



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## ÁREA DE LA ENERGIA, LA INDUSTRIA Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

### CARRERA INGENIERIA EN SISTEMAS

#### **TEMA:**

“ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE UNA RED  
MESH EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Y SU  
IMPLEMENTACIÓN EN ADMINISTRACIÓN CENTRAL”.

TESIS PREVIA A OPTAR  
POR EL GRADO DE  
INGENIERO EN  
SISTEMAS

#### AUTOR:

DIEGO JAVIER MENDOZA OCHOA

#### DIRECTOR:

ING. HERNAN LEONARDO TORRES CARRIÓN M.SC.

LOJA – ECUADOR

2012



## **A. TÍTULO**

Análisis para el diseño de una red Mesh en la Universidad Nacional de Loja y su implementación en Administración Central.



*REDES INALAMBRICAS MALLADAS*

## CERTIFICACIÓN

Ing. Hernán Leonardo Torres Carrión M.SC

**CATEDRÁTICO DEL ÁREA DE LA ENERGIA, INDUSTRIAS Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

### **CERTIFICO:**

Que el presente trabajo de investigación que lleva por título **“Análisis para el diseño de una red Mesh en la Universidad Nacional de Loja y su implementación en Administración Central.”**, es de autoría del señor Diego Javier Mendoza Ochoa, previa a la obtención del grado de Ingeniero en Sistemas, la misma que ha sido revisada minuciosamente, por lo que me permito autorizar su presentación.

Loja, Marzo del 2012

.....  
**Ing. Hernán Leonardo Torres Carrión M.SC.**

**DIRECTOR**



## **AUTORIA**

Las ideas, opiniones y criterios, realizados en la presente tesis de investigación denominado **“ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE UNA RED MESH EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Y SU IMPLEMENTACIÓN EN ADMINISTRACIÓN CENTRAL “** son de uso exclusivo y de responsabilidad de su autor excepto aquellas que se encuentran debidamente citadas.

Loja, Febrero del 2012

.....  
**Diego Javier Mendoza Ochoa**



## **AGRADECIMIENTO**

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, que abrió sus puertas y me concedió el privilegio de estudiar en una institución de gran prestigio y trayectoria, a los docentes que la conforman ya que con sus experiencias y conocimientos nos supieron guiar a través de cada uno de los módulos hasta alcanzar la meta, así como también a la Unidad de Telecomunicaciones e Información sección Redes, que ha permitido llevar adelante este trabajo.

Al Ingeniero Hernán Torres director de tesis, quien dejando a un lado sus ocupaciones supo dar su tiempo para guiarme y poder culminar el desarrollo de la presente tesis investigativa.

Así mismo agradezco a todas las personas como amigos y compañeros con quienes compartí la vida universitaria y fueron un gran apoyo en momentos difíciles, familiares y demás personas que me supieron dar aliento en toda la etapa de estudiante.

**El Autor**



*REDES INALAMBRICAS MALLADAS*

## **DEDICATORIA**

Quiero agradecer primeramente a Dios, por todas las cosas buenas que me ha permitido vivir y las metas que me ha dejado cumplir entregándome una vida saludable y feliz junto a mis seres queridos, a mi mamá que me ha sacado adelante siempre sin dejarse vencer y me ha dado su apoyo incondicional en todo lo que me he propuesto, a mis hermanos, y a todas las personas que con su cariño y aprecio han hecho que sea posible cumplir una meta más de mi vida, a todos muchísimas gracias por todo.

Diego Javier



## **CESIÓN DE DERECHOS**

Por medio del presente documento Diego Javier Mendoza Ochoa, autor de este proyecto de Tesis denominado “**ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE UNA RED MESH EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Y SU IMPLEMENTACIÓN EN ADMINISTRACIÓN CENTRAL**”, cedo los derechos de autoría a la Universidad Nacional de Loja de forma que puedan hacer uso del material entregado como se crea conveniente.

Como autor original del presente proyecto doy fe que todo lo entregado está de acuerdo al artículo 151 del **REGLAMENTO DE RÉGIMEN ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**.

**Atentamente,**

**El Autor.**



## **B. RESUMEN**

El presente trabajo tiene como propósito ofrecer una solución tecnológica para dotar de servicios de comunicaciones inalámbricas a Empleados, Trabajadores y en especial a los Estudiantes de la Universidad Nacional de Loja, definiendo los parámetros técnicos que se deben cumplir y la normativa a seguir para operar redes inalámbricas con tecnología Mesh, con lo cual se pueda disponer de mayor cobertura fácil acceso y poder hacer uso de servicios y aplicaciones.

Como es de conocimiento las limitantes que tenemos hoy en día para poder disponer de redes inalámbricas de alta calidad y fácil acceso que permitan realizar tareas y actividades del trabajo diario es de una u otra forma difícil, de modo que se plantea una solución tecnológica basada en una Red Mallada que cumpla con los requerimientos necesarios, resuelva los problemas actuales y permita realizar trabajos cuando se haga uso del medio inalámbrico.

Se ha planteado la propuesta con equipos inalámbricos de última tecnología que hacen uso del estándar 802.11n, los cuales manejan un protocolo para la creación de redes Malladas de manera eficiente, rápida y al alcance de todos los usuarios.

Además se ha tomado en cuenta, la situación actual e la red de datos de la Universidad, las actividades que actualmente realizan los usuarios que hacen uso del medio inalámbrico, los aspectos técnicos, económicos y ambientales, e igualmente los equipos que se planten adquirir y los usuarios que harán uso de la Red Inalámbrica Mallada.

Con lo señalado anteriormente, el diseño para la implementación de la Red Inalámbrica Mallada pretende convertirse en un medio que siempre estará disponible y de fácil acceso para los usuarios.

Finalmente se presenta la implementación de un segmento de red inalámbrica mallada basada en software libre y el protocolo de encaminamiento olsr.

Se ha culminado el desarrollo de la presente tesis presentando conclusiones y recomendaciones resultantes del desarrollo del proyecto.





## **SUMMARY**

The objective of this project is to provide a technological solution to offer wireless communications services to employees and students of National University of Loja, defining the technical parameters and regulations to operate with Mesh networks wireless technology, which can make use high coverage and easy access to services and applications.

The limitation that we have today to make use high-quality wireless networks and easy access to do daily tasks and activities is difficult, for this reason, the Mesh network resolves current problems and allow to work when users use the wireless network.

This project has wireless equipment based in the 802.11n standard, which operate with OLSR (*Optimized Link State Routing*) routing protocol to create an efficient, fast and available Mesh network to users.

Also, it has considered the situation data network of the University, the activities that users realize when use the wireless network, the technical, economic and environmental aspects, and the equipment will be purchased for Mesh network.

With the above, the design for the Mesh network implementation intents to become a medium that always available and easily accessible to users.

Finally, the developed project consists in the Mesh network implementation based on free software and OLSR routing protocol.

The development of this thesis end, by presenting conclusions and recommendations about the use and implementation de Mesh network.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INDICE	PAG
A.TITULO .....	II
B. RESUMEN .....	VIII
SUMMARY .....	IX
INDICE DE CONTENIDOS .....	X
INDICE DE TABLAS.....	XIII
INDICE DE FIGURAS .....	XV
C.- INTRODUCCIÓN.....	1
D.- REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	3
<b>CAPÍTULO 1: Sistemas Inalámbricos</b> .....	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Organizaciones y estándares de redes inalámbricas.....	3
1.2.1 Organizaciones .....	3
1.2.2 Bandas ISM y UNII.....	4
1.2.2.1 ISM - Industrial Scientific Medical Bands .....	4
1.2.2.2 Unlicensed National Information Infrastructure Bands.....	4
1.2.2.3 Estándares IEEE 802.11 .....	5
1.2.3.1 Descripción de estándares inalámbricos 802.11.....	6
1.2.3.2 Estándar IEEE 802.11n.....	6
1.3 Tipos de Redes .....	7
1.3.1 Punto a Punto .....	7
1.3.2 Punto a Multipunto .....	7
1.3.3 Multipunto a Multipunto .....	8
1.4 Clasificación de las Redes Inalámbricas .....	9
1.4.1 Redes Inalámbricas de Área Local (wlan) .....	9
1.4.1.1 Redes de Infraestructura .....	9
1.4.1.2 Redes Móviles ad-hoc.....	10
1.4.1.3 Redes Inalámbricas de Tipo Malla.....	11
<b>CAPITULO 2: Redes Inalámbricas Malladas</b> .....	12
2.1 Definición .....	12
2.1.1 Características .....	12



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

2.2 Generaciones de los Sistemas Mallados .....	13
2.3 Arquitectura de una Red Malla .....	15
2.3.1 Enrutadores Mesh .....	15
2.3.2 Clientes Mesh .....	15
2.4 Clasificación de las Redes Mesh .....	15
2.4.1 Redes Inalámbricas Mesh de Infraestructura/backbone .....	16
2.4.2 Redes Inalámbricas Mesh Cliente .....	16
2.4.3 Redes Inalámbricas Mesh Híbridas .....	16
2.5 Arquitectura de Redes 802.11 .....	16
2.5.1 Identificación de Redes .....	16
2.5.1.1 Identificador de conjunto de Servicios (ssid) .....	16
2.5.1.2 Beacons .....	16
2.6 Seguridad en Redes Inalámbricas .....	17
2.6.1 Estándares de Seguridad de Redes inalámbricas Wi-Fi .....	17
<b>CAPITULO 3: Protocolos de Enrutamiento .....</b>	<b>18</b>
3.1 Definición .....	18
3.2 Protocolo Reactivo OLSR .....	19
3.3 Funcionamiento del protocolo OLSR .....	21
<b>CAPITULO 4: Soluciones para Redes Inalambricas 802.11N .....</b>	<b>23</b>
4.1 Solucion Cisco System .....	23
4.1.1 Punto de acceso Mesh Aironet 1552e .....	23
4.1.2 Wireless Lan Controller 4400 series .....	24
4.1.3 Wireless Control System (wcs) .....	24
4.2 Solución Motorola .....	25
4.2.1 Punto de acceso Mesh 7181 .....	25
4.3 Solución 3Com .....	26
4.3.1 Punto de acceso Mesh 9550 .....	26
4.3.2 Wireless Lan Controller WX2200 3Com .....	27
<b>CAPITULO 5: Herramientas de Software .....</b>	<b>28</b>
5.1 Radio Mobile .....	28
5.1.1 Introducción .....	28
5.1.2 Modelo Longley_Rice .....	28
5.1.2.1 Parámetros Generales .....	28
5.1.2.2 Parámetros Específicos para el Modelo de Longley_Rice .....	29



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

5.1.3 Configuración de Radio Mobile.....	29
5.1.3.1 Cargar Mapas.....	30
5.1.3.2 Configuración de la Red.....	30
5.1.3.2.1 Parámetros.....	31
5.1.3.2.2 Topología.....	31
5.1.3.2.3 Membership.....	31
5.1.3.2.4 Configuración del Sistema.....	32
5.1.3.2.5 Style.....	32
5.1.4 Análisis de resultados con Radio Link.....	33
5.2 Firmware Freifunk.....	34
5.2.1 Características de Freifunk.....	35
5.3 Xirrus wi-fi Inspector.....	35
<b>E.- MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
<b>F.- RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
<b>G.- DISCUSIÓN.....</b>	<b>163</b>
<b>H.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>166</b>
<b>I.- RECOMENDACIONES.....</b>	<b>167</b>
<b>J.- BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>168</b>
<b>K.- ANEXOS.....</b>	<b>170</b>



**C.1. INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Banda UNII y canales asignados.....	5
Tabla 2. Características estándares 802.1 .....	6
Tabla 3 .Estándares de seguridad Wi-Fi.....	17
Tabla 4. Factores de Permitividad y Conductividad.....	29
Tabla 5. Número de Estudiantes por área.....	40
Tabla 6. Número de personal Administrativo, docente y trabajadores .....	41
Tabla 7. Simboligía de elementos que conforman la red .....	45
Tabla 8. Servicios que presta la Universidad.....	53
Tabla 9. Descripción de parámetros IPv4 de la red de datos inaterna.....	55
Tabla 10. Rangos de direcciones IP que actualmente usa la Universidad.....	55
Tabla 11. Direccioanmiento Ip para los servidores internos.....	56
Tabla 12. Descripció de parámetros IPv4 de la red Pública .....	56
Tabla 13. Direcciones Ip de servidores públicos.....	57
Tabla 14. Número de Estudiatas y Docentes por Área.....	73
Tabla 15. Número de Personal Administrativos y Trabajadores .....	73
Tabla 16. Estudiantes con acceso a la red inalámbrica .....	77
Tabla 17. Administrativos, Docentes y Trabajadores con acceso a la red Malla.....	78
Tabla 18. Total de usuarios con acceso a la red Inalámbrica .....	78
Tabla 19. Equipos Access Point exteriores para redes Malla .....	87
Tabla 20. Características de equipos de Gestion de red .....	88
Tabla 21. Características de las Antenas utilizadas en el diseño de la Red Mesh...	90
Tabla 22. Total de personas con acceso a la red .....	98
Tabla 23. Capacidad estimada para el uso de servicios en la red Inalámbrica .....	100
Tabla 24. Coordenadas para ubicación de unidades en Radio Mobil .....	112
Tabla 25. Datos el punto de Acceso Aironet 1552e dominio A .....	114
Tabla 26. Datos Antena dual band omnidireccional.....	115
Tabla 27. Valores adicionales para el uso eficiente de Radio Mobile .....	115
Tabla 28. Relación entre Puntos de acceso para formar la Red Mallada.....	122
Tabla 29. Canales asignadosA los AP Aironet para la red mallada .....	123
Tabla 30. Costos de los Equipos para la implementación de la red Inalambrica....	124
Tabla 31. Costos de Infraestructura .....	125
Tabla 32. Costos de Mano de Obra para la Implementación.....	126



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

Tabla 33. Costo de Mantenimiento.....	127
Tabla 34. Costos por servicios profesionales .....	127
Tabla 35. Costo aproximado para la Implementacion de la Red Mallada .....	128
Tabla 36. Características de los equipos punto de acceso y Router.....	129
Tabla 37. Direccionamiento ip para la Red Mallada .....	133
Tabla 38. Direccionamiento ip para ala configuracion Lan de los nodos .....	134
Tabla 39. Direccionamiento ip para la red Wireless.....	134
Tabla 40. Rango de direcciones Ip para olsrdhcp.....	140
Tabla 41. Ubicación de los puntos de acceso .....	147
Tabla 42. Valoración económica de recursos humanos .....	160
Tabla 43. Valoración económica de recursos materiales.....	161
Tabla 44. Valoración Económica Hardware.....	161
Tabla 45. Valoración Económica Software .....	161
Tabla 46. Valoración Económica Comunicaciones.....	161
Tabla 47. Valoración Económica Técnica Tecnológica.....	162
Tabla 48. Aproximación del Costo real del Proyecto. ....	162
Tabla 49. Usuarios que poseen dispositivo inalámbrico .....	171
Tabla 50. Tipo de dispositivo que poseen usuarios inalámbricos .....	172
Tabla 51. Usuarios que se conectan a la Red .....	173
Tabla 52. Uso de internet inalámbrico .....	174
Tabla 53. Horario que se conectan los usuarios.....	175
Tabla 54. Lugar que se conectan los usuarios .....	176
Tabla 55. Servicios mas usados por los usuarios.....	177
Tabla 56. Calidad de velocidad de navegación .....	178
Tabla 57. Implementar una red inalambrica en todo el campus.....	179
Tabla 58. Usuarios Simultáneos.....	182
Tabla 59. Características equipo cisco Aironet.....	184
Tabla 60. Forma de conectarse a la Red Mesh.....	191
Tabla 61. Velocidad de navegación de la red Mesh .....	192
Tabla 62. Velocidad de descarga con la red Mesh .....	193
Tabla 63. Uso de la Red Mesh de administración Central .....	194
Tabla 64. Funcionamiento en general de la red Mesh .....	195



## **C.2. INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Enlace Punto a Punto.....	7
Figura 2. Enlace Punto a Multipunto.....	8
Figura 3. Enlace Multipunto a Mutipunto .....	8
Figura 4. Red de Infraestructura.....	10
Figura 5. Red Inalámbrica Ad-Hoc .....	10
Figura 6. Diseño de Red Inalámbrica Tipo Malla .....	11
Figura 7. Generaciones de los Sistemas Mallados.....	13
Figura 8. Protocolos de Enrutamiento en las Redes Inalámbricas Mesh .....	18
Figura 9. Técnica MPR.....	20
Figura 10. AP Cisco Aironet 1552e .....	23
Figura 11. Wireless Lan Controller 4400 series.....	24
Figura 12. Vizualizacion de cobertura mediante WCS.....	25
Figura 13. Punto de acceso Mesh Motorola 7181 .....	26
Figura 14. Punto de acceso 3Com 9550n .....	27
Figura 15. Wireless Lan Controller 3com wx2200 .....	27
figura 16. Propiedades de Mapa .....	30
Figura 17. Propiedades de Red.....	31
Figura 18. Configuracion del Sistema.....	32
Figura 19. Estilos para diferenciar margenes de recepción .....	33
Figura 20. Resultados de Radio Link.....	34
Figura 21. Buscador Xirrus Wi-Fi Inspector .....	36
Figura 22. Diseño de la situación actual de la red de datos.....	50
Figura 23. Diagrama actual del cuarto de comunicaciones .....	54
Figura 24. Distribución de los equipos de red en el área Educativa.....	59
Figura 25. Distribucion de los equipos de red en el área Jurídica.....	60
Figura 26. Distribución de los equipos de red en el área Agropecuaria.....	61
Figura 27. Distribución de los equipos de res en el área de la Energía .....	63
Figura 28. Distribución de los equipos de red en el área de la Salud .....	64
Figura 29. Distribición de los equipos en el bloque de Bienestar Estudiantil.....	64
Figura 30. Backbone de Fibra Óptica en el campus de la Universidad.....	66
Figura 31. Modelo Jerárquico de red Inalámbrica Unificada para la UNL .....	71
Figura 32. Ajuste potencial, para la población Estudiantil.....	74
Figura 33. Ajuste potencial de Personal de la UNL .....	76



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

Figura 34. Campus Universitario UNL, Sector Argelia .....	79
Figura 35. Área de la Salud Humana e Idiomas, Sector Centro e la Ciudad.....	80
Figura 36. Sondeo de redes en modo infraestructura.....	81
Figura 37. Sondeo de canales.....	82
Figura 38. Señal de las Redes que actualmente se encuentran instaladas .....	83
Figura 39. Antena Onidireccional cisco Aironet de banda dual (AIR-ANT2547).....	89
Figura 40. Cobertura de los AP en el campus Universitario sector la Argelia .....	93
Figura 41. Cobertura de los AP en el Área de la Salud e Instituto de Idiomas.....	93
Figura 42. Situación actual de las counicaciones en la UNL.....	97
Figura 43. Diseño del Proveedor de internet inalambriico para la UNL .....	104
Figura 44. Mecanismo de Autenticación mediante 802.1X .....	107
Figura 45. Ventana de ppropiedades de mapa.....	110
Figura 46. Mapa topográfico de la Ciudad de Loja .....	111
Figura 47. Ubicacion de las Unidades del Área de la Salud e Idiomas .....	113
Figura 48. Ubicación de las unidades en el campus de la UNL .....	114
Figura 49. Enlace inalambriico entre el Estadio y Administración Central .....	116
Figura 50. Selección de los miembros para formar enlaces inalambriicos.....	117
Figura 51. creación de sistemas e ingreso de valores de Equipos .....	118
Figura 52. Enlaces de Malla para el área de la salud e Idiomas.....	119
Figura 53. Enlaces de Malla para el campus Universitarios la Argelia.....	119
Figura 54.Resultado del enlace entre Administracion Central y Estadio.....	120
Figura 55. Punto de acceso wap54g V3.1(izq). Routre V3.0 (der).....	129
Figura 56. Canales usados en redes cercanas a Administracion Central .....	136
Figura 57. Configuracion del radio en la parte Lan .....	138
Figura 58. Configuración de parámetros en la parte Wireless .....	139
Figura 59. Parámetros de configuración en la parte WAN.....	140
Figura 60. Configuración olsr .....	141
Figura 61. Vlan1 natea toda la Red 10.10.0.0/16 .....	142
Figura 62. Estado del radio Principal.....	143
Figura 63. Estado olsr del radios principal.....	143
Figura 64. Enlaces entre cada uno de los nodos.....	144
Figura 65. Topología creada por los mensajes hna.....	145
Figura 66. Rutas creada a partir del Nodo principal.....	145
Figura 67. Grafo de conformación de la Malla.....	146





## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

Figura 68. Edificio Administración Central lugar a instalar la red Mallada.....	147
Figura 69. Diagrama de la ubicación de los equipos en Administración Central ....	148
Figura 70. Diseño de la Red MeshUnl con acceso a internet .....	149
Figura 71. Disponibilidad de la Red Inalámbrica mallada .....	150
Figura 72. Asigancion de ip y puerta de enlace .....	150
Figura 73. Resolución de nombres de dominio.....	151
Figura 74. Ping hacia la puerta de enlace .....	152
Figura 75. Ping a la puerta de enlace determinada por olsr .....	152
Figura 76. Ping a la puerta de enlace de la red inetrna UNL .....	153
Figura 77. Respuesta de ping hacia el router de Telconet.....	153
Figura 78. Respuesta de ping hacia google .....	154
Figura 79. Obtención de dirección ip .....	154
Figura 80. Rutas por defecto a dos saltos mediante olsr .....	155
Figura 81.Respuesta de ping hacia nodo10 a un salto .....	156
Figura 82. Respuesta de ping hacia el nodo3 a dos saltos.....	156
Figura 83. Respuesta de ping hacia el router de Telconet a dos saltos.....	157
Figura 84.Descarga de archivo y tasa de transferencia.....	158
Figura 85. Funcionamiento de la Red MeshUnl.....	159
Figura 86. Porcentaje total de usuarios con dispositivo inalámbrico .....	171
Figura 87. Tipo de dispositivo que poseen los usuarios .....	172
Figura 88. Usuarios que pueden conectarse en el campus que se desempeñan ..	173
Figura 89. Personas que hacen uso del internet inalámbrico .....	174
Figura 90.Horario de mayor afluencia de usuarios .....	175
Figura 91. Lugar en que se conectan inalámbricamente .....	176
Figura 92. Servicios mas usados inalámbricamente.....	177
Figura 93. Calidad de velocidad de internet inalámbrico cuando se navega.....	178
Figura 94. Usuarios que consideran de beneficio tener red Inalámbrica.....	179
Figura 95. Área de Energía (Poste).....	185
Figura 96. Edificio MED.....	185
Figura 97. Estadio .....	185
Figura 98. Artes (Poste) .....	185
Figura 99. Colegio Manuel Cabrera.....	186
Figura 100. Bloque 8 Área Educativa .....	186
Figura 101. Bloque Comunicación Social .....	186



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

Figura 102. Bloque 1 y 2 Energía .....	186
Figura 103. Bloque Exbienestar Estudiantil .....	187
Figura 104. Bloque 5 Área Educativa .....	187
Figura 105. Bloque Área Agropecuaria .....	187
Figura 106. Poste ( Área agropecuaria) .....	187
Figura 107. Administración Central .....	188
Figura 108. Bloque Posgrado Salud.....	188
Figura 109. Bloque Área de la Salud.....	188
Figura 110. Instituto de Idiomas .....	188
Figura 111. Nodo Principal (4to piso UTI).....	189
Figura 112. Nodo 2 (4to piso Des. Univer.) .....	189
Figura 113. Nodo 3 (3er piso Nóminas).....	189
Figura 114. Nodo 4 (3er piso RR.HH) .....	189
Figura 115. Nodo 5 (2do piso Contabilidad) .....	189
Figura 116. Nodo 6 (2do piso Direc. Finan).....	189
Figura 117. Nodo 7 ( 1er piso compras Publicas).....	190
Figura 118. Nodo 8 (1er piso).....	190
Figura 119. Nodo 9 (4to piso Des. Fisico) .....	190
Figura 120. Nodo 10 ( 3 er piso TAE).....	190
Figura 121. Nodo 11 ( 2do piso).....	190
Figura 122. Nodo 12 (1er piso Archivo).....	190
Figura 123. Formas para conectarse a la Red Mallada .....	191
Figura 124. Velocidad de navegacion en la Red Mallada .....	192
Figura 125. velocidad de descarga mediante Red Mallada .....	193
Figura 126. Uso e la red MeshUnl.....	194
Figura 127. Funcionamiento de la Red meshUnl.....	195



## **C.- INTRODUCCIÓN**

Es un hecho que las redes inalámbricas han evolucionado hasta pasar a formar parte de nuestra vida diaria, llegando al punto en que casi no podemos vivir sin ellas. Una red inalámbrica es una colección de dispositivos que le permiten a los usuarios finales permanecer interconectados entre sí, nos proporcionan grandes ventajas en nuestras comunicaciones y desarrollo de tareas. Además de presentarnos un magnífico medio para comunicarnos, nos permiten compartir recursos (podemos acceder a todo tipo de programas y datos disponibles en cualquier ordenador de la red independientemente de la localización de éste o de dónde nos encontremos nosotros), mejorar la disponibilidad de los servicios (debido a que podemos acceder a ellos desde cualquier ordenador de la red), y la relación entre los diferentes elementos de la red se incrementa de manera mas eficiente.

El objetivo de este trabajo se centra en las redes inalámbricas, que son aquellas que utilizan como medio físico de interconexión las ondas electromagnéticas, y dentro de estas redes, en las de tipo Malla. Una red inalámbrica Mallada es una red compuesta por dispositivos que usan la transmisión inalámbrica para comunicarse sin tener ningún tipo de infraestructura fija, es decir sin dispositivos de administración centralizada.

Los dispositivos inalámbricos que forman la red además deben realizar funciones de encaminamiento (como *routers*) donde cada dispositivo puede tomar su propia decisión para la transmisión inalámbrica de información, es decir, varios de estos dispositivos de la red deberán encaminar o hacer de repetidores de ciertos paquetes antes de que lleguen a su destino final. Este tipo de redes pueden ser desplegadas de forma muy rápida en cualquier sitio debido a que no hay que usar ninguna infraestructura, y por tanto, presentan un tremendo potencial de uso en situaciones tales como las comunicaciones o los sistemas de emergencia.

A lo largo de este trabajo, estudiaremos en detalle el funcionamiento de las Redes Malladas Inalámbricas, empezando con un análisis de la situación actual de la red de datos que dispone la Universidad, deteniéndonos con especial interés el diseño, e implementación de las mismas, y el dilema que presenta la resolución del encaminamiento en estas redes. Se ha elegido uno de los protocolos propuestos para el desarrollo de redes inalámbricas tipo malla, el protocolo de encaminamiento OLSR



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

*(enrutamiento por enlaces optimizados)*, para poder hacer la configuración e implementación de la Red Inalámbrica Mallada.

Tras haber repasado la teoría, pasamos a la práctica, y entraremos de lleno en la configuración e implementación de una red Inalámbrica Mallada basada en el protocolo OLSR, donde se comentará su desarrollo y las pruebas realizadas.

La investigación desarrollada se encuentra estructurada de acuerdo a los lineamientos establecidos por la Universidad Nacional de Loja y el Área de la Energía la Industria y los Recursos Naturales No Renovables de la siguiente manera, RESUMEN que consiste en describir una síntesis general del contenido del trabajo de tesis, INDICE donde se detallan los temas, tablas y figuras con su respectivo número de página, INTRODUCCION, importancia del tema aquí se destaca el aporte tecnológico y académico para la Universidad referente al tema de estudio que se va a desarrollar, MATERIALES Y METODOS, se hace una descripción de los principales materiales empleados y métodos de investigación tanto científicos, experimentales y ciertas técnicas investigativas, REVISION DE LA LITERATURA, comprende las diferentes temáticas que han contribuido para la mejor comprensión y desarrollo del trabajo, RESULTADOS, tiene como fin evaluar cada uno de los objetivos planteados así como su cumplimiento, además hacer una evaluación técnica, económica, ambiental sobre el trabajo realizado, DISCUSIÓN, en este apartado se comprende el desarrollo de los métodos y técnicas empleados para la investigación, para terminar con las CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, y la respectiva BIBLIOGRAFIA y ANEXOS.



## **D.- REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **CAPÍTULO 1: SISTEMAS INALÁMBRICOS**

#### **1.1 Introducción**

La masiva popularidad de las redes inalámbricas ha llevado a una disminución continua en el costo del equipamiento, mientras que la capacidad del mismo continúa incrementándose. Esta es una ventaja que debería aprovecharse al momento de implementar una infraestructura de comunicaciones. Wi-Fi es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica (sin cables) más extendidas. También se conoce como WLAN o como IEEE 802.11. Las redes Wi-Fi son sistemas que utilizan un medio de comunicación de radiofrecuencia a través del aire, para transmitir o recibir información de cualquier tipo, (se envían en forma de paquetes sobre las redes computacionales).

#### **1.2 Organizaciones y Estándares de Redes Inalámbricas.<sup>1</sup>**

##### **1.2.1 Organizaciones**

Entre las organizaciones principales se tiene a WIFI como asociación internacional sin fines de lucro creada para certificar la interoperabilidad de productos WLAN en base a la especificación IEEE 802.11.

La FCC es una agencia gubernamental independiente de los EE.UU. y es responsable de regular las comunicaciones interestatales e internacionales por radio, televisión, teletipo, satélite y cable. Existen exclusiones al requisito de licencia y las regulaciones de la Parte 15 de PTT permiten el funcionamiento sin ellas de dispositivos de espectro de difusión en las bandas de frecuencias de: 902 MHz a 928MHz, 2,4 GHz a 2,5 GHz, y 5,8 GHz a 5,9 GHz.

Estas tres bandas de frecuencias se han asignado para varias aplicaciones industriales, científicas y médicas.

---

<sup>1</sup> CHILIQINGA Fernando, Análisis, Diseño y Prototipo de una Red Inalámbrica con Acceso a Internet, Quito, Noviembre 2007, en línea [<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/744/1/CD-1137.pdf>], [Fecha de consulta: 22-05-2011], Pp.6, 7.



## 1.2.2 Bandas ISM y UNII

### 1.2.2.1 ISM - Industrial Scientific Medical Bands.

La FCC indica un intervalo de frecuencia para las WLAN en la industria, científica y médica, con licencias libres que se describen a continuación:

- **Banda ISM 900 MHZ.-** Este Rango de Frecuencias está definido desde los 902 MHZ a 928 MHZ, con un intervalo de +/- 13 MHZ. Son usadas por los teléfonos o sistemas de cámaras inalámbricas. Los dispositivos que trabajan en esta frecuencia tienen un alto costo y su velocidad está limitada a 1 Mbps.
- **Banda ISM 2,4 GHZ.-** Utilizada por los estándares 802.11, 802.11b, 802.11g. Este rango de frecuencias es usado para las comunicaciones en redes inalámbricas, tiene una variación de 100 MHZ.
- **Banda ISM 5,8 GHZ –** El estándar 802.11a utiliza este rango de frecuencia que está definido desde 5,725 GHZ hasta 5,875 GHZ.

### 1.2.2.2 UNII - Unlicensed National Information Infrastructure Bands

Existen varias bandas en 5 GHZ y tienen una separación de 100 MHZ, son usadas en los dispositivos que operan con 802.11a. Las tres bandas existentes se las conoce como baja, media y alta; tienen cuatro canales no superpuestos OFDM, cada uno separado 5 MHZ. La FCC<sup>2</sup> indica que la banda baja debe usarse para interiores, la banda media puede ser usada en interiores u exteriores y la banda alta es usada en exteriores.

- ✓ **Banda Baja.-** Se halla en el rango de frecuencias que está entre 5,15 GHZ a 5,25 GHZ, la FCC especifica que tiene un máximo de potencia de salida de 50 mW, para 802.11a la IEEE especifica que la potencia de salida de los dispositivos sea 40 mW, esto hace que los equipos sean usados para interiores.
- ✓ **Banda Media.-** Se halla en el rango de frecuencias que va desde 5,25 GHZ a 5,35 GHZ, la FCC especifica una potencia máxima de salida de 250 mW. Para

---

<sup>2</sup> FCC, Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de América.

802.11a la IEEE <sup>3</sup>recomienda que la potencia de salida de los dispositivos sea de 200 mW, esto hace que los equipos sean usados para interiores o exteriores. Es utilizada frecuentemente para enlazar edificios en espacios cerrados.

- ✓ **Banda Alta.-** Comprende el rango de frecuencias que está entre 5,725 GHz a 5,825 GHz y la FCC específica que tiene un máximo de potencia de salida de 1000 mW, para 802.11a la IEEE recomienda una potencia de salida 800 mW. Está reservada para enlaces exteriores.

Regulación	Banda (GHz)	Número de canal	Frecuencia de transmisión
Norteamericana	U-NII banda baja (5,15 - 5,25)	36	5.180 GHz
		40	5.200 GHz
		44	5.220 GHz
		48	5.240 GHz
Norteamericana	U-NII banda media (5,25 - 5,35)	52	5.260 GHz
		56	5.280 GHz
		60	5.300 GHz
		64	5.320 GHz
Norteamericana	U-NII banda alta (5,725 - 5,835)	149	5.745 GHz
		153	5.765 GHz
		157	5.785 GHz
		161	5.805 GHz

Tabla 1. Banda UNII y canales asignados.

### 1.2.3 ESTÁNDARES IEEE 802.11

La tecnología principal utilizada actualmente para la construcción de redes inalámbricas de bajo costo es la familia de protocolos 802.11, también conocida como Wi-Fi. El hecho de que exista un estándar permite que los costos de los dispositivos disminuyan y puedan ser adquiridos por una mayor cantidad de personas existiendo interoperabilidad entre ellos.

El protocolo IEEE 802.11 es un estándar de comunicaciones del IEEE que define la capa física y de enlace para una transmisión inalámbrica. El estándar original fue publicado por el IEEE en 1997 y es conocido como IEEE 802.11-1997, dos años más tarde se actualizó dando lugar al IEEE 802.11. Las velocidades de transferencia

<sup>3</sup> IEEE, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

permitidas son de 1 Mbps, 2 Mbps y trabajaban en la banda ISM a una frecuencia de 2,4 GHz.

### 1.2.3.1 Descripción de estándares Inalámbricos 802.11

Estándar	Descripción
802.11	Estándar WLAN original. Soporta de 1 a 2 Mbps
802.11a	Estándar WLAN de alta velocidad en la banda de 5GHz, soporta hasta 54 Mbps
802.11b	Estándar WLAN para la banda de 2.4 GHz, soporta 11 Mbps
802.11e	Dirigido a los requerimientos de calidad de servicio para todas la interfaces IEEE WLAN de radio.
802.11f	Define la comunicación entre puntos de acceso para facilitar redes WLAN de diferentes proveedores.
802.11g	Establece una técnica de modulación adicional para la banda de 2.4 GHz, puede proporcionar hasta 54 Mbps.
802.11h	Define la administración del espectro en la banda de 5 GHz para su uso en Europa y en Asia Pacifico.
802.11i	Dirigido a abatir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación. Abarcando los protocolos 802.11X, TKIP y AES.
802.11s	Define la interoperabilidad de fabricantes en cuanto a protocolos Mesh. Se lo diseño para estandarizar las redes en malla ya que cada fabricante tiene sus propios mecanismos de generarlas.  Además provee características de descubrimiento extendido de mallas con autoconfiguración automática y seguridad (802.11i).

Tabla 2. Características estándares 802.11

### 1.2.3.2 Estándar IEEE 802.11n

La velocidad real de transmisión podría llegar a los 600 Mbps:

10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g.

40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b.

Utiliza tecnología MIMO (Multiple Input – Multiple Output), que ayudará a obtener un alcance de operación de las redes mayor que los anteriores estándares.

Puede trabajar en dos bandas de frecuencias: 2,4 GHz y 5 GHz, lo que hace que este estándar sea compatible con dispositivos basados en los estándares anteriores.



## 1.3 TIPOS DE REDES <sup>4</sup>

### 1.3.1 Punto a Punto

Los enlaces punto a punto generalmente se usan para conectarse a Internet donde dicho acceso no está disponible de otra forma. Uno de los lados del enlace punto a punto estará conectado a Internet, mientras que el otro utiliza el enlace para acceder a ella. Por ejemplo, una universidad puede tener una conexión Frame Relay rápida, o una conexión VSAT dentro del campus, pero difícilmente podrá justificar otra conexión de la misma índole para un edificio importante fuera del campus.

Si el edificio principal tiene una visión libre de obstáculos al lugar remoto, una conexión punto a punto puede ser utilizada para unirlos. Ésta puede complementar o incluso reemplazar enlaces de discado existentes. Con antenas apropiadas y existiendo línea visual, se pueden hacer enlaces punto a punto confiables de más de cien kilómetros.

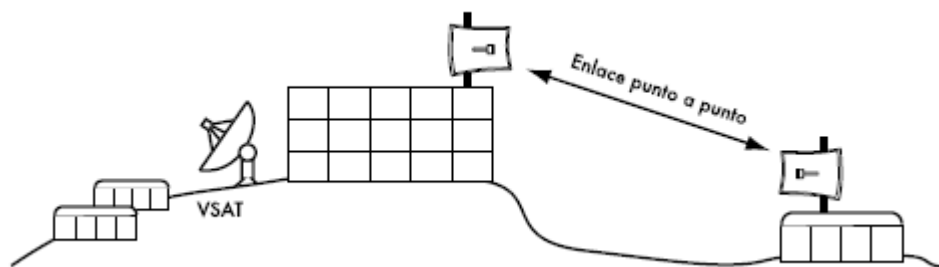


Figura 1. Enlace punto a punto

Los enlaces punto a punto no necesariamente tienen que estar relacionados con el acceso a Internet. Las redes inalámbricas pueden proveer suficiente ancho de banda como para transmitir grandes cantidades de datos (incluyendo audio y video) entre dos puntos, aún en ausencia de conexión a Internet.

### 1.3.2 Punto a Multipunto

La siguiente red más comúnmente encontrada es la red **punto a multipunto**. Cada vez que tenemos varios nodos hablando con un punto de acceso central estamos en presencia de una aplicación punto a multipunto. El ejemplo típico de un trazado punto a multipunto es el uso de un **punto de acceso (Access Point)** inalámbrico que provee

---

<sup>4</sup> GRUPO Central, Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo, Canadá, Tercera Edición, Septiembre 2008, pág. 51, 52, 53,54.

conexión a varias computadoras portátiles. Las computadoras portátiles no se comunican directamente unas con otras, pero deben estar en el rango del punto de acceso para poder utilizar la red.

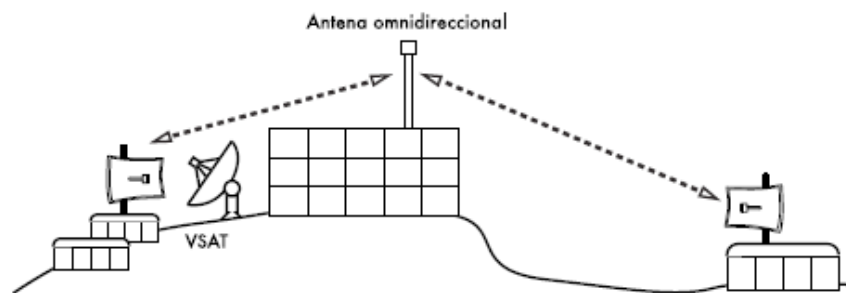


Figura 2. Enlace punto a Multipunto

### 1.3.3 Multipunto a Multipunto

El tercer tipo de diseño de red es el multipunto a multipunto, el cual también es denominado red ad-hoc o en malla (mesh). En una red multipunto a multipunto, no hay una autoridad central. Cada nodo de la red transporta el tráfico de tantos otros como sea necesario, y todos los nodos se comunican directamente entre sí.

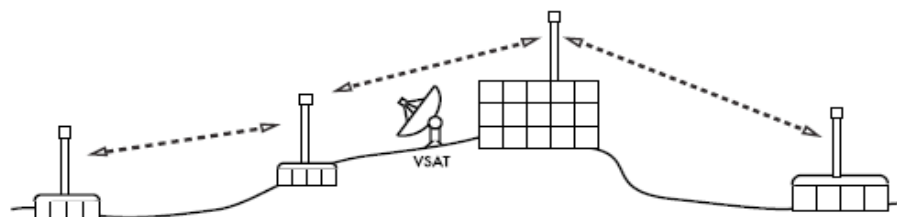


Figura 3. Enlace Multipunto a Multipunto

El beneficio de este diseño de red es que aún si ninguno de los nodos es alcanzable desde el punto de acceso central, igual pueden comunicarse entre sí.

Las buenas implementaciones de redes *mesh* son auto-reparables, detectan automáticamente problemas de enrutamiento y los corrigen. Extender una red *mesh* es tan sencillo como agregar más nodos. Si uno de los nodos en la “nube” tiene acceso a Internet, esa conexión puede ser compartida por todos los clientes.



## **1.4 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES INALÁMBRICAS**

Las redes inalámbricas se las puede clasificar en tres categorías:

- WAN/MAN (Wide Area Network/Metropolitan Area Network).
- LAN (Local Area Network).
- PAN (Personal Area Network).

### **1.4.1 Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN)**

Los esfuerzos por desarrollar una tecnología inalámbrica permitieron crear estándares de área local ampliamente aceptados como Ethernet dieron sus frutos en lo que se conoce como WLAN o Redes de Área Local Inalámbricas, las cuales se basan en la familia de estándares IEEE 802.11.

Las principales topologías de redes WLAN son:

- Redes de Infraestructura.
- Redes Móviles Ad-hoc.
- Redes Inalámbricas de Tipo Malla.

#### **1.4.1.1 Redes de Infraestructura**

Las redes de infraestructura se caracterizan por usar puntos de acceso (AP), que se encargan de proporcionar conexión entre nodos móviles dentro de la red inalámbrica o hacia el Internet.

En este tipo de topología, la tarjeta de red, laptop o cualquier dispositivo Wi-Fi se configura automáticamente para usar el mismo canal radio que usa el punto de acceso más adecuado (normalmente el más cercano).

#### **Ventaja:**

Reduce la complejidad de los nodos móviles dado que las estaciones no necesitan mantener información de los nodos vecinos.

**Desventaja:**

Requiere que todos los nodos estén dentro del área de cobertura del punto de acceso.



Figura 4. Red de Infraestructura

**1.4.1.2 Redes Móviles Ad-Hoc**

Cada dispositivo se puede comunicar con todos los demás. Cada nodo forma parte de una red Peer to Peer o de igual a igual, para lo cual sólo vamos a necesitar el disponer de un SSID igual para todos los nodos y no sobrepasar un número razonable de dispositivos que hagan bajar el rendimiento. A más dispersión geográfica de cada nodo más dispositivos pueden formar parte de la red, aunque algunos no lleguen a verse entre sí.<sup>5</sup>

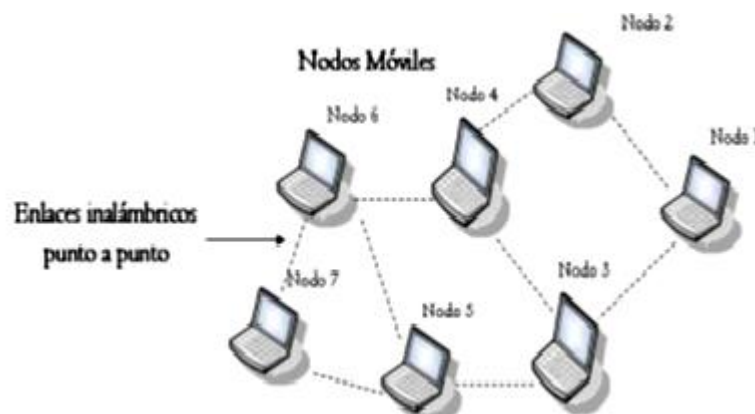


Figura 5. Red Inalámbrica ad-hoc

<sup>5</sup> OTXOA GILO Anderson, Guía Wireless para todos/as, Abril 2003, pág.8

### 1.4.1.3 Redes Inalámbricas de Tipo Malla<sup>6</sup>

Las redes inalámbricas de tipo malla o Wireless Mesh Networks (WMN) son una extensión de las redes Ad-Hoc, se componen de nodos malla donde se encuentran los routers mesh, estaciones móviles o clientes mesh, y portales de acceso hacia la red cableada.

Las WMN se caracterizan por ser redes auto organizadas dinámicamente, auto regenerables y auto configurables, permitiendo tener grandes ventajas como robustez, confiabilidad y un fácil mantenimiento.

Entre los principales objetivos de las redes inalámbricas de tipo malla se encuentra el extender el área de cobertura, sin sacrificar la capacidad de canal, por esta razón los nodos malla están normalmente equipados con interfaces múltiples, las cuales pueden ser incluso de diferentes tecnologías de acceso inalámbrico.

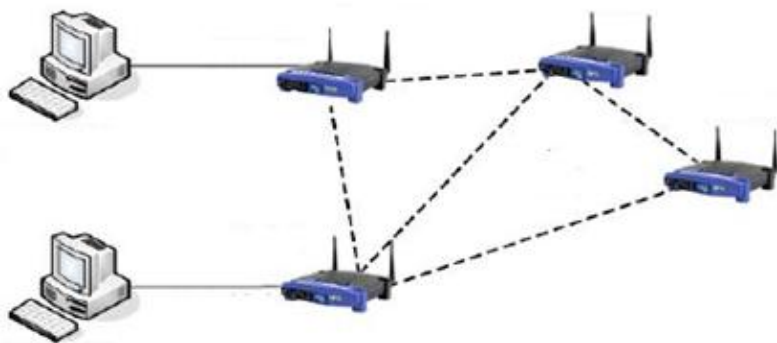


Figura 6. Diseño de red inalámbrica tipo Malla

#### **Principales elementos de enrutamiento de una red Mallada.**

- **Descubrimiento de nodo.**- Encontrar nodos mientras aparecen o desaparecen.
- **Descubrimiento de frontera.**- Encontrar los límites o bordes de una red.
- **Mediciones de enlace.**- Medir la calidad de los enlaces entre nodos.
- **Cálculo de rutas.**- Encontrar la mejor ruta basado en la calidad de los enlaces.
- **Manejo de direcciones IP.**- Asignar y controlar direcciones Ip
- **Manejo de Up link/backhaul.** - Manejo de conexiones a redes externas, como por ejemplo enlaces a Internet.

---

<sup>6</sup> ACUÑA MARTÍNEZ Diana, Redes Inalámbricas Malladas Metropolitanas, Universidad Tecnológica de Bolívar, julio 2009.



## **CAPÍTULO 2:**

### **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

#### **2.1 Definición**

Wireless Mesh Network es una variante del Wi-Fi tradicional y una extensión de las redes Ad-Hoc, en la que las clásicas celdas Wi-Fi basadas en cableado Ethernet hasta el switch se sustituyen por una red mallada, donde los nodos se comunican entre sí sin cables, estableciendo una macro-burbuja de cobertura que puede cubrir desde un área pequeña hasta un área relativamente grande haciendo uso de las diferentes interfaces.

La red mallada de las WMN permite dar servicios a usuarios móviles, a semejanza de los sistemas celulares.

Esta red mallada se crea haciendo la interconexión de celdas de forma inalámbrica utilizando la banda de frecuencias de 5GHz; cada celda puede dar servicio utilizando la banda de frecuencias de 2,4GHz.

##### **2.1.1 Características <sup>7</sup>**

Las redes malladas tienen características que las diferencian de otras topologías, a continuación nombraremos las principales:

- ✓ Las WMN son redundantes, los nodos que conforman la red están conectados unos con otros por varios caminos, mediante ésta configuración obtenemos rutas redundantes por todo la red, lo cual permite que si una ruta falla otra se encargará del tráfico de datos.
  
- ✓ Fácil despliegue, por ser redes con capacidad de autoconfiguración (routing y selección dinámica de canal), permiten dar soluciones de conectividad en situaciones de emergencia o catástrofes naturales.

---

<sup>7</sup> CAÑARTE Milton, PARRA Daniel, Estudio y diseño de un nodo de acceso, que sirva como piloto para la implementación de una red Wireless Mesh en la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación de la ESPOL, Guayaquil 2009, [<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10589/1/Wireless%20Mesh%20Network.pdf>], [Fecha consulta: 12-06-2011]

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

- ✓ Son auto-regenerables, auto-configurables, permiten la auto-reparación de rutas, por trabajar con protocolos de última generación mesh, permiten descubrir nuevos nodos admitiéndolos en la comunidad ya existente y regenerando nuevas tablas de encaminamiento.
- ✓ Son robustas, por el tipo de enrutamiento que se aplica se obtiene una gran estabilidad en cuanto a condiciones variables o en alguna falla de un nodo en particular.
- ✓ Ahorran energía, para energizar cada nodo de la red mallada no solo se puede usar energía eléctrica sino también energía solar, eólica, hidráulica, celdas de combustible entre otras.
- ✓ Su topología permite que sean útiles en entornos urbanos y rurales, en los Estados Unidos y en parte de Europa las WMN has sido propuestas para soluciones en entornos urbanos y municipales
- ✓ Mayor capacidad a bajo coste, hay estudios que han demostrado que la capacidad de una red inalámbrica puede ser mejorada mediante la utilización de repetidores existiendo un compromiso entre distancia e interferencia entre nodos.

## 2.2 GENERACIONES DE LOS SISTEMAS MALLADOS

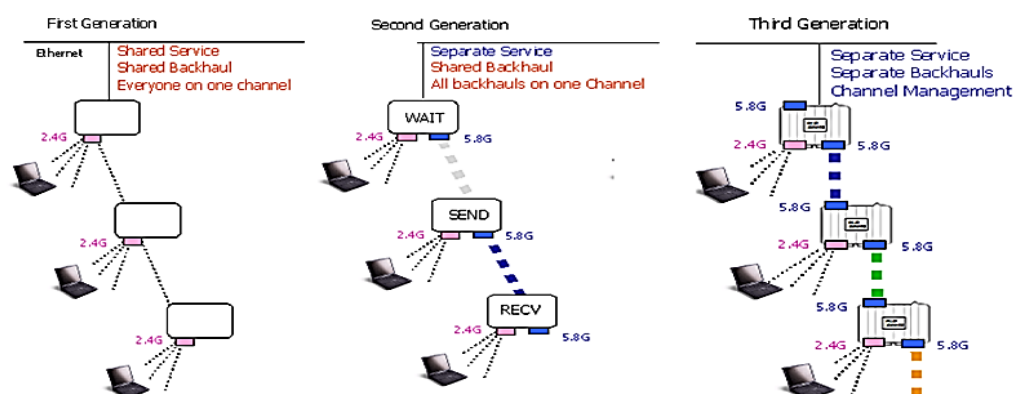


Figura 7. Generaciones de los sistemas Mallados



➤ **Primera Generación.**<sup>8</sup>

Las WMN utilizan un solo radio para brindar servicios y transmitir datos entre nodos. Los datos se transmiten de un nodo a otro, es decir el nodo recibe los datos y luego los retransmite.

Esto presenta la desventaja de que un nodo no puede recibir datos y transmitir a la vez, es decir que se provocarían colisiones y una congestión de la red.

➤ **Segunda Generación**

En esta generación se utilizan dos radios, uno para dar servicio (estándar 802.11b/g) y el otro para interconectar los nodos (estándar 802.11a). Con este sistema se logra reducir la interferencia en los nodos debido a que se utiliza diversas frecuencias (2.4 GHz y 5.8 GHz) para brindar servicio a los clientes y comunicarse con los otros nodos.

La desventaja de este sistema se presenta cuando hay una gran demanda de tráfico entre los usuarios y se producen congestiones en el radio para interconectar nodos.

➤ **Tercera Generación**

Los equipos de esta generación presentan una gran ventaja en comparación a las otras generaciones. Son considerados equipos inteligentes debido a la moderna tecnología que utilizan. La principal característica de esta generación es la comunicación full-dúplex (cada nodo puede enviar y recibir datos simultáneamente).

Trabajan con múltiples radios que soportan múltiples configuraciones de red. A diferencia de las generaciones anteriores estos radios pueden hacer uso de diversos canales.

---

<sup>8</sup>COPAS Elio Federico, LIZONDO Pedro Pablo, SAVOY María Elena, Wireless Mesh Networks: Estudio, Diseño y Aplicaciones, Pp.1, 2.





## **2.3 ARQUITECTURA DE UNA RED MALLADA**

La arquitectura de una red inalámbrica mallada tiene dos tipos de nodos, los que trabajan con equipos denominados mesh routers y los que trabajan con equipos denominados mesh clientes.

### **2.3.1 Enrutadores Mesh**

Los enrutadores mesh o mesh routers son equipos que cumplen con el trabajo de un Access Point (AP) convencional, éstos forman una malla de nodos fijos la cual es llamada red de infraestructura o backbone. Además estos equipos pueden trabajar con varias tecnologías de radios para la interconexión entre ellos, como por ejemplo con la IEEE 802.11.

Tienen doble función, el de proporcionar acceso a la red a los clientes y el de hacer una comunicación multi-hop entre ellos para el correcto direccionamiento y entrega de datos.

### **2.3.2 Clientes Mesh**

Los clientes mesh o mesh clientes son dispositivos móviles que tienen la capacidad de conectarse inalámbricamente a una red u otro dispositivo como por ejemplo laptops, celulares, palms, entre otros.

Son los equipos terminales a los cuales se les va a poner a disposición todos los servicios que tiene la red mesh. Además, estos equipos pueden formar una red Ad-Hoc entre ellos, creando una red híbrida con los mesh routers.

## **2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS REDES MESH**

La topología en malla se da cuando cada nodo de la red está conectado no solo a otro nodo sino a varios al mismo tiempo, permitiendo llevar datos de un nodo a otro por diferentes caminos.



### **2.4.1 Redes Inalámbricas Mesh de Infraestructura/ Backbone**

Esta red se forma con un conjunto de mesh routers, la cual va a permitir tener una buena infraestructura para proporcionar servicios a los equipos mesh clientes.

Los mesh routers sirven de plataforma para que se conecten de forma inalámbrica los mesh clientes.

### **2.4.2 Redes Inalámbricas Mesh Cliente**

Esta red está formada por los mesh clientes, los cuales pueden formar una red ad-hoc interconectándose entre ellos de forma peer to peer.

### **2.4.3 Redes Inalámbricas Mesh Híbridas**

Es la combinación de las dos redes anteriores, de infraestructura y cliente, es el caso más aplicable al momento de diseñar e implementar una red inalámbrica mallada.

## **2.5 ARQUITECTURA DE REDES 802.11**

### **2.5.1 Identificación de redes**

**2.5.1.1 Identificador de conjunto de servicios (SSID).**- Es un código incluido en todos los paquetes de una red inalámbrica para identificarlos como parte de esa red, tiene una longitud de 2 a 32 caracteres alfanuméricos, todos los dispositivos inalámbricos que intentan comunicarse entre sí deben compartir el mismo SSID. Este identificador puede servir para segmentar redes inalámbricas, es conocido comúnmente como el nombre de la red, es enviado siempre en las tramas: beacons, requerimiento y respuesta.

Existen algunas variantes principales del SSID, las redes ad-hoc, consisten en máquinas de clientes sin un punto de acceso y utilizan el BSSID (Basic Service Set Identifier), mientras las redes infraestructura incorporan un punto de acceso que usa el ESSID (E de extendido) como identificador

**2.5.1.2 Beacons.**- Son tramas cortas que se envían cada 100ms desde los puntos de acceso a las estaciones (modo infraestructura) o entre estaciones (modo ad-hoc), contienen la información necesaria para identificar las características de la red y poder conectar con el punto de acceso deseado.

## 2.6. SEGURIDAD EN REDES INALAMBRICAS

Las políticas de seguridad más relevantes que se deben establecer dentro de una red inalámbrica Wi-Fi son:

- ✓ Verificar que los usuarios sean capacitados en el uso de la tecnología *Wi-Fi* y conocen los riesgos asociados con su utilización.
- ✓ Cambiar el SSID por defecto.
- ✓ Desactivar el *broadcast* del SSID.
- ✓ Verificar que el SSID no contenga datos de la organización.
- ✓ Políticas de instalación de parches y actualizaciones en los dispositivos inalámbricos.
- ✓ Mantenimiento continuo de los Puntos de Acceso y Controladores de Puntos de Acceso.
- ✓ Políticas de contraseñas y claves para Puntos de Acceso y usuarios inalámbricos.
- ✓ Políticas de configuración y *backups* de los Puntos de Acceso.
- ✓ Auditorias periódicas de todos los dispositivos inalámbricos *Wi-Fi* instalados.
- ✓ Monitoreo y reconocimiento periódico del recurso de Radio Frecuencia.

### 2.6.1 Estándares de Seguridad de Redes Inalámbricas Wi-Fi

Característica	WEP	WEP más 802.1X	WPA	WPA2
Identificación	Usuario y/o máquina	Usuario y/o máquina	Usuario y/o máquina	Usuario y/o máquina
Autenticación	Clave compartida	EAP	EAP o pre-clave compartida	EAP o pre-clave compartida
Integridad	32 bits ICV	32 bits ICV	64 bits MIC	Modo contador, cambia el valor del bloque.
Forma de Encriptación	Claves estáticas	Claves por sesión	Claves por paquete de rotación vía TKIP	CCMP - AES
Clave de Distribución	Una vez de forma manual	Segmentado de PMK	Derivado de PMK	Derivado de PMK
Vector de Inicialización (IV)	Texto plano, 24 bits	Texto plano, 24 bits	Extendido de 64 bits	48 bits por Número de Paquete (PN, Packet Number)
Algoritmo de Encriptación	RC4	RC4	RC4	AES
Tamaño de la Clave	64/128 bits	64/128 bits	128 bits	128 bits
Soporte de Infraestructura	Ninguna	RADIUS	RADIUS	RADIUS

Tabla 3. Estándares de seguridad Wi-Fi

## CAPÍTULO 3: PROTOCOLOS DE ENRRUTAMIENTO

### 3.1 Definición

Los protocolos de enrutamiento se consideran algoritmos encargados de escoger la mejor ruta que debe seguir un datagrama para llegar a su destino. El objetivo principal de un protocolo de ruteo en la red inalámbrica Mesh es buscar y establecer una ruta entre los nodos que requieran intercambiar información, es decir seleccionar el camino entre el nodo fuente y el nodo destino.

Diagrama de la clasificación de los protocolos de enrutamiento.

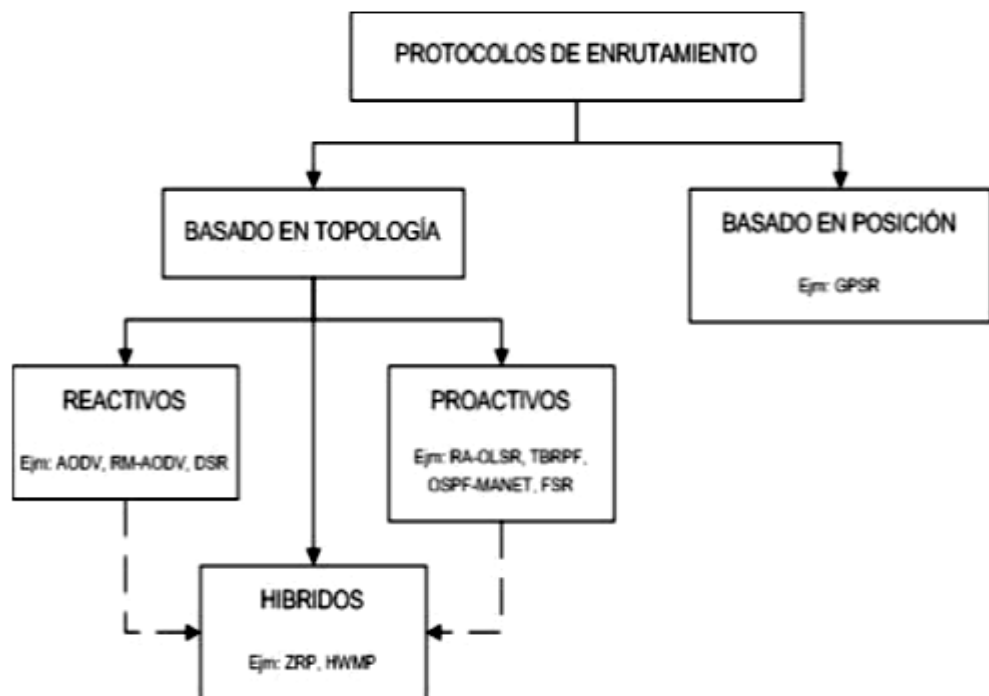


Figura 8. Protocolos de Enrutamiento en las Redes Inalámbricas Mesh

Los protocolos de enrutamiento se clasifican en los dos grandes grupos:

- ✓ Protocolos basados en topología.
- ✓ Protocolos basados en su posición.



Las redes inalámbricas Mesh pueden trabajar con cualquier tipo de protocolo establecido en la clasificación que se detalló, pero esto no asegura que la red que se desee implementar funcionará correctamente. Escoger el protocolo de enrutamiento adecuado dependerá de algunos factores entre los más importantes están el uso y los requisitos de funcionamiento.

### **3.2 Protocolo Reactivo OLSR<sup>9</sup>**

Fue creado por Thomas Clausen y Philippe Jacquet en el proyecto Hipercom INRIA. Se trata de un protocolo proactivo basado en la optimización de los clásicos protocolos link-state, basados en estado de enlace OLSR funciona bien en redes con alto número de usuarios (nodos) y con un topología cambiante. Para llevar un control, se intercambian periódicamente mensajes de tal forma que se va aprendiendo la topología de la red y el estado de los nodos vecinos. Como hemos visto, el intercambio de tantos paquetes, congestiona la red y supone un grave problema en las comunicaciones. Para solucionar esto, OLSR utiliza la técnica de MPR (Multi Point Relay). Gracias a esta técnica se reduce el número de retransmisiones. Veamos en qué consiste esta técnica MPR.

#### **❖ MPR (Multi Point Relay)**

La técnica MPR consiste en seleccionar un mínimo conjunto de nodos vecinos a un salto de distancia, que sean capaces de llegar a todos los nodos vecinos que se encuentran a dos saltos de distancia.

De esta forma, un nodo selecciona su conjunto de nodos MPR, y sólo puede intercambiar mensajes de control con ellos. Así se evita el enviar de forma masiva mensajes de broadcast.

Para confeccionar la lista, cada nodo utiliza el mensaje "HELLO" que envía a todos los nodos vecinos. Este paquete tiene un campo conocido como tiempo de vida (TTL, Time To Live), que es de valor 1. Al tener el TTL un valor de 1, el mensaje sólo llega a los nodos que se encuentran a un salto de distancia y no es retransmitido por la red. De esta manera cada nodo puede conocer a sus nodos vecinos y a los vecinos de

---

<sup>9</sup> MEDINA Alejandro, Comparativa de los protocolos AODV y OLSR con un emulador de redes Ad-Hoc, Febrero 2006, Pp., 19,20,21

estos. De esta forma se puede saber que nodos conviene seleccionar como conjunto MPR.

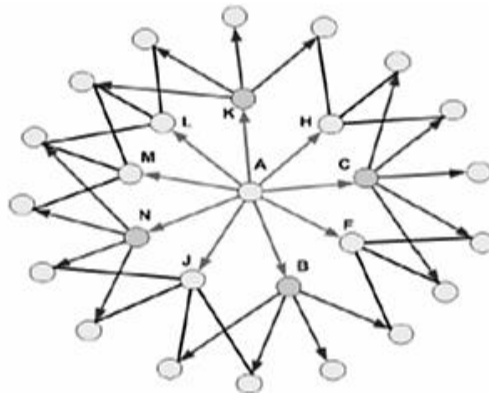


Figura 9. Técnica MPR

A continuación se puede observar como el nodo central (nodo A) selecciona el mínimo número de nodos a un salto de distancia (nodos B, C, K, N), capaces de llegar a todos los nodos que se encuentran a dos saltos de distancia. En el ejemplo el nodo A selecciona su lista de nodos MPR con los cuales sólo se enviará información evitando así la inundación de mensajes por toda la red.

Cuando un nodo recibe un paquete de encaminamiento OLSR determinará el procesamiento que debe seguir basándose en sus campos. A continuación se describen los más importantes:

#### ❖ **LMessage Type**

En este campo se indica el tipo de mensaje que debe va a ser encontrado en la parte reservada para "MESSAGE" (campo de datos del paquete). En el caso de encontrarse vacío lo descarta.

#### ❖ **L VTime**

Este campo indica durante cuánto tiempo debe considerar la información que lleva el mensaje como válida.



#### ❖ **L Message Size**

Indica el tamaño del mensaje en bytes. Este campo se define al principio.

#### ❖ **L Time To Live**

Este campo contiene el número máximo de saltos que puede realizar un paquete. Sirve para no tener paquetes perdidos por la red y al mismo tiempo descongestionarla. Cuando se recibe un paquete con valor de TTL igual a 0, se elimina de la red. Si por el contrario el TTL es mayor a 0 se decrementa su valor en una unidad y se retransmite nuevamente.

#### ❖ **L Hop count**

En este campo se anota el número de saltos que ha realizado el paquete. Todos los nodos cuando lo recibe incrementan su valor en una unidad. Esto permite optimizar los recursos de la red evitando utilizar los caminos más largos entre origen y destino.

#### ❖ **L Sequence Number**

Cuando se crea un mensaje, se le asigna un número de identificación.

Gracias a este número se puede saber si el mensaje se ha transmitido con anterioridad y así poder evitar retransmisiones.

### **3.3 Funcionamiento del Protocolo OLSR**

Cuando un nodo recibe un paquete básico OLSR, analiza sus campos. Lo primero que hace es determinar de qué tipo se trata. Mira el campo Message Type, para determinar qué se encontrará en el mensaje.

A continuación mira el Message Size, para ver si el paquete es correcto o si por el contrario debe descartarlo. Se podría encontrar en el caso de recibir un mensaje vacío.

Mira el Message Sequence Number para saber si ha tratado ese mensaje con anterioridad o por el contrario se trata de uno nuevo. En el caso de no ser un mensaje repetido mira el valor del campo TTL.



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

Al analizar el TTL, decrementa en uno su valor; si el valor resultante igual a cero debe ser eliminado de la red.

Una vez analizado el paquete, mira la información del estado de enlace para poder encaminar hacia otros nodos con el fin de llegar a su destino.

Como se ha comentado antes, este protocolo va bien en redes con elevado número de nodos y con una topología muy cambiante. Esto ocurre porque se van intercambiando por toda la red mensajes de tipo TC (Topology Control).

Con el mensaje TC cada nodo va actualizando sus enlaces con los vecinos y conociendo cualquier cambio en la topología de la red.



## CAPÍTULO 4:

### SOLUCIONES PARA REDES INALÁMBRICAS 802.11N

#### 4.1 SOLUCIÓN CISCO SYSTEM

##### 4.1.1 Puntos de acceso mesh Aironet 1552e<sup>10</sup>

El Cisco Aironet 1550 Series Access Point Outdoor Mesh (punto de acceso o AP) es un punto de acceso robusto al aire libre diseñado para funcionar en las redes de malla. La serie 1550 utiliza la tecnología 802.11n con radio integrada y una antena interna / externa. La plataforma 1550 al aire libre se compone de Multiple Input Multiple Output (MIMO) con dos radios WLAN y con la inteligencia de espectro integrado. Los radios pueden ser configurados para operación de uno o dos radios. Los radios en 2,4 GHz se utilizan principalmente para el acceso local y los 5 GHz, tanto para el acceso local y redes de acceso inalámbrico en el modo malla.

El punto de acceso también puede funcionar como un nodo de retransmisión de otros puntos de acceso que no están directamente conectados a una red cableada. Enrutamiento inteligente proporcionado por el Protocolo de Adaptive Path Wireless (AWPP). Esto permite que cada punto de acceso pueda identificar a sus vecinos y de forma inteligente elegir el camino óptimo mediante el cálculo del coste de cada ruta en términos de intensidad de la señal y el número de saltos necesarios para llegar a un controlador. El punto de acceso está configurado, monitoreado y operado a través de un Cisco Wireless LAN Controller (WLC), conocido como un *controlador*



Figura 10. AP cisco Aironet 1552e

---

<sup>10</sup>Cisco Aironet 1550 Series Outdoor Access Point Data Sheet , [online], [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5679/ps11451/data\\_sheet\\_c78-641373.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5679/ps11451/data_sheet_c78-641373.html), [Fecha consulta: 26-08-2011]

#### **4.1.2 Wireless Lan Controller 4400 series<sup>11</sup>**

El Cisco 4400 Series Wireless LAN Controller proporciona todo el sistema funciones de LAN inalámbrica para las grandes instalaciones. Al automatizar funciones de configuración y gestión, los administradores de red tienen el control, seguridad, redundancia y fiabilidad necesaria para escalar de forma rentable.

Este equipo de gestión de red trabaja en conjunto con Cisco Aironet puntos de acceso, el Cisco Wireless Control System (WCS), y el dispositivo inalámbrico de localización Cisco Appliance para soporte de redes inalámbricas de datos críticos de negocio, voz y aplicaciones de vídeo. Proporciona la comunicación en tiempo real entre los puntos de acceso y otros controladores de LAN inalámbrica para poner en práctica políticas de seguridad centralizadas, las capacidades del sistema inalámbrico de prevención de intrusiones (IPS), la gestión de RF premiado, calidad de servicio (QoS), y la movilidad.



Figura 11. Wireless LAN Controller 4400 series

#### **4.1.3 Wireless control System (wcs)**

Este software le permitirá al administrador de la red visualizar el rendimiento, monitoreo y control de todos los dispositivos inalámbricos, que se encuentren funcionando dentro de la red Inalámbrica Mallada.

---

<sup>11</sup>Cisco Wireless LAN Controllers Data Sheet,[online]  
[http://www.cisco.com/en/US/products/ps6366/products\\_data\\_sheets\\_list.html](http://www.cisco.com/en/US/products/ps6366/products_data_sheets_list.html),[Fecha consulta: 30-08-2011]

Además el sistema incluye un módulo de planeación, diseño y simulación de redes inalámbricas Wi-Fi; de tal forma que se tiene una buena aproximación al caso real.

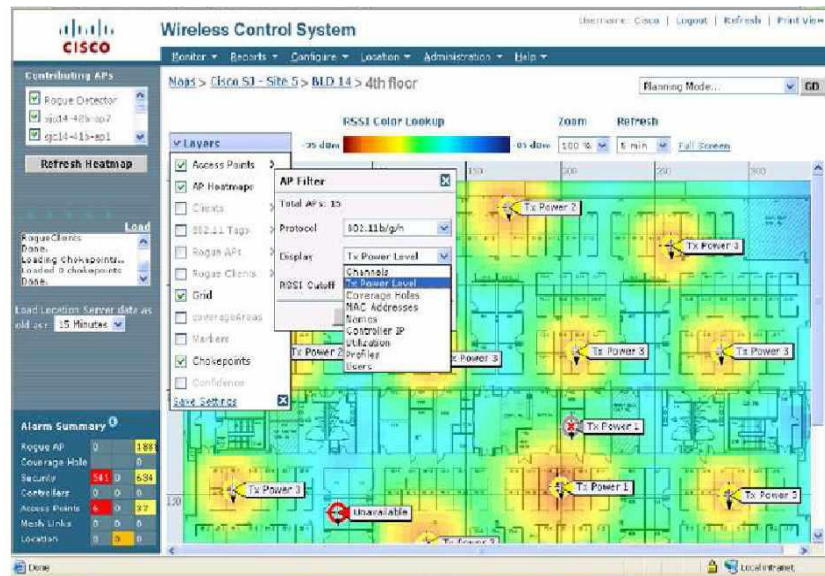


Figura 12. Visualización de la cobertura mediante WCS

## 4.2 SOLUCIÓN MOTOROLA

### 4.2.1 Punto de acceso Mesh 7181<sup>12</sup>

El Motorola AP 7181, un punto de acceso mesh 802.11n para exteriores, con radios múltiples y alto rendimiento que ofrece un excelente rendimiento y capacidad de la red inalámbrica mallada. Al cumplir con el estándar 802.11n y suministrar componentes de hardware y software de radio optimizados, se obtienen rendimientos máximos de conexión en red mesh. El AP 7181 entrega conexiones estables y rápidas y es compatible con 802.11n, lo cual permite su extensión en exteriores.

El exclusivo sistema de antena panel inteligente de Motorola ha sido especialmente diseñado para el AP 7181. Esto permite al AP 7181 alcanzar velocidades máximas de

<sup>12</sup> Elevando el ancho de banda a la enésima potencia: Motorola Ap 7181, [online]www.motorola.com/americalatina/solucionesderedesinalambricas,[Fecha consulta: 01-09-2011]

transmisión de datos al admitir comunicaciones de flujo de datos dual vía antenas con polarización dual.

El AP 7181 cuenta con radios de 2.4 GHz y 5.x GHz compatibles con la tecnología 3x3 MIMO (Capacidad Múltiple de Entradas y Salidas), alcanzando una velocidad de transmisión de datos máxima de 300 Mbps. Ello se traduce en mayor capacidad, lo cual mejora tanto el lado del cliente como el lado backhaul. El AP 7181 ofrece sólidas conexiones de datos en toda la red aprovechando la tecnología de enrutamiento MeshConnex™<sup>13</sup>, ofrece enrutamiento eficiente, baja latencia, bajo costo de enrutamiento, traspasos de alta velocidad y probada escalabilidad.



Figura 13. Punto de acceso mesh Motorola 7181

## **4.3 SOLUCIÓN 3COM<sup>14</sup>**

### **4.3.1 Punto de acceso Mesh 9550**

Permite extender el acceso de los usuarios a la red de forma económicamente eficiente y segura, independientemente de la ubicación, las funcionalidades avanzadas garantizan la calidad de servicio (QoS) que requieren las aplicaciones multimedia sensibles al retraso tales como de voz y vídeo, con una transmisión simultánea de radios 11n de 2,4 GHz y 5 GHz permite el mejor caudal para aplicaciones con elevados requisitos de ancho de banda tales como de voz, vídeo y juegos posee, puerto 10/100/1000 para conectar el punto de acceso a la red cableada a velocidades Gigabit. Incluye la innovadora tecnología 2 x 3 MIMO saca partido de la cobertura de

---

<sup>13</sup> MeshConnex™. Sistema de enrutamiento basado en la tecnología de Motorola.

<sup>14</sup> Access point airconnect 9550 3com 11n 2.4+5ghz poe, [online],[http://www.sarmek.com/store/redes/access-point-airconnect-9550-3com-11n-2-4-5ghz-poe/prod\\_2743.html?review=write](http://www.sarmek.com/store/redes/access-point-airconnect-9550-3com-11n-2-4-5ghz-poe/prod_2743.html?review=write), [Fecha consulta: 23-09-2011]

RF con múltiples rutas para incrementar la fiabilidad y predictibilidad de la señal inalámbrica, lo que redundará en un mayor caudal.



Figura 14. Punto de acceso 3com 9550 n

#### **4.3.2 Wireless Lan Controller wx2200 3Com<sup>15</sup>**

El 3Com Wireless LAN Controller WX2200 junto con el software 3Com Wireless Switch Manager administra y controla de forma centralizada los Puntos de Acceso Administrados (MAPs) de LAN inalámbrica de 3Com para aquellas redes que requieren despliegues complejos, o con múltiples oficinas o requisitos de LAN de alta seguridad. Se puede controlar la configuración de MAPs y optimizar la cobertura y el rendimiento de radiofrecuencia (RF) usando el controlador inalámbrico, administrado desde el 3Com Wireless Switch Manager y accesible desde cualquier lugar en la red.



Figura 15. Wireless Lan Controller 3com wx2200

El Wireless Lan Controller de 3Com trabaja conjuntamente con los puntos de acceso 9550n.

---

<sup>15</sup> 3COM Wireless LAN Controller WX2200 3CRWX220095A48-ME, [online]  
[http://www.almacen-informatico.com/3COM\\_3com-wireless-lan-controller-wx2200-3CRWX220095A-ME\\_41278\\_p.htm](http://www.almacen-informatico.com/3COM_3com-wireless-lan-controller-wx2200-3CRWX220095A-ME_41278_p.htm), [Fecha consulta: 29-09-2011]



## **CAPÍTULO 5:**

### **HERRAMIENTAS DE SOFTWARE**

#### **5.1 RADIO MOBILE<sup>16</sup>**

##### **5.1.1 Introducción**

Radio Mobile es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse.

Este software implementa con buenas prestaciones el **modelo Longley-Rice**, modelo de predicción troposférica para transmisión radio sobre terreno irregular en enlaces de largo-medio alcance.

Radio Mobile utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo. La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet. Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED.

##### **5.1.2 Modelo Longley – Rice**

El modelo Longley-Rice predice la propagación a larga-media distancia sobre terreno irregular. Fue diseñado para frecuencias entre los 20MHz y 40GHz, para longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km.

###### **5.1.2.1 Parámetros Generales**

**Frecuencia:** frecuencias nominales para el modelo varía entre 20MHz y 40GHz.

**ERP (Effective Radiated Power):** potencia efectiva de radiación, se introducen en las unidades que fije el usuario en la opción de configuración del sistema (mW, W, kW, dBm, dBW, dBk).

**Antena:** se asume antena omni-direccional, a menos que se especifique el uso otra.

---

<sup>16</sup> GARNACHO, Patricia; Manual de Uso de Radio Mobile, Junio 2006



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

**Altura de la antena:** altura a la que se sitúa la antena, medido en pies o metros, (sobre el nivel del mar), para transmitir y recibir.

### 5.1.2.2 Parámetros específicos para el modelo de Longley-Rice

La naturaleza del modelo requiere algunos parámetros adicionales.

**Polarización:** debe especificarse si se trabaja con polarización horizontal o vertical.

**Refractividad:** la refractividad de la atmósfera determina la cantidad de “bending” o curvatura que sufrirán las ondas radio. Para el modelo Longley-Rice, hay tres formas de especificar la refractividad. Se puede introducir el valor de refractividad de superficie directamente, típicamente en el rango de 250 a 400 Unidades de n (correspondiente a valores de curvatura de la tierra de 1.232 a 1.767). Una curvatura efectiva de la tierra de 4/3 (=1.333) corresponde a una refractividad de superficie de valor aproximadamente 301 Unidades de n. Longley y Rice recomiendan este último valor para condiciones atmosféricas promedio. La relación entre los parámetros “k” y “n”, viene dada por la siguiente expresión:

$$N_s = 179.3 \cdot L_n \left[ \frac{1}{0.046665} \left( 1 - \frac{1}{K} \right) \right]$$

**Permitividad:** la Permitividad relativa o constante dieléctrica del medio ( $\epsilon$ ), tiene unos valores típicos tabulados.

**Conductividad:** la conductividad, medida en Siemens por metro, tiene unos valores típicos tabulados.

Elemento	Permitividad	Conductividad
Tierra media	15	0.005
Tierra pobre	4	0.001
tierra rica	25	0.020
agua fresca	81	0.010
agua de mar	81	5.00

Tabla 4. Factores de Permitividad y conductividad

**Clima:** Hay 7 modelos de clima caracterizados en el modelo: Equatorial (Congo); Continental Subtropical (Sudan); Maritime Subtropical (West coast of Africa); Desert (Sahara); Continental Temperate; Maritime Temperate, over land (United Kingdom and continental west coasts); Maritime Temperate, over sea.

### 5.1.3 Configuración de Radio Mobile

#### 5.1.3.1 Cargar Mapas

Se puede abrir un mapa con las opciones del menú **File: Open Map, Previous Map o Next Map** que permiten cargar un mapa ya existente, navegando por el explorador de ficheros, o un mapa anterior o posterior al usado en la sesión actual.

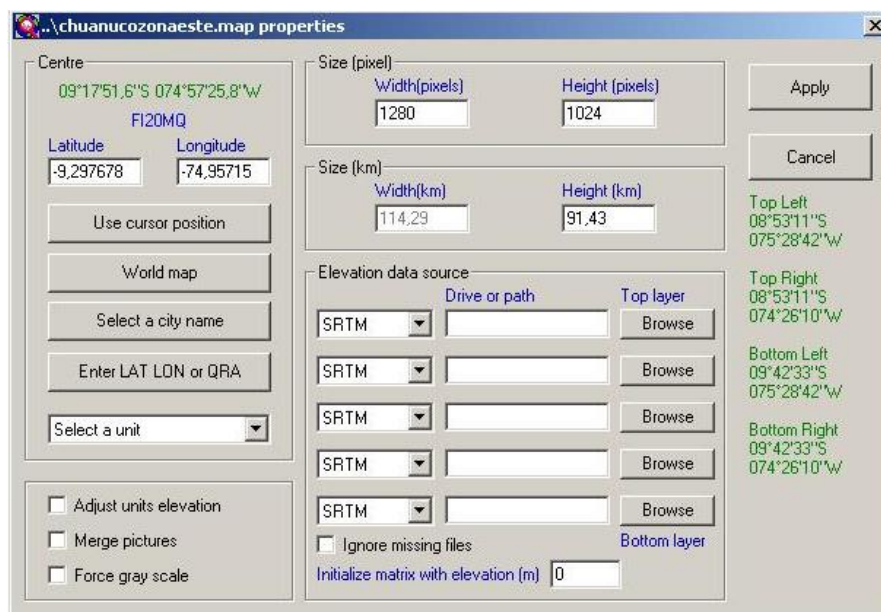


Figura 16. Propiedades de mapa

#### 5.1.3.2. Configuración de la Red.

La columna de la izquierda describe los enlaces pertenecientes a la red. En este caso hay espacio para 25 enlaces.

La fila superior da acceso a diferentes pasos de la configuración de red:

**Default parameters, Copy net y paste net, Parameters, Topology, Membership, Systems, Style.**



Para cargar los datos en la red, se abre la ventana de configuración de redes. En el menú **File**, se selecciona la opción **New Networks**. El programa lanza la siguiente ventana de configuración:

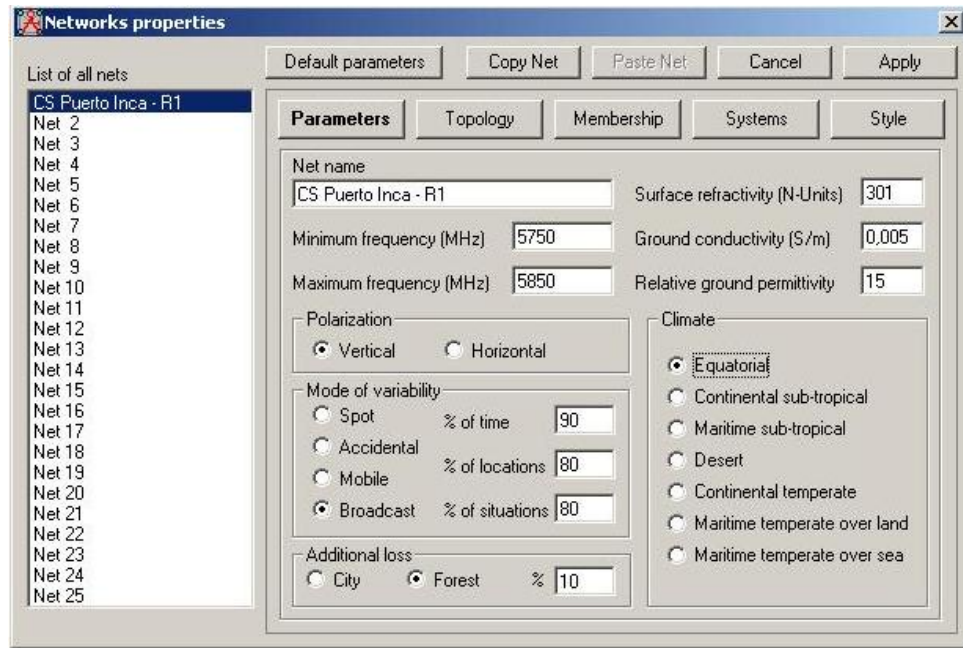


Figura 17. Propiedades de Red

### 5.1.3.2.1 Parámetros

Aparece la ventana de configuración mostrada en el primer caso:

Nombre del enlace, banda de frecuencia de trabajo en MHz. permite trabajar entre 20mhz y 40ghz, polarización de la antena del sistema, modelo de variabilidad, pérdidas adicionales para **city** (cuidad) o **forest** (zona rural),refractividad (n-untis), conductividad (s/m), permitividad y clima.

### 5.1.3.2.2 Topología

**Visible:** se marca si se quiere que el enlace sea visible.

Existen tres tipos de topología: Voice Net; Data Net, star topology o Data net, cluster

### 5.1.3.2.3 Membership

La primera columna **List of Units** (dentro de la subventana de configuración) contiene los emplazamientos (Units) que se pueden seleccionar para el enlace. Se pueden

seleccionar tantos elementos como se desee, es decir, enlaces punto a punto o multipunto.

### 5.1.3.2.4 Configuración de Sistemas

Permite nombrar al sistema, potencia emitida por el equipo aparece en **w** y en **dbm**, sensibilidad del equipo receptor, pérdidas asociadas, por ejemplo, del cable coaxial que conecta la tarjeta con la antena, los conectores, pigtails, etc. sus unidades son **db**, ganancia de la antena del equipo transmisor-receptor, expresado en **dbi**, altura a la que se ubicará la antena del equipo transmisor-receptor, sus unidades son **m**, pérdidas extra asociadas a la altura de la antena.

En el menú **File** seleccionando la opción **Network Properties** el programa lanza la siguiente figura.

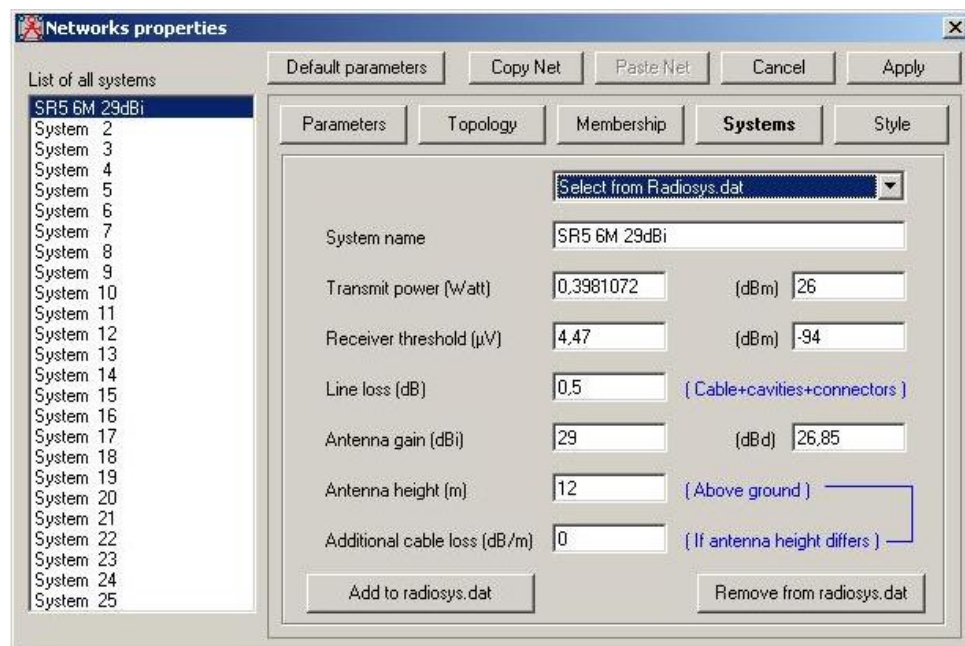


Figura 18. Configuración del Sistema

### 5.1.3.2.5 Style

Si se quiere diferenciar el margen relativo de recepción para cada enlace. Por ejemplo, se quiere distinguir entre los enlaces que superan el margen mínimo necesario para obtener un buen enlace 20dB y aquellos que superan este valor de forma más amplia, 24dB. Todos aquellos enlaces menores a 20dB se marcarán en rojo, aquellos entre 20 y 24dBi en amarillo y los que superan los 24dB en verde.

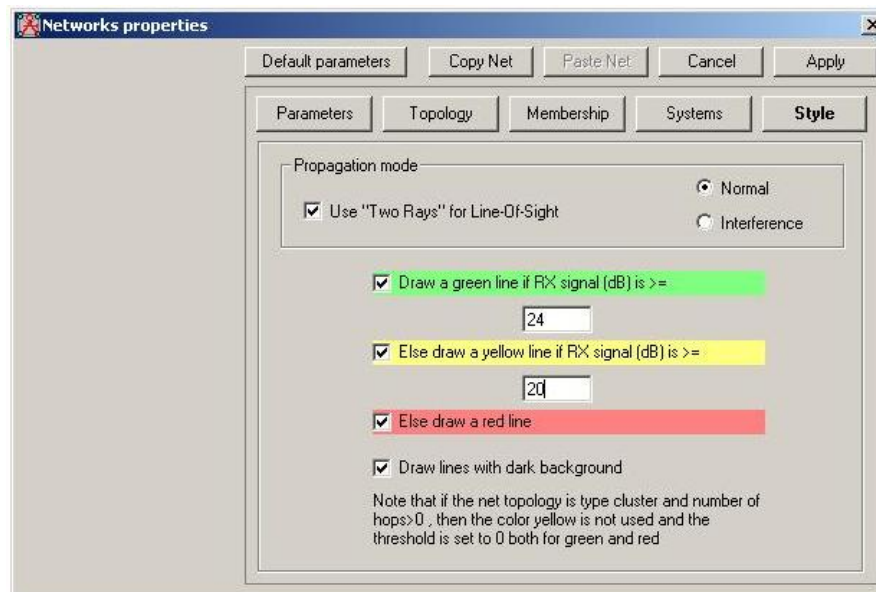


Figura 19. Estilos para diferenciar márgenes de recepción

#### 5.1.4 Análisis de resultados con Radio Link

En la fila superior se presentan los resultados radio eléctricos de propagación: azimuth con que está orientada la antena de CS Puerto Inca a R1 (189.9°), pérdidas de espacio libre (149.2dB), distancia del enlace (22.75Km); peor ángulo de Fresnel para este trayecto (1.0F1); etc.

En particular **Rx Relative** permite conocer el valor de margen respecto de la sensibilidad del sistema receptor con que llega la potencia de la señal recibida. En este caso será de 27,8dB (los 28 dB que aparecían en el **Network Report**).

En el menú **Tools** seleccionando la opción **Radio Link** o bien en la barra de herramientas con el icono de acceso rápido se activa la siguiente figura.



Figura 20. Resultados de Radio Link

Se pueden modificar las alturas de las antenas, así como la frecuencia para comprobar el efecto de la variación de estos parámetros sobre el enlace, que se actualiza con los nuevos datos de forma automática (pulsando en **Apply**).

## 5.2 FIRMWARE FREIFUNK<sup>17</sup>

El Firmware de Freifunk es una versión modificada de OpenWrt versión de Linux que se ha desarrollado para los dispositivos router. El objetivo principal de que el firmware es para hacer más fácil y más rápido para configurar las redes inalámbricas de malla. Diseñado como un Linux embebido para dispositivos de red de baja potencia, el sistema puede ser adaptado para una amplia variedad de dispositivos. Freifunk / OpenWrt soporta ad-hoc WLAN de comunicación y la capa 2 y la ruta 3. Open Source protocolos de enrutamiento se puede instalar a través de actualizaciones de paquetes. Protocolos más comunes son el protocolo OLSR y el protocolo de enrutamiento de BATMAN. Al construir el firmware Freifunk integrado junto con el equipo OpenWrt la comunidad está desarrollando el modo de utilizar una configuración automática, auto fijación y ajuste de red en malla.

<sup>17</sup> [www.wiki.openwrt.org/Freifunk](http://www.wiki.openwrt.org/Freifunk) ,[Fecha consulta: 26-09-2011]



### 5.2.1 Características de Freifunk<sup>18</sup>

- ❖ Trabaja en una interfaz gráfica para OLSR, fácil de usar para el uso a usuarios no técnicos. En caso de que haya problemas de enrutamiento se debe ayudar de la interfaz gráfica para depurarlos. Crea un mapa de la topología (como el mapa freifunk) que explica la ruta de acceso a su nodo OLSR .
  
- ❖ Puerto de la puerta de entrada automática de código túnel para sistemas BSD. Esto implica el conocimiento complejo (o el fuerte deseo de aprender) el código de encaminamiento BSD. Usted puede conseguir inspirado en el código de Linux túnel IP-IP.
  
- ❖ Puerto de OLSR para Windows con soporte para IPv6.
  
- ❖ Aplica una métrica de enrutamiento diferente que reacciona mejor a las propiedades de la conexión Wi-Fi (pérdida de paquetes, las asignaciones de canales, etc.)
  
- ❖

### 5.3 XIRRUS WI-FI INSPECTOR<sup>19</sup>

Es una poderosa herramienta para la gestión y solución de problemas de redes inalámbricas para conectarse a Internet.

El entorno gráfico de Xirrus Wi-Fi Inspector es similar a un radar y en esta interfaz verás las conexiones existentes en la zona, la potencia de cada una de las señales, el tipo de red y de cifrado, la frecuencia y el canal.

- ❖ Aplicaciones que incluye la herramienta

---

<sup>18</sup> [www.olsr.org](http://www.olsr.org), [Fecha consulta: 27-05-2011]

<sup>19</sup> [www.utilidades-utiles.com/descargar-xirrus-wi-fi-inspector.html](http://www.utilidades-utiles.com/descargar-xirrus-wi-fi-inspector.html) [Fecha consulta: 23-08-2011]

- ❖ La búsqueda de redes Wi-Fi
- ❖ La gestión y solución de problemas de conexiones Wi-Fi
- ❖ La verificación de cobertura Wi-Fi
- ❖ La localización de dispositivos Wi-Fi
- ❖ La detección de puntos de acceso dudoso



Figura 21. Buscador Xirrus Wifi-Inspector

## **E.- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **E1. MÉTODOS**

#### **Metodología para la ejecución de la Investigación**

Para el desarrollo del presente trabajo investigativo aplicamos el método cualitativo y cuantitativo, el cualitativo se lo utilizó en el estudio de los siguientes elementos de observación:

- Datos que se van a necesitar para realizar el diseño de la red inalámbrica.
- Elección de la tecnología y el estándar inalámbrico empleados en el diseño.
- Determinar los lugares a ubicar los puntos de acceso.
- Datos técnicos que los equipos deben tener de acuerdo a la tecnología empleada.
- Elección del firmware para la configuración de los equipos.
- Datos que se van a necesitar para poder hacer la simulación de los enlaces inalámbricos.
- Requerimientos de los equipos para poder hacer el cambio de firmware.
- Datos requeridos para configurar los equipos.

Y el cuantitativo se empleó en las tabulaciones respectivas de encuestas y entrevistas. Además se aplicó el método *descriptivo*, para realizar la interpretación, análisis y tabulación de datos recolectados relacionados con los elementos de observación.

Para la recolección de la información relacionada a las actividades, problemas, causas y posibles alternativas de solución referentes a los elementos de observación nos ayudamos del método deductivo

Se realizaron entrevistas a los alumnos, docentes y empleados de la Universidad Nacional de Loja y además a algunos expertos en el tema de Redes Inalámbricas Mesh otras Instituciones que proporciono ideas y facilito el diseño de la Red Inalámbrica.



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

Las técnicas de la entrevista y encuesta sirvieron de apoyo al método *inductivo* el mismo que nos permitió obtener todos los requerimientos necesarios para poder iniciar el diseño de la Red Inalámbrica.

En la fase del diseño se realizaron las siguientes actividades:

Un recorrido para determinar por donde se encuentran los enlaces de fibra óptica, mediante el uso de planos para ubicar posibles puntos a ubicar los equipos inalámbricos con conexión a fibra, para la redundancia del enlace.

Determinar como se encuentran interconectadas las dependencias de Salud, Instituto de Idiomas, Posgrado de Agropecuaria y la Carrera de Comunicación Social, para la correspondiente documentación.

Una vez que se recopiló la información con la aplicación de los instrumentos seleccionados (observación, entrevistas y encuestas), se procedió a elaborar los respectivos cuadros, gráficos estadísticos y tabulación de los datos, así como el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.





## **F.- RESULTADOS**

### **F1. PRIMERA FASE**

#### **1. ESTUDIO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA RED DE DATOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

##### **1.1 GENERALIDADES**

En el sur del Ecuador se encuentra ubicada la Ciudad de Loja, con su capital del mismo nombre, donde se encuentra ubicada una de los más prestigiosos centros de educación superior como es el caso de la Universidad Nacional de Loja, la cual cuenta con aproximadamente 16238<sup>20</sup> estudiantes que se educan en las diferentes áreas, entre la modalidad presencial y distancia, la misma que geográficamente (**3°59'0"S** **79°12'0"O**) se encuentra al sur de esta ciudad.

La propuesta de actualizar la red de datos de la Universidad Nacional de Loja así como las aplicaciones, ha venido tomando forma, desde muchos años atrás, debido a los requerimientos que tiene la Universidad, donde tanto estudiantes como docentes se ven en la necesidad de utilizar aplicaciones, más complejas y avanzadas para poder educarse y educar conforme a las necesidades que se presentan en el mundo tecnológico actual.

Es así que ha existido una gran necesidad por actualizar y automatizar a la Universidad, pero la falta de visión técnica, económica y política no ha permitido alcanzar las metas propuestas, para mantener una red acorde a la tecnología y requerimientos de los usuarios.

Al modernizar los servicios que presta, tanto educativos como tecnológicos, y al acoplarse con el resto de aplicaciones con las que ya cuenta actualmente convertirá en una de las redes de datos más robustas y fuertes con las que cuente la ciudad de Loja. Así mismo se logrará una base consistente para el desarrollo de ideas e investigaciones, mismas que podrán dar un mayor valor agregado a toda la red; sustentada en un backbone de comunicaciones sólido y tecnología abierta. Se podrá añadir aplicaciones adicionales al sistema de información universitario como: servicio

---

<sup>20</sup> Fuente: Sistema de Gestión Académico



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

de Wireless, web Hosting, Monitoreo, Radius, DNS Publico, Mail Estudiantil, administración local y remota, seguridades, y otros servicios.

Para lograr el mejor desempeño de todos los procesos tanto académicos como administrativos, es de vital importancia contar con un sistema que facilite su operación y desarrollo. A la vez que se encuentre a la par con la tecnología que cada día se encuentra en un apogeo constante.

Los procesos informáticos hoy en día se encuentran muy avanzados a la hora de brindar un servicio de red, ya que brindan la posibilidad de interconectar e interoperar redes o subredes tanto locales o externas, y de incrementar su capacidad de gestión de información. Es por eso que lo que se busca es actualizar la Red de datos para brindar un mejor servicio en todos los procesos informáticos, a la vez mejorar la red Wireless y así poder ofrecer aplicaciones más eficientes, las mismas que darán un mayor valor agregado a la red de datos de la “Universidad Nacional de Loja”.

### **1.2 NUMERO DE ESTUDIANTES EMPLEADOS Y TRABAJADORES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

Teniendo en cuenta que una de las partes más importantes dentro del manejo funcionamiento y el desarrollo de la universidad es el recurso humano a continuación se presenta una tabla del número de personal a nivel de la Universidad.

<b>ÁREA</b>	<b># ESTUDIANTES</b>
EDUCATIVA	2734
JURIDICA	4995
AGROPECUARIA	652
ENERGIA	1014
SALUD	1884
MED	5035

Tabla 5. Número de estudiantes por área<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Fuente: Sistema de Gestión Académico (SGA)



A continuación tenemos una tabla de los Administrativos, Docentes y trabajadores de la Universidad nacional de Loja, teniendo una cantidad considerable de personal contratado.

<b>PERSONAL</b>	<b>NOMBRAMIENTO</b>	<b>CONTRATADOS</b>
ADMINISTRATIVOS	445	196
DOCENTES	345	593
TRABAJADORES	71	71

Tabla 6. Número de personal administrativo, docente y trabajadores<sup>22</sup>

### **1.3 INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA UNL**

La Universidad Nacional posee una estructura de tipo mediana con las que se cuenta en el sur del país y es una de las mejores universidades. La educación que brinda a sus estudiantes y evaluaciones constantes a sus profesores, a más de la infraestructura física que posee la ha hecho merecedora a una acreditación por parte del CONEA. Cuenta con una superficie de 1'938.508 m<sup>2</sup> (metros cuadrados)<sup>23</sup>, se encuentran distribuidas en esta zona los edificios de Administración Central, las Áreas de la Educación Arte y Comunicación, Área Jurídica Social y Administrativa, Área de Energía y Recursos Naturales Renovables, Área de la Energía la Industria y los Recursos Naturales no Renovables, el Área de Salud y el Instituto de Idiomas como el Teatro Universitario que también forman parte de la Universidad se encuentran ubicados al Norte de la ciudadela Universitaria, además cuenta con canchas deportivas, parqueaderos, estadio, y la estación meteorológica etc. Existen edificaciones nuevas y otras que se encuentran en proceso de creación, además está actualmente remodelando instalaciones existentes.

<sup>22</sup> Fuente: Departamento de Recursos Humanos

<sup>23</sup> Fuente: Departamento de Desarrollo Físico



## **1.4 ADMINISTRACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

El estudio de la red de datos de la UNL lleva a determinar cómo se encuentran distribuidas cada una de las edificaciones que conforman las instalaciones de la ciudadela universitaria y como se encuentra distribuida la red entre las mismas.

### **1.4.1 Administración Central**

El edificio de administración central se encuentra ubicado en el lado Norte de la UNL dividido en dos bloques. En este edificio se encuentran localizados la mayoría de los departamentos administrativos de la Universidad en el bloque uno encontramos departamentos como son, el Rectorado, Vicerrectorado, Secretaria General, Jefatura de Bibliotecas Auditoria Interna, Procuraduría General, Tesorería, Documentación y Archivo, Venta de Derechos Especiales y Construcciones, mientras tanto en el bloque dos tenemos los departamentos de Recursos Humanos, Bienestar Estudiantil, Compras Públicas, Sucursal del Banco de Loja , Contabilidad General, Dirección Financiera, Nominas, Sistema de Gestión Académico, Centro de Investigaciones y Apoyo al Desarrollo Universitario y la Unidad de Redes Telecomunicaciones e Información, sección redes que es el encargado del control de la red de datos de la UNL, se encuentra ubicado en este edificio en la planta alta, donde se ubica además el cuarto frío que es donde están los equipos como son servidores principales, equipo de administración de la telefonía IP, los Switchs de acceso, UPS de los equipos, etc.

### **1.4.2 Área de la Educación Arte y Comunicación**

Se encuentra ubicada al Noroccidente de la ciudadela Universitaria es una de las más grandes con que cuenta la Universidad, su estructura física en su mayoría construida de edificios de dos pisos, a diferencia del edificio de la Carrera de Comunicación Social, la cual actualmente está ubicada en una construcción antigua, es parte de esta área el colegio Universitario Manuel Cabrera Lozano, en este bloque se encuentra la biblioteca del área, siendo aquí el lugar donde se encuentra un servidor proxy, el cual da acceso a la red a dicha área, cuenta con switchs de acceso para la red cableada, así como también para la inalámbrica, se encuentran distribuidos en esta área alrededor de siete Aps inalámbricos. Forman parte de esta área, las carreras de Comunicación social, Informática Educativa, Ingles, Químico Biológicas, Físico



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

Matemáticas, Artes Plásticas, Música, Educación Física, Psicología, y Posgrado de Educativa.

### **1.4.3 Área Jurídica Social y Administrativa**

Es el área más grande dentro de la Universidad, ubicada al Noroccidente de la misma contigua al Área Educativa, dispone de edificios en su mayoría de dos pisos, es la que cuenta con el mayor número de estudiantes, tiene aproximadamente diez de bloques en los que se distribuyen las diferentes carreras, al igual que todas las áreas dispone de una biblioteca que es el lugar donde se encuentra ubicado el servidor proxy que permite el acceso a la red, switches de acceso así como también APs inalámbricos ubicados en los diferentes bloques que pertenecen al área, aquí se encuentran aproximadamente 20 puntos de acceso inalámbrico. Forman parte del área Jurídica las carreras de: Derecho, Banca y Finanzas, Administración Pública, Turismo Posgrado de Derecho, Administración de Empresas, Economía, Trabajo Social, Contabilidad y Auditoría.

### **1.4.4 Área de la Energía la Industria y los Recursos Naturales Renovables**

Ubicada al Sur del campus Universitario, compuesta por edificios en su mayoría actuales, cuenta con aproximadamente con dieciséis edificios entre uno y dos pisos, tiene la biblioteca perteneciente al área que es el lugar donde se encuentra un servidor proxy para dar acceso a la red, switches de acceso así como también puntos de acceso inalámbricos (APs) , se ha podido determinar que aquí se encuentran instalados 19 puntos de acceso inalámbrico, distribuidos en los diferentes edificios, forman parte de esta área las carreras de: Ingeniería Agrícola , Ingeniería Agronómica, Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, Ingeniería en Producción, Ingeniería Forestal, Medicina Veterinaria y los Programas de Posgrado.

### **1.4.5 Área de la Energía la Industria y los Recursos Naturales no Renovables.**




El área de la Energía como se la denomina usualmente se encuentra ubicada al Nororiente del Campus Universitario, forman parte de esta área los edificios de la Modalidad de Estudios a Distancia (MED) así como también los edificios pertenecientes a la FEUE, en su mayoría está compuesta por edificios nuevos a diferencia del edificio donde funcionan las coordinaciones de carrera, que es un

edificio antiguo, donde además se concentran la mayor parte de equipos informáticos, ya sea por encontrarse aquí cuatro laboratorios virtuales, cuenta con ocho edificios que conforman esta área, uno de los edificios más nuevos es la biblioteca donde se concentra la mayoría de los usuarios de la red de datos, al igual que con el resto de áreas también dispone de un servidor proxy para dar acceso a la red a los usuarios así como también switches de acceso, tanto para la red cableada como para la inalámbrica, cuenta con 9 puntos de acceso que se encuentran distribuidos en los diferentes bloques, forman parte de esta área las carreras de: Ingeniería en Sistemas. Ingeniería Electromecánica, Ingeniería en Geología, Ingeniería en Electrónica, y la Maestría en Electromecánica.

#### **1.4.6 Área de la Salud Humana**

Esta área se encuentra ubicada al Norte de la ciudadela Universitaria, junto al hospital Isidro Ayora, cuenta en su mayoría con edificaciones nuevas, a diferencia de las otras áreas la conexión con la red de datos se la hace de manera inalámbrica, contando también con un servidor proxy para el acceso a la red, cuenta con aproximadamente siete edificios entre la parte administrativa y los que se utilizan para dar clases, cuenta con cuatro puntos de acceso los cuales les permiten la comunicación inalámbrica a los usuarios de la red de datos, forman parte de esta área las carreras de: Laboratorio clínico, Odontología, Medicina, Psicología Clínica, Enfermería y su nivel de posgrado con especialidades Médicas y Maestría.

### **1.5 SIMBOLOGIA DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA RED DE DATOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
	Conexión Inalámbrica
	Router
	Switch de Acceso

**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

	Server
	Pacht de Fibra
	Pc Personal
	Switch con puertos de Fibra
	Modem ADSL
	Torre
	Antenas
	Radios
	Transaiver
	Caja Multimedia
	Fibra Óptica
	Pacht core de Fibra
	Cable UTP
	Cable línea Telefónica
<i>Elaborado por: Diego Mendoza</i>	

Tabla 7. Simbología de elementos que conforman la red



## *REDES INALAMBRICAS MALLADAS*

### **1.6 DESCRIPCION DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE DATOS**

La red interna de datos de la Universidad Nacional de Loja, está conformada por un Router Cisco 7604, el cual es el encargado de realizar la conectividad con la nube de Internet, dos switches catalyst 2960, el primero que se encuentra conectado a los servidores públicos de la universidad, y el segundo con los servidores de la red interna, además existen tres switches D-Link y un 3Com los cuales se conectan entre sí para dar acceso a los pisos del edificio de Administración Central.

Además existe un modem Cisco 673 el mismo que permite una conexión ADSL, todos estos equipos y servidores se encuentran en el cuarto piso en la Unidad de Telecomunicaciones e Información sección Redes, en el cuarto de equipos (cuarto frio), los mismos que son administrados por el departamento de Redes.

El resto de equipos de interconectividad se encuentran en los racks existentes y armario, los cuales brindan diferentes servicios y aplicaciones a los usuarios de la red de datos de la Universidad, el departamento de Redes cuenta con dos racks marca Pandium desmontables de dos metros, aquí se encuentran el switch que hace conectividad con la fibra óptica mediante la cual se conecta al resto de edificios de la universidad, mientras que en el armario se encuentran ciertos servidores como son: servidor Web, el servidor de la MED, servidor Dhcp, servidor DNS y el servidor de Cursos.

El resto de servidores se encuentran apilados sobre una mesa para poder ajustarse al espacio del cuarto frio cabe mencionar que este cuarto frio cuenta con piso falso. Toda la distribución de la Red nace desde el edificio de Administración Central Bloque 2, que además cuenta con equipos para el funcionamiento y Administración de la Telefonía Ip, el Sistema de Gestión Académico, así como el de toda la red de datos de la Universidad, más adelante iremos detallando como es el funcionamiento de estos equipos.

La red de la UNL cuenta con un intervalo de red de clase B dirección 172.16.0.0/16 dentro de la cual posee la subred 172.16.32.0/19 que abarca desde la dirección 172.16.32.1 hasta la dirección 172.16.63.254 y con una dirección de broadcast 172.16.63.255 y máscara de subred 255.255.224.0

La Universidad también dispone de una subred para las IP publicas la cual abarca la dirección 190.188.49.0/24 que va desde la dirección 190.188.49.1 hasta la dirección





## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

190.188.49.254 con una dirección broadcast 190.188.49.255 más adelante se detallaran algunas de las IPs públicas que se dispone.

De entre de los equipos que hemos señalado como parte de la red de datos, podemos mencionar que también se cuenta con un dispositivo de aire acondicionado el cual brinda un ambiente óptimo para el trabajo de todos los equipos que se encuentran en el cuarto frio, así como regular la temperatura en caso de que exista algún problema con los equipos, cada equipo cuenta con su UPS el cual le permite la administración de energía para su normal funcionamiento, existen también equipos inalámbricos para dar acceso a la red (puntos de acceso) los cuales actualmente están ubicados en lugares más concurridos por usuarios de la red de datos en su mayoría APs de la marca D-Link dw-2100.

### **1.7 SITUACION ACTUAL DE LA RED DE DATOS**

La red actual de la Universidad Nacional de Loja está constituida básicamente de varios elementos que distribuye con forme las necesidades que presenta cada usuario en su respectiva dependencia tanto aplicaciones y servicios.

Actualmente está compuesta por seis switchs de Fast Ethernet, los mismos que proporcionan conectividad a las distintas Áreas, Bibliotecas, y Asociaciones que conforman el entramado de la red universitaria. El acceso a estos se realiza mediante switch de acceso, que permite una inter conectividad óptima y buena compatibilidad entre los distintos componentes de la red de datos.

Los enlaces de fibra entre los distintos nodos Fasth Ethernet de la red informática, son de fibra óptica multimodo 62.5 /125  $\mu$ m.

Los seis switch conforman la red universitaria, se encuentra situados de la manera que sigue:

En la topología actual se encuentran, el servidor de Telconet Router Cisco 7604 el cual se conecta por un medio de transmisión UTP categoría 5e a un switch Catalyst 2960 de 24 puertos, del cual se desprende una conexión hacia los servidores públicos: Web, Radio Universitaria, MED 1 , MED 2 , Web Mail, Área de La Energía, Cursos Cinfa,



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

Estudiantes y docentes por un medio de transmisión UTP, y otra va a un switch Catalyst 2960 de 24 puertos que se encuentra ubicado en el edificio de la administración central donde se registran salidas para la interconectividad hacia los servidores internos de la Universidad así como también a las diferentes áreas por medio de fibra óptica cuenta con 13 p salidas principales distribuidas de la siguiente manera.

Estas salidas van de la siguiente manera las primeras seis destinadas para los servidores internos como son: Wireless, Administración Central, Financiero, Asterisk, Dhcp, y Dns, las cinco siguientes para la conectividad mediante fibra óptica con los servidores Proxy de las Áreas de Agropecuaria , Educativa, Jurídica, Energía, MED y el Bloque 1 de Administración Central, la salida once registra una conexión al AREA DE LA SALUD HUMANA (enlace inalámbrico) la cual la descubriremos más adelante, mediante una cascada se conecta al switch 3Com y este hacia los tres siguientes Switch D-Link para la distribución dentro del Bloque 2 de Administración Central la última conexión tiene un enlace ADSL que ofrece conectividad con los boques de la FEUE.

De las cuatro salidas correspondientes a los proxy de las áreas, Agropecuaria, Educativa, Jurídica, Energía y al bloque 1 de Administración Central conectados al Switch Catalyst 2960 podemos describir lo siguiente:

La primera salida se conecta al AREA AGROPECUARIA mediante fibra óptica la misma que llega a un switch D-Link de 24 puertos en Biblioteca, del cual se desprenden conexiones mediante cable utp categoría 5e hacia los bloques de la misma área y hacia una antena multipunto, luego mediante fibra óptica tenemos una conexión hacia el bloque de VETERINARIA el cual llega a otro switch D-Link el cual permite el acceso a la red de los usuarios conectados a la misma.

La segunda salida que pertenece al AREA EDUCATIVA la cual llega a la biblioteca del área mediante fibra óptica se conecta a un switch 3Com de 24 puertos, del mismo se desprenden conexiones mediante fibra óptica hacia los bloques de las SECRETARIAS del área el cual se conecta a dos switchs D-Link de 24 puertos y otra conexión hacia la DIRECCION DEL AREA EDUCATIVA, desde aquí podemos conectarnos mediante fibra óptica hacia el área Jurídica, como también hacia el bloque



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

del IDISE del mismo que se desprende otra conexión hacia el edificio de BIENESTAR ESTUDIANTIL, todos estos conectados a switches D-Link.

La tercera salida corresponde al AREA JURIDICA, para lo cual se llega mediante fibra óptica, esta se desprende desde el bloque de La DIRECCION DEL AREA EDUCATIVA, llegando hacia la Biblioteca del AREA JURIDICA a switch D-Link de 24 puertos del cual se salen conexiones mediante cable utp categoría 5e hacia una antena multipunto Omnidireccional y hacia los edificios de la misma área.

La cuarta salida de fibra óptica es la más pequeña la cual sirve para interconectar los bloques de Administración Central, la cual llega a un switch D-Link y desde aquí mediante cable utp categoría 5e interconectar hacia los switch de acceso que se encuentran distribuidos en el bloque uno de Administración Central.

El tramo de fibra óptica que va desde ADMIISTRACION CENTRAL hasta el AREA DE LA ENERGIA siendo este el más extenso y ultimo con el que cuenta la Universidad, este llega a la DIRECCION DEL AREA DE LA ENERGIA, en el cual se conecta a un switch de acceso y de este a él proxy del área, de este switch se conecta con el bloque de la carrera de geología mediante enlace de fibra óptica, con un switch 3Com, para pasar hasta la secretaria del área y de ahí hasta biblioteca, y luego ha el bloque 6 del área de la Energía, terminando hasta ahí con la conexión de fibra óptica, teniendo en cuenta que en este tramo los switches que predominan son de la marca 3Com ,del mismo modo del Bloque de la Dirección del Área de la Energía se conecta con la MED hacia un switch D-Link de 24 puertos, de los cuales también salen para interconexión entre las dependencias y el acceso a la red cable utp categoría 5e, teniendo así una interconexión de red para el campus de la Universidad.

Dentro del backbone de la Universidad también tenemos la conexión mediante enlaces inalámbricos que son principalmente para el AREA DE LA SALUD HUMANA, los cuales se encuentran conectados mediante Radios Canopy, el mismo que se encuentra ubicado en la terraza del edificio de la administración central , la misma que tiene una línea de vista con otro radio Canopy que se encuentra ubicado en el AREA DE LA SALUD HUMANA la cual recibe la señal que transmite, es una conexión punto a punto a una frecuencia de 5.7 GHz. Desde aquí para llegar hacia el INSTITUTO DE IDIOMAS se lo hace mediante APs Canopy, además la antena de la SALUD

HUMANA da cobertura a la EDITORIAL UNIVERSITARIA la que recibe la señal en otro AP Canopy.

De la torre que se encuentra en Administración Central, también se desprenden dos conexiones inalámbricas las cuales mediante APs Canopy se interconectan con la carrera de Comunicación Social y con el edificio del Fondo Docente. Todos estos equipos están interconectados entre sí, formando una topología tipo estrella de Fasth Ethernet.

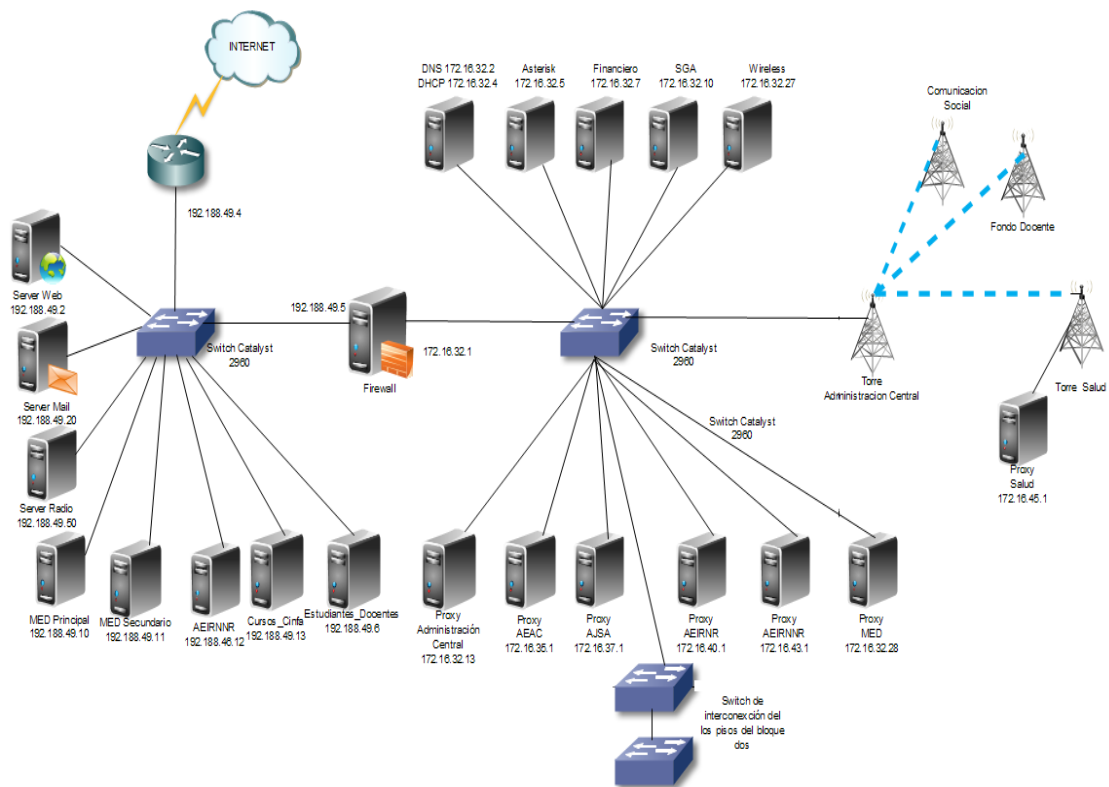


Figura 22. Diseño de la situación actual de la red de datos

## 1.8 DESCRIPCION DE LA RED DATOS INTERNA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

### 1.8.1 Administración Central.

Equipos que se encuentran actualmente dentro del edificio de Administración Central:

**Router cisco 7604:** El cual se conecta internamente a la red de la Universidad es un equipo de hardware y software administrable que impide conexiones ajenas a la red.



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

**Switch Catalyst 2960:** Este dispositivo se encuentra conectado a la interfaz LAN del Router y también da acceso a los servidores públicos de la Universidad.

### **Servidores conectados a este switch:**

Servidor Web, Radio Universitaria, MED 1, MED 2, Web Mail, Área de la Energía, Cursos Cinfa, Estudiantes y Docentes.

**Switch catalyst 2960:** Este dispositivo se encuentra conectado al Firewall, hacia los servidores internos de la red de datos de la Universidad.

### **Servidores Conectados a este switch:**

Servidor Asterisk, Wireless, Dhcp, Dns, Financiero, Sistema de Gestión Académico (SGA), Proxy Administración Central y mediante fibra óptica con los servidores proxy de, Energía, Jarica, Educativa, Agropecuaria, la Modalidad de Estudios a Distancia (MED) e inalámbricamente con el Proxy de Salud.

Dos Transaivers D-Link def-855 que permite la conexión mediante fibra óptica con el Área Jurídica Social y Administrativa y el Área Agropecuaria.

Dos Transaivers D-Link 300 SC los cuales permiten la conectividad mediante fibra óptica con el Área de la Educación Arte y Comunicaron y el Bloque 1 de Administración Central. Transaiver D-Link 700 SC el cual permite la comunicación mediante fibra óptica con el Área de la Energía y Recursos Naturales No Renovables.

Un pacht de Fibra el cual permite las conexiones de fibra con los Transaivers y con la respectiva área, con las que se conecta cada Transaiver.

Antena Canopy la cual permite la conexión inalámbrica con el área de la Salud Humana.

**Modem cisco 673:** El cual permite la conexión mediante ADSL con los edificios pertenecientes a la FEUE.

Servidores con los que cuenta la de la Universidad Nacional de Loja y beneficios que prestan.

<b>Servidor</b>	<b>Función</b>	<b>Características del Equipo</b>
	Sirve de barrera entre la red pública y la red interna de la Universidad, aquí se dispone de reglas iptables a	Sistema Operativo Centos 5.4 Intel(R) Xeon(R) CPU 1.86 GHz



**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

<b>FIREWALL</b>	nivel de software para impedir el ingreso de usuarios ajenos a la red.	Disco Duro 60 Gb
<b>SERVIDOR WEB</b>	Es el lugar donde se encuentra alojada la página web de la Universidad, y donde se puede obtener toda la información respecto a la misma	Sistema Operativo Centos 5.4 Intel(R) Xeon(TM) CPU 3.2 GHz Disco Duro 100 Gb RAM 110 Mb
<b>SERVIDOR DHCP y DNS</b>	Ubicados en un mismo equipo, el Dhcp cumple con la función de asignar dinámicamente direcciones IP a los usuarios de la red por medio de MAC, mientras que el dns su función es la resolución de nombres en la red de datos y hace posible que los usuarios clientes usen nombres en vez de direcciones IP.	Sistema Operativo Centos 5.4 Intel(R) Xeon (TM) CPU 3.2 GHz Disco Duro 98 Gb RAM 1010 Mb
<b>PROXY ADMINISTRACION CENTRAL</b>	Destinado al control de contenido a los usuarios que tienen acceso a la red de datos pertenecientes a los bloques que conforman Administración Central y a ciertas dependencias pertenecientes a la misma.	<b>Sistema Operativo Centos 5.4</b> <b>Intel Pentium (R)</b> <b>CPU 3.4 GHz</b> <b>Disco Duro 145 Gb</b> <b>RAM 1002 Mb</b>
<b>SERVIDOR ASTERISK</b>	Destinado al funcionamiento de la telefonía Ip que actualmente se brinda en ciertas dependencias de la Universidad.	Sistema Operativo Centos 5.4 Intel Pentium (3) Cuppermine CPU 3.4 GHz Disco Duro 36 Gb RAM 248 Mb
	Equipos destinados para la	Sistema Operativo Centos 5.4



**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

<b>SERVIDORES MED 1 y 2</b>	educación a distancia que brinda la Universidad, tales como son cursos, a las diferentes carreras que se pueden seguir en la misma	Intel(R) Xeon (TM) CPU 3.2 GHz Disco Duro 160 Gb RAM 5 Gb
<b>SERVIDOR MAIL</b>	Servidor destinado para el correo de la universidad, permite obtener direcciones de correo bajo el dominio @unl.	Sistema Operativo Centos 5.4 Intel Core 2 Duo CPU 2.93 GHz Disco Duro 300 Gb RAM 1957 Mb
<b>SERVIDOR SISTEMA DE GESTION ACADEMICO</b>	Servidor mediante el cual se puede obtener información, permite tanto a profesores como a estudiantes, informarse acerca de calificaciones, asistencias y matrículas.	Sistema Operativo Centos 5.4 Intel Pentium (R) CPU 3.4 GHz Disco Duro 300 Gb RAM 4Gb
<b>SERVIDOR FINANCIERO</b>	Este servidor presta las facilidades para acceder a los servicios del sistema contable Visual Fox	Sistema Operativo Windows Server 2003 Intel(R) Xeon(TM) CPU3.26 GHz Disco Duro 160 Gb RAM 1Gb
<b>SERVIDOR RADIO</b>	Destinado a replicar la señal de la radio universitaria por medio de internet.	Sistema Operativo Centos 5 Intel(R) Xeon(TM) CPU 3.2 GHz Disco Duro 143 Gb RAM 1002 Mb
<b>SERVIDOR WIRELESS</b>	Servidor que permite a los usuarios que poseen medios inalámbricos poder conectarse a la red Wireless de la universidad.	Características del Equipo. Sistema Operativo Centos 5 Intel Pentium 4 CPU 3.2 GHz Disco Duro 160 Gb RAM 512 Mb

Tabla 8. Servicios que presta la Universidad

El la siguiente figura se muestra como se encuentran conectados los servidores internos como públicos en la red de datos de la Universidad Nacional de Loja.

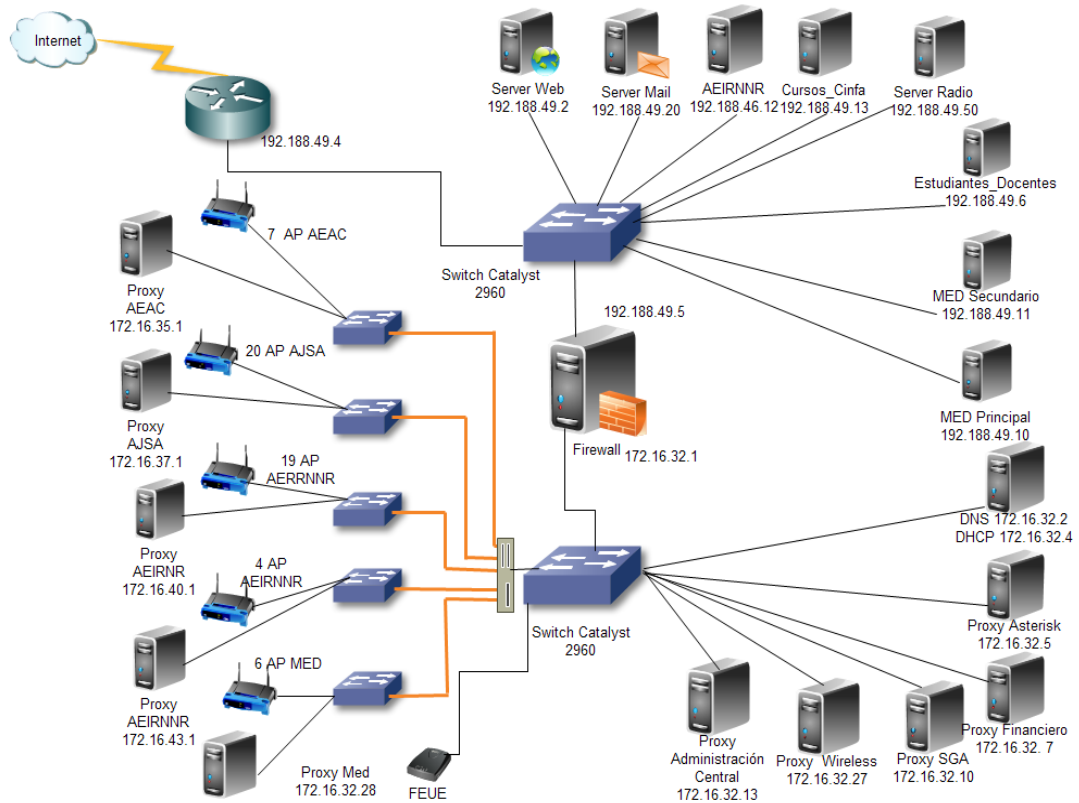


Figura 23. Diagrama actual del cuarto de comunicaciones

### 1.8.1.1 Direccionamiento IP actual de la Red de Datos Interna de la Universidad Nacional de Loja.

A continuación se presenta las siguientes tablas en la cual se determina el direccionamiento Ipv4 de la Red de datos internas de la Universidad. Para este direccionamiento lógico, se usa un conjunto de direcciones clase B, pero no se efectúa un subneteo de la misma, esto motiva una excesiva generación de broadcast en la red, ya que todos los enlaces, puntos de acceso, equipos de cliente y computadores de clientes, manejan la misma máscara por defecto de una red clase B.



**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

<b>Descripción</b>	<b>Especificación</b>
Red Clase B	172.16.0.0/16
Dominio	unl.edu.ec
Subred de la Universidad	172.16.32.0/19
Mascara de subred	255.255.255.0
Dirección de Broadcast	172.16.63.255
Puerta de enlace	172.16.32.1
Sistema de Nombres de Dominio (DNS)	172.16.32.2
Elaborado por: Diego Mendoza Fuente: Unidad de Telecomunicaciones e Información	

Tabla 9. Descripción de parámetros IPv4 de la red de datos interna

<b>Descripción</b>	<b>Rangos de direcciones</b>
Servidores y Dispositivos	172.16.32.1 – 172.16.32.255
Administración Central	172.16.33.1 - 172.16.52.255
Área Jurídica	172.16.37.1 - 172.16.39.255
Área Educativa	172.16.41.1 - 172.16.43.255
Área de Salud Humana	172.16.45.1 - 172.16.47.255
Área de la Energía	172.16.49.1 - 172.16.51.255
Área Agropecuaria	172.16.53.1 - 172.16.55.255
Impresoras	172.16.56.1 - 172.16.56.255
Dispositivos Wireless	172.16.57.1 - 172.16.59.255
Telefonía Ip	172.16.62.1 - 172.16.62.255
Telecomunicaciones e Información	172.16.63.1 - 172.16.63.255
Rango de direcciones Ip Libres	172.16.36.1 - 172.16.36.255 172.16.40.1 - 172.16.40.255 172.16.44.1 - 172.16.44.255 172.16.48.1 - 172.16.48.255 172.16.52.1 - 172.16.52.255 172.16.60.1 - 172.16.60.255
Elaborado por: Diego Mendoza Fuente: Unidad de Telecomunicaciones e Información	

Tabla 10. Rangos de direcciones IP que actualmente usa la Universidad



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

La siguiente tabla muestra el direccionamiento Ip que se utiliza para los diferentes servidores de la red.

<b>Dispositivo</b>	<b>Interfaz</b>	<b>Dirección Ipv4</b>	<b>Mascara</b>	<b>Gateway</b>
Firewall	eth1	172.16.32.1/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Sistema de Nombres (DNS)	eth0	172.16.32.2/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Asignación de Direcciones ip (DHCP)	eth0	172.16.32.4/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Voz sobre Ip	eth0	172.16.32.5/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Financiero	eth0	172.16.32.7/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Sistema Académico (SGA)	eth0	172.16.32.10/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Proxy Ad. Central	eth0	172.16.32.13/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Proxy Wireless	eth0	172.16.32.27/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Proxy Med	eth0	172.16.32.28/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Sistema Documental	eth0	172.16.32.68/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Proxy Educativa	eth0	172.16.35.1/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Proxy Jurídica	eth0	172.16.37.1/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Proxy Agropecuaria	eth0	172.16.40.1/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Proxy Energía	eth0	172.16.43.1/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Proxy Salud	eth0	172.16.45.2/19	255.255.224.0	172.16.32.1
Elaborado por: Diego Mendoza Fuente: Unidad de Telecomunicaciones e Información				

Tabla 11. Direccionamiento Ip para los servidores internos

### **1.8.1.2 Direccionamiento de los Servidores Públicos**

<b>Descripción</b>	<b>Especificación</b>
Red Clase C	192.188.49.0/24
Dominio	unl.edu.ec
Mascara de subred	255.255.255.0
Dirección de Broadcast	192.188.49.255
Puerta de enlace	192.188.49.4
Sistema de Nombres de Dominio (DNS) primario	200.93.222.17
Sistema de Nombres de Dominio (DNS) secundario	200.93.192.188
Elaborado por: Diego Mendoza Fuente: Unidad de Telecomunicaciones e Información	

Tabla 12. Descripción de parámetros IPv4 de la red Pública



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

Dispositivo	Interfaz	Dirección Ip	Mascara	Gateway
Servidor Web	eth0	192.188.49.2/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Admisiones SGA	eth1	192.188.49.3/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Router Telconet	eth0	192.188.49.4/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Firewall	eth0	192.188.49.5/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Sistema Académico	eth1	192.188.49.6/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Web Cinfa	eth0	192.188.49.8/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Web Vinculación	eth0	192.188.49.9/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Web Med Virtual	eth0	192.188.49.10/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Web Med Cursos	eth0	192.188.49.11/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Web Área Energía	eth0	192.188.49.12/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Web Cursos	eth0	192.188.49.13/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Web Virtual Med 2	eth0	192.188.49.16/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Correo Electrónico	eth0	192.188.49.20/24	255.255.255.0	192.188.49.4
Radio Universitaria	eth0	192.188.49.50/24	255.255.255.0	192.188.49.4

Elaborado por: Diego Mendoza  
Fuente: Unidad de Telecomunicaciones e Información

Tabla 13. Direcciones Ip de servidores públicos<sup>24</sup>

### 1.8.1.3 Enrutamiento

Ya que el Router principal que da la salida internacional a internet se encuentra administrado por personal de Telconet, son ellos quienes ponen sus políticas de ruteo, por cuanto los encargados de la red de datos únicamente en el firewall manejan la configuración de NAT, la cual permite que los equipos con direccionamiento IP privado compartan una dirección IP enrutable.

### 1.8.1.4 Ancho de Banda

Por el momento no existe un dispositivo sea de hardware o de software que permita hacer un uso correcto del ancho de banda destinado para la Red de datos de la UNL, actualmente cuenta con 83 Mbps, y para hacer uso de esta cantidad de megas los usuarios al momento de conectarse a la red compiten por un segmento de ancho de banda, el mismo que le es asignado de manera inadecuada ya que no hay quien controle, distribuya y regule de acuerdo a necesidades y perfiles de usuario.

<sup>24</sup> Fuente: Unidad de Telecomunicaciones e Información



### **1.8.2 Área de la Educación Arte y Comunicación**

La interconexión a esta área llega mediante fibra óptica la cual sale desde el edificio de administración central.

#### **Equipos que se encuentran en esta área:**

Equipos de biblioteca.

Tres cajas multimedia.

Un Transceiver DME 300 SC enlazado a una caja multimedia al cual llega la fibra y de este a un switch 3com.

Un Transceiver DME 300 SC enlazado a una caja multimedia que permite la conexión con el bloque de las secretarías del área.

Un Transceiver AT 10CMX2 conectado a una caja multimedia que permite la conexión mediante fibra hacia el bloque de la Dirección del área en el centro de cómputo.

Un switch 3com enlazado a un switch D-Link de 42 puertos para la distribución en la biblioteca.

Servidor Proxy, que tiene instalado squid y dansguardian para el control de contenido.

Sistema Operativo Centos 5.4

Intel Pentium 4 CPU 3.2 GHz

Disco Duro 145 Gb

#### **Equipos del centro de Cómputo**

Tres cajas multimedia.

Un Transceiver DME 300 SC enlazado a una caja multimedia al cual llega la fibra y de este a un switch D-Link 8 puertos.

Un Transceiver DME 300 SC enlazado a una caja multimedia que permite la conexión con el bloque 10 del IDISE y entrelazándose a una caja multimedia para la conexión mediante fibra óptica hacia la biblioteca de Jurídica.

Del bloque del IDISE existe una conexión mediante fibra óptica hacia el bloque de Bienestar Estudiantil

Un switch D-Link de 8 puertos enlazado hacia otro switch D-Link DES-1024 de 24 puertos.

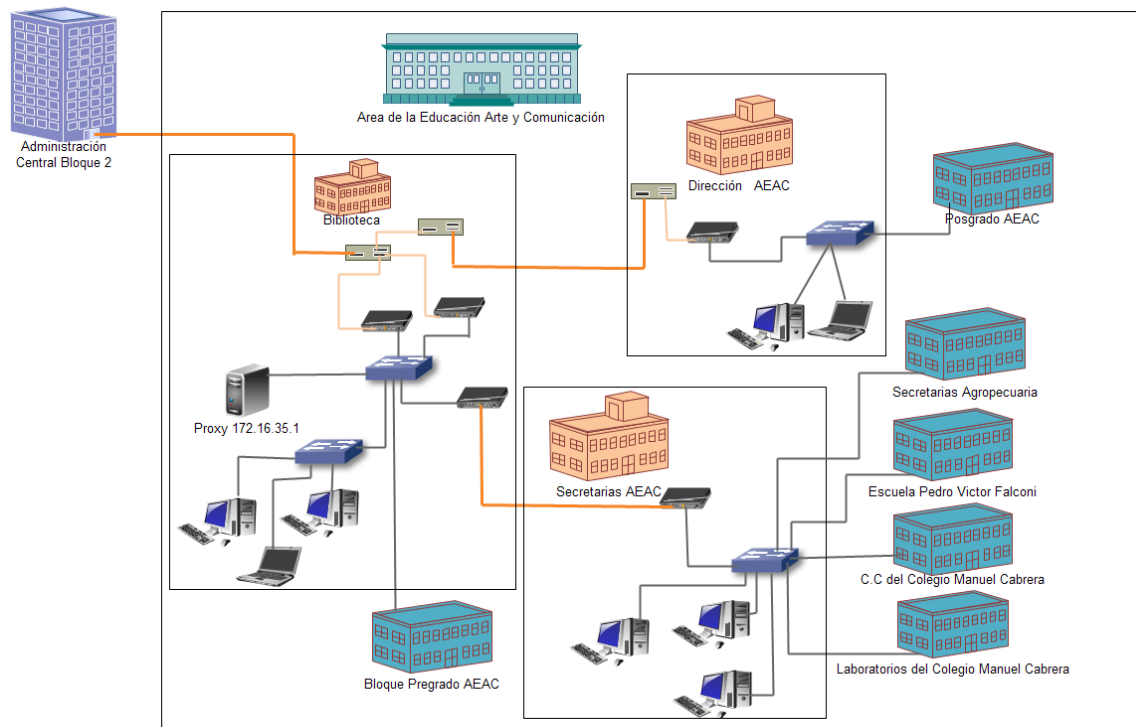


Figura 24. Distribución de los equipos de red en el área Educativa

### 1.8.3 Área Jurídica Social y Administrativa

La interconexión a esta área llega mediante fibra óptica la cual sale desde el edificio administración central previamente pasando por el área Educativa.

#### Equipos que se encuentran en la biblioteca de esta área.

Una caja multimedia donde llega la fibra óptica.

Un Transceiver D-Link def-855 enlazado a una caja multimedia al cual llega la fibra y de este a un switch D-Link 10/100 de 8 puertos.

Un switch D-Link 10/100 de 8 puertos conectado al servidor proxy del área.

Una antena Omnidireccional de 15 dB D-Link que permite conectarse inalámbricamente con el bloque de la dirección del área, el bloque de tutoría de docentes de la Presencial.

Un switch D-Link 10/100 DES-24D de 24 puertos para el acceso a la red entrelazado al switch de 8 puertos.

Servidor Proxy, que tiene instalado squid y dansguardian para el control de contenido.

Sistema Operativo Centos 5.4

Intel Pentium 4 CPU 3.26 GHz

Disco Duro 145 Gb

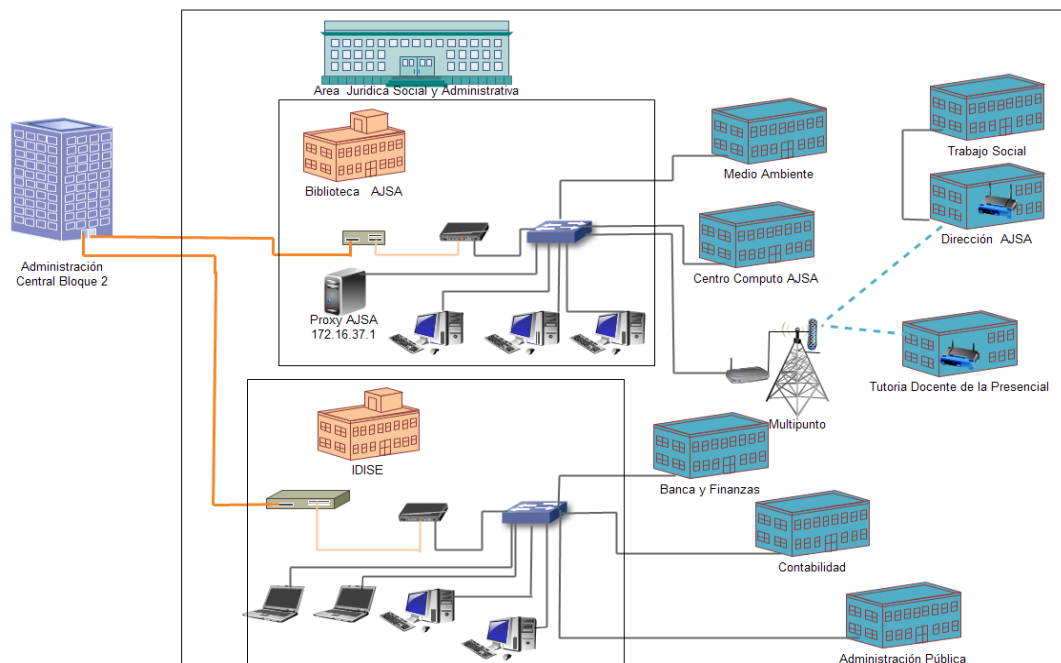


Figura 25. Distribución de los equipos de red en el área Jurídica

### 1.8.4 Área de la Energía la Industria y los Recursos Naturales Renovables (Agropecuaria)

La interconexión a esta área viene directo del edificio de Administración Central por medio de fibra óptica.

**Equipos que se encuentran en la biblioteca de esta área.**

Una caja multimedia donde llega la fibra óptica.

Un Transceiver MC 102XL enlazado a una caja multimedia al cual llega la fibra y de este a un switch D-Link de 24 puertos.

Un switch D-Link de 24 puertos conectado al servidor proxy del área.

Un Transceiver MC 102XL enlazado al primer 61ransaiver MC 102XL y a una caja multimedia al cual distribuye la fibra al bloque de la carrera de veterinaria a un pacht de fibra y de este a un Transceiver D-Link DME 300 SC.

Una antena Omnidireccional de 15 db D-Link que permite conectarse inalámbricamente con Posgrado, Forestal y Agropecuaria.

Servidor Proxy, que tiene instalado squid y dansguardian para el control de contenido.

Sistema Operativo Centos 5.4

Intel Pentium 4 CPU 3.26 GHz

Disco Duro 145 Gb

RAM 495 Mb

### Cinfa

Al CINFA se llega con una conexión de cable utp el cual sale del switch D-Link hacia otro switch D-Link de 24 puertos para conectarse a los host de los clientes

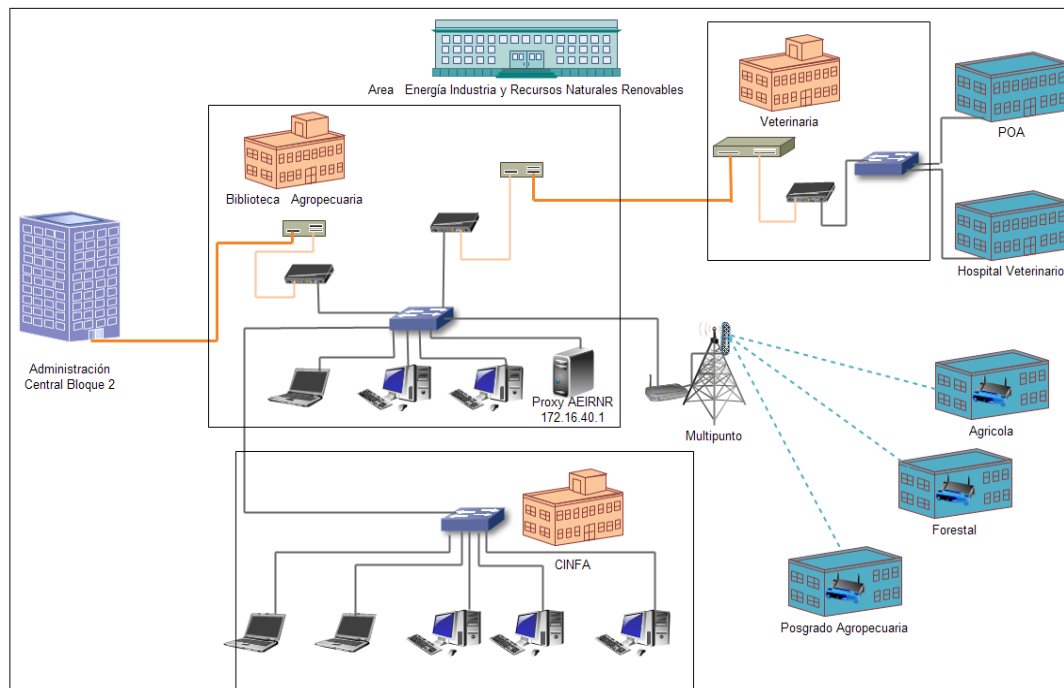


Figura 26. Distribución de los equipos de red en el área Agropecuaria



### **1.8.5 Área de la Energía la Industria y los Recursos Naturales no Renovables, Feue y Modalidad de Estudios a Distancia (MED)**

La conexión a esta área es por medio de fibra óptica, la cual parte del bloque de Administración central hasta llegar a un Laboratorio que se encuentra en la Dirección del área.

#### **Equipos que se encuentran en esta área.**

Transceiver D-Link DME 700 SC conectado a switch D-Link 24 puertos.

Pachet de fibra al cual llega la fibra óptica y del mismo salir a la MED y a Geología.

Dos switch D-Link de 24 puertos para la conectividad con los laboratorios.

Tres switch 3Com de 24 puertos para la conectividad con la fibra óptica, ubicados en los bloques de, Geología, Secretaria del área y la biblioteca respectivamente.

Servidor Proxy, que tiene instalado squid y dansguardian para el control de contenido.

Sistema Operativo Centos 5.4

Intel Pentium 4 CPU 2.40 GHz

Disco Duro 75 Gb

RAM 512 Mb

#### **FEUE**

La conexión es ADSL mediante línea telefónica.

Modem Cisco 673, a la cual llega la conexión ADSL.

Un switch Telesyn AT757 de 16 puertos.

Dos switch D-Link DES-1024D de 16 puertos conectados entre sí en cascada.

#### **MED**

Un Transceiver DME 300 SC al cual llega la fibra desde la dirección del área de la Energía.

Un switch de 16 puertos D-Link para el acceso a la red de datos.

Servidor Proxy, que tiene instalado squid y dansguardian para el control de contenido.

Sistema Operativo Centos 5.4

Intel Pentium 4 CPU 3.26 GHz

Disco Duro 145 Gb

RAM 495 Mb



Dos switch D-Link 10/100 de 24 puertos conectados en cascada para la distribución a los host, des de uno de estos switch la conexión a la carrera de Artes Plásticas mediante cable utp.

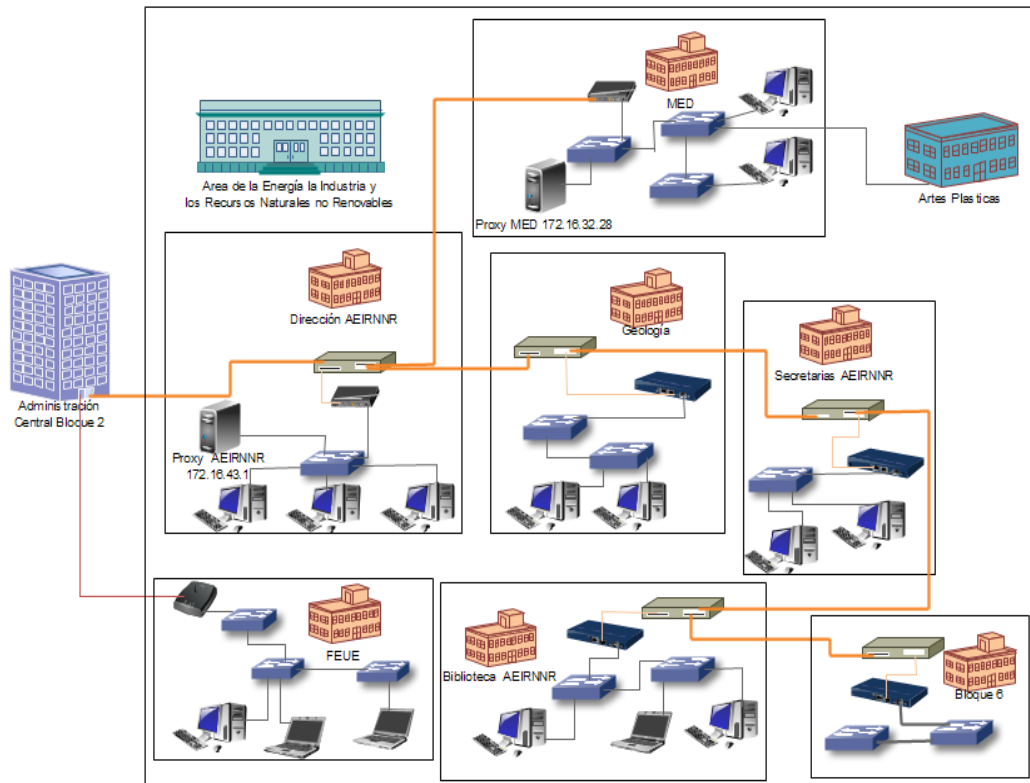


Figura 27. Distribución de los equipos de red en el área de la Energía.

Un radio Canopy que se conecta al radio de administración central inalámbricamente.

### 1.8. 6 Área de la Salud Humana

Un switch D-link de 16 puertos conectado al radio Canopy de salud.

Un radio Canopy multipunto que permiten la conectividad con el Instituto de Idiomas la Editorial Universitaria y Aps del internet domiciliario.

Servidor Proxy, que tiene instalado squid y dansguardian para el control de contenido.

Sistema Operativo Centos 5.4

Intel Core 2 Duo CPU 3.6 GHz

Disco Duro 225 Gb

RAM 2 Gb

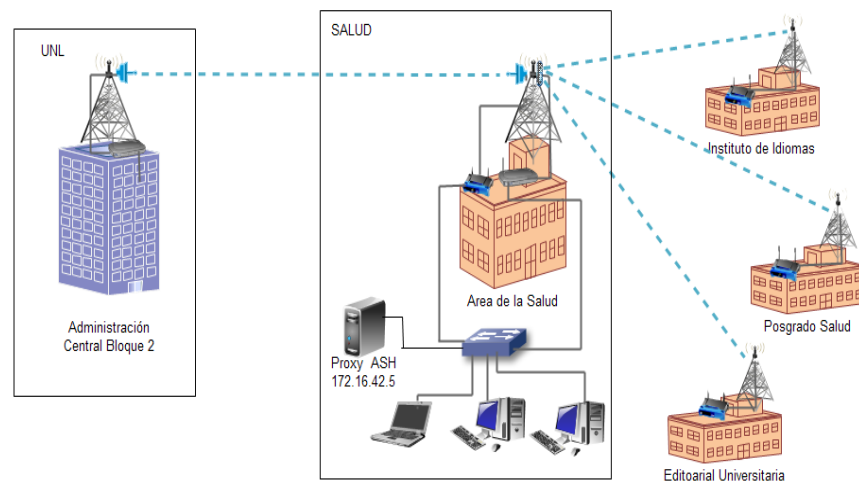


Figura 28. Distribución de los equipos de red en el área de la salud.

### 1.8.7 Bienestar Estudiantil

La conexión al Bloque de Bienestar Estudiantil es por medio de fibra óptica, el cual llega desde el bloque 2 de administración central.

Equipos que existen en este bloque.

Una caja multimedia a la cual llega la fibra óptica

Un Transaiver DMC 300 SC que se conecta a la caja multimedia y un switch.

Un switch D-Link de 24 puertos.

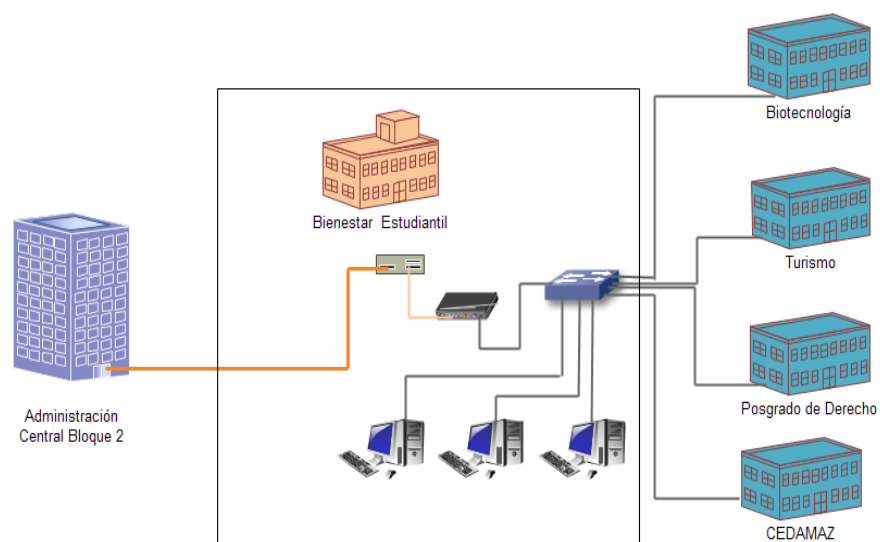


Figura 29. Distribución de los equipos en el bloque de Bienestar Estudiantil



## **1.9 DESCRIPCIÓN DEL BACKBONE DE LA UNL**

La Red de datos de la UNL cuenta con una columna vertebral de fibra óptica, este medio es el encargado de interconectar los edificios de la Universidad y soportar el tráfico de las aplicaciones y servicios que necesiten transportar información.

Al ser una red de área limitada no se necesita hacer uso de circuitos complejos y costosos, es por ello que este medio en un futuro permitirá manejar nuevos formatos de transmisión para aumentar la capacidad de ancho de banda así como los servicios y aplicaciones.

La tecnología con que trabaja la red actualmente permite velocidades de 10 Mbps y 100 Mbps, la cual no necesita repetidores o amplificadores intermedios, debido a que trabaja con las distancias necesarias para el campus universitario.

La interconexión de los varios edificios que existen en el campus universitario se realiza por medio de un backbone de campus, que utiliza fibra óptica multimodo del tipo 62.5/125 micrones ( $\mu\text{m}$ ) con y seis hilos de fibra con una cubierta buferizada en su mayoría ocupando dos hilos para la interconexión. Las distancias de transmisión de este tipo de fibra esta alrededor de los 1,604 km y se utilizan a diferentes velocidades: 10 Mbps, 100 Mbps. Cada terminación de fibra de cada edificio, distribuido en el campus universitario, que llega a su respectiva bandeja de fibra se encuentra empalmada con conectores del tipo ST, y estos a los Switch que poseen puertos de fibra.

Este cableado troncal es el que soporta todo el tráfico de información entre las áreas, y es así que se detalla un diagrama de localización y distribución de todo el backbone principal de fibra óptica implementado en la red de datos de la UNL.



### REDES INALAMBRICAS MALLADAS

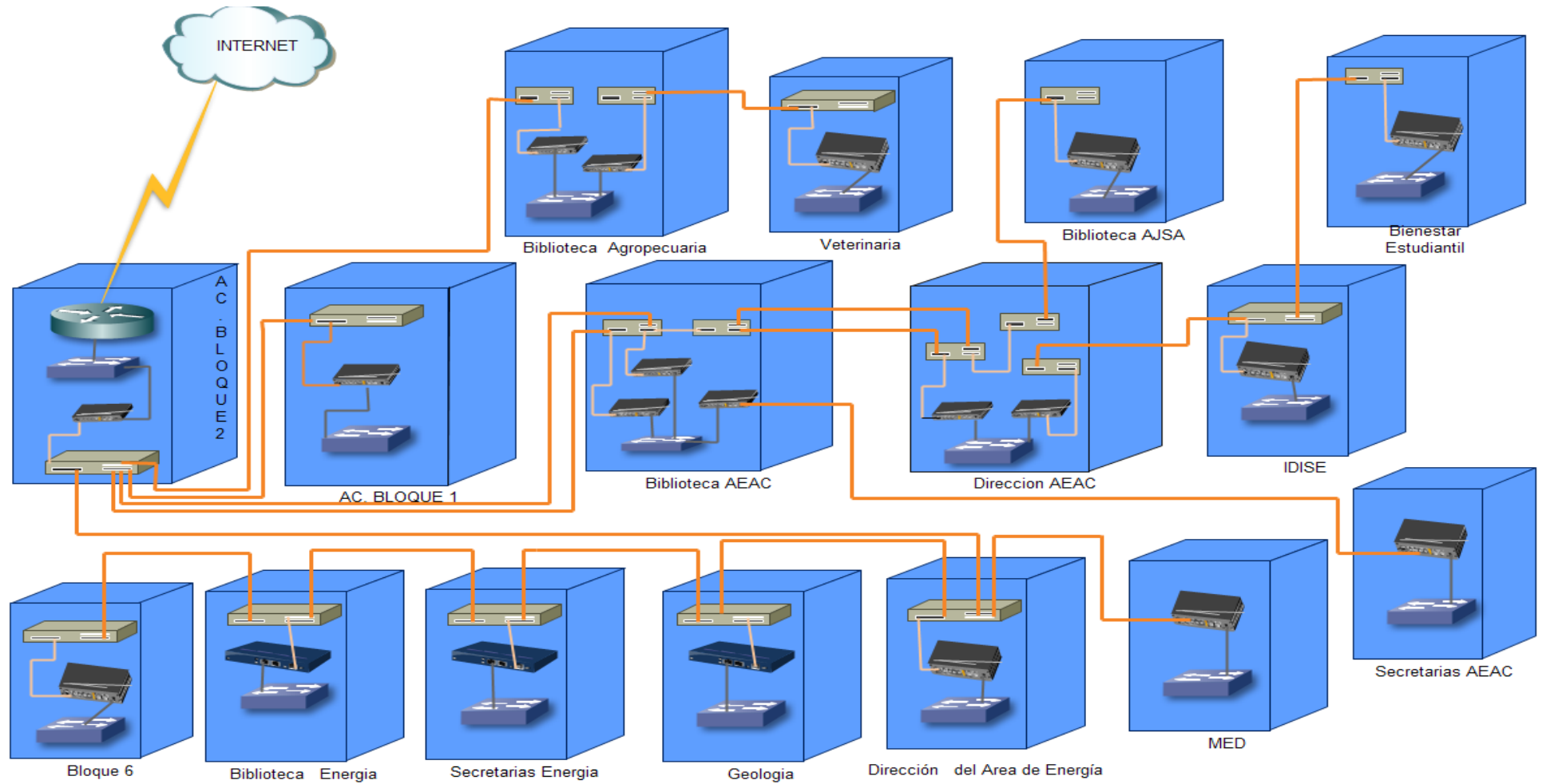


Figura 30. Backbone de Fibra Óptica en el campus de la Universidad



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

### **1.10. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE LA RED INALMBRICA.**

La realización de la red Inalámbrica, está basado en un esquema *Mesh* (mallado), debido a que estas redes presentan características tales como: redundancia, auto-reparables, tolerantes a fallos, mayor área de cobertura, administración más simple y eficiente, etc.

La arquitectura de la red inalámbrica, tiene como objetivo su implementación y de esta manera proveer a los usuarios el acceso a Internet, donde cada usuario podrá acceder a este servicio mediante un equipo inalámbrico portátil independientemente del lugar donde se encuentre, siempre y cuando esté dentro del área de cobertura de la red. Para lo cual se utilizará equipos y dispositivos que utilizan tecnología Wi-Fi, se pretende cubrir la mayor parte del área total del campus universitario.

Existen algunas consideraciones que se debe tener a la hora de conformar un esquema de implementación de un proveedor de internet inalámbrico:

- ❖ Calidad de Servicio
- ❖ Escalabilidad
- ❖ Seguridad
- ❖ Número de usuarios
- ❖ Disponibilidad de Ancho de Banda
- ❖ Tipo de aplicaciones
- ❖ Administración Centralizada
- ❖ Interoperabilidad
- ❖ Autenticación de usuarios

La propuesta tecnológica de las Redes Inalámbricas Malladas es pasar a tener redes *Wireless* en donde cada nodo sería como una especie de cliente emisor-repetidor de la red Wi-Fi, cada nodo se encuentra interconectado con los otros que estructuran la malla vía radio. Cada nodo dentro de la red mallada es capaz de tomar decisiones de trazado de rutas independiente de los demás nodos, es así que en una red inalámbrica mallada cada punto de conexión es un “nodo inteligente” interconectado.



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

### **1.10.1 TECNOLOGIA**

Para el presente análisis se ha optado por realizar un diseño de red mallada basada en el estándar 802.11n.

Lo que hace que se haya elegido este estándar es que toma algunas características de las tecnologías ya existentes y unas nuevas que le permiten mayor alcance y velocidad, se basa principalmente en el uso de varias antenas para transportar una mayor cantidad de datos en un mismo lapso tiempo, permite además el emparejamiento de canales , utilizando dos canales no superpuestos como si de uno se tratara con doble capacidad para transmitir datos a mayor velocidad, se puede conseguir un solo canal de 40MHz sumando el ancho de banda de dos canales de 20 MHz , esta tecnología con la que funciona el estándar 802.11n permite la agregación de paquetes lo cual consiste meter mas datos en cada paquete transmitido, obteniendo con esto mayores ventajas sobre las tecnologías existentes

Además este estándar permite trabajar simultáneamente en las bandas de 2,4 y 5 GHz lo que duplica el ancho de banda, se puede configurar la red para manejar la transmisión de juegos, música o video en la banda de 5 GHz que tiene menor tráfico, y utilizar la banda de 2,4 GHz para actividades como el correo electrónico y la transferencia de datos.

De tal modo que al utilizar esta tecnología los equipos y dispositivos que soporten las frecuencias de 2,4 y 5 GHz presentan las siguientes ventajas al momento de operar.

- No se necesita licencia por uso del espectro radioeléctrico.
- Se integra rápidamente a las redes cableadas existentes.
- El estándar 802.11n es compatible hacia atrás con el estándar 802.11b, y 802.11g
- El estándar 802.11n en la banda de 5.8 GHz es prácticamente libre de interferencias.
- Tanto el estándar 802.11n, b y g permiten los enlaces de comunicación de los usuarios finales.



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

### **1.10.2 Calidad de Servicio (QoS)**

Para poder implementar el diseño del ISP Inalámbrico con QoS (Calidad de Servicio), los equipos que serán utilizados deberán cumplir varias condiciones:

- Los Access Points deben estar certificados para QoS y además, deben tener esta función activada.
- Los clientes también deben tener activada la opción de QoS y estar certificados al respecto.
- Las aplicaciones deben soportar QoS y deben saber asignar los niveles de prioridades que permite el estándar 802.11e al tráfico que ellas genera.

### **1.11 Modelo de Red (Jerarquía)**

El diseño de la Red Inalámbrica Unificada de la UNL se encuentra estructurado en diferentes niveles lo que permite que la arquitectura sea escalable, con un alto rendimiento e integridad con todos los componentes, cada nivel describe las características de comportamiento presentes en el diseño y divide a la red Mallada, además donde los encargados serán responsables de transformar o poder configurarla para permitir la escalabilidad, redundancia, e incremento de usuarios en la red, con fácil detección de errores y la adaptación a cambios tecnológicos.

#### **a. Primer Nivel**

Este nivel ofrecerá una conexión más rápida posible entre los puntos de distribución, y consta de un ruteador principal actualmente se cuenta con un enlace de fibra óptica el mismo que provee la conectividad entre el exterior y la red interna de la Universidad.

#### **b. Segundo Nivel**

En este nivel se encuentra la capa *core* o principal la cual se encarga de dirigir el tráfico de datos lo más rápidamente posible hacia cada uno de los servicios de red; se recomienda adquirir equipos *Cisco Catalyst 4500* (conmutación a nivel de capa 3 del



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

modelo OSI) que cumplen esta funcionalidad. Esta capa se encarga de segmentar los dominios de colisión y *broadcast* para evitar congestiones en el *backbone* de la red.

### **c. Tercer Nivel**

La funcionalidad de este nivel es la administración, gestión y monitoreo de la Red Inalámbrica Unificada mediante los dispositivos WLC y WCS; además este nivel contempla la seguridad de la red inalámbrica mediante el servidor RADIUS en una arquitectura 802.1X.

Cabe mencionar que el WLC administra los recursos de radio frecuencia de todos los Puntos de Acceso conectados, permite el monitoreo y gestión de la red inalámbrica mediante reportes detallados de uso de espectro, niveles de potencia, usuarios inalámbricos conectados, rendimiento de cada Punto de Acceso, etc. Que simplifican la administración y permiten una mejor respuesta del administrador de la red ante problemas e inconvenientes.

### **d. Cuarto Nivel**

La capa de distribución utiliza equipos de conmutación a nivel de capa 2 del modelo OSI, se disponen en su mayoría se trata de switch D'Link de 24 y 48 puertos, que sirven como punto de concentración para acceder a cada uno de los servicios de red.

### **e. Quinto Nivel**

La capa de acceso conecta al usuario inalámbrico directamente con la red, esta funcionalidad la cumple los Puntos de Acceso con soporte de LWAPP. En cada área se tiene un número determinado de Puntos de Acceso dependiendo de la capacidad de datos total a ser utilizada así como el número de usuarios inalámbricos.

Los Puntos de Acceso forman micro-celdas las cuales proporcionan áreas de cobertura definidas y permiten acceder a servicios y aplicaciones soportados por la red inalámbrica *Wi-Fi*.



**f. Sexto Nivel**

Este nivel está conformado por todos los dispositivos *Wi-Fi*, medio por el cual cada usuario accede a las aplicaciones y servicios proporcionados por la red inalámbrica. Es importante señalar que estos dispositivos deben ser compatibles con la arquitectura de seguridad inalámbrica a ser diseñada y poseer el mayor nivel de receptibilidad de radio frecuencia posible.

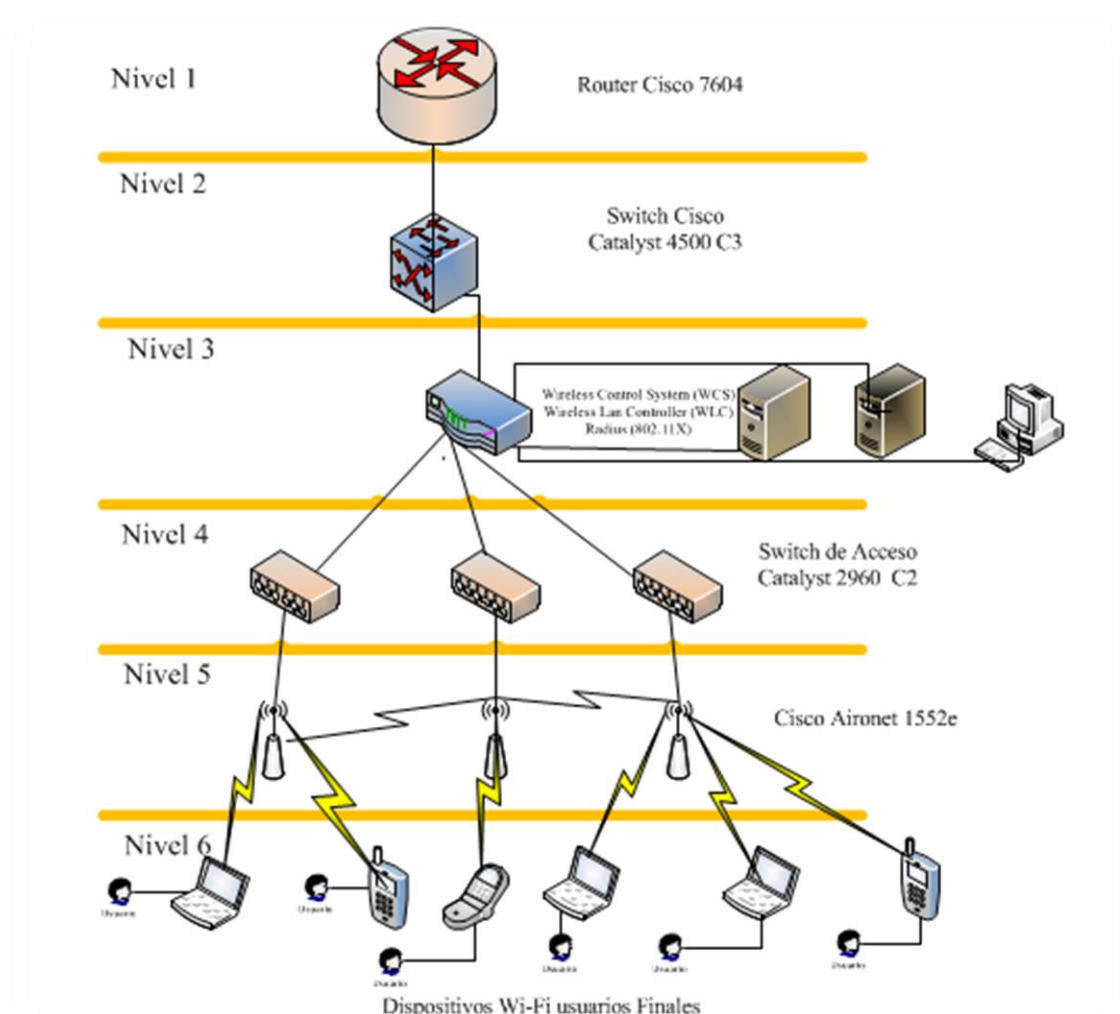


Figura 31. Modelo Jerárquico de red Inalámbrica Unificada para la UNL



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

### **1.12 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED INALAMBRICA**

Un punto importante en el diseño de la red Inalámbrica para la UNL, es el dimensionamiento de la misma para una capacidad máxima que debe cumplir en un tiempo mediano.

Para así poder seleccionar los equipos a ser instalados y configurados de acuerdo a los requerimientos que debe poseer la red a implementar.

#### **1.12.1 Densidad de usuarios de la UNL**

El número de estudiantes que se encuentran distribuidos en las diferentes áreas que posee la Universidad, así como también el número de trabajadores administrativos y docentes de la misma, servirán para estimar el número de usuarios posibles de la red. La ubicación de cada usuario es opcional, ya que la red a implementarse, pretende una cobertura en todo el campus universitario.

El número de estudiantes distribuidos actualmente en el Campus Universitario corresponde al total de alumnos durante un período académico (un año lectivo), donde se realizó una actualización de datos del período 2010-2011, y se comprobó que las cifras estadísticas de estudiantes a tomar se las realiza por oferta académica ofrecida en la Universidad.

Es así que según el Sistema de Gestión Académica de la Universidad Nacional de Loja tiene estadísticas semestrales es decir por oferta académica en lo referente al número de estudiantes matriculados.

Se detalla en las siguientes tablas el total de estudiantes y docentes, y el número de administrativos y empleados distribuidos en el campus de la Universidad Nacional de Loja lo cual ha sido de gran utilidad para poder realizar la encuesta la misma que ha servido para determinar ciertos parámetros necesarios para poder hacer el dimensionamiento de los usuarios de la red inalámbrica.



### REDES INALAMBRICAS MALLADAS

Lugar / Área	Estudiantes	Docentes	Total Personal
Agropecuaria y RR.NN Renovables	652	123	775
La Educación el Arte y la Comunicación	2734	195	2929
Energía y RR.NN No Renovables	1014	59	1073
Jurídica, Social y Administrativa	4995	272	5267
La Salud Humana	1884	137	2021
Elaborado por: Diego Mendoza			
Fuente: Sistema de Gestión Académico (SGA)			

Tabla 14. Número de Estudiantes y Docentes por Área

Personal	Nombramiento	Contratado	Total
Administrativos	446	196	642
Trabajadores	71	71	142
Elaborado por: Diego Mendoza			
Fuente: Departamento de Recursos Humanos			

Tabla 15.: Numero de Personal Administrativos y Trabajadores

#### 1.12.2 Determinación de la Demanda

Para la proyección de crecimiento en la demanda de usuarios, se empleará la ecuación de crecimiento geométrico; la cuál es la siguiente:

$$Cf = Ci * (1 + C)^n \text{ [Ec. 1]}$$

**Donde**

$C_f$  = Capacidad final dentro de  $n$  años

$C_i$  = Capacidad inicial

$X$  = Tasa de crecimiento anual promedio

$n$  = Número en años

Para calcular la tasa de crecimiento ( $X$ ), se despeja la ecuación 1, de donde se obtiene:

$$X = \left( \frac{C_f}{C_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad \text{[Ec.2]}$$

La siguiente figura muestra la serie histórica del número de estudiantes matriculados durante cinco años consecutivos, los cuales se ajustan de acuerdo a una función Potencial de crecimiento (como modelo de predicción primario).

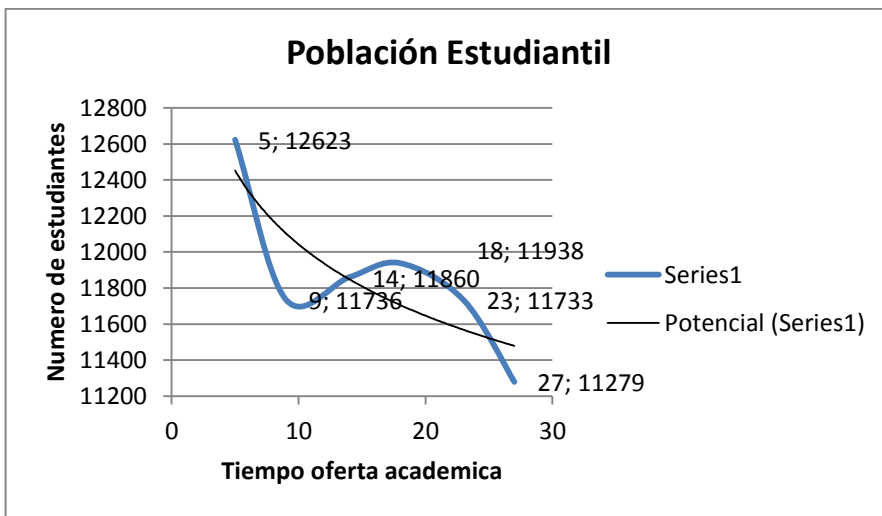


Figura 32. Ajuste potencial, para la población Estudiantil



## *REDES INALAMBRICAS MALLADAS*

Remplazando valores de la figura de Población Estudiantil y de acuerdo a la ecuación 2 se obtiene que:

$$x = \left( \frac{11279}{12623} \right)^{1/3} - 1$$

$$x = -0.036$$

$$x = -3.6\%$$

De acuerdo al resultado anterior, se puede decir que no ha existido crecimiento en la población estudiantil esto de acuerdo a las series obtenidas para realizar las proyecciones, para este caso un ajuste ideal para la proyección a 5 años ha sido mediante un ajuste de regresión Potencial para lo cual tenemos la siguiente ecuación.

$$y = a \cdot (x)^b \quad [\text{Ec3.}] \quad (\text{Ecuación correspondiente al ajuste exponencial})$$

Remplazando los valores en la ecuación tres tenemos

$x = 5$  años (10 periodos de seis meses)

$$y = 12478.6274 (5)^{(-0.0468)}$$

$$x = 11204$$

La proyección nos muestra dentro de cinco años la Universidad Nacional de Loja, tendrá una población de 11204 estudiantes aproximadamente.

La siguiente figura muestra la proyección de Empleados de la Universidad Nacional de Loja, durante cuatro periodos consecutivos, para la cual se ha hecho un ajuste ideal mediante regresión Potencial.

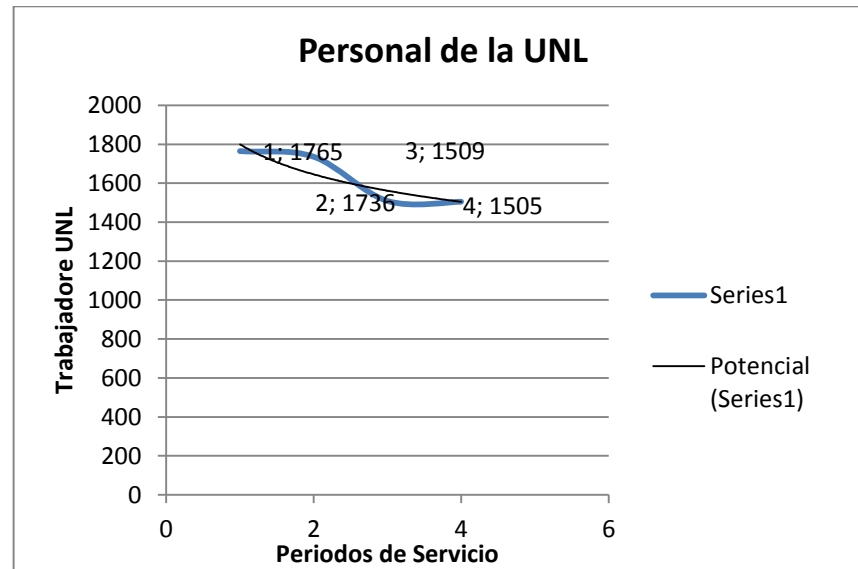


Figura 33. Ajuste Potencial de Personal de la UNL

Remplazando valores de la figura de Personal de la UNL y de acuerdo a la ecuación 2 se obtiene que:

$$x = \left( \frac{1765}{1505} \right)^{1/2} - 1$$

$$x = -0.082$$

$$x = -8.29\%$$

De acuerdo al resultado anterior, se puede decir que no ha existido una tasa de crecimiento en la población de empleados y trabajadores de acuerdo a las series obtenidas para realizar las proyecciones, para este caso un ajuste ideal para la proyección a 5 años ha sido mediante un ajuste de regresión .

$$y = a \cdot (x)^{(b)}$$

Remplazando los valores en la ecuación tres tenemos:

x= 5 años (10 periodos de seis meses)

y =1800.0074(x)\*(-0,1294)

x=1472



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

La proyección nos muestra que dentro de cinco años la Universidad Nacional de Loja, tendrá una población de 1472 empleados.

Se realizó un análisis del número usuarios que podrían tener acceso a la red en una estimación de cada diez estudiantes por lo menos siete poseen un dispositivo inalámbrico, es un resultado que se pudo determinar de acuerdo a la penetración de acceso a dispositivos de esta clase en el sector estudiantil. Y en cambio se tiene un alcance en el sector administrativo y docente del 62%, según la encuesta realizada.

### **1.12.2.1 Sector Estudiantil**

Para estimar el número de usuarios con acceso al sistema Inalámbrico Mallado de la Universidad, se tomará en cuenta el porcentaje de estudiantes que tendrían acceso a un dispositivo inalámbrico para lo cual se ha tomado los porcentajes de acuerdo a las encuestas aplicadas a cada área y tomando la fracción muestral que les corresponde respectivamente.(ver Anexo 1)<sup>25</sup> finalmente la estimación de la capacidad de usuarios del servicio sería de acuerdo al valor del porcentaje de usuarios que en la encuesta contestaron que si hacen uso del internet inalámbrico que ofrece la Universidad se ha tomado así ya que no existen estadísticas para poder obtener un valor específico del uso de Internet Inalámbrico.

<b>Lugar/área</b>	<b>Numero Estudiantes</b>	<b>Estudiantes poseen dispositivo inalámbrico</b>	<b>Estudiantes con acceso a la red Inalámbrica Mallada</b>
Educativa	2734	1613	1048
Agropecuaria	652	372	264
Jurídica	4995	3696	2439
Energía	1014	740	540
Salud	1884	471	165
Elaborado por: Diego Mendoza			

Tabla 16. Estudiantes con acceso a la Red Inalámbrica en la UNL

<sup>25</sup> Encuestas aplicadas al personal de la Universidad.



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

### 1.12.2.2 Sector Administrativo y Docente

Para conseguir una posible estimación del número de usuarios del personal administrativo y docente, se tomará el porcentaje de personas que tienen un equipo portátil .Y además el porcentaje total de personas que contestaron la pregunta cuatro que si hacen uso del internet inalámbrico.

Lugar/Área	Personal Adm. /Docente	Personal posee dispositivo inalámbrico	Personal con acceso a la red Inalámbrica
Educativa	195	120	74
Agropecuaria	123	76	47
Jurídica	272	169	105
Energía	59	37	23
Salud	137	89	55
Administrativos	784	486	301
Elaborado por: Diego Mendoza			

Tabla 17. Administrativo, Docentes y Trabajadores con acceso a la red Malla

Lugar/Área	Estudiantes	Adm. Docentes	Total de Personas con acceso a la Red
Educativa	1048	74	1122
Agropecuaria	264	47	311
Jurídica	2439	105	2544
Energía	540	23	563
Salud	165	55	220
Administrativos		301	301
Elaborado por: Diego Mendoza			

Tabla 18. Total de usuarios con acceso a la red inalámbrica.

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinará el ancho de banda necesario para poder dimensionar la red, se procederá a brindar como mínimo un ancho de banda de 128 Kbps a cada usuario del personal administrativo y docente; ya que son los usuarios que tienen privilegios actualmente para la navegación. A los usuarios estudiantiles se les proporcionará una capacidad de 32 Kbps de ancho de banda debido a que lo que más utilizan es navegación, estos valores son tentativos.



### 1.13 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD.

Para el análisis de rendimiento y disponibilidad se tomará en cuenta la cantidad de usuarios potenciales que se podría tener y con esto, dimensionar el número de Access Point y su ubicación dentro del área a cubrir.

#### 1.13.1 Áreas a cubrir

##### Sector 1.

En este sector se ubica el área con mayor incidencia estudiantil y docente, se encuentran cuatro de las cinco áreas que forman parte de la Universidad Nacional de Loja, además se ha tomado en cuenta la parte del estadio, en su mayoría tiene muchas construcciones de edificios así como también en bastantes arboles los cuales son parte incidente en el desempeño de la red inalámbrica.



Figura 34. Campus Universitario UNL, Sector la Argelia

## **Sector 2.**

Este sector está comprendido por el Área de la Salud Humana, y el Instituto de Idiomas correspondiente al área Educativa, la cantidad de usuarios en su mayoría se concentra el Área de la Salud, este sector en su mayoría está libre de árboles pero con algunas construcciones de edificios en su mayoría de mediana medida.



Figura 35. Área de la Salud Humana e Idiomas, Sector Centro de la Ciudad (Celi Román)

### **1.13.2 Análisis del entorno**

Para realizar el análisis del entorno se tomarán muestras de redes cercanas al campus de la UNL, niveles de señal y canales usados. Esto permitirá posteriormente decidir qué canales usar para implementar la red y no interferir con otras redes cercanas.

En el proceso de recolección de datos se utilizará el programa Xirrus Wi-Fi Inspector, que muestra las redes cercanas y sus niveles de “señal a ruido”.

Para lograr este cometido se utilizó una Pc portátil con su tarjeta de red inalámbrica integrada (Intel® Centrino® Wireless-N 1030) la misma que nos permitió ejecutar el



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

programa y poder realizar el sondeo de las redes, también se procedió a hacer pruebas con un adaptador USB Wireless Linksys, pudiendo obtener los resultados esperados con los dos adaptadores inalámbricos.

### 1.13.2.1 Redes cercanas

Existen varias redes cercanas que se hallan con niveles de potencia bajos y que todas se encuentran trabajando en modo infraestructura (ESS), cabe destacar que las que tienen nivel de potencia alto son las que pertenecen a la Universidad, las mismas que serán remplazadas con la implementación de la red Mesh Wireless.

### 1.13.2.2 Redes en modo infraestructura

En la Figura 36 se aprecia una lista de redes que se encuentran trabajando en modo infraestructura. Se encontró siete redes alrededor del sector a cubrir. Entre las redes encontradas en su mayoría son redes domésticas y redes de locales comerciales que ofrecen el servicio de internet inalámbrico a sus clientes, además se pudo apreciar que la red con mayor nivel de señal es Megabar, ya que el resto de redes con mayor señal pertenecen a la red de la Universidad.

SSID	Signal (dBm)	Network M...	Default Enc...	Default Auth	Vendor	BSSID	Channel	Frequency	Network Type	Graph
Adapter Name ▲ <span style="float: right;">Right click on SSID name to Locate</span>										
Adapter Name: Intel(R) Centrino(R) Wireless-N 1030										
SIInformatica	-33	802.11g	AES-CCMP	WPA2/PSK	D-Link	00:1C:F0:A8:2A:9	9	2452	Access Point	
prestadito_nd	-62	802.11g	TKIP	WPA/PSK	D-Link	00:1C:F0:A8:2A:10	10	2457	Access Point	
apac	-67	802.11g	TKIP	WPA/PSK	Cisco-Linksys	00:1D:7E:0A:44:3	3	2422	Access Point	
SIMoodle	-81	802.11g	WEP	Open	Cisco-Linksys	00:1A:70:AA:36:11	11	2462	Access Point	
MEGABAR KL	-81	802.11b	None	Open	Abocom	00:12:0E:52:26:f	11	2462	Access Point	
UArgelia	-82	802.11g	WEP	Open	Cisco-Linksys	00:1C:10:0D:89:4	4	2427	Access Point	
<Non-broadc	-84	802.11g	TKIP	WPA/PSK	Epigram	00:90:4C:91:00:1	3	2422	Access Point	
Nettplus Wi-F	-86	802.11g	None	Open	Ubiquiti	00:15:6D:AB:47:1	1	2412	Access Point	
MultiAgro	-87	802.11g	WEP	Open	D-Link	00:1E:58:9B:0A:1	5	2432	Access Point	
TROPA	-89	802.11g	WEP	Open	Abocom	00:12:0E:51:D7:1	1	2412	Access Point	
Úcristorey	-89	802.11b	None	Open	Unknown	0A:97:30:4C:80:9	9	2452	Independent	

Figura 36. Sondeo redes en modo infraestructura

### 1.13.2.3 Canales Usados

En la Figura 47 se apreciar que los canales más usados son el 1, 10, 11 principalmente porque existen tres redes trabajando en las mismas condiciones. Además recordemos que para evitar la interferencia entre redes es necesario colocar en los canales 4, 5, 6 que se encuentra disponibles.

Adapter Name	SSID	Signal (dBm)	Network M...	Default Enc...	Default Auth	Vendor	BSSID	Channel	Frequency	Network Type	Graph
Adapter Name: Intel(R) Centrino(R) Wireless-N 1030											
	MEGABAR(KL)	-71	802.11b	None	Open	Abocom	00:12:0E:52:26:01	11	2462	Access Point	
	prestadito_no	-71	802.11g	TKIP	WPA/PSK	D-Link	00:1C:F0:A8:2A:01	10	2457	Access Point	
	apac	-72	802.11g	TKIP	WPA/PSK	Cisco-Linksys	00:1D:7E:0A:44:03	3	2422	Access Point	
	network	-74	802.11n	WEP	Open	TRENDnet	00:14:01:CD:16:00	10	2457	Access Point	
	NETPLUS IN	-76	802.11n	AES-CCMP	WPA2/PSK	Unknown	34:08:04:D5:7A:00	5	2437	Access Point	
	Netplus Wi-F	-77	802.11g	None	Open	Ubiquiti	00:15:6D:AB:47:00	1	2412	Access Point	
	UArgelia	-79	802.11g	WEP	Open	Cisco-Linksys	00:1C:10:00:89:04	4	2427	Access Point	
	rosales	-83	802.11g	WEP	Open	D-Link	00:1C:F0:CD:4A:00	6	2437	Access Point	
	SIHardware	-83	802.11g	None	Open	D-Link	00:13:46:97:00:01	10	2457	Access Point	
	<Non-broadc	-85	802.11g	TKIP	WPA/PSK	Epigram	00:90:4C:91:00:03	3	2422	Access Point	
	SIInformatica	-86	802.11g	AES-CCMP	WPA2/PSK	D-Link	00:1C:F0:A8:2A:00	9	2452	Access Point	
	malandro	-88	802.11g	WEP	Open	Routerboardcom	00:0C:42:39:1C:02	2	2417	Access Point	
	SIAdminCerb	-90	802.11g	None	Open	D-Link	00:1C:F0:A8:2C:00	2	2417	Access Point	

Figura 37. Sondeo de canales

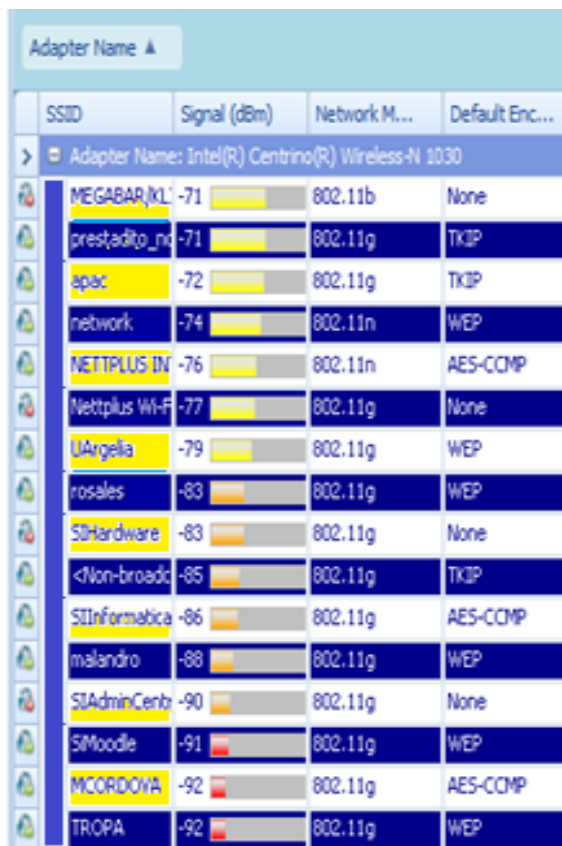
### 1.13.2.4 Niveles de Señal

Las redes encontradas en el sector de la Ciudadela Guillermo Falconí Espinoza llegan a un número de 10, con niveles de señal apreciables para la antena receptora del equipo de prueba. Entre las redes más significativas son la red “Megabar” y “NetPlus”, que tienen un nivel de señal relativamente alto, pero que no representa niveles de interferencia como para degradar la calidad de señal de una red que se implemente en el campus Universitario.



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

Con respecto al sector dos que corresponde al área de la salud Humana tenemos que en su mayoría las redes que existen son de la parte domiciliaria, siendo una de las más utilizadas la Red “FASTBOY de CNT”



Adapter Name	SSID	Signal (dBm)	Network M...	Default Enc...
Adapter Name: Intel(R) Centrino(R) Wireless-N 1030				
	MEGABAR(XL)	-71	802.11b	None
	prestado_no	-71	802.11g	TKIP
	apoc	-72	802.11g	TKIP
	network	-74	802.11n	WEP
	NETPLUS IN	-76	802.11n	AES-COMP
	Netplus W-F	-77	802.11g	None
	UArgelia	-79	802.11g	WEP
	rosales	-83	802.11g	WEP
	SIHardware	-83	802.11g	None
	<Non-broadc	-85	802.11g	TKIP
	SIInformatica	-86	802.11g	AES-COMP
	malandro	-88	802.11g	WEP
	SIAdminCent	-90	802.11g	None
	SI Moodle	-91	802.11g	WEP
	MCORDORA	-92	802.11g	AES-COMP
	TROPA	-92	802.11g	WEP

Figura 38. Señal de las Redes que actualmente se encuentran Instaladas.

### 1.13.2.5 Análisis de Seguridad

Actualmente se puede observar redes funcionando solo con clave WEP o WPA, sin ningún método de seguridad para facilitar el acceso al servicio. Según los resultados arrojados por el software se determinó que existen un notable número de redes sin ninguna seguridad.

La seguridad en la mayoría de las Redes encontradas corresponde a la parte de asociación entre el cliente y el punto de acceso, ya que en cuanto a encriptación de datos que se envían a través de estos no disponen de seguridad, teniendo como consecuencia



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

comprometida la información que envían los usuarios, y poniendo en riesgo la integridad de los datos ya que estos pueden ser capturados por personas dedicadas a hacer malas prácticas con los datos que circulan por estas redes, por lo tanto no le prestan ninguna garantía a los usuarios .

## F2.- SEGUNDA FASE

### 2. DISEÑO DE LA RED MESH INALÁMBRICA

La propuesta de diseño de la red inalámbrica para la Universidad Nacional de Loja está relacionada con la consolidación de los recursos de control, administración, seguridad y monitoreo de los dispositivos que interactúan en la red Inalámbrica de una forma centralizada. Se pretende implementar una solución unificada que brinda Cisco, y que permite un mejor desarrollo, funcionamiento y despliegue.

#### 2.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA LA RED INALAMBRICA

Para la implementación del diseño de la Red Inalámbrica, se describen equipos basados en el estándar 802.11n, los mismos que permitan una estructura y una configuración mallada. Y así permitir una mayor cobertura del sistema cuando se desee brindar los servicios de Internet a usuarios internos al campus universitario.

##### 2.1.1 Comparación de alternativas de puntos de acceso mesh

Especificación	Cisco	Motorola	3Com
Modelo	Aironet 1552e	Motorola 7181	3com 9550
Estándares	IEEE 802.11 a/b/g/n	IEEE.802 .11 b/g/n	IEE 802.11 a/b/g/n
Tipo de Dispositivo	Punto de acceso inalámbrico externo	Punto de acceso inalámbrico externo	Punto de acceso inalámbrico
Velocidades	<b>802.11a</b> 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps <b>802.11b</b> 1, 2, 5.5, y 11 Mbps	<b>• 802.11b</b> 1, 2, 5.5, y 11 Mbps <b>• 802.11g</b>	<b>802.11a</b> 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps <b>• 802.11b</b> 1, 2, 5.5, y 11 Mbps



**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>802.11g</b> 1, 2, 5.5, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps</li> <li><b>802.11n</b> 300 Mbps (velocidades teóricas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>802.11n</b> 300Mbps (velocidades teóricas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>802.11g</b> 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps</li> <li><b>802.11n</b> MCS 0-15 de HT20MHz, 6,5 hasta 130 Mbps MCS 0-15 de HT40MHz, 13,5 hasta 270 Mbps</li> </ul>
Potencia de Transmisión	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>2,4 GHz</b></li> <li>• 802.11b (CCK)</li> <li>• 28 dBm con 2 antenas</li> <li>• 802.11g (no el modo HT duplicado)</li> <li>• 28 dBm con 2 antenas</li> <li>• 802.11n (HT20)</li> <li>• 28 dBm con 2 antenas</li> <li><b>5 GHz</b></li> <li>• 802.11a</li> <li>• 28 dBm con 2 antenas</li> <li>• 802.11n no HT duplicado (802.11a duplicado) el modo de</li> <li>• 28 dBm con 2 antenas</li> <li>• 802.11n (HT20)</li> <li>• 27 dBm con 2 antenas</li> <li>• 802.11n (HT40)</li> <li>• 27 dBm con 2 antenas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>2,4 GHz</b> 36 dBm</li> <li><b>5 GHz</b> 32 dBm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>802.11a</b> 6 to 36 Mbps: 21 dBm 48 Mbps: 19 dBm 54 Mbps: 17dBm</li> <li>• <b>802.11b</b> 23 dBm</li> <li>• <b>802.11g</b> 6 a 24 Mbps: 23dBm 36 Mbps: 22 dBm 48 Mbps: 20 dBm 54 Mbps: 19 dBm</li> <li><b>2,4GHz n</b> 28 dBm</li> <li><b>5 GHz n</b> 26dBm</li> </ul>
Sensibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>802.11b</b> -101 DBm a 1 Mb / s -98 DBm a 2 Mb / s -92 DBm @ 5.5 Mb / s -89 DBm a 11 Mb / s</li> <li>• <b>802.11g</b> -94 DBm @ 6 Mb / s ..... -79 DBm a 48 Mb / s -78 DBm a 54 Mb / s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>802.11g</b> 2.4 GHz: -78 dBm @ 54 Mbps a -89 dBm @ 6 Mbps</li> <li>• <b>802.11n</b> 2.4 GHz: -70 dBm @ MCS 15 a -80 dBm @ MCS0</li> <li>• <b>802.11a</b> 5.x GHz: -72 dBm @ 54 Mbps a -89 dBm @ 6 Mbps</li> <li>• <b>802.11n</b> 5.x GHz: -63 dBm @ MCS15</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>802.11a</b> 6 Mbps: -91 dBm 12 Mbps: -88 dBm 18 Mbps: -87 dBm 24 Mbps: -82 dBm 36 Mbps: -79 dBm 48 Mbps: -74 dBm 54 Mbps: -71 dBm</li> <li>• <b>802.11b</b> 1 Mbps: -94 dBm 2 Mbps: -92 dBm 5.5 Mbps: -90 dBm 11 Mbps: -85 dBm</li> </ul>



**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

	<p><b>802.11a</b> -92 DBm @ 6 Mb / s ..... -77 DBm a 48 Mb / s -76 DBm a 54 Mb / s <b>802.11n 2,4 GHz</b> -93 DBm @ MCS0 -91dBm @ MCS1 -89dBm @ MCS2 ..... 5-GHz 802.11n (HT20) -92 DBm @ MCS0 -89 DBm @ MCS1 -87 DBm @ MCS2 ..... 5GHz 802.11n (HT40) -89 DBm @ MCS0 -86 DBm @ MCS1 -84 DBm @ MCS2</p>	a -88 dBm @ MCS0	<p><b>•802.11g</b> 6 Mbps: -90 dBm 12 Mbps: -88 dBm 18 Mbps: -86 dBm 24 Mbps: -83 dBm 36 Mbps: -79 dBm 54 Mbps: -72 dBm</p>
Soporte de antena externa	SI	NO	SI
Modo de operación	Bridge y Access Point	Access Point	Bridge y Access Point
Banda de Frecuencia	<p><b>•802.11 b/g/n</b> 2,401 a 2,4835 GHz  <b>• 802.11 a/n</b> 5,470 a 5,725 GHz 5745 a 5825 MHz</p>	<p><b>•802.11 b/g/n</b> 2.4 - 2.462 GHz  <b>•802.11 a/n</b> 5.470 - 5.865 GHz</p>	<p><b>•802.11<sup>a</sup></b> 5,15 a 5,85 GHz  <b>•802.11b / g</b> 2,4 a 2,484 GHz  <b>•802.11n</b> 2.4 a 2,484 GHz, y 5.15-5.85 GHz</p>
Algoritmo de Cifrado	AES , LEAP , PEAP , TKIP , TLS , TTLS , WPA , WPA2	WEP, AES-CCM,TKIP	WEP cifrado 64-/128-bit
Modulación	Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia (OFDM) y DSSS	Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia (OFDM) • (BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM) • 802.11b – DSS (BPSK, QPSK, CCK)	802.11b: DSSS (Direct Spread Spectrum) 802.11a/g/n: OFDM y DSSS
Método Autenticación	Aautenticación 802.1X,		EEE 802.1X EAP tipos: EAP-TLS, EAP-TTLS,





## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

	incluido el Protocolo de autenticación extensible protegido y EAP (EAP-PEAP), EAP transporte Lauer Seguridad (EAP-TLS), EAP-TLS túnel LEAP (EAP-TTLS), y Cisco	MAC y 802.1x	PEAP
Filtrado MAC	SI	SI	SI
Protocolo de Gestión Remota	SNMP 1, SNMP 2, Telnet, HTTP	SNMTP v1, v2c, Http, Telnet	SNMTP v1, v2c, Http, Telnet
Precio	\$4100 <sup>26</sup>	\$6500 <sup>27</sup>	\$2750 <sup>28</sup>
Elaborado por: Diego Mendoza			

Tabla 19. Equipos Access Point exteriores para redes malla<sup>29</sup>

### 2.1.2 Elección Punto de Acceso

Como hemos visto en la tabla anterior podemos dar una apreciación acerca de los diferentes dispositivos, de modo que los Puntos de Acceso 3-Com brinda buenas características que permiten configurar una red mallada y además posee un sistema de control de puntos de acceso y administración de la red inalámbrica, a diferencia del Punto de Acceso Motorola, que no posee sistemas de control de puntos de acceso, y no pueden trabajar en modo puente caso que los cisco y 3con si, el modo puente de una u otra forma son requeridos en la implementación de una red inalámbrica, también no posee antenas externas que en caso de querer hacer una implementación con este requerimiento no sería posible. Los puntos de acceso Motorola y 3Com no disponen de las características que se requieren para la implementación por tal razón no se puede considerar para este caso.

<sup>26</sup> Precio Sugerido por la Empresa DOS

<sup>27</sup> [www.mbcestore.com.mx/motorola.html](http://www.mbcestore.com.mx/motorola.html)[en línea][consulta: 23-09- 2011]

<sup>28</sup> [www.equipos/ap3com39550.html](http://www.equipos/ap3com39550.html)[en línea][consulta: 27 -09-2011]

<sup>29</sup> Ver anexo 3, hoja de datos del AP 1550 series.



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

De modo que se propone trabajar con equipos Cisco Aironet 1552e, dado que permiten desarrollar un esquema mesh y posee dos radios que trabajan a frecuencias de 5 GHz y 2.4 GHz, disponen de batería de dos horas de duración, mas económico que el Punto de Acceso promocionado por Motorola, mejores características de funcionalidad que los Puntos de acceso 3com, el precio del AP de Cisco se encuentra en un termino medio, el AP. Aironet trabajará en conjunto con el Wireless LAN Controller y el Wireless Control System, para poder de igual manera estructurar un esquema unificado y centralizado; proporcionando escalabilidad a la red.

### **2.1.3 Comparación de alternativas de los Equipos de Gestión de Red**

<b>Especificación</b>	<b>Cisco</b>	<b>3Com</b>
Modelo	AIR-WLC4402-25-K9	3CRWX220095A-M
Tipo	Gestión de Red	Gestión de Red
Wifi	IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11d, 802.11h, 802.11n	IEEE 802.11a, 802.11g/b, 802.11n
Encriptación	WEP and TKIP, SSL and TLS, AES: CCM, CCMP, IPSec	AES, WEP de 128 bits, SSL, TKIP
Autenticación	RADIUS 802.1X	RADIUS 802.1X
Protocolo de Transporte	Gigabit Ethernet	Gigabit Ethernet
Frecuencias	2.4 GHz y 5 GHz	2.4 GHz y 5 GHz
Protocolo de Gestión Remota	SNMP v1, v2c, v3, Telnet, SNM, TFTP, SNTP, HTTP	SNMP, Telnet, HTTPS
Precio	\$12300 <sup>30</sup>	\$13120 <sup>31</sup>
Elaborado por: Diego Mendoza		

Tabla 20. Características de Equipos de Gestión de Red

<sup>30</sup> Precio Sugerido por la Empresa DOS

<sup>31</sup> [www.equipos/lancontroller3com.html](http://www.equipos/lancontroller3com.html)[en línea][consulta: 02-10- 2011]

### **2.1.4 Elección del equipo de Gestión de Red**

El WLC de 3-Com permite un control de los puntos de acceso centralizadamente y de una forma segura, pero no trabaja muy eficientemente de una manera mallada WLAN, además no permite informes de dispositivos dentro de la red que posean fallas en tiempo real, ni detección de redes ad-hoc cercanas a los puntos de acceso. Además carece especificación que permita trabajar con el protocolo IPv6.

El WLC de Cisco permite una comunicación más segura con cada uno de los puntos de acceso que forman la Red Mallada mediante el Protocolo Ligero de Puntos de Acceso (LWAPP), que crea túneles de comunicación. El WLC de Cisco ofrece una configuración unificada de todos sus equipos, y permite una administración en tiempo real de todos sus dispositivos ubicados en cualquier punto de la red. Permite trabajar con el protocolo IPv6 mediante la implementación de túneles que son manejados por el WLC, en cuanto a precios no tenemos marcada diferencia ya que se encuentran casi iguales de modo que tratándose que sea compatible la arquitectura en cuanto a hardware, el Wireless Lan Controller de Cisco lo tenemos como primera opción en esta propuesta.

La plataforma de Cisco será la que se usará para el diseño de la Red Inalámbrica Mallada, por todas las razones expuestas y que además tiene muchas garantías de funcionamiento.

### **2.2 Antenas a Utilizar**

Las antenas a utilizar en la configuración de la Red Wireless podrán ofrecer con ayuda de los Access Point la cobertura deseada en cada una de las áreas ubicadas y distribuidas, las áreas fueron establecidas y seleccionadas con la ayuda del personal de DOS.

Estas antenas poseen características compatibles con cada punto de acceso y trabajan muy bien, es así que a continuación se describe el tipo de antena, utilizada para el diseño de la red inalámbrica.



Figura 39. Antena Omnidireccional Cisco Aironet de banda dual (AIR-ANT2547V-N)



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

Todos los equipos cisco Aironet de las Serie 1552e trabajarán con estas antenas las cuales son diseñadas espacialmente para estos modelos de radios.

### 2.2.1 Características Técnicas de las Antenas.

Características	Descripción
Tipo Antena	Omnidireccional
Rango de Frecuencia	2400-2483 MHz, 5150-5875 MHz
Ancho de banda 02:01 VSWR	2400-2483 MHz, 5150-5875 MHz
Impedancia de entrada Nominal	50 $\Omega$
Ganancia (2400-2483 MHz)	4 dBi
Ganancia (5250-5875 MHz)	7 dBi
Polarización	Lineal
E-plano de 3-dB vertical	30 ° de 2,4 GHz, 14 ° para el 5-GHz
H-plano de 3 dB horizontal	Omnidireccional
Longitud	11,1 pulgadas (28,2 cm)
Diámetro	1,25 pulgadas (3,17 cm)
Peso	6.0 oz (170,0 g)
Tipo de conector	N-Macho
Temperatura de funcionamiento	-22 ° F a 185 ° F (-40 ° C a 85 ° C)
Operación contra el viento	100 mph (161 kph) 165 mph (265 kph) máxima
Elaborado por: Diego Mendoza	
Fuente: Hoja de datos Antena AIR-ANT2547V-N	

Tabla 21. Características de las Antenas utilizadas en el diseño de la Red Mesh.



## *REDES INALAMBRICAS MALLADAS*

### **2.3 Plataforma Unificada<sup>32</sup>**

Una solución unificada de redes inalámbricas contemplará la integración de seguridad, administración y operación centralizada así como el acceso a usuarios invitados dentro de la red Inalámbrica. Dicha solución permite correr servicios de video, voz y datos dentro de una misma plataforma de red. La solución unificada de redes inalámbricas de área local (WLAN) permite el acceso seguro a recursos disponibles, así como acceso a invitados, permitiendo una fácil administración de su infraestructura mediante la centralización de la operación.

La administración centralizada de redes inalámbricas reduce sus costos de operación al tener que asignar menos recursos para su buen funcionamiento.

La solución unificada de redes inalámbricas integra el acceso seguro a la red mediante el método más conveniente, dependiendo de las políticas de seguridad implementadas así como la proyección de crecimiento.

La administración se ve significativamente mejorada debido a la autoconfiguración de su infraestructura inalámbrica y a la fácil visualización de la red, donde cada operación es realizada desde un solo punto permitiendo de esta forma reducir costos en recursos asignados con dicho propósito.

#### **2.3.1 Beneficios**

Dentro de esta alternativa existen algunos beneficios que sustentan la implementación de una solución unificada para redes inalámbricas.

- Administración y Operación Centralizada.
- Seguridad mediante el acceso Inalámbrico.
- Localización de dispositivos Wi-Fi en tiempo real.
- Cobertura en áreas exteriores o extensas.
- Una sola plataforma para correr servicios de Datos, Voz y Video.

---

<sup>32</sup> La plataforma unificada de Cisco propone una solución de cobertura outdoor basada en Wi-Fi.



### **2.3.2 Componentes de la Solución Unificada**

Existen algunos componentes que intervienen en la solución unificada de redes inalámbricas de Cisco, los cuales son:

- ✓ Wireless Control System (WCS)
- ✓ Wireless LAN Controller (WLC)
- ✓ Access Point (AP)

### **2.4 COBERTURA DE LA RED INALÁMBRICA**

El diseño de la red inalámbrica implementa varios Puntos de Acceso y antenas Omnidireccionales, llegando a satisfacer los requerimientos para que cada uno de los usuarios pueda acceder sin ningún problema a la red mediante un enlace inalámbrico.

Las figuras 40 y 41 muestran las áreas de cobertura de los Puntos de Acceso, distribuidos de forma que pueda ser utilizado por el mayor número de usuarios.

Se determinaron las áreas de cobertura y la posición para cada equipo, con Puntos de Acceso Cisco Aironet 1552e con antenas Omnidireccionales, ya que estos equipos poseen las mejores características para la implementación de la red mesh inalámbrica dentro del campus universitario. Todos los equipos utilizan antenas omnidireccionales dual band, los cuales están ubicados en distintos lugares estratégicos, ofreciendo la mayor cobertura y rendimiento de la Red inalámbrica.

**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**



Figura 40. Cobertura de los AP en el campus Universitario sector la Argelia

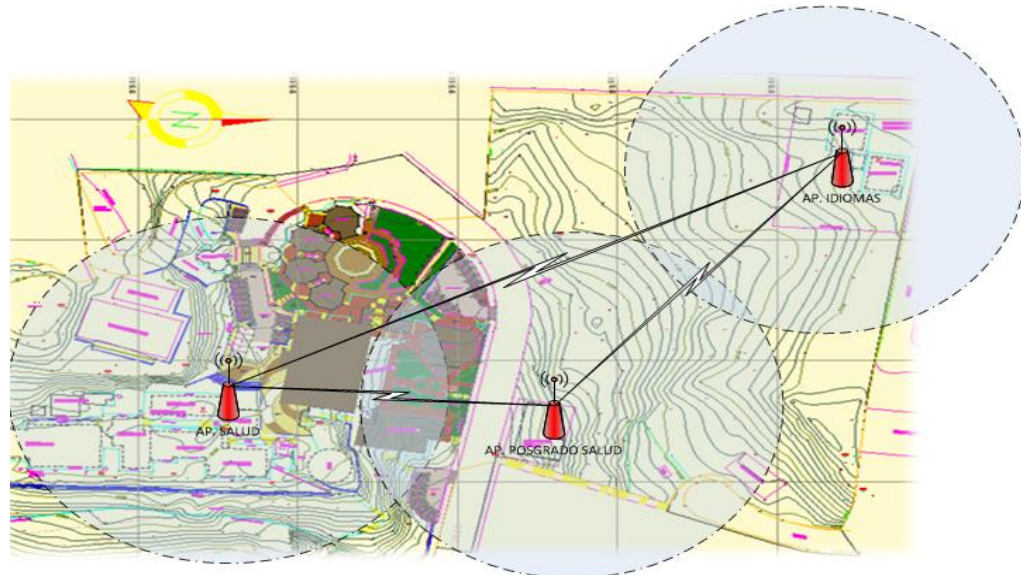


Figura 41. Cobertura de los AP en el Área de la Salud e Instituto de Idiomas





## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

Se ha tratado de usar antenas omnidireccionales con la finalidad que la mayoría de áreas a cubrir se encuentre solapadas por algún nodo vecino, teniendo con esto la oportunidad de que exista roaming, para el sector del estadio se ha ubicado un AP en cual va a trabajar en modo puente, para permitir dar cobertura a la parte de las oficinas que actualmente se encuentran distribuidas en esta área, este se asociara al AP de Administración Central, y también con el que se encuentra en la parte de la carrera de Artes Plásticas, la cobertura de inalámbrica teóricamente esta definida en 600 metros aproximadamente en la banda de 5,5GHz y a 180 metros en la banda de 2,4GHz, esto seria en condiciones ideales, en nuestro caso tenemos enlaces de hasta 300 metros ya que hay que tomar en cuenta, las condiciones físicas del terreno así con la infraestructura que tenemos.

### **2.5 DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO.**

Para poder realizar este tipo de dimensionamiento se ha detallados el tipo de aplicaciones y servicios que se usarán, para poder determinar el consumo del ancho de banda y la capacidad de datos; este consumo varía dependiendo de las aplicaciones que cada usuario utiliza. El rendimiento también se lo denomina capacidad del canal, o simplemente ancho de banda. El rendimiento de la red de la Universidad Nacional de Loja será medida de acuerdo a como se encuentren utilizando los recursos cada uno de los usuarios que la conforman, es así que como no se conoce antecedentes del comportamiento de la red se realizará un análisis del manejo de la misma mediante conceptos similares usados en otros estudios, y también mediante la recopilación de información en los Log de equipos inalámbricos que actualmente están prestando este servicio.

#### **2.5.1 Capacidad de la red**

Para dimensionar el rendimiento que se va a necesitar en la red, se analiza el tráfico que maneja la Universidad Nacional de Loja que es muy variable, debido a que dentro de los estudios realizados los diferentes usuarios que utilizan la red manejan distintas aplicaciones, las cuales varían conforme lo necesiten o dispongan de la misma, y la red permita hacer uso de los mismos.





### **2.5.1.1 Correo electrónico<sup>33</sup>**

La información que se intercambia por el correo electrónico, corresponde a información de investigación o trabajos de las diferentes actividades que realizan tanto en su mayoría empleados de la Universidad como los Estudiantes, un archivo de correo electrónico promedio se define entre 500 Kbytes, el cual puede contener información como gráficos, texto e información de los usuarios de poco tamaño. Se estima que cada usuario revisa un promedio de 7 correos en 1 hora, con lo que se puede determinar la capacidad que esta aplicación utiliza en la red.

$$V_{\text{Correo}} = \frac{500\text{Kbyte}}{\text{correo}} * \frac{8\text{bits}}{1\text{Byte}} * \frac{7\text{ correos}}{1\text{ hora}} * \frac{1\text{ hora}}{3600\text{s}}$$

$$V_{\text{Correo}} = 7,8\text{Kbps}$$

### **2.5.1.2 Acceso a Internet**

Para utilizar este servicio se ha considerado que una página web tiene un peso aproximado de 50 Kbyte<sup>34</sup>, incluyendo texto e imágenes medianas, además se ha estimado que un usuario accederá a 1 página Web en 35 segundos, de acuerdo a lo anterior tenemos.

$$V_{\text{Internet}} = \frac{50\text{Kbyte}}{\text{Pagina}} * \frac{8\text{bits}}{1\text{Byte}} * \frac{1\text{ Pagina}}{35\text{ segundos}}$$

$$V_{\text{Internet}} = 11,43\text{Kbps}$$

---

<sup>33</sup> GRUPO Central Redes Inalámbricas en Países en Desarrollo, Canadá Tercera Edición. Septiembre 2008. Pp. 78

<sup>34</sup> Fuente Sistema de Gestión Académico (SGA)



### **2.5.1.3 Bases de Datos**

Las diferentes consultas a las bases de datos que poseen aplicaciones consumen aproximadamente de 16 a 32 Kbps promedio, ya que su peso puede variar entre 10 y 20 Kbytes respectivamente.

### **2.5.1.4 Voz sobre IP**

Para aplicaciones que manejan VoIP se considerará para transmisiones aceptables la capacidad de 39.2 Kbps por cada usuario, haciendo referencia al uso del códec G.729<sup>35</sup>, debido a que el tráfico de voz no es tolerante al retardo.

### **2.5.1.5 Videoconferencia**

Los servicios de video-conferencia y video bajo demanda requieren una capacidad que depende de la calidad de servicio que se ofrecerá. Para una aceptable calidad para ofrecer video-conferencia permite al menos de 15 fotogramas por segundo (15 fps), y capacidades entre 256 y 512 Kbps.

Para utilizar los servicios que proporciona el Vídeo sobre IP, como el Vídeo Broadcast se requiere un ancho de banda de 256Kbps mínimo (VoIP).

### **2.5.1.6 Descargas**

Para el servicio de descarga se ha tomado en cuenta la velocidad promedio para descargar un archivo la misma que se ha determinado que sea de 32Kbps.<sup>36</sup>

## **2.5.2 Estimación Total de la Capacidad del Tráfico**

La capacidad total se obtiene de las sumas parciales del ancho de banda para cada aplicación como son: el servicio de correo electrónico, el tráfico generado por el servicio

---

<sup>35</sup> [http://www.voztele.com/esp/productos\\_servicios\\_voip/telefonía\\_ip/telefonía\\_ip/calidad-QoS-telefonía\\_ip.html](http://www.voztele.com/esp/productos_servicios_voip/telefonía_ip/telefonía_ip/calidad-QoS-telefonía_ip.html) [Fecha consulta: 26-10-2011]

<sup>36</sup> Mínimo de ancho de banda requerido en una compartición 4:1 de 128Kbps

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

de Navegación (Información), Vídeo sobre IP y la capacidad para ofrecer servicios adicionales.

$$CTotal = CCorreo + CInternet + CVoIP + CAdicional \quad [EC. 4]$$

**Donde:**

**C** = Capacidad.

Para poder calcular la capacidad con esta ecuación es necesario hacer un análisis estadístico de cada aplicación que utilizarán los usuarios que estén conectados a la red.

### 2.5.2.1 Determinación de ancho de banda necesario para cada servicio

De acuerdo a los resultados obtenidos en la pregunta cinco de la encuesta aplicada, se ha podido determinar el porcentaje de utilización de los diferentes servicios que presta el uso de internet hoy en día, estos resultados son mostrados en la siguiente figura.(ver anexo 1)

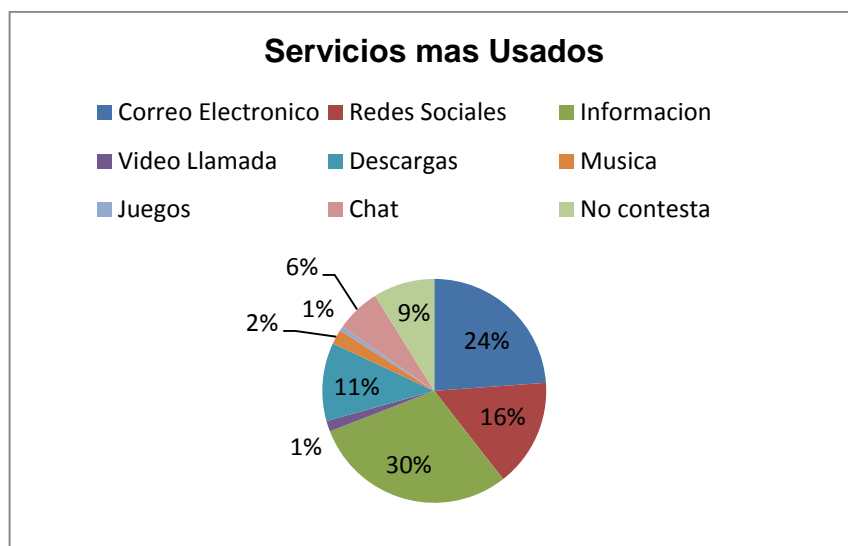


Figura 42. Situación actual de las comunicaciones en la UNL



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

Estos resultados serán nuestra base para estimar el ancho de banda total que debe tener la red Inalámbrica. Otro dato importante es saber el número de usuarios potenciales que estarán conectados a la red para lo cual utilizamos la siguiente tabla, la cual indica el número de posibles usuarios por área, esto resultados fueron obtenidos de la encuesta realizada a estudiantes y empleados de la UNL.

Como se observa en la tabla los usuarios potenciales será la sumatoria de estudiantes y empleados que aparte de disponer de un dispositivo inalámbrico, también hacen uso del internet inalámbrico esto de acuerdo a la encuesta realizada.

Lugar/Área	Estudiantes	Adm.Docentes	Total de Personas con acceso a la Red
Educativa	1048	74	1122
Agropecuaria	264	47	311
Jurídica	2439	105	2544
Energía	540	23	563
Salud	165	55	220
Adm. Central		301	301
Total	4456	605	5061
Elaborado por: Diego Mendoza			

Tabla 22. Total de personal por área con acceso a la red

Esto quiere decir que la red en el caso más crítico (que nunca se podría dar por distintas razones) tendrá que soportar el tráfico de 5061 usuarios al mismo tiempo.

A continuación se detalla el ancho de banda calculado de cada una de las aplicaciones que manejan los usuarios, un ejemplo es del número de usuarios ubicados en el en Área Educativa (AEAC), y se detalla el total de la capacidad en la tabla 26.

### ❖ Correo electrónico

De forma general se determinó que el ancho de banda necesario para este tipo de servicio es 7,8Kbps, y de acuerdo a la figura 58 se tiene que el 24% de los encuestados usan correo electrónico, por lo tanto se tiene:

$$C_{Correo} = Nu * Ve * Pu \quad [EC: 5]$$



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

Un= Numero usuarios

Ve= Velocidad estimada

Pu= Porcentaje de uso del servicio

Remplazando los valores tenemos:

$$C_{Correo} = 1122 * 7,8Kbps * 0.24 = 2100,3Kbps$$

### **❖ Acceso a Internet (búsqueda de información)**

De forma general se determinó que el ancho de banda necesario para este tipo de servicio es 11,43 Kbps, y de acuerdo a la figura 58 se tiene que el 30% de los encuestados usan Internet para la búsqueda de información, además se ha considerado el 16 % del uso Redes Sociales por ser Navegación como acceso a internet, por lo tanto se tiene 46 % considerado para información:

$$C_{informacion} = 1122 * 11,43Kbps * 0.46 = 5899,25kbps$$

### **❖ Video Llamada**

Igualmente se ha determinado el ancho de banda para el servicio de video llamada que de acuerdo a la encuesta tenemos que 1% de los usuarios utiliza este servicio, la velocidad estimada en este caso es de 256Kbps.

$$C_{VideoLlamada} = 1122 * 256Kbps * 0.01 = 2872,32Kbps$$

### **❖ Ancho de banda necesario para aplicaciones adicionales**

Para el cálculo del ancho de banda adicional, se considera el resto de servicios que se obtuvo en la encuesta como son: chat, juegos, música; adicionalmente que actualmente no es muy utilizado pero se tiene presente que a futuro lo harán, y para cubrir estos



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

posibles tráficos que generarían los servicios adicionales, se hace en base a las siguiente consideración, se toma como factor primordial la descarga de archivos de un tamaño promedio de 20Mbps que se debe descargar en menos de 30 minutos, para dar un buen servicio a los usuarios de la red. Entonces el ancho de banda necesario para los servicios adicionales da como resultado 11.11Kbps. Y de acuerdo a los resultados de la pregunta seis, el porcentaje de usuarios que requieren de servicios adicionales es el 30%, entonces podemos concluir la siguiente relación:

$$C_{Adicional} = 1122 * 11.11Kbps * 0.3 = 3739,63Kbps$$

### 2.5.2.2 Dimensionamiento del Tráfico por Áreas

De igual manera que se ha calculado el consumo de ancho de banda utilizado por los posibles usuarios en el Área Educativa, se ha procedido a realizarlo para las cuatro áreas restantes como para la parte correspondiente a administración centra, es así que la siguiente tabla muestra los resultados obtenidos.

Lugar/Área	Total personas	Correo Electrónico (Kbps)	Información (Kbps)	Video Llamada (Kbps)	Otras Aplicaciones (Kbps)
Educativa	1122	2100,38	5899,25	2872,32	3739,63
Jurídica	2544	4762,37	13375,84	6512,64	8479,15
Agropecuaria	311	582,19	1635,18	796,16	1036,56
Energía	563	1053,94	2960,14	1441,28	1876,48
Salud	220	411,84	1156,72	563,2	733,26
Adm. Central	301	563,47	1582,60	770,56	1003,23
Total	5061	8874,19	26609,73	12956,16	16868,31
Elaborado por: Diego Mendoza					

Tabla 23. Capacidad estimada para el uso de servicios en la red Inalámbrica



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

### 2.5.2.3 Capacidad Total para usuarios con acceso a la Red

La capacidad total para brindar servicio de internet en todas las Áreas de la UNL, se obtiene reemplazando los valores obtenidos de acuerdo a la siguiente ecuación

[EC: 6]

$$CTotalUsuario = CCorreo + CInformación + CVideollamada + CADicinal$$

$$CTotal = 8874,19kbps + 26609,73kbps + 12956,16kbps + 16868,31kbps$$

$$CTotal = 65308,39Kbps \approx 65,3Mbps$$

#### ➤ Capacidad Total para un solo usuario

Para hacer este dimensionamiento no se tomara en cuenta el servicio de video llamada ya que este es poco común que se encuentre siendo utilizado simultáneamente.

[EC: 7]

$$CTotalUsuario = CCorreo + CInformación + CADicinal$$

$$CTotalUsuario = 7,8kbps + 11,43kbps + 11,11kbps = 30,33kbps$$

$$CTotalUsuario = 7,8kbps + 11,43kbps + 11,11kbps = 30,33kbps$$

#### ➤ Capacidad para Usuarios Simultáneos

De acuerdo a los datos anteriores se puede dimensionar el tráfico para usuarios que la Universidad presta el servicio de internet actualmente, en el caso que se de simultaneidad en la conexión inalámbrica, para lo cual se considera un promedio de puntos de acceso, este factor se lo ha obtenido mediante un muestreo dándonos como factor muestral 9 puntos de acceso, de los mismos que se ha tomado el número de usuarios que se conectan mediante dos horas para poder dimensionar, y luego determinar el promedio de clientes simultáneos.(ver anexo 4)

Número de Aps considerados 9 de una población de 70.

Promedio de Ips asignadas por Ap = 20.

Promedio de usuarios conectados simultáneamente = 269



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

Por lo tanto para esta cantidad de usuarios se realizara un cálculo basado en la capacidad que requiere un usuario por el número de usuarios inalámbricos promedio que actualmente sirve la Universidad.

$$C_{Inicio} = 269 * 30.33 \text{ Kpbs}$$

$$C_{Inicio} = 8158,77 \text{ kbps} \approx 8 \text{ Mbps}$$

Además se ha considerado a este valor obtenido multiplicarlo por un factor que es el crecimiento de usuarios en internet en el último año, el cual sabemos que ha sido del 35%<sup>37</sup> esto se dejara como margen para el crecimiento de la red, es así que haciendo los respectivos cálculos tenemos.

Ancho de banda por porcentaje de crecimiento.

$$C_{Inicio} = 8 \text{ Mbps}$$

$$\text{Porcentaje de crecimiento} = 35\%$$

Ancho de banda adicional para el crecimiento tenemos

ABA= ancho de banda adicional

$$ABA = 8 \text{ Mbps} \times 0.35 = 2,8 \text{ Mbps}$$

Para lo cual se ha sumado para obtener el total así que tenemos:

CIT=Capacidad Inicial total

$$CIT = C_{Inicio} + ABA$$

$$CIT = 8 \text{ Mbps} + 2,8 \text{ Mbps} = 10.8 \text{ Mbps}$$

Las razones por las que se ha tomado esta forma para determinar que capacidad de ancho de banda, se da por que no existe información histórica en cuanto a usuarios simultáneos existen en la red Wireless y además esta en función de algunas variables como son: espacio, tiempo y otros factores internos como externos.

---

<sup>37</sup> [http://issuu.com/la\\_hora/docs/diario\\_la\\_hora\\_loja\\_30\\_de\\_diciembre\\_2011](http://issuu.com/la_hora/docs/diario_la_hora_loja_30_de_diciembre_2011), [Fecha consulta: 04-01-2012], Pp, b2





## *REDES INALAMBRICAS MALLADAS*

### **2.6 DIAGRAMA DEL PROVEEDOR DE SERVICIO DE INTERNET INALAMBRICO (WISP)**

El diagrama para incorporar el WISP de la Universidad Nacional de Loja está representado por los diferentes servicios y capacidades a brindar a cada usuario final, por tal motivo se describe el esquema estructurado del WISP para la red Universitaria, el mismo que deberá satisfacer los requerimientos de todos los usuarios de la red.

Se implementará conjuntamente el diseño del WISP con la red LAN de la Universidad, ya que se emplearán algunos recursos que posee la red LAN actual de la Universidad, los mismos que permiten realizar estas configuraciones y poseen las características necesarias para trabajar en conjunto con la red LAN y WLAN.

Los equipos de administración del sistema WISP y la red LAN prestan las condiciones necesarias para que el administrador pueda gestionar de una manera robusta y segura, cada una de las revisiones, actualizaciones y configuraciones.

### REDES INALAMBRICAS MALLADAS

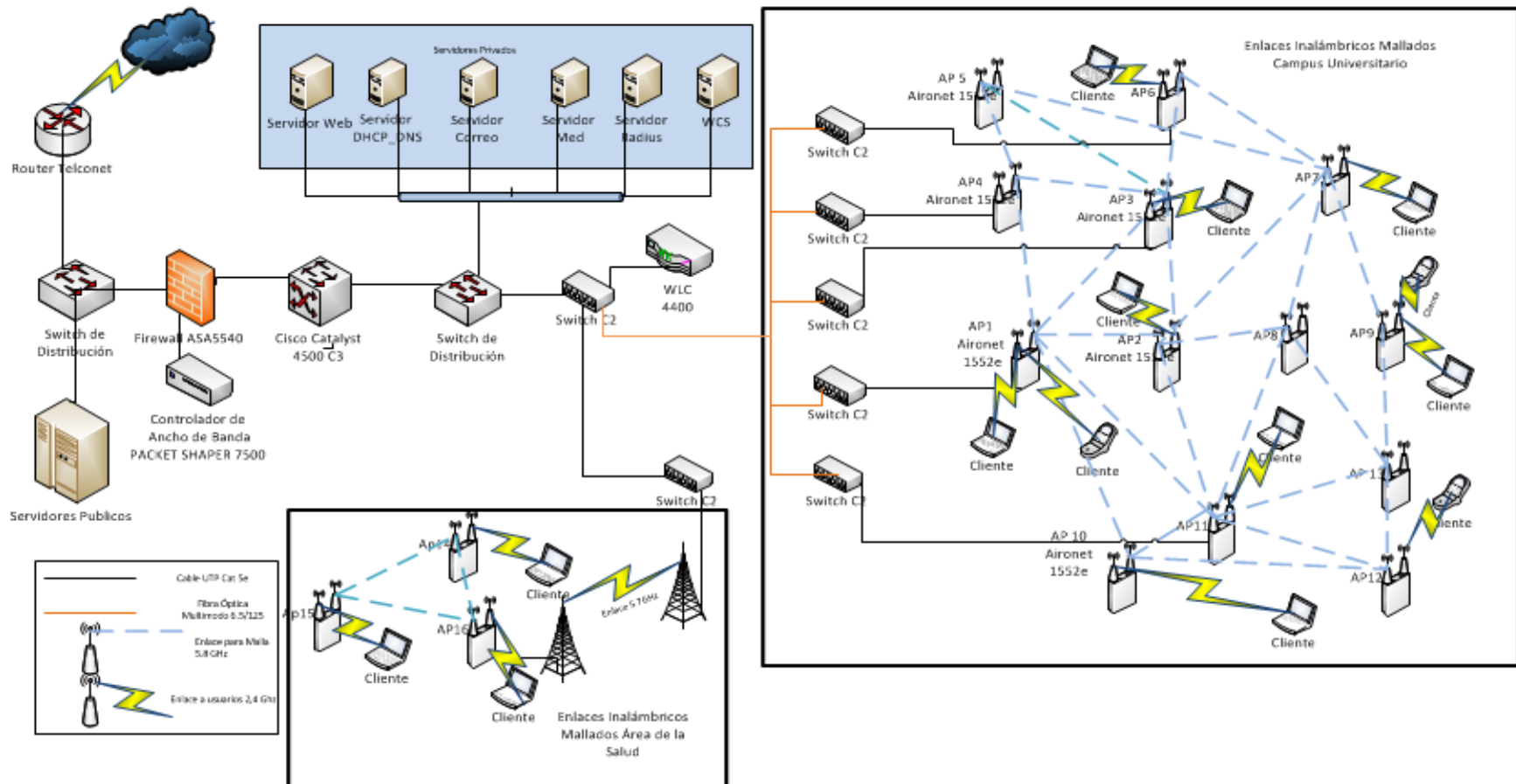


Figura 43. Diseño del Proveedor de Servicio de Internet Inalámbrico para la UNL



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

### **2.6.1 Características generales**

La arquitectura de la red inalámbrica de la UNL debe poseer características de tal forma que la vuelvan una red eficiente y acorde a los requerimientos de cada usuario y que camine conjuntamente con el avance tecnológico.

#### **2.6.1.1 Balanceo de carga**

El protocolo LWAPP (protocolo que permite la creación de redes Mesh con equipos Aironet de Cisco) permite el balanceo de carga dinámico entre los puntos de acceso asociados a un controlador para aumentar el rendimiento.

Los controladores tienen acceso a la potencia de señal que hay en los puntos de acceso. Cuando un cliente quiere asociarse a un punto de acceso, el controlador tiene acceso a la cantidad de señal que recibe el cliente de los diferentes APs. Entonces, el controlador escoge qué punto de acceso es el más adecuado para el cliente, en función de la potencia y la relación señal-ruido (SNR).

#### **2.6.1.2 Roaming**

El roaming se define como la libertad para movilizarse libremente dentro de un espacio determinado, sin que exista lapsos de interrupción entre la comunicación de los usuarios cuando pasan de la cobertura de un punto de acceso a la cobertura de otro. Para permitir la itinerancia (roaming) y movilidad de los usuarios, es necesario colocar los Access Point de tal manera que haya "overlapping" o superposición entre los radios de cobertura.

Existen dos clases de roaming, cuando un usuario cambia de un punto de acceso a otro, reasociándose con este nuevo punto de acceso pero que pertenece a la misma subred (se sugiere la creación de VLans). El cambio entre diferentes puntos de acceso que se encuentran en otros niveles de red (subredes), se denomina roaming de capa 3.



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

El Roaming dentro de la red de Inalámbrica dela UNL como se sugiere la creación de VLans, será reasociandose a otro punto de acceso pero perteneciendo a la misma subred.

### **2.6.1.3 Numero de usuarios por AP**

Para determinar el numero de usuarios por Ap, se ha tomado como la situación actual del área de la Energía se ha determinado así por ser una de las áreas en la que por cada 10 estudiantes siete poseen un dispositivo inalámbrico para hacer uso del internet mediante wifi, tomando en cuenta esto , el numero de puntos de acceso que existen y el promedio de ip asignadas, se ha llegado a determinar que por cada punto de acceso se asigne 35 ips, lo que equivale a igual numero de usuarios por Ap, esto se debe considerar para todos los puntos de acceso que conforman la red, a continuación se realiza una ecuación para poder demostrar la relación.

Numero de puntos de acceso a ubicarse en área de energía = 2

Numero de puntos de acceso actuales =5

Nuero total de ips=70

N = numero usuarios por Ap.

$$N = \frac{70}{2} = 35$$

Tomando en cuenta lo anterior y como base para que empiece a funcionar la nueva red Mallada, se ha hecho este dimensionamiento, cabe mencionar que se trata de implementar un servidor Radius para el acceso a la Red inalámbrica, con esto se podrá tener de una manera mas precisa cuantos usuarios harán uso de la red inalámbrica Mallada y con ello poder asignar mas ips a cada a Punto de Acceso, como también el ancho de banda.

### **2.6.1.4 Autenticación de usuarios**

Antes de tener acceso a los recursos de la red, los usuarios deben ser autenticados. El acceso a cada uno de los usuarios debe proveer administración de claves tanto del lado

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

del sistema de acceso como del cliente, para asegurar que se conectará a la red propia y evitar posibles amenazas o problemas.

Se recomienda para tener acceso a la Red Inalámbrica Mallada se la haga mediante el servidor Radius, ya que además de ser el método de autenticación más utilizado en la actualidad, los equipos elegidos vienen con la opción para este proceso que es indispensable para proveer de mayor seguridad a la red.

Cabe mencionar que Radius es un protocolo que nos permite gestionar tres servicios como son: autenticación, autorización y registros conocido como protocolo AAA por sus siglas en ingles.

La autenticación mediante 802.1X es un proceso de múltiples pasos que involucra al cliente o suplicante, un Punto de Acceso o autenticador, un servidor RADIUS o de autenticación y generalmente una base de datos.

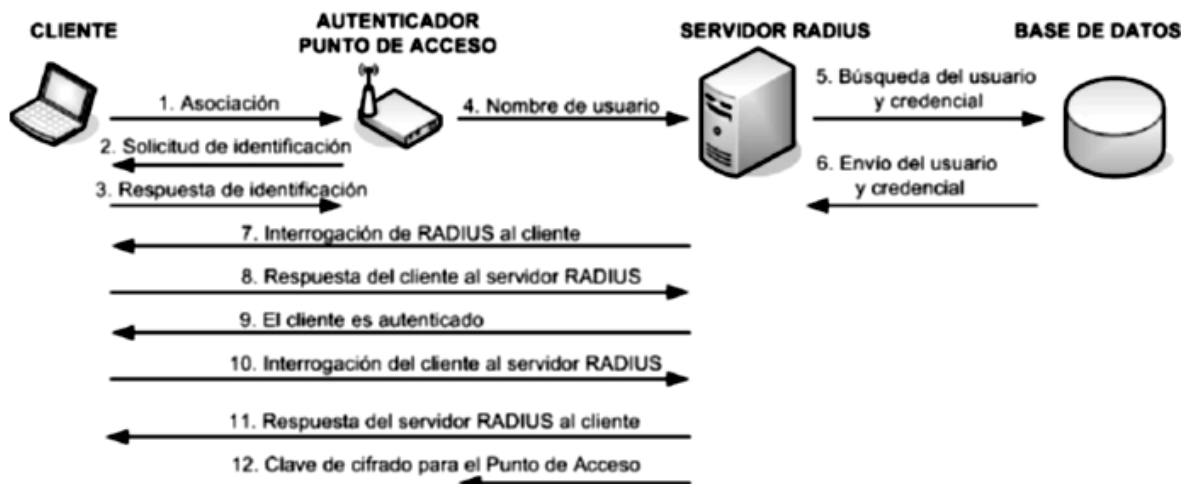


Figura 44. Mecanismo de Autenticación mediante 802.1X



## **2.7 ANÁLISIS DE LOS ENLACES INALÁMBRICOS**

Un sistema básico de comunicación comprende dos radios, cada uno con su antena asociada, separados por la trayectoria que se va a cubrir. Para tener una comunicación entre ambos, los radios requieren que la señal proveniente de la antena tenga una potencia por encima de cierto mínimo. El proceso de determinar si el enlace es viable se denomina cálculo del presupuesto de potencia. El que las señales puedan o no ser enviadas entre los radios dependerá de la calidad del equipamiento que se esté utilizando y de la disminución de la señal debido a la distancia, denominado pérdida en la trayectoria.

### **2.7.1 Cálculo del presupuesto del enlace**

Aspectos básicos considerados para realizar los enlaces con la herramienta Radio Mobile.

- La verificación de la línea de vista entre los enlaces, permitirá saber que tan eficiente puede ser dicho enlace que se propone para unir los puntos que se desean interconectar, se calculará la efectividad del enlace que unirá al usuario con el punto de acceso mesh y entre sí con cada punto que forma la red Mallada.
  
- La distancia que separa al Punto de Acceso del Estadio a Administración Central es de 0.30Km, con lo cual se procederá a verificar la zona de “Fresnel”, donde se debe tomar en cuenta que la primera zona de Fresnel permite establecer la condición de visibilidad entre las antenas a emplearse, de forma que no existan obstáculos o interferencias de algún objeto. De modo que si hubiera algún obstáculo en el camino de visibilidad de las antenas sería un problema, ya que por tal motivo habría una pérdida en la potencia.



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

- Existen muchas zonas de Fresnel, pero principalmente la primera zona es la más importante en este enlace. Si ésta fuera bloqueada por un obstáculo, por ejemplo un árbol o un edificio, la señal que llegue al destino lejano será atenuada.
- La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire. La Pérdida en el Espacio libre  $L_p$ , mide la potencia que se pierde en el mismo, sin ninguna clase de obstáculo. La señal de radio se debilita en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica.
- La Potencia de Transmisión tiene un rango de 30mW a 200mW o más, la potencia TX a menudo depende de la tasa de transmisión. La potencia de transmisión de un dispositivo dado debe ser especificada en los manuales provistos por el fabricante, pero algunas veces puede ser difícil de encontrar para este caso se ha tomado 100mW, equivalente a 23 dBm, es recomendable coger una potencia de transmisión menor a la especificada e los manuales con esto garantizamos una buena conexión entre cada punto de acceso, ya que si se considera el tope limite en este caso 26dBm, en caso de que falle algún calculo no se tiene algún margen para ajustar cambios
- El mínimo de señal recibida va a ser generalmente en el rango de -75 a -95 dBm. Al igual que la potencia TX, las especificaciones RSL deben ser provistas por el fabricante de los equipos, las especificaciones para los puntos de acceso Aironet son de -92dBm a 6 Mbps, estos datos son los tomados para hacer los cálculos respectivos.
- Hay que estimar por lo menos 0.25 dB de pérdida para cada conector en el cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados pueden implicar pérdidas mayores.  
Pero para estar seguro, hay que considerar un promedio de pérdidas de 0.3 a 0.5 dB por conector como regla general, y según el manual en el cual están las características del equipo la perdida en los conectores en este caso es de 0.5 dB.

### 2.7.2 Calculo de los enlaces Mediante Radio Mobile

En la siguiente figura se puede apreciar el mapa topográfico de la Ciudad de Loja en este caso para poderlo cargar, se ha procedido a hacerlo mediante las coordenadas de latitud y Longitud correspondientes a la UNL, este programa tiene la particularidad de que al ubicar las coordenadas de un punto que se encuentre dentro del rango del lugar del que queremos encontrar nos carga el mapa correspondiente, cabe mencionar que aquí se han ingresado las coordenadas de la ubicación del bloque de Administración Central el cual es el mas representativo para poder obtener el mapa.

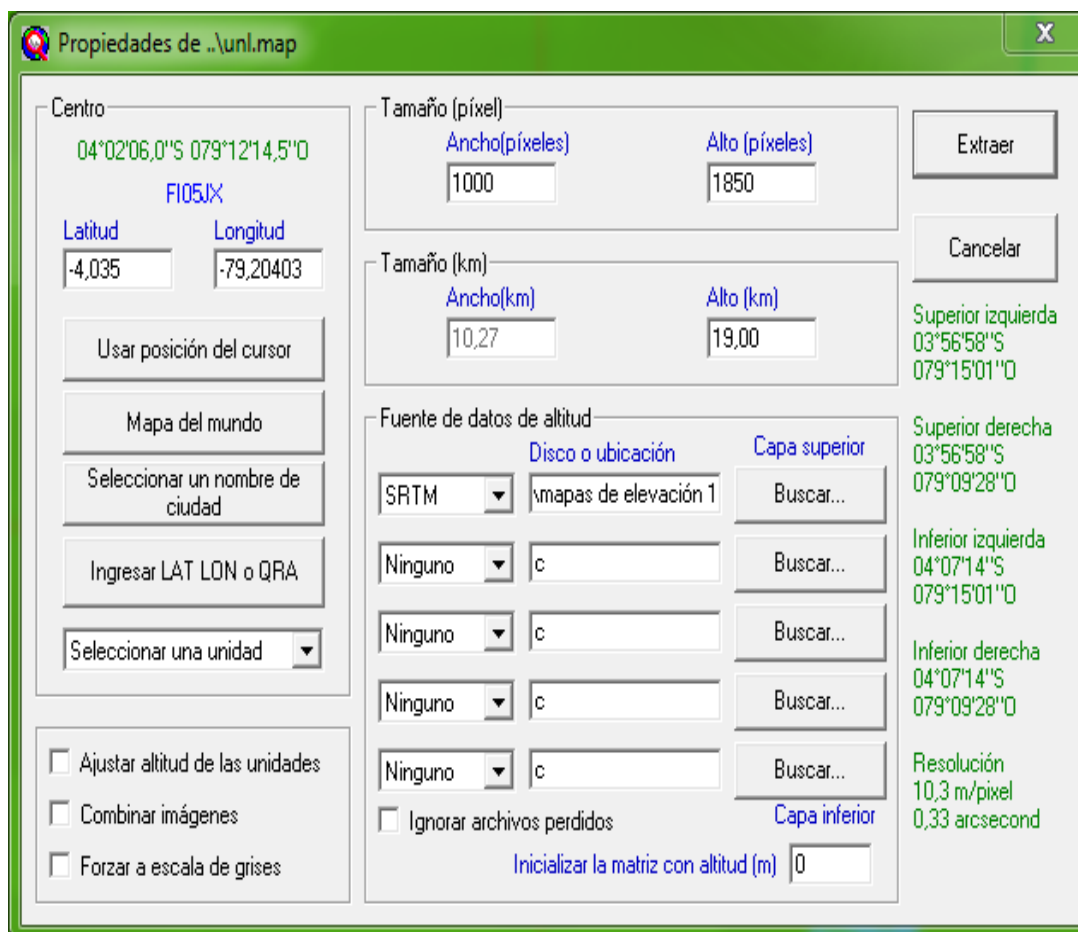


Figura 45. Ventana de propiedades de Mapa



Mapa topográfico correspondiente a la ciudad de Loja, el punto ubicado como referencia en la siguiente figura corresponde al edificio de Administración Central.

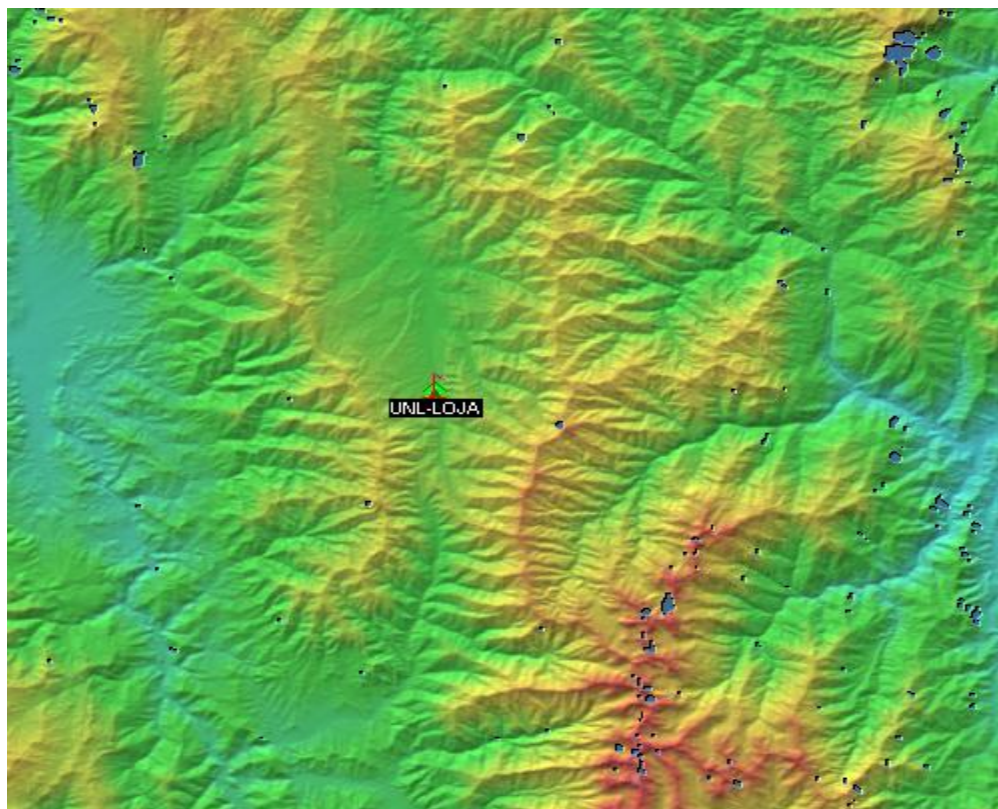


Figura 46. Mapa topográfico de la Ciudad de Loja

### **2.7.3 Ubicación de las Unidades**

Las unidades se refieren a la posición geográfica de un lugar en particular determinado por sus coordenadas de latitud y longitud, así como su altura con respecto a nivel del mar, estos puntos para el caso de Radio Mobile son llamados unidades, son los lugares donde se va a ubicar un punto de acceso para dar servicio de Internet inalámbrico, su ubicación fue determinada en la visita técnica que se hizo con la ayuda del personal de DOS, mediante el empleo de planos de la Universidad, un dispositivo GPS, el programa AutoCAD, el cual nos permite saber de manera exacta los lugares en los cuales irán ubicados los puntos de acceso.(ver anexo 4)



**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

<b>Simbología</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altura [m] (snm)</b>
Ap1	Administración Central	4° 2' 0,8" S	79° 12' 4,9" O	2142
Ap2	Estadio	4° 2' 5,7" S	79° 12' 8,3" O	2130
Ap3	Artes	4° 2' 0,0" S	79° 11' 59,2" O	2135,6
Ap4	MED	4° 1' 56,4" S	79° 11' 59,8" O	2135
Ap5	Energía	4° 1' 48,3" S	79° 11' 58,0" O	2128
Ap6	Colegio MCL.	4° 2' 2,9" S	79° 12' 13,6" O	2152
Ap7	Bloque 8 Educativa	4° 2' 6,6" S	79° 12' 15,7" O	2158
Ap8	Bloque 5 Educativa	4° 2' 6,0" S	79° 12' 14,5" O	2156
Ap9	Agropecuaria	4° 2' 9,6" S	79° 12' 11,6" O	2155
Ap10	Agropecuaria Poste	4° 2' 5,9" S	79° 12' 13,6" O	2142,3
Ap11	Bloque 12 Ex Bienestar Estudiantil	4° 2' 12,1" S	79° 12' 14,6" O	2166
Ap12	Bloque 13 Modulo 1, 2 Energía	4° 2' 14,5" S	79° 12' 14,6" O	2171
Ap13	Salud	3° 59' 35,63" S	79° 12' 26,92" O	2094
Ap214	Posgr. Salud	3° 59' 31,93" S	79° 12' 26,16" O	2089,7
Ap15	Idiomas	3° 59' 28,30" S	79° 12' 30,14" O	2108,7
Ap16	Comunicación Social	4° 2' 12,9" S	79° 12' 22,4" O	2175

Elaborado por: Diego Mendoza

Tabla 24. Coordenadas utilizadas para ubicación de unidades en Radio Mobile.

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

Para ubicar los puntos en el programa seleccionamos dentro de la barra menú la opción propiedades de la unidad y a continuación se hace el ingreso de latitud y longitud con sus respectivos nombres y simbología.

A continuación podemos apreciar la ubicación en el mapa de las diferentes unidades tanto para los puntos que se ubicaran en el área de la Salud Humana como también para los puntos a ubicarse campus de la ciudadela Guillermo Falconí Espinoza, donde se encuentra la mayor concentración de usuarios de la red inalámbrica.

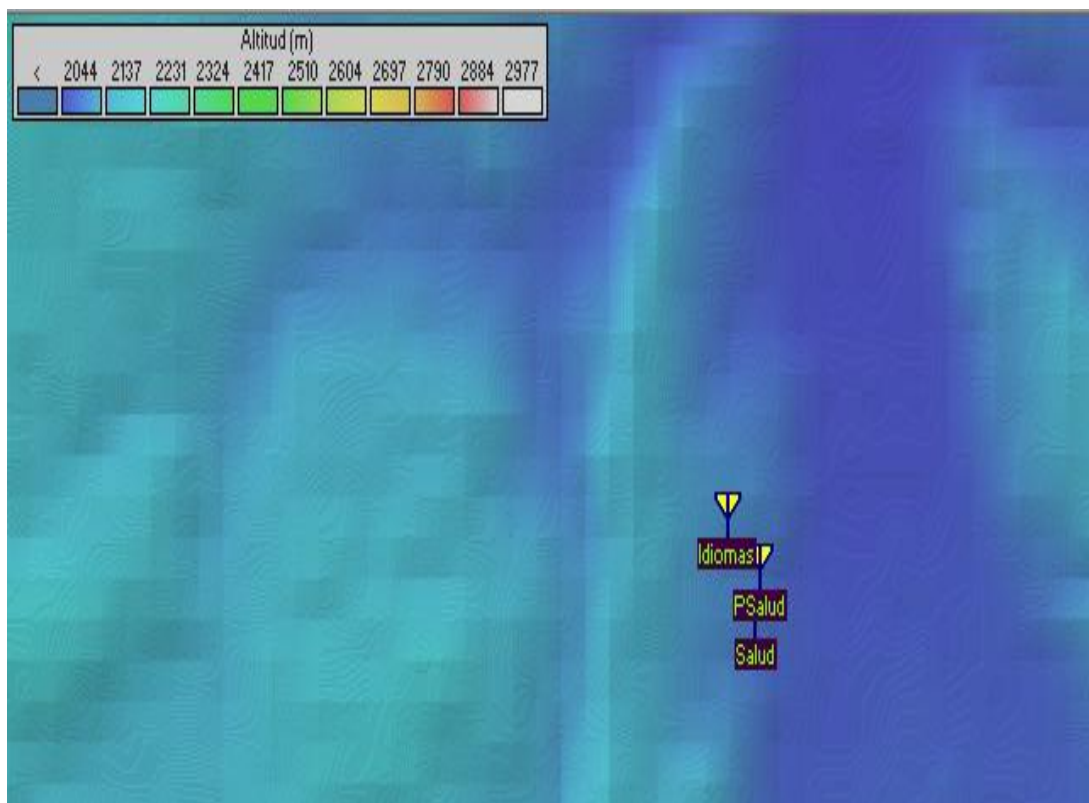


Figura 47. Ubicación de las unidades en el Área de la Salud e Idiomas

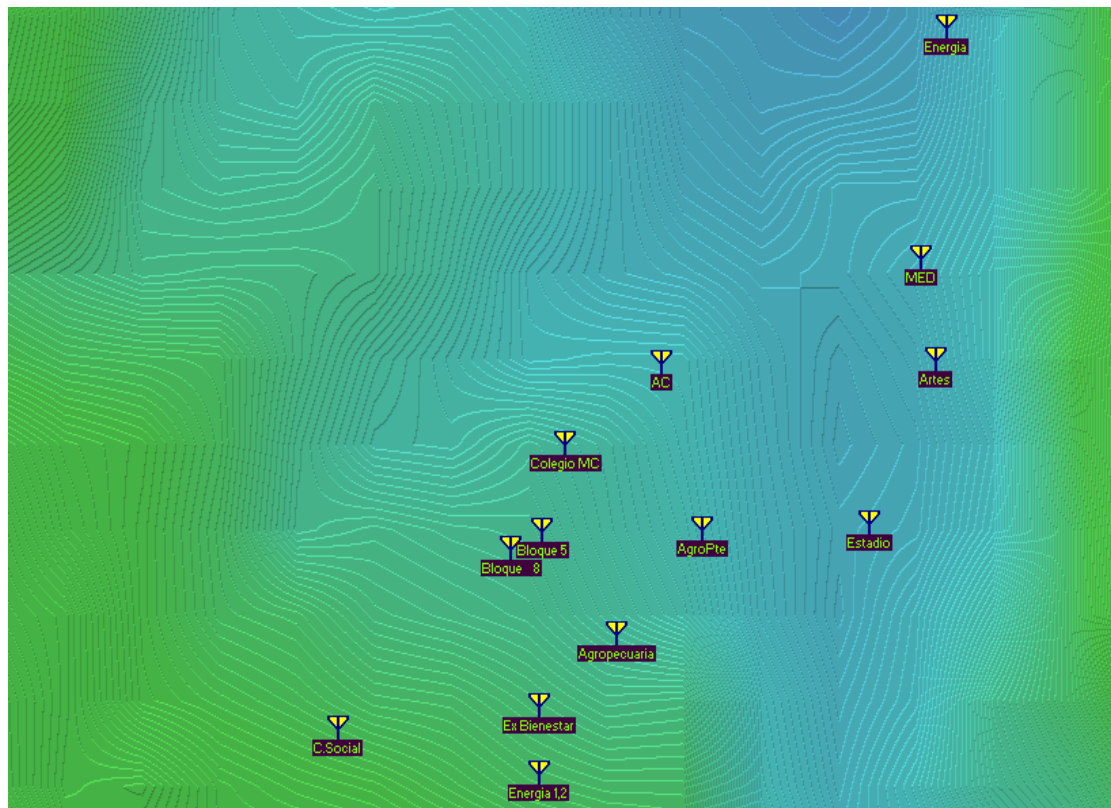


Figura 48. Ubicación de las unidades en el campus de la UNL

### 2.7.4 Características de los equipos para el software Radio Mobile

Las siguientes tablas muestran las características principales, para poder hacer los respectivos enlaces.

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Frecuencia	5745-5825 MHz
Potencia de salida	23 dBm
Sensibilidad	-92 dBm @ 6 Mbps -76 dBm @ 54 Mbps -72 dBm @ 300 Mbps
Elaborado por: Diego Mendoza	
Fuente: Hoja de datos Punto de Acceso	

Tabla 25. Datos del Punto de Acceso Aironet 1552e dominio A



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

Característica	Descripción
Antena	AIR-ANT2547V-N Dual band
Ganancia	7 dBi
Polarización	Vertical
Perdida Conectores	0.5 Db
Elaborado por: Diego Mendoza	
Fuente: Hoja de datos Antena AIR-ANT2547V-N	

Tabla 26. Datos Antena dual band omnidireccional

Parámetro	Valor
Permitividad relativa del suelo	15
Refractividad de la superficie	301
Pérdida adicional	10% bosque
Pérdida adicional	8% urbano
Clima	Continental templado
Conductividad de suelo	0,005
Elaborado por: Diego Mendoza	

Tabla 27. Valores adicionales para el uso eficiente de Radio Mobile<sup>38</sup>

### 2.7.5 Calculo del enlace Administración Central-Estadio

Con los datos mencionados anteriormente, podemos empezar a realizar en cálculo de un enlace, para tener como base para el resto de enlaces.

No hay que olvidar los datos de las coordenadas los cuales deben estar el sistema WGS-184, los cuales son los admitidos por el Software Radio Mobile.

En la figura 70 nos indica cómo debemos empezar los enlaces en este caso vamos a crear un enlace para el punto de acceso que ira ubicado en el Estadio así como el que estará ubicado en el bloque de Administración Central, en la parte del menú principal

<sup>38</sup> Valores típicos de redes implementadas en zonas andinas.

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

donde podemos observar el submenú “propiedades de redes” podemos empezar a ubicar nuestros enlaces, en esta pantalla tenemos diferentes ítems, entre los más destacados tenemos, parámetros, Topología, Miembros, Sistemas, y Estilo, en este apartado ponemos en nombre de la red, o el nombre del enlace que deseamos crear.

Además aquí se deben poner los parámetros generales, de los equipos a utilizar, los mismos que ya se los menciono anteriormente.

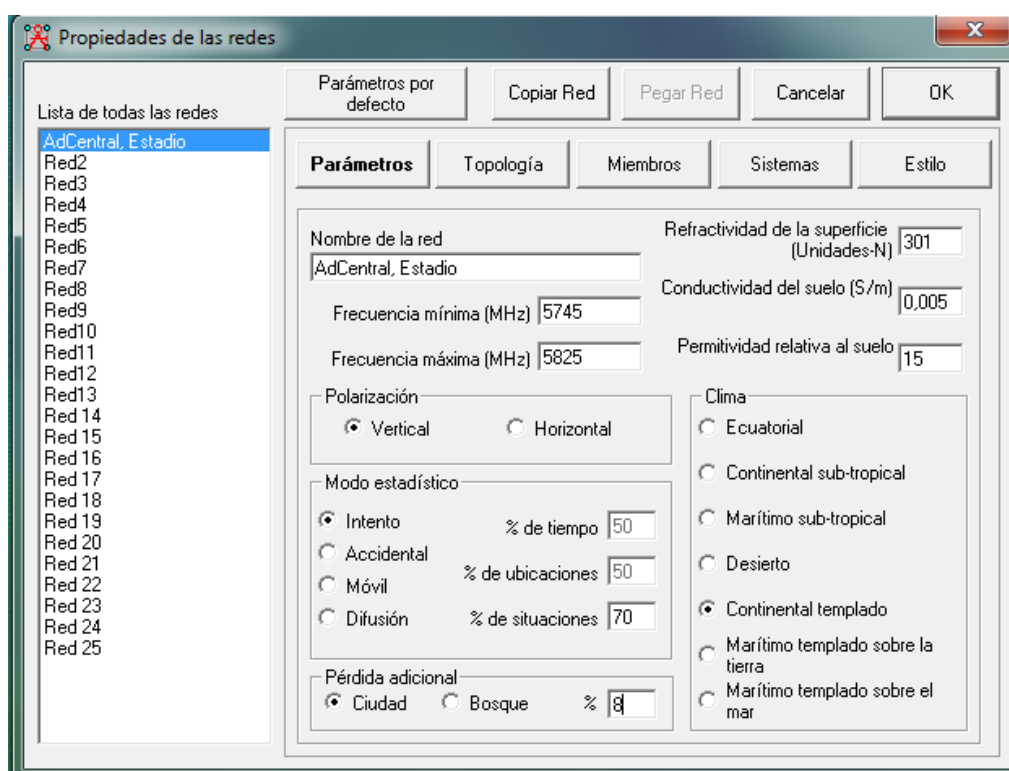


Figura 49. Enlace inalámbrico entre el Estadio y Administración Central

A continuación tenemos la Topología, para este caso usaremos el modo estrella que a la larga se acoplara formando una Red Mallada, del mismo modo tenemos los miembros del enlace, en este caso corresponde a Administración Central y el Estadio



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

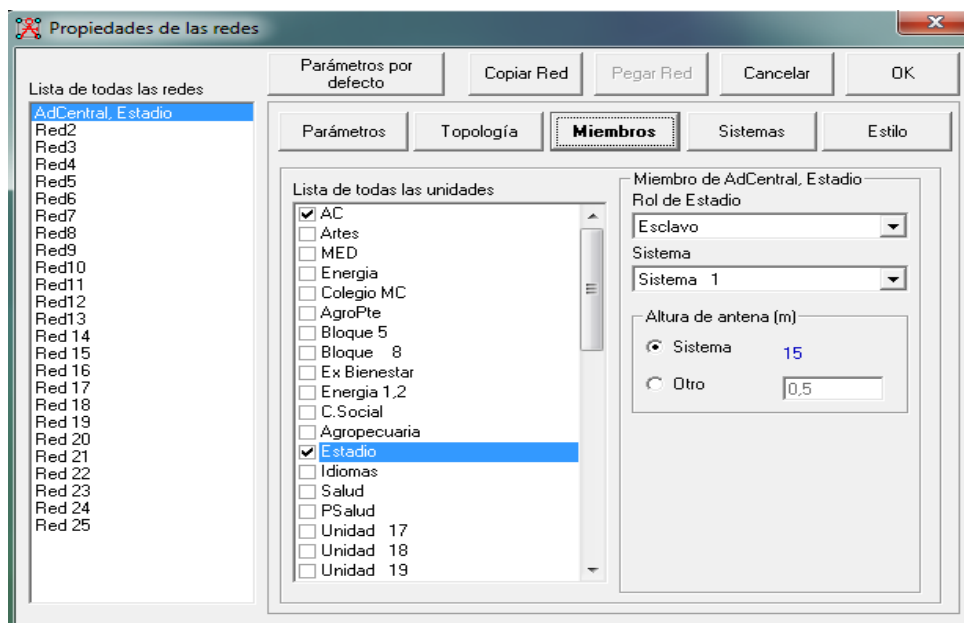


Figura 50. Selección de los miembros para formar enlaces Inalámbricos.

En la parte de sistemas necesita un nombre para este caso se le ha puesto el mismo del enlace, además aquí hay que tener bien en claro, la potencia del equipo se ha propuesto trabajar 23dBm, con lo cual se pretende que este dentro de los parámetros de regulación de emisión de la potencia, además se toman los datos de la antena , tipo de antena, altura a la cual estará ubicada desde el piso, umbral de recepción del equipo y algunas pérdidas adicionales que se dan en los enlaces, en este caso el umbral de recepción se ha propuesto tomando en cuenta una tasa de transmisión baja, es decir a 6Mbps, para lo cual se puede decir que si los enlaces son soportados con buena recepción con esta tasa de transmisión no habrá problema si se aumenta la tasa de transmisión con los enlaces.

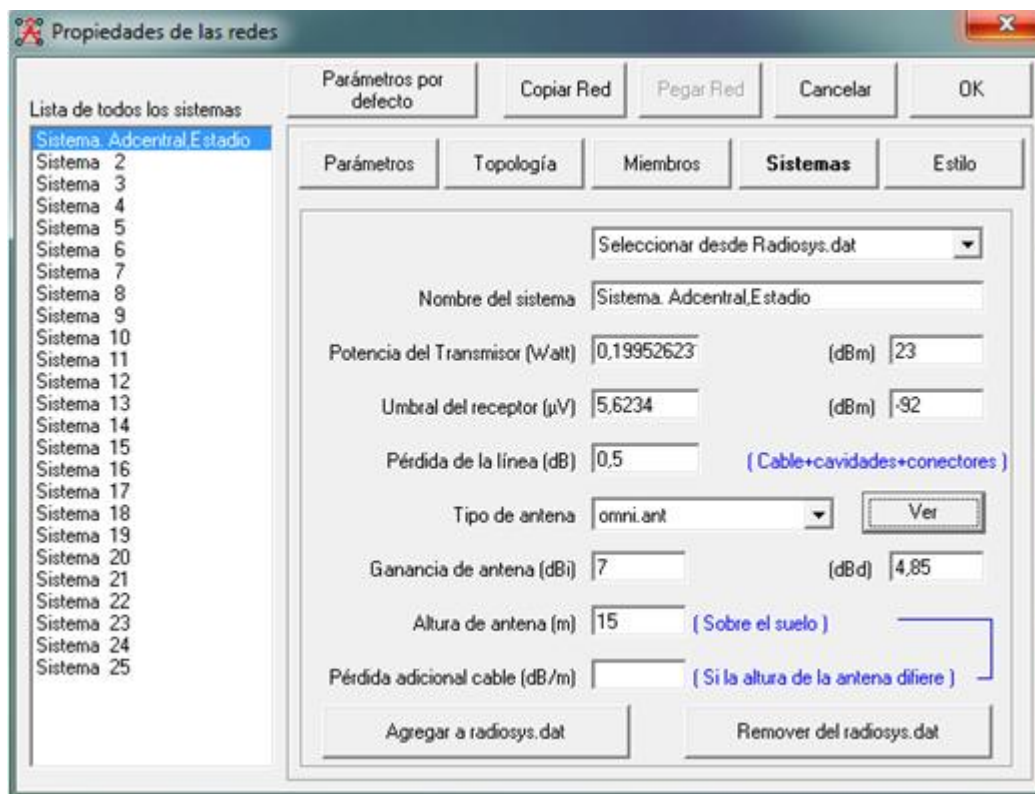


Figura 51. Creación de sistemas e ingreso de valores de Equipos

A continuación se muestra las respectivas imágenes para los enlaces de Malla tanto para los puntos de acceso que se encuentren en el Área de la Salud como también los enlaces que se encuentran en el campus Universitario, estos enlaces son los troncales o que forman la red Mallada, los mismos que trabajan a frecuencias promedio de 5800 MHz, ya que para los enlaces que se hagan entre clientes y puntos de acceso, se utilizara la frecuencia de 2,4Ghz, los cuales permiten comunicarse entre ellos, los cuales que trabajan a esta frecuencia.



**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**



Figura 52. Enlaces de Malla para el área de la salud e Idiomas.

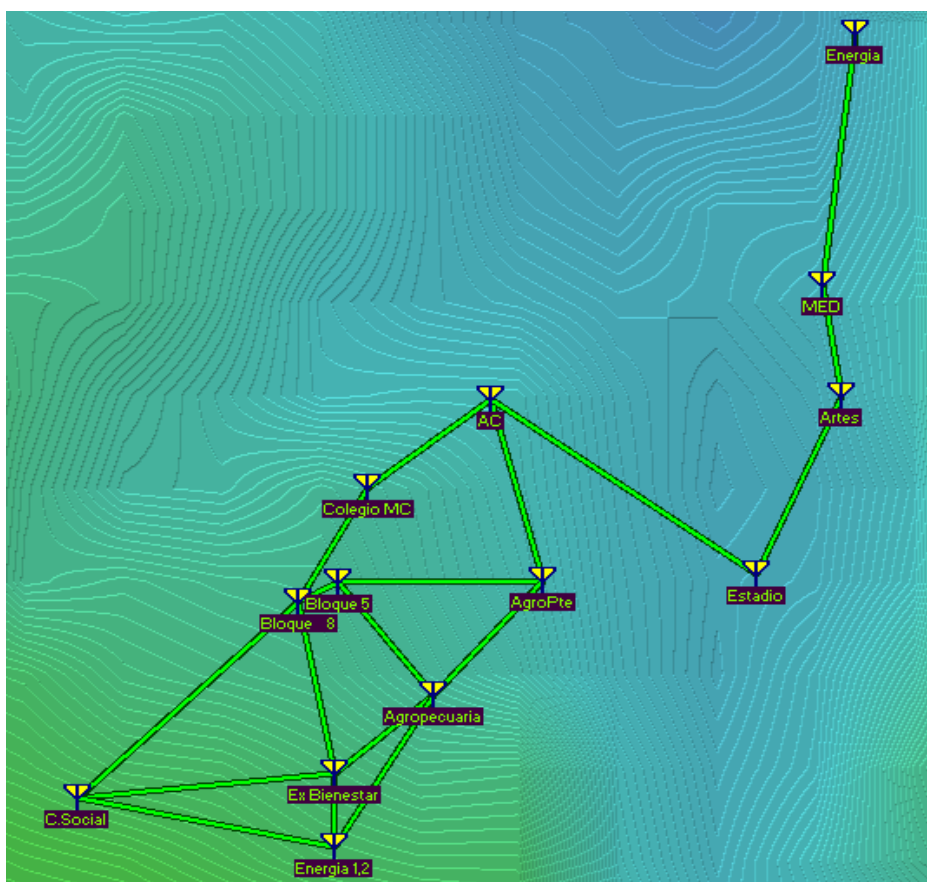


Figura 53. Enlaces de Malla para el campus Universitario la Argelia

Cabe mencionar que ya existe un enlace inalámbrico con una tasa de transmisión de 6.5Mbps, el cual va desde el bloque de Administración Central hacia el área de la Salud, el mismo actualmente se encuentra funcionando, es por eso que en este diseño no se lo

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

ha tomado en cuenta, este enlace ocupa equipos Canopy de Motorola a una frecuencia de 5725 MHz a 5858MHz.

Como se puede apreciar en las dos figuras siguientes, existe una perfecta línea de vista entre los radios que forman parte de la Red mallada, que va desde el Punto de Acceso de Administración Central al Punto de Acceso Ubicado en el Estadio, se puede concluir de acuerdo a esto que el mayor obstáculo se encuentra a 0,12Km desde el Punto de Administración Central en dirección al Estadio, se debe tener en cuenta que el programa no toma en cuenta las obstrucciones debido a árboles y construcciones civiles, pero esto no representa un mayor problema ya que en la visita técnica se pudo constatar que estos obstáculos no representan mayor problema para los enlaces, pero se ha tomado en cuenta un mínimo de estos obstáculos para ubicarlos dentro de perdidas adicionales en los enlaces. Para estos enlaces se ha tomado una altura a la cual estarán ubicados los puntos de acceso de 15 a 18 m sobre el suelo.

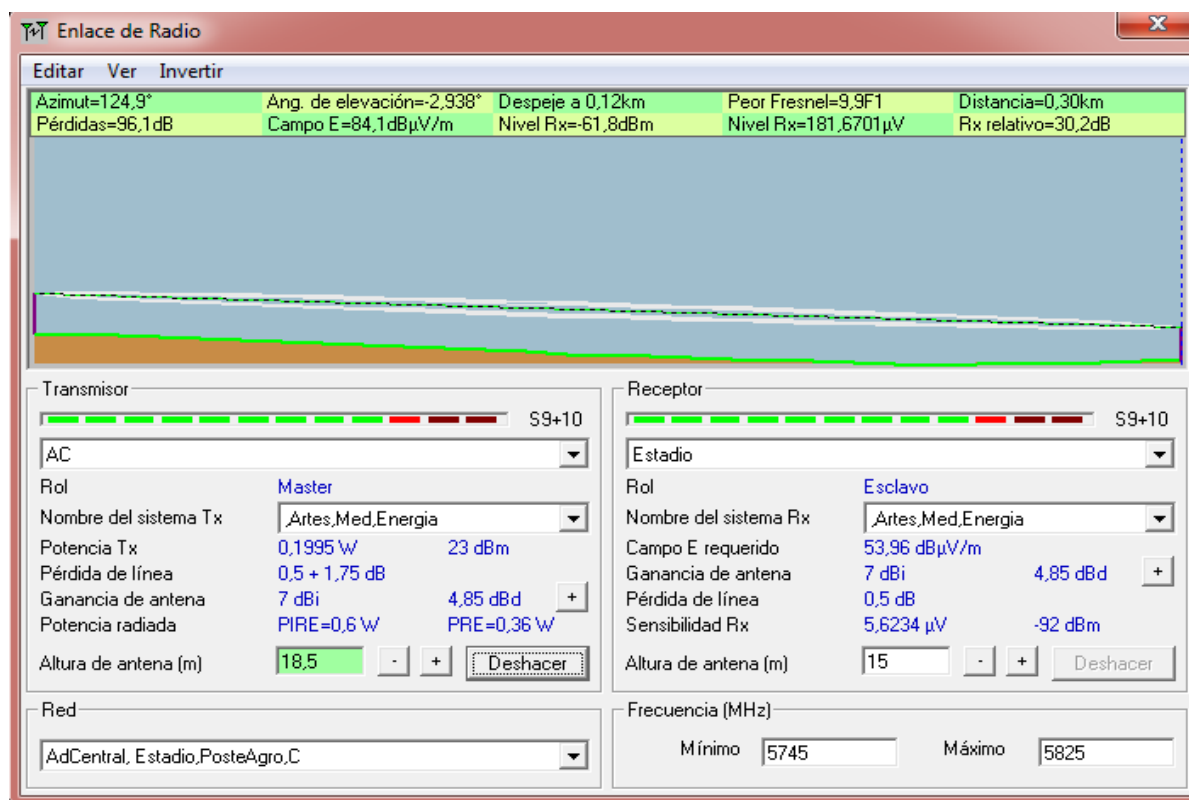


Figura 54. Resultados del enlace entre Administración Central y Estadio



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

### 2.7.6 Calculo de enlaces entre cada Punto de la Red Mallada

De acuerdo a los datos obtenidos de las simulaciones realizadas del comportamiento de los enlaces, podemos decir que los niveles de recepción para cada enlace se encuentra dentro de lo permitido ya que en cada caso tenemos un margen de -92dBm que es lo que se describe en las características de los equipos para 6Mbps ( nivel de transmisión para estos equipos) que es el valor que se ha tomado para esta simulación, en este caso la potencia de recepción esta denominada como Nivel Rx, además tenemos la peor potencia de Recepción para cada enlace representada por Nivel relativo Rx, que no es más que una substracción que se hace entre el margen de recepción proporcionada por el equipo y el calculado por el software de Radio Mobil, por demás está decir que también se determina la distancia entre cada punto de acceso, la primera zona de Fresnel así como la distancia a la que esta zona ocurre.

Por lo tanto todos estos enlaces son viables, porque se encuentran dentro de los márgenes establecidos para el cálculo respectivo, de potencia de transmisión, ganancia de las antenas, frecuencias a las que trabajan los equipos, perdidas en el espacio libre, determinación de la zona de Fresnel, así como el mínimo de potencia recibida.

Simbología	Distancia	Despeje	Zona de Fresnel	Perdidas	Nivel Rx	Rx Relativo
AP1-AP2	0,30Km	0,12Km	9,9F1	96,1dB	-61,8dBm	30,2dB
AP2-AP3	0,19Km	0,09Km	10,9F1	100,8dB	-64,3dBm	27,7dB
AP3-AP4	0,11Km	0,07Km	12,1F	93,7 dB	-57,2dBm	21,8dB
AP4-AP5	0,25Km	0,11Km	8,9F1	110,7dB	-74,7 dBm	17,3 dB
AP1-AP6	0,14Km	0,08Km	11,7F1	89,6 dB	-53,6 dBm	38,4dB
AP1-AP10	0,90Km	0,09Km	9,1F1	92,3 dB	-56,3 dBm	35,7dB
AP6-AP7	0,13Km	0,07Km	13,5F1	94,4 dB	-79,4 dBm	12,6 dB
AP7-AP8	0,04Km	0,02Km	20,4F1	86,5 dB	-50,5 dBm	41,5 dB
AP8-AP9	0,14Km	0,07Km	11,4F1	100,6 dB	-64,6 dBm	27,4 dB
AP9-AP10	0,15Km	0,09Km	10,5F1	97,2 dB	-62,2 dBm	30,8 dB
AP7-AP11	0,17Km	0,08Km	10,6F1	101,7 dB	-65,7 dBm	26,3 dB
AP7-AP16	0,28Km	0,14Km	8,6F1	104,7 dB	-68,7 dBm	23,3 dB



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

AP9-AP12	0,18Km	0,09Km	9,1F1	109,0 dB	-73,0 dBm	19,0 dB
AP8-AP10	0,19Km	0,10Km	8,9F1	100,9dB	-64,9 dBm	27,1 dB
AP9-AP12	0,18Km	0,09Km	9,1F1	109,0dB	-73,0 dBm	19,0 dB
AP12-AP16	0,25Km	0,11Km	7,8F1	105,1 dB	-69,1 dBm	22,9 dB
AP13-AP14	0,12Km	0,05Km	14,3F1	95,8 dB	-59,8 dBm	32,2 dB
AP13-AP15	0,25Km	0,14Km	10,4F1	106,3dB	-70,3 dBm	21,7 dB
AP14-AP15	0.17Km	0,07Km	9,9F1	101,2 dB	-65,2 dBm	26,8 dB
Elaborado por: Diego Mendoza						

Tabla 28. Relación entre Puntos de Acceso para formar la Red Mallada

### 2.8 DISTRIBUCIÓN DE CANALES

La red inalámbrica debe estar configurada de manera que permita establecer una comunicación sin interferencias y con una cobertura máxima, de tal manera que de acuerdo a los nuevos equipos a emplearse se tendrá que distribuirlos conforme lo especifica cada estándar que se plantea en el diseño.

La siguiente distribución está basada en el número de canales sin solapamiento, que permiten los puntos de acceso, pero esto puede cambiar si al momento de la instalación se descubre, que por la ubicación de nuevas redes se encuentran saturados, tendríamos la opción de hacer la elección del canal de una manera dinámica e inteligente mediante el dispositivo de gestión de red.

Para cada punto de acceso se trabajará con el estándar 802.11b/g/n, con los canales 1, 6, 11 para permitir el acceso de los usuarios a la red, mientras que para configurar al Access point en malla se utilizará el canal 149 del estándar 802.11a/n. A continuación se describe la distribución de los canales en cada Punto de Acceso:



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

<b>Lugar</b>	<b># Canal</b>	<b>Tipo de Antena</b>
Administración Central	1	Dual Band Omnidireccional
Estadio	6	Dual Band Omnidireccional
MED	11	Dual Band Omnidireccional
Energía	1	Dual Band Omnidireccional
Agropecuaria	6	Dual Band Omnidireccional
Colegio MC	11	Dual Band Omnidireccional
Bloque 8 (Educativa)	1	Dual Band Omnidireccional
Comunicación Social	6	Dual Band Omnidireccional
Bloque Ex Nivel	11	Dual Band Omnidireccional
Bloque Energía 1,2	1	Dual Band Omnidireccional
Bloque 5 (Educativa)	6	Dual Band Omnidireccional
Agropecuaria	11	Dual Band Omnidireccional
Salud	1	Dual Band Omnidireccional
Bloque Posgrado Salud	6	Dual Band Omnidireccional
Instituto de Idiomas	11	Dual Band Omnidireccional
Red Mallada	157	Dual Band Omnidireccional
Elaborado por: Diego Mendoza		

Tabla 29. Canales Asignados a los AP Aironet para la red Mallada

## 2.9. ANÁLISIS DE COSTOS

### 2.9.1 COSTOS DE EQUIPAMIENTO<sup>39</sup>

Los estudios previos de diseño dan una referencia de los costos para la infraestructura de la red *mesh* en la Universidad Nacional de Loja. De acuerdo al diagrama de red existen 16 puntos de acceso (se han pedido 17 pero uno es de respaldo), un Wireless Lan Controller, y el software Wireless Control System, para lo se necesita una estimación de costos del proyecto dividiéndolos en varios grupos de la siguiente forma.

- ✓ Costos de Equipos.
- ✓ Costos de Instalación.
- ✓ Costos de Mantenimiento.

#### 2.9.1.1 Costo de Equipos

La propuesta de Red Mallada cuenta con los siguientes equipos.

Equipo	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal
AP Aironet 1552e (A)	17	4.096.87	69.686.42
Antena Omni Dual Band, N Conector	57	272.52	13.898.37
Wireless Lan Controller 4400 Series	1	13.120.01	13.120.01
		Total Precio	96.704.80
		I.V.A 12%	11.604.576
		Total	108.309.38

Tabla 30. Costos de los Equipos para la implementación de la Red Inalámbrica.

<sup>39</sup> Costos referenciales proporcionados por la Empresa DOS



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

### 2.9.1.2 Costo de Infraestructura

Dentro la Infraestructura se considera los costos de Kits de montaje, herramientas, equipos de suministro de Energía, cables, adaptadores de fibra.

Equipo	Descripción	Cantidad	Precio Unit	Subtotal
Aironet 1500 Pole Mount Kit	<b>Accesorios de montaje de radios.</b>	17	117.57	1.998.76
Herramientas de Instalación	<b>Accesorios del equipo de Instalación</b>	17	454.80	7.731.85
AC Power Cord	<b>Cables para conexiones eléctricas</b>	17	252.72	4.632.79
Power Injector	<b>Dispositivo de suministro de energía</b>	17	226.95	3.858.08
1000Base-T SFP	<b>Transceptor de fibra óptica intercambiable</b>	2	360.01	720.02
			Total Precio	18.941.50
			IVA 12%	2.272.98
			Total	21.214.48

Tabla 31. Costos de Infraestructura

### 2.9.2 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

#### 2.9.2.1 Mano de Obra

Para la configuración e instalación de los demás APs se ha de tomar en cuenta como mano de obra, para ello se necesitara como mínimo dos técnicos y el tiempo estimado será de 45 días, ya que en algunos casos comprende instalar los equipos en lugares



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

lejanos en especial los del Área de la salud, los técnicos serán personas que laboran en el Departamento de Redes y equipos Informáticos ya que será a ellos quien se les dará la capacitación, en caso de requerir más personal se puede contar con el apoyo de pasantes los cuales no constituyen ningún gasto para la Universidad, por otro lado se tomara en cuenta un chofer para que apoye con el traslado de equipos, para obtener estos valores se ha pedido al departamento de recursos humanos para que proporcione cuales son los rubros que perciben los empleados por sus servicios, en sus respectivos cargos.

Personal	Cantidad	Tiempo Operación (días)	Valor Unit.	Subtotal
<b>Técnico para Instalación</b>	2	45	720.00	1440.00
<b>Chofer</b>	1	45	765.00	765.00
<b>Total</b>				2205.00

Tabla 32. Costos de Mano de Obra para la Implementación

### **2.9.3 COSTOS DE MANTENIMIENTO**

Los costos de mantenimiento y operación son los que se pagaran durante todo el tiempo de vida del sistema. Estos costos como sabemos se generan mensualmente para lo cual se considera lo siguiente.

- ✓ Pago de salarios al Personal
- ✓ Contrato de Soporte y Servicios Profesionales con la Empresa DOS
- ✓ Pago Anual del servicio de Internet





## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

### 2.9.3.1 Pago de salarios al personal.

Se necesita personal que haga el monitoreo de la Red Inalámbrica, para lo cual se deberá contar mínimo con un Responsable que esté a cargo de la Red y dos Técnicos para los respectivos chequeos de la misma, se ha considerado que la revisión de la red se la haga mínimo dos hora diarias, para el pago de las mismas se hará un proporcional del sueldo que ganan tanto Administrativos como técnicos para saber cuánto le corresponderá a cada uno cobrar por las horas trabajadas en la UNL, ya que las personas encargadas del mantenimiento serán del departamento de Redes y Equipos Informáticos.

Personal	Numero Personas	Pago Mensual	Pago Anual	Subtotal
Encargado	1	\$325	\$3900	\$3900
Técnico	2	\$120	\$1440	\$1440
			<b>Total</b>	<b>\$5340</b>

Tabla 33. Costo de Mantenimiento

### 2.9.3.2 Contrato de Soporte y Servicios Profesionales con la Empresa DOS

La Empresa con la que se ha trabajado para poder realizar el diseño de la Red Inalámbrica Mallada ha propuesto un rubro por concepto de Contrato para dar servicios profesionales y de Asistencia Técnica durante un año, los precios se detallan en la tabla siguiente.

Elemento	Tiempo	Costo
Contrato de Soporte	1 año	2.601.91
Servicios Profesionales	1 año	3.000.00
<b>Total Precio</b>		<b>5.601.91</b>
<b>I.V.A</b>		<b>672.22</b>
<b>Total</b>		<b>6.274.13</b>

Tabla 34. Costo por servicios profesionales



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

### **2.9.3.3 Pago por Costos de Servicios de Internet.**

Para el pago de los costos referente al servicio de Internet se ha tomado en cuenta la cantidad de ancho de banda necesario con el cual puedan operar los equipos para satisfacer la demanda de usuarios simultáneos, y de acuerdo al contrato que tiene la Universidad Nacional de Loja actualmente paga por el servicio de internet la cantidad de \$111116,65 anual incluido el impuesto de valor agregado por un total de ancho de banda de 83<sup>40</sup> Mbps, para todo el campus Universitario cabe mencionar que esto incluye el servicio inalámbrico que da actualmente la UNL.

De acuerdo a lo antes mencionado a la UNL por la cantidad de 10,8 Mbps que corresponde a la Red Inalámbrica mallada le tocaría cancelar la cantidad de \$ 14458,55 anualmente, esto se debería considerar para el primer año (catorce mil cuatrocientos cincuenta y ocho con cincuenta y cinco centavos)

### **2.9.4 COSTO TOTAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO**

Costos	Valor
Costos de Equipamiento.	129.523.96
<b>Costos de Instalación</b>	2025.00
<b>Costos de Mantenimiento</b>	26072.68
Total	157.621.64

Tabla 35. Costo total aproximado del para la implementación de la Red Mallada

<sup>40</sup> Fuente : Unidad Telecomunicaciones e Información Sección Redes, Numero contrato 166-zNCopUnl-2011

## **F3.-TERCERA FASE**

### **3. IMPLEMENTACIÓN DEL SEGMENTO DE RED BASADA EN OPENWRT Y EL PROTOCOLO OLSR**

#### **3.1 REQUERIMIENTOS BÁSICOS.**

##### **3.1.1 Selección de Equipos.**

Se ha determinado que los equipos seleccionados para la implementación del segmento de red Inalámbrica Mallada en los bloques de Administración Central serán los equipos Linksys , para ello se ha tenido que hacer una elección en la versión del equipo, para no tener problemas en el momento de hacer el cambio del firmware, en este caso se han escogido los puntos de acceso Wap54g en la versión 3.1 (wap54gv3.1) y el Router Wrt54g en la versión 3.0 (wrt54gs v3.0), los mismos que prestan las condiciones requeridas y los tenemos disponibles para poder trabajar, cabe mencionar que estos equipos vienen con antenas integradas las mismas que pueden ser cambiadas, por unas de mas ganancia



Figura 55. Punto de acceso wap54g V3.1 (izq), Router V3.0 (der)

<b>Equipo</b>	<b>CARACTERISTICA</b>	
Marca	Linksys	Linksys
Modelo	Punto d acceso Wap54g	Router Wrt54g
Versión	3.1	3.0
Potencia de emisión	18dBm	20dbm
Numero Antenas	2	2
Ganancia de Antenas	2.3dBi	2.3dBi
Frecuencia Operación	2.4GHz	2.4GZ
Estándar wlan	802.11 b/g	802.11 b/g
Canales de Operación	11	11
Elaborado por: Diego Mendoza		
Fuente: Hojas de datos de los equipos		

Tabla 36. Características de los equipos punto de acceso y Router



### **3.1.2 Selección del Firmware**

Para la selección del firmware se ha tomado en cuenta primeramente que esté disponible, que permita ser utilizado a la par con el protocolo de enrutamiento OLSR, que exista suficiente y eficiente documentación del mismo, y que además actualmente se encuentre siendo utilizado por alguna empresa o compañía.

El firmware escogido para la implementación de esta red fue Freifunk, el mismo que es desarrollado por una organización Alemana, el cual está disponible en la red en sus diferentes versiones y para diferentes tipos de dispositivos, del mismo modo cuenta con paquetes suplementarios en caso que se le quiera aumentar la funcionalidad o algún aspecto específico respecto a la configuración del Nodo o equipo que forme parte de la red mallada.

### **3.1 3 Selección del Paquete del Firmware Freifunk**

Para nuestro caso, por disponer de dos tipos de dispositivos inalámbricos diferentes en sus versiones de hardware y en sus funcionalidades, como son el Punto de acceso WAP 54G y el Router WRT54GS, luego de haber analizado las versiones de firmware y para que equipos están disponibles, se ha determinado que los paquetes serán para el Punto de Acceso Wap54 el OpenWrt-Freifunk-Firmware.trx en su versión 1.7.4 (openwrt-freifunk-1.7.4-es.trx) el mismo que viene con los paquetes básicos para la configuración del equipo, y para el Router wrt54gs el paquete seleccionado es, OpenWrt-Freifunk-Firmware.bin también en su versión 1.7.4 (openwrt-gs-freifunk-1.7.4-es.bin) cabe destacar que para este equipo por tratarse de un Router el firmware en esta extensión viene con más funcionalidades que con las que viene el firmware para el WAP 54g, esto se debe principalmente a la capacidad de la memoria Ram y Flash que poseen estos equipo, se debe mencionar que algunos equipos actuales de la marca Linksys no se puede realizar el cambio de firmware, debido a que algunas características en la memoria Ram y flash ah sido modificadas.

#### **3.1.1.1 Selección de paquetes suplementarios.**

Para la instalación de paquetes suplementarios, debemos saber si son indispensables para la configuración, ya que debido a la memoria que tienen estos dispositivos sería una mala decisión tratar de bajar todos los paquetes que están disponibles para estos



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

equipos, ya que si hacemos esto saturaríamos la memoria de los equipos y con esto vendría a afectar el rendimiento de cada uno de los nodos (radios).

Los paquetes que se ha creído conveniente utilizar en este proyecto son freifunk-dnsmasq\_1.7.4\_mipsel.ipk, freifunk-olsr-viz-de\_1.7.4\_mipsel.ipk, freifunk-statistics-es\_1.7.4\_mipsel.ipk, wireless-tools\_28.pre7-1\_mipsel.ipk.

### ➤ **freifunk-dnsmasq.**

Este paquete dnsmasq permite poner en marcha un servidor dns de forma sencilla y además otras de sus funcionalidades es permitir instalar un servidor Dhcp para poder asignar direcciones Ip, es uno de los paquetes más importantes para el propósito de configuración de la red mesh, ya que por medio de el podemos configurar olsrdhcp, el mismo que permite que los clientes inalámbricos puedan obtener una dirección ip que se encuentre el rango del Dhcp para poder navegar, sin tener que instalar el demonio OLSRD en sus máquinas, una vez instalado se lo puede visualizar en la parte de administración en la opción de olsr con el nombre de olsrdhcp.

### ➤ **freifunk-olsr-viz**

Este paquete nos permite visualizar como se va formando la red mallada, luego que se ha conectado mínimo dos APs que se encuentren configurados para funcionar en modo ad-hoc, y dejado que corra un tiempo prudencial de unos dos minutos, automáticamente se visualizara en una pantalla como se van armando y reconociendo los nodos, mostrando la calidad del enlace, el nombre e ip del nodo, y además las líneas de conexión para demostrar que si existe el enlace entre cada uno de los nodos que forman la malla.

### ➤ **freifunk-statistics**

La principal función de este paquete, es permitir visualizar el tráfico que se ha producido en la red, podemos ver estadísticas de rendimiento, estadísticas de los enlaces Wireless, y principalmente la estadística del trafico mediante el protocolo olsr.



➤ **wireless-tools\_28.pre7-1\_mipsel**

Este paquete trae algunas herramientas que servirán para la configuración de la red mallada entre algunas podemos describir, la de topología, cron, mapa, las mismas que configuradas adecuadamente, nos permiten tener una visión más clara del comportamiento de protocolo olsr.

Previamente y teniendo una descripción de los paquetes a instalar, a continuación se va a demostrar como cargar los paquetes.

### **3.2 Direccionamiento ip para la red mesh**

Para determinar el direccionamiento ip para la red Mallada, se ha considerado algunos aspectos entre ellos tenemos:

Primeramente el número de radios, los mismos que en este caso son 12, esto por el nivel de señal que emiten las antenas y la ganancia de las mismas.

Que el rango de dirección ip sea de clase C, para este caso tenemos 192.168.10.0/24 para la Red LAN, de manera que si queremos aumentar mas radios lo podemos hacer sin ningún problema.

El direccionamiento ip para la parte de Wireless, se ha tomado la dirección 10.10.1.0/16 clase A, tomamos así de manera que no interfiera con el direccionamiento de la Red LAN, además como sabemos que necesitamos direcciones ip para la parte de el Dhcp olsr, las mismas que se derivan del direccionamiento Wireless.

Sabiendo que vamos a dar servicio de internet la Unidad de Telecomunicaciones e Información nos ha proporcionado una Ip que será configurada en la parte WAN del Router principal, la cual es 172.16.63.48./19, la misma que nos permite salida directa a Internet.

La puerta de enlace de la Red Lan y WLAN en este caso se la mencionado con fines de explicación, ya que no son muy necesaria debido a que la red Lan solo es con fines de



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

Administración, en cambio en la Red Wireless la puerta de enlace la determina el protocolo olsr.

Dirección de Red	Mascara	Primera Dirección de Host	Ultima dirección de host	Broadcast	Descripción
192.168.10.0/24	255.255.255.0	192.168.10.1	192.168.10.254	192.168.10.255	LAN
10.10.1.0/16	255.255.0.0	10.10.0.1	10.10.255.254	10.10.255.255	WLAN
172.16.63.48/19	255.255.224.0	172.16.32.1	172.16.63.254	172.16.63.255	WAN
Elaborado por : Diego Mendoza					

Tabla 37. Direccionamiento ip para la Red Mallada

Para el Dhcp olsr se ha considerado, que por cada radio se asignara un numero de 30 ips, ya que teniendo en cuenta que son 12 radios, y las mismas se derivan del direccionamiento para Wireless que es un /16.

El direccionamiento ip para el dhcpolsr es un /16, perteneciente a la Red Wireless, pero para determinar cuantos host se podrán conectar se limita con un /27 que daría un total de 32 host, aquí debemos recordar que el olsrdhcp guarda la dirección de Red, la dirección de broadcast, y la primera dirección ip por lo tanto tenemos que se podrán conectar a cada equipo mediante olsrdhcp solamente 27 host

A continuación se muestra una tabla con el número de nodos a implementarse, y su respectivo direccionamiento, teniendo en cuenta que esto para la configuración de la Red Lan, con el firmware Freifunk.



### **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

<b>Nombre del nodo</b>	<b>Interfaz</b>	<b>Dirección ip</b>	<b>Mascara</b>	<b>Equipo</b>
Nodo 1/Router	eth0	192.168.10.1	255.255.255.0	Wrt54gs
Nodo2	eth0	192.168.10.2	255.255.255.0	Wap54gs
Nodo3	eth0	192.168.10.3	255.255.255.0	Wap54g
Nodo4	eth0	192.168.10.4	255.255.255.0	Wap54g
Nodo5	eth0	192.168.10.5	255.255.255.0	Wap54g
Nodo6	eth0	192.168.10.6	255.255.255.0	Wap54g
Nodo7	eth0	192.168.10.7	255.255.255.0	Wap54g
Nodo8	eth0	192.168.10.8	255.255.255.0	Wap54g
Nodo9	eth0	192.168.10.9	255.255.255.0	Wap54g
Nodo10	eth0	192.168.10.10	255.255.255.0	Wap54g
Nodo11	eth0	192.168.10.11	255.255.255.0	Wap54g
Nodo12	eth0	192.168.10.12	255.255.255.0	Wap54g
Elaborado por: Diego Mendoza				

Tabla 38. Direccionamiento ip para la configuración Lan de los nodos

En la siguiente tabla se muestra el direccionamiento para Wireless de la red Mallada en los bloques de Administración Central de la Universidad Nacional de Loja.

<b>Nombre nodo</b>	<b>Interfaz</b>	<b>Dirección ip WLAN</b>	<b>Mascara</b>	<b>Equipo</b>
Nodo1/Router	eth1	10.10.1.1	255.255.0.0	Wrt54gs
Nodo2	eth1	10.10.1.2	255.255.0.0	Wap54g
Nodo3	eth1	10.10.1.3	255.255.0.0	Wap54g
Nodo4	eth1	10.10.1.4	255.255.0.0	Wap54g
Nodo5	eth1	10.10.1.5	255.255.0.0	Wap54g
Nodo6	eth1	10.10.1.6	255.255.0.0	Wap54g
Nodo7	eth1	10.10.1.7	255.255.0.0	Wap54g
Nodo8	eth1	10.10.1.8	255.255.0.0	Wap54g
Nodo9	eth1	10.10.1.9	255.255.0.0	Wap54g
Nodo10	eth1	10.10.1.10	255.255.0.0	Wap54g
Nodo11	eth1	10.10.1.11	255.255.0.0	Wap54g
Nodo12	eth1	10.10.1.12	255.255.0.0	Wap54g
Elaborado por: Diego Mendoza				

Tabla 39. Direccionamiento ip para la red Wireless





## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

A continuación se hace una distribución y el número de ips para cada uno de los nodos, las cuales les permitirán a los usuarios finales poder conectarse a la red Mallada..

Nombre nodo	Dirección WLAN	Mascara	Rango Ips para olsrdhcp	Numero ips <sup>41</sup>
Nodo1/Router	10.10.1.1/16	255.255.0.0	10.10.2.0/27	27
Nodo2	10.10.1.2/16	255.255.0.0	10.10.2.32/27	27
Nodo3	10.10.1.3/16	255.255.0.0	10.10.2.64/27	27
Nodo4	10.10.1.4/16	255.255.0.0	10.10.2.96/27	27
Nodo5	10.10.1.5/16	255.255.0.0	10.10.2.128/27	27
Nodo6	10.10.1.6/16	255.255.0.0	10.10.2.160/27	27
Nodo7	10.10.1.7/16	255.255.0.0	10.10.2.192/27	27
Nodo8	10.10.1.8/16	255.255.0.0	10.10.2.224/27	27
Nodo9	10.10.1.9/16	255.255.0.0	10.10.3.0/27	27
Nodo10	10.10.1.10/16	255.255.0.0	10.10.3.32/27	27
Nodo11	10.10.1.11/16	255.255.0.0	10.10.3.64/27	27
Nodo12	10.10.1.11/16	255.255.0.0	10.10.3.96/27	27
Elaborado por: Diego Mendoza				

Tabla 40.Rango de direcciones ip para olsrdhcp

### 3.3 Número de usuarios.

El número de usuarios que pueden conectarse a la red Mallada es de 27 por cada radio, ya que como anteriormente se explicó esto está determinado por el olsrdhcp, con esta capacidad de ips disponibles se asegura que todos los usuarios inalámbricos puedan tener acceso a la red, además de acuerdo a la hoja de datos del punto de acceso antes mencionado recomienda 30 usuarios simultáneos por Ap. evitando con esto disminuir el rendimiento del Radio, cabe mencionar que como existe un solo ESSID, existe la posibilidad que un solo Ap se cope en su totalidad, por tal razón se le da este numero promedio de Ips, los radios se encontraran ubicados en cada uno de los dos bloques para cumplir eficientemente con la cobertura total de los mismos.

<sup>41</sup> Se tendrá 27 ips por que el olsrdhcp guarda la dirección de red, la de broadcast y la primera dirección ip.

Los usuarios se podrán conectar a cualquiera de los radios indistinta mente del lugar que se encuentren, simplemente tendrán que disponer de un dispositivo inalámbrico, y encontrarse dentro de rango de cobertura de cualquier punto de acceso, para poder navegar en la red.

### 3.4 Aspectos básicos para la configuración de la red mesh

#### 3.4.1 Selección del canal.

Para la selección del canal se han hecho pruebas de campo para saber en que canales se encuentran funcionando las redes cercanas, y determinar si existe un canal que no este usado y que tenga la característica de no estar solapado, ya que por el hecho que la red mesh en este modo (Ad-Hoc) todos los nodos deben estar configurados en el mismo canal.

#### 3.4.2 Redes cercanas y canales ocupados.

Como se puede observar en la siguiente imagen los canales mas usados son el canal 1 y el canal 6, siendo estos dos juntamente con el canal 11, canales que no se encuentran dentro de la gama de solapamiento, de modo que la elección para nuestra implementación será el canal 11, teniendo con esto la garantía que no se interferirá con otras redes cercanas, esto permitirá a los puntos de acceso verse como un solo AP.

apac	-72	802.11g	TKIP	WPA/PSK	Cisco-Linksys	00:10:2E:0A:44:3	2422
network	-74	802.11n	WEP	Open	TRENDnet	00:14:D1:CD:16:10	2457
NETTRUIS IN	-76	802.11n	AES-CCMP	WPA2/PSK	Unknown	34:08:04:05:7A:6	2437
Nettplus W-F	-77	802.11g	None	Open	Ubiquiti	00:15:5D:A8:47:1	2412
Ukergala	-79	802.11g	WEP	Open	Cisco-Linksys	00:1C:10:00:89:4	2427
roc-ales	-83	802.11g	WEP	Open	D-Link	00:1C:F0:CD:4A:6	2437
SHardware	-83	802.11g	None	Open	D-Link	00:13:46:97:00:10	2457
clion-broadc	-85	802.11g	TKIP	WPA/PSK	Epigram	00:90:4C:91:00:3	2422
SDinformatica	-86	802.11g	AES-CCMP	WPA2/PSK	D-Link	00:1C:F0:A8:2A:9	2452
mallando	-88	802.11g	WEP	Open	Routerboardcom	00:0C:42:39:1C:2	2417
SIAdminCentr	-90	802.11g	None	Open	D-Link	00:1C:F0:A8:2C:2	2417

Figura 56. Canales usados en redes cercanas a Administración Central



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

### **3.4.3 Selección del ISSD.**

Teniendo en cuenta que existen redes cercanas con diferentes identificadores de nombres de red, se ha tratado que la red mesh tenga su nombre común para todos los radios, ya que gracias a que se encuentran en el mismo canal, y el mismo modo de operación, al tener todos el mismo nombre, no habrá diferentes eissd que causen alguna confusión, para este caso se ha determinado que se llame MEshUnl, un nombre fácil de identificar para los usuarios de la universidad en especial para los de Administración Central a los cuales está dedicado el servicio.

### **3.4.4 Selección del BBISD**

Este parámetros permite una mejor comunicación de los nodos pasarela con el nodo Router, permitirá que estos nodos sepan cual el su puerta de enlace, para ello se ha elegido que sea la dirección Mac del nodo principal la cual vaya configurar en cada una de los demás nodos, dirección mac del Router principal es 00:1c:10:0d:89:78

Es probable que se cambie el router principal, para ello cambiaria automáticamente la dirección MAC, de modo que se debe realizar el cambio manualmente el resto de nodos que conforman la red mallada.

Se debe tener muy en cuenta al momento de la configuración del BSSID, que el mismo pertenezca a la interfaz inalámbrica del nodo que en este caso dará el servicio de internet a todos los demás nodos.

## **3.5 Configuración de los Nodos**

### **3.5.1 Configuración de los Nodos atreves de acceso Web**

#### **➤ Configuración Lan**

Para la configuración Lan tenemos los siguientes parámetros ip Lan 192.168.10.1, mascara 255.255.255.0, puerta de enlace no se configura se deja el parámetro en blanco, no se desactiva el firewall, y el Nat, se desactiva el Dhcp Lan para no asignar ips mediante la Lan su valor debe ser cero, también se debe establecer el tiempo que se

podrá disponer de la ip pero no se activa ya que pertenece a la red Lan esta configuración debe ser para todos los nodos.

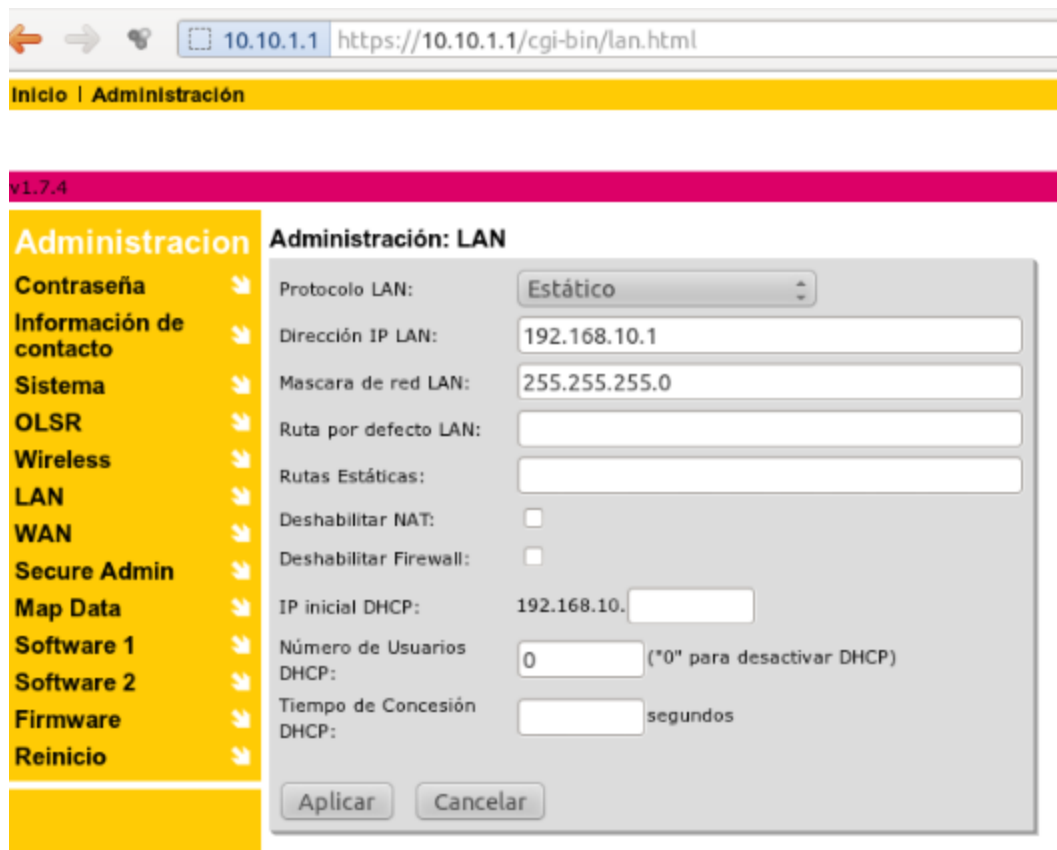


Figura 57. Configuración del radio en la parte Lan

### ➤ Configuración Wireless

En esta sección se define la configuración Wireless estática que se pondrá en el Router Nodo principal y en el resto de nodos que conforman la red Inalámbrica.

A continuación tenemos una imagen en la definimos la dirección ip Wireless 10.10.1.1/16. Mascara 255.255.0.0,(en el apartado de direcciones ip para la red Wireless se define el direccionamiento para el resto de nodos) puerta de enlace la dejamos en blanco, para que sea el protocolo olsr mediante el estado del enlace defina este parámetro, a continuación debemos configurar el modo que va a trabajar el nodo

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

debemos elegir entre Master, Cliente y ad-hoc, para esta configuración debe ser ad-hoc, configuración punto a punto, establecer el essid, MeshUnl, y bbisd 00:1c:10:0d:89:78, tipo de tarjeta b/g, la antena de emisión-recepción diferente de auto, y seguidamente la potencia de emisión, condicionada por tres parámetros, limite regulatorio 100mW, pérdida en los cables 1dB, ganancia de las antenas a 4 dbi, ya que la ganancia de cada una esta definida a 2,4 dbi, el resto de parámetros se los muestra en la imagen.

The screenshot shows a web-based configuration interface for wireless settings. The browser address bar shows `10.10.1.1 https://10.10.1.1/cgi-bin/wifi.html`. The interface has a yellow sidebar with navigation options: Administración, Contraseña, Información de contacto, Sistema, OLSR, Wireless, LAN, WAN, Secure Admin, Map Data, Software 1, Software 2, Firmware, and Reinicio. The main content area is titled "Administración: Wireless" and contains the following settings:

- Protocolo WLAN: Estatico
- Dirección IP WLAN: 10.10.1.1
- Máscara de red WLAN: 255.255.0.0
- Ruta por defecto WLAN: (empty)
- Modo WLAN: Ad Hoc (Peer to Peer)
- ESSID: MeshUnl
- BSSID: 00:1c:10:0d:89:78
- Canal: 11
- Tipo de tarjeta:  802.11a  802.11b/g
- Antena de recepción:  Auto  Antena A  Antena B
- Antena emisora:  Auto  Antena A  Antena B
- Potencia de emisión: 60
- Override:
- Regulatory Limit: 18 dBm = 63 mW
- Cable/Plug Loss: 1 dB
- Antenna Gain: 4 dBi
- Result: 60 qdBm = 32 mW

Below these settings is the "Modo Radio" section with the following options:

- Modo Radio: Modo B y Modo G
- Transmisión (E)SSID:  Activar  Desactivar
- Ignore PROBE\_REQ:  Activar  Desactivar
- Ratio básico: Por Defecto
- Velocidad de transmisión: 11 Megabit/s
- Velocidad multicast: 5.5 Megabit/s
- Modo de protección CTS: Desactivado
- Frame Burst: Desactivado
- Intervalo de Balizas: 100
- Intervalo DTIM: 1
- Umbral de Fragmentación: 2346
- Umbral RTS: 2347
- Valor MTU: (empty)

Buttons for "Aplicar" and "Cancelar" are at the bottom. A mouse cursor is visible over the "Aplicar" button.

**Consejo:** Para la mayoría de aparatos, la opción **Antena A** activa la antena izquierda mirando desde el frente.

Figura 58. Configuración de parámetros en la parte Wireless

### ➤ Configuración Wan

Esta configuración se lleva únicamente en el nodo o nodos que tendrán conectividad a internet, para el nodo principal su configuración debe ser estática, para lo cual tenemos ipwan 172.16.63.48, mascara 255.255.224.0, puerta de enlace 172.16.32.1, esta ip pertenece al rango 172.16.63.0/19 perteneciente a la red de la Universidad Nacional de Loja, además se deben activar los parámetros de ping, http,https, y ssh.y en la casilla correspondiente a conector rj45 se pone en 4 5 por el tipo de conector.



Figura 59. Parámetros de configuración en la parte WAN

### ➤ Configuración de olsr

La configuración olsr comprende en este caso tres parámetros fundamentales, la configuración de la Red olsr para lo cual ponemos toda la dirección de Red Wireless 10.10.1.0/16, el rango de direcciones ip para olsrdhcp

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

10.10.2.0/27;255.255.0.0, y también los mensajes hna al cual se le asignan en el nodo principal la red 0.0.0.0/0 y en los demás nodos clientes los mensajes hna será correspondiente al numero de ips disponibles desde cada punto de acceso.



The image shows a web browser window displaying the configuration page for OLSR (Open Loop Service Routing) on a device with IP 10.10.1.1. The browser address bar shows 'https://10.10.1.1/cgi-bin/olsrd.html'. On the left, there is a yellow sidebar menu with the following items: Administración, Contraseña, Información de contacto, Sistema, OLSR, Wireless, LAN, WAN, Secure Admin, Map Data, Software 1, Software 2, Firmware, and Reinicio. The main content area is titled 'Administración: OLSR' and contains various configuration fields and radio buttons. The fields are: Red OLSR (10.10.0.0/16), Smart Gateway (radio buttons for Habilitar and Deshabilitar), Filtro OLSR (empty text box), Redirección DMZ (empty text box), Servicios OLSR (empty text box), OLSR DHCP (10.10.2.0/27, 255.255.0.0), Use HNA4 for Clients (radio buttons for Habilitar and Deshabilitar), HNA4 (0.0.0.0/0), Broadcast IP4 (empty text box), Interfaces (empty text box), Velocidad OLSR (empty text box), Predisposición (empty text box), Protocolo QoS (ETX) (radio buttons for Habilitar and Deshabilitar), Filtro OLSR (empty text box), Histéresis (radio buttons for Habilitar and Deshabilitar), Frecuencia de Histéresis (empty text box), Umbral Superior (empty text box), and Umbral Inferior (empty text box). Below these fields, there are several more radio buttons for: Policy Routing, PING Addresses, Servidor de Nombres(DNS), Arp Refresh, Txinfo, Configuración de Tráfico OLSR, and Direcciónamiento Djs de P27. At the bottom of the configuration area, there are two buttons: 'Aplicar' and 'Cancelar'.

Figura 60. Configuración olsr

➤ **Uso de NAT**

Esto se da con la Red 10.10.0.0/16, de modo que todo el trafico generado en esta red pueda salir por la IP 172.16.63.48/19, ya que esta ip esta configura en el Router que es el medio por el cual se da acceso a internet a toda la Red Mallada, para este caso será la VLan1.

IP NAT: <a href="#">Muestra / Esconde</a>								
Chain PREROUTING (policy ACCEPT 1856K packets, 273M bytes)								
pkts	bytes	target	prot	opt	in	out	source	destination
Chain POSTROUTING (policy ACCEPT 25 packets, 4582 bytes)								
pkts	bytes	target	prot	opt	in	out	source	destination
2541	143K	MASQUERADE	all	--	*	vlan1	0.0.0.0/0	0.0.0.0/0
0	0	MASQUERADE	all	--	*	eth1	192.168.10.0/24	!192.168.10.0/24
Chain OUTPUT (policy ACCEPT 691 packets, 48033 bytes)								
pkts	bytes	target	prot	opt	in	out	source	destination

Figura 61. VLan1 Natea toda la Red 10.10.0.0/16

**3.5.2 Descripción de la parte publica de los equipos.**

La parte publica de cada equipo se la puede observar luego de haber configurado y este en funcionamiento la red mallada, ya que de esta manera se va a poder determinar el funcionamiento del protocolo.

➤ **Estado.**

En este apartado tenemos el estado del equipo en el cual podemos darnos cuenta si el equipo esta configurado y corriendo el protocolo olsr, además aquí se muestra primeramente un resumen, las rutas que crea el protocolo hacia otros radios, también poder buscar redes cercanas y canales usados, y por su puesto el estado olsr, del equipo.



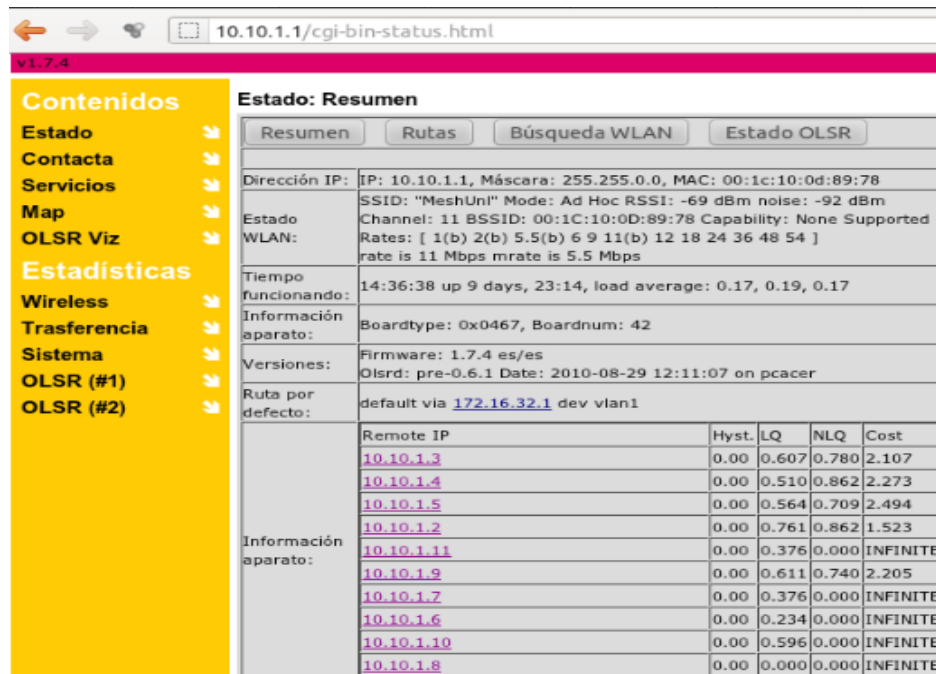


Figura 62. Estado del radio Principal

A continuación tenemos la imagen que nos muestra el estado olsr, con sus respectivos links entre cada nodo de la red con el principal, la calidad de los enlaces así como el costo, sus respectivos vecinos, que existen entre ellos.

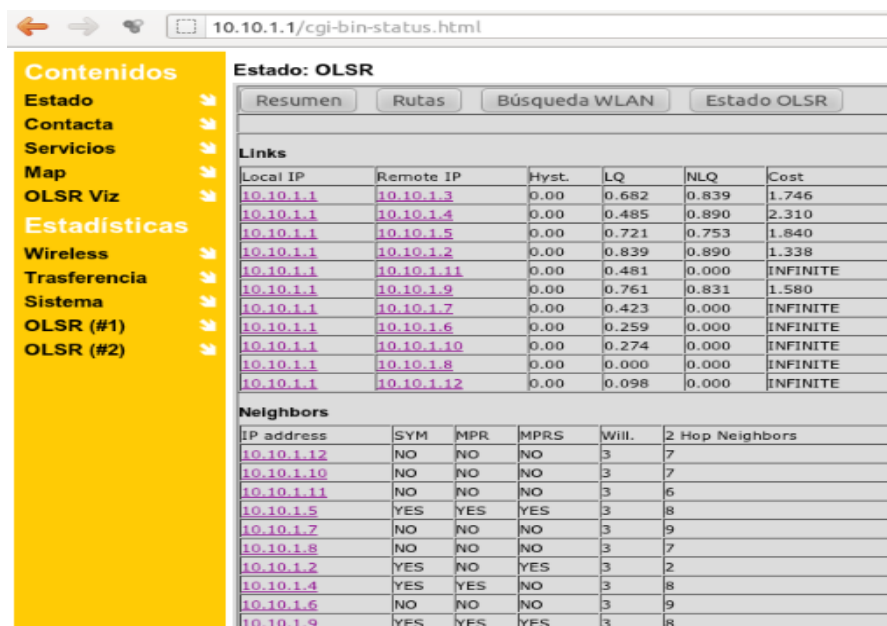


Figura 63. Estado olsr del radio principal



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

A continuación se puede apreciar la topología, como cada uno de los nodos trata de establecer una comunicación con uno o mas nodos dentro de la red, además tenemos el costo que hay entre cada uno de ellos resultantes de dividir 1 para LQ (calidad de enlace paquete recibido del vecino) multiplicado por NLQ (calidad de enlace paquete enviado al vecino), dándonos como resultado el costo.

Topology				
Dest. IP	Last hop IP	LQ	NLQ	Cost
<a href="#">10.10.1.2</a>	<a href="#">10.10.1.1</a>	0.839	0.890	1.338
<a href="#">10.10.1.3</a>	<a href="#">10.10.1.1</a>	0.682	0.839	1.746
<a href="#">10.10.1.4</a>	<a href="#">10.10.1.1</a>	0.485	0.890	2.310
<a href="#">10.10.1.5</a>	<a href="#">10.10.1.1</a>	0.721	0.753	1.840
<a href="#">10.10.1.9</a>	<a href="#">10.10.1.1</a>	0.761	0.831	1.580
<a href="#">10.10.1.1</a>	<a href="#">10.10.1.2</a>	0.890	0.740	1.516
<a href="#">10.10.1.3</a>	<a href="#">10.10.1.2</a>	0.717	0.234	5.922
<a href="#">10.10.1.4</a>	<a href="#">10.10.1.2</a>	0.839	1.000	1.191
<a href="#">10.10.1.1</a>	<a href="#">10.10.1.3</a>	0.839	0.510	2.337
<a href="#">10.10.1.2</a>	<a href="#">10.10.1.3</a>	0.234	0.721	5.890
<a href="#">10.10.1.4</a>	<a href="#">10.10.1.3</a>	0.808	0.913	1.354
<a href="#">10.10.1.5</a>	<a href="#">10.10.1.3</a>	0.748	1.000	1.335
<a href="#">10.10.1.6</a>	<a href="#">10.10.1.3</a>	0.627	1.000	1.594
<a href="#">10.10.1.7</a>	<a href="#">10.10.1.3</a>	0.384	0.780	3.334
<a href="#">10.10.1.9</a>	<a href="#">10.10.1.3</a>	0.732	0.521	2.614
<a href="#">10.10.1.10</a>	<a href="#">10.10.1.3</a>	0.839	0.662	1.798
<a href="#">10.10.1.11</a>	<a href="#">10.10.1.3</a>	0.862	0.858	1.350
<a href="#">10.10.1.12</a>	<a href="#">10.10.1.3</a>	0.564	0.968	1.828
<a href="#">10.10.1.1</a>	<a href="#">10.10.1.4</a>	0.944	0.485	2.176
<a href="#">10.10.1.2</a>	<a href="#">10.10.1.4</a>	1.000	0.839	1.191
<a href="#">10.10.1.3</a>	<a href="#">10.10.1.4</a>	0.940	0.808	1.314
<a href="#">10.10.1.5</a>	<a href="#">10.10.1.4</a>	0.780	0.944	1.355
<a href="#">10.10.1.6</a>	<a href="#">10.10.1.4</a>	0.290	0.682	5.050
<a href="#">10.10.1.7</a>	<a href="#">10.10.1.4</a>	0.808	0.917	1.349
<a href="#">10.10.1.8</a>	<a href="#">10.10.1.4</a>	0.403	0.972	2.545
<a href="#">10.10.1.9</a>	<a href="#">10.10.1.4</a>	0.917	0.646	1.684
<a href="#">10.10.1.1</a>	<a href="#">10.10.1.5</a>	0.753	0.572	2.319
<a href="#">10.10.1.3</a>	<a href="#">10.10.1.5</a>	1.000	0.748	1.335
<a href="#">10.10.1.4</a>	<a href="#">10.10.1.5</a>	0.944	0.804	1.315
<a href="#">10.10.1.6</a>	<a href="#">10.10.1.5</a>	1.000	1.000	1.000
<a href="#">10.10.1.7</a>	<a href="#">10.10.1.5</a>	1.000	0.858	1.164

Figura 64. Enlaces entre cada uno de los nodos

Los mensajes hna son mensajes compuestos por una dirección de red y su respectiva mascara en este caso sirven para anunciar una entrada a internet mediante la red 0.0.0.0/0 , la siguiente figura muestra la tabla creada por estos mensajes

HNA	
Destination	Gateway
10.10.2.0/27	10.10.1.1
0.0.0.0/0	10.10.1.1
10.10.0.0/16	10.10.1.12
10.10.3.96/27	10.10.1.12
10.10.0.0/16	10.10.1.10
10.10.3.32/27	10.10.1.10
10.10.0.0/16	10.10.1.11
10.10.3.64/27	10.10.1.11
10.10.2.128/27	10.10.1.5
10.10.2.192/27	10.10.1.7
10.10.2.224/27	10.10.1.8
10.10.0.0/16	10.10.1.2
10.10.2.32/27	10.10.1.2
10.10.2.96/27	10.10.1.4
10.10.2.160/27	10.10.1.6
10.10.0.0/16	10.10.1.9
10.10.30.0/27	10.10.1.9
10.10.2.64/27	10.10.1.3

Figura 65. Topología creada por los mensajes hna

➤ **Rutas**

Las rutas que se crean entre el nodo principal y los nodos vecinos son determinadas mediante el protocolo de encaminamiento, a continuación se muestra la tabla de enrutamiento del nodo principal hacia diferentes nodos.

**Estado: Rutas**

Resumen   Rutas   Búsqueda WLAN   Estado OLSR

10.10.1.9	dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.8	via 10.10.1.5 dev eth1 metric 2
10.10.1.11	via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.1.10	via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.1.12	via 10.10.1.5 dev eth1 metric 2
10.10.1.3	dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.2	dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.5	dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.4	dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.7	via 10.10.1.5 dev eth1 metric 2
10.10.1.6	via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.2.32/27	via 10.10.1.2 dev eth1 metric 2
10.10.2.96/27	via 10.10.1.4 dev eth1 metric 2
10.10.2.64/27	via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.2.160/27	via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.2.128/27	via 10.10.1.5 dev eth1 metric 2
10.10.30.0/27	via 10.10.1.9 dev eth1 metric 2
10.10.2.192/27	via 10.10.1.5 dev eth1 metric 2
10.10.3.32/27	via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.3.96/27	via 10.10.1.5 dev eth1 metric 2
10.10.3.64/27	via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
172.16.20.0/24	via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
172.16.10.0/24	via 10.10.1.2 dev eth1 metric 2
throw	192.168.10.0/24
throw	172.16.32.0/19
throw	10.10.0.0/16
10.10.0.0/16	via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
192.168.10.0/24	dev br0 proto kernel scope link src 192.168.10.1
172.16.32.0/19	dev vlan1 proto kernel scope link src 172.16.63.48
10.10.0.0/16	dev eth1 proto kernel scope link src 10.10.1.1
default	via 172.16.32.1 dev vlan1

Figura 66. Rutas creadas a partir del Nodo Principal

➤ **Olsr Viz**

Mediante el paquete olsr-viz, se puede obtener un grafo en el cual se puede observar como se va formando la malla, el costo del enlace entre cada uno de ellos, en este casos el nodo principal que tiene les da acceso a internet al resto de nodos que forman la malla se encuentra marcado de color rojo

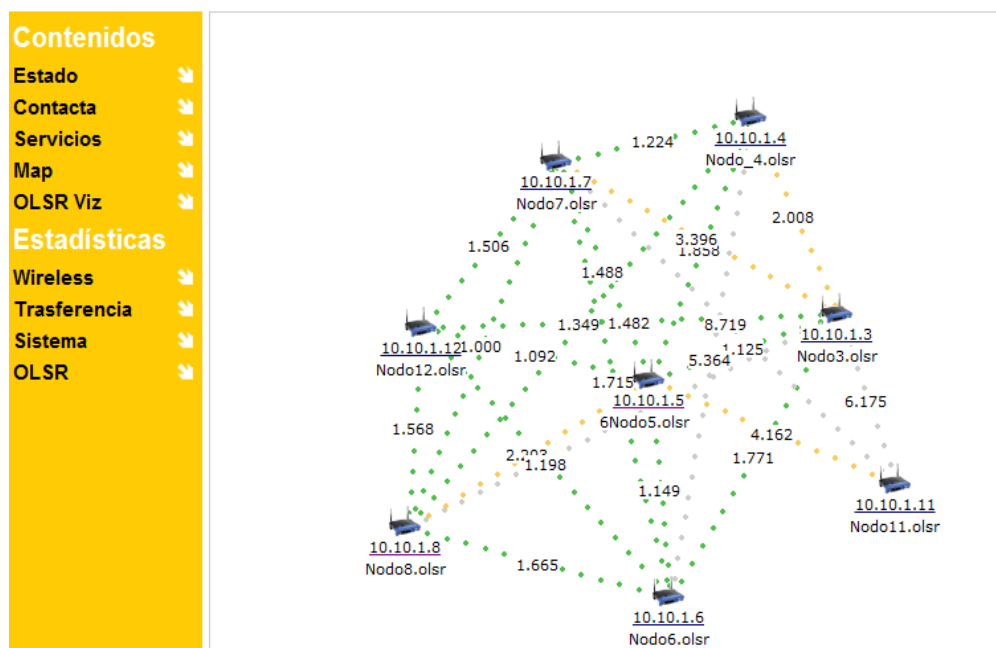


Figura 67. Grafo de conformación de la malla

**3.6 Ubicación de los equipos.**

Los equipos se han ubicado de manera estratégica de modo que cubran los dos bloques de Administración Central, se ha considerado que para el bloque dos se instalen 2 equipos por piso y para el bloque uno solamente 1 por piso, en el bloque 2 las oficinas son mas cerradas que en el bloque uno por ende se necesita dos radios para evitar zonas de sombra, en cambio en el bloque uno las oficinas son mas abiertas incluso la mayoría de oficinas cuenta con ventanas considerando que en este material hay menos perdidas que en las paredes, que en el caso del bloque 2 son mucho mas evidentes, además se hizo un recorrido con un computador portátil y un software apropiado para la detección de señal de los radios para determinar los lugares donde se ubicara los radios.



Figura 68. Edificio: Administración Central lugar a instalar red Mallada

A continuación se propone una tabla de la ubicación de cada uno de los radios, para poder identificar en que lugar se encuentran instalados

<b>Nombre</b>	<b>Modelo</b>	<b>Lugar</b>	<b>Bloque</b>
NodoRouter	Wrt54gs	UTI, Departamento Redes 4to piso	2
Nodo2	Wap54g	Desarrollo Universitario 4to piso	2
Nodo3	Wap54g	Departamento Nominas (armario) 3er piso	2
Nodo4	Wap54g	Recursos Humanos 3er piso	2
Nodo5	Wap54g	Contabilidad General 2do piso	2
Nodo6	Wap54g	Compras Publicas (armario) 1er piso	2
Nodo7	Wap54g	Dirección Financiera 2do piso	2
Nodo8	Wap54g	Bienestar Estudiantil 1er piso	2
Nodo9	Wap54g	Desarrollo Físico (armario) 4to piso	1
Nodo10	Wap54g	TAE (armario) 3er piso	1
Nodo11	Wap54g	Vicerrectorado (armario) 2do piso	1
Nodo12	Wap54g	Archivo (armario) 1er piso	1
Elaborado por: Diego Mendoza			

Tabla 41. Ubicación de los puntos de acceso

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

Algunos equipos han sido ubicados en los armarios debido a que estaban cerca de los lugares a cubrir y por la facilidad de obtener la energía eléctrica para que puedan funcionar, para los equipos que se han ubicado en la pared ha sido necesario adquirir algunos elementos sobre todo en la parte eléctrica ya que no hay mucha facilidad para poder obtenerla de las tomas que se encuentran disponibles, ya que las que existen se encuentran ocupadas o son de fácil acceso a personas que pueden desconectar fácilmente y con esto provocar que los equipos dejen de funcionar, en el anexo 5 se puede ver los radios y ubicaciones.

En la figura 101 se muestra un diagrama de la ubicación de los puntos de acceso, como podemos ver se muestra como serían las comunicaciones entre los radios que se encuentran en cada bloque y con ello formar la red Mesh, para poder dar servicio de internet a los usuarios ubicados en estas instalaciones.

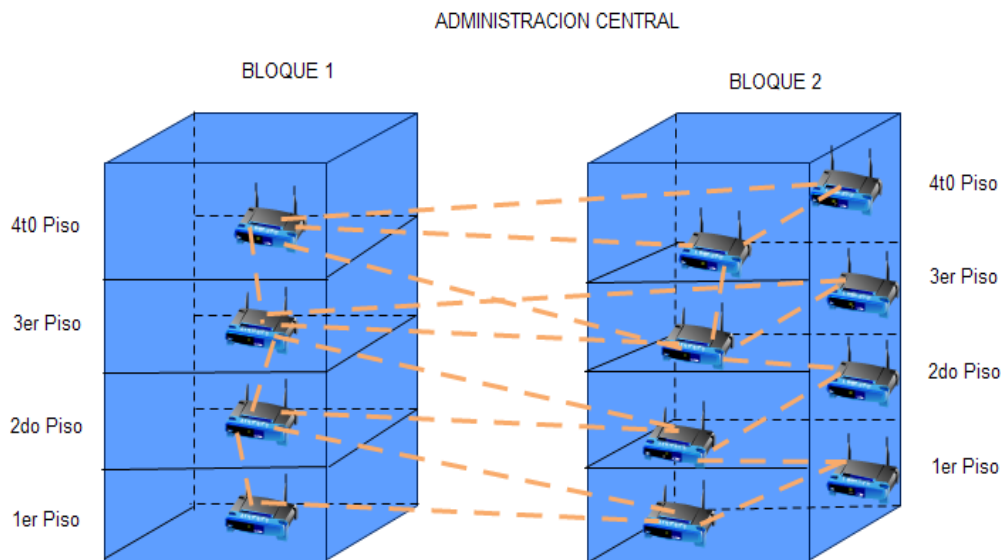


Figura 69. Diagrama de la ubicación de los equipos en Administración Central

A continuación se muestra el diseño de la red MeshUnl, la cantidad de radios empleados y el direccionamiento IP que les corresponde tanto Lan como WLAN, aquí podemos

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

observar a que red se conecta nuestro Router principal para poder acceder a internet, y poder brindar internet a todo el resto de la red Mallada.

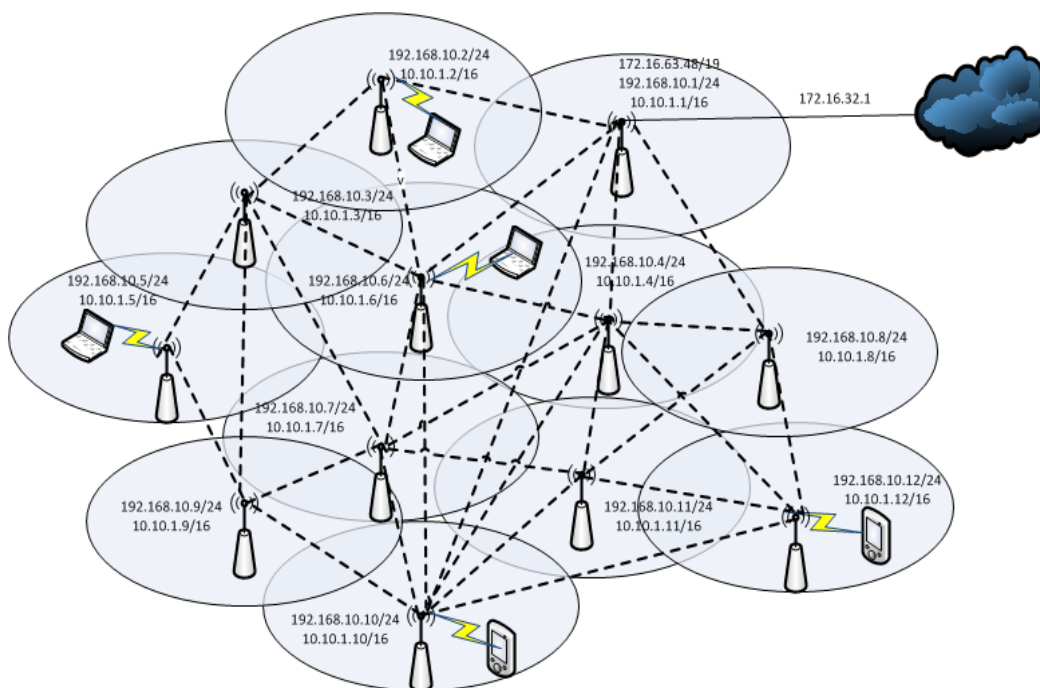


Figura 70. Diseño de la Red MeshUnl con acceso a internet

### 3.7 Pruebas de Funcionamiento.

#### ➤ Disponibilidad

Para determinar la disponibilidad hacia la red mallada se ha hecho pruebas con un computador portátil las mismas que se hicieron con dos sistemas operativos Linux y Windows para ello en las siguientes imágenes se puede apreciar estos datos.

La prueba con Linux se la hizo desde el bloque 2, segundo piso, desde donde nos conectamos al ap10 que se encuentra en el piso 3 de este bloque, la prueba con Windows se la hizo desde el bloque 1, tercer piso, en el cual se encuentra el Punto de



acceso numero 3, de modo que en esta prueba la calidad de señal es buena, para poder conectarse.

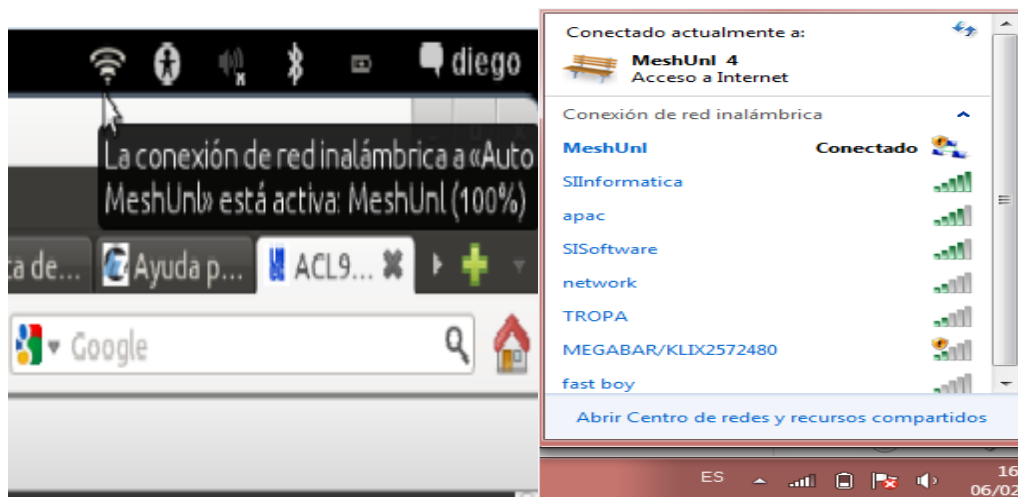


Figura 71. Disponibilidad de la red Inalámbrica Mallada

➤ **Asignación de dirección Ip y puerta de enlace.**

Con esto se comprueba que el olsrdhcp se encuentra funcionando ya que asigna una ip del rango que se ha configurado previamente, la puerta de enlace será en este caso la dirección ip Wireless del radio al que se conecto.

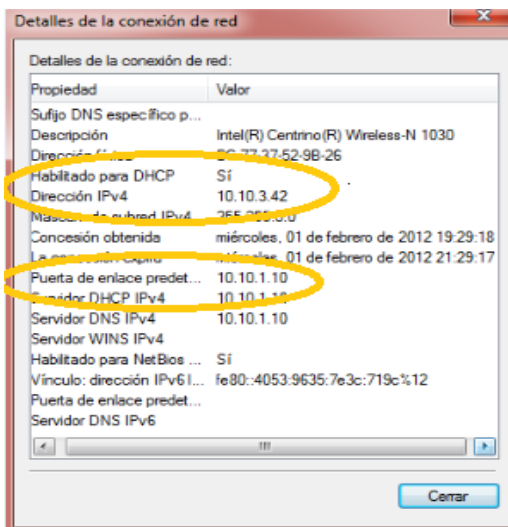
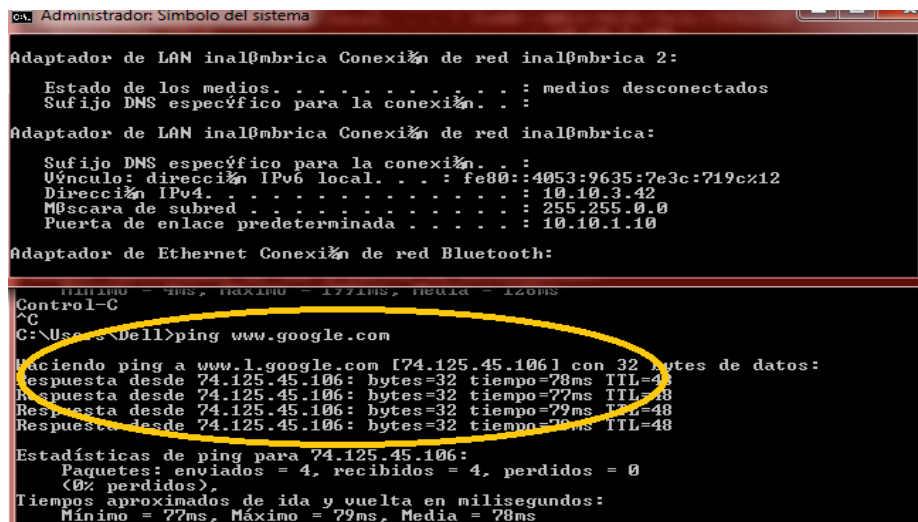


Figura 72. Asignación de ip y puerta de enlace



➤ Prueba de dns

Para saber si nuestra red permite navegar y el servidor dns local de cada radio esta resolviendo los nombres de dominio se realiza la siguiente prueba, mediante la consola se hace un ping hacia un sitio conocido, por ejemplo ping www.google.com si el ping nos muestra una respuesta es por que si esta funcionando, caso contrario debemos revisar el archivo resolv.conf del radio.



```
Administrador: Símbolo del sistema
Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de red inalámbrica 2:
Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
Sufijo DNS específico para la conexión. . :
Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de red inalámbrica:
Sufijo DNS específico para la conexión. . :
Único: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::4053:9635:7e3c:719c%12
Dirección IPv4. . . . . : 10.10.3.42
Máscara de subred . . . . . : 255.255.0.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . : 10.10.1.10
Adaptador de Ethernet Conexión de red Bluetooth:
MÍNIMO = 77ms, MÁXIMO = 79ms, MEDIA = 78ms
Control-C
C:\Users\De11>ping www.google.com
Haciendo ping a www.l.google.com [74.125.45.106] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 74.125.45.106: bytes=32 tiempo=78ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.45.106: bytes=32 tiempo=77ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.45.106: bytes=32 tiempo=79ms TTL=48
Respuesta desde 74.125.45.106: bytes=32 tiempo=78ms TTL=48
Estadísticas de ping para 74.125.45.106:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 77ms, Máximo = 79ms, Media = 78ms
```

Figura 73. Resolución de nombres de dominio

➤ Prueba de Conectividad

Se verifica la conectividad de la red, primeramente lo hacemos un salto, para ello necesitamos un computador portátil que permita la conexión hacia la red inalámbrica, a continuación se muestra como se realiza esta prueba.

Para ello hacemos uso del protocolo ICMP, se hace un ping con 50 paquetes hacia diferentes direcciones ip, en este caso se ha hecho hacia la puerta de enlace del equipo que nos conectamos, seguidamente a la dirección 172.16.32.1, puerta de enlace de la red Interna de la Universidad, luego hacia la dirección ip 192.188.49.4 que es la dirección ip del Router de Telconet que permite la salida internacional y seguidamente, un ping hacia la dirección de google, así tenemos.

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

En esta figura determinamos la estabilidad mediante un ping hacia la puerta de enlace 10.10.1.3 que es la dirección ip perteneciente a la red Wireless, del radios al que nos conectamos, tenemos un total de 50 paquetes enviados, cero perdidos y un promedio de 25,6 ms, considerando que se ha hecho la prueba desde el bloque 1, primer piso.

```

Tabla de rutas IP del núcleo
Destino      Pasarela      Genmask      Indic Métric Ref      Uso Interfaz
10.10.0.0    0.0.0.0       255.255.0.0  U     2     0       0 wlan0
169.254.0.0  0.0.0.0       255.255.0.0  U    1000   0       0 wlan0
0.0.0.0      10.10.1.3     0.0.0.0      UG    0     0       0 wlan0
dxmo@diegos:~$

64 bytes from 10.10.1.3: icmp req=50 ttl=64 time=7.34 ms
^C
--- 10.10.1.3 ping statistics ---
50 packets transmitted, 50 received, 0% packet loss, time 49073ms
rtt min/avg/max/mdev = 2.095/25.459/490.952/73.093 ms
dxmo@diegos:~$

```

Figura 74. Ping hacia la puerta de enlace

En la figura 104 tenemos un ping hacia la puerta de enlace del radios al que estamos conectados, es decir la ruta por defecto que se determina mediante el protocolo olsr, para este radio es la dirección ip Wireless del radio que tenemos salida a internet 10.10.1.1

```

wlan0    Link encap:Ethernet direcciónHW bc:77:37:52:9b:26
Direc. inet:10.10.2.74 Difus.:10.10.255.255 Másc:255.255.0.0
Dirección inet6: fe80::be77:37ff:fe52:9b26/64 Alcance:Enlace
ACTIVO DIFUSIÓN FUNCIONANDO MULTICAST MTU:1500 Métrica:1
Paquetes RX:96889 errores:0 perdidos:0 overruns:0 frame:0
Paquetes TX:6452 errores:0 perdidos:0 overruns:0 carrier:0
colisiones:0 long.col:TX:1000

Tabla de rutas IP del núcleo
Destino      Pasarela      Genmask      Indic Métric Ref      Uso Interfaz
10.10.0.0    0.0.0.0       255.255.0.0  U     2     0       0 wlan0
169.254.0.0  0.0.0.0       255.255.0.0  U    1000   0       0 wlan0
0.0.0.0      10.10.1.1     0.0.0.0      UG    0     0       0 wlan0
dxmo@diegos:~$

64 bytes from 10.10.1.1: icmp req=50 ttl=63 time=3.88 ms
^C
--- 10.10.1.1 ping statistics ---
50 packets transmitted, 49 received, 2% packet loss, time 49076ms
rtt min/avg/max/mdev = 3.760/24.809/169.597/36.121 ms
dxmo@diegos:~$

```

Figura 75. Ping a la puerta de enlace determinada por olsr

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

En esta figura se realiza se muestra el resultado luego de haber realizado un ping hacia la puerta de enlace de la red interna de la Universidad 172.16.32.1, con esto comprobamos que tenemos salida mediante el router principal de la red Mallada en el cual tenemos una ip perteneciente a la red interna de la UNL, (172.16.63.48).

```
wlan0  Link encap:Ethernet direcciónHW bc:77:37:52:9b:26
      Direc. inet:10.10.2.74  Difus.:10.10.255.255  Másc:255.255.0.0
      Dirección inet6: fe80::be77:37ff:fe52:9b26/64  Alcance:Enlace
      ACTIVO DIFUSIÓN FUNCIONANDO MULTICAST  MTU:1500  Métrica:1
      Paquetes RX:96889 errores:0 perdidos:0 overruns:0 frame:0
      Paquetes TX:6452 errores:0 perdidos:0 overruns:0 carrier:0
      colisiones:0 long.colaTX:1000

Tabla de rutas IP del núcleo
Destino      Pasarela      Genmask      Indic Métric Ref      Uso Interfaz
10.10.0.0    0.0.0.0       255.255.0.0  U      2      0      0 wlan0
169.254.0.0  0.0.0.0       255.255.0.0  U     1000    0      0 wlan0
0.0.0.0     10.10.1.3     0.0.0.0      UG     0      0      0 wlan0
dxmo@diegos:~$

64 bytes from 172.16.32.1: icmp_req=50 ttl=62 time=4.62 ms
^C
--- 172.16.32.1 ping statistics ---
50 packets transmitted, 50 received, 0% packet loss, time 49069ms
rtt min/avg/max/mdev = 4.482/79.449/512.233/105.173 ms
dxmo@diegos:~$
```

Figura 76. Ping hacia la puerta de enlace de la red interna UNL

A continuación se muestra una respuesta de obtenida luego de haber realizado un ping hacia la dirección ip 192.188.49.4, perteneciente al router de Telconet que permite la salida a internet.

```
Tabla de rutas IP del núcleo
Destino      Pasarela      Genmask      Indic Métric Ref      Uso Interfaz
10.10.0.0    0.0.0.0       255.255.0.0  U      2      0      0 wlan0
169.254.0.0  0.0.0.0       255.255.0.0  U     1000    0      0 wlan0
0.0.0.0     10.10.1.3     0.0.0.0      UG     0      0      0 wlan0
dxmo@diegos:~$

64 bytes from 192.188.49.4: icmp req=50 ttl=252 time=7.52 ms
^C
--- 192.188.49.4 ping statistics ---
50 packets transmitted, 50 received, 0% packet loss, time 49071ms
rtt min/avg/max/mdev = 4.814/9.838/180.740/24.477 ms
dxmo@diegos:~$
```

Figura 77. Respuesta de ping hacia el router de Telconet

De igual manera en la siguiente figura se presenta una respuesta de ping realizada hacia google para determinar que tenemos salida al exterior y por ende ya se puede navegar, y hacer uso de la Red Mallada.

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

```
wlan0 Link encap:Ethernet Dirección HW bc:77:37:52:9b:26
       Dirección inet:10.10.2.74 Dirección de broadcast:10.10.255.255 Máscara:255.255.0.0
       Dirección inet6: fe80::77:37ff:fe52:9b26/64 Alcance:Enlace
       ACTIVO DIFUSIÓN FUNCIONANDO MULTICAST MTU:1500 Métrica:1
       Paquetes RX:96889 errores:0 perdidos:0 overruns:0 frame:0
       Paquetes TX:6452 errores:0 perdidos:0 overruns:0 carrier:0
       colisiones:0 long.colaTX:1000
```

---

```
Tabla de rutas IP del núcleo
Destino Pasarela Genmask Indic Métric Ref Uso Interfaz
10.10.0.0 0.0.0.0 255.255.0.0 U 2 0 0 wlan0
169.254.0.0 0.0.0.0 255.255.0.0 U 1000 0 0 wlan0
0.0.0.0 10.10.1.3 0.0.0.0 UG 0 0 0 wlan0
dxmo@diego:~$
```

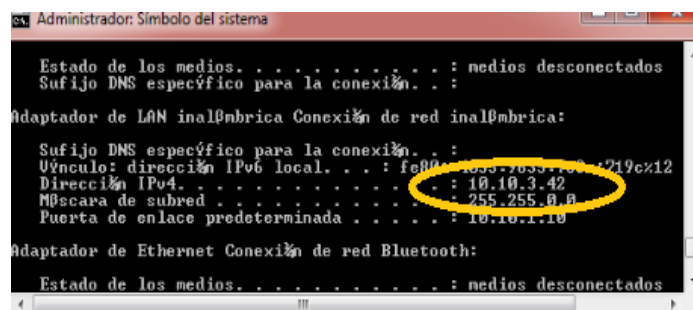
---

```
64 bytes from yx-in-f105.1e100.net (74.125.45.105): icmp_req=50 ttl=48 time=76.8 ms
^C
www.l.google.com ping statistics ---
50 packets transmitted, 50 received, 0% packet loss, time 53155ms
rtt min/avg/max/mdev = 76.850/86.439/159.680/19.227 ms
dxmo@diego:~$
```

Figura 78. Respuesta de Ping hacia google

### ➤ Conectividad de enlace a dos saltos

Para comprobar la conectividad de este tipo de enlace que no puede estar exento tratándose de una red mallada, se realizó esta prueba desde el bloque uno de Administración Central, segundo piso, con una conexión al Ap 10 que se encuentra en el tercer piso del mismo bloque. A continuación se presenta una figura de asignación de ip para poder realizar la prueba, esta es una dirección ip correspondiente al nodo número diez que en este caso ha sido 10.10.3.42 correspondiente al rango del Dhcp.



```
Administrador: Símbolo del sistema
Estado de los medios . . . . . : medios desconectados
Sufijo DNS específico para la conexión . . :
Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de red inalámbrica:
Sufijo DNS específico para la conexión . . :
Vínculo: dirección IPv6 local . . . : fe80::633:7633:1000::219c:12
Dirección IPv4 . . . . . : 10.10.3.42
Máscara de subred . . . . . : 255.255.0.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 10.10.1.10
Adaptador de Ethernet Conexión de red Bluetooth:
Estado de los medios . . . . . : medios desconectados
```

Figura 79. Obtención de dirección ip

Para seguir con la prueba se ha procedido a realizar un ping a la puerta de enlace respectiva pero solamente entre los enlaces de malla, desde el equipo cliente, a continuación presentamos una imagen en la que indica la secuencia de los saltos.

## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

Al momento de obtener la dirección ip en el equipo cliente vemos que nos da como puerta de enlace la misma dirección ip del radio al que nos conectamos (10.10.1.10) , luego podemos observar que la puerta de enlace o ruta por defecto la dirección correspondiente para este radios es la del nodo3 (10.10.1.3), figura del lado izquierdo, seguidamente en la parte derecha de la figura se muestra la tabla de ruta que pertenece al nodo3 dándonos como ruta por defecto para este enlace la ip correspondiente la del nodo router o principal (10.10.1.1), es decir que la salida a internet seria mediante el nodo principal.

**Estado: Rutas**

Resumen   Rutas   **Búsqueda WLAN**   Estado OLSR

```

10.10.1.9      dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.8      via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.1.11     via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.1.12     via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.1.1      via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.1.3      dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.2      via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.1.5      via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.1.4      via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.1.7      via 10.10.1.9 dev eth1 metric 2
10.10.1.6      via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.2.32/27 via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.2.0/27  via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.2.96/27 via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.2.64/27 via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.2.160/27 via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.2.128/27 via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.30.0/27 via 10.10.1.9 dev eth1 metric 2
10.10.2.192/27 via 10.10.1.9 dev eth1 metric 2
10.10.3.96/27 via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
10.10.3.64/27 via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
172.16.20.0/24 via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
172.16.10.0/24 via 10.10.1.3 dev eth1 metric 2
throw         192.168.10.0/24
throw         10.10.0.0/16
10.10.0.0/16  via 10.10.1.9 dev eth1 metric 2
default       via 10.10.1.3 dev eth1 metric 4
192.168.10.0/24 dev br0 proto kernel scope link src 192.168.10.10
10.10.0.0/16  dev eth1 proto kernel scope link src 10.10.1.10

```

**Estado: Rutas**

Resumen   Rutas   **Búsqueda WLAN**   Estado OLSR

```

10.10.1.9      dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.8      via 10.10.1.6 dev eth1 metric 2
10.10.1.10     dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.12     dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.1      dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.2      via 10.10.1.4 dev eth1 metric 2
10.10.1.5      dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.4      dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.7      dev eth1 scope link metric 2
10.10.1.6      dev eth1 scope link metric 2
10.10.2.32/27 via 10.10.1.4 dev eth1 metric 2
10.10.2.0/27  via 10.10.1.1 dev eth1 metric 2
10.10.2.96/27 via 10.10.1.4 dev eth1 metric 2
10.10.2.160/27 via 10.10.1.6 dev eth1 metric 2
10.10.2.128/27 via 10.10.1.5 dev eth1 metric 2
10.10.30.0/27 via 10.10.1.9 dev eth1 metric 2
10.10.2.192/27 via 10.10.1.7 dev eth1 metric 2
10.10.3.32/27 via 10.10.1.10 dev eth1 metric 2
10.10.3.96/27 via 10.10.1.12 dev eth1 metric 2
172.16.20.0/24 via 10.10.1.6 dev eth1 metric 2
172.16.10.0/24 via 10.10.1.4 dev eth1 metric 2
throw         192.168.10.0/24
throw         10.10.0.0/16
10.10.0.0/16  via 10.10.1.9 dev eth1 metric 2
default       via 10.10.1.1 dev eth1 metric 4
192.168.10.0/24 dev br0 proto kernel scope link src 192.168.10.3
10.10.0.0/16  dev eth1 proto kernel scope link src 10.10.1.3

```

Figura 80. Rutas por defecto a dos saltos mediante olsr

Seguidamente se prueba la conectividad a la puerta de enlace del nodo al que nos conectamos que en este caso es el nodo diez (10.10.1.10) el cual nos da una dirección ip mediante Dhcp, para poder navegar (10.10.3.42).

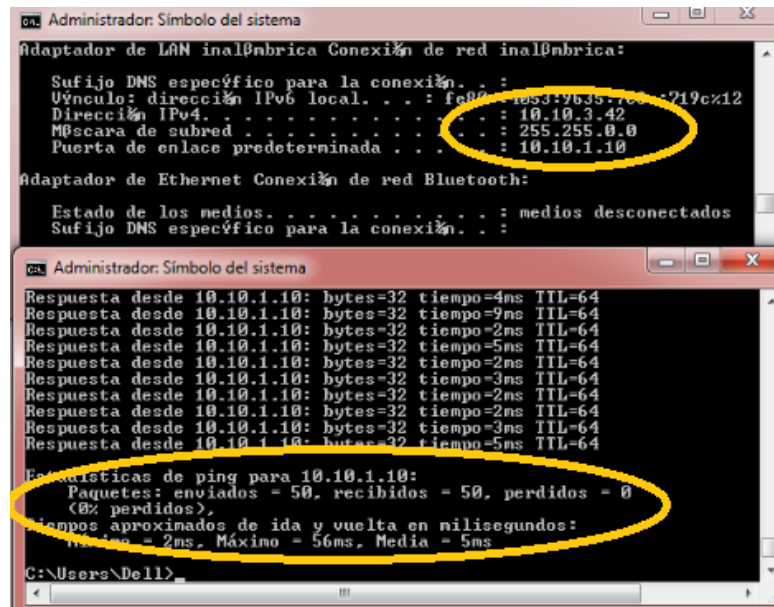


Figura 81 .Respuesta de ping hacia nodo10 un salto

A continuación se prueba conectividad la ruta por defecto que ha sido escogida por el nodo10, en este caso le corresponde la dirección del nodo3 (10.10.1.3), a continuación se muestra la respuesta de ping realizada a dicha dirección ip

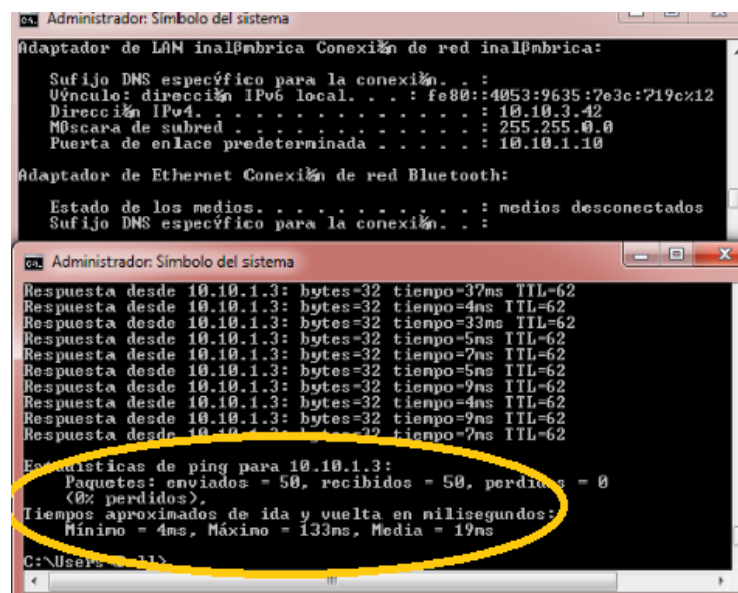
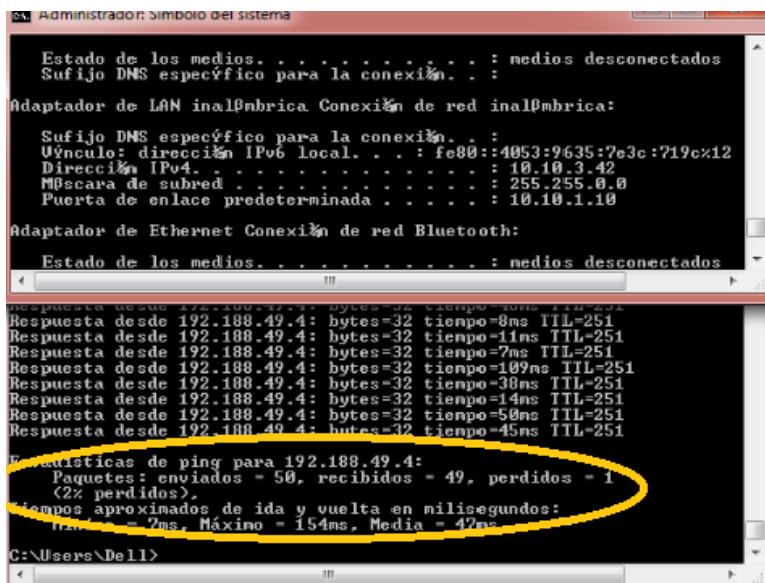


Figura 82. Respuesta de ping hacia el nodo3 dos saltos



Para terminar esta prueba hacemos una comprobación de ping hacia la dirección ip del router de Telconet, en el cual se comprueba que tenemos salida hacia las redes publicas, el resto de comprobaciones se las omite ya que se las realizo en la comprobación a un salto, en la cual los resultados ya se mostraron (en la sección estabilidad a un salto) aunque en este caso hay que mencionar que se empieza a ver mayor latencia ya que hemos perdió de los 50 paquetes enviados 1 y con tiempos máximos de 154ms, aunque se considera aceptable esta medida en enlaces inalámbricos.



```

Administrador: Símbolo del sistema

Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de red inalámbrica:
Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::4053:9635:7e3c:719c%12
Dirección IPv4. . . . . : 10.10.3.42
Máscara de subred . . . . . : 255.255.0.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 10.10.1.10
Adaptador de Ethernet Conexión de red Bluetooth:
Estado de los medios. . . . . : medios desconectados

Respuesta desde 192.188.49.4: bytes=32 tiempo=8ms TTL=251
Respuesta desde 192.188.49.4: bytes=32 tiempo=11ms TTL=251
Respuesta desde 192.188.49.4: bytes=32 tiempo=7ms TTL=251
Respuesta desde 192.188.49.4: bytes=32 tiempo=109ms TTL=251
Respuesta desde 192.188.49.4: bytes=32 tiempo=30ms TTL=251
Respuesta desde 192.188.49.4: bytes=32 tiempo=14ms TTL=251
Respuesta desde 192.188.49.4: bytes=32 tiempo=50ms TTL=251
Respuesta desde 192.188.49.4: bytes=32 tiempo=45ms TTL=251

Estadísticas de ping para 192.188.49.4:
Paquetes: enviados = 50, recibidos = 49, perdidos = 1
(2% perdidos).
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Máximo = 154ms, Media = 42ms

C:\Users\Dell>
  
```

Figura 83. Respuesta de ping hacia router de Telconet a dos saltos

➤ **Tasa transferencia.**

Se realizó la medición de la tasa de transferencia para lo cual se realizó la descarga de un archivo de un peso aproximado de 30,8 Mb, apreciando una tasa de transferencia de 80,3 KB/seg, la cual como podemos apreciar esta dada en Kbytes por segundo, dado que normalmente el ancho de banda se lo hace en kilobits por segundo, es necesario realizar la multiplicación por un factor de 8 para poder obtener la tasa de transferencia en bits por segundo de acuerdo a lo mencionado se tiene  $80,3 \text{ KB/s} \times 8 = 642,2 \text{ kbps}$

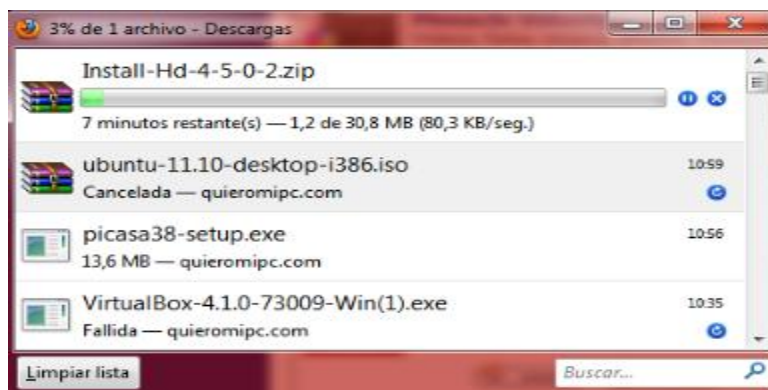


Figura 84. Descarga de archivo y tasa de transferencia

## **6.8. PRUEBAS DE VALIDACIÓN**

### **6.8.1. Pruebas de usabilidad**

Las pruebas de usabilidad se las realizo directamente con usuarios de la Red Inalámbrica Mallada.

#### **6.8.1.1 Usuarios de prueba**

Las pruebas de usabilidad se realizaron con cinco usuarios quienes actualmente son testistas, estudiantes o los mismos técnicos de la Unidad de Telecomunicaciones e Información. Este número de usuarios se determinó así debido a que la razón de costo/beneficio de la prueba es mayor cuando se utilizan entre tres y cinco usuarios. Se seleccionaron 5 usuarios la mayoría personas que pasan permanentemente en la Unidad de Telecomunicaciones e Información porque ellos forman parte de la población objetivo que harán uso de la Red Inalámbrica Mallada y por lo tanto existe un mayor grado de validez en la evaluación.

#### **6.8.1.2 Ambiente de pruebas**

La evaluación se llevó a cabo en un lapso de dos días. El lugar fue en las instalaciones de Administración Central de la Universidad Nacional de Loja. Esto debido a la disponibilidad de horario de los participantes, la prueba se hizo usando la computadora portátil del mismo usuario la misma que cumplía todos los requerimientos establecidos.



Luego de haber realizado las pruebas respectivas se ha concluido que en términos generales los servicios que presta la red MeshUnl es bueno, a continuación se muestra una grafica correspondiente a los resultados generales de la encuesta, el resto de resultados se los puede observar en el anexo 6.

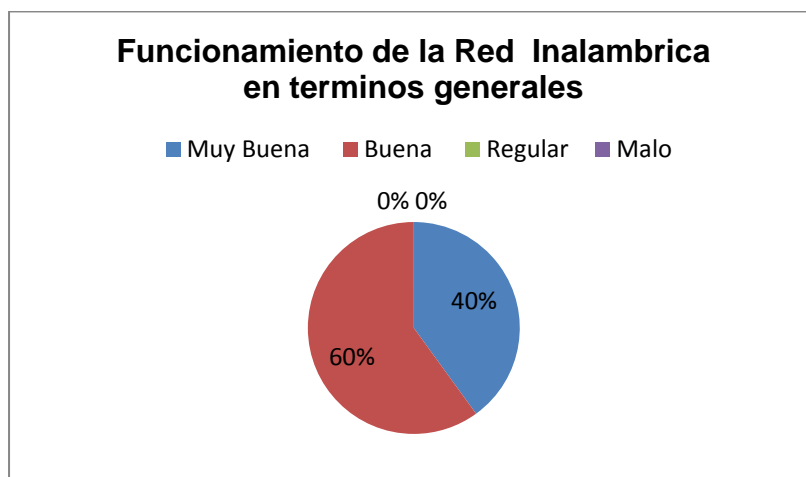


Figura 85. Funcionamiento de la Red MeshUnl

### **6.8.1.3 Análisis del resultado a la pregunta sobre funcionamiento de la Red MeshUnl.**

El 60% de los encuestados consideran que en términos generales funcionalidad de la Red Inalámbrica Mallada (MeshUnl) es buena, y el 40% la consideran Muy Buena, con lo cual podemos ver que será de mucha utilidad para los usuarios que realizan sus actividades haciendo uso de dispositivos inalámbricos en los Bloques de Administración Central de la Universidad Nacional de Loja.



## REDES INALAMBRICAS MALLADAS

### F 4.- VALORACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AMBIENTAL

#### F 4.1 Valoración Técnica, Económica

El desarrollo del proyecto desde el punto de vista técnico, es factible ya que todos los elementos para la implementación de la Red cuentan con características de diseño y configuración apropiadas y aprobadas por los diferentes entes reguladores de fabricación de equipos, los mismos que técnicamente prestan las características necesarias para poder configurarlos, de modo que cumplen íntegramente con lo pedido y requerido por los administradores de la Red de la UNL.

Económicamente también se ha considerado factible tomando en cuenta que los equipos propuestos para la implementación de la red en todo el campus, son de última tecnología, con garantía por parte de los proveedores, tienen un tiempo de vida útil de diez años, para el segmento de red se usará equipos que actualmente dispone la Universidad.

El análisis de viabilidad económica y social de los proyectos se lleva a cabo cuando técnicamente se ha comprobado que éstos pueden realizarse. El proyecto de tesis desarrollado ha tenido la intervención de recursos humanos, técnicos, materiales y tecnológicos, así tenemos:

RECURSOS HUMANOS				
Recurso	Cant.	Horas	Costo Hora	Costo Total
Investigadores	1	-	-	\$0,00
Director del Proyecto (Docente de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la UNL)	1	-	-	\$0,00
Asesor con conocimientos en Implementación de Redes	1	30	\$15,00	\$450,00
Asesor con conocimientos en manejo de Software Libre	1	20	\$20,00	\$400,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 850,00</b>

Tabla 42. Valoración económica de recursos humanos



**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

<b>RECURSOS MATERIALES</b>	
<b>Recursos</b>	<b>Costo Total</b>
Resmas de Hojas	\$20.00
Tinta para impresora	\$50.00
Empastados	\$45.00
Discos Compactos	\$10.00
Memoria USB	\$12.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$137.00</b>

Tabla 43. Valoración económica de recursos materiales

<b>HARDWARE</b>		
<b>Recursos Tecnológicos</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo Total</b>
Computadores Personales	2	\$300.00
Impresora Canon 1700	1	\$80.00
Puntos de acceso Linksys (wap54g,Wrt54gs)	13	\$1105.00
<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$1485.00</b>

Tabla 44. Valoración Económica Hardware

<b>SOFTWARE</b>	
<b>Recursos</b>	<b>Costo Total</b>
Freifunk Firmware 1.7.4	\$0.00
Xirrus Wi-Fi Inspector	\$0.00
Dia	\$0.00
Edraw Network Diagram	\$0.00
Radio Mobile 9.10	\$0.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$0.00</b>

Tabla 45. Valoración Económica Software

<b>COMUNICACIONES</b>			
<b>MEDIOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR/MES</b>	<b>TOTAL</b>
Celular	3	\$9.00	\$27.00
Internet	10	\$20.00	\$200.00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$227.00</b>

Tabla 46. Valoración Económica Comunicaciones

**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

<b>RECURSOS TÉCNICOS Y TECNOLÓGICOS</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Costo Total</b>
Hardware	\$1485.00
Software	\$000.00
Comunicaciones	\$227.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$1712.00</b>

Tabla 47. Valoración Económica Técnica y Tecnológica

<b>SUBTOTALES</b>	<b>Valor</b>
Subtotal Recursos Humanos	\$850.00
Subtotal Recursos Materiales	\$137.00
Subtotal Recursos Técnicos y Tecnológicos	\$1712.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$2699.00</b>
<b>IMPREVISTOS (10%)</b>	<b>\$ 269.90</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$2968.90</b>

Tabla 48. Aproximación del Costo Real del Proyecto

#### **F 4.2 Valoración Ambiental**

Dentro de los aspectos principales considerados para estudios para determinar si las redes inalámbricas afectan o no al medio ambiente, se ha considerado la afectación a la salud humana como su influencia en los arboles, diferentes organizaciones como la OMS (Organización Mundial de la Salud), y otros entes interesados en este aspecto, luego de los estudios realizados han llegado a la siguiente conclusión “Considerando los muy bajos niveles de exposición y los resultados de las investigaciones recopilados, no existe evidencia científica convincente de que las débiles señales de radio frecuencia de las estaciones base y las redes inalámbricas causen efectos perjudiciales para la salud”[OMS, 2006].

De todos los datos obtenidos hasta el momento ninguno ha demostrado que las redes inalámbricas produzcan señales de radio frecuencia que tengan efectos adversos. A demás se ha considerado la ubicación de los equipos en edificios que se encuentran en el campus universitario evitándonos con esto la adquisición de torres y otros elementos de instalación que de una u otra forma afectarían al medio ambiente.



## **G.- DISCUSIÓN**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA ALTERNATIVA**

Luego de haber realizado el desarrollo del presente proyecto de tesis, es necesario llevar a cabo una evaluación de cada uno de los objetivos planteados al inicio del mismo para determinar si se ha logrado o no cumplir con ellos tal y como se detalla a continuación:

- **Objetivo Especifico 1.-**Realizar el diagnostico en la infraestructura de la red datos inalámbrica de la Universidad Nacional de Loja.

La primera etapa que corresponde a determinar como se encuentra actualmente la red de datos inalámbrica de la UNL, la misma se la realizó aplicando algunas técnicas de investigación claves como lo son la entrevista con personas especializadas en el área de Redes y Equipos Informáticos, del mismo modo aplicando la técnica de la observación directa para tener una idea general con lo que cuenta actualmente la Universidad, recorridos para determinar el tendido de la fibra óptica como también donde se encuentran los puntos de acceso que actualmente tiene la Universidad, luego de haber realizado estas actividades se procedió a realizar diseños de como se encuentran ubicados y distribuidos a los puntos de acceso inalámbricos como también la red cableada.

- **Objetivo Especifico 2.-**Analizar los requerimientos técnicos y funcionales de los elementos activos y pasivos necesarios para la red Mesh.

Para el desarrollo de esta etapa, de igual forma realizo entrevistas a los encargados del departamento de redes de la UTI (Unidad de Telecomunicaciones e Información), con la finalidad de determinar que requisitos debe cumplir la red Inalámbrica, tanto en el aspecto técnicos de los equipos como las aplicaciones que ellos trabajan y que deberá soportar la red inalámbrica, además también se aplicó encuestas a estudiantes, empleados y trabajadores de la Universidad Nacional de Loja, para con esto poder tener una perspectiva de lo que ellos esperan.



## ***REDES INALAMBRICAS MALLADAS***

Al realizar las encuestas y entrevistas se pudo tener un acercamiento con los usuarios finales los cuales aportaron con ideas acerca de los principales requerimientos que ellos quisieran que la Red Inalámbrica cumpla.

Luego de realizar una tabulación de los datos recolectados se procedió a determinar los requisitos más importantes con los que debe contar la Red Inalámbrica, de la misma manera se pudo determinar los equipos a utilizar, aplicaciones que se utilizarán, requerimientos generales que una Red Inalámbrica debe cumplir, lugares a ubicar los equipos como también los posibles usuarios de la misma.

- **Objetivo Especifico 3.-**Diseñar la infraestructura de comunicación de la red Mesh.

Para la etapa del diseño se tomo en cuenta todos los aspectos anteriores concernientes a los requerimientos, tanto como del personal encargado de la administración de la red de datos, como de los usuarios finales, para ello fue necesario tener en cuenta los niveles en que cada elemento funcional debe estar, para así determinar la Jerarquía de la Red, además se utilizó la herramienta de Software Radio Mobile el cual al hacer las simulaciones nos permite saber si los enlaces inalámbricos son factibles, lo cual también ya se hizo previamente en la visita técnica.

- **Objetivo Especifico 4.-**Determinar, configurar y administrar el número de puntos inalámbricos a ser implementados en la red Mesh.

En base a las encuestas realizadas se pudo determinar el lugar en que se encuentran los posibles usuarios potenciales de la red Inalámbrica, esto ha permitido determinar los lugares donde se ubicarán los distintos puntos de acceso y cuantos son necesarios para la Red Inalámbrica de la Universidad, en cuanto a la configuración de los equipos para la implementación del Segmento Red se la hizo mediante el firmware de Freifunk el cual trae una interfaz gráfica amigable para la configuración de la red Mesh y administración de la misma.



## *REDES INALAMBRICAS MALLADAS*

- **Objetivo Especifico 5.**-Implementar un segmento de red Mesh en los bloques I y II de Administración Central de la Universidad Nacional de Loja, y realizar pruebas.

Para lograr este objetivo , se hizo uso del protocolo OLSR el mismo que permite configurar redes en modo Mesh, trabaja conjuntamente con el firmware Freifunk y es compatible con radios Linksys que son los que se ha utilizado para este fin, además con ayuda del software Xirrus. Wifi se pudo determinar el alcance de señal de los radios y por ende la ubicación dentro de los bloques de Administración Central, las pruebas se la realizo en función de la disponibilidad de la red, zonas que cubre, enlaces establecidos, navegación en internet, para ello fue necesario hacerlo tanto en maquinas con Windows como Linux, lo cual permitió determinar como funciona la Red.



## **H.- CONCLUSIONES**

Más allá de costos elevados de los equipos para la implementación, las redes inalámbricas Malladas son sencillas de instalar, usar, y manejar y por tanto vale la pena la invertir en los equipos, resultando la inversión beneficiosa a largo plazo considerando la vida útil de estos equipos.

La solución propuesta haría que la Universidad Nacional de Loja, esté al día en el desarrollo tecnológico con lo cual traerá muchos beneficios para cada uno de los usuarios de la red inalámbrica.

La movilidad con la que podrán acceder los usuarios autorizados a la red Inalámbrica Mallada desde cualquier punto del área de cobertura será más fácil, rápida y segura.

El diseño de la red cumple con las expectativas de cobertura, sin embargo, es probable que existan lugares en que la señal no sea la ideal para ello se lo podrá suplir con equipos Wi-Fi de indoor.

El desarrollo del presente proyecto permitió consolidar los conocimientos adquiridos en las aulas y además se concreto una aplicación real que servirá de base para resolver problemas similares en el futuro.

La calidad de servicio en la red está garantizada ya que los equipos utilizados pueden diferenciar los diferentes flujos de tráfico dando prioridad a la voz y video sobre los datos es decir manejan calidad de servicio (Qos).

En cuanto al segmento de red implementado se ha concluido que será de mucha utilidad para los usuarios de internet inalámbrico que realizan sus actividades en Administración Central, ya que su velocidad de navegación y descarga son buenas, por cuanto garantizan poder navegar por la red sin dificultades.





## **I.-RECOMENDACIONES**

Para los enlace troncales se recomienda que exista línea de vista entre cada uno de los nodos y además transmitir en los canales menos utilizados, para así evitar problemas de perdidas de señal.

Para los equipos Aironet 1552e es recomendable usar un radio exclusivo para la red de backhaul de preferencia la banda de 5GHz por la posibilidad de mayores velocidades y canales menos congestionados, y utilizar la banda de 2,4GHz para la comunicación con los clientes.

Al implementar la red Inalámbrica Mallada, se recomienda aplicar las seguridades necesarias, ya que éstas son vulnerables al ingreso de intrusos, es por esto que se ha sugerido aplicar el servidor Radius con protocolo WPA, de tal forma que sólo se permita el acceso a los usuarios autorizados, viajando los datos de forma segura.

También se recomienda contratar un técnico que se haga cargo del monitoreo y control de la red inalámbrica, evitando así cualquier eventualidad, y con eso mantener siempre operativa la red Mallada.

Que los equipos que se lleguen a adquirir cumplan con todos los requisitos, y de ser posible que tengan asistencia inmediata de parte de la empresa proveedora en caso de requerirlo.

Los puntos de acceso deben ser configurados e instalados por personas capacitadas para así evitar problemas futuros en el funcionamiento de la red.

Se recomienda monitorear los puntos de acceso físicamente para evitar que sean sustraídos o que se desconecten de las fuentes eléctricas con lo cual afectaría en funcionamiento del segmento de red implementado



## **J.BIBLIOGRAFIA**

### **LIBROS**

1. **ACUÑA MARTÍNEZ, Diana**; Redes Inalámbricas Malladas Metropolitanas, Universidad Tecnológica de Bolívar, julio 2009.
2. **COPAS, Elio Federico; LIZONDO, Pedro Pablo; SAVOY, María Elena**; Wireless Mesh Networks: Estudio, Diseño y Aplicaciones, Pp.1, 2.
3. **GARNACHO, Patricia**; Manual de Uso de Radio Mobile, Junio 2006
4. **GRUPO Central**; Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo, Canadá, Tercera Edición, Septiembre 2008, pág. 51, 52, 53,54.
5. **MEDINA Alejandro**; Comparativa de los protocolos AODV y OLSR con un emulador de redes Ad-Hoc, Febrero 2006, Pp., 19, 20,21
6. **OTXOA GILO, Anderson**; Guía Wireless para todos/as, Abril 2003, pág.8

### **RECURSOS DE INTERNET**

1. 3COM Wireless LAN Controller WX2200 3CRBWX220095A48-ME, [online]  
[http://www.almacen-informatico.com/3COM\\_3com-wireless-lan-controller-wx2200-3CRWX220095A-ME\\_41278\\_p.htm](http://www.almacen-informatico.com/3COM_3com-wireless-lan-controller-wx2200-3CRWX220095A-ME_41278_p.htm), [Fecha consulta: 29-09-2011]
2. **CHILIQUINGA** Fernando, Análisis, Diseño y Prototipo de una Red Inalámbrica con Acceso a Internet, Quito, Noviembre 2007, en línea  
[<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/744/1/CD-1137.pdf>], [Fecha de consulta: 22-05-2011], Pp.6, 7.
3. Cisco Wireless LAN Controllers Data Sheet, [online]  
[http://www.cisco.com/en/US/products/ps6366/products\\_data\\_sheets\\_list.html](http://www.cisco.com/en/US/products/ps6366/products_data_sheets_list.html), [Fecha consulta: 30-08-2011]



## **REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

4. Cisco Aironet 1550 Series Outdoor Access Point Data Sheet,  
[online],[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5679/ps11451/data\\_sheet\\_c78-641373.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5679/ps11451/data_sheet_c78-641373.html), [Fecha consulta: 26-08-2011]
5. **CAÑARTE** Milton, **PARRA** Daniel, Estudio y diseño de un nodo de acceso, que sirva como piloto para la implementación de una red Wireless Mesh en la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación de la ESPOL, Guayaquil 2009,  
[<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10589/1/Wireless%20Mesh%20Network.pdf>], [Fecha consulta: 12-06-2011]
6. Equipos.com, <http://www.equipos/ap3com39550.html> [en línea] [consulta: 27-09-2011]
7. Equipos.com, <http://www.equipos/lancontroller3com.html> [en línea] [consulta: 02-10-2011]
8. [http://issuu.com/la\\_hora/docs/diario\\_la\\_hora\\_loja\\_30\\_de\\_diciembre\\_2011](http://issuu.com/la_hora/docs/diario_la_hora_loja_30_de_diciembre_2011), [Fecha consulta: 04-01-2012], Pp, b2
9. Elevando el ancho de banda a la enésima potencia: Motorola Ap 7181,  
[online], [www.motorola.com/americalatina/solucionesderedesinalambricas](http://www.motorola.com/americalatina/solucionesderedesinalambricas), [Fecha consulta: 01-09-2011]
10. <http://www.mbcestore.com.mx/motorola.html> [en línea] [consulta: 23-09-2011]
11. <http://www.olsr.org>, [Fecha consulta: 27-05-2011]
12. Access point air connect 9550 3com 11n 2.4+5ghz POE,  
[online], [http://www.sarmek.com/store/redes/access-point-airconnect-9550-3com-11n-2-4-5ghz-poe/prod\\_2743.html?review=write](http://www.sarmek.com/store/redes/access-point-airconnect-9550-3com-11n-2-4-5ghz-poe/prod_2743.html?review=write), [Fecha consulta: 23-09-2011]
13. <http://www.utilidades-utiles.com/descargar-xirrus-wi-fi-inspector.html> [Fecha consulta: 23-08-2011]
14. [http://www.voztele.com/esp/productos\\_servicios\\_voip/telefonía\\_ip/telefonía\\_ip/calidad-QoS-telefonía-ip.html](http://www.voztele.com/esp/productos_servicios_voip/telefonía_ip/telefonía_ip/calidad-QoS-telefonía-ip.html) [Fecha consulta: 26-10-2011]
15. Firmware Freifunk, [www.wiki.openwrt.org/Freifunk](http://www.wiki.openwrt.org/Freifunk), [Fecha consulta: 26-09-2011]



*REDES INALAMBRICAS MALLADAS*

## **K. ANEXOS**

## **ANEXO 1.**

### **ENCUESTA**

Se realizó la encuesta a un total de 136 personas, tomando el 90% como un nivel de confianza aceptable y con el 10% de error, las encuestas se la llevo a cabo con estudiantes correspondientes a las diferentes áreas, como también a personal administrativo, docente y trabajadores de la universidad.

#### **1 Resultados de la Encuesta**

1. Dispone Ud. de un dispositivo inalámbrico que la permita la conexión a la red de datos de la UNL?

<b>Ítem</b>	<b>Numero Personas</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Si</b>	84	62%
<b>No</b>	52	38%
<b>Total</b>	136	100%

Tabla 49. Usuarios que poseen dispositivo inalámbrico



Figura 86. Porcentaje total de usuarios con dispositivo inalámbrico.

#### **1.1 Análisis del resultado de la pregunta 1**

De las personas encuestadas tenemos que un 62% dispone de un dispositivo inalámbrico y un 38% no dispone, pudiendo ser estos PC portátil, celulares u otro dispositivo que le permita conectarse a la red de datos inalámbrica.

2. En caso que su respuesta del ítem anterior sea Si, dígnese responder que tipo de dispositivo posee. ?

Equipo	# Personas	Total
Portátil	76	56%
Celular	18	13%
Otros	1	1%
No contesta	41	30%
Total	136	100%

Tabla 50. Tipo de dispositivo que poseen usuarios inalámbricos

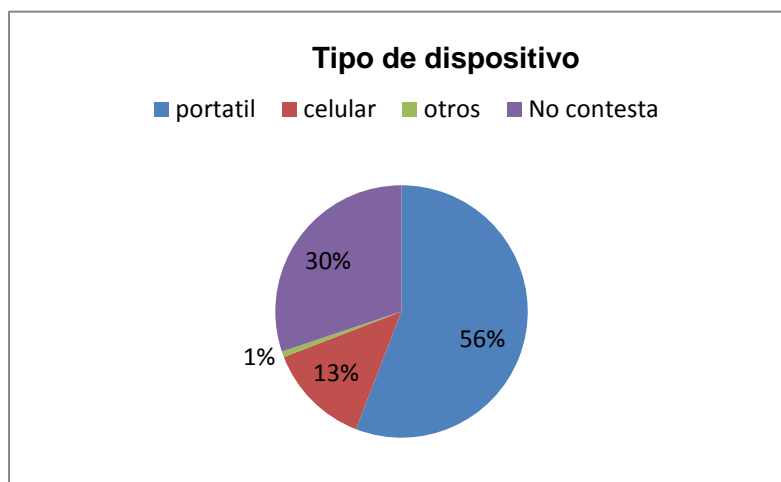


Figura 87. Tipo de dispositivo que poseen los usuarios

### 1.2 Análisis del resultado de la pregunta 2

El 56% de los encuestados poseen un Pc portátil, teniendo en cuenta que con este dispositivo se puede acceder a más servicios que ofrece la red de datos inalámbrica, un 13% poseen un celular como medio de conexión a la red y tan solo 1% disponen de otro tipo de dispositivo, el 13% restante no contesta a esta pregunta.

3. En el campus que Ud. se desempeña en la UNL. ¿Puede conectarse inalámbricamente a la red de datos. ?

Ítem	# Personas	Porcentaje
Si	77	57%
No	46	34%
No contesta	13	9%
Total	136	100%

Tabla 51. Usuarios que se conectan a la Red

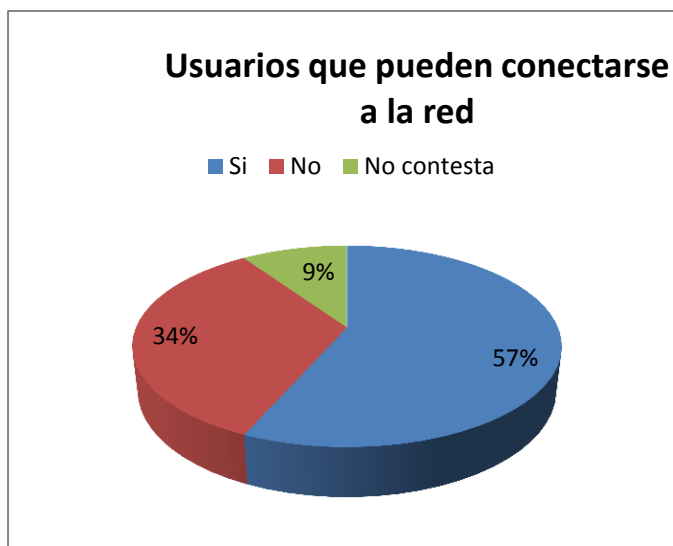


Figura 88. Usuarios que pueden conectarse en el campus que se desempeñan

### 1.3 Análisis del resultado de la pregunta 3

En cuanto a las personas que se pueden conectar inalámbricamente actualmente tenemos el 57% que si lo hacen, los mismos que manifiestan que esto se da ya que poseen un punto de acceso cercano a donde ellos se encuentran, en tanto que el 34% no pueden conectarse las razones más destacadas son a que la señal no abarca todos los sectores, no hay señal y, otros por no disponer de un dispositivo inalámbrico, un 9% no contesta.

4. Hace Ud. uso del internet inalámbrico que ofrece la red de datos de la Universidad Nacional de Loja. ?

Ítem	# Personas	Porcentaje
Si	87	64%
No	43	32%
No contesta	6	4%
Total	136	100%

Tabla 52. Uso de internet inalámbrico



Figura 89. Personas que hacen uso del internet inalámbrico.

#### 1.4 Análisis del resultado de la pregunta 4

El uso del internet inalámbrico por parte de los usuarios tenemos que un 64% si lo hacen, ya que en su mayoría lo utilizan para hacer consultas, trabajos de investigación, tareas y labores universitarias, en tanto que un 32% no hacen uso ya sea por no haber señal disponible, falta de equipos que brinden esta servicio, y por no disponer de dispositivo, y el 4% de las personas encuestadas no contestan.





### REDES INALAMBRICAS MALLADAS

5. En que horario y lugar se conecta Ud. inalámbricamente a la red de datos de la UNL. ?

Horario	#Personas	Porcentaje
8am a 10 am	14	10%
10am a 12am	32	24%
12pm a 2pm	13	10%
2pm a 4pm	14	10%
4pm a 6pm	28	21%
6pm a 8pm	17	12%
8pm a 9pm	10	7%
No contesta	8	6%
Total	136	100%

Tabla 53. Horario que se conectan los usuarios

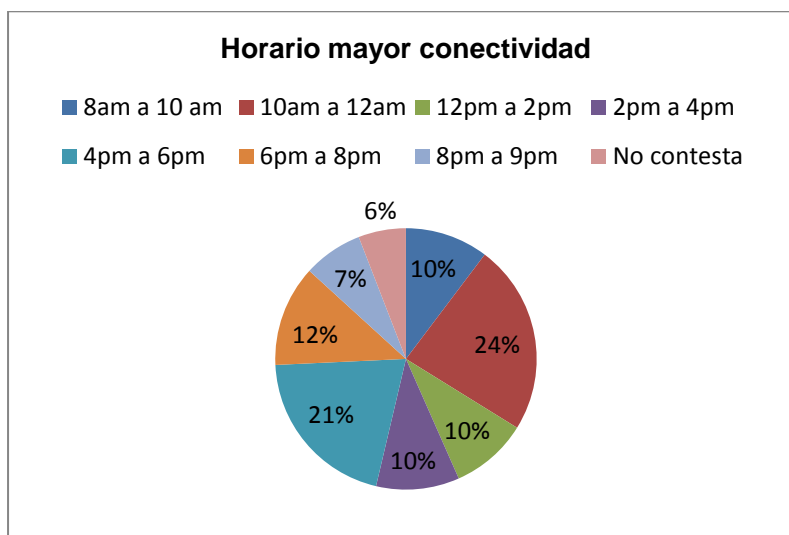
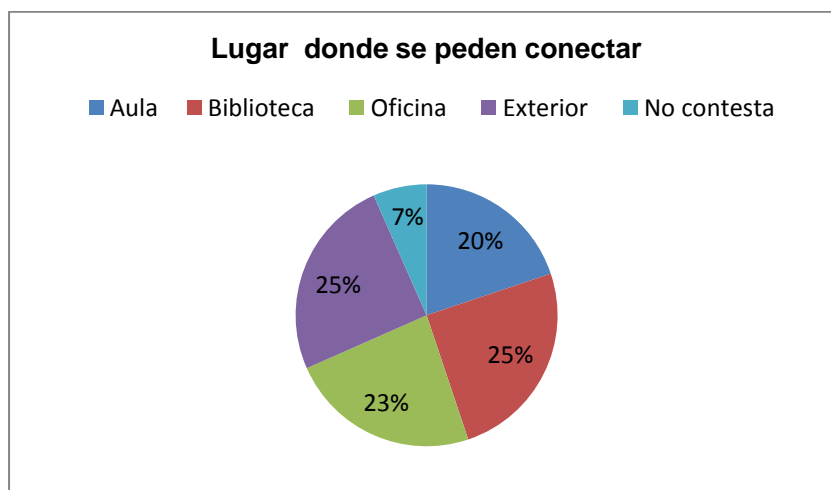


Figura 90 Horario de mayor afluencia de usuarios

**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

Lugar	# Personas	Porcentaje
Aula	27	20%
Biblioteca	34	25%
Oficina	32	23%
Exterior	34	25%
No contesta	9	7%
<b>Total</b>	<b>136</b>	<b>100%</b>

Tabla 54. Lugar que se conectan los usuarios



. Figura 91. Lugar en que se conectan inalámbricamente

**1.5 Análisis del resultado de la pregunta 5**

En cuanto a los horarios se ha obtenido que las horas de mayor afluencia de usuarios es en la mañana de 10am a 12am con un 24%, en la tarde es de 4pm a 6pm con un 21%, mientras que en la noche el horario elegido por los usuarios es de 6pm a 8pm, y con un menor porcentaje a los demás horarios considerados para conectarse a la red de datos inalámbrica.

Los lugares en que se conectan para hacer uso del internet inalámbrico tenemos 25% tanto como para exteriores y biblioteca, un 23% en oficina (administrativos) y tan solo un 20% lo puede hacer en las aulas que reciben clases, el 7% restante no contestan.

6. Cuando Ud. utiliza el internet inalámbrico cuál de los siguientes servicios son los que más usa. ?

Servicio	#Personas	Porcentaje
Correo Electrónico	31	23%
Redes Sociales	22	16%
Información	44	32%
Video Llamada	5	4%
Descargas	13	10%
Música	5	4%
Juegos	2	1%
Chat	6	4%
No contesta	8	6%
Total	136	100%

Tabla 55. Servicios mas usados por los usuarios

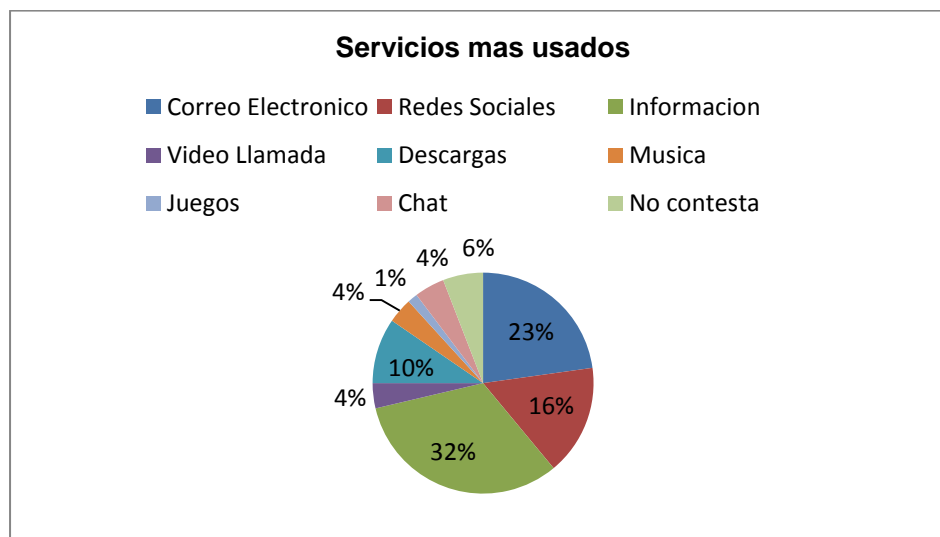


Figura 92. Servicios más usados inalámbricamente

### 1.6 Análisis del resultado de la pregunta 6

En cuanto a los servicios que utilizan entre los más relevantes tenemos, Información General y Especifica con un 32%, correo electrónico 23%, Redes Sociales con un 16%, un 10 % hacen el uso de internet para Descargas y, tenemos un 6% d encuestados que no contestan.

7. Como considera Ud. la velocidad de navegación en internet cuando hace uso de la red inalámbrica. ?

Ítem	#Personas	Porcentaje
Muy Bueno	8	6%
Bueno	51	38%
Regular	37	27%
Malo	11	8%
No contesta	29	21%
Total	136	100%

Tabla 56. Calidad de la velocidad de navegación

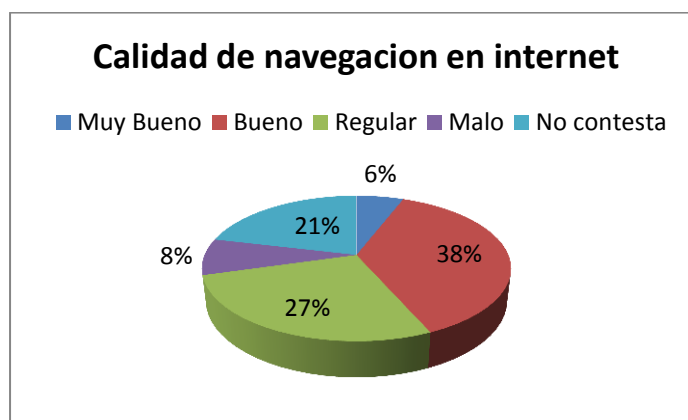


Figura 93. Calidad de la velocidad del internet inalámbrico cuando se navega

### 1.7 Análisis del resultado de la pregunta 7

La calidad de navegación en internet ha sido uno de los principales puntos a considerar ya que 38% lo considera como bueno, un 27% como regular, malo un 8%, y tan solo 8% lo considera muy bueno, en tanto que un 21% no ha contestado esta pregunta.

8. Cree Ud. Que sería de beneficio la implementación de una Red Inalámbrica que cubra todo el campus Universitario. ?

Ítem	#Personas	Porcentaje
si	126	93%
No	0	7%
No contesta	10	0%
Total	136	100%

Tabla 57. Implementar una red Inalámbrica en todo el campus

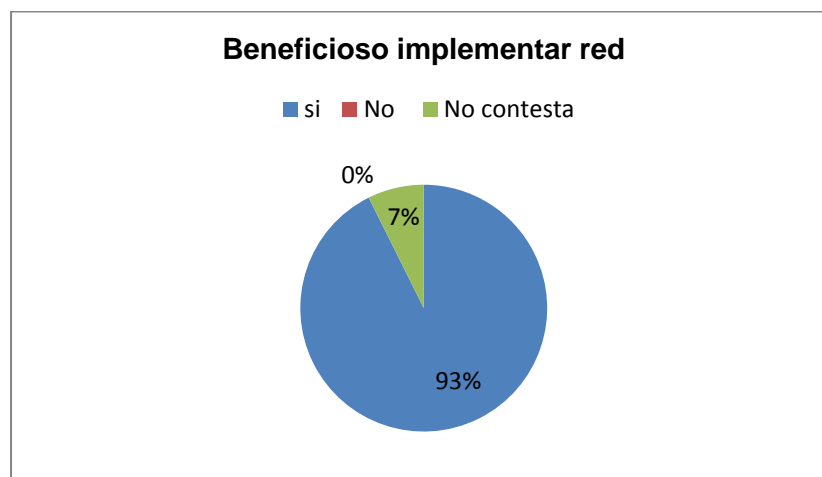


Figura 94. Usuarios que consideran de beneficio tener red Inalámbrica.

### 1.8 Análisis del resultado de la pregunta 8

El 93% de los encuestados consideran que sería de beneficio la implementación de una red inalámbrica que cubra todo el campus universitario, las razones más importantes que han expuesto tenemos: Facilidad para conectarse a la red, mejor prestación de servicios, facilitar la investigación de los usuarios, mayor cobertura, estar a la par con la tecnología y, mejorar los procesos de comunicación, un 7% no contesta a la pregunta referente a esta encuesta.



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

### Área de la Energía la Industria y los Recursos Naturales no Renovables

Estimado Sr: encuestado sírvase contestar el siguiente cuestionario, relacionado con el diseño de una red Inalámbrica en el campus Universitario, con el fin de poder obtener información acerca de la necesidad de la implementación de la misma.

Nombre:..... Cargo:.....

Área.....Carrera.....

Horario de Trabajo:.....

1.) Dispone Ud. de un dispositivo inalámbrico que la permita la conexión a la red de datos de la UNL?

Si ( )

No ( )

2.) En caso que su respuesta del ítem anterior sea Si, dígnese responder que tipo de dispositivo posee?

Pc Portátil ( )

Celular ( )

Otros ( )

Cuál ?.....

3.) En el campus que Ud. se desempeña en la UNL. ¿Puede conectarse inalámbricamente a la red de datos?

Si ( )

No ( )

Por qué?

.....

...

4.) Hace Ud. uso del internet inalámbrico que ofrece la red de datos de la UNL. ?

Si ( )

No ( )



**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**

Por qué?

.....

5.) En que horario y lugar se conecta Ud. inalámbricamente a la red de datos de la UNL?

Mañana:        8am a 10am ( )        10am a 12am ( )        12am a 02pm ( )

Lugar:.....

Tarde:        02pm a 04pm ( )        04pm a 06pm ( )

Lugar:.....

Noche:        06pm a 08pm ( )        08pm a 09pm ( )

Lugar:.....

6.) Cuando Ud. utiliza el internet inalámbrico cuál de los siguientes servicios son los que más usa. ?

Correo Electrónico ( )    Redes Sociales ( )    Información ( )    Video Llamada ( )

Descargas ( )    Música ( )    Juegos ( )    Chat ( )

7.) Como considera Ud. la velocidad de navegación en internet cuando hace uso de la red inalámbrica. ?

Muy Bueno ( )        Bueno ( )        Regular ( )        Malo ( )

8.) Cree Ud. Que sería de beneficio la implementación de una Red Inalámbrica que cubra todo el campus Universitario. ?

Si ( )

No ( )

Por qué

?.....

.....

Firma



## ANEXO 2.

### PROMEDIO USUARIOS SIMULTANEOS EN LA RED WIFI DE LA UNL

Determinación de la muestra de los puntos de acceso para poder determinar los usuarios simultáneos que hacen uso del internet inalámbrico en la UNL, para poder obtener se hará uso de la siguiente formula.

$$n = \frac{N * p * q * z^2}{N * e^2 + z^2 * p * q}$$

<b>n =?</b> <b>e =0,1</b>	<b>N= 74</b>	<b>p = 0,90</b>	<b>q = 0,10</b>	<b>z = 1,96</b>
------------------------------	--------------	-----------------	-----------------	-----------------

$$n = \frac{74 * (0,90) * (0,10) * (1,96)^2}{74 * (0,1)^2 + (1,96)^2 * (0,90) * (0,10)}$$

$$n = 8,73 \approx 9$$

Se ha obtenido una muestra de 9 puntos de acceso, esta muestra se la toma para poder revisar los log de 9 puntos de acceso para ver cuantos clientes se pueden conectar durante dos horas y poder sacar un promedio.

Día	hora	Ap1	Ap2	Ap3	Ap4	Ap5	Ap6	Ap7	Ap8	Ap9	Promedio
Lunes	2	65	39	73	28	39	45	42	36	46	45
Martes	2	84	60	55	50	56	58	75	49	87	63
Miércoles	2	45	32	79	74	62	36	35	78	36	53
Jueves	2	75	63	48	36	72	51	28	56	75	56
Viernes	2	28	48	63	60	53	44	55	76	49	52
<b>Total</b>											269

Tabla 58. Usuarios simultáneos

La tabla anterior nos muestra que el numero promedio de usuarios simultáneos es de 269, esto se obtiene de dividir la sumatoria total del numero de usuarios conectados durante dos hora para nueve que es el numero de puntos de acceso tomado como muestra, luego se suma estos promedios y se obtiene un resultado para poder trabajar.





## ANEXO 3.

### HOJA DE DATOS CISCO AIRONET 1550 SERIES

Cisco Aironet 1550 Series Product Specifications

Item	Specification
Part numbers	<p><b>Cisco Aironet 1552E Access Point</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AIR-CAP1552E-A-K9</li> <li>• AIR-CAP1552E-C-K9</li> <li>• AIR-CAP1552E-E-K9</li> <li>• AIR-CAP1552E-M-K9</li> <li>• AIR-CAP1552E-N-K9</li> <li>• AIR-CAP1552E-K-K9</li> <li>• AIR-CAP1552E-R-K9</li> <li>• AIR-CAP1552E-S-K9</li> <li>• AIR-CAP1552E-T-K9</li> </ul> <p><b>Cisco Aironet 1552C Access Point with DOCSIS 3.0 Cable Modem</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AIR-CAP1552C-A-K9</li> <li>• AIR-CAP1552C-E-K9</li> <li>• AIR-CAP1552C-N-K9</li> </ul> <p><b>Cisco Aironet 1552H Hazardous Location Access Point</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AIR-CAP1552H-A-K9</li> <li>• AIR-CAP1552H-C-K9</li> <li>• AIR-CAP1552H-E-K9</li> <li>• AIR-CAP1552H-M-K9</li> <li>• AIR-CAP1552H-N-K9</li> <li>• AIR-CAP1552H-S-K9</li> </ul> <p><b>Cisco Aironet 1552I Integrated Antenna Access Point</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AIR-CAP1552I-A-K9</li> <li>• AIR-CAP1552I-E-K9</li> <li>• AIR-CAP1552I-K-K9</li> </ul>
802.11n Version 2.0 (and Related) Capabilities	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x3 multiple-input multiple-output (MIMO) with two spatial streams</li> <li>• Legacy beamforming</li> <li>• 20- and 40-MHz channels</li> <li>• PHY data rates up to 300 Mbps</li> <li>• Packet aggregation: A-MPDU (Tx/Rx), A-MSDU (Tx/Rx)</li> </ul>
Data Rates Supported	<p><b>802.11a: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps</b></p> <p><b>802.11g: 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps</b></p>

Item	Specification			
<b>Maximum Number of Nonoverlapping Channels</b>	<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: 16</li> </ul> </li> <li>802.11n: <ul style="list-style-type: none"> <li>20 MHz: 16</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Note:</b> This varies by regulatory domain. Refer to the product documentation for specific				
<b>Receive Sensitivity</b>	<b>802.11b (Complementary Code Keying [CCK])</b> -101 dBm @ 1 Mb/s -98 dBm @ 2 Mb/s -92 dBm @ 5.5 Mb/s -89 dBm @ 11 Mb/s	<b>802.11g (non HT20)</b> -94 dBm @ 6 Mb/s -93 dBm @ 9 Mb/s -92 dBm @ 12 Mb/s -90 dBm @ 18 Mb/s -86 dBm @ 24 Mb/s -84 dBm @ 36 Mb/s -79 dBm @ 48 Mb/s	<b>802.11a (non HT20)</b> -92 dBm @ 6 Mb/s -91 dBm @ 9 Mb/s -89 dBm @ 12 Mb/s	<b>802.11n (HT20)</b> -93 dBm @ MCS0 -91 dBm @ MCS1 -89 dBm @ MCS2 -86 dBm @ MCS3 -82 dBm @ MCS4 -78 dBm @ MCS5 -77 dBm @ MCS6 -75 dBm @ MCS7 -93 dBm @ MCS8 -91 dBm @ MCS9 -89 dBm @ MCS10 -86 dBm @ MCS11 -82 dBm @ MCS12
			<b>5-GHz</b> <b>802.11n (HT20)</b> -92 dBm @ MCS0 -89 dBm @ MCS1 -87 dBm @ MCS2 -85 dBm @ MCS3 -81 dBm @ MCS4 -77 dBm @ MCS5 -76 dBm @ MCS6 -75 dBm @ MCS7 -90 dBm @ MCS8 -87 dBm @ MCS9 -85 dBm @ MCS10 -82 dBm @ MCS11 -78 dBm @ MCS12	<b>5-GHz</b> <b>802.11n (HT40)</b> -89 dBm @ MCS0 -86 dBm @ MCS1 -84 dBm @ MCS2 -82 dBm @ MCS3 -78 dBm @ MCS4 -74 dBm @ MCS5 -73 dBm @ MCS6
<b>Maximum Transmit Power</b>	<b>2.4 GHz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>802.11b (CCK) <ul style="list-style-type: none"> <li>28 dBm with 2 antennas</li> </ul> </li> <li>802.11g (non HT duplicate mode) <ul style="list-style-type: none"> <li>28 dBm with 2 antennas</li> </ul> </li> <li>802.11n (HT20) <ul style="list-style-type: none"> <li>28 dBm with 2 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>28 dBm with 2 antennas</li> </ul> </li> <li>802.11n non-HT duplicate (802.11a duplicate) mode <ul style="list-style-type: none"> <li>28 dBm with 2 antennas</li> </ul> </li> <li>802.11n (HT20) <ul style="list-style-type: none"> <li>27 dBm with 2 antennas</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Network Interface</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10/100/1000BASE-T Ethernet, autosensing (RJ-45)</li> <li>Fiber SFP</li> <li>DOCSIS 3.0 (8x4) Cable modem interface (option available)</li> </ul>			
<b>Dimensions</b>	12.0 in. x 7.8 in. x 6.4 in. (30.48 cm x 19.81 cm x 16.26 cm) (including			

Tabla 59. Características equipo cisco Aironet

## **ANEXO 4.**

### **SITIOS PARA LA UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS PARA LA RED MALLADA**



Figura 95. Área Energía (poste)



Figura 96. Edificio MED



Figura 97. Estadio

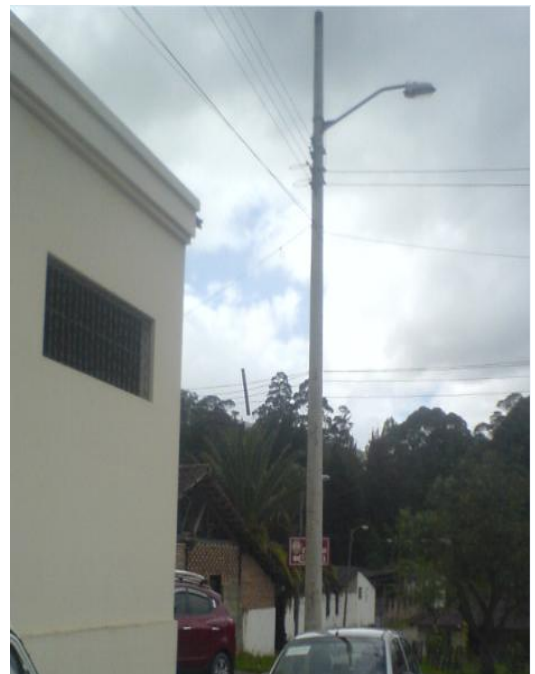


Figura 98. Artes (Poste)



Figura 99. Colegio Manuel Cabrera



Figura 100. Bloque 8 Área Educativa



Figura 101. Bloque Comunicación Social



Figura 102. Bloque 1 y 2 Energía





Figura 103. Bloque Ex-Bienestar Estudiantil

Figura 104. Bloque 5 Área Educativa



Figura 105. Bloque Área Agropecuaria

Figura 106. Poste (Área Agropecuaria)

**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**



Figura 107. Administración Central



Figura 108. Bloque Posgrado Salud



Figura 109. Bloque Área de la Salud



Figura 110. Instituto de Idiomas

## ANEXO 5.

### UBICACIÓN EQUIPOS SEGMENTO DE RED MESH BLOQUE2 A.C



Figura 111. Nodo Principal (4to piso UTI)



Figura 112. Nodo 2 (4to piso Des. Univer)



Figura 113. Nodo 3 (3er piso Nominas)



Figura 114. Nodo 4 (3r piso R.R. H.H.)



Figura 115. Nodo 5 (2do piso Contabilidad)



Figura 116. Nodo 6 (2do piso Direc. Finan)

**REDES INALAMBRICAS MALLADAS**



Figura 117. Nodo 7(1er piso Compras Publicas)



Figura 118. Nodo 8 (1er piso)

**UBICACIÓN EQUIPOS SEGMENTO DE RED MESH BLOQUE1 A.C.**



Figura 119. Nodo 9 (4to piso Des. Físico)



Figura 120. Nodo 10 (3er piso TAE)



Figura 121. Nodo 11 (2do piso )



Figura 122. Nodo 12 (1er piso Archivo)



## ANEXO 6.

### ENCUESTA DE VALIDACION Y FUNCIONAMIENTO DE LA RED MESH

Se realizó la encuesta a un total de 5 personas, las encuestas se la llevo a cabo con personal que realiza actividades en los edificios de Administración Central.

1.) ¿Como considera Ud. La forma para conectarse a la Red Mallada MeshUnl?

Ítem	#Personas	Porcentaje
Fácil	5	100%
Difícil	0	0%
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>100%</b>

Tabla 60. Forma de conectarse a la Red Mesh

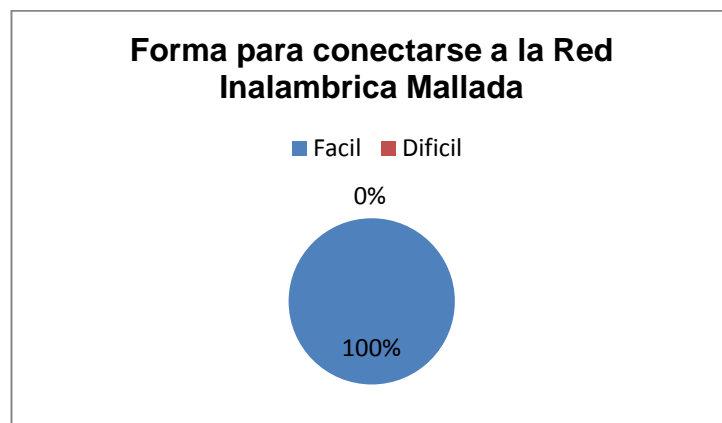


Figura 123. Forma para conectarse a la Red Mallada

#### 6.1 Análisis del resultado de la pregunta 1

De las personas encuestadas tenemos que el 100% consideran que la conectividad es fácil, cabe recalcar que la única diferencia para la conectividad es el icono que aparece con el nombre de la red MeshUnl es distinto al que se están acostumbrados.

2.) ¿Que le parece la velocidad de navegación mediante la Red Mallada MeshUnl?

Ítem	#Personas	Porcentaje
Muy Buena	1	20%
Buena	3	60%
Regular	1	20%
Malo	0	0%
Total	5	100%

Tabla 61. Velocidad de navegación de la red Mesh

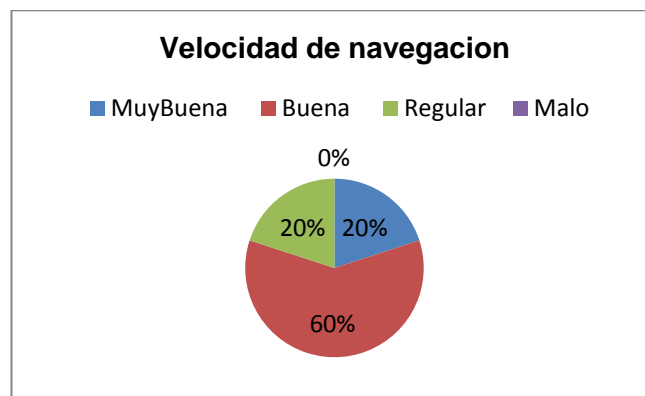


Figura 124. Velocidad de navegación en la Red Mallada

## 6.2 Análisis del resultado de la pregunta 2

El 60% de los encuestados consideran que la velocidad de navegación es buena, aunque tenemos que un 20% la considera Muy Buena, a diferencia de un 20% la consideran regular, cabe mencionar que la velocidad de la red se encuentra sujeta al uso que se le de a toda la red de datos de la Universidad.

3.) ¿Que le parece la velocidad para la descarga de archivos mediante la Red Mallada MeshUnl?

Ítem	#Personas	Porcentaje
Muy Buena	1	20%
Buena	4	80%
Regular	0	0%
Malo	0	0%
Total	5	100%

Tabla 62. Velocidad de descarga con la red Mesh

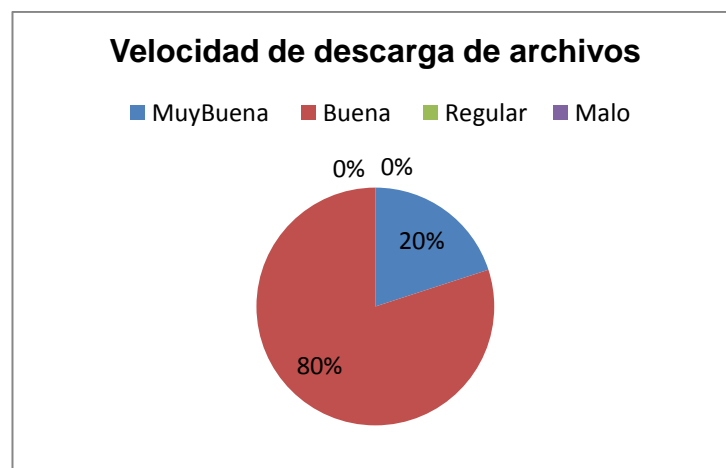


Figura 125. Velocidad de descarga mediante Red Mallada

### 6.3 Análisis del resultado de la pregunta 3

El 80% de los encuestados consideran que la velocidad para descargar archivos es buena, y un 20% la considera Muy Buena, de igual forma la velocidad de descarga esta sujeta al uso que se le de a toda la red de datos de la Universidad cabe recordar que por ser una red plana no existe segmentación de anchos de banda

4.) ¿Sabido que existe una Red Inalámbrica mallada en Administración Central con que frecuencia la usaría?

Ítem	#Personas	Porcentaje
Siempre	2	40%
Frecuente	3	60%
Nunca	0	0%
Total	5	100%

Tabla 63. Uso para de la Red Mesh de Administración Central

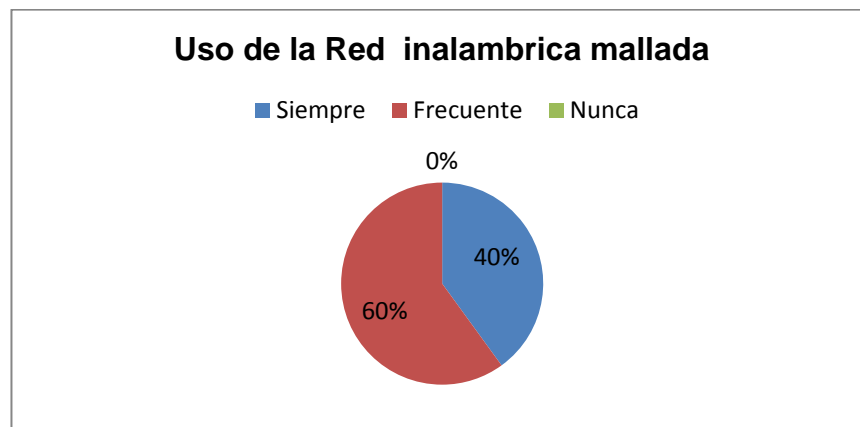


Figura 126. Uso de la Red MeshUni

#### 6.4 Análisis para el resultado de la pregunta 4

En cuanto al uso el 60% de los encuestados opinan que la usaran frecuentemente y un 40% harán uso de la Red Inalámbrica Mallada siempre, los encuestados que lo harán frecuentemente será por que algunos de ellos tienen la posibilidad de conectar sus computadores a la red cableada, caso que no pasara con los usuarios que no disponen de esa posibilidad.

5.) ¿En términos generales el funcionamiento de la red Inalámbrica Mallada me parece?

Ítem	#Personas	Porcentaje
Muy Buena	2	40%
Buena	3	60%
Regular	0	0%
Malo	0	0%
Total	5	100%

Tabla 64. Funcionamiento en general de la Red Mesh

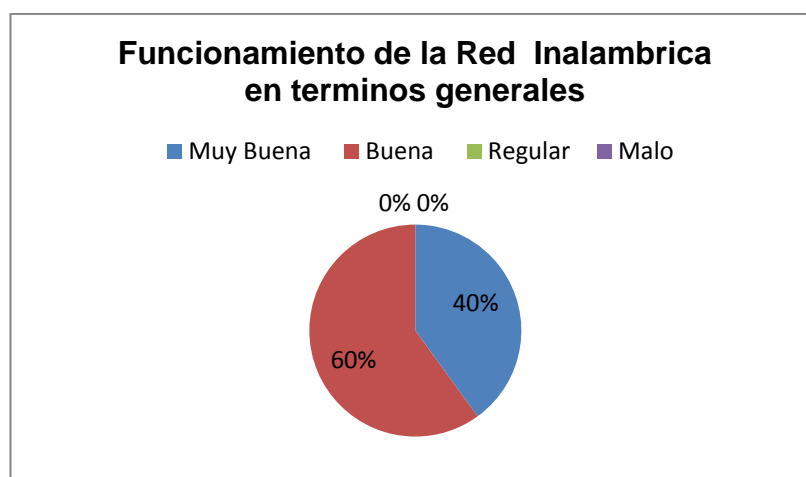


Figura 127. Funcionamiento de la Red MeshUnl

### 6.5 Análisis del resultado de la pregunta 5

El 60% de los encuestados consideran que en términos generales funcionalidad de la Red Inalámbrica Mallada (MeshUnl) es buena, y el 40% la consideran Muy Buena, con lo cual podemos ver que será de mucha utilidad para los usuarios que realizan sus actividades haciendo uso de dispositivos inalámbricos en los Bloques de Administración Central de la Universidad Nacional de Loja.





*REDES INALAMBRICAS MALLADAS*

## **ANEXO 7. CERTIFICACION**



*REDES INALAMBRICAS MALLADAS*

## **ANEXO 8. ANTEPROYECTO**