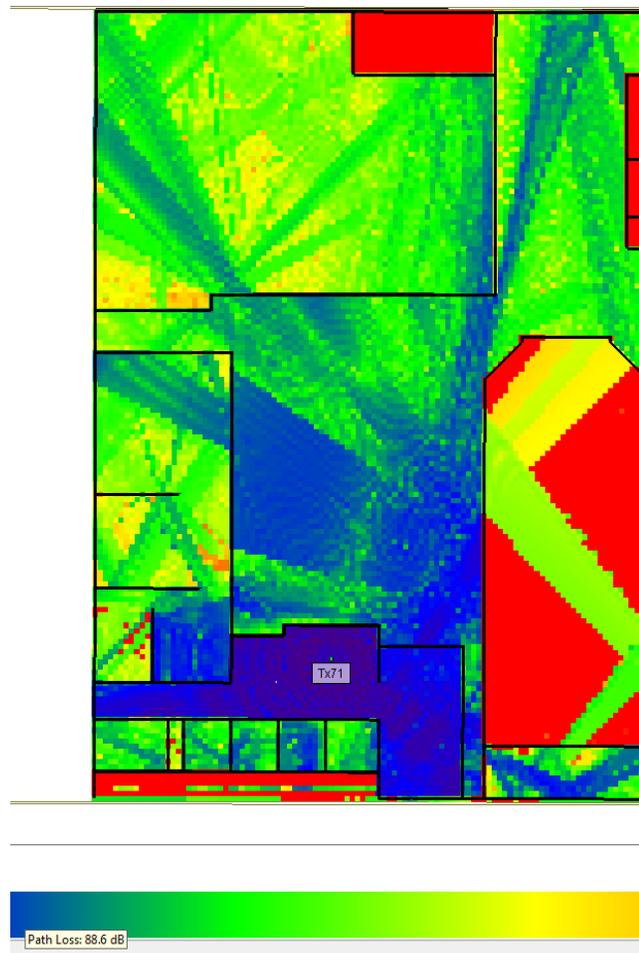


Figura 180. Valor de Pérdida 10 metros

---

### Punto Receptor 20 metros

En el auditorio se realizó la medición con intervención de dos paredes teniendo un valor de pérdida elevado. Ver Figura 181

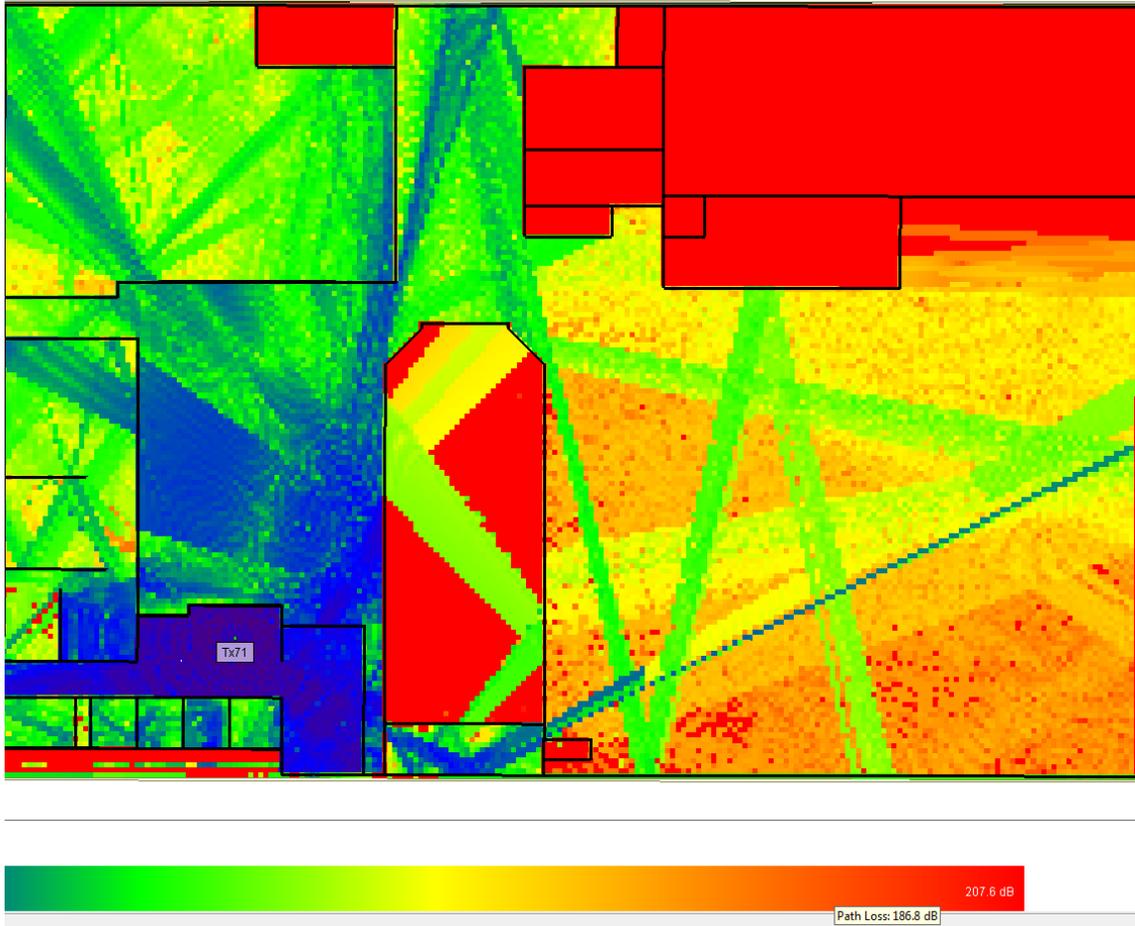


Figura 181. Valor de Pérdida 20 metros

---

### Punto Receptor 30 metros

Se tomó una última medida en el patio en el que interviene una pared a 30 metros del transmisor para verificar si aumenta la pérdida de trayectoria.

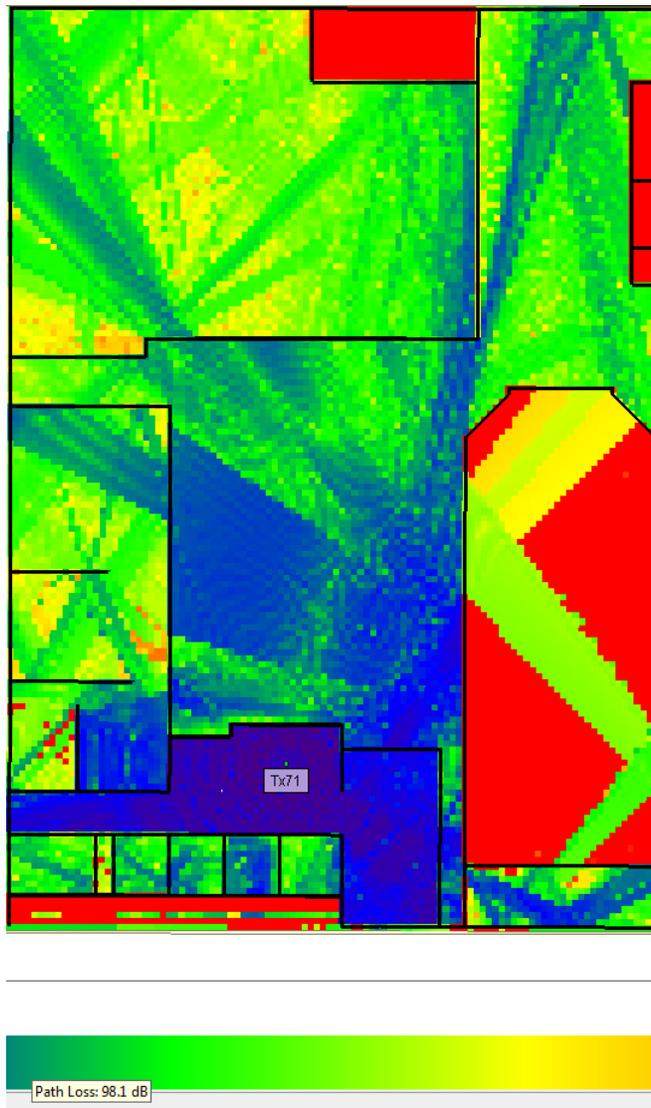


Figura 182. Valor de Pérdida 30 metros

---

## Comparación de Mediciones

Con el modelo Cost 231 multi pared se obtienen márgenes de error que no sobrepasan el 30 % haciendo el análisis al atravesar solo una pared y del 40 % en dos paredes, que son aceptables dado que el modelo de trazado de rayos tiene en cuenta otras pérdidas como difracción, reflexión y refracción

**Tabla 22. Margen de Error Wireless inSite- Cost 231**

Wireless inSite - Medidas Cost 231			
Distancia (m)	Wireless inSite (dBm)	Cost 231	Porcentaje de error (%)
10	88.6	122.29	27.54
20	186.8	135.21	38.15
30	98.1	131.83	25.58

---

### **4.3. Empirical Model for Wireless LAN**

Se hace uso de las ecuaciones (12), (13), (14) y (15)

Ecuación (12)

$$L = 20.42 + 36.3 \log(f \text{ GHz}) + 18.9 \log(Rm) + nw [10.22 \cos \theta + 27.21(1 - \cos \theta)] + 5.88 mf$$

Ecuación (13)

$$L = 30.1 + 36.3 \log(f \text{ GHz}) + 20.2 \log(Rm) + nw [1.16 \cos^2 \theta + 27.25(1 - \cos \theta)^2] + 2.2 mf$$

Ecuación (14)

$$L = 27.91 + 36.3 \log(f \text{ GHz}) + 19.35 \log(Rm) + nw [14.73 \sin^2 \theta + 3.02(1 - \sin \theta)^2] + 2.2 mf$$

Ecuación (15)

$$L = 19.07 + 36.3 \log(f \text{ GHz}) + 18.3 \log(Rm) + nw [21 \sin \theta + 12.2(1 - \sin \theta)] + 8.6 mf$$

nw= número de paredes

mf = número de pisos

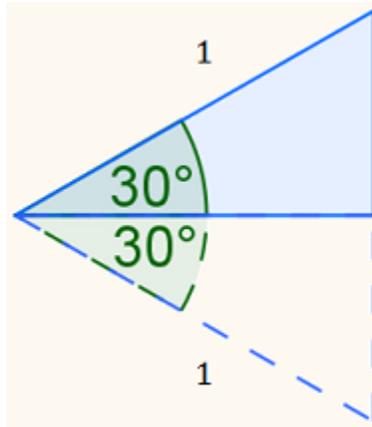
R= distancia

f= frecuencia

---

## Procedimiento

El ángulo que forma el transmisor con el eje horizontal hacia el receptor es de aproximadamente 30 grados ver Figura 183, se escoge este ángulo como referencia para realizar los cálculos de pérdida de trayecto.



**Figura 183. Grados Aproximados Transmisor-Receptor**

Se utilizan las distancias (10m, 20m, 30m) igual que en el anterior modelo

### Ecuación (12)

$$L = 20.42 + 36.3 \log(f \text{ GHz}) + 18.9 \log(Rm) + nw [10.22 \cos\theta + 27.21(1 - \cos\theta)] + 5.88 mf$$

### Resultados

- L (10 metros) = 71.57 dB
- L (20 metros) = 86.11 dB
- L (30 metros) = 80.59 dB

---

**Ecuacion (13)**

$$L = 30.1 + 36.3 \log(f\text{Ghz}) + 20.2 \log(Rm) + nw [1.16 \cos^2 \theta + 27.25(1 - \cos \theta)^2] + 2.2 mf$$

**Resultados**

- L (10 metros) = 71.86 dB
- L (20 metros) = 89.18 dB
- L (30 metros) = 81.5

**Ecuación (14)**

$$L = 27.91 + 36.3 \log(f\text{GHz}) + 19.35 \log(Rm) + nw [14.73 \sin^2 \theta + 3.02(1 - \sin \theta)^2] + 2.2 mf$$

**Resultados**

- L (10 metros) = 69.28 dB
- L (20 metros) = 83.26 dB
- L (30 metros) = 78.52 dB

**Ecuación (15)**

$$L = 19.07 + 36.3 \log(f\text{GHz}) + 18.3 \log(Rm) + nw [21 \sin \theta + 12.2(1 - \sin \theta)] + 8.6 mf$$

**Resultados**

- L (10 metros) = 172 dB
- L (20 metros) = 299.79 dB
- L (30 metros) = 181.5 dB

---

## Comparación de Mediciones

La ecuación (13) es la que más se acerca a las mediciones del simulador, las demás ecuaciones tienen un porcentaje alto de error.

En la Tabla 23 muestra el modelo de propagación para cálculos de pérdida de trayectoria en una pared que no sobrepasa el 24 %, siendo útil para corroborar que el simulador es confiable, sin embargo, para realizar cálculos con más de una pared presenta un margen de error de más del 100 % haciendo que no sea óptimo para este tipo de medición de pérdida.

**Tabla 23. Margen de Error Wireless inSite- Cost 231**

Wireless inSite - Empirical Model for Wireless LAN-			
Distancia (m)	Wireless inSite (dBm)	EMPIRICAL MODEL FOR WIRELESS LAN	Porcentaje de error (%)
10	88.6	71.86	23.29
20	186.8	89.18	109.46
30	98.1	81.5	20.36

---

## 4.4. Keenan-Motley Model

Con la ecuación de pérdidas por espacio libre se realizó el cálculo de pérdidas por trayecto.

Ecuación (8)

**Pérdidas por trayecto**

$$LKM(d) = LFS(d) + nw Lw + nf Lf$$

- LFS (d) : Pérdidas en el espacio libre.
- Lw : Pérdidas causadas por los muros o paredes.
- nw : Es el número de muros o paredes que debe atravesar la trayectoria.
- Lf : Son las pérdidas o la atenuación causada por los pisos.
- nf : Es el número de pisos que debe atravesar la trayectoria.

Las pérdidas Lw y Lf suelen escogerse desde 1dB a 30dB dependiendo de las dimensiones y materiales del muro o del piso. Hay que tener en cuenta que no es una ley que estas pérdidas varíen entre estos valores.

Para el cálculo de las pérdidas por el espacio libre se utiliza la siguiente formula:

**Ecuación (9)**

$$LFS(d) = 32.45 + 20 \log(f [MHz]) + 20 \log d [Km]$$

---

## Procedimiento

### Pérdidas de Espacio Libre

Se hace uso de la ecuación (9)

$$LFS(d) = 32.45 + 20 \log(MHz) + 20 \log(Rkm)$$

Resultados

- 10 metros  $LFS(d) = 32.45 + 20 \log(2412) + 20 \log(0.01) = 60.09 \text{ dB}$
- 20 metros  $LFS(d) = 32.45 + 20 \log(2412) + 20 \log(0.02) = 66.11 \text{ dB}$
- 30 metros  $LFS(d) = 32.45 + 20 \log(2412) + 20 \log(0.03) = 69.63 \text{ dB}$

### Pérdidas de Trayecto

Para realizar los cálculos se estableció los siguientes valores de las atenuaciones debido a los suelos y los pisos, de acuerdo al material y dimensiones de los mismos:

- $L_w = 18.3 \text{ dB}$ , para todas las paredes
- $L_f = 6.9 \text{ dB}$ . Para todos los pisos

$$LKM(d) = LFS(d) + n_w L_w + n_f L_f$$

Resultados

- 10 metros  $LKM(d) = 60.09 + 1 * 6.9 + 1 * 18.3 = 86.1 \text{ dB}$
- 20 metros  $LKM(d) = 66.1 + 2 * 6.9 + 1 * 18.3 = 98.2 \text{ dB}$
- 30 metros  $LKM(d) = 69.63 + 1 * 6.9 + 1 * 18.3 = 94.83 \text{ dB}$

---

## Comparación de Mediciones

En la Tabla 24, se observa que las pérdidas de trayectoria con una pared son similares al del simulador Wireless inSite y las pérdidas con doble pared tiene un porcentaje de error del 90 % lo que hace que este modelo no se ajuste para predecir pérdidas con varios muros.

**Tabla 24. Margen de Error Wireless inSite - Keenan-Motley Model**

Wireless inSite - Keenan-Motley Model			
Distancia (m)	Wireless inSite (dBm)	Keenan-Motley Model	Porcentaje de error (%)
10	88.6	86.1	2.9
20	186.8	98.2	90
30	98.1	94.83	3.44

# 5. ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO

---

5.1. Estudio Técnico.....	158
5.2. Estudio Económico.....	162

---

## 5.1. Estudio Técnico

### 5.1.1. Punto de Acceso (Ap)

- **Antenas Omnidireccionales**

Se recomienda el uso de un AP con antena omnidireccional de baja ganancia, dado que, para la alta densidad de usuarios, habrá muchos puntos de acceso que estarán cerca; por lo que se requiere que las celdas tengan un radio de cobertura pequeño evitando interferencia en el canal.

- **Potencia de Transmisión**

La potencia de transmisión de radio es un parámetro configurable en diferentes tipos de AP. La potencia máxima es determinada por la agencia reguladora en el país de operación y se establece durante la fabricación del AP. Se elige un AP que no sobrepase los 30 dBm respetando la regulación colombiana.

### **Ganancia de Antena**

---

La implementación tendrá los puntos de acceso con distancias de aproximadamente 20 metros, por lo que no se necesita ganancia elevada ya que ampliaría el radio de la celda, interfiriendo con los demás AP.

- **Punto de Acceso RUCKUS R510**

Se elige este punto de acceso RUCKUS R510, dado que tiene excelentes características para la posterior implementación de la red WLAN, con la posibilidad de tener una arquitectura auxiliar de red tipo Mesh, para el momento en que algún AP tenga inconvenientes con la red cableada de manera automática el AP va a seguir en funcionamiento en Mesh.



**Figura 184. AP RUCKUS R510**

Fabricante: RUCKUS

Referencia: R510

Descripción: Punto de Acceso (AP) (RUCKUS, 2019)

---

- **Punto de Acceso AP CISCO AIR-CAP1702I-A-K9**

Este modelo de punto de acceso (AP) del fabricante CISCO, implementado en el Campus Virgen del Rosario, tiene buenas características de ganancia, potencia y soporte de usuarios para la implementación del nuevo diseño, en las simulaciones realizadas se acomoda a las características de funcionamiento de la red y cobertura.



**Figura 185. AP CISCO AIR-CAP1702I-A-K9**

Fabricante: CISCO

Referencia: CAP1702I-A-K9

Descripción: Punto de Acceso (AP) (CISCO, CISCO, 2018)

## 5.1.2. Principales Características de los AP

Ver hojas de datos en Anexos G, a continuación, se describen las principales características. del AP RUCKUS R510 y el AP AIR-CAP1702I-A-K9 Ver Tabla 25

**Tabla 25. principales Características de los AP a Implementar**

<b>Características WIFI</b>	<b>RUCKUS R510</b>	<b>AIR-CAP1702I-A-K9</b>
Normas WIFI	IEEE 802.11a/b/g/n/ac Wave 2	IEEE 802.11a/b/g/n/ac Wave 2
Velocidades admitidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 802.11ac: 6,5 a 867 Mbps (MCS0 A MCS9)</li> <li>▪ 802.11n: 6,5 Mbps a 300 Mbps (MCS0 a MCS15)</li> <li>▪ 802.11a/g: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps</li> <li>▪ 802.11b: 11; 5,5; 2 y 1 Mbp</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 802.11ac: 6,5 a 4.33 Mbps (MCS0 A MCS9)</li> <li>▪ 802.11n: 6,5 Mbps a 144.4 Mbps (MCS0 a MCS15)</li> <li>▪ 802.11a: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps</li> <li>▪ 802.11g: 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps</li> </ul>
Canales Admitidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2,4 GHz: 1-13</li> <li>▪ 5 GHz: 36-64, 100-144, 149-165</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2,4 GHz: 1-13</li> <li>▪ 5 GHz: 36-64, 100-144, 149-165</li> </ul>
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i y Dynamic PSK</li> <li>▪ WIPS/WIDS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), WPA</li> </ul>
Tipo de antena	Omnidireccional 3 dBi	Omnidireccional 4 dBi
Sensibilidad mínima de recepción	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ -101 dBm (2,4 GHz)</li> <li>▪ -96 dBm (5 GHz)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ -93 dBm (2,4 GHz)</li> <li>▪ -93 dBm (5 GHz)</li> </ul>
Otras características de Wi-Fi	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hotspot</li> <li>▪ Portal cautivo</li> <li>▪ WISPr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Portal cautivo</li> </ul>

---

## 5.2. Estudio Económico

Se realizaron consultas a diferentes empresas colombianas para cotizar los dispositivos a y materiales a utilizar

Se realizó cotización por cada planta de la sede y un valor general de la Clínica veterinaria. Ver tablas

### 5.2.1. Implementación con AP RUCKUS R510

No se tuvo en cuenta los switch ya que se pueden reutilizar los que actualmente están instalados en la sede y también bandejas metálicas para cableado, Rack de distribución, entre otros. Los valores fueron otorgados por la empresa CONSULNETWORKS

#### Campus virgen del Rosario

##### Primer Piso

Tabla 26. Valor Implementación Primer Piso

Primer Piso				
Descripción	Precio	IVA 19%	Cantidad	Total
ZoneFlex R510 Punto de acceso inalámbrico de banda dual 802.11abgn / ac	\$ 1.655.482	\$ 1.970.024	9	\$ 17.730.212
Gigabit-Unit- inyector POE 24 W	\$ 101.823	\$ 121.169	9	\$ 1.090.524
Soporte de socio WatchDog para ZoneDirector 1205, 1 año	\$ 96.922	\$ 115.337	9	\$ 1.038.035
CABLE UTP CATEGORIA 5E CAJA 305MT	\$ 135.000	\$ 160.650	1	\$ 160.650
Minicanal de PVC 2 metros	\$ 10.093	\$ 12.011	40	\$ 480.427
Conectores RJ45	\$ 100	\$ 119	20	\$ 2.380
			<b>Total</b>	<b>\$ 20.502.228</b>

## Segundo Piso

**Tabla 27. Valor Implementación Segundo Piso**

Segundo Piso				
Descripción	Precio	IVA 19%	Cantidad	Total
ZoneFlex R510 Punto de acceso inalámbrico de banda dual 802.11abgn / ac	\$ 1.655.482	\$ 1.970.024	10	\$ 19.700.236
Gigabit-Unit- inyector POE 24 W	\$ 101.823	\$ 121.169	10	\$ 1.211.694
Soporte de socio WatchDog para ZoneDirector 1205, 1 año	\$ 96.922	\$ 115.337	10	\$ 1.153.372
CABLE UTP CATEGORIA 5E CAJA 305MT	\$ 135.000	\$ 160.650	1	\$ 160.650
Minicanal de PVC 2 metros	\$ 10.093	\$ 12.011	50	\$ 600.534
Conectores RJ45	\$ 100	\$ 119	30	\$ 3.570
			<b>Total</b>	<b>\$ 22.830.055</b>

## Tercer Piso

**Tabla 28. Valor Implementación Tercer Piso**

Tercer Piso				
Descripción	Precio	IVA 19%	Cantidad	Total
Controlador ZoneDirector 1205	\$ 1.901.250	\$ 2.262.488	1	\$ 2.262.488
Partner WatchDog Support for ZoneDirector 1205, 1 Year	\$ 710.814	\$ 845.869	1	\$ 845.869
ZoneFlex R510 Punto de acceso inalámbrico de banda dual 802.11abgn / ac	\$ 1.655.482	\$ 1.970.024	10	\$ 19.700.236
Gigabit-Unit- inyector POE 24 W	\$ 101.823	\$ 121.169	10	\$ 1.211.694
ZoneDirector 1200 Single AP Licencia	\$ 327.945	\$ 390.255	39	\$ 15.219.927
Soporte de socio WatchDog para ZoneDirector 1205, 1 año	\$ 96.922	\$ 115.337	10	\$ 1.153.372
CABLE UTP CATEGORIA 5E CAJA 305MT	\$ 135.000	\$ 160.650	1	\$ 160.650
Minicanal de PVC 2 metros	\$ 10.093	\$ 12.011	50	\$ 600.534
Conectores RJ45	\$ 100	\$ 119	30	\$ 3.570
			<b>Total</b>	<b>\$ 41.158.338</b>

## Clínica Veterinaria

**Tabla 29. Valor Implementación Clínica Veterinaria SVR**

Clínica veterinaria				
Descripción	Precio	IVA 19%	Cantidad	Total
ZoneFlex R510 Punto de acceso inalámbrico de banda dual 802.11abgn / ac	\$ 1.655.482	\$ 1.970.024	10	\$ 19.700.236
Gigabit-Unit- inyector POE 24 W	\$ 101.823	\$ 121.169	10	\$ 1.211.694
Soporte de socio WatchDog para ZoneDirector 1205, 1 año	\$ 96.922	\$ 115.337	10	\$ 1.153.372
CABLE UTP CATEGORIA 5E CAJA 305MT	\$ 135.000	\$ 160.650	1	\$ 160.650
Minicanal de PVC 2 metros	\$ 10.093	\$ 12.011	75	\$ 900.800
Conectores RJ45	\$ 100	\$ 119	25	\$ 2.975
			<b>Total</b>	<b>\$ 23.129.727</b>

---

## Valor Total Implementación

Tabla 30. Valor Total AP RUCKUS Campus Virgen del Rosario

Valor Total diseño con RUCKUS R510	
	Valor
Primer piso	\$ 20.502.228
Segundo piso	\$ 22.830.055
Tercer piso	\$ 41.158.338
Clinica veterinaria	\$ 23.129.727
Total	\$ 107.620.348

## 5.2.2. Implementación con AP CISCO AIR-CAP1702I-A-K9

Se realizó cotización por cada planta de la sede y un valor general de la Clínica veterinaria. los valores fueron otorgados por la empresa Digital Tecnology SAS

No se tuvo en cuenta los switch ya que se pueden reutilizar los que actualmente están instalados en la sede.

### Campus virgen del Rosario

#### Primer Piso

Tabla 31. Valor Implementación Primer Piso Clínica Veterinaria

Primer Piso				
Descripción	Precio	IVA 19%	Cantidad	Total
AP AIR-CAP1702I-A-K9	\$ 1.287.160	\$ 1.531.720	9	\$ 13.785.484
Cisco SmartNet 8X5XNBD for Access Point Cisco Aironet AIR-AP1832I-A-K9 Extensión de Garantía + Servicio de Soporte Técnico directo con Cisco .Suscripción x 12 Meses	\$ 96.537	\$ 114.879	9	\$ 1.033.911
CABLE UTP CATEGORIA 5E CAJA 305MT	\$ 135.000	\$ 160.650	1	\$ 160.650
Minicanal de PVC 2 metros	\$ 10.093	\$ 12.011	40	\$ 480.427
Conectores RJ45	\$ 100	\$ 119	20	\$ 2.380
			<b>Total</b>	<b>\$ 15.462.852</b>

#### Segundo Piso

Tabla 32. Valor Implementación Segundo Piso Clínica Veterinaria

Segundo Piso				
Descripción	Precio	IVA 19%	Cantidad	Total
AP AIR-CAP1702I-A-K9	\$ 1.287.160	\$ 1.531.720	10	\$ 15.317.204
Cisco SmartNet 8X5XNBD for Access Point Cisco Aironet AIR-AP1832I-A-K9 Extensión de Garantía + Servicio de Soporte Técnico directo con Cisco .Suscripción x 12 Meses	\$ 96.537	\$ 114.879	10	\$ 1.148.790
CABLE UTP CATEGORIA 5E CAJA 305MT	\$ 135.000	\$ 160.650	1	\$ 160.650
Minicanal de PVC 2 metros	\$ 10.093	\$ 12.011	50	\$ 600.534
Conectores RJ45	\$ 100	\$ 119	30	\$ 3.570
			<b>Total</b>	<b>\$ 17.230.748</b>

## Tercer Piso

**Tabla 33. Valor Implementación Tercer Piso Clínica Veterinaria**

Tercer Piso				
Descripción	Precio	IVA 19%	Cantidad	Total
AP AIR-CAP1702I-A-K9	\$ 1.287.160	\$ 1.531.720	10	\$ 15.317.204
Cisco SmartNet 8X5XNBD for Access Point Cisco Aironet AIR-AP1832I-A-K9 Extensión de Garantía + Servicio de Soporte Técnico directo con Cisco .Suscripción x 12 Meses	\$ 96.537	\$ 114.879	10	\$ 1.148.790
CABLE UTP CATEGORIA 5E CAJA 305MT	\$ 135.000	\$ 160.650	1	\$ 160.650
Minicanal de PVC 2 metros	\$ 10.093	\$ 12.011	50	\$ 600.534
Conectores RJ45	\$ 100	\$ 119	30	\$ 3.570
			<b>Total</b>	<b>\$ 17.230.748</b>

## Clínica Veterinaria

**Tabla 34. Valor Implementación Clínica Veterinaria**

Clínica Veterinaria				
Descripción	Precio	IVA 19%	Cantidad	Total
AP AIR-CAP1702I-A-K9	\$ 1.287.160	\$ 1.531.720	9	\$ 13.785.484
Cisco SmartNet 8X5XNBD for Access Point Cisco Aironet AIR-AP1832I-A-K9 Extensión de Garantía + Servicio de Soporte Técnico directo con Cisco .Suscripción x 12 Meses	\$ 96.537	\$ 114.879	9	\$ 1.033.911
CABLE UTP CATEGORIA 5E CAJA 305MT	\$ 135.000	\$ 160.650	1	\$ 160.650
Minicanal de PVC 2 metros	\$ 10.093	\$ 12.011	75	\$ 900.800
Conectores RJ45	\$ 100	\$ 119	25	\$ 2.975
			<b>Total</b>	<b>\$ 15.883.820</b>

---

## Valor Total

**Tabla 35. Valor Total Implementación AP CISCO  
Campus Virgen del Rosario**

Valor Total diseño con AIR-CAP1702I-A-K9	
	Valor
Primer piso	\$ 15.462.852
Segundo piso	\$ 17.230.748
Tercer piso	\$ 17.230.748
Clinica veterinaria	\$ 15.883.820
<b>Total</b>	<b>\$ 65.808.167</b>

El mejor AP para la implementación en toda la sede Virgen del Rosario y Clínica Veterinaria sería el Ruckus R510, porque tiene la alternativa de implementación en red mesh, que facilitaría la ampliación de la red sin la necesidad de utilizar cable UTP. También es una mejor alternativa para que la red siempre esté en funcionamiento, porque se puede hacer la instalación en modo infraestructura y llegado el caso de que un AP o varios tengan problemas de conexión cableada, automáticamente entra en operación el modo mesh. Adicionalmente en la administración de este AP brinda mejores alternativas, una de ellas es el hostpot que permite controlar el consumo de ancho de banda como se desee, ya sea con la limitación de ciertos Mbps por horas dando prioridad a otros usuarios.

En términos económicos es mejor la implementación del AP del fabricante CISCO dado que la red actual cuenta con esos puntos de acceso y no será necesario adquirir una controladora ni dispositivos POE para alimentar los AP.

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

6.1.	CONCLUSIONES.....	168
6.2.	RECOMENDACIONES .....	173

---

#### 6.1. CONCLUSIONES

- Por medio del controlador inalámbrico de red (WLC) se obtuvieron las configuraciones actuales de los puntos de acceso (AP) y teniendo en cuenta parámetros del dispositivo receptor (ganancia, potencia y sensibilidad), se pudo realizar la simulación de cobertura actual. Mediante el uso del software de simulación Wireless inSite que hace uso del modelo de trazado de rayos, es eficiente para el análisis de sistemas de propagación de ondas de radio, ya que tiene en cuenta las características de los materiales de construcción que aportan atenuación a la onda electromagnética; esta capacidad proporcionó la información suficiente para determinar zonas de baja cobertura en la sede Virgen del Rosario y Clínica Veterinaria. Para corroborar las zonas de baja cobertura se utiliza el software inSSIDer que proporciona información acerca de la intensidad de señal en el receptor.

- 
- En términos de calidad la red WLAN es deficiente, porque solo cuenta con 20 Mbps para brindar el servicio de conexión a Internet a toda la comunidad universitaria, con el número elevado de usuarios que hay en el campus se presenta desestabilización de la red cuando hay un alto consumo de ancho de banda. Lo anterior fue corroborado con una encuesta en la que la gran mayoría de los usuarios están inconformes con el servicio WI-FI prestado actualmente.
  
  - Mediante la recolección de información en Registro y Control de la Universidad de Pamplona, permitió la obtención de un aproximado de cuantos estudiantes frecuentan el campus Virgen del Rosario por hora, con la ayuda de la encuesta en donde se refleja que la mayoría de estudiantes hacen uso de la red con más de un dispositivo y por medio del escaneo de la red WLAN con el software inSSIDer; se visualizó el número de usuarios conectados en un determinado momento. Con lo anterior se tendría la información suficiente para sacar un promedio de cuantos usuarios establecerían conexión a Internet, para posteriormente realizar un rediseño de red en donde se harán instalaciones de nuevos puntos de acceso (AP), que tendrán la capacidad de soportar un gran número de usuarios y con nueva asignación de ancho de banda que mejorará la calidad del servicio WLAN.
  
  - Actualmente en la sede Virgen del Rosario presenta zonas de baja cobertura, en el primer piso cerca de la sala de Ping-Pong, segundo piso en el corredor 1 y tercer piso en corredor 1, es estos sitios se producen desconexiones repentinas y en otras ocasiones no se puede establecer conexión. Se corroboró la baja intensidad de señal con el software inSSIDer, en donde la intensidad de señal sobrepasa los -80 dBm y posteriormente se validó esta información con las

---

simulaciones echas con el software Wireless Insite, reflejando que en las zonas en donde se hicieron las mediciones de baja intensidad; el radio de la celda no alcanza a llegar. Con lo anterior se comprueba que el simulador es confiable en los cálculos que realiza para la estimación del mapa de calor.

- Para corroborar que el software de simulación Wireless inSite es fiable, se realizaron cálculos de pérdidas por trayecto con los modelos de propagación *Cost 231 Multiwall*, *Empirical Model for Wireless WLAN* y *Keenan Motley*. El modelo que más se aproxima a las mediciones realizadas en el software *Wireless inSite* es el *Cost 231 Multi Wall*, fue el único que no sobrepaso el 38 % de margen de error en la medición con dos paredes y con una pared el 28 %. Es un valor alto, pero se resalta que el software de simulación funciona con un modelo determinista de trazado de rayos que tiene en cuenta otras características como reflexiones, transmisiones y difracciones junto con la absorción atmosférica de la onda electromagnética. Para los cálculos de perdidas con una sola intervención el más indicado sería el *modelo de Keenan Motley*, dado que las pérdidas por trayectoria tienen un margen de error que no sobrepasan el 3 % siendo prácticamente iguales.
  
- Las simulaciones que se realizan con la infraestructura totalmente cerrada, se presentan un alto grado de atenuación de la señal, en comparación al caso en donde las puertas de la instalación están abiertas. En la comparación de las mediciones de intensidad de señal realizadas en cinco puntos diferentes en cada planta con la herramienta de escaneo de redes *inSSIDer* y las mediciones con

---

el simulador *Wireless inSite*, se evidencia que el promedio de las mediciones realizadas no supera un 15 % de error, permitiendo de esta manera tener confianza en el software para realizar diseños de ampliación de cobertura inalámbrica.

- El primer diseño soluciona la baja cobertura que se presenta actualmente en la sede Virgen del Rosario y brindaría una excelente cobertura a la Clínica Veterinaria, la solución se lograría teniendo en cuenta la inclusión de nuevos puntos de acceso que soportan la mitad de usuarios que frecuentan la instalación conectados simultáneamente evitando congestión. Para brindar un servicio eficiente se requiere que el ancho de banda asignado para el campus Virgen del Rosario y Clínica sea de al menos 512 Mbps, asignando a cada usuario 1 Mbps de descarga y al menos 512 Kbytes de carga.
- El segundo diseño está conformado con la misma cantidad de AP del primer diseño, con la instalación de puntos de acceso (AP) dentro de las aulas de clase, se observa que el radio de la celda es menor y deja otras áreas sin cobertura. Para solventar esto se hace necesario tener un mayor número de puntos de acceso incrementando el costo y teniendo redundancia de dispositivos por que el diseño tiene una visualización a futuro de operación en la banda de 5 GHz.
- Con el análisis de las simulaciones de cobertura de los diseños, se hace necesario que se baje la potencia de transmisión, porque hay un número considerable de puntos de acceso en la zona, lo que amerita que las celdas sean

---

pequeñas para que disminuya la interferencia de canal. Con lo anterior también se pretende que cada celda tenga una cantidad pequeña de usuarios con buena intensidad de señal, brindándoles un servicio de calidad.

- Las distancias para la implementación del diseño del punto de acceso (Ap), hasta el Nodo principal son de un máximo de 80 metros, respetando la distancia máxima de 90 metros de cableado horizontal de la Norma Colombiana de Cableado estructurado NTC 4353
- Para la implementación del rediseño de red con los puntos de acceso del fabricante RUCKUS, en el caso de que algún AP presente problemas de conexión, la red tendría la alternativa de entrar en modo automático en funcionamiento mesh; por lo que no se vería afectado el funcionamiento normal de la red en el campus. También se podrá hacer la instalación solo funcionamiento mesh para tener reducción en gastos de materiales y mano de obra. Con el AP del fabricante CISCO se tendrá reducción de costos en la compra, por que actualmente se encuentran instalados dispositivos de esta marca y no fuese necesario adquirir controlador de red y todos los AP en su totalidad.

---

## 6.2. RECOMENDACIONES

- **Asignación de ancho de banda**

Se requiere que la asignación total de ancho de banda para la sede Virgen del Rosario y Clínica Veterinaria, sea de por lo menos 512 Mbps, garantizando que los usuarios puedan tener navegación estable y evitando que no hallan cuellos de botella en el momento en el que el tráfico sea alto. También la creación de VLAN para evitar que haya congestión por la difusión masiva de broadcast que inundan toda la red.

- **Configuración Óptima de los AP**

Se sugiere que la configuración del controlador de red inalámbrico (WLC), no esté en modo automático y se administren los canales manualmente a cada punto de acceso en la banda de 2.4 GHz y 5GHz, para evitar interferencias cocanal de canal adyacente que intervienen en el rendimiento estable de la red WLAN. De igual modo la administración de ancho de banda por usuario es necesaria, porque actualmente está en modo automático permitiendo que un solo AP disponga de todo el ancho de banda asignados a la sede. Lo que implica, que, si hay un alto consumo en esa área, se verá afectada toda la red WLAN y más porque no se tiene control del número de usuarios que se puedan conectar al punto de acceso.

---

- **Zonas de baja cobertura**

En todas las plantas que conforman la infraestructura del Campus Virgen del Rosario se detectaron zonas de baja cobertura en las que se necesitan instalación de nuevos puntos de acceso que permitan que el radio de la celda llegue y pueda proporcionar conexión a Internet a los estudiantes y administrativos que la frecuentan.

### BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, R. B. (s.f.). *ACADEMIA*. Recuperado el 20 de Junio de 2019, de [https://www.academia.edu/10963565/PARAMETROS\\_DE\\_CALIDAD\\_DE\\_SERVICIO\\_CALIDAD\\_DE\\_SERVICIO\\_QoS](https://www.academia.edu/10963565/PARAMETROS_DE_CALIDAD_DE_SERVICIO_CALIDAD_DE_SERVICIO_QoS)
- Beltrán, Y., & Pérez, M. R. (s.f.). *Algoritmo de Ray-Tracing Para Modelar el Canal Inalámbrico en Ambientes Indoor*. Recuperado el 20 de Junio de 2019, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/34104/BeltranGomezYesicaTatiana2017A1.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Camargo Olivares, J. L. (5 de Mayo de 2009). *Biblioteca de Ingeniería Universidad de Sevilla*. Recuperado el 17 de Junio de 2019, de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/direccion/Volumen0%252F>
- Carlos, S., Luis, C., & ReigotoLuis. (2012). *A Lightweight Indoor Localization Model based*. London: Julio.
- CARRASCO MUÑOZ, A., RODRÍGUEZ, R., & Jorge. (s.f.). *scribd*. Recuperado el 20 de mayo de 2019, de <https://es.scribd.com/document/171109292/Topologias-Inalambricas>
- CISCO. (22 de Julio de 2017). *CISCO*. Recuperado el 05 de Junio de 2019, de [https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1250-series/design\\_guide\\_c07-693245.html](https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1250-series/design_guide_c07-693245.html)

---

COMUNICACIONES, M. D. (13 de Enero de 2005). *mintic*. Recuperado el 17 de Junio de 2019, de [https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3569\\_documento.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3569_documento.pdf)

COMUNICACIONES, M. D. (14 de Octubre de 2009). *mintic*. Recuperado el 20 de Junio de 2019, de [https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3770\\_documento.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3770_documento.pdf)

Cuenca, U. d. (s.f.). *Universidad de Cuenca*. Recuperado el 06 de Junio de 2019, de <https://es.scribd.com/document/342524542/Modelos-Indoor>

Goldsmith, A. (2005). *Stanford University*. Recuperado el 07 de Junio de 2019, de <http://ee.sharif.edu/~pr.wireless.comm/references/Goldsmith.pdf>

ICONTEC. (1997). *NORMA TÉCNICA NTC 4353*. Bogotá.

Joskowicz, J. (11 de 10 de 2013). *Instituto de Ingeniería Eléctrica*. Recuperado el 20 de 06 de 2019, de <https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>

Joskowicz, J. (10 de Octubre de 2013). *Universidad de la República*. Recuperado el 17 de Junio de 2019, de <https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Cableado%20Estructurado.pdf>

Marquez Mosquera, J. J. (29 de Agosto de 2018). *Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas*. Recuperado el 07 de Mayo de 2019, de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14172>

- 
- RUCKUS. (1 de Agosto de 2019). *RUCKUS an ARRIS company*. Obtenido de <https://www.ruckuswireless.com/es/products/access-points/ruckus-indoor/ruckus-r510>
- Salazar, J. (s.f.). *upcommons*. Recuperado el 05 de 2019, de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf)
- Seidel, S. Y. (1991). Path Loss, Scattering, and Multipath Delay Statistics. *IEEE, VOL. 40(4)*, 721-730.
- Sevilla, U. d. (s.f.). *BIBLIOTECA DE INGENIERÍA* . Recuperado el 5 de mayo de 2019, de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen2%252F11-Cap%C3%ADtulo6+-+Modelos+de+propagaci%C3%B3n+en+interiores.pdf>
- Tuan, S.-C., J-C Chen, H.-T. C., & Chou, H.-H. (s.f.). Optimization of Propagation Modcls for the Radio Performance Evaluation of. *IEEE*, 1-4.

### 8. ANEXOS

---

8.1.	Anexo A Configuraciones Actuales de los Puntos de Acceso (AP).....	179
8.2.	Anexo B Manual de uso Wireless inSite .....	187
8.3.	Anexo C Simulación de cobertura actual segundo y Tercer piso .....	198
8.4.	Anexo D Encuesta realizada .....	202
8.5.	Anexo E Evidencia Encuesta.....	203
8.6.	Anexo F Mediciones a cinco puntos software inSSIDer .....	206
8.7.	Anexo G Mediciones Simulador Wireless inSite .....	216
8.8.	Anexo H Hojas de Datos AP RUCKUS - CISCO .....	230

---

## 8.1. Anexo A Configuraciones Actuales de los Puntos de Acceso (AP)

En este apartado se pueden observar las configuraciones que actualmente tienen los puntos de acceso en el campus Virgen del Rosario, datos que fueron adquiridos por medio del controlador inalámbrico WLC AIR-CT5520-K9

### AP 62

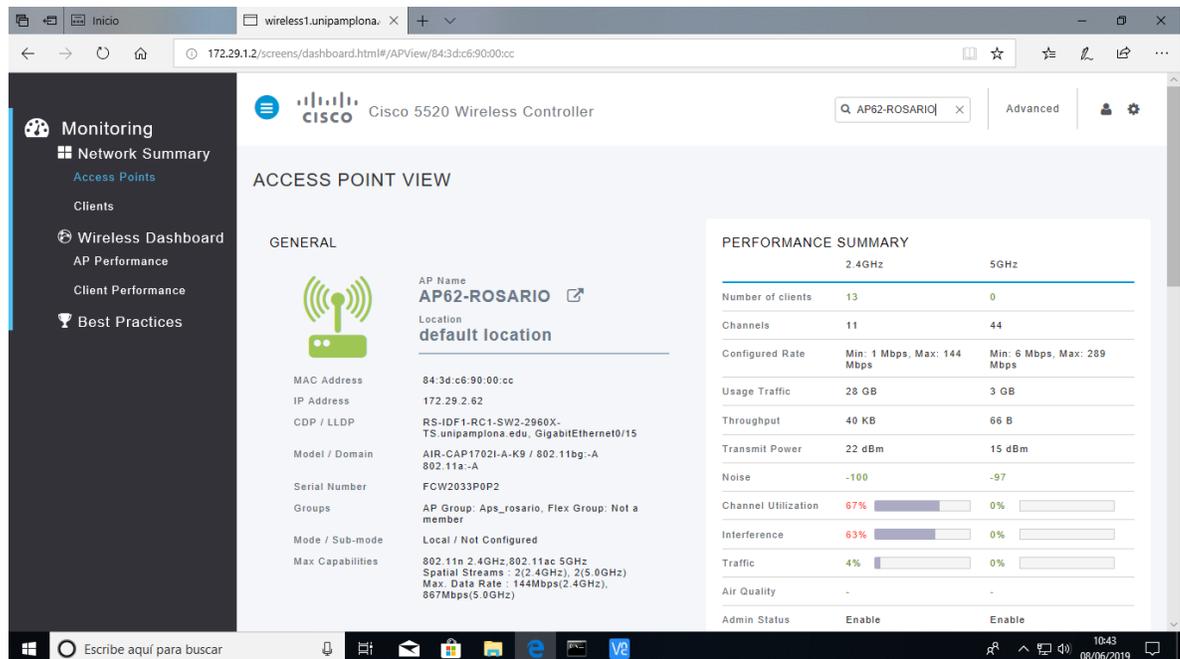


Figura 186. Configuración Actual AP 62

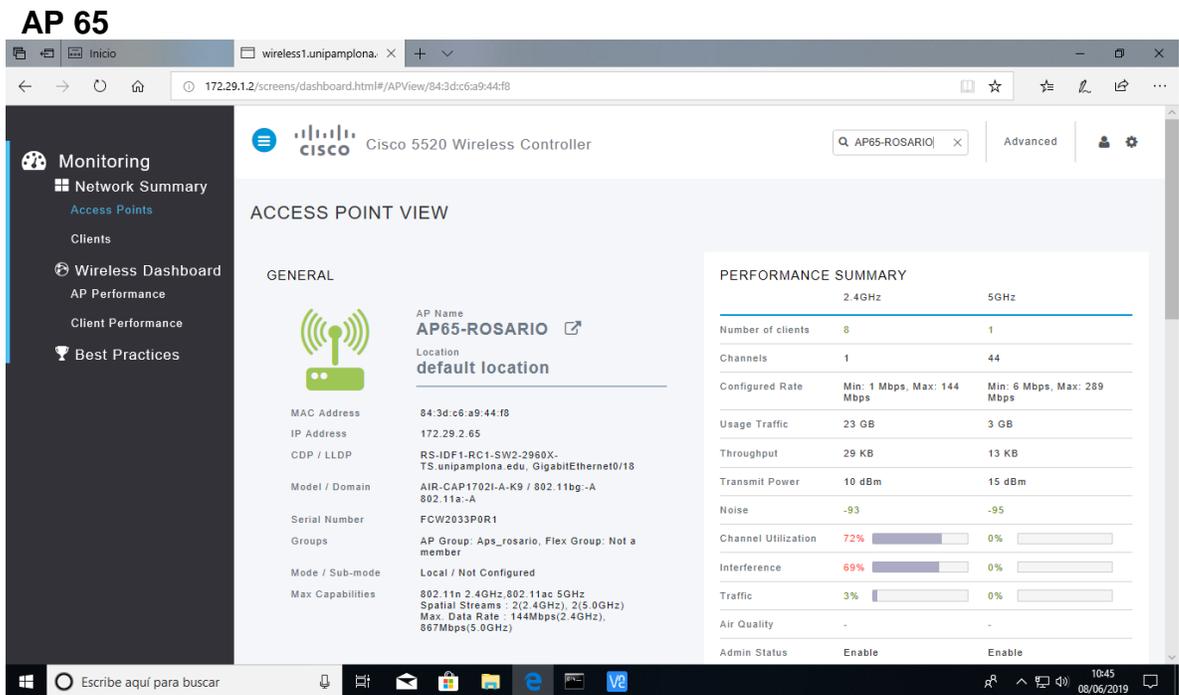


Figura 187. Configuración Actual AP 65

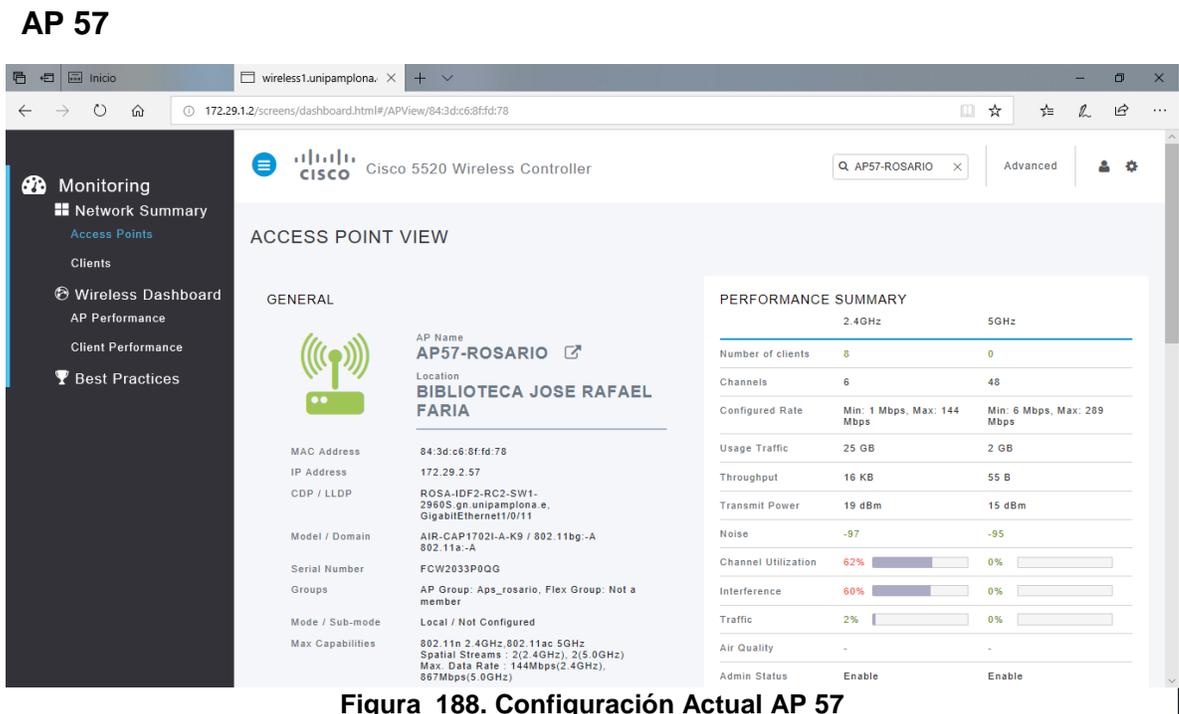


Figura 188. Configuración Actual AP 57

## AP 60

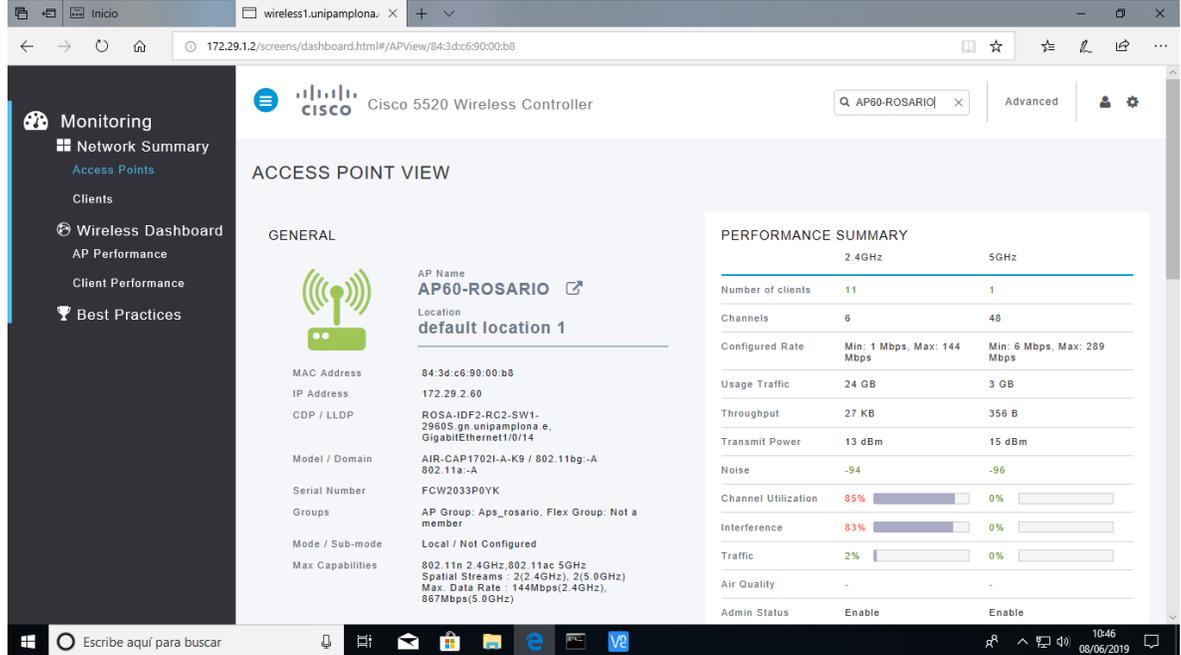


Figura 189. Configuración Actual AP 60

## AP 56

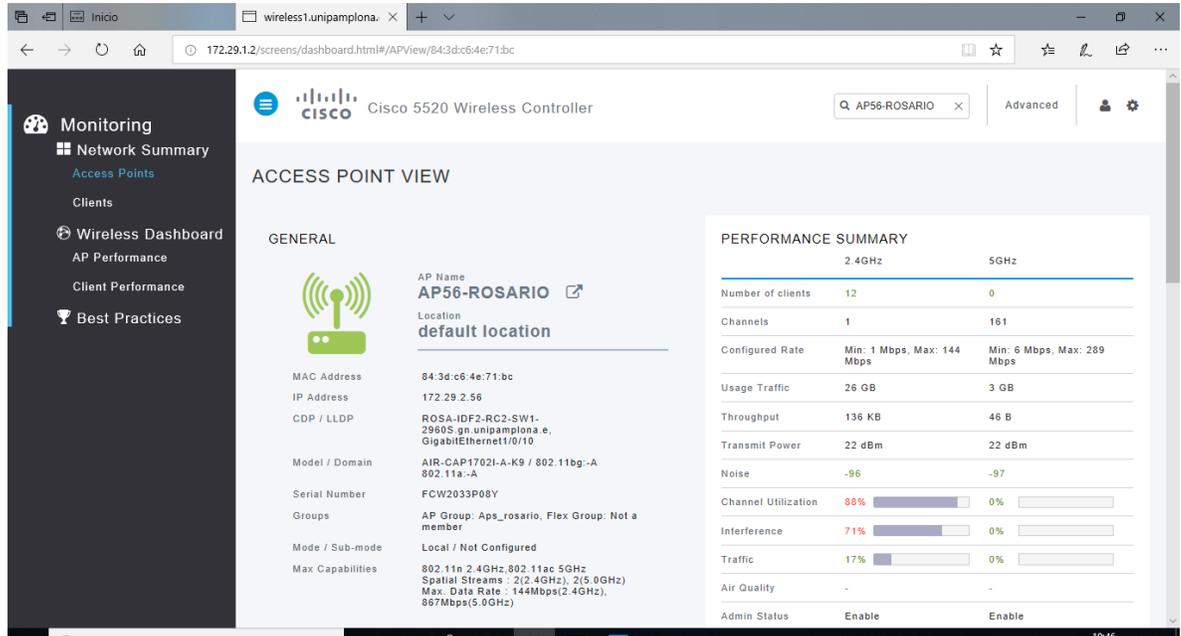


Figura 190. Configuración Actual AP 56

## AP 58

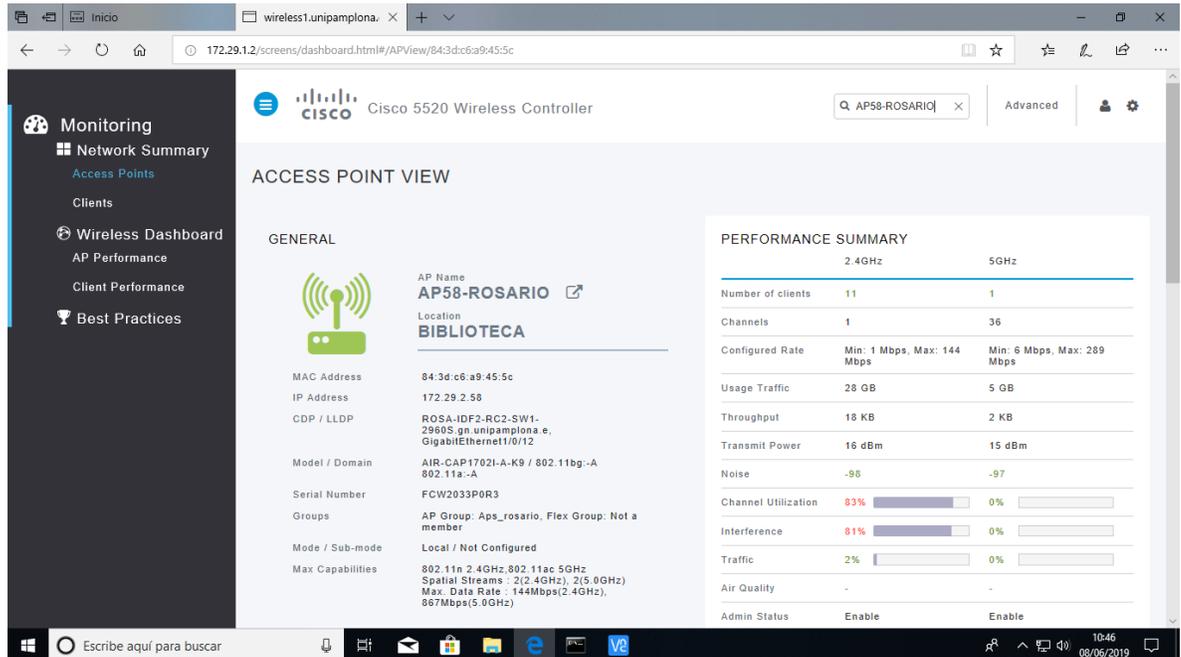
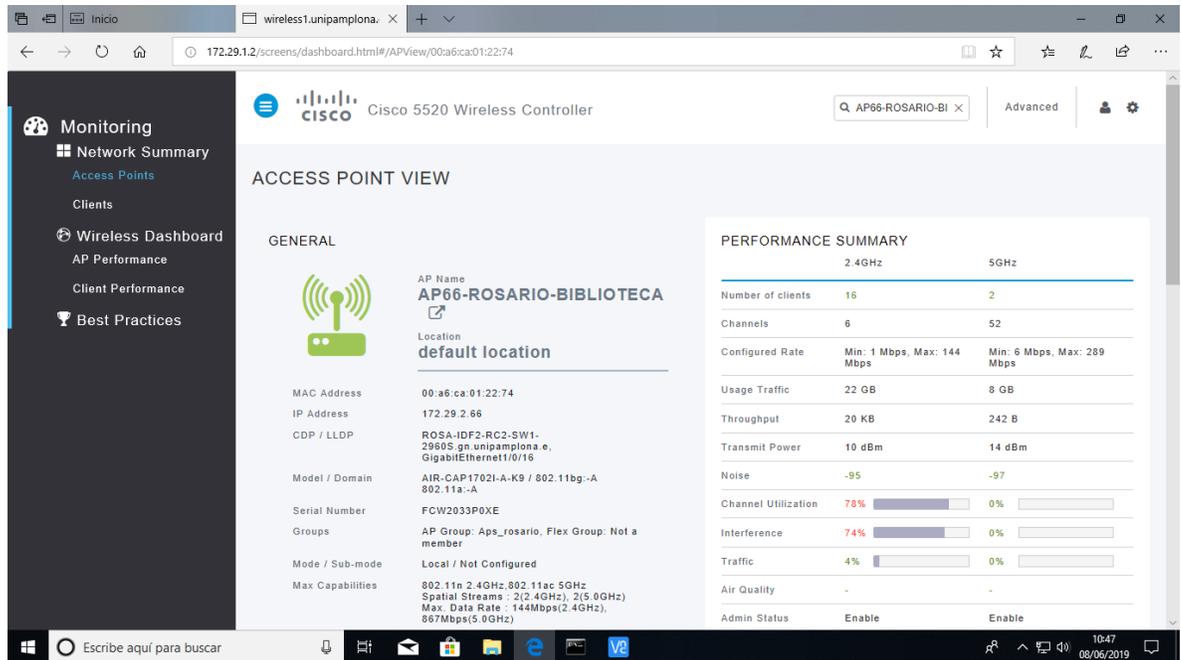


Figura 191. Configuración Actual AP 66

## AP 66



## AP 69

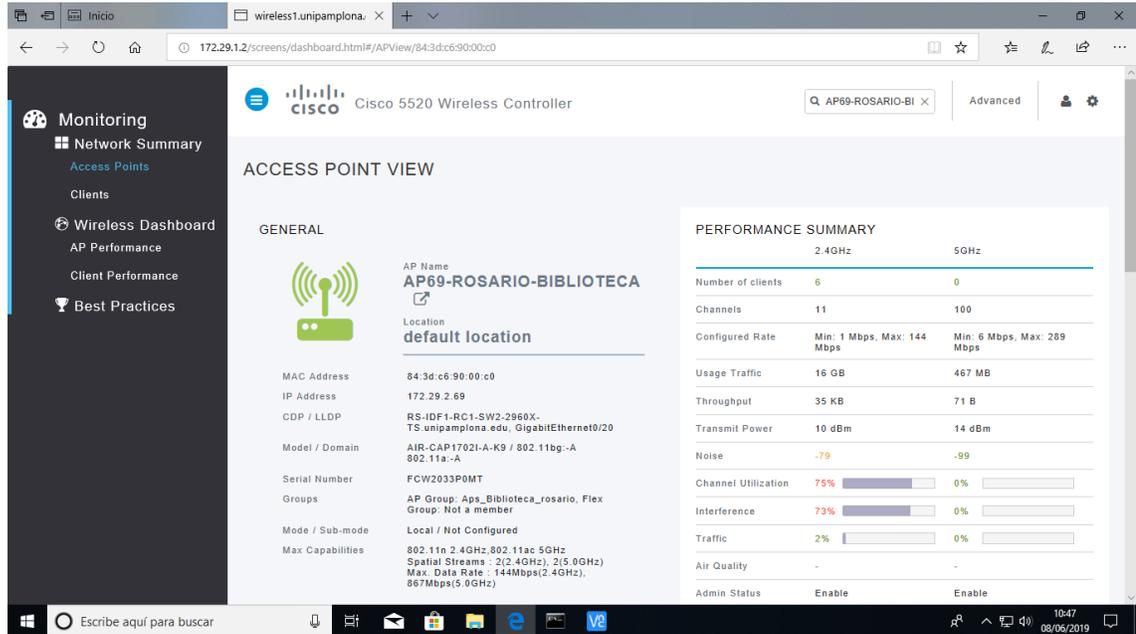


Figura 192. Configuración Actual AP 69

## AP 75

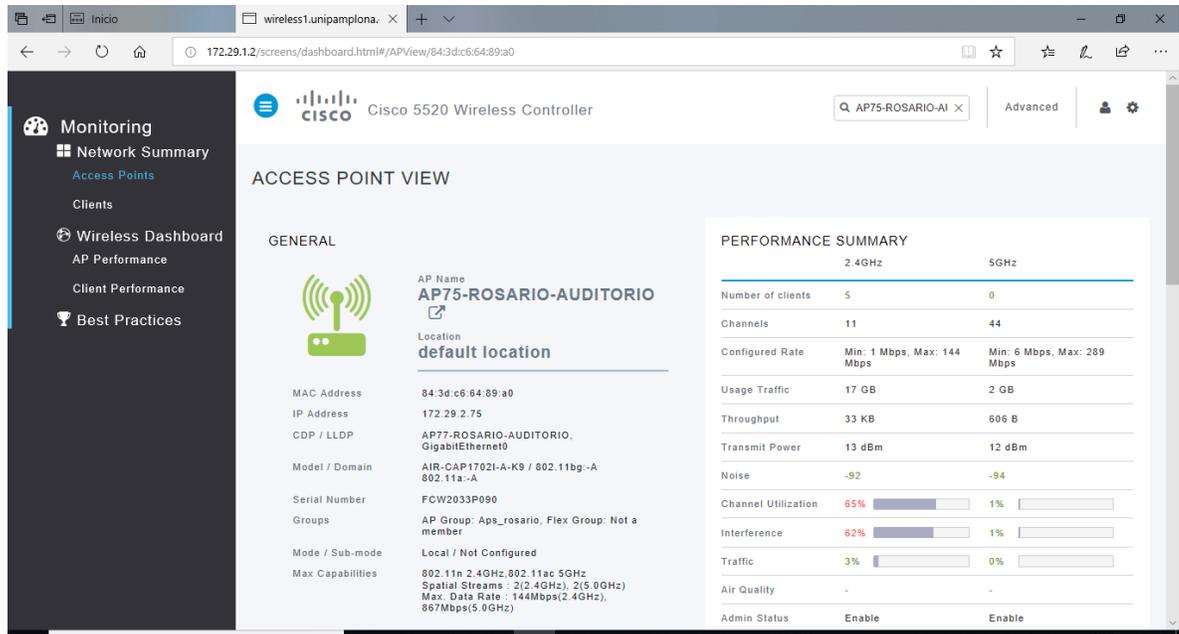


Figura 193. Configuración Actual AP 75

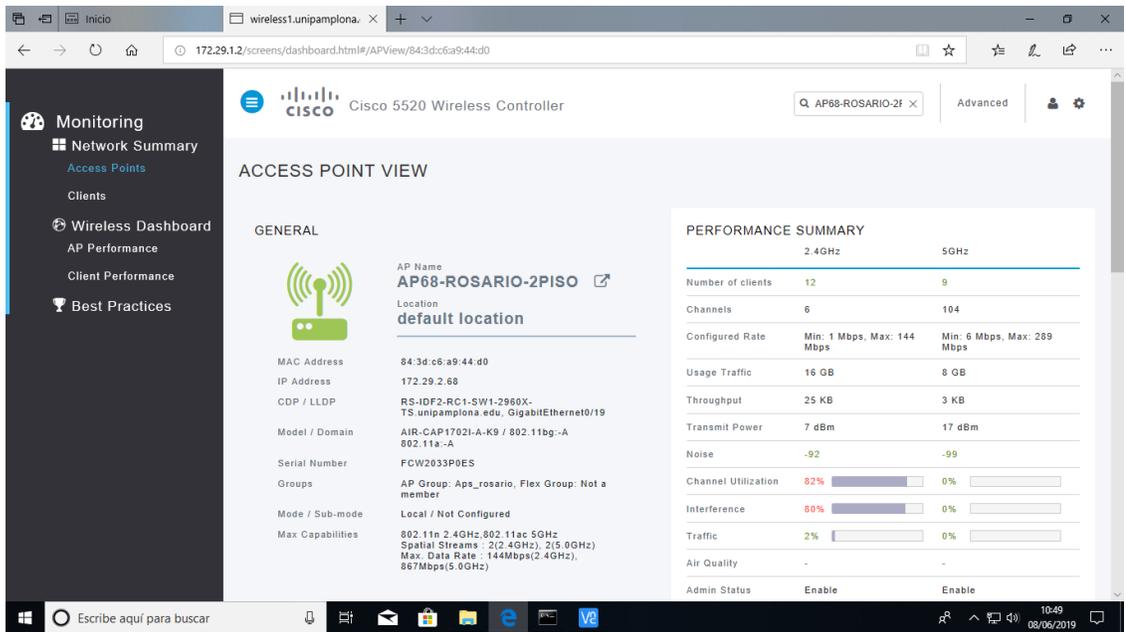


Figura 194. Configuración Actual AP 68

**AP 77**

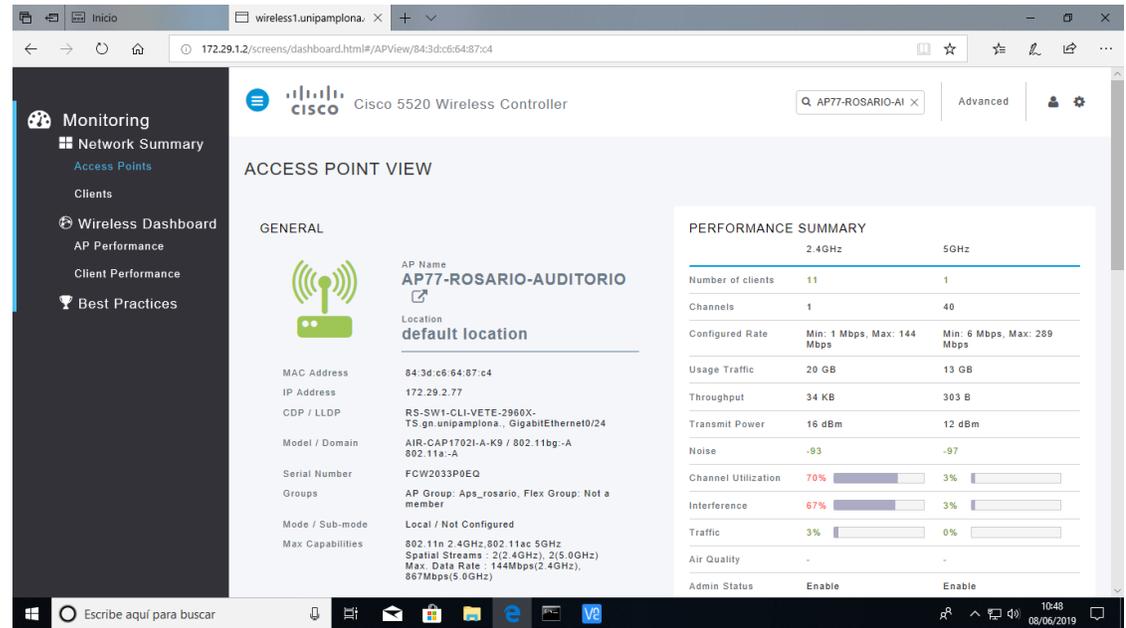


Figura 195. Configuración Actual AP 77

# AP 64

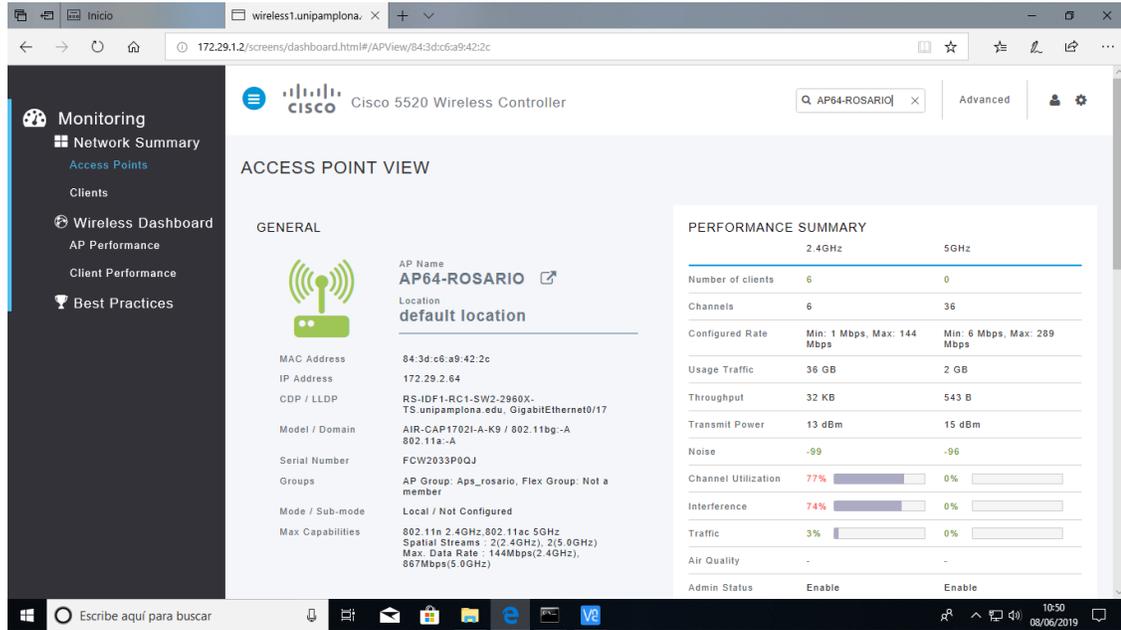


Figura 196. Configuración Actual AP 64

# AP 59

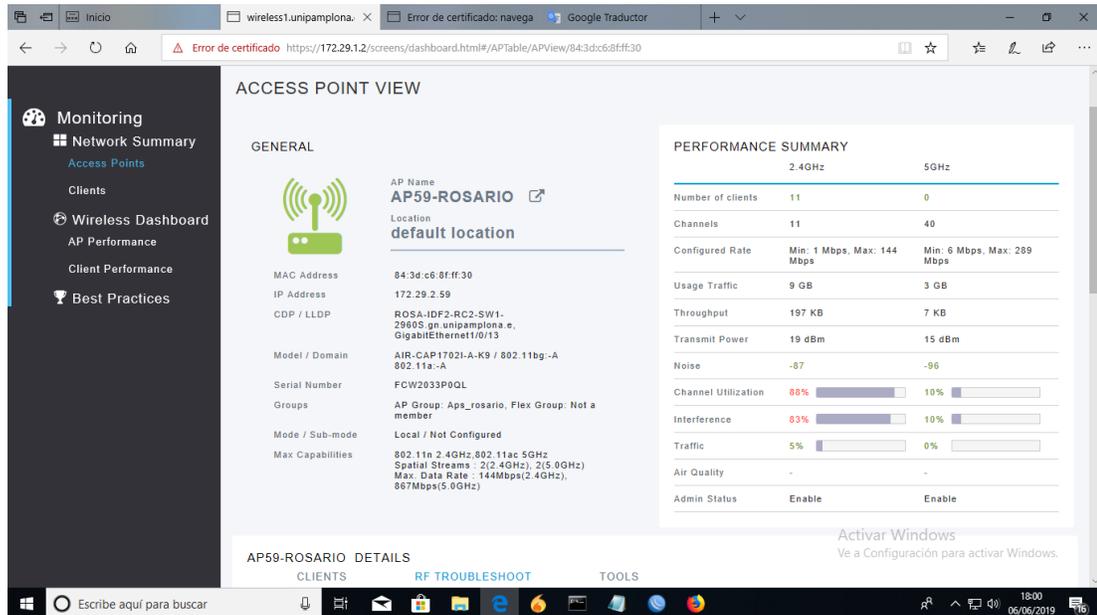


Figura 197. Configuración Actual AP 59

## AP 61

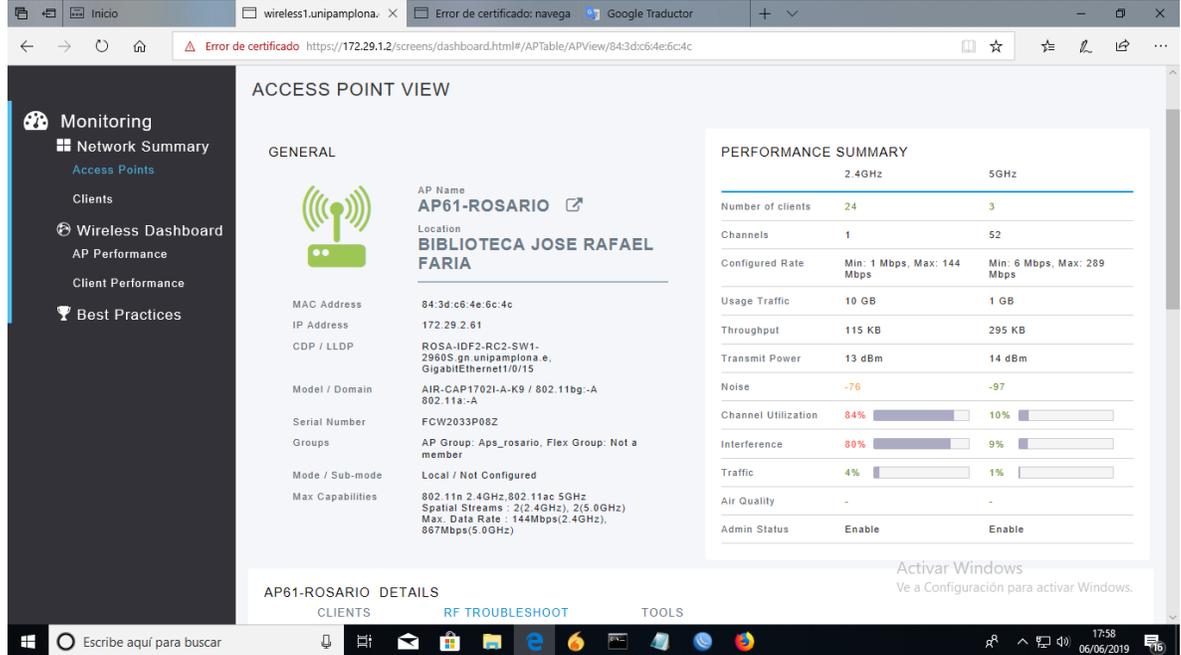


Figura 198. Configuración Actual AP 61

## AP 71

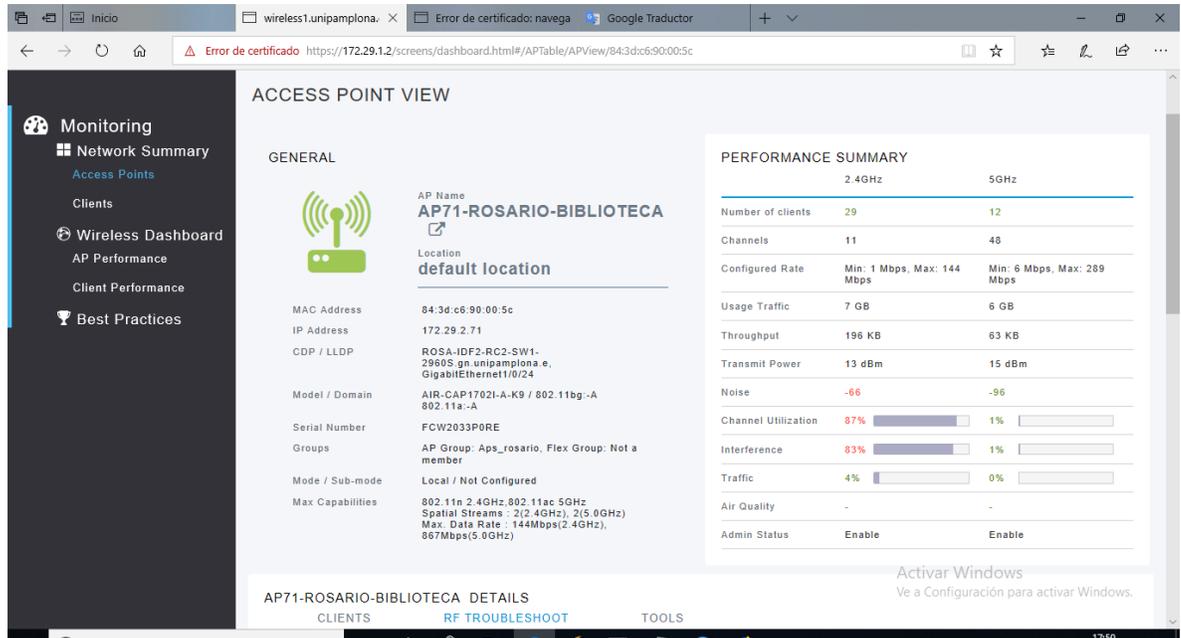


Figura 199. Configuración Actual AP 71

---

## 8.2. Anexo B Manual de uso Wireless inSite

A continuación, se hace una breve explicación del funcionamiento del simulador, mediante la realización de un plano manualmente. Para simular un archivo CAD, se debe seguir los mismos pasos.

Menú de WIRELESS INSITE, Para crear un plano manualmente, es necesario dar clic en New, Feature, floor plan

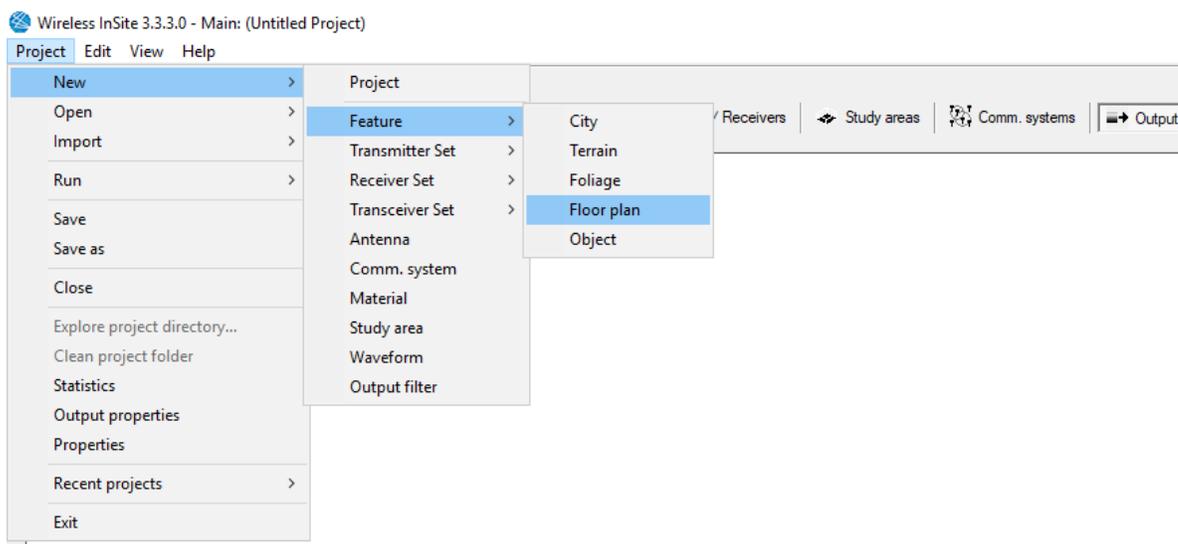
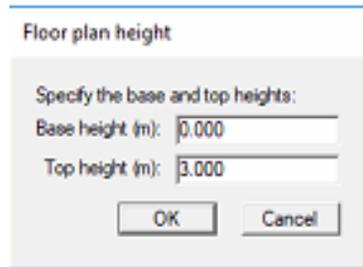


Figura 200. Creación de Plano Wireless inSite

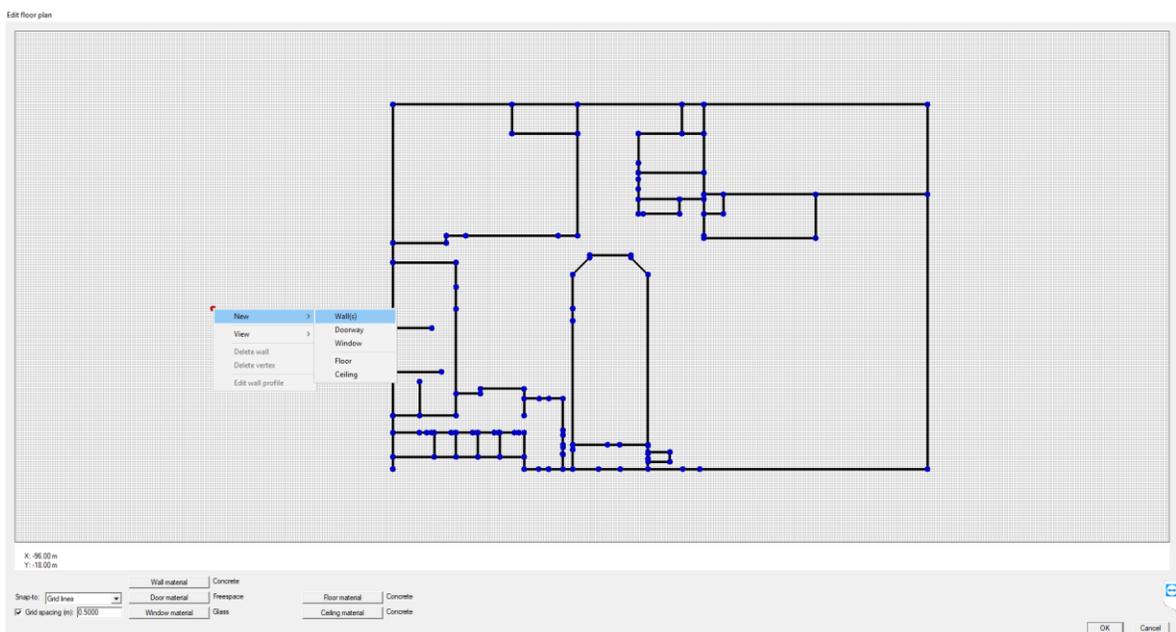
Aparecerá un mensaje, en el que pide la altura de la base y el techo



**Figura 201. Altura de la base a la placa**

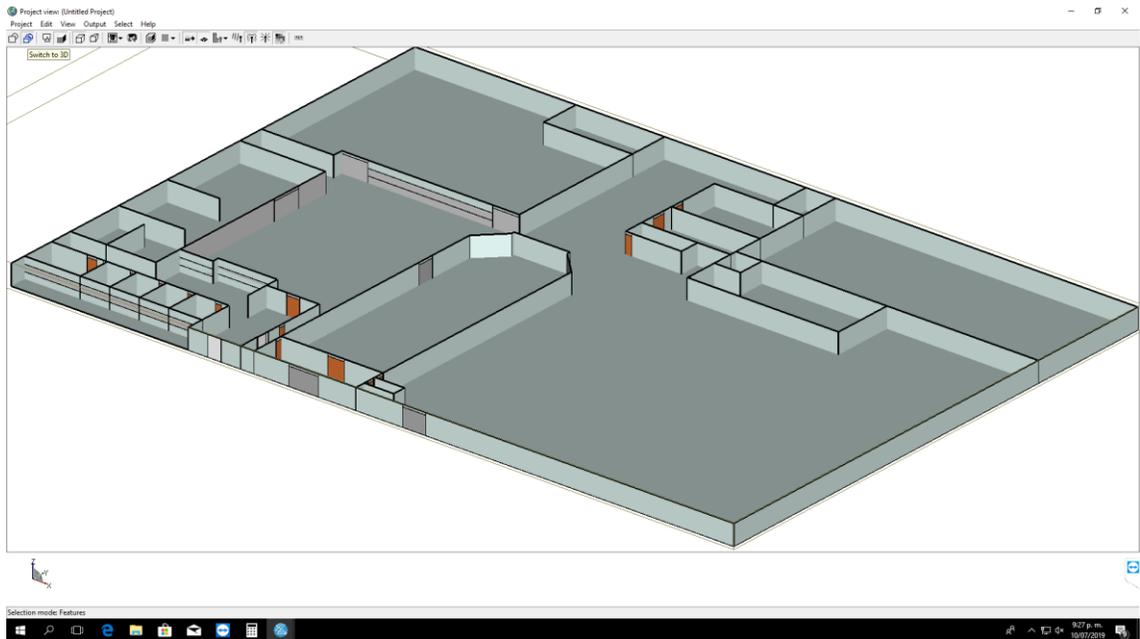
El área de trabajo contiene grillas que se pueden aumentar o disminuir a comodidad del diseñador, para agregar cualquier elemento es necesario dar clic derecho y seleccionar pared, techo, piso o puerta

En la parte inferior izquierda se pueden cambiar las propiedades de los materiales



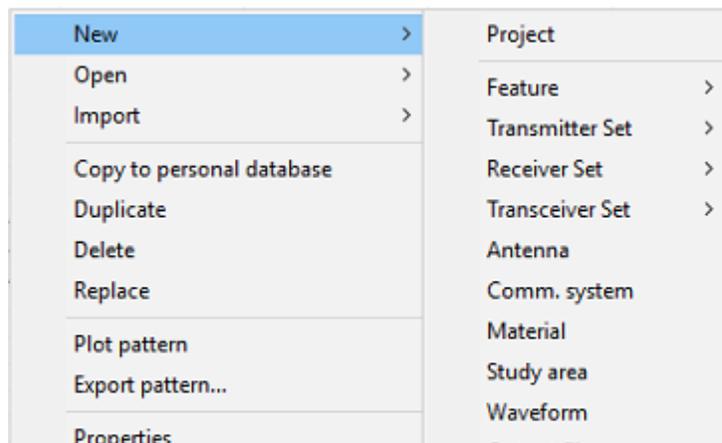
**Figura 202. Presentación del plano**

Al darle clic en ok, Aparecerá el plano en 2D o 3D, en la siguiente imagen se mostrará como quedaría en 3D dándole clic en la parte superior izquierda en donde se encuentra el puntero



**Figura 203. Modelo 3D del Plano**

Para agregar un elemento para la simulación como transmisores, receptores, antenas entre otros. Es necesario dar clic derecho y seleccionar el elemento.



**Figura 204. Agregar elemento**

Se crean dos antenas, una para el transmisor y otra para el receptor, con los parámetros que se encuentran en la hoja de datos del transmisor (Sensibilidad, perdidas, VSWR)

### Antena Transmisor

Omnidirectional antenna properties

Short description: Omnidirectional

Default

Waveform: Sinusoid

Maximum gain (dB):  4.0000

Polarization: Horizontal

E-plane half-power beamwidth (°): 90.0000

E-plane first null beamwidth (°): 180.0000

H-plane half-power beamwidth (°): 180.0000

H-plane first null beamwidth (°): 180.0000

Receiver Threshold (dBm): -75.0000

Transmission line loss (dB): 0.0100

VSWR: 1.50

Edit array

OK Cancel Apply

Figura 205. Parámetros Antena Transmisora

### Antena Receptor

Omnidirectional antenna properties

Short description: Omnidirectional

Default

Waveform: Sinusoid

Maximum gain (dB):  2.0000

Polarization: Horizontal

E-plane half-power beamwidth (°): 90.0000

E-plane first null beamwidth (°): 180.0000

H-plane half-power beamwidth (°): 180.0000

H-plane first null beamwidth (°): 180.0000

Receiver Threshold (dBm): -71.3000

Transmission line loss (dB): 0.0100

VSWR: 2.00

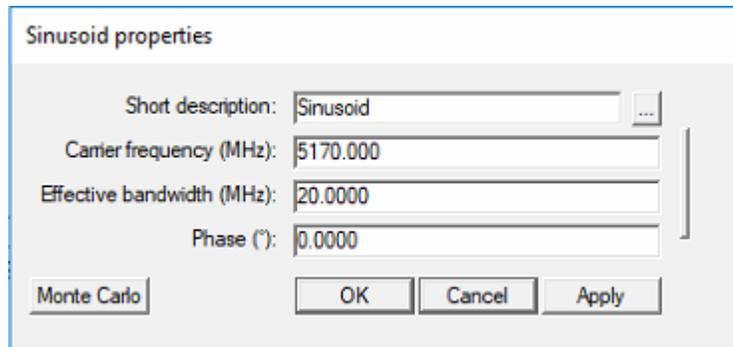
Edit array

OK Cancel Apply

Figura 206. Parámetros Antena del Receptor

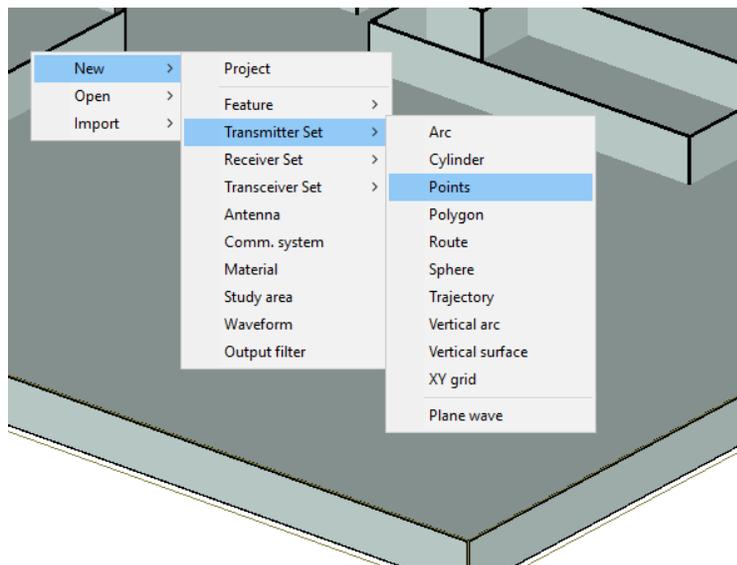
---

Se crea la forma de onda en donde se insertan los parámetros de frecuencia de operación y ancho de banda



**Figura 207. Parámetros de onda**

Se selecciona un transmisor, en forma de punto



**Figura 208. Selección de Transmisor**

En transmitter Properties, se insertan los parámetros que se van a trabajar como tipo de antena, onda, potencia.

En la parte de las coordenadas no es necesario insertarlas porque se puede mover el transmisor por toda el área hasta encontrar el punto en donde colocarlo

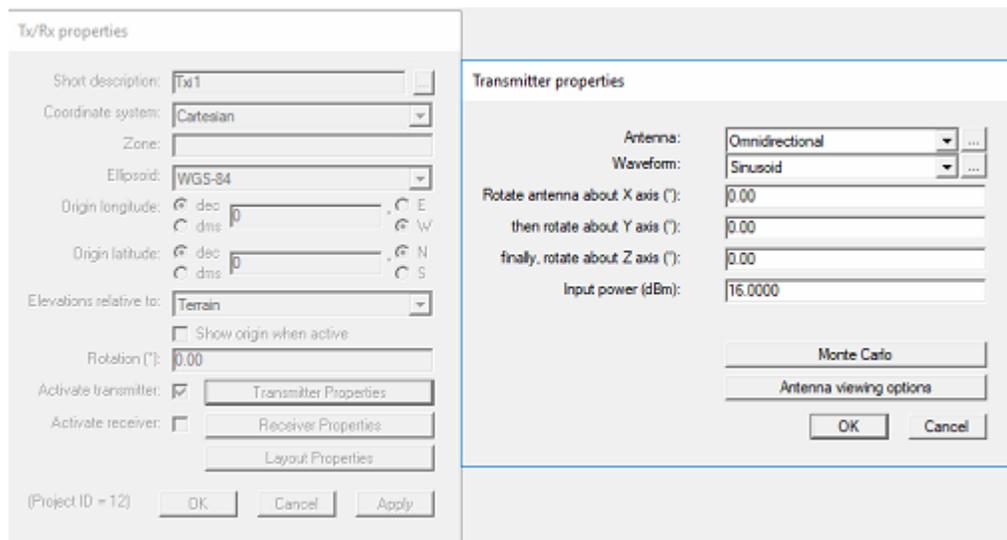


Figura 209. Parámetros Transmisor

En propiedades de capa se elige la ubicación del transmisor, clic en layout propiedades, edit control y dan clic encima de las coordenadas actuales y se abrirá una nueva ventana en la que eligen los parámetros, en esta ocasión se le insertará un valor de 2.7 metros sobre el piso. Para el receptor es similar la operación

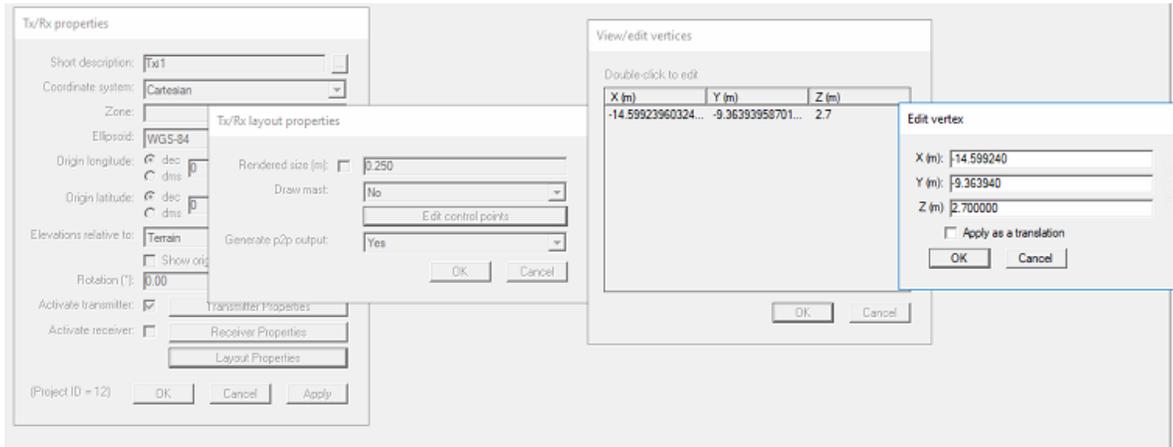
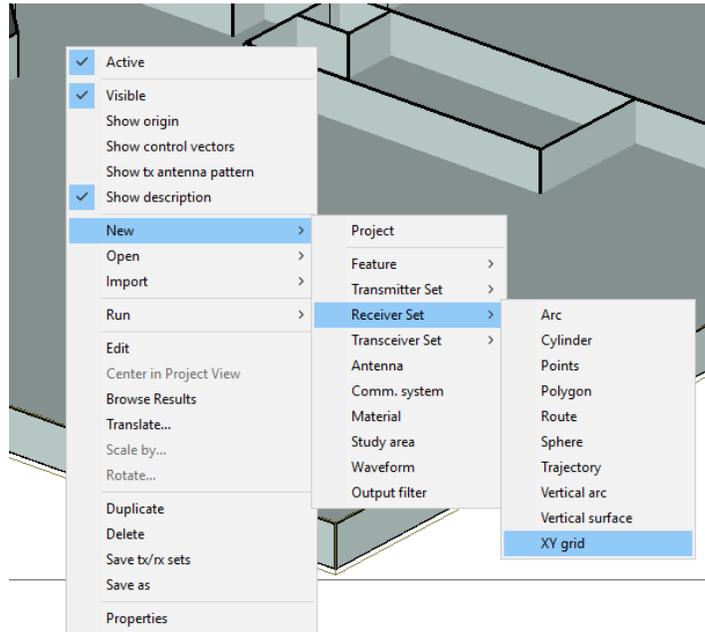


Figura 210. Ubicación del Transmisor

---

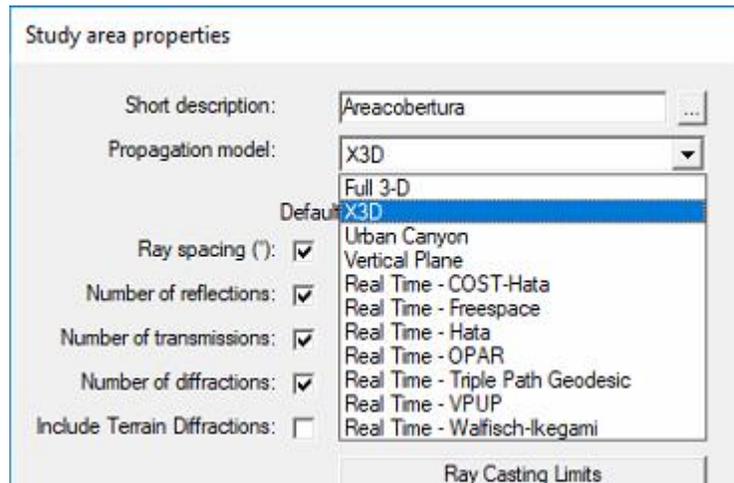
## Receptor

Se elige el receptor que se quiere, como este es un estudio de cobertura se requiere que hallan muchos receptores por toda el área por lo que se elige xy Grid



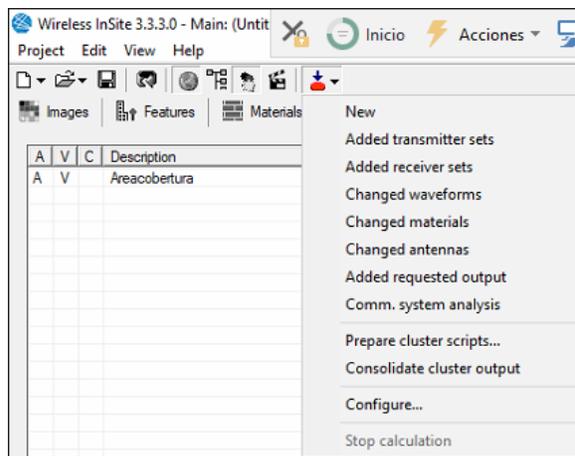
**Figura 211. Selección Receptor**

Para poder simular y escoger el modelo de propagación es necesario crear un área de estudio, Click derecho New study Area. Se selecciona el Modelo de trazado de rayos X3D que es para interiores.



**Figura 212. Modelos de Propagación**

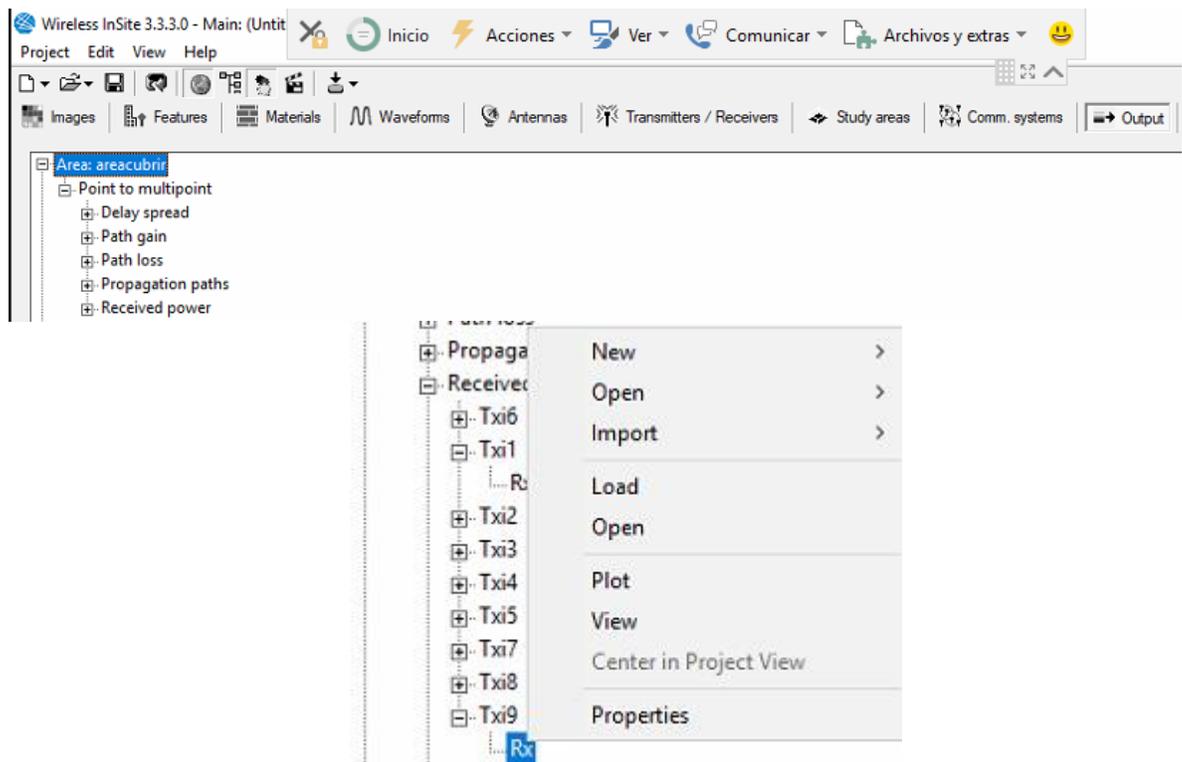
Para simular, es necesario dar click en la flecha que está en la parte superior



**Figura 213. Iniciar Simulación**

Mostrar resultados de simulación, Click en Output en donde se , mostrará el área de estudio y se despliega Point to multipoint en donde se vizualiza los diferentes cálculos que realizó el software

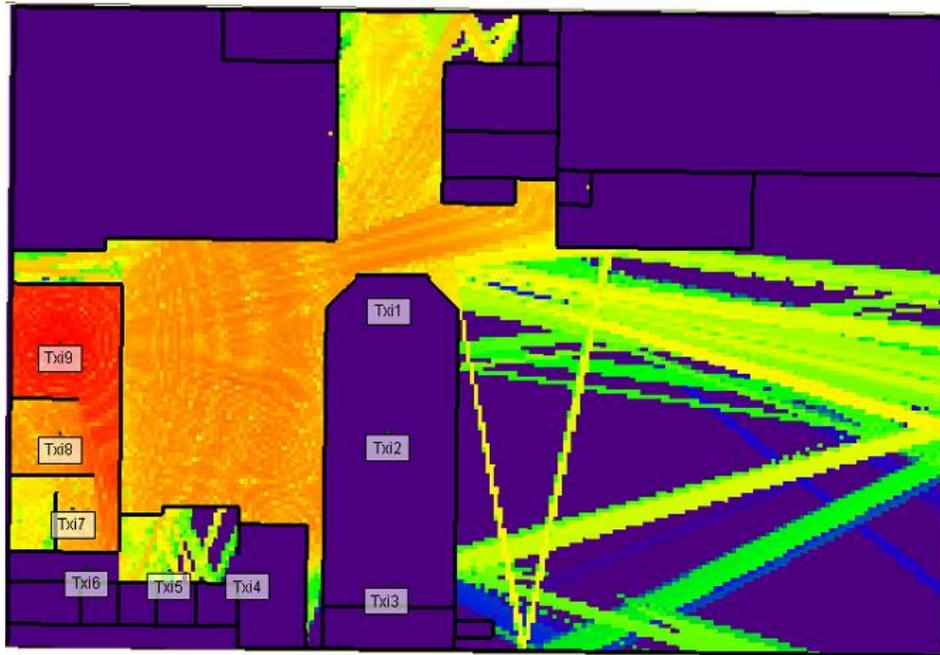
Para mostrar el mapa de calor, se va a potencia recibida y desplegan en donde se encuentran los diferentes transmisores y click en el receptor y seleccionar View



**Figura 214. Mostrar Resultados de Simulación**

---

Finalmente de Se observa el radio de la celda que tiene el transmisor seleccionado



**Figura 215. Simulación AP de Prueba**

---

### 8.3. Anexo C Simulación de cobertura actual segundo y Tercer piso

#### Segundo Piso

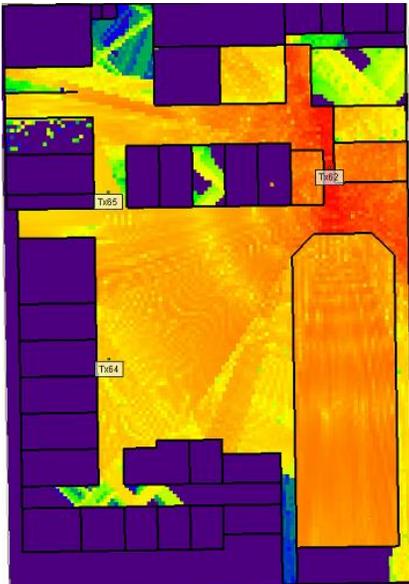


Figura 217. Cobertura Actual AP  
62

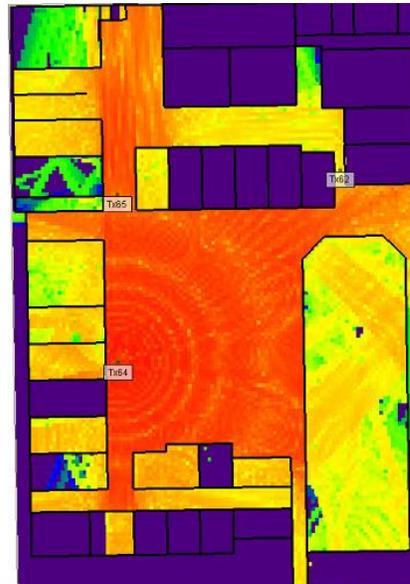


Figura 216. Cobertura Actual AP  
65

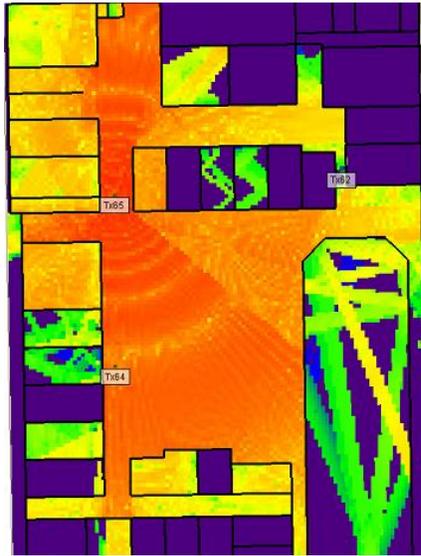


Figura 218. Cobertura Actual AP 64

Tercer Piso

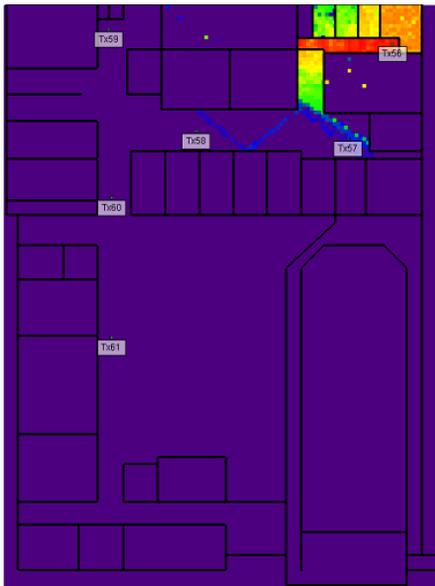


Figura 220. Cobertura Actual AP 56

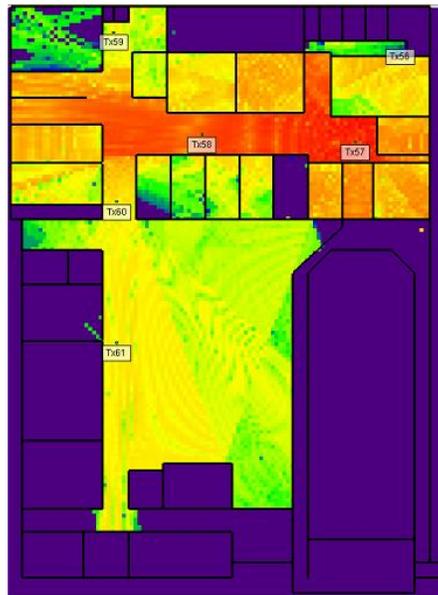


Figura 219. Cobertura Actual AP 57

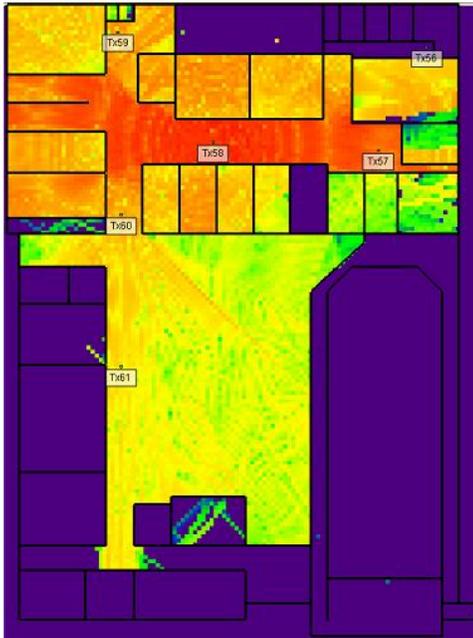


Figura 222. Cobertura Actual AP 58

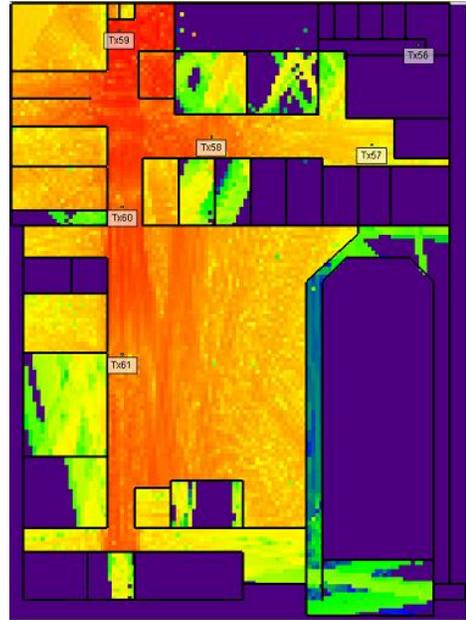


Figura 221. Cobertura Actual AP 59

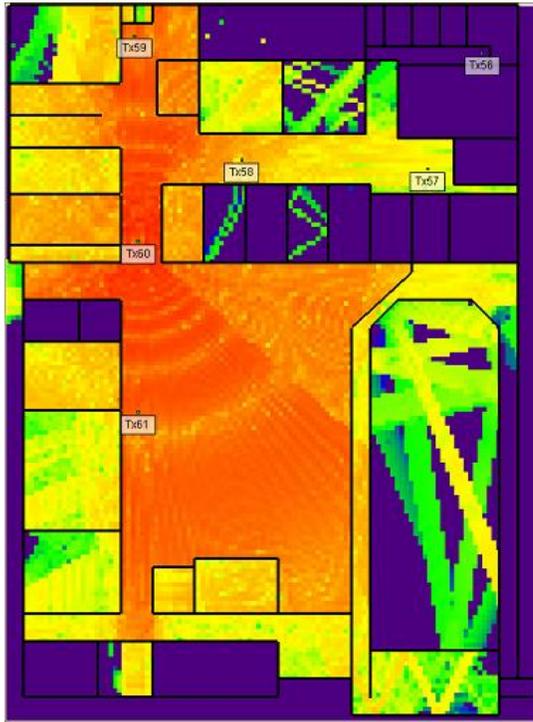


Figura 224. Cobertura Actual AP 60

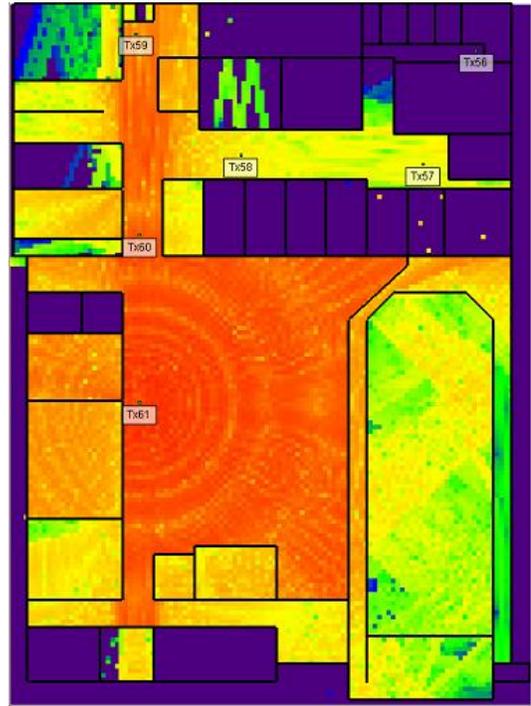


Figura 223. Cobertura Actual AP 61

## 8.4. Anexo D Encuesta realizada



**Servicio WIFI Campus Virgen del Rosario**  
[Universidad de Pamplona]

---

**Presentación del encuestador**

Buenos días/tardes,  
Mi nombre es Ubeimar Arévalo Guerrero estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, estoy haciendo una encuesta de valoración del servicio WIFI en el campus Virgen del Rosario.  
Me gustaría conocer su opinión, por favor, ¿sería tan amable de contestar el siguiente cuestionario?  
La información que proporcione será utilizada para conocer la valoración del servicio WIFI en el campus. El cuestionario dura 5 minutos aproximadamente. Gracias.

---

**Perfil del encuestado**

Edad ..... Sexo  Hombre  Mujer

---

**Descripción del servicio WIFI**

- ¿Utiliza usted el servicio de internet inalámbrico del Campus Virgen del Rosario (SVR)?  
 SI  
 NO
- ¿Con qué frecuencia utiliza el servicio de internet inalámbrico (WIFI) del SVR?  
 Siempre  
 A veces  
 Muy poco  
 Nunca
- ¿Cuál es su tiempo promedio de uso del WIFI cada vez que se conecta?  
 Menos de una hora  
 1 hora  
 2 horas  
 3 o más horas
- ¿Con qué dispositivos usted se conecta usualmente al WIFI? Respuesta múltiple.  
 Teléfono Móvil  
 Laptop  
 Tablet  
 Otro (Especifique)
- ¿Cuándo usted se conecta al WIFI, desde cualquier lugar de las instalaciones del SVR, su conexión es satisfactoria?  
 SI  
 NO
- ¿Ha experimentado desconexión en su dispositivo cuando se aleja de algún área en específico?  
 SI  
 NO
- En una escala del 1 al 5, dónde 5 es "muy bueno" y 1 es "nada bueno" ¿Cómo es el servicio WIFI para Ud.? (Por favor especifique)

1	2	3	4	5



**Figura 225. Encuesta realizada en el campus virgen del rosario**

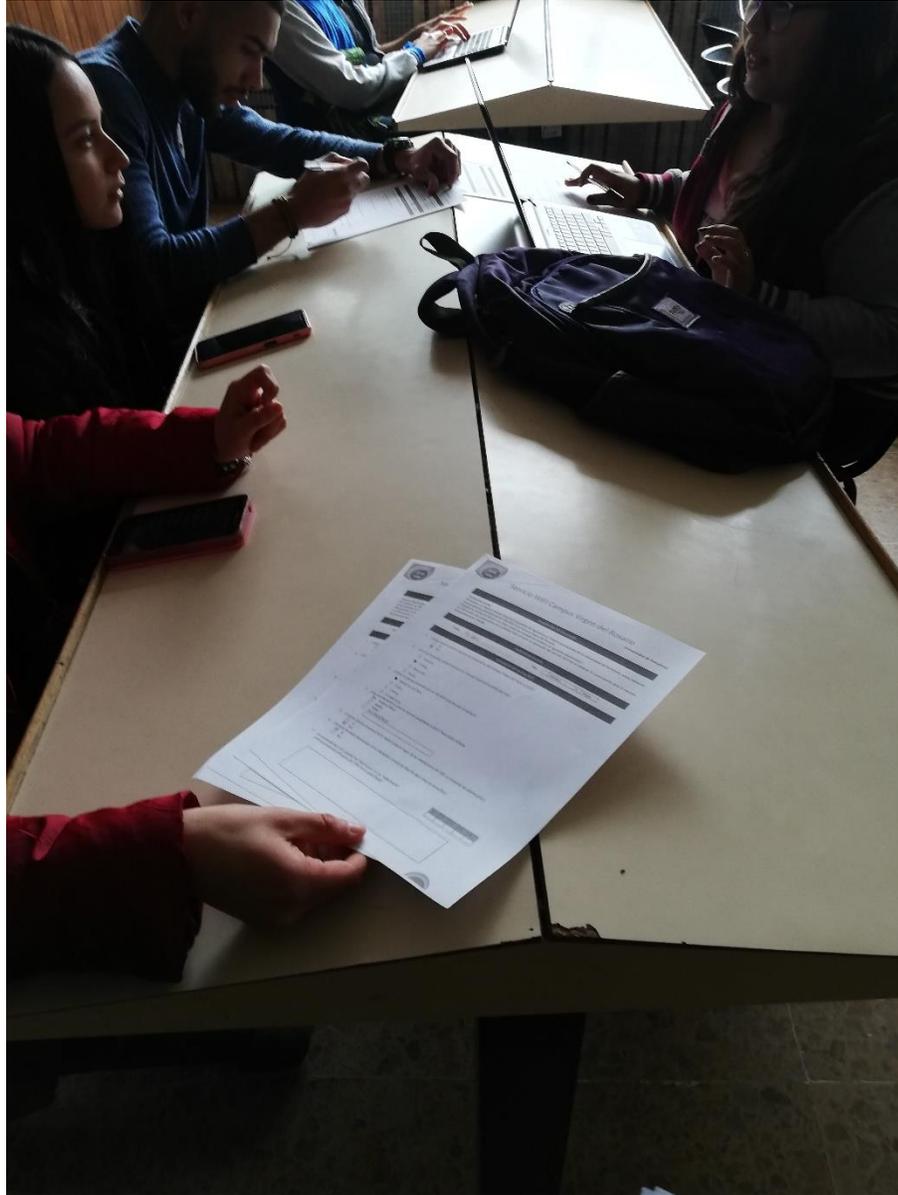
---

## 8.5. Anexo E Evidencia Encuesta

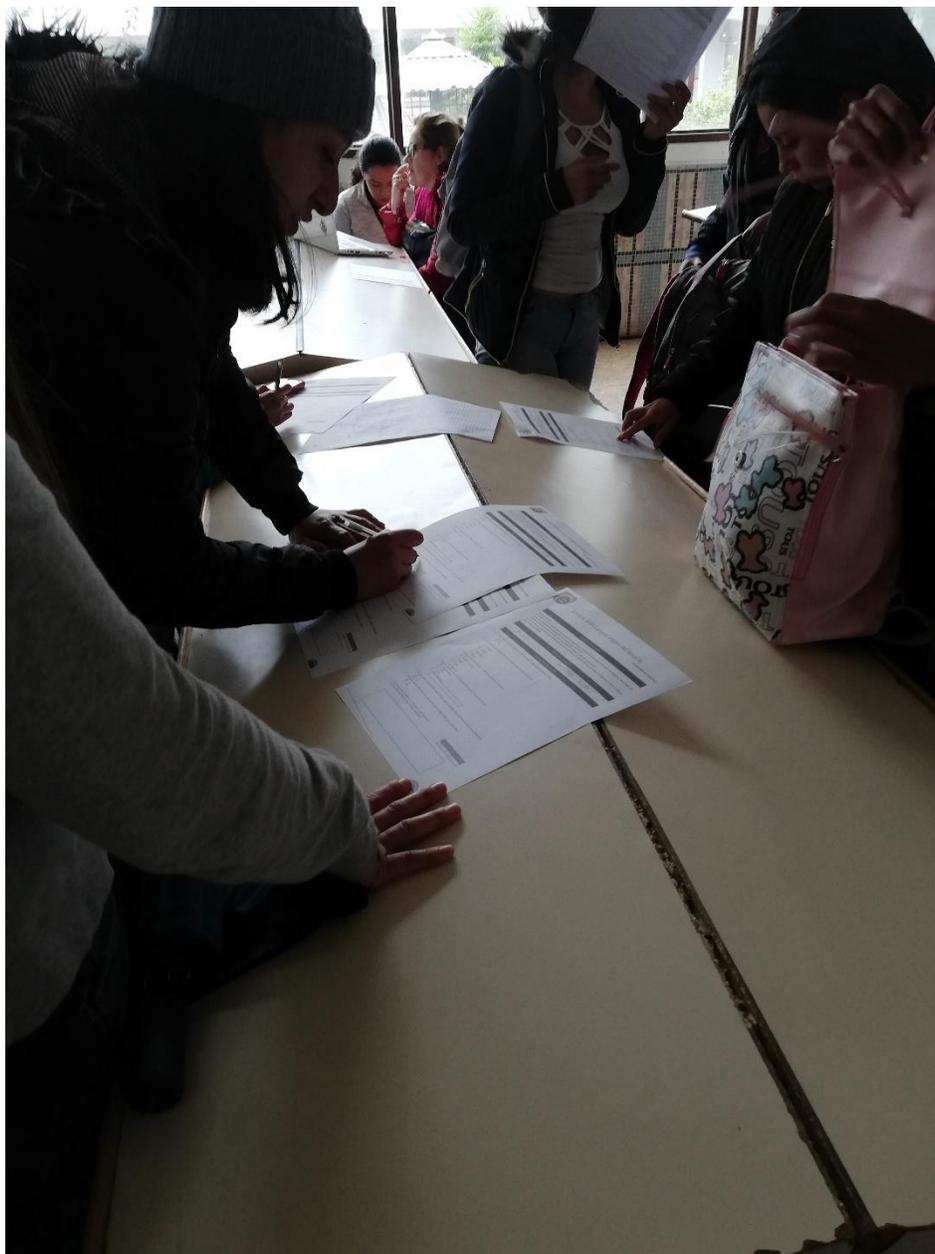
Se evidencia que la encuesta se realizó a las personas presentes en las zonas de estudio.



Figura 226. Evidencia Encuesta 1



**Figura 227. Evidencia Encuesta 2**



**Figura 228. Evidencia Encuesta 3**

## 8.6. Anexo F Mediciones a cinco puntos software inSSIDer

Se realizan mediciones de intensidad de señal en los cinco puntos ubicados aleatoriamente en el campus, para comparar los resultados con el simulador Wireless inSite

### Mediciones Primer Piso

R1

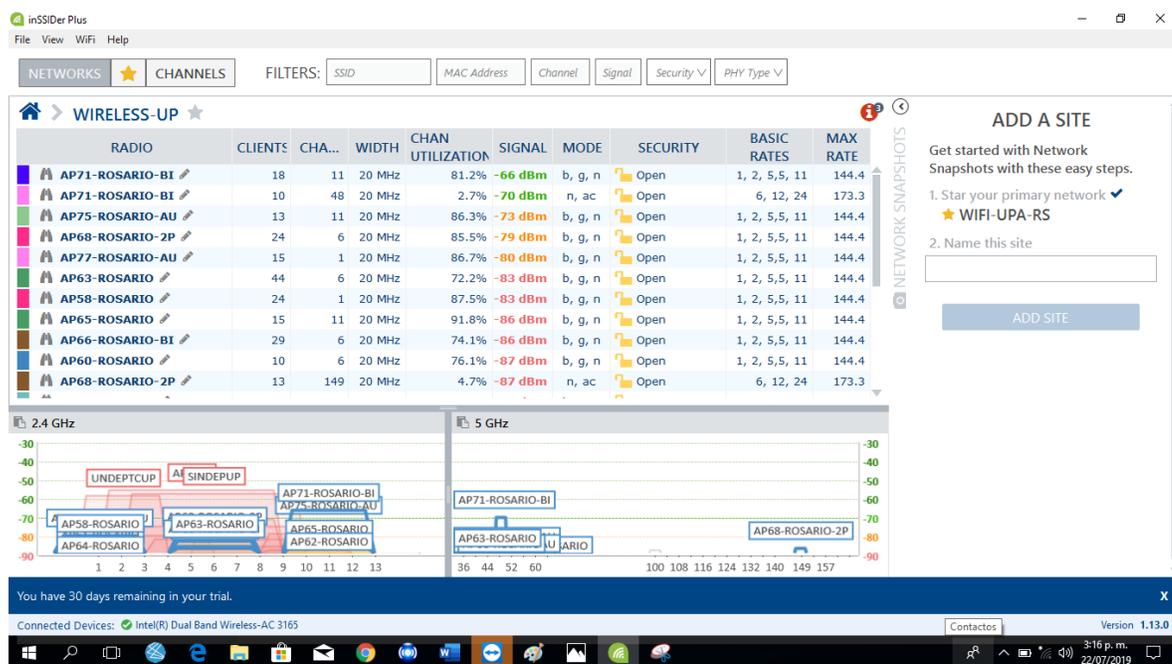


Figura 229. Medición inSSIDer R1 Primer Piso

# R2

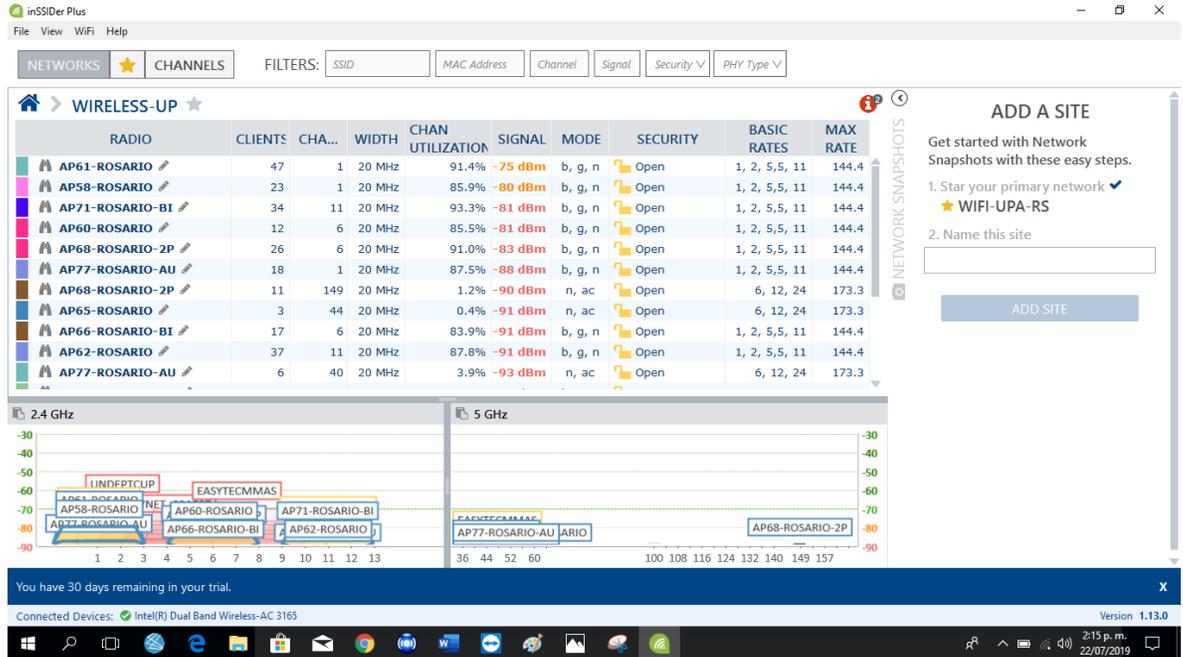
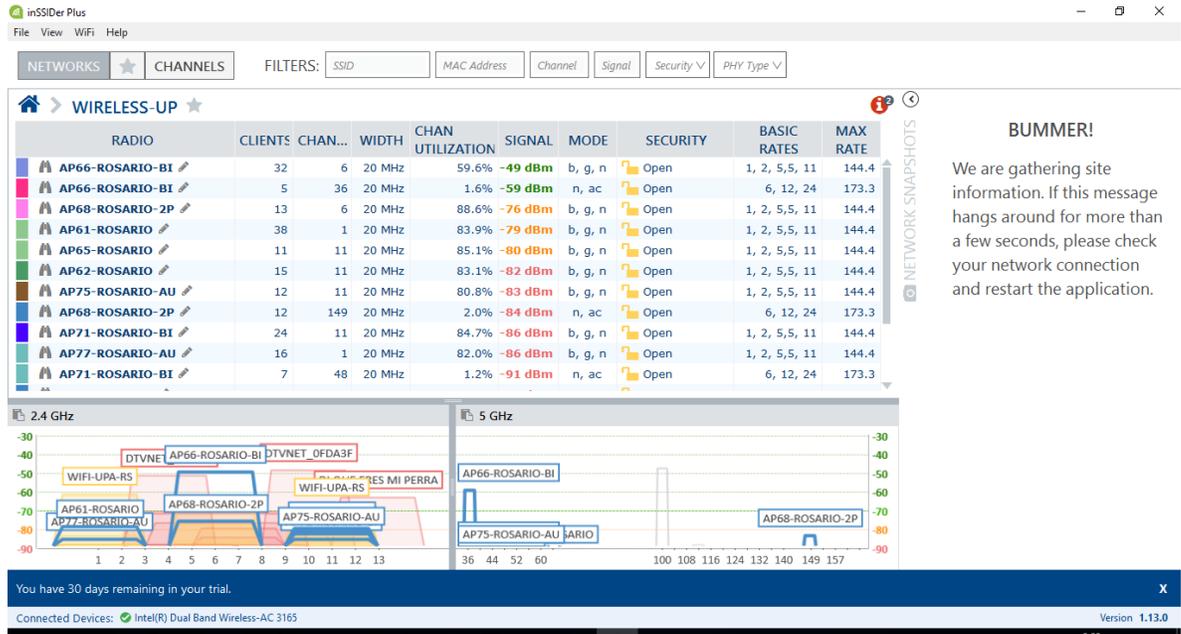


Figura 230. Medición inSSIDer R2 Primer Piso

### R3

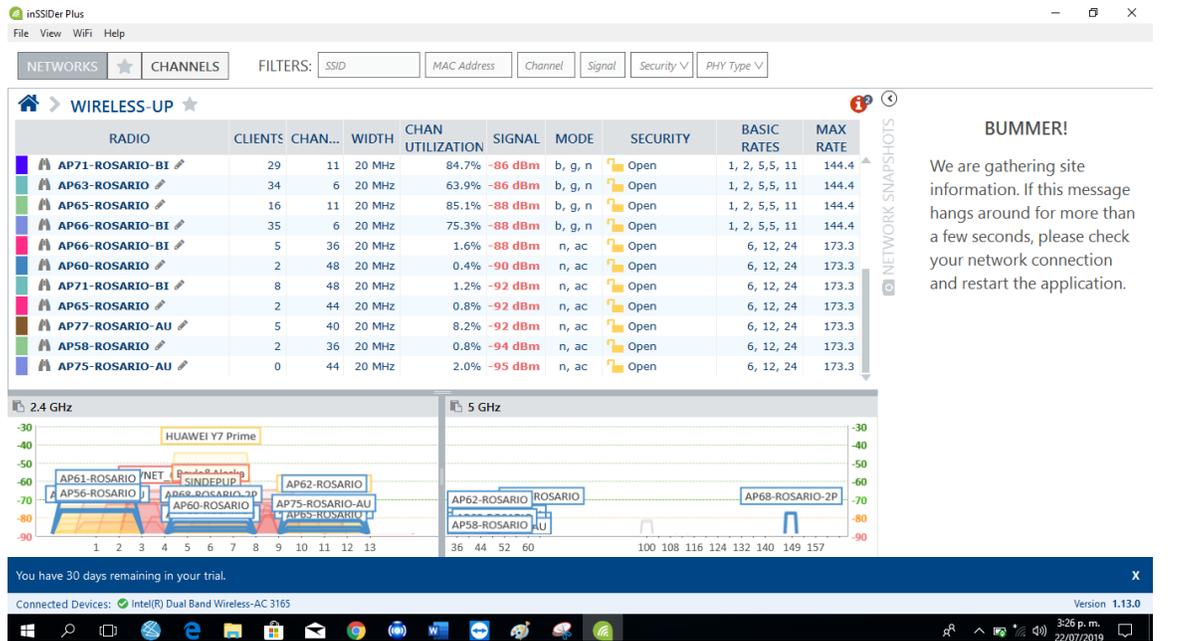


**BUMMER!**

We are gathering site information. If this message hangs around for more than a few seconds, please check your network connection and restart the application.

Figura 231. Medición inSSIDer R3 Primer Piso

### R4



**BUMMER!**

We are gathering site information. If this message hangs around for more than a few seconds, please check your network connection and restart the application.

Figura 232. Medición inSSIDer R4 Primer Piso

# R5

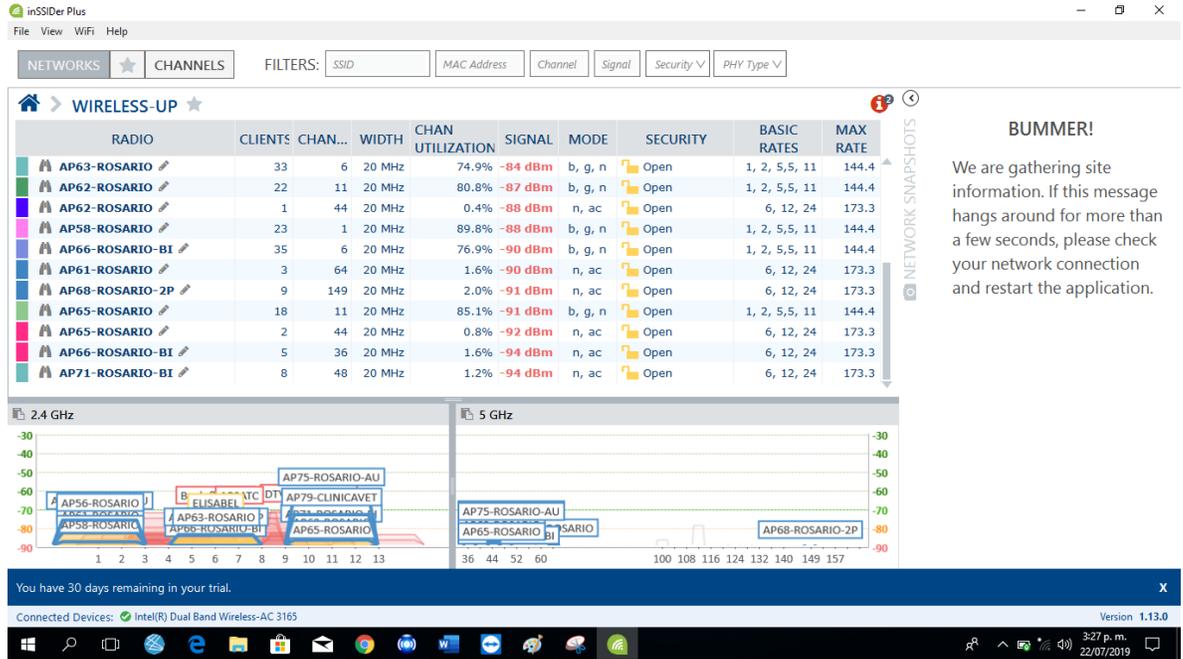


Figura 233. Medición inSSIDer R5 Primer Piso

# Mediciones Segundo Piso

## R1

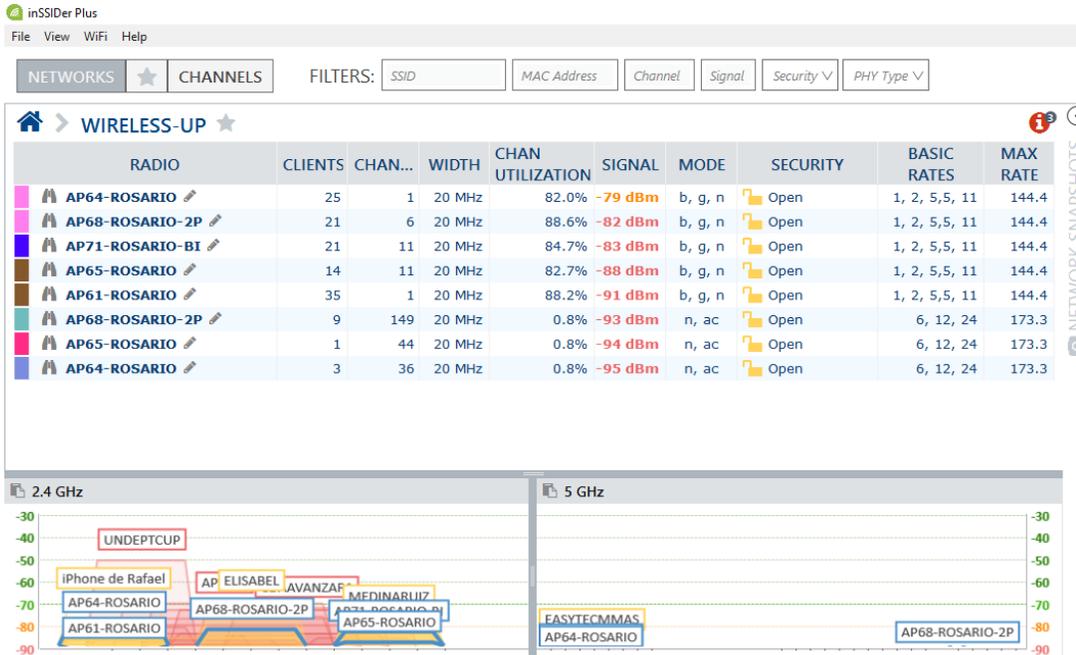


Figura 234. Medición inSSIDer R1 Segundo Piso

## R2

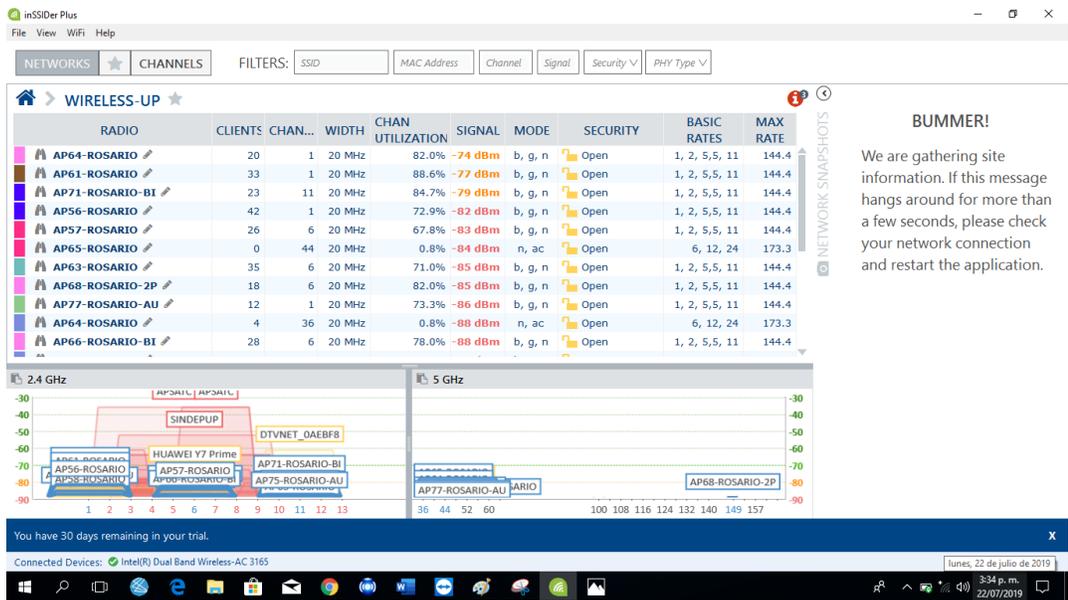


Figura 235. Medición inSSIDer R2 Segundo Piso

### R3

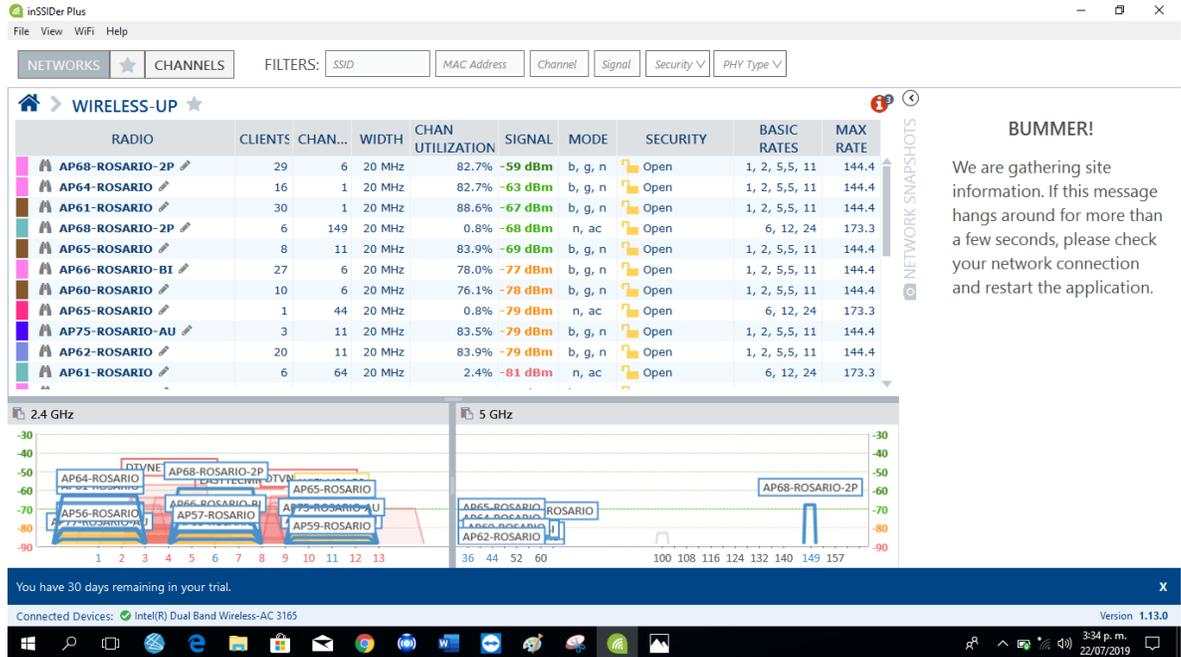


Figura 236. Medición inSSIDer R3 Segundo Piso

### R4

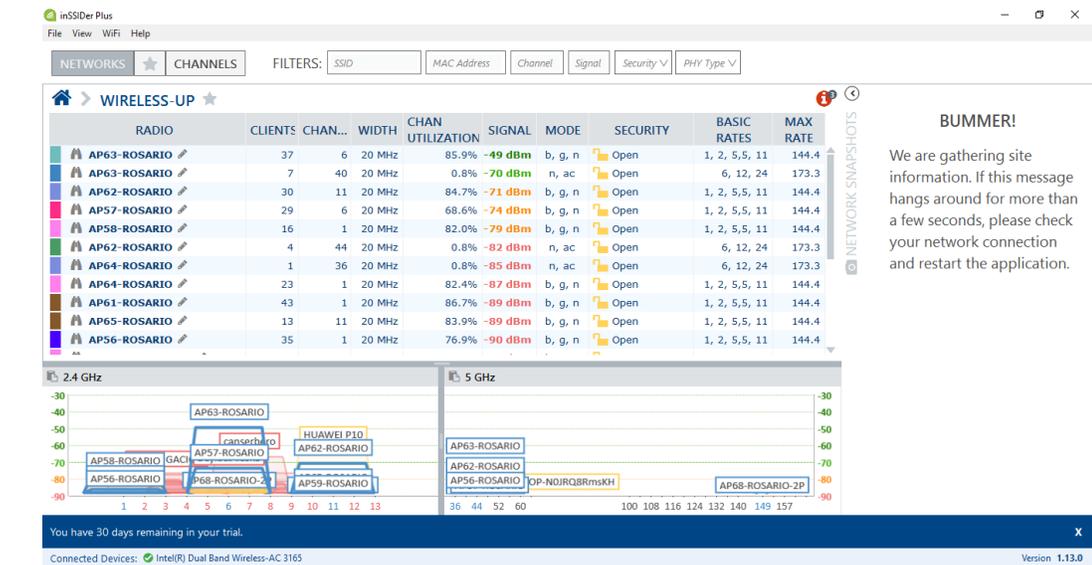
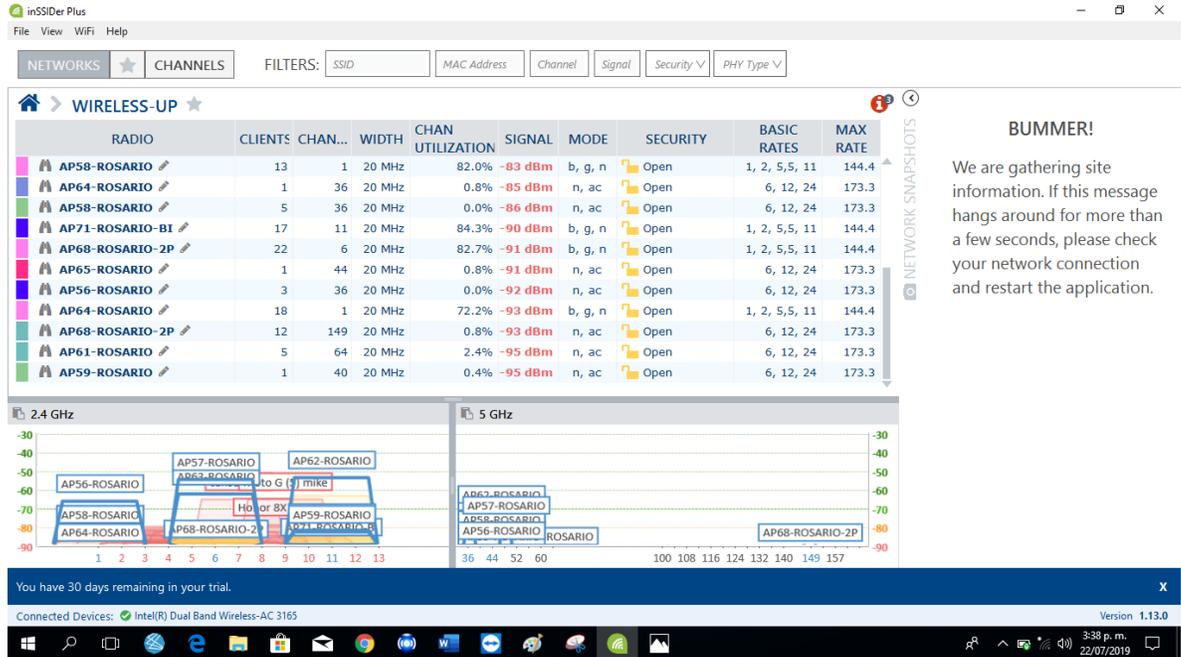


Figura 237. Medición inSSIDer R4 Segundo Piso

# R5



**BUMMER!**  
 We are gathering site information. If this message hangs around for more than a few seconds, please check your network connection and restart the application.

Figura 238. Medición inSSIDer R5 Segundo Piso

# Mediciones Tercer Piso

## R1

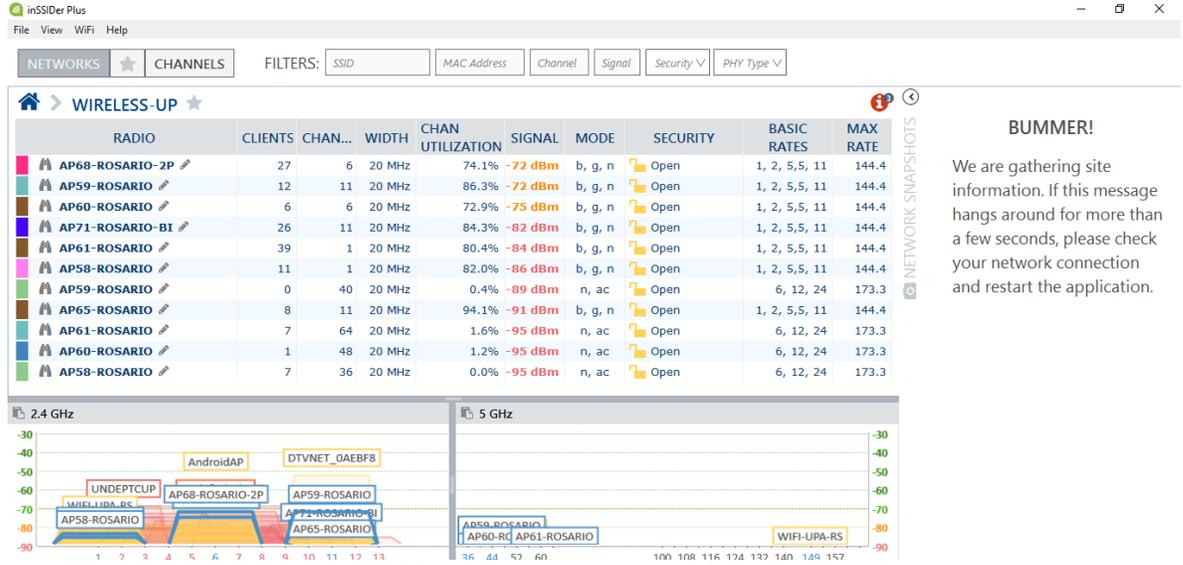


Figura 239. Medición inSSIDer R1 Tercer Piso

**BUMMER!**

We are gathering site information. If this message hangs around for more than a few seconds, please check your network connection and restart the application.

## R2

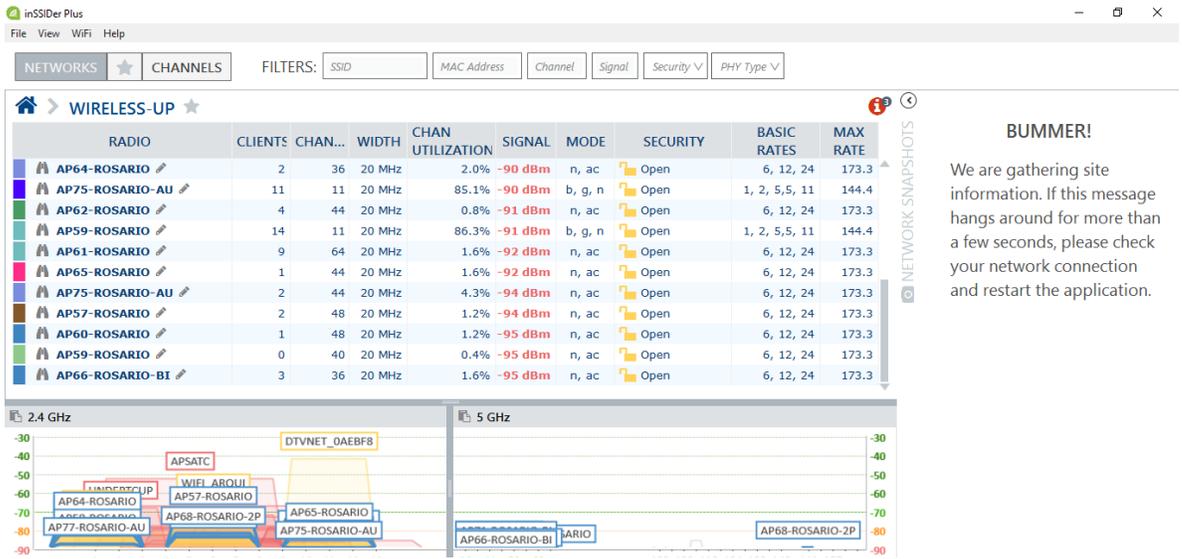


Figura 240. Medición inSSIDer R2 Tercer Piso

**BUMMER!**

We are gathering site information. If this message hangs around for more than a few seconds, please check your network connection and restart the application.

### R3

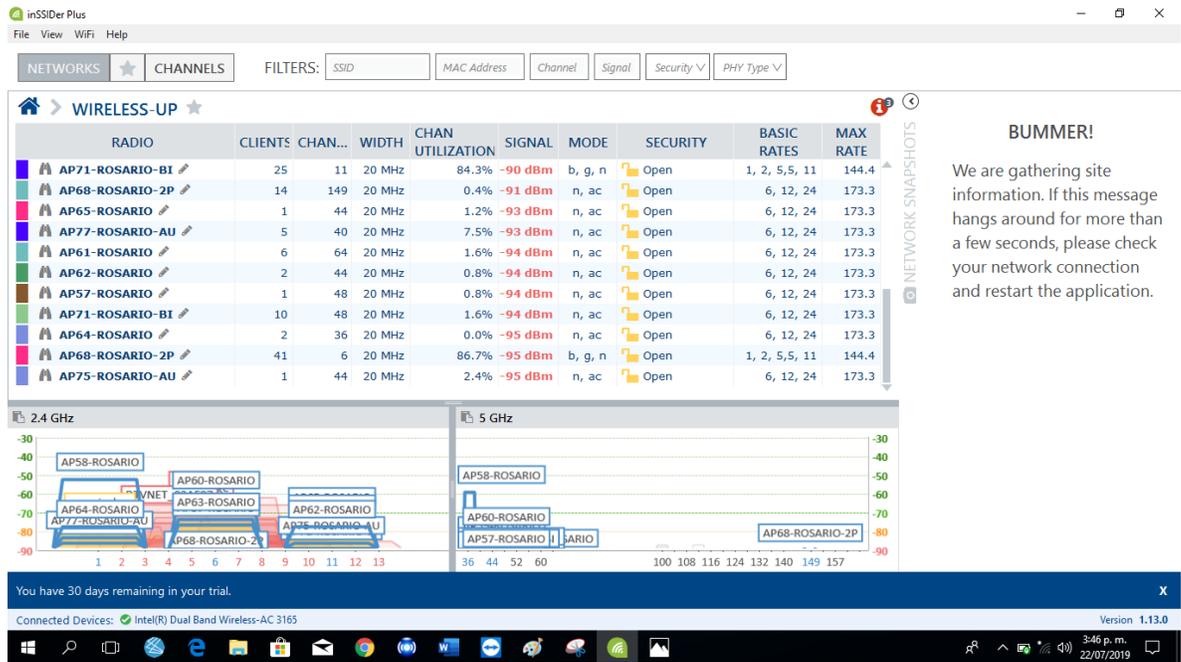


Figura 241. Medición inSSIDer R3 Tercer Piso

### R4

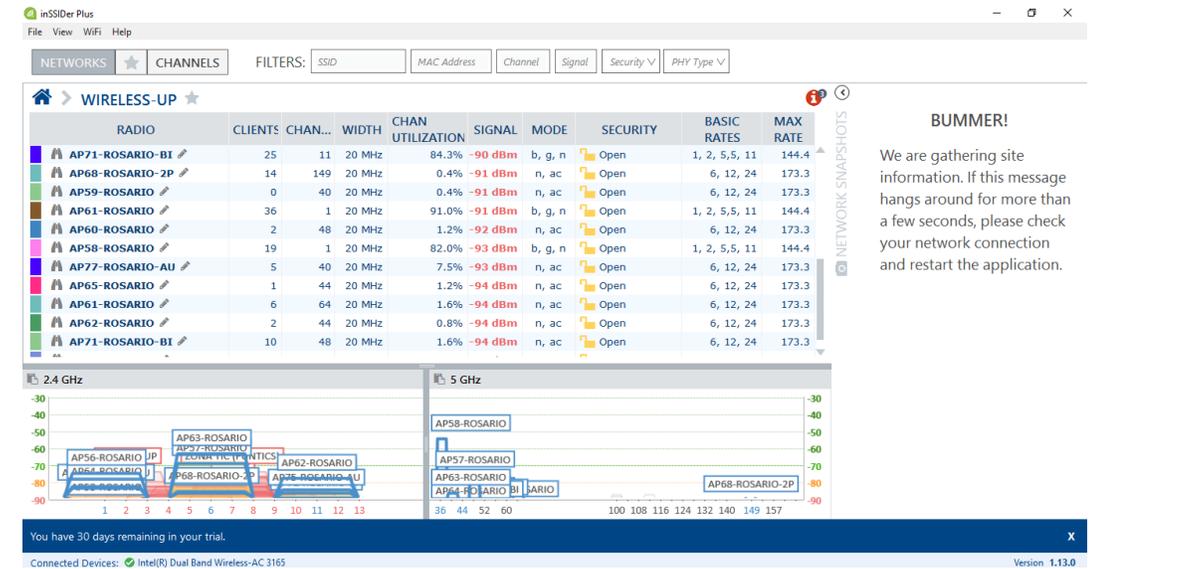
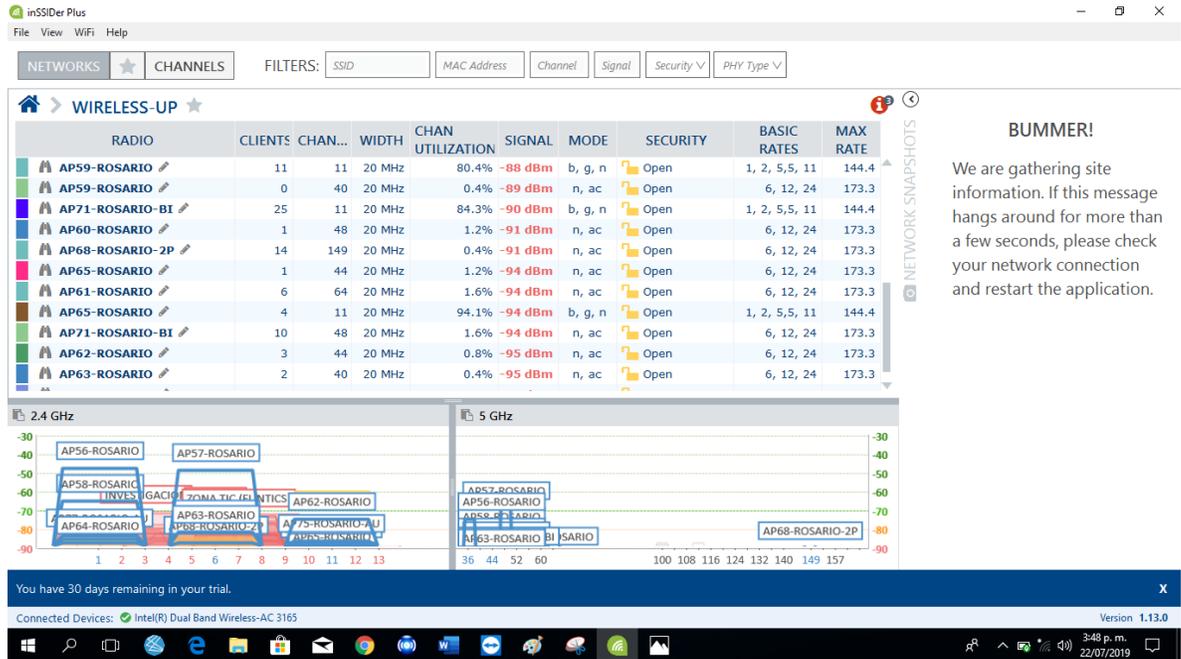


Figura 242. Medición inSSIDer R4 Tercer Piso

# R5



**BUMMER!**  
 We are gathering site information. If this message hangs around for more than a few seconds, please check your network connection and restart the application.

Figura 243. Medición inSSIDer R5 Tercer Piso

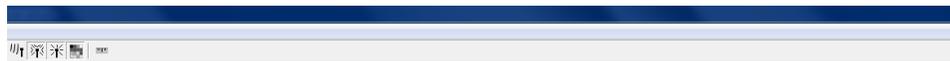
---

## 8.7. Anexo G Mediciones Simulador Wireless inSite

En las siguientes imágenes según sea la intensidad de color, se mide el nivel de RRSI, se hace mediciones los puntos que se describen anteriormente

### Primer piso

R1



R2

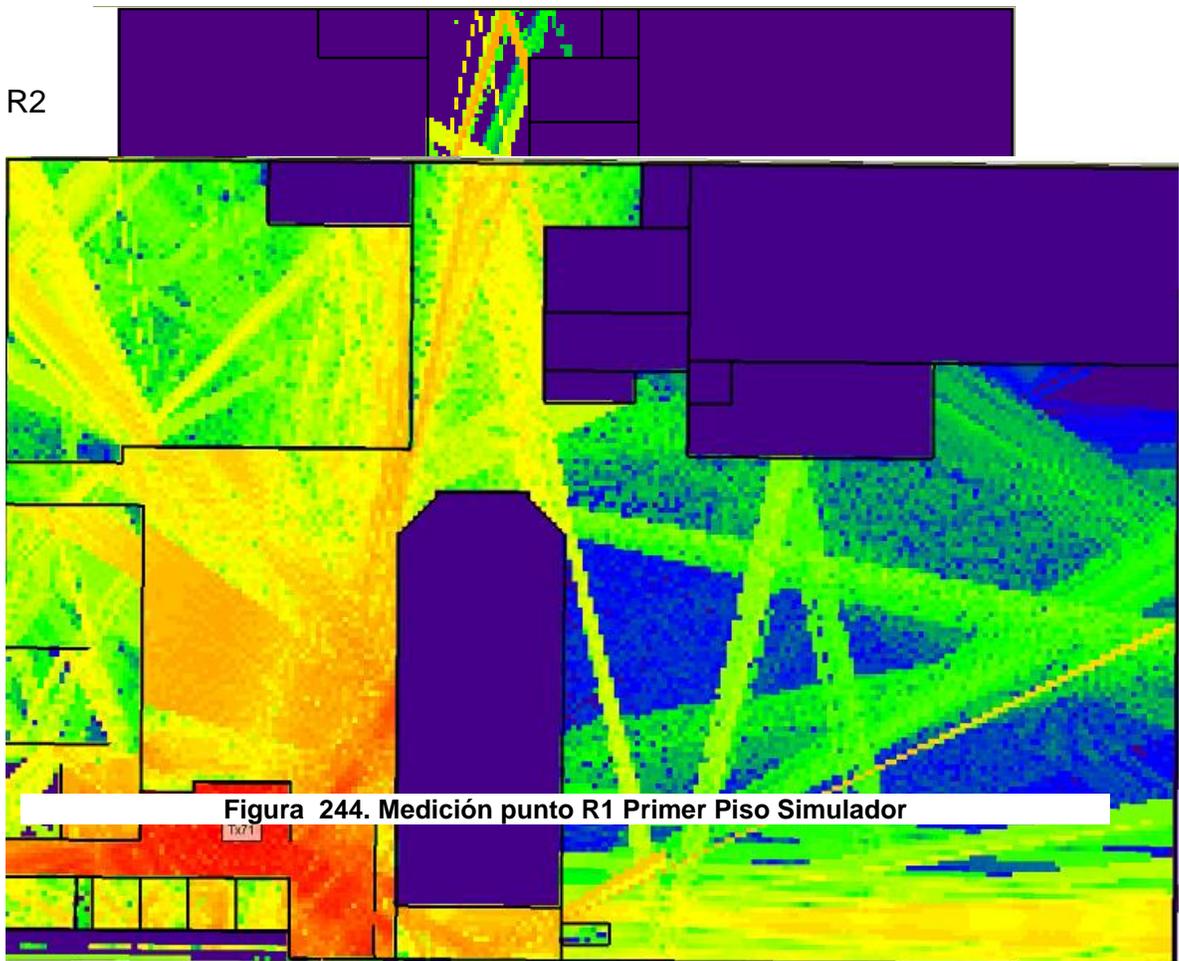


Figura 245. Medición punto R2 Primer Piso Simulador

---

R3

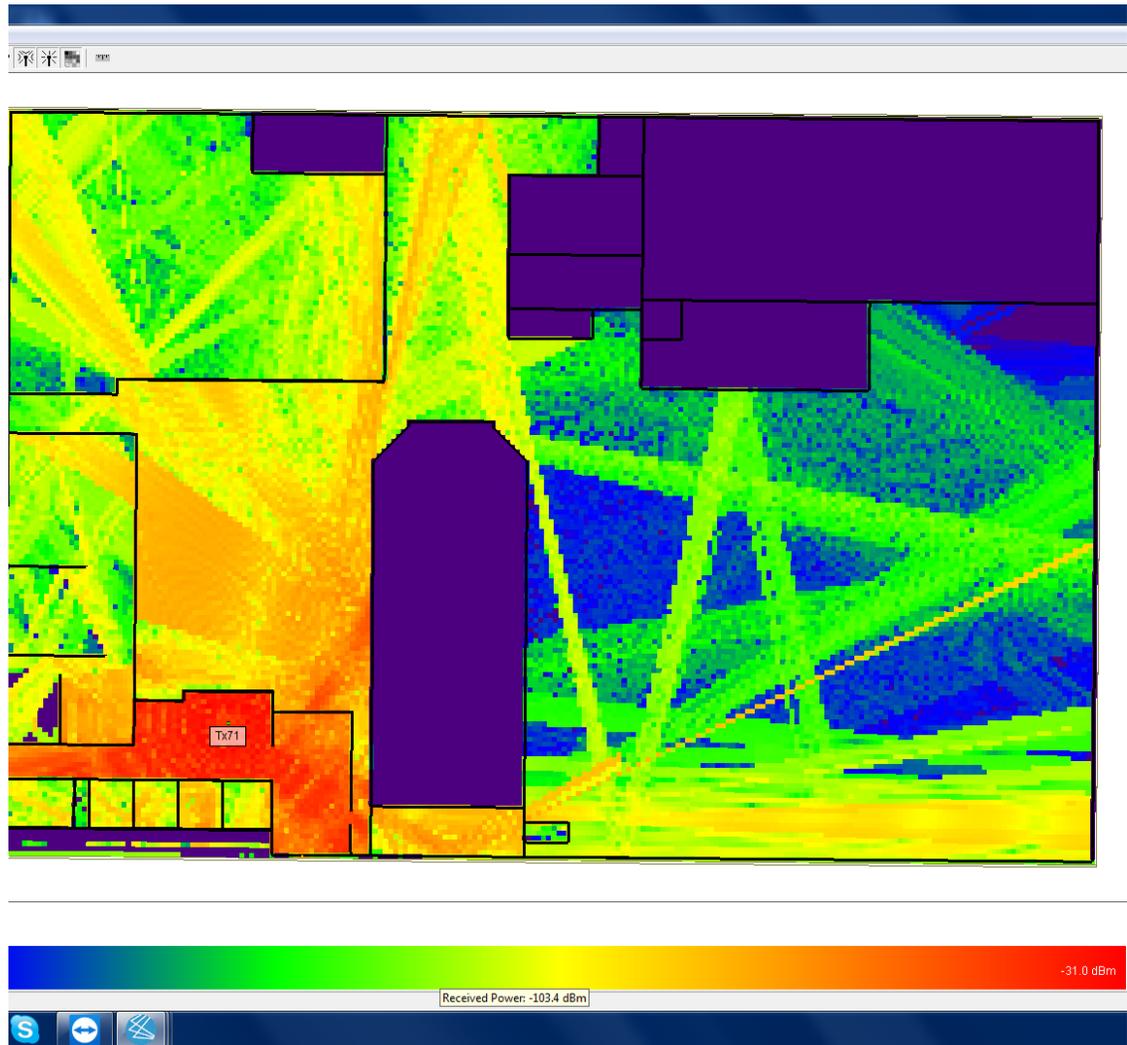


Figura 246. Medición punto R3 Primer Piso Simulador

R4

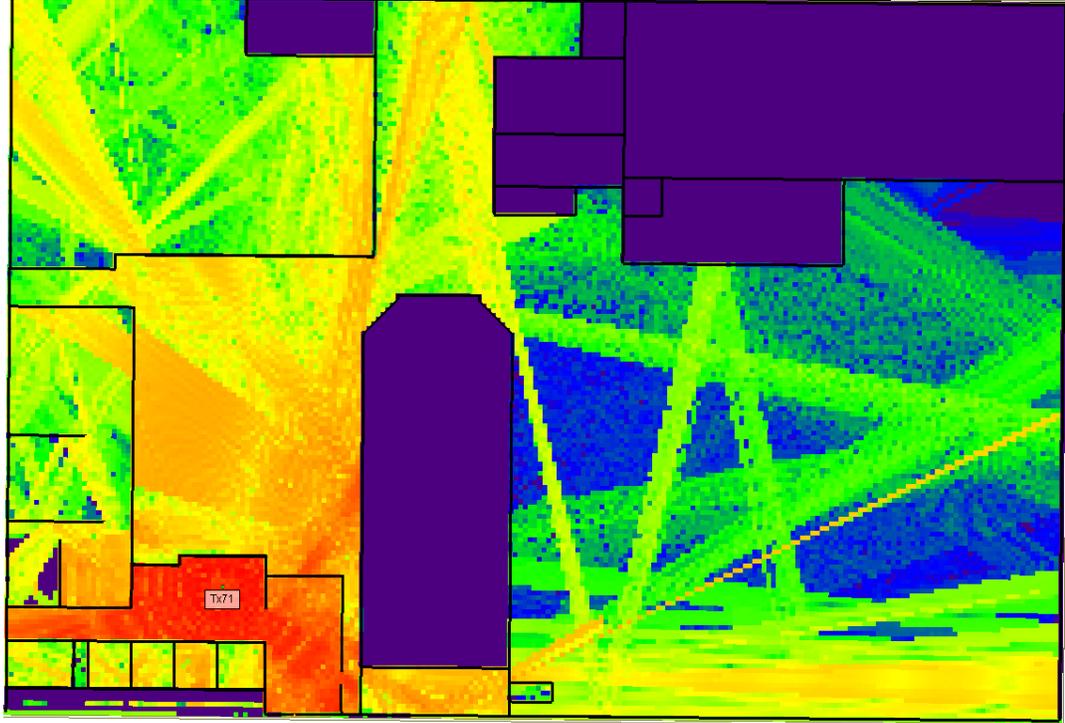


Figura 247. Medición punto R4 Primer Piso Simulador

Segundo piso

R1

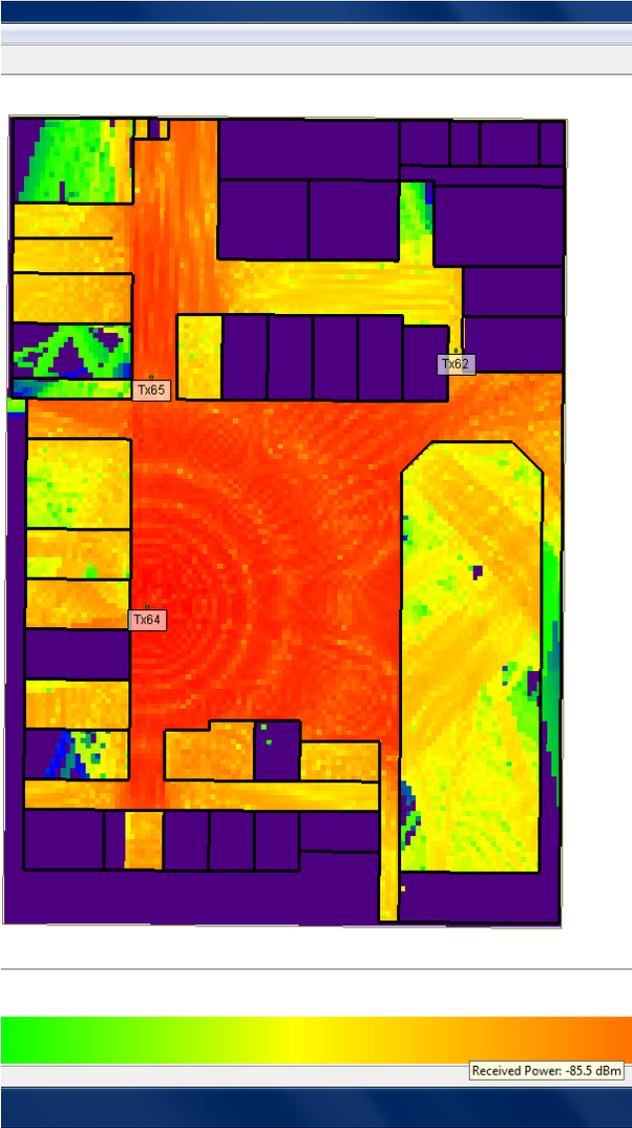


Figura 248. Medición punto R1 Segundo Piso Simulador

R2

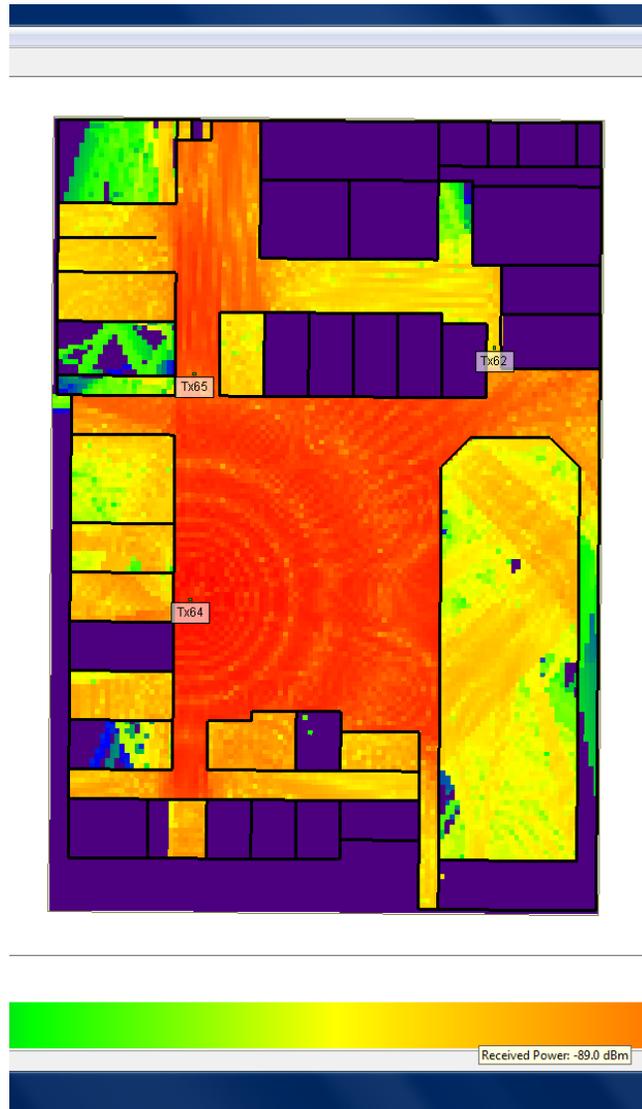


Figura 249. Medición punto R2 Segundo Piso Simulador

R3

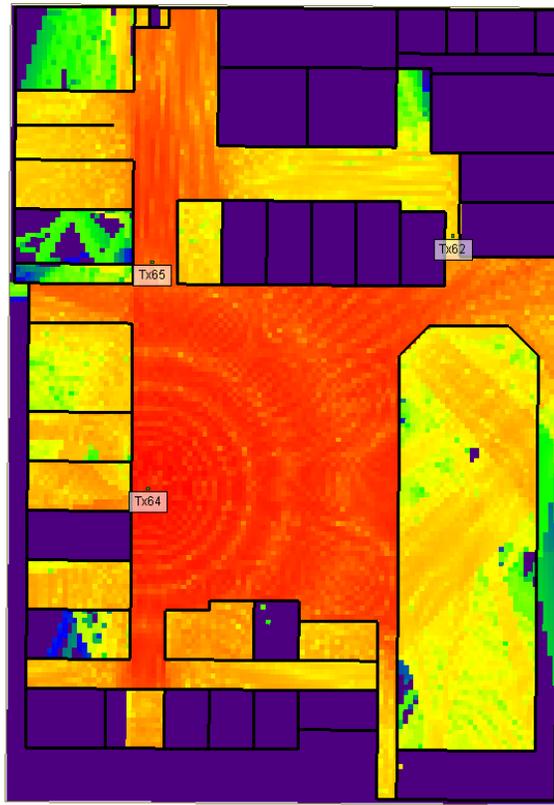
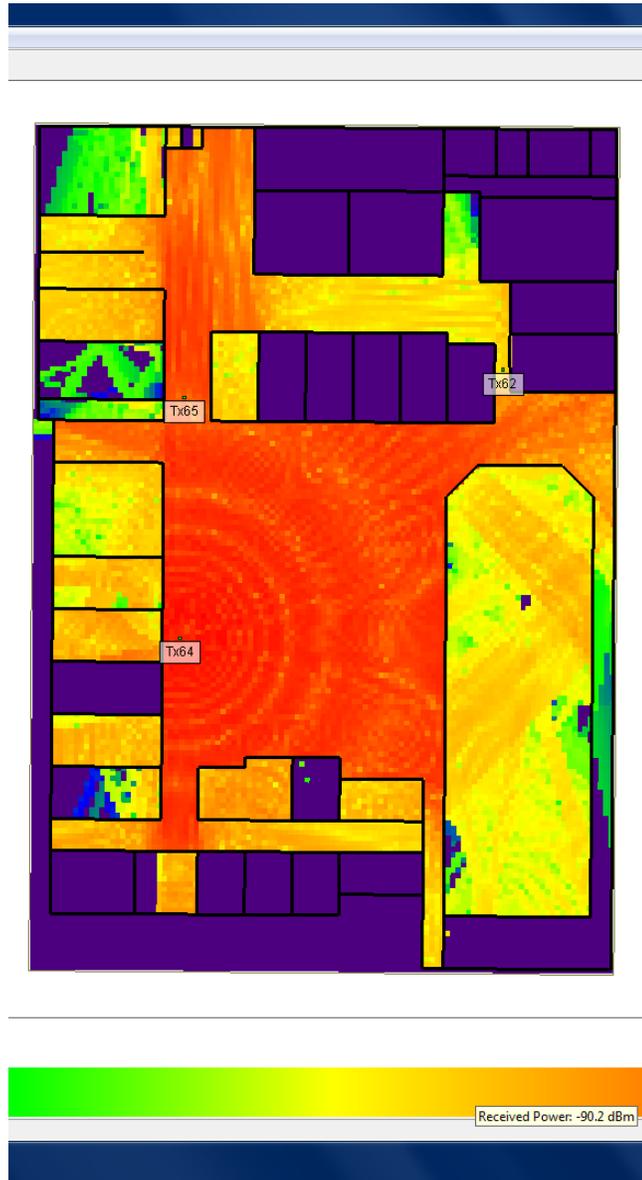


Figura 250. Medición punto R3 Segundo Piso Simulador

R4



**Figura 251. Medición punto R4 Segundo Piso Simulador**

R5

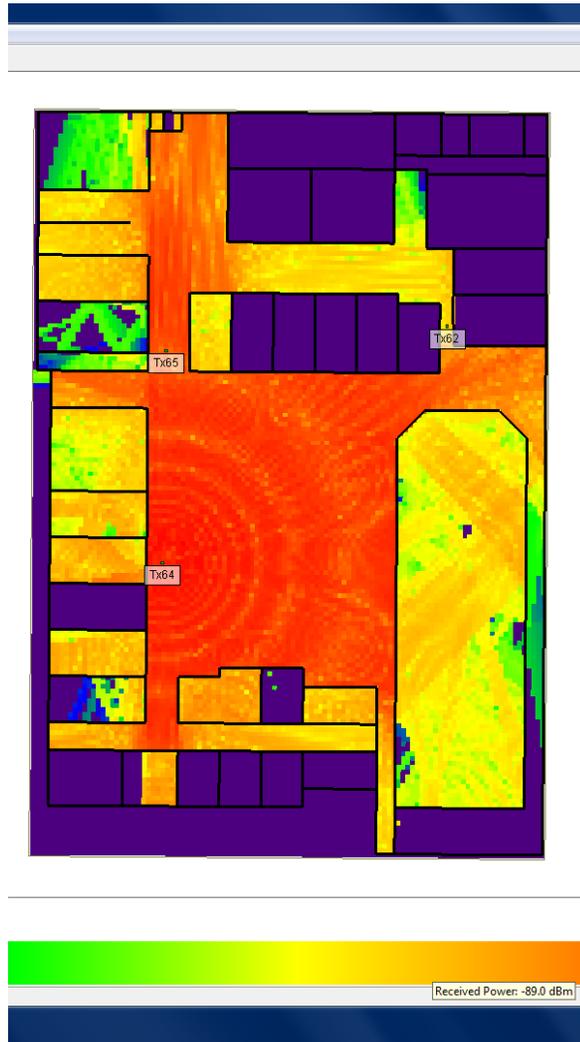


Figura 252. Medición punto R5 Segundo Piso Simulador

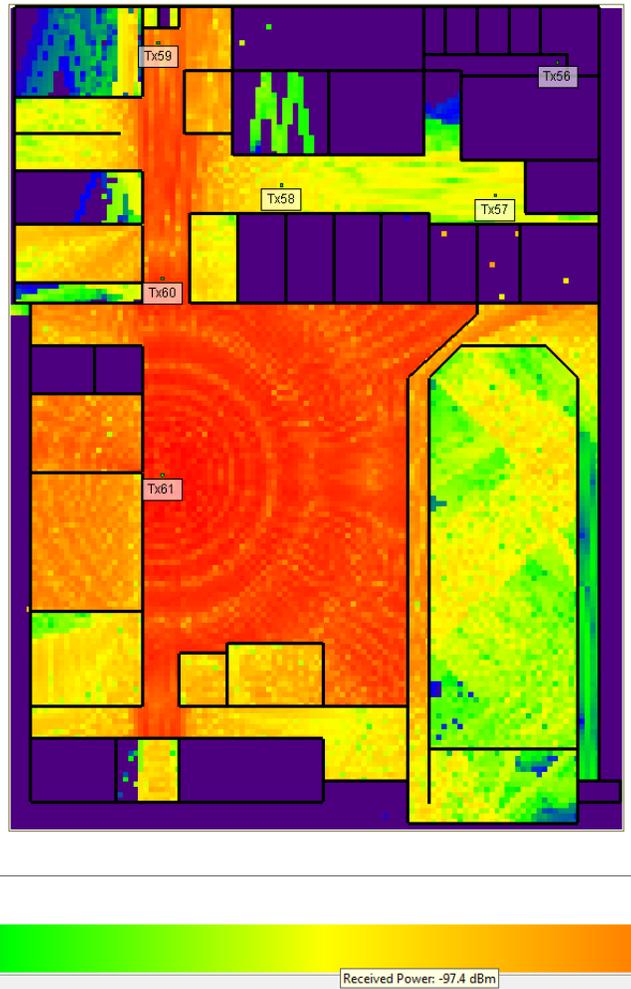
Tercer piso

R1



Figura 253. Medición punto R1 Tercer Piso Simulador

R2



**Figura 254. Medición punto R2 Tercer Piso Simulador**

R3



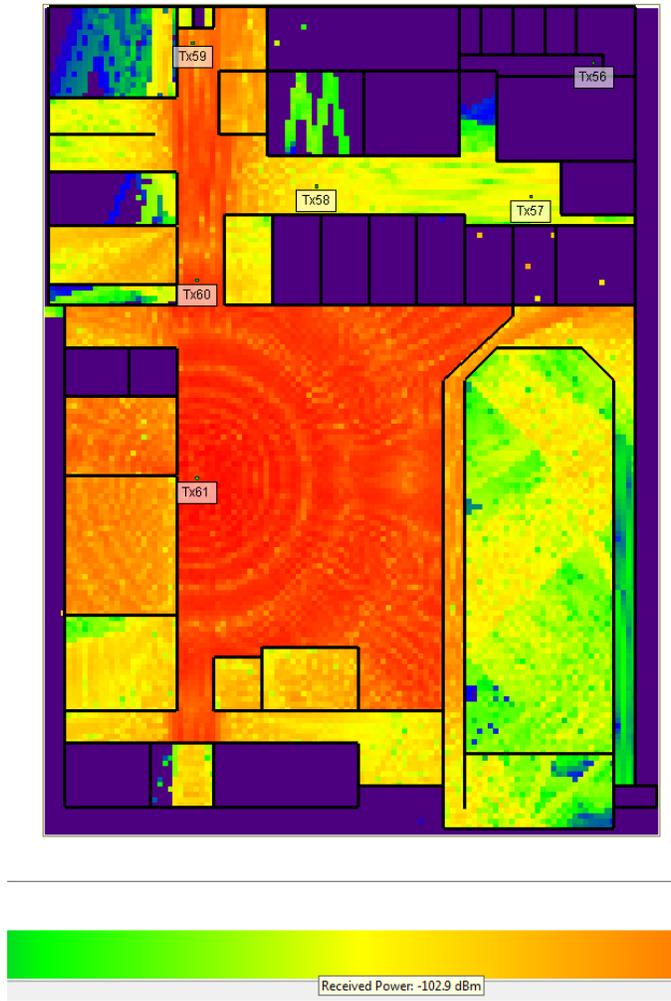
**Figura 255. Medición punto R3 Tercer Piso Simulador**

R4



**Figura 256. Medición punto R4 Tercer Piso Simulador**

R5



**Figura 257. Medición punto R5 Tercer Piso Simulador**

## 8.8. Anexo H Hojas de Datos AP RUCKUS - CISCO

### Hojas de datos de los puntos de Acceso

#### AP RUCKUS R510

Normas Wi-Fi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IEEE 802.11a/b/g/n/ac Wave 2</li> </ul>
Velocidades admitidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.11ac: 6,5 a 867 Mbps (MCS0 a MCS9, NSS = 1 a 2 para VHT20/40/80)</li> <li>• 802.11n: 6,5 Mbps a 300 Mbps (MCS0 a MCS15)</li> <li>• 802.11a/g: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps</li> <li>• 802.11b: 11; 5,5; 2 y 1 Mbps</li> </ul>
Canales admitidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,4 GHz: 1-13</li> <li>• 5 GHz: 36-64, 100-144, 149-165</li> </ul>
MIMO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x2 SU-MIMO</li> <li>• 2x2 MU-MIMO</li> </ul>
Flujos espaciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 SU-MIMO</li> <li>• 2 MU-MIMO</li> </ul>
Cadenas de radio y flujos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x2:2</li> </ul>
Canalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20, 40 y 80 MHz</li> </ul>
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i y Dynamic PSK</li> <li>• WIPS/WIDS</li> </ul>
Otras características de Wi-Fi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMM, ahorro de energía, Tx Formación de haces, LDPC, STBC, 802.11r/k/v</li> <li>• Hotspot</li> <li>• HotSpot 2.0</li> <li>• Portal cautivo</li> <li>• WISPr</li> </ul>
<b>WI-FI</b>	
Tipo de antena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antenas adaptativas BeamFlex+ con diversidad de polaridad</li> <li>• Antena adaptativa que proporciona hasta 64 patrones de antena únicos por banda</li> </ul>
Ganancia de las antenas (máx.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 3dBi</li> </ul>
Máxima potencia de transmisión (agregada a través de cadenas MIMO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,4 GHz: 26 dBm</li> <li>• 5 GHz: 25 dBm</li> </ul>

<b>Sensibilidad mínima de recepción:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -101 dBm (2,4 GHz)</li> <li>• -96 dBm (5 GHz)</li> </ul>				
<b>Bandas de frecuencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISM (2,4-2,484 GHz)</li> <li>• U-NII-1 (5,15-5,25 GHz)</li> <li>• U-NII-2A (5,25-5,35 GHz)</li> <li>• U-NII-2C (5,47-5,725 GHz)</li> <li>• U-NII-3 (5,725-5,85 GHz)</li> </ul>				
<b>RF</b>					
<b>HT20</b>			<b>HT40</b>		
<b>MCS0</b>	<b>MCS7</b>		<b>MCS0</b>	<b>MCS7</b>	
-95	-77		-92	-74	
<b>SENSIBILIDAD DE RECEPCIÓN (2,4 GHZ)</b>					
<b>VHT20</b>		<b>VHT40</b>		<b>VHT80</b>	
<b>MCS0</b>	<b>MCS7</b>	<b>MCS0</b>	<b>MCS7</b>	<b>MCS0</b>	<b>MCS7</b>
-96	-77	-93	-75	-90	-72
<b>SENSIBILIDAD DE RECEPCIÓN (5 GHZ)</b>					
<b>Velocidad</b>				<b>Pout (dBm)</b>	
<b>MCS0 HT20</b>				22	
<b>MCS7 HT20</b>				19	
<b>POTENCIA MÁXIMA EN TRANSMISIONES DE 2,4 GHZ</b>					
<b>Velocidad</b>				<b>Pout (dBm)</b>	
<b>MCS0 VHT20</b>				22	
<b>MCS7 VHT20</b>				19	
<b>MCS0 (VHT40 y VHT80)</b>				22	
<b>MCS7 (VHT40 y VHT80)</b>				19	

Velocidad	Pout (dBm)
<b>POTENCIA MÁXIMA EN TRANSMISIONES DE 5 GHZ</b>	
<b>Velocidad máxima de capa física</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,4 GHz: 300 Mbps</li> <li>• 5 GHz: 867 Mbps</li> </ul>
<b>Capacidad de clientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 512 clientes por AP</li> </ul>
<b>SSID</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 31 por AP</li> </ul>
<b>RENDIMIENTO Y CAPACIDAD</b>	
<b>Optimización de antenas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BeamFlex+</li> <li>• Diversidad de polarización con combinación de máxima relación (PD-MRC)</li> </ul>
<b>Gestión de canales de Wi-Fi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ChannelFly</li> <li>• Basado en análisis de segundo plano</li> </ul>
<b>Gestión de densidad de clientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balance de la banda adaptativa</li> <li>• Balance de la carga de clientes</li> <li>• Equidad de conexión</li> <li>• Prioridad de WLAN basada en tiempo de conexión</li> </ul>
<b>Calidad de servicio SmartCast</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programación basada en QoS</li> <li>• Multicast dirigido</li> <li>• L2/L3/L4 ACL</li> </ul>
<b>Movilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SmartRoam</li> </ul>
<b>Herramientas de diagnóstico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de espectro</li> <li>• SpeedFlex</li> </ul>
<b>GESTIÓN DE RADIO DE RUCKUS</b>	
<b>Plataforma de controlador compatible</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SmartZone</li> <li>• ZoneDirector <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unleashed<sup>2</sup></li> </ul> </li> <li>• Wi-Fi en la nube</li> <li>• Independiente</li> </ul>
<b>Malla</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología de malla inalámbrica SmartMesh™. Malla que se autorrepara</li> </ul>
<b>IP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IPv4, IPv6</li> </ul>
<b>VLAN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.1Q (1 por BSSID o dinámica por usuario basado en RADIUS)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VLAN pooling</li> <li>• Estática</li> </ul>
<b>802.1x</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificador y solicitante</li> </ul>
<b>Túnel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L2TP, GRE, Soft-GRE</li> </ul>
<b>Herramientas de gestión de políticas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento y control de la aplicación</li> <li>• Listas de control de acceso</li> <li>• Detección del tipo de dispositivo</li> <li>• Limitación de velocidad</li> </ul>
<b>Capacidad para IoT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sí</li> </ul>

## RED

<b>Ethernet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 puertos 1 GbE, RJ-45, PoE en un puerto</li> </ul>
<b>USB</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puerto USB 2.0, conector tipo A</li> </ul>

## INTERFACES FÍSICAS

<b>Tamaño físico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16,8 (L) x 16,5 (W) x 4,1 (H) cm</li> <li>• 6,6 (L) x 6,49 (W) x 1,6 (H) in</li> </ul>
<b>Peso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 350 g (0,77 oz)</li> </ul>
<b>Instalación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pared, cielo raso y escritorio</li> <li>• Soporte seguro (se vende por separado)</li> </ul>
<b>Seguridad física</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismo de cerrojo oculto</li> <li>• Bloqueo Kensington</li> <li>• Barra en T Torx</li> <li>• Soporte (902-0108-0000) Tornillo y candado Torx (se venden por separado)</li> </ul>
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0°C (32°F) - 50°C (122°F)</li> </ul>
<b>Humedad de funcionamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 95 % sin condensación</li> </ul>

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Fuente de alimentación	Máximo consumo de energía
<b>802.3af</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12,6 W</li> </ul>
<b>Entrada de CC 12 V CC 10 A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 11,9 W</li> </ul>

## ALIMENTACIÓN

<b>Wi-Fi Alliance</b> <sup>4</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wi-Fi CERTIFIED™ a, b, g, n, ac</li> <li>• Passpoint®, Vantage</li> </ul>
<b>Cumplimiento normativo</b> <sup>5</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN 60950-1 Seguridad</li> <li>• EN 60601-1-2 Médico</li> <li>• EN 61000-4-2/3/5 Inmunidad</li> <li>• EN 50121-1 EMC para aplicaciones ferroviarias</li> <li>• EN 50121-4 Inmunidad para aplicaciones ferroviarias</li> <li>• IEC 61373 Choque y vibración para aplicaciones ferroviarias</li> <li>• Plenum UL 2043</li> <li>• EN 62311 Seguridad de personas ante la exposición a RF</li> <li>• WEEE y RoHS</li> <li>• ISTA 2A (transporte)</li> </ul>

### CERTIFICACIONES Y NORMATIVA

<b>Servicios basados en la ubicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SPoT</li> </ul>
<b>Análisis de red</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SmartCell Insight (SCI)</li> </ul>
<b>Seguridad y políticas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloudpath</li> </ul>

### SOFTWARE Y SERVICIOS

<b>901-R510-XX00</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banda dual concurrente 802.11ac AP, sin fuente de administración</li> </ul>
----------------------	--

### INFORMACIÓN DE PEDIDO

Consulte la lista de precios de Ruckus para ver la información de pedidos específica del país.

Garantía: Vendido con una garantía limitada de por vida.

Para más detalles, consulte: <http://support.ruckuswireless.com/warranty>.

<b>902-0162-XXYY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inyector PoE de 24 W (se vende en cantidades de 1, 10 o 100)</li> </ul>
<b>902-0195-0000</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kit de montaje de techo tipo barra T para montaje en marco de techo (repuesto)</li> </ul>
<b>902-1169-XX00</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de alimentación de 12 V, 2 A/24 W</li> </ul>
<b>902-0108-0000</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bastidor de montaje de accesorios con soporte de candado, de repuesto</li> </ul>
<b>902-0120-0000</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporte de montaje de repuesto</li> </ul>
<b>902-0173-XXYY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de alimentación de 12 V, 1 A/12 W (se vende en cantidades de 1 o 10)</li> </ul>

Figura 258. Hoja de Datos AP RUCKUS R510

## AP CISCO AIR-CAP1702I-A-K9

### Product Specifications

Item	Specification
<b>Part numbers</b>	<p><b>Cisco Aironet 1700i Access Point: Indoor environments, with internal antennas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>AIR-CAP1702I-x-K9: Dual-band, controller-based 802.11a/g/n/ac</li> <li>AIR-CAP1702I-xK910: Eco-pack (dual-band 802.11a/g/n/ac) 10 quantity access points</li> </ul> <p><b>Cisco SMARTnet<sup>®</sup> Service for the Cisco Aironet 1700i Access Point with internal antennas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>CON-SNT-C172Ix: SMARTnet 8x5xNBD for 1700i access point (dual-band 802.11a/g/n/ac)</li> <li>CON-SNT-C172Ix10: SMARTnet 8x5xNBD for 10-quantity eco-pack 1700i access point (dual-band 802.11a/g/n/ac)</li> </ul> <p><b>Regulatory domains: (x = regulatory domain)</b></p> <p>Customers are responsible for verifying approval for use in their individual countries. To verify approval and to identify the regulatory domain that corresponds to a particular country, visit <a href="https://www.cisco.com/go/aironet/compliance">https://www.cisco.com/go/aironet/compliance</a>.</p> <p>Not all regulatory domains have been approved. As they are approved, the part numbers will be available on the Global Price List.</p> <p><b>Cisco Wireless LAN Services</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>AS-WLAN-CNSLT: <a href="#">Cisco Wireless LAN Network Planning and Design Service</a></li> <li>AS-WLAN-CNSLT: <a href="#">Cisco Wireless LAN 802.11n Migration Service</a></li> <li>AS-WLAN-CNSLT: <a href="#">Cisco Wireless LAN Performance and Security Assessment Service</a></li> </ul>
<b>Software</b>	<p>Cisco Unified Wireless Network Software Release 8.0 or later</p> <p>Cisco Autonomous AP IOS Software Release 15.3.3-JAB or later</p>
<b>Supported wireless LAN controllers</b>	<p>Cisco 2500 Series Wireless Controllers, Cisco Wireless Controller Module for ISR G2, Cisco Wireless Services Module 2 (WiSM2) for Cisco Catalyst<sup>™</sup> 6500 Series Switches, Cisco 5500 Series Wireless Controllers, Cisco Flex<sup>™</sup> 7500 Series Wireless Controllers, Cisco 8500 Series Wireless Controllers, Cisco Virtual Wireless Controller, Cisco 5760 Wireless LAN Controller, Cisco Catalyst 3850 Series Switches, Cisco Catalyst 3650 Series Switches</p>
<b>802.11n version 2.0 (and related) capabilities</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3x3 MIMO with two spatial streams</li> <li>Maximal ratio combining (MRC)</li> <li>802.11n and 802.11a/g beamforming</li> <li>20- and 40-MHz channels</li> <li>PHY data rates up to 300 Mbps (40 MHz with 5 GHz)</li> <li>Packet aggregation: A-MPDU (Tx/Rx), A-MSDU (Tx/Rx)</li> <li>802.11 Dynamic Frequency Selection (DFS)</li> <li>Cyclic shift diversity (CSD) support</li> </ul>
<b>802.11ac Wave 1 capabilities</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3x3 MIMO with two spatial streams</li> <li>MRC</li> <li>802.11ac standard explicit beamforming</li> <li>20-, 40-, and 80-MHz channels</li> <li>PHY data rates up to 867 Mbps (80 MHz in 5 GHz)</li> <li>Packet aggregation: A-MPDU (Tx/Rx), A-MSDU (Tx/Rx)</li> <li>802.11 DFS</li> <li>CSD support</li> </ul>

Item	Specification							
Data rates supported	802.11a: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps							
	802.11g: 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps							
	802.11n data rates on 2.4 GHz:							
	MCS Index <sup>1</sup>		GI <sup>2</sup> = 800 ns	GI = 400 ns				
			20-MHz Rate (Mbps)	20-MHz Rate (Mbps)				
	0		6.5	7.2				
	1		13	14.4				
	2		19.5	21.7				
	3		26	28.9				
	4		39	43.3				
	5		52	57.8				
	6		58.5	65				
	7		65	72.2				
	8		13	14.4				
	9		26	28.9				
	10		39	43.3				
	11		52	57.8				
	12		78	86.7				
	13		104	115.6				
	14		117	130				
	15		130	144.4				
	802.11ac data rates (5 GHz):							
	MCS Index <sup>3</sup>	Spatial Streams	GI <sup>4</sup> = 800ns			GI = 400ns		
			20-MHz Rate (Mbps)	40-MHz Rate (Mbps)	80-MHz Rate (Mbps)	20-MHz Rate (Mbps)	40-MHz Rate (Mbps)	80-MHz Rate (Mbps)
	0	1	6.5	13.5	29.3	7.2	15	32.5
	1	1	13	27	58.5	14.4	30	65
	2	1	19.5	40.5	87.8	21.7	45	97.5
	3	1	26	54	117	28.9	60	130
	4	1	39	81	175.5	43.3	90	195
	5	1	52	108	234	57.8	120	260
	6	1	58.5	121.5	263.3	65	135	292.5
	7	1	65	135	292.5	72.2	150	325
	8	1	78	162	351	86.7	180	390
9	1	-	180	390	-	200	433.3	
0	2	13	27	58.5	14.4	30	65	

Item	Specification							
	1	2	26	54	117	28.9	60	130
	2	2	39	81	175.5	43.3	90	195
	3	2	52	108	234	57.8	120	260
	4	2	78	162	351	86.7	180	390
	5	2	104	216	468	115.6	240	520
	6	2	117	243	526.5	130	270	585
	7	2	130	270	585	144.4	300	650
	8	2	156	324	702	173.3	360	780
	9	2	-	360	780	-	400	866.7
Frequency band and 20-MHz operating channels	<b>A (A regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.462 GHz; 11 channels</li> <li>5.180 to 5.320 GHz; 8 channels</li> <li>5.500 to 5.700 GHz; 8 channels (excludes 5.600 to 5.640 GHz)</li> <li>5.745 to 5.825 GHz; 5 channels</li> </ul> <b>C (C regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.472 GHz; 13 channels</li> <li>5.745 to 5.825 GHz; 5 channels</li> </ul> <b>D (D regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.462 GHz; 11 channels</li> <li>5.180 to 5.320 GHz; 8 channels</li> <li>5.745 to 5.825 GHz; 5 channels</li> </ul> <b>E (E regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.472 GHz; 13 channels</li> <li>5.180 to 5.320 GHz; 8 channels</li> <li>5.500 to 5.700 GHz; 8 channels (excludes 5.600 to 5.640 GHz)</li> </ul> <b>F (F regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.472 GHz; 13 channels</li> <li>5.745 to 5.805 GHz; 4 channels</li> </ul> <b>H (H regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.472 GHz; 13 channels</li> <li>5.180 to 5.350 GHz; 8 channels</li> <li>5.745 to 5.825 GHz; 5 channels</li> </ul> <b>I (I regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.472 GHz; 13 channels</li> <li>5.180 to 5.320 GHz; 8 channels</li> </ul> <b>K (K regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.472 GHz; 13 channels</li> <li>5.180 to 5.320 GHz; 8 channels</li> <li>5.500 to 5.620 GHz; 7 channels</li> <li>5.745 to 5.805 GHz; 4 channels</li> </ul>				<b>N (N regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.462 GHz; 11 channels</li> <li>5.180 to 5.320 GHz; 8 channels</li> <li>5.745 to 5.825 GHz; 5 channels</li> </ul> <b>Q (Q regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.472 GHz; 13 channels</li> <li>5.180 to 5.320 GHz; 8 channels</li> <li>5.500 to 5.700 GHz; 11 channels</li> </ul> <b>R (R regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.472 GHz; 13 channels</li> <li>5.180 to 5.320 GHz; 8 channels</li> <li>5.660 to 5.805 GHz; 7 channels</li> </ul> <b>S (S regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.472 GHz; 13 channels</li> <li>5.180 to 5.320 GHz; 8 channels</li> <li>5.500 to 5.700 GHz; 11 channels</li> <li>5.745 to 5.825 GHz; 5 channels</li> </ul> <b>T (T regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.462 GHz; 11 channels</li> <li>5.280 to 5.320 GHz; 3 channels</li> <li>5.500 to 5.700 GHz; 8 channels (excludes 5.600 to 5.640 GHz)</li> <li>5.745 to 5.825 GHz; 5 channels</li> </ul> <b>Z (Z regulatory domain):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.412 to 2.462 GHz; 11 channels</li> <li>5.180 to 5.320 GHz; 8 channels</li> <li>5.500 to 5.700 GHz; 8 channels (excludes 5.600 to 5.640 GHz)</li> <li>5.745 to 5.825 GHz; 5 channels</li> </ul>			
<b>Note:</b> Customers are responsible for verifying approval for use in their individual countries. To verify approval and to identify the regulatory domain that corresponds to a particular country, visit <a href="https://www.cisco.com/go/aironet/compliance">https://www.cisco.com/go/aironet/compliance</a> .								
Maximum number of nonoverlapping channels	<b>2.4 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>802.11b/g: <ul style="list-style-type: none"> <li>20 MHz: 3</li> </ul> </li> <li>802.11n: <ul style="list-style-type: none"> <li>20 MHz: 3</li> </ul> </li> </ul>				<b>5 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>802.11a: <ul style="list-style-type: none"> <li>20 MHz: 24</li> </ul> </li> <li>802.11n: <ul style="list-style-type: none"> <li>20 MHz: 24</li> <li>40 MHz: 11</li> </ul> </li> <li>802.11ac: <ul style="list-style-type: none"> <li>20 MHz: 24</li> <li>40 MHz: 11</li> <li>80 MHz: 5</li> </ul> </li> </ul>			
<b>Note:</b> This varies by regulatory domain. Refer to the product documentation for specific details for each regulatory domain.								

Item	Specification																																																																			
Receive sensitivity	<ul style="list-style-type: none"> <li>802.11b (CCK) <ul style="list-style-type: none"> <li>-101 dBm @ 1 Mbps</li> <li>-99 dBm @ 2 Mbps</li> <li>-93 dBm @ 5.5 Mbps</li> <li>-90 dBm @ 11 Mbps</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>802.11g (non HT20) <ul style="list-style-type: none"> <li>-93 dBm @ 6 Mbps</li> <li>-92 dBm @ 9 Mbps</li> <li>-92 dBm @ 12 Mbps</li> <li>-91 dBm @ 18 Mbps</li> <li>-88 dBm @ 24 Mbps</li> <li>-85 dBm @ 36 Mbps</li> <li>-80 dBm @ 48 Mbps</li> <li>-79 dBm @ 54 Mbps</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>802.11a (non HT20) <ul style="list-style-type: none"> <li>-93 dBm @ 6 Mbps</li> <li>-92 dBm @ 9 Mbps</li> <li>-92 dBm @ 12 Mbps</li> <li>-91 dBm @ 18 Mbps</li> <li>-88 dBm @ 24 Mbps</li> <li>-85 dBm @ 36 Mbps</li> <li>-80 dBm @ 48 Mbps</li> <li>-79 dBm @ 54 Mbps</li> </ul> </li> </ul>																																																															
	<b>2.4 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>802.11n (HT20) <ul style="list-style-type: none"> <li>-93 dBm @ MCS0</li> <li>-92 dBm @ MCS1</li> <li>-90 dBm @ MCS2</li> <li>-87 dBm @ MCS3</li> <li>-84 dBm @ MCS4</li> <li>-79 dBm @ MCS5</li> <li>-78 dBm @ MCS6</li> <li>-77 dBm @ MCS7</li> <li>-92 dBm @ MCS8</li> <li>-90 dBm @ MCS9</li> <li>-88 dBm @ MCS10</li> <li>-85 dBm @ MCS11</li> <li>-82 dBm @ MCS12</li> <li>-78 dBm @ MCS13</li> <li>-76 dBm @ MCS14</li> <li>-75 dBm @ MCS15</li> </ul> </li> </ul>		<b>5 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>802.11n (HT20) <ul style="list-style-type: none"> <li>-93 dBm @ MCS0</li> <li>-92 dBm @ MCS1</li> <li>-90 dBm @ MCS2</li> <li>-87 dBm @ MCS3</li> <li>-84 dBm @ MCS4</li> <li>-80 dBm @ MCS5</li> <li>-78 dBm @ MCS6</li> <li>-77 dBm @ MCS7</li> <li>-92 dBm @ MCS8</li> <li>-90 dBm @ MCS9</li> <li>-88 dBm @ MCS10</li> <li>-85 dBm @ MCS11</li> <li>-82 dBm @ MCS12</li> <li>-77 dBm @ MCS13</li> <li>-76 dBm @ MCS14</li> <li>-74 dBm @ MCS15</li> </ul> </li> </ul>		<b>5 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>802.11n (HT40) <ul style="list-style-type: none"> <li>-90 dBm @ MCS0</li> <li>-88 dBm @ MCS1</li> <li>-87 dBm @ MCS2</li> <li>-84 dBm @ MCS3</li> <li>-81 dBm @ MCS4</li> <li>-76 dBm @ MCS5</li> <li>-75 dBm @ MCS6</li> <li>-74 dBm @ MCS7</li> <li>-89 dBm @ MCS8</li> <li>-87 dBm @ MCS9</li> <li>-85 dBm @ MCS10</li> <li>-82 dBm @ MCS11</li> <li>-78 dBm @ MCS12</li> <li>-74 dBm @ MCS13</li> <li>-73 dBm @ MCS14</li> <li>-71 dBm @ MCS15</li> </ul> </li> </ul>																																																															
<b>802.11ac Receive Sensitivity</b>																																																																				
<b>802.11ac (non HT80)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-86 dBm @ 6 Mbps</li> <li>-74 dBm @ 54 Mbps</li> </ul>																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">MCS Index<sup>5</sup></th> <th rowspan="2">Spatial Streams</th> <th colspan="6">Spatial Streams</th> </tr> <tr> <th>VHT20</th> <th>VHT40</th> <th>VHT80</th> <th>VTH20-STBC</th> <th>VHT40-STBC</th> <th>VHT80-STBC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>-92 dBm</td> <td>-89 dBm</td> <td>-85 dBm</td> <td>-92 dBm</td> <td>-89 dBm</td> <td>-85 dBm</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>1</td> <td>-73 dBm</td> <td></td> <td></td> <td>-73 dBm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>1</td> <td></td> <td>-68 dBm</td> <td>-65 dBm</td> <td></td> <td>-68 dBm</td> <td>-65 dBm</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>2</td> <td>-91 dBm</td> <td>-87 dBm</td> <td>-84 dBm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>2</td> <td>-71 dBm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>2</td> <td></td> <td>-66 dBm</td> <td>-62 dBm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							MCS Index <sup>5</sup>	Spatial Streams	Spatial Streams						VHT20	VHT40	VHT80	VTH20-STBC	VHT40-STBC	VHT80-STBC	0	1	-92 dBm	-89 dBm	-85 dBm	-92 dBm	-89 dBm	-85 dBm	8	1	-73 dBm			-73 dBm			9	1		-68 dBm	-65 dBm		-68 dBm	-65 dBm	0	2	-91 dBm	-87 dBm	-84 dBm				8	2	-71 dBm						9	2		-66 dBm	-62 dBm			
MCS Index <sup>5</sup>	Spatial Streams	Spatial Streams																																																																		
		VHT20	VHT40	VHT80	VTH20-STBC	VHT40-STBC	VHT80-STBC																																																													
0	1	-92 dBm	-89 dBm	-85 dBm	-92 dBm	-89 dBm	-85 dBm																																																													
8	1	-73 dBm			-73 dBm																																																															
9	1		-68 dBm	-65 dBm		-68 dBm	-65 dBm																																																													
0	2	-91 dBm	-87 dBm	-84 dBm																																																																
8	2	-71 dBm																																																																		
9	2		-66 dBm	-62 dBm																																																																
Maximum transmit power	<b>2.4 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>802.11b <ul style="list-style-type: none"> <li>22 dBm, 3 antennas</li> </ul> </li> <li>802.11g <ul style="list-style-type: none"> <li>22 dBm, 3 antennas</li> </ul> </li> <li>802.11n (HT20) <ul style="list-style-type: none"> <li>22 dBm, 3 antennas</li> </ul> </li> </ul>			<b>5 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>802.11a <ul style="list-style-type: none"> <li>22 dBm, 3 antennas</li> </ul> </li> <li>802.11n (HT20) <ul style="list-style-type: none"> <li>22 dBm, 3 antennas</li> </ul> </li> <li>802.11n (HT40) <ul style="list-style-type: none"> <li>22 dBm, 3 antennas</li> </ul> </li> <li>802.11ac <ul style="list-style-type: none"> <li>non-HT80: 22 dBm, 3 antennas</li> </ul> </li> </ul>																																																																

<sup>5</sup> MCS Index: The Modulation and Coding Scheme (MCS) index determines the number of spatial streams, the modulation, the coding rate, and data rate values.

Item	Specification		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ VHT20 22 dBm, 3 antennas</li> <li>◦ VHT40: 22 dBm, 3 antennas</li> <li>◦ VHT80: 22 dBm, 3 antennas</li> <li>◦ VHT20-STBC: 22 dBm, 3 antennas</li> <li>◦ VHT40-STBC: 22 dBm, 3 antennas</li> <li>◦ VHT80-STBC: 22 dBm, 3 antennas</li> </ul>		
<p><b>Note:</b> The maximum power setting will vary by channel and according to individual country regulations. Refer to the product documentation for specific details.</p>			
<b>Available transmit power settings</b>	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <b>2.4 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 22 dBm (160 mW)</li> <li>• 19 dBm (80 mW)</li> <li>• 16 dBm (40 mW)</li> <li>• 13 dBm (20 mW)</li> <li>• 10 dBm (10 mW)</li> <li>• 7 dBm (5 mW)</li> <li>• 4 dBm (2.5 mW)</li> <li>• 2 dBm (1.25 mW)</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top;"> <b>5 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 22 dBm (160 mW)</li> <li>• 19 dBm (80 mW)</li> <li>• 16 dBm (40 mW)</li> <li>• 13 dBm (20 mW)</li> <li>• 10 dBm (10 mW)</li> <li>• 7 dBm (5 mW)</li> <li>• 4 dBm (2.5 mW)</li> <li>• 1 dBm (1.25 mW)</li> </ul> </td> </tr> </table>	<b>2.4 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 22 dBm (160 mW)</li> <li>• 19 dBm (80 mW)</li> <li>• 16 dBm (40 mW)</li> <li>• 13 dBm (20 mW)</li> <li>• 10 dBm (10 mW)</li> <li>• 7 dBm (5 mW)</li> <li>• 4 dBm (2.5 mW)</li> <li>• 2 dBm (1.25 mW)</li> </ul>	<b>5 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 22 dBm (160 mW)</li> <li>• 19 dBm (80 mW)</li> <li>• 16 dBm (40 mW)</li> <li>• 13 dBm (20 mW)</li> <li>• 10 dBm (10 mW)</li> <li>• 7 dBm (5 mW)</li> <li>• 4 dBm (2.5 mW)</li> <li>• 1 dBm (1.25 mW)</li> </ul>
<b>2.4 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 22 dBm (160 mW)</li> <li>• 19 dBm (80 mW)</li> <li>• 16 dBm (40 mW)</li> <li>• 13 dBm (20 mW)</li> <li>• 10 dBm (10 mW)</li> <li>• 7 dBm (5 mW)</li> <li>• 4 dBm (2.5 mW)</li> <li>• 2 dBm (1.25 mW)</li> </ul>	<b>5 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 22 dBm (160 mW)</li> <li>• 19 dBm (80 mW)</li> <li>• 16 dBm (40 mW)</li> <li>• 13 dBm (20 mW)</li> <li>• 10 dBm (10 mW)</li> <li>• 7 dBm (5 mW)</li> <li>• 4 dBm (2.5 mW)</li> <li>• 1 dBm (1.25 mW)</li> </ul>		
<p><b>Note:</b> The maximum power setting will vary by channel and according to individual country regulations. Refer to the product documentation for specific details.</p>			
<b>Integrated antenna</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4 GHz, gain 4 dBi, internal omni, horizontal beamwidth 360°</li> <li>• 5 GHz, gain 4 dBi, internal omni, horizontal beamwidth 360°</li> </ul>		
<b>Interfaces</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x10/100/1000BASE-T autosensing (RJ-45)</li> <li>• Management console port (RJ-45)</li> </ul>		
<b>Indicators</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Status LED indicates boot loader status, association status, operating status, boot loader warnings, boot loader errors</li> </ul>		
<b>Dimensions (W x L x H)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Access point (without mounting bracket): 8.69 x 8.69 x 1.99 in. (22.1 x 22.1 x 5.1 cm)</li> </ul>		
<b>Weight</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.2 lb (1.0 kg)</li> </ul>		
<b>Environmental</b>	<p><b>Cisco Aironet 1702i</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Non-operating (storage) temperature: -22° to 158°F (-30° to 70°C)</li> <li>• Non-operating (storage) altitude test: 25° C, 15,000 ft.</li> <li>• Operating temperature: 32° to 104°F (0° to 40°C)</li> <li>• Operating humidity: 10% to 90% percent (non-condensing)</li> <li>• Operating altitude test: 40° C, 9843 ft.</li> </ul>		
<b>System memory</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 512 MB DRAM</li> <li>• 64 MB flash</li> </ul>		
<b>Input power requirements</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AP1700: 44 to 57 VDC</li> <li>• Power supply and power injector: 100 to 240 VAC; 50 to 60 Hz</li> </ul>		
<b>Power draw</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AP1700: 15W</li> </ul>		
<b>Powering options</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.3af PoE</li> <li>• 802.3af PoE+</li> <li>• Enhanced PoE</li> <li>• Cisco AP1700 power injectors (AIR-PWRINJ5=)</li> <li>• Cisco AP1700 local power supply (AIR-PWR-C= or AIR-PWR-D=)</li> </ul>		
<b>Warranty</b>	Limited lifetime hardware warranty		
<b>Compliance standards</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ UL 60950-1</li> <li>◦ CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1</li> <li>◦ UL 2043</li> <li>◦ IEC 60950-1</li> <li>◦ EN 60950-1</li> <li>◦ EN 50155</li> <li>• Radio approvals: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ FCC Part 15.247, 15.407</li> </ul> </li> </ul>		

Item	Specification
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ RSS-210 (Canada)</li> <li>◦ EN 300.328, EN 301.893 (Europe)</li> <li>◦ ARIB-STD 66 (Japan)</li> <li>◦ ARIB-STD T71 (Japan)</li> <li>◦ EMI and susceptibility (Class B)</li> <li>◦ FCC Part 15.107 and 15.109</li> <li>◦ ICES-003 (Canada)</li> <li>◦ VCCI (Japan)</li> <li>◦ EN 301.489-1 and -17 (Europe)</li> <li>◦ EN 60601-1-2 EMC requirements for the Medical Directive 93/42/EEC</li> <li>• IEEE standards: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ IEEE 802.11a/b/g, 802.11n, 802.11h, 802.11d</li> <li>◦ IEEE 802.11ac Draft 5</li> </ul> </li> <li>• Security: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), WPA</li> <li>◦ 802.1X</li> <li>◦ Advanced Encryption Standards (AES), Temporal Key Integrity Protocol (TKIP)</li> </ul> </li> <li>• Extensible Authentication Protocol (EAP) types: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ EAP-Transport Layer Security (TLS)</li> <li>◦ EAP-Tunneled TLS (TTLS) or Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol Version 2 (MSCHAPv2)</li> <li>◦ Protected EAP (PEAP) v0 or EAP-MSCHAPv2</li> <li>◦ EAP-Flexible Authentication via Secure Tunneling (FAST)</li> <li>◦ PEAP v1 or EAP-Generic Token Card (GTC)</li> <li>◦ EAP-Subscriber Identity Module (SIM)</li> </ul> </li> <li>• Multimedia: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Wi-Fi Multimedia (WMM)</li> </ul> </li> <li>• Other: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ FCC Bulletin OET-65C</li> <li>◦ RSS-102</li> </ul> </li> </ul> <p>Wi-Fi CERTIFIED™ a, b, g, n, ac</p>

**Figura 259. Hoja de Datos AP CISCO AIR-CAP1702I-A-K9**