

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA RED IEEE 802.11n (WLAN)
PARA APLICACIONES DE DATOS EN LA UNIDAD EDUCATIVA
ARCO IRIS OCCIDENTAL.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

OSCAR ISMAEL REISANCHO PUETATE

ismaoskr@hotmail.com

DIRECTOR: ING. PABLO WIGBERTO LÓPEZ MERINO

pwlopezm@hotmail.com

QUITO, DICIEMBRE DE 2010

DECLARACIÓN

Yo, Oscar Ismael Reisancho Puetate, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Oscar I. Reisancho P.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Oscar Ismael Reisancho Puetate, bajo mi supervisión.

Ing. Pablo López

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por su incansable paciencia, empuje, amor y fe hacia mí, que nunca me dejó declinar a pesar de los inconvenientes que se presentaron.

A mi padre por su amistad y consejos aunque siempre tenemos diferencias llegamos a ser AMIGOS.

A mis hermanos que con su afecto y cariño demostrado en bromas, me impulsaron cuando el trabajo presentaba sus estragos.

A todos los ingenieros de la ESCUELA POLITECNICA NACIONAL que con su conocimiento me han guiado en el camino del profesionalismo. En especial al Ingeniero Pablo López, por su aporte en el desarrollo de este proyecto.

A todos mis amigos y compañeros de la UNIDAD EDUCATIVA "ARCO IRIS OCCIDENTAL", en especial al Doctor Robert Hidalgo, por brindarme las facilidades para realizar este proyecto.

DEDICATORIA

A Dios por darme la luz necesaria para poder realizar mi sueño de ser profesional.

A mis padres Gladys y Alonso que se sacrificaron durante muchos años para llegar a verme como profesional, su sacrificio no fue en vano muchas gracias.

A él o ella lo que Dios desee, eres la razón primordial para llegar a terminar este proyecto, ya que llegaste justo cuando pensaba dejar todo ahí sin más ni más. Por esta razón en primordial te dedico toda mi vida como estudiante, profesional y como padre.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMENxiv

PRESENTACIÓN xv

DESCRIPCIÓN PÁGINA

CAPITULO 1

1. FUNDAMENTOS TEORICOS DE REDES DE INALÁMBRICAS	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 TECNOLOGIAS INALAMBRICAS	1
1.2.1 PILAS DE PROTOCOLOS	3
1.2.2 REDES 802.11	3
1.2.2.1 IEEE 802.11	4
1.2.2.2 IEEE 802.11b.....	4
1.2.2.3 IEEE 802.11a.....	5
1.2.2.4 IEEE 802.11g.....	5
1.2.2.5 IEEE 802.11n.....	6
1.2.3 TOPOLOGÍAS PARA REDES 802.11	6
1.2.3.1 Componentes Físicos	6
1.2.3.2 Redes Independientes o <i>Ad-Hoc</i>	8
1.2.3.3 Redes de infraestructura.....	9
1.2.4 BLUETOOTH.....	10
1.2.5 WiMAX.....	11
1.3 ESTÁNDAR IEEE 802.11n	13
1.3.1 MEJORAS DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11N	14
1.3.1.1 Tasas de datos superiores a nivel físico	14
1.3.1.2 Mejora de la eficiencia a nivel MAC.	14

1.3.1.3	Robustez.....	14
1.3.2	CAPA FÍSICA	15
1.3.2.1	MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)	17
1.3.2.1.1	Transmit Beamforming.....	18
1.3.2.1.2	SDM (Spatial Division Multiplexion)	19
1.3.2.2	Anchos de banda de canal: 20- 40 MHz.	20
1.3.2.2.1	Canal de 40 MHz.	21
1.3.2.2.2	Canal de 20 MHz	23
1.3.2.2.3	Operación de los canales de 20/40 MHz.	24
1.3.2.2.3.1	En las bandas de 5 GHz.	24
1.3.2.2.3.2	En la banda de 2,4 GHz.	25
1.3.2.3	Intervalo de guarda pequeño (Short GI).....	26
1.3.2.4	Código de verificación de paridad de baja densidad (LDPC).	27
1.3.3	CAPA MAC.....	28
1.3.3.1	Agregación	29
1.3.3.1.1	A-MSDU (MAC Service Data Units agregada).....	30
1.3.3.1.2	A-MPDU (MAC Service Data Units agregada).....	31
1.3.3.2	Block Acknowledgement	32
1.3.3.2.1	BA Inmediato HT.....	32
1.3.3.2.1.1	Policía de Normal ACK en la agregación	33
1.3.3.2.1.2	Secuencias TXOP (Oportunidad de transmisión).....	34
1.3.3.2.2	BA retrasado HT	36
1.3.3.2.2.1	Secuencias TXOP	36
1.3.3.3	Protocolo de dirección inversa	37
1.3.3.4	PMSP (Power – Save Multi – Poll).....	38
1.4	CABLEADO ESTRUCTURADO.....	40
1.4.1	TOPOLOGÍA DE RED	41
1.4.1.1	TOPOLOGIAS MÁS COMUNES.....	41
1.4.1.1.1	Bus.....	41
1.4.1.1.2	Anillo	42

1.4.1.1.3	Estrella.....	43
1.4.1.1.4	Híbridas	44
1.4.1.1.4.1	Anillo en Estrella.....	44
1.4.1.1.4.2	"Bus" en Estrella.....	44
1.4.1.1.4.3	Estrella Jerárquica.....	44
1.4.1.1.5	Árbol	46
1.4.1.1.6	Trama o Malla.....	46
1.4.2	NORMALIZACIÓN, SURGIMIENTO DE LA NORMA EIA/TIA 568.....	47
1.4.2.1	Elementos principales de un cableado estructurado.....	48
1.4.2.1.1	Cableado Horizontal	49
1.4.2.1.2	Cableado del Backbone o vertical.....	49
1.4.2.1.3	Cuarto de Telecomunicaciones	50
1.4.2.1.4	Cuarto de Entrada de Servicios	51
1.4.2.1.5	Sistema de Puesta a Tierra y Puenteado	51
1.4.2.1.6	Closet de telecomunicaciones	52
1.4.2.1.6.1	Closet Primario.....	53
1.4.2.1.6.2	Closet Secundario.....	53
1.4.3	VENTAJAS DEL CABLEADO ESTRUCTURADO.....	53
1.4.4	MATERIALES USADOS EN EL CABLEADO ESTRUCTURADO	54
1.4.4.1	Keystone	54
1.4.4.2	Roseta P/Keystone	55
1.4.4.3	Frente para keystone o faceplate.....	55
1.4.4.4	Rosetas Integradas	56
1.4.4.5	Cable UTP Solido.....	56
1.4.4.6	Patch Panel.....	57
1.4.4.7	Patch Cord	57
1.4.4.8	Conector RJ45	58
1.4.4.9	Cable UTP Flexible	58
1.4.5	HERRAMIENTAS	59
1.4.5.1	Herramienta De Impacto	59

1.4.5.2	Herramienta De Crimpear	59
1.4.5.3	Cortador y pelador de cables	60
1.4.5.4	Probador rápido de cableado	60
1.4.6	Cable UTP Categoría 6	61
2.	DISEÑO DE LA RED INALAMBRICA.....	64
2.1	REQUERIMIENTOS DE UNA RED INALAMBRICA.....	64
2.1.1	ACCESIBILIDAD A LOS RECURSOS DE RED	64
2.1.2	SEGURIDAD A NIVEL INSTITUCIONAL	64
2.1.3	SEGMENTACIÓN DE USUARIOS.....	64
2.1.4	MANEJO CENTRALIZADO	65
2.1.5	ARQUITECTURA DE LA RED.....	65
2.2	CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA.....	65
2.2.1	PÉRDIDAS DE SEÑAL.....	65
2.2.2	ROAMING	66
2.2.3	CAPACIDAD Y COBERTURA.....	68
2.2.4	SITE SURVEY.....	68
2.2.5	EQUIPAMIENTO 802.11	69
2.2.5.1	Puntos de Acceso	70
2.2.5.2	Controladores de Puntos de Acceso.....	71
2.2.5.3	Antenas.....	72
2.2.5.4	Analizadores de Red Inalámbrica	75
2.2.6	SEGURIDAD PARA REDES <i>Wi-Fi</i>	76
2.2.6.1	Filtrado de Direcciones MAC.....	76
2.2.6.2	WEP (Wired Equivalent Privacy).....	77
2.2.6.3	WPA (Wi-Fi Protected Access)	77
2.2.6.3.1	WPA Versión 1 (WPA).....	78
2.2.6.3.2	WPA Versión 2 (WPA2).....	79
2.2.6.3.3	Modalidades de Operación.....	79
2.2.6.4	Comparación de Estándares de Seguridad de Redes Inalámbricas Wi-Fi	80

2.2.6.5	Políticas de Seguridad	80
2.3	ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA RED INALÁMBRICA.....	81
2.3.1	CONSIDERACIONES DE RENDIMIENTO.....	82
2.3.2	ÁREA DE COBERTURA	82
2.3.3	DENSIDAD DE USUARIOS	83
2.3.4	SERVICIOS Y APLICACIONES SOBRE LA RED INALÁMBRICA.....	83
2.3.5	SEGURIDAD	83
2.3.6	INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA	84
2.4	DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO	84
2.4.1	CAPACIDAD DE DATOS PARA CADA USUARIO.....	84
2.4.1.1	Correo Electrónico	85
2.4.1.2	Internet.....	85
2.4.1.3	Antivirus	85
2.4.1.4	Otras Aplicaciones	86
2.5	DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA PARA LA UNIDAD EDUCATIVA “ARCO IRIS OCCIDENTAL”	86
2.5.1	TECNOLOGIA INALAMBRICA.....	86
2.5.2	SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA.....	87
2.5.3	TOPOLOGÍA DE RED INALAMBRICA.....	89
2.5.3.1	Segmento Alámbrico.....	90
2.5.3.2	Segmento Inalámbrico	90
2.5.4	DISPOSITIVOS DE LA RED INALAMBRICA PARA LA UNIDAD EDUCATIVA “ARCO IRIS OCCIDENTAL”	91
2.5.4.1	Análisis Técnico De Los Dispositivos De La Red Inalámbrica.	91
2.5.4.1.1	Análisis técnico para el ROUTER D-LINK DIR-655 802.11n WIRELLESS	93
2.5.4.1.2	Análisis técnico para el Wireless N Router DIR-615.....	96
2.5.4.1.3	Costos de la implementación de la red.....	98
2.5.4.1.4	Modem ADSL modem huawei echolife hg510	100
2.5.5	CONFIGURACION DE ROUTER’S INALÁMBRICOS.....	100

2.5.5.1	Configuración de los router para trabajar con la infraestructura ROAMING	101
2.5.5.1.1	Configuración del router CENTRAL.....	101
2.5.5.1.2	Configuración del router SECUNDARIO.....	104
2.5.5.1.3	Configuración del router para internet.....	107
2.5.5.1.3.1	Configuración del router CENTRAL	107
2.5.5.1.3.2	Configuración del router SECUNDARIO.	108
2.5.6	DESCRIPCIÓN DE LA RED ALAMBRICA	108
2.5.6.1	Cableado para la red inalámbrica	109
2.5.6.2	Conexión de los dispositivos con la red alámbrica.....	110
2.5.7	PUESTA EN MARCHA DE LA RED INALÁMBRICA.....	111
2.5.8	PRUEBAS DE INTENSIDAD DE SEÑAL	111
2.5.9	PUNTOS DE BAJA COBERTURA	114
3	RESULTADOS	115
3.1	CONCLUSIONES.....	115
3.2	RECOMENDACIONES.....	116
3.3	BIBLIOGRAFÍA.....	117

ANEXO A DESCRIPCION DEL WIRELESS N ROUTER DIR – 615

ANEXO B DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODEM ADSL ECHOLIFE HG510a

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	2
FIGURA 1.2 FAMILIA DE LA TECNOLOGÍA DE RED IEEE 802	3
FIGURA 1.3 COMPONENTES FÍSICOS DE 802.11	7
FIGURA 1.4 TOPOLOGÍA AD-HOC	9
FIGURA 1.5 TOPOLOGIA DE INFRAESTRUCTURA	10
FIGURA 1.6 COMPARACIÓN ENTRE LAS MODULACIONES: PORTADORA ÚNICA Y OFDM	16
FIGURAS 1.7 REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA TRANSMIT BEAMFORMING ..	18
FIGURA 1.8 REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA MIMO/SDM	19
FIGURA 1.9 SISTEMA MIMO “2X3”	20
FIGURA 1.10 ANCHO DE BANDA	21
FIGURA 1.11 DISEÑO DE SUBPORTADORAS EN CANAL 40MHZ	22
FIGURA 1.12 MÁSCARA ESPECTRAL DEL CANAL 40MHZ	22
FIGURA 1.13 DISEÑO SE SUBPORTADORAS EN CANAL DE 20 MHZ	24
FIGURA 1.14 MÁSCARA ESPECTRAL DE CANAL 20 MHZ	24
FIGURA 1.15 COEXISTENCIA EN LA BANDA DE 5 GHZ	25
FIGURA 1.16 COEXISTENCIA EN LA BANDA DE 2,4 GHZ	26
FIGURA 1.17 REPRESENTACIÓN DEL INTERVALO DE GUARDA	27
FIGURA 1.18 DIAGRAMA DE LAS MEJORAS INTRODUCIDAS RESPECTO AL ESTÁNDAR 802.11e	29
FIGURA 1.19 AGREGACIÓN A-MSDU Y A-MPDU	30
FIGURA 1.20 ENCAPSULAMIENTO A-MSDU	31
FIGURA 1.21 ENCAPSULAMIENTO A-MPDU	32

FIGURA 2.22 MECANISMO DE REORDENACIÓN	34
FIGURA 1.23 SECUENCIAS HT BA INMEDIATO	35
FIGURA 1.24 SECUENCIAS HT BA RETRASADO.....	37
FIGURA 1.25 TXOP (A) SIN Y (B) CON EL PROTOCOLO DE DIRECCIÓN INVERSA.....	38
FIGURA 1.26 SECUENCIA PMSP.....	40
FIGURA 1.27 TOPOLOGÍA BUS	42
FIGURA 1.28 TOPOLOGÍA ANILLO.....	43
FIGURA 1.29 TOPOLOGÍA ESTRELLA	43
FIGURA 1.30 TOPOLOGÍA HÍBRIDA	45
FIGURA 1.31 TOPOLOGÍA ÁRBOL	46
FIGURA 1.32 TOPOLOGÍA TRAMA O MALLA.....	46
FIGURA 1.33 CABLEADO HORIZONTAL	49
FIGURA 1.34 CABLEADO BACKBONE O VERTICAL.....	50
FIGURA 1.35 CUARTO DE TELECOMUNICACIONES	51
FIGURA 1.36 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	52
FIGURA 1.37 DATACENTER	53
FIGURA 1.38 KEYSTONE	54
FIGURA 1.39 ROSETA P/KEYSTONE	55
FIGURA 1.40 FRETE PARA KEYSTONE O FACEPLATE.....	55
FIGURA 1.41 ROSETAS INTEGRADAS	56
FIGURA 1.42 PATCH PANEL.....	57
FIGURA 1.43 PATCH CORD.....	57
FIGURA 1.44 Plug RJ45.....	58
FIGURA 1.45 CABLE UTP FLEXIBLE	58

FIGURA 1.46 HERRAMIENTA DE IMPACTO	59
FIGURA 1.47 HERRAMIENTA DE CRIMPEAR.....	59
FIGURA 1.48 CORTADOR Y PELADOR DE CABLES.....	60
FIGURA 1.49 PROBADOR RÁPIDO DE CABLE.....	60
FIGURA 2.1 INFRAESTRUCTURA ROAMING	67
FIGURA 2.2 PUNTO DE ACCESO	71
FIGURA 2.3 ANTENA OMNIDIRECCIONAL	72
FIGURA 2.4 ANTENA DIRECCIONAL.....	73
FIGURA 2.5 ANTENA SECTORIAL.....	73
FIGURA 2.6 ANALISADOR DE RED INSSIDER	75
FIGURA 2.7 RED INALÁMBRICA PARA LA UNIDAD EDUCATIVA “ARCO IRIS OCCIDENTAL”	90
FIGURA 2.8 ROUTER D-LINK DIR-615 802.11n WIRELLESS	92
FIGURA 2.9 MODEM ADSL MODEM HUAWEI ECHOLIFE HG520	101
FIGURA 2.10 CONFIGURACIÓN DE NETWORK PARA EL ROUTER CENTRAL	103
FIGURA 2.11 PARÁMETROS WIRELESS NETWORK PARA EL ROUTER CENTRAL.....	104
FIGURA 2.12 MODO DE SEGURIDAD WIRELESS PARA EL ROUTER CENTRAL	105
FIGURA 2.13 PARÁMETRO NETWORK PARA EL ROUTER SECUNDARIO.....	106
FIGURA 2.14 PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA	107
FIGURA 2.15 CONFIGURACIÓN DEL TIPO DE CONEXIÓN A INTERNET.....	108
FIGURA 2.16 CONFIGURACIÓN DEL TIPO DE CONEXIÓN A INTERNET.....	109
FIGURA 2.17 CABLEADO DE LA RED INALÁMBRICA	110

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 ESPECIFICACIONES DEL ESTÁNDAR 802.16	13
TABLA 2.1 ESTÁNDARES DE SEGURIDAD PARA REDES INALÁMBRICAS WI-FI	80
TABLA 2.2 CAPACIDAD DE DATOS PARA USUARIOS.....	86
TABLA 2.3 COMPARACIÓN DE LOS ESTÁNDARES INALÁMBRICOS DE ALTO RENDIMIENTO	89
TABLA 2.4 FICHA TÉCNICA ROUTER D-LINK DIR-655 802.11N WIRELESS.....	65
TABLA 2.5 FICHA TÉCNICA WIRELESS N ROUTER DIR-615	98
TABLA 2. 6 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS DISPOSITIVOS DE RED ALÁMBRICA.....	101
TABLA 2.7 INTENSIDADES DE SEÑAL EN LA UNIDAD EDUCATIVA.....	114
TABLA 2.8 INTENSIDAD DE LA SEÑAL.....	115

RESUMEN

El presente proyecto tiene como principal objetivo realizar el diseño y realizar la implementación de la red inalámbrica para la Unidad Educativa "ARCO IRIS OCCIDENTAL"; la cual proveerá los servicios de datos, y de internet a los estudiantes, personal docente, personal administrativo y visitantes que se encuentre dentro de la unidad educativa.

La red inalámbrica permitirá a los usuarios de la misma, acceder a los servicios de transmisión y recepción de datos, así como también el acceso a internet de una manera flexible, y eliminara los costos de implementación de una red alámbrica para toda la unida educativa.

Los equipos inalámbricos utilizados son de última generación utilizan el estándar IEEE 802.11n lo cual permite que la red sea compatible con los anteriores estándares y futuros estándares que se diseñen.

Para realizar el diseño de la red inalámbrica se utilizo el centro de redes y recursos compartidos de Windows el cual permitió localizar la mejor ubicación para implementar los componentes de la red inalámbrica.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto se ha dividido en tres capítulos cuya reseña se presenta en las siguientes líneas.

En el primer capítulo tenemos el marco teórico que nos proporciona temas como, fundamentos teóricos de redes inalámbricas, tecnologías inalámbricas, topologías de redes 802.11, características básicas sobre el estándar 802.11n tanto en la capa física y MAC, componentes, topologías y partes del cableado estructurado.

En el segundo capítulo se describe los requerimientos, consideraciones, análisis, dimensionamiento, diseño y pruebas de la red inalámbrica; así como también se hace un análisis sobre la cobertura de la red inalámbrica.

En el tercero y último capítulo se presentan las conclusiones obtenidas sobre el desarrollo del proyecto y también algunas recomendaciones relacionadas con la implementación de la red inalámbrica.

CAPITULO 1

1. FUNDAMENTOS TEORICOS DE REDES DE INALÁMBRICAS

1.1 INTRODUCCIÓN

La gran aceptación y el rápido desarrollo de las tecnologías inalámbricas 802.11 (*Wi-Fi*), 802.15.1 (*Bluetooth*), 802.16 (*WiMAX*), etc. Han revolucionado las comunicaciones a nivel mundial al brindar gran flexibilidad y movilidad a usuarios que necesitan acceder a información en cualquier parte y a cualquier hora.

De esta manera se permite incrementar la productividad y eficiencia en las empresas donde las redes inalámbricas son instaladas; cualquier usuario legítimo conectado a una red inalámbrica puede fácilmente transmitir y recibir datos, voz y video en tiempo real.

Las redes inalámbricas son un complemento esencial de las redes cableadas; se pueden mezclar las redes cableadas y las inalámbricas obteniendo así una “Red Híbrida”, considerando que el sistema cableado sea la parte principal y la red inalámbrica proporcione movilidad y flexibilidad adicional¹.

1.2 TECNOLOGIAS INALAMBRICAS

Al igual que las redes tradicionales cableadas, las redes inalámbricas pueden ser clasificadas dependiendo del alcance o cobertura:

WWAN (*Wireless Wide Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Extendida.

WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Metropolitana.

¹ Tomado de la tesis de BOLAÑOS CALUÑA EMILIO IVÁN

WLAN (*Wireless Local Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Local.

WPAN (*Wireless Personal Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Personal.

La figura 1.1 muestra las tecnologías de redes inalámbricas dependiendo de la cobertura.

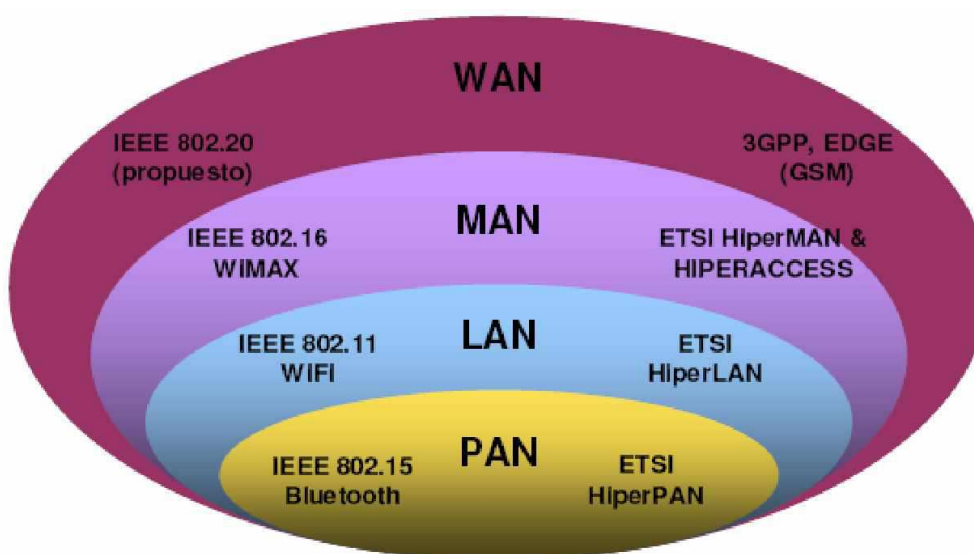


FIGURA 1.1 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS¹

Las redes WLAN pueden definirse como una red de alcance local (Red que cubre un entorno geográfico limitado hasta 100 metros) que tiene como medio de transmisión las ondas electromagnéticas en un medio no guiado.

Las redes WLAN cumplen con los estándares genéricos aplicables a las redes tradicionales IEEE 802.3 o equivalentes, sin embargo las redes inalámbricas necesitan una normativa específica adicional para el uso de recursos de Radio Frecuencia (*Radio Frequency*, RF) o para el uso de recursos de Luz Infrarroja (*Infrared Light*, IR). Estas normativas definen de forma detallada los protocolos de la Capa Física (*Physical Layer*, PHY) y de la Capa de Control de Acceso al Medio (*Media Access Control*, MAC).

En 1997 el IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) generó el primer estándar para redes WLAN denominado IEEE 802.11. Desde entonces organismos normativos internacionales como la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) han desarrollado sus propios estándares para redes inalámbricas de corto y largo alcance¹.

1.2.1 PILAS DE PROTOCOLOS

Las especificaciones del IEEE 802 se centran en las dos capas inferiores del modelo OSI (*Open Systems Interconnection*, Interconexión de Sistemas Abiertos). Como se muestra en la figura 1.2 todas las redes 802 tienen un componente MAC (nivel de enlace) y un componente PHY (nivel físico). MAC son el conjunto de normas para determinar cómo se accede al medio y enviar datos; y los detalles de transmisión y recepción de datos se tratan en la capa PHY¹.

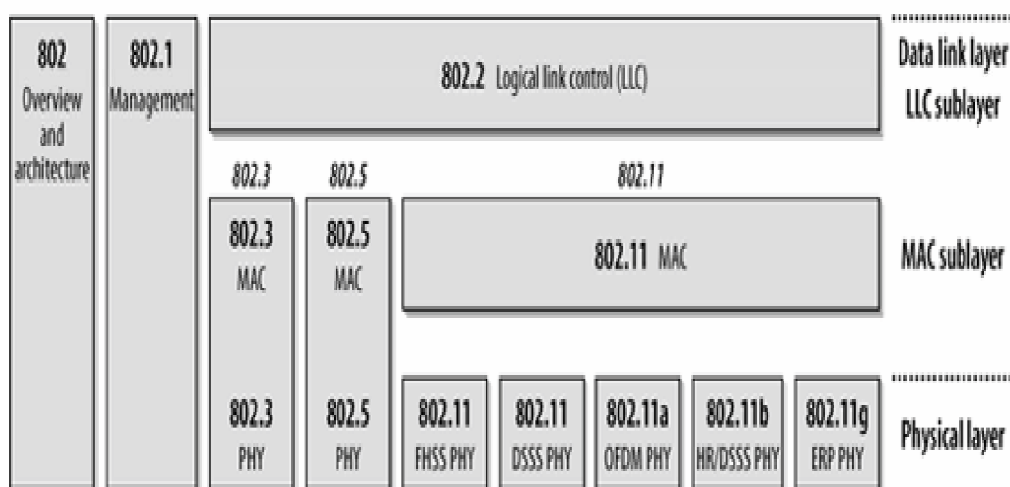


FIGURA 1.2 FAMILIA DE LA TECNOLOGÍA DE RED IEEE 802¹

1.2.2 REDES 802.11

En tan solo unos pocos años las WLAN han pasado de tener un alto precio y de ser una tecnología curiosa para algunos expertos, a ser una tecnología predominante. La tecnología inalámbrica más exitosa es sin duda el conjunto de

estándares 802.11 conocido comercialmente como *Wi-Fi* (*Wireless Fidelity*, Fidelidad Inalámbrica) es el programa de certificación de interoperatividad de la *Wi-Fi Alliance* la asociación comercial más importante de equipamiento 802.11, convirtiéndose así en el estándar de facto para las WLAN debido a la implementación en múltiples productos comerciales.

En el conjunto de estándares 802.11, cabe mencionar que las letras minúsculas indican estándares dependientes que no se pueden tomar en cuenta sin su estándar principal, mientras que las letras mayúsculas indican especificaciones totalmente independientes¹.

1.2.2.1 IEEE 802.11

En junio de 1997 el IEEE ratificó el estándar para redes inalámbricas IEEE 802.11, que llegaban a velocidades de 1 y 2 Mbps, con una modulación de señal de espectro expandido por secuencia directa DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*), y por salto de frecuencia FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*); sin embargo a finales de 1999 se publican 2 suplementos al estándar original que son el IEEE 802.11a y el IEEE 802.11b¹.

1.2.2.2 IEEE 802.11b

IEEE 802.11b fue la segunda extensión del estándar original y fue la base para la mayoría de las redes de área local inalámbricas que existen en la actualidad.

Este estándar opera en la banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical*; Industrial, Científico y Médico) bandas de frecuencias sin licencia en la que operan varios dispositivos en 2.4 GHz y utiliza como técnica de modulación HR/DSSS (*High-Rate Direct Sequence Spread Spectrum*) conjuntamente con la modulación CCK (*Complementary Code Keying*).

IEEE 802.11b tiene 11 canales de 22 MHz, de los cuales tres canales son no solapados, de esta forma se disponen de 3 Puntos de Acceso para diferentes canales en la misma área sin interferencia.

Los rangos de velocidad de datos que soporta 802.11b son 1, 2, 5.5 y 11 Mbps, y su alcance máximo es de 100 metros en condiciones ideales¹.

1.2.2.3 IEEE 802.11a

IEEE 802.11a fue la primera extensión del estándar original, opera en la banda de 5 GHz denominada U-NII (Infraestructura de Información Nacional sin Licencia) menos congestionada y con menos interferencias.

802.11a utiliza la modulación por Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), la cual divide una señal de datos a través de 52 sub-portadoras (48 sub-portadoras de datos y 4 sub-portadoras para sincronización) con canales de 20 MHz para proveer transmisiones en velocidades de datos de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 ó 54 Mbps y con velocidades reales máximas de 25 Mbps.

IEEE 802.11a tiene 12 canales no solapados (8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto), de esta forma se disponen de 8 Puntos de Acceso para diferentes canales sin interferencia dentro de la misma área de cobertura¹.

1.2.2.4 IEEE 802.11g

La tercera extensión del estándar original es 802.11g. De forma similar a 802.11b, 802.11g opera en la banda de 2.4 GHz y las señales transmitidas utilizan 11 canales de 22 MHz cada uno, lo que es aproximadamente un tercio de la banda total. Esto limita el número de puntos de acceso no solapados a tres, de igual manera que 802.11b.

La técnica de modulación utilizada es OFDM en banda angosta, que funciona en los 2.4 GHz.

El estándar 802.11g provee transmisiones teóricas de hasta 54 Mbps y es capaz de alcanzar una velocidad real de hasta 23 Mbps. Además es compatible con 802.11b¹.

1.2.2.5 IEEE 802.11n

El estándar confirma velocidades de transferencia de datos de hasta 300 Mbps, y se espera que mejore hasta los 600Mbps².

La técnica de modulación es OFDM, con un alargamiento de hasta cuatro transferencias espaciales, que operan en 20 MHz de ancho de banda. Además, la transmisión que utiliza desde uno hasta cuatro transferencias espaciales está definida para operar en 40 MHz de ancho de banda. Estas características son capaces de soportar velocidades de datos hasta 600 Mbps (Cuatro transferencias espaciales, de 40 MHz de ancho de banda).

Opera en la banda de 2.4 GHz al igual que 802.11b y 802.11g, lo que garantiza total integridad².

1.2.3 TOPOLOGÍAS PARA REDES 802.11

Dependiendo de las necesidades y requerimientos de interconectividad de alguna red, las redes WLAN ofrecen diferentes grados de complejidad. Los dispositivos 802.11 son muy fáciles de adquirir en el mercado, sin embargo la configuración y protección óptima de redes inalámbricas resulta compleja.

Las redes WLAN se configuran utilizando dos topologías básicas, las redes independientes o *Ad-Hoc* y redes dependientes o de infraestructura¹.

1.2.3.1 Componentes Físicos¹

Las redes 802.11 disponen de cuatro componentes:

- Sistemas de Distribución.
- Puntos de Acceso.

² <http://www.fpbidasoa.info/bidasoawireless/pag/topologia.htm>

- Soporte o Medio Inalámbrico.
- Estación Inalámbrica o Host.

La figura 1.3 muestra los componentes físicos de una red WLAN.

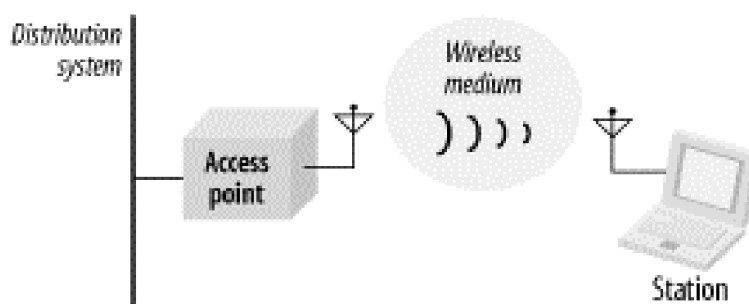


FIGURA 1.3 COMPONENTES FÍSICOS DE 802.11³

La especificación 802.11 admite explícitamente el uso del propio medio inalámbrico como sistemas de distribución. Normalmente la configuración del Sistema de Distribución Inalámbrico WDS (Wireless Distribution System) se denomina configuración de “Puente Inalámbrico”.

Los Puntos de Acceso (Access Point, AP) ejecutan la función de puente inalámbrico y coordinan la transmisión y recepción de paquetes de información dentro de un área de cobertura por medio de ondas de radio frecuencia (RF), además son los encargados de aceptar o denegar el acceso de una estación inalámbrica.

En la actualidad existen Puntos de Acceso de “poca densidad”, es decir con configuraciones y funcionalidades básicas, y Controladores de Puntos de Acceso que son dispositivos especializados en la administración, gestión y monitoreo de todos los Puntos de Acceso conectados, teniendo de esta forma un sistema centralizado.

Para proveer el Soporte o Medio Inalámbrico, el estándar 802.11 estandariza dos tipos de Capas Físicas: Radio Frecuencia (RF) e Infrarrojo (IR), siendo la mayormente aceptada e implementada en equipamiento 802.11 la Radio Frecuencia.

Las Estaciones son dispositivos informáticos con interfaces de redes inalámbricas que ofrecen movilidad y flexibilidad a los usuarios. Existe una gran variedad de interfaces inalámbricas como tarjetas USB, PCI o PCMCIA. Además existen dispositivos que incorporan la tecnología 802.11 en el procesador como Intel, Atheros o AMD¹.

1.2.3.2 Redes Independientes o *Ad-Hoc*

Al igual que las redes cableadas Ethernet, en las cuales compartimos el medio (cable) y se pueden realizar varias "conversaciones" a la vez entre distintos Host, el medio de las redes WLAN (aire) dispone de un identificador único para cada una de esas "conversaciones" simultáneas que se pueden realizar, es una dirección MAC (48 bits).

En el caso de las redes Ad-Hoc, este número MAC es generado por el adaptador inalámbrico que crea "la conversación", y es un identificador MAC aleatorio.

Cuando un adaptador Wireless es activado, primero pasa a un estado de "escucha", en el cual, durante unos 6 segundos está buscando por todos los canales alguna "conversación" activa. Si encuentra alguno, le indicará al usuario a cual se quiere conectar.

En el supuesto de que no se pueda conectar a otro Host que ya estuviera activo, pasa a "crear la conversación", para que otros equipos se puedan conectar a él.

Para una determinada WLAN con topología Ad hoc, todos los equipos conectados a ella (Host) deben de ser configurados con el mismo Identificador de servicio básico (Basic Service Set, BSSID)¹.

Este tipo de configuración soporta como máximo 256 usuarios.

En la figura 1.4 se muestra una topología AD-HOC.



FIGURA 1.4 TOPOLOGÍA AD-HOC³

1.2.3.3 Redes de infraestructura

Del mismo modo, como en las redes Ethernet, en las cuales se dispone de un Hub o concentrador para "unir" todos los Host, ahora disponemos de los Puntos de Acceso (AP), los cuales se encargan de "crear esa conversación" para que se puedan conectar el resto de Host inalámbricos que están dentro de su área de cobertura.

Ahora la MAC que identifica a esta "conversación" es la MAC del AP (MAC real).

Existen en el mercado muchos tipos de AP's, con mayores o menores prestaciones:

- Firewall integrado.
- Switch incorporado.
- Función de Bridge entre edificios.
- Función de repetidor.
- Potencia de emisión recepción.

³ http://lwwa175.servidoresdns.net:9000/proyectos_wireless/Web/topologias.htm

Esta topología puede soportar como máximo 2048 nodos/usuarios⁵.

Pero si se hace un uso del ancho de banda "intensivo", como con juegos o multimedia, de 6 a 8 usuarios es el máximo recomendable¹.

En la figura 1.5 se muestra una topología de infraestructura.

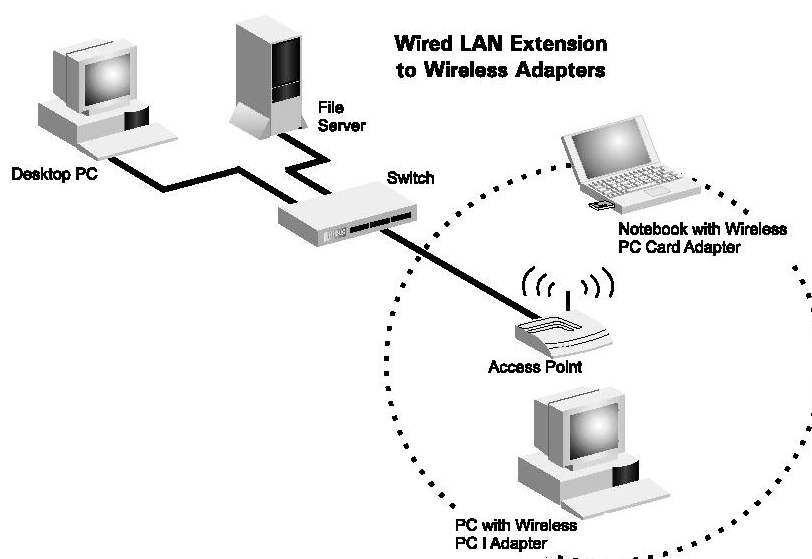


FIGURA 1.5 TOPOLOGÍA DE INFRAESTRUCTURA³

1.2.4 BLUETOOTH

Diseñado inicialmente por *Ericsson* en 1998 con la intención de crear un *chip* estándar para la comunicación de radio, que fuese pequeño y barato de manera que se pudiese instalar en cualquier tipo de dispositivo.

Posteriormente se convirtió en el estándar IEEE 802.15.1. Una de las principales características de esta tecnología es su bajo consumo de energía.

Es una tecnología inalámbrica de corto alcance orientada a la transmisión de voz y datos. Funciona en la banda de frecuencia de 2.4 GHz y utiliza un esquema de modulación de salto de frecuencia FHSS.

Existen dos versiones de *Bluetooth*: *Bluetooth 1.2* aprobada en Noviembre de 2003 que transmite a una velocidad de 1 Mbps y *Bluetooth 2.0* adoptada en

Noviembre de 2004 que transmite a 2 Mbps, con un radio de cobertura de 10 metros. Sin embargo existen dispositivos con cobertura de hasta 100 metros.

Bluetooth permite el soporte de diferentes perfiles de acceso en función de la información que desean intercambiar los dispositivos. La gestión de calidad de servicio se realiza de forma centralizada a través de un dispositivo denominado Maestro, el cual gestiona el acceso del resto de dispositivos Esclavos.

Bluetooth no es un competidor directo de 802.11, debido a que tiene como objetivo un tipo de conectividad a nivel personal (define una Red de Área Personal, PAN) limitado en un rango de aproximadamente 10 metros con velocidades de datos lentas. Por lo tanto, se convierte en un estándar auxiliar de 802.11 a/b/g debido a que proporciona conectividad entre los usuarios y sus dispositivos (teléfonos celulares, PDA, auriculares, periféricos, etc.), en tanto que los estándares 802.11 conectarán a los dispositivos con redes fijas o inalámbricas¹.

1.2.5 WiMAX

WiMAX es un estándar para la transmisión inalámbrica de datos en entornos metropolitanos, logrando una cobertura de hasta 48 kilómetros de radio con velocidades que alcanzan los 70 Mbps, utilizando una tecnología inalámbrica de banda ancha LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*).

WiMAX engloba dos estándares, el IEEE 802.16 (estándar utilizado en América) y el *HyperMAN* (estándar utilizado en Europa).

En marzo de 2003 se ratificó el estándar IEEE 802.16a, funcionando en la banda de frecuencia de 2 a 11 GHz. En el 2005, se aprobó una extensión del estándar IEEE 802.16, el IEEE 802.16e, permitiendo el uso de terminales en movimiento.

El *WiMAX Forum* es un consorcio de empresas dedicadas a diseñar, probar y certificar los dispositivos que utilizan esta tecnología.

WiMAX ofrece soporte de calidad de servicio basado en planificación (asignación de un determinado tiempo al canal de comunicación) desde un nodo central denominado estación base a cada uno de los nodos secundarios (cliente).

El nodo central se encarga de organizar el acceso al medio en función de los requisitos indicados por cada cliente, otorgando un determinado tiempo de acceso en el cual no será interrumpido por ningún otro dispositivo.

La tabla 1.1 muestra las especificaciones del estándar 802.16., las cuales son:

- 802.16 (ratificada en el 2000)
- 802.16a (ratificada en el 2003)
- 802.16e (ratificada en el 2005)

De las especificaciones 802.16 anteriormente señaladas, la normativa mayormente difundida en el mercado es la 802.16e¹.

PARÁMETRO	802.16	802.16a	802.16e
Espectro	10 a 66 GHz	Menor de 11 GHz	Menor de 6 GHz
Funcionamiento	Solo con línea de vista LOS	Sin línea de vista directa NLOS	Sin línea de vista directa NLOS
Tasa de <i>bits</i>	32 – 134 Mbps	Hasta 75 Mbps	Hasta 15 Mbps
Ancho de Banda por Canal	20, 25 y 28 MHz	Seleccionables entre 1.25 a 20 MHz	Seleccionables entre 1.25 a 20 MHz
Modulación	QPSK, 16QAM y 64QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64Q AM
Movilidad	Sistema Fijo	Sistema Fijo	Movilidad Pedestre
Radio de Celda Típico	2 a 5 Km.	5 – 10 Km. Alcance máximo de 50 Km.	2 a 5 Km.

TABLA 1.1 ESPECIFICACIONES DEL ESTÁNDAR 802.16¹

1.3 ESTÁNDAR IEEE 802.11n.

El éxito comercial del estándar 802.11g impulsó enormemente el uso de WiFi y la necesidad de ampliar las demandas sobre la tecnología. De esta forma, se continuó desarrollando y en el año 2002 se empezó a definir algunas mejoras a nivel PHY/MAC que formarían parte del hoy nuevo estándar 802.11n.

El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009, operando en las bandas de 2.4 y 5 GHz, aunque se espera que opere preferentemente en la segunda debido a que la primera está más ocupada.

Este estándar incorpora un ancho de banda de los canales de 40MHz, la tecnología MIMO, además de otras mejoras a nivel físico y MAC⁴.

1.3.1 MEJORAS DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11N

Antes de entrar al estudio detallado de las mejoras del estándar IEEE 802.11n, describiremos brevemente las características más relevantes que nos permiten conseguir tasas elevadas de datos, entre otras muchas más innovaciones⁴.

1.3.1.1 Tasas de datos superiores a nivel físico

Las tasas de datos en 802.11n son significativamente mejores sobre las conseguidas por 802.11a y 802.11g, fundamentalmente por el uso de la Multiplexación espacial (MIMO) y el uso de canales de 40 MHz.

Además de estas mejoras, también se incluyen mejoras opcionales que incluyen el uso de intervalo de guarda más pequeño, el cual puede ser utilizado bajo ciertas condiciones de canal; y un nuevo formato de preámbulo llamado preámbulo Greenfield⁴.

1.3.1.2 Mejora de la eficiencia a nivel MAC.

Esta eficiencia se logra gracias a la implementación de la agregación de paquetes y mejoras en el protocolo de Block Ack (detallado en el estándar 802.11e).

También se incluyen mejoras como el protocolo de dirección inversa que proporciona una mejora de rendimiento bajo ciertos tipos tráficos y la utilización de un espacio inter-trama más pequeño (RIFS)⁴.

1.3.1.3 Robustez.

Esta mejora se consigue inherentemente mediante el incremento de la diversidad espacial dado por la utilización de múltiples antenas. Otras opciones que nos brindan robustez son el uso de la codificación STBC (Space-Time Block Coding,

⁴ Evaluación de la tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET

Codificación de Bloque Espacial-Tiempo) y un nuevo código de canal LDPC (Low Density Parity Code, Código de Baja Densidad de Paridad), entre otros más.

Finalmente, debido al gran crecimiento de la utilización de dispositivos móviles, se introduce una nueva técnica de acceso al canal llamado PSMP (Power-Save Multi-Poll, Ahorro de Energía Multi-Elección), la cual permite soportar eficientemente un mayor número de estaciones⁴.

1.3.2 CAPA FÍSICA

La capa física del estándar 802.11n se desarrolló basándose en la estructura de la Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) de 802.11a.

Esta elección se hizo ya que OFDM es mucho más adecuada para entornos de fading (desvanecimiento) ante posibles interferencias, debido a que modula el conjunto de datos en las diferentes subportadoras y por tanto sólo se verían afectadas algunas subportadoras, las cuales luego pueden ser recuperadas mediante algún método de corrección de errores.

En la figura 1.6 se muestra una comparación ilustrativa entre ambos tipos de multiplicaciones.

Además, la utilización de OFDM resulta imprescindible si tenemos en cuenta que es tolerante con los errores de sincronización de tiempo, muy común en sistemas de intercambio elevadas tasas de datos⁴.

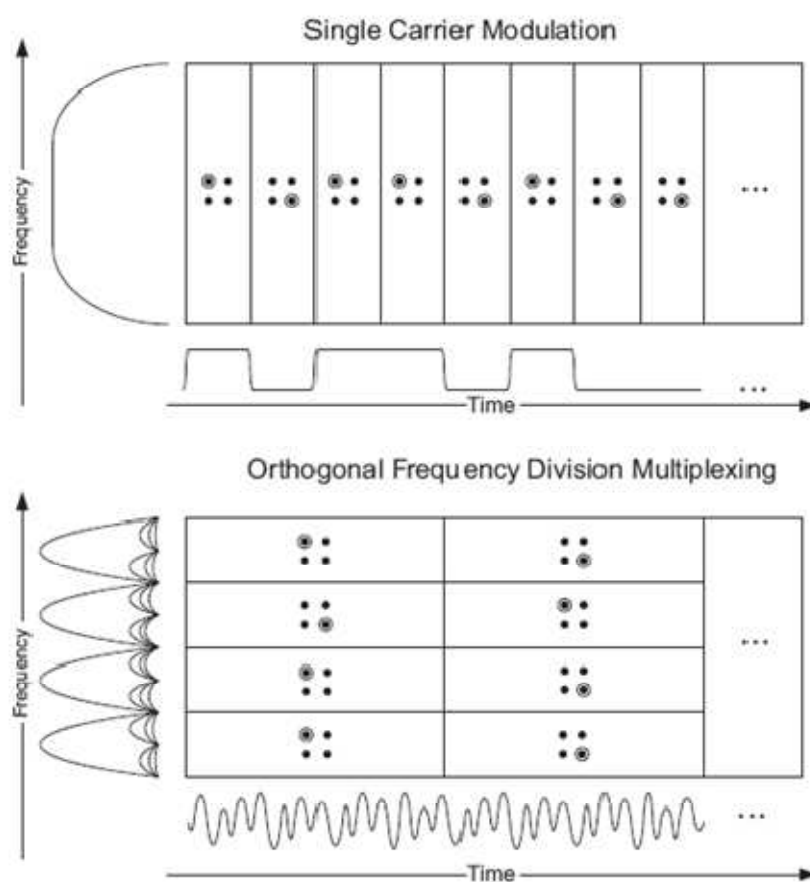


FIGURA 1.6 COMPARACIÓN ENTRE LAS MODULACIONES: PORTADORA ÚNICA Y OFDM⁴

Para 802.11a, el tiempo de símbolo es de 4ms (incluyendo los 800ns de intervalo de guarda). Por tanto, para 54 Mbps cada uno de estos símbolos lleva 216 bits de información y 72 bits de corrección de errores repartidos dentro de las 48 subportadoras de datos disponibles.

En 802.11n, se mantiene estos 4ms de tiempo de símbolo pero el número de subportadoras para cada canal de 20 MHz aumenta a 52, incrementando la tasa de datos máxima de 54 a 65 Mbps para una transmisión de RF.

Dado que 802.11n también permite la utilización de hasta 8 tasas de transmisión distintas y un número de transmisores a 4, tenemos hasta 32 tasas de datos disponibles.

Como explicaremos más adelante, utilizando canales de 40 MHz aumentamos el número de subportadoras a 108^4 .

1.3.2.1 MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)

MIMO representa el corazón del estándar 802.11n, ya que fundamentalmente a través de esta técnica se logran velocidades de hasta 600 Mbps.

Tradicionalmente, en las comunicaciones radio se utilizaba un sistema SISO (Single-Input Single-Output) en las que tanto el transmisor como el receptor estaban configuradas con una antena.

En este tipo de sistemas, la cantidad de información que puede ser transportada depende de la cantidad de potencia de señal que excede el ruido en el receptor (SNR). Mientras mayor sea el valor de SNR, mayor será la cantidad de información que podrá llevar la señal y podrá recuperar el receptor.

MIMO describe un sistema compuesto por un transmisor con múltiples antenas que transmite a un receptor el cual también está provisto de múltiples antenas. Este sistema aprovecha fenómenos físicos en la transmisión como la propagación multicamino para incrementar la tasa de transmisión y reducir considerablemente la tasa de transmisión (contraproducentes en un sistema SISO convencional).

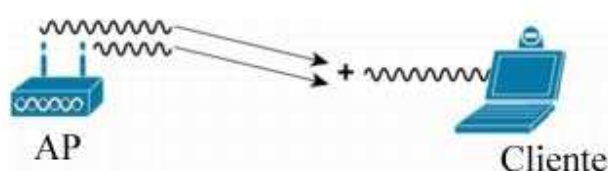
A continuación describiremos algunas técnicas que hace apropiado MIMO para mejorar el SNR en el receptor ⁴.

1.3.2.1.1 *Transmit Beamforming*

Esta técnica consiste en enviar diversas señales de radio desfasadas desde múltiples antenas que luego son añadidas en una única señal por el receptor; la figura 1.9 muestra un ejemplo de esta técnica.

Al transmitir con más de una antena es posible coordinar la señal que se envía desde cada una de ellas, consiguiendo mejorar notablemente la señal recibida⁴.

En la figura 1.7 se representa el sistema transmit beamforming.



FIGURAS 1.7 REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA TRANSMIT BEAMFORMING⁴

Debido a que cada señal es enviada desde una distancia diferente desde cada antena, es probable que cada una de ellas llegue al receptor con una determinada fase. Esta diferencia en fase afecta a la potencia total de la señal en el receptor, pero ajustando adecuadamente la fase de cada una de las señales en el transmisor, la señal recibida puede aumentarse, incrementando así el SNR.

Para aumentar la señal en el receptor e implementar esta técnica, es necesario que el receptor envíe al transmisor información relacionada con la señal a recibir para que éste pueda sintonizar cada señal que envíe. Esta información no se envía inmediatamente y tiene una validez efímera ya que cualquier movimiento del transmisor o receptor, puede invalidar inmediatamente los parámetros usados.

Esta técnica es útil sólo cuando se transmite a un único receptor, ya que no es posible optimizar la fase de las señales transmitidas cuando se transmite a varios receptores (broadcast o multicast); siendo especialmente eficaz en entornos donde hay algunos objetos reflectivos que puedan causar pérdidas⁴.

1.3.2.1.2 SDM (Spatial Division Multiplexion)

Consiste en la multiplexación de una señal de mayor ancho de banda en señales de menor ancho de banda iguales, transmitiéndose desde múltiples antenas. Si estas señales llegan con una correcta separación de tiempo, el receptor será capaz de distinguir las creando múltiples canales en anchos de banda mínimos.

Como se muestra en la figura 1.8, con MIMO/SDM la tasa de datos del sistema aumenta con el número de flujos de datos independientes; por ello, el número de antenas transmisoras/receptoras debe ser mayor o igual al flujos de datos.

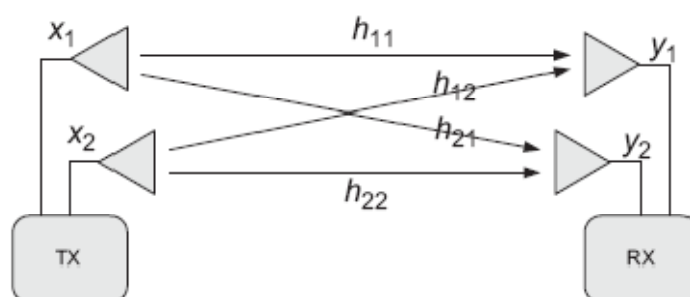


FIGURA 1.8 REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA MIMO/SDM⁴

Cuando una señal viaja por diferentes caminos hacia un único receptor, el tiempo que tarda en llegar a su destino depende de la longitud del camino que recorre. La señal que viaja por el camino más corto llegará primera, seguida de las copias o ecos de las señales ligeramente retrasadas de los caminos más largos. Dado que éstas viajan a la velocidad de la luz, el tiempo transcurrido entre la primera señal y las siguientes es de sólo nanosegundos; por lo que esta demora tan pequeña puede causar una degradación de la señal en una sola antena, ya que todas las copias pueden interferir con la primera al llegar.

MIMO envía múltiples señales de radio al mismo tiempo aprovechando el multicamino. Cada una de estas señales es llamada flujo espacial. Cada flujo espacial es enviado desde su propia antena, usando su propio transmisor. Debido al

espacio entre cada una de las antenas, cada señal sigue ligeramente un camino distinto hacia el receptor (diversidad espacial) El receptor dispone de múltiples antenas, cada una de ellas con su propia radio, las cuales decodifican independientemente las señales recibidas; donde a continuación son combinadas en una sola.

El resultado de esta señal es mucho mejor que el conseguido por una sola antena o utilizando la técnica de transmit beamforming.

Los sistemas MIMO se describen utilizando el número de transmisores y receptores presentes, por ejemplo en la figura 1.9 se muestra un sistema MIMO: "2X3" (2 transmisores y 3 receptores).

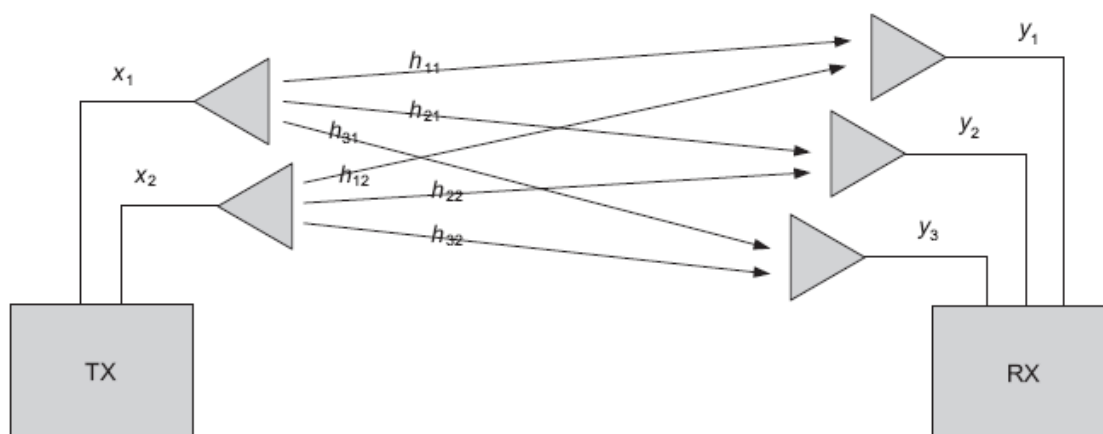


FIGURA 1.9 SISTEMA MIMO "2X3" ⁴

La ganancia de SNR de los sistemas 2x1 a 2x2 y 3x2 es claramente mayor a la conseguida por cada paso a partir del sistema 3x3 en adelante⁴.

1.3.2.2 Anchos de banda de canal: 20- 40 MHz.

Además de la introducción de la tecnología MIMO, el nuevo estándar IEEE 802.11n añade una de las mejoras más significativas a nivel transmisión para alcanzar velocidades de transmisión elevadas, hablamos del incremento del ancho de banda de canal a 40 MHz.

El ancho de banda del canal (observe la figura 1.10) es una medida importante para cuantificar la eficacia de la transmisión y medida en Hz.

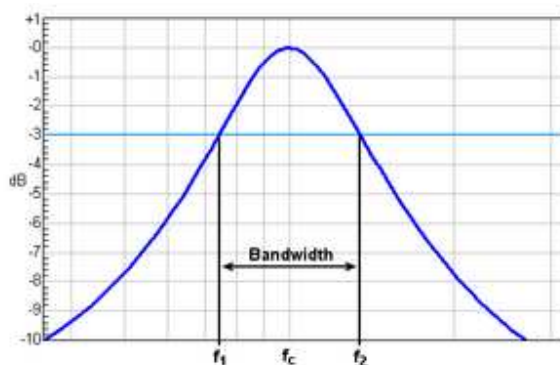


FIGURA 1.10 ANCHO DE BANDA⁵

Dado que 802.11a y 802.11g utilizan el mismo ancho de banda de canal de 20 MHz, se aprovecha una técnica llamada channel bounding (canal envolvente) para conseguir utilizar dos canales a la vez, obteniendo un único canal de 40 MHz y velocidades de hasta 108 Mbps.

Cuando se utiliza el canal de 40 MHz, se aprovecha que cada canal de 20 MHz tiene reservados algunas frecuencias al inicio y fin del canal (para evitar interferencias entre canales adyacentes) con el fin de utilizarlas para llevar información, aumentando considerablemente la tasa de datos⁴.

1.3.2.2.1 Canal de 40 MHz.

El rango de frecuencias diseñado para 40 MHz abarca sitio para 128 subportadoras, utilizando un espacio entre ellas de 311,5 KHz, el mismo que el utilizado en 20Mhz.

Al inicio y fin del canal, dejamos una banda de guarda de 6 y 5 subportadoras nulas, respectivamente (-64 a -58 y 59 a 63). Además, se añaden 3 subportadoras nulas alrededor de la banda base (-1, 0 y 1) para facilitar la implementación en los

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Ancho_de_banda

receptores del direct down conversion (conversión directa hacia abajo); sumando así hasta 14 subportadoras nulas (3 más que 20 MHz).

Como se ilustra en la figura 1.11, de estas 114 subportadoras disponibles, se utilizan 6 subportadoras como pilotos (sincronización) con cual tendríamos finalmente 108 subportadoras para datos, más del doble de las utilizadas en los 20MHz (52 en 802.11n y 48 de 802.11a)⁴.

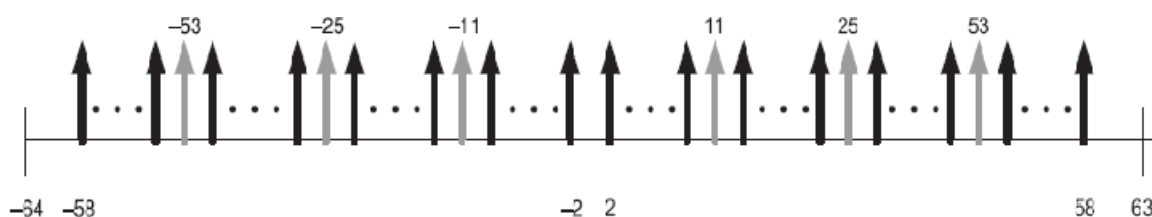


FIGURA 1.11 DISEÑO DE SUBPORTADORAS EN CANAL 40MHZ ⁴

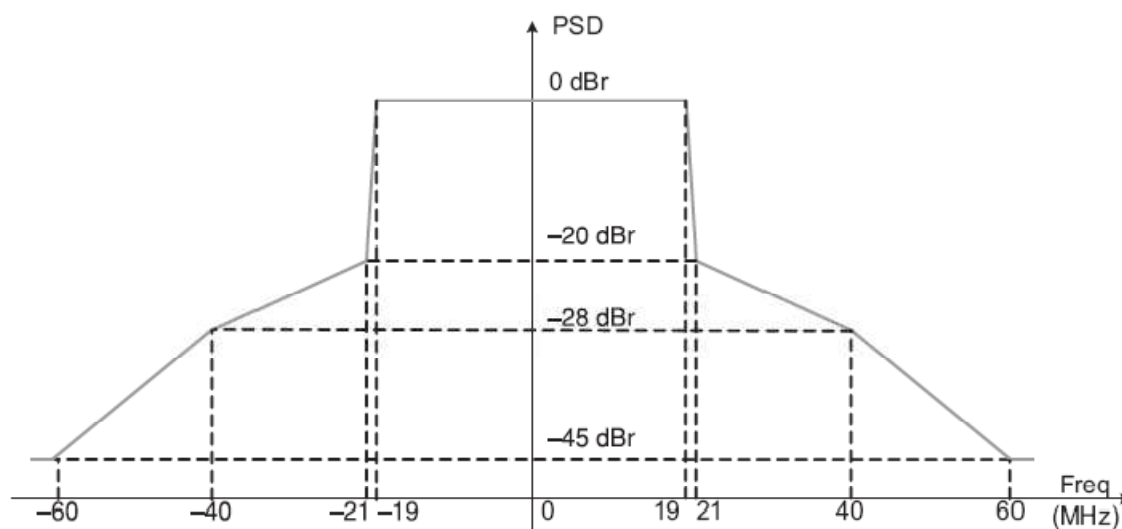


FIGURA 1.12 MÁSCARA ESPECTRAL DEL CANAL 40MHZ ⁴

Con este nuevo diseño de sub-portadoras para el ancho de banda se hace imprescindible una nueva máscara espectral que se muestra en la figura 1.12, siendo

una de las premisas de su diseño que la interferencia de canal adyacente frente a dispositivos vecinos de 40 MHz, sea la misma que frente a dispositivos de 20 MHz.

Cuando dos dispositivos de 40 y 20 MHz se encuentran en canales adyacentes, el dispositivo de 20 MHz experimenta una mayor interferencia co-canal que frente a si se encontrase con otro dispositivo de 20 MHz.

Otros de los aspectos a tener en cuenta con la interferencia co-canal es la potencia relativa entre la señal de interés y la interferencia; ya que con la utilización del espectro de 5Ghz, muchos dispositivos que trabajen en esta frecuencia son capaces de colocar espacialmente cerca puntos de acceso en canales no adyacentes. Por esta razón, los puntos de acceso ubicados en canales adyacentes tienen una separación espacial mayor y la interferencia es mucho menor.

Los canales de 20 MHz no se superponen en la banda de 5Ghz, lo cual permite la coexistencia e inter-funcionalidad entre dispositivos de 20 y 40 Mhz, por lo que los canales de 40 MHz incorporan la misma filosofía.

Sin embargo, en la banda de 2,4 GHz los canales se superponen; con lo que para mejorar el ajuste de la selección de canales de 40 MHz, los canales de 40 MHz en esta banda también se superponen⁴.

1.3.2.2.2 *Canal de 20 MHz*

Como se muestra en la Figura 1.13, una de las mejoras que incorpora 802.11n respecto al canal de 20 MHz es el aumento del número de subportadoras de datos a 52 (2 subportadoras al inicio y fin del canal). Estas subportadoras de datos ocupan las ubicaciones de -28 a -22, -20 a -8, -7 a -1; 1 a 6, 8 a 20, y 22 a 28, y las subportadoras piloto ocupan el mismo sitio que en 802.11a -21, -7, 7 y 21.

Con el fin de mejorar la interferencia co-canal, se ajustó la máscara espectral de 802.11a hasta los -45 dBr, la cual puede verse en la Figura 1.14⁴.

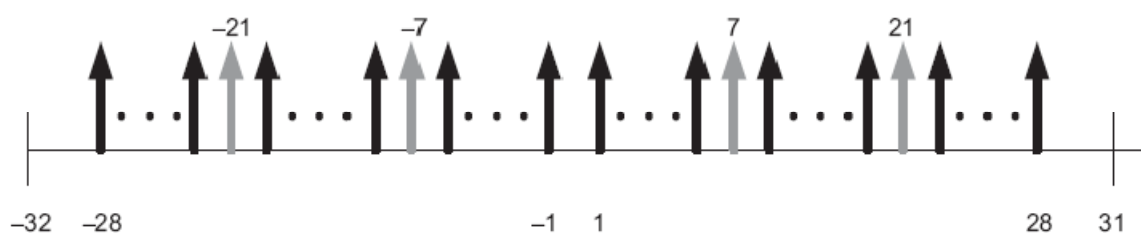


FIGURA 1.13 DISEÑO SE SUBPORTADORAS EN CANAL DE 20 MHZ⁴

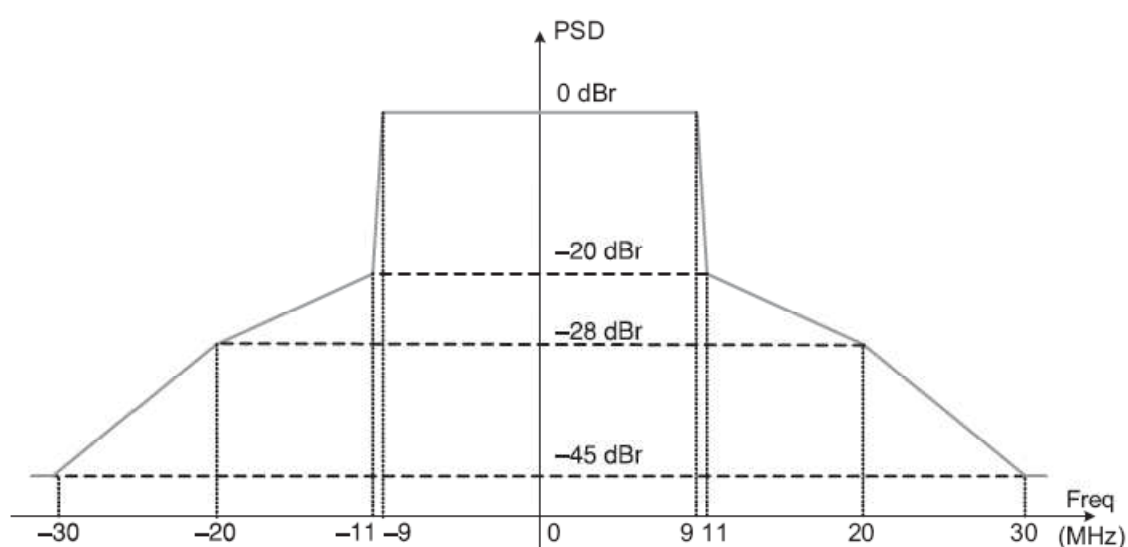


FIGURA 1.14 MÁSCARA ESPECTRAL DE CANAL 20 MHZ⁴

1.3.2.2.3 Operación de los canales de 20/40 MHz.

1.3.2.2.3.1 En las bandas de 5 GHz.

Para la operación de 20/40 MHz se utilizan dos canales adyacentes de 20 MHz uno de los cuales es designado como canal primario y el otro como canal secundario.

Comparado respecto al canal de 2,4 GHz, estas bandas tienen mayor ancho de banda por lo que los canales de 40 MHz son más fáciles de colocar. Por este

motivo, esta banda es la preferida para la operación de los canales de 40 MHz, sobre todo cuando se despliegan una gran cantidad de puntos de acceso.

En la figura 1.15 se representa la coexistencia entre los canales de 20 y 40 MHz en la banda de 5 GHz ⁴.

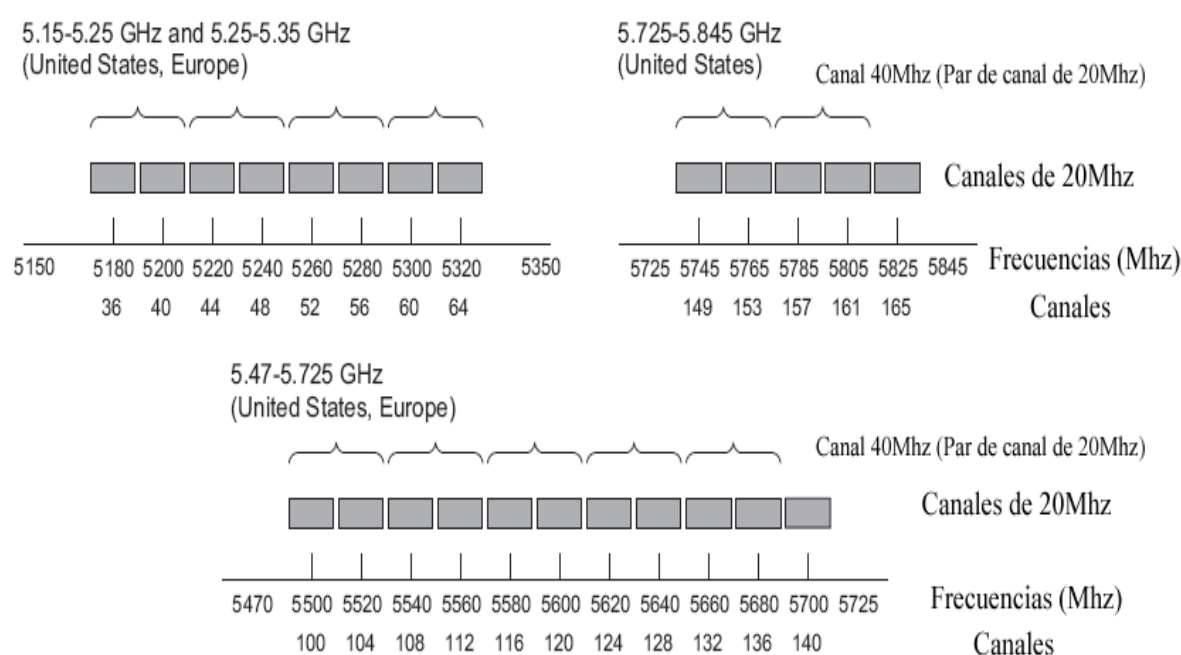


FIGURA 1.15 COEXISTENCIA EN LA BANDA DE 5 GHz⁴

1.3.2.2.3.2 En la banda de 2,4 GHz.

La operación en esta banda es más complicada debido a la limitación del espectro disponible, la sobre posición de canales y la operatividad de los dispositivos 802.11b y 802.11g en esta banda.

La banda de 2,4 GHz está compuesta por canales espaciados entre sí en 5 MHz. La mayor cuestión con la operación de canales de 40 MHz en esta banda es la coexistencia entre BSSs contiguos, en uno o más de estos canales usados⁴.

Para explicar mejor esta situación, en la figura siguiente se muestran opciones de coexistencia entre canales vecinos de 40 y 20 MHz en los canales 1, 6 y 11 como la representada en la figura 1.16.

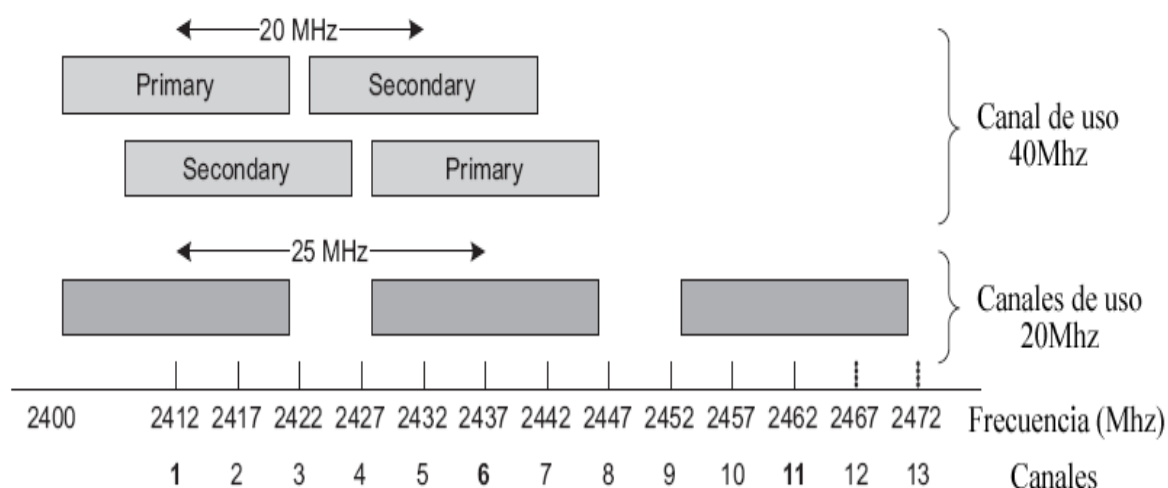


FIGURA 1.16 COEXISTENCIA EN LA BANDA DE 2,4 GHz⁴

Si el BSS vecino se encuentra en sólo dos de los canales usados, es posible seleccionar los canales primario y secundario de tal forma que el canal primario coincida con uno de los canales usados, y el secundario ocupe el espectro en los canales no utilizados ⁴.

1.3.2.3 Intervalo de guarda pequeño (Short GI)

El intervalo de guarda que forma parte de OFDM es utilizado para minimizar la interferencia inter-símbolo (ISI). Esta interferencia se da principalmente en entornos multi-camino, donde el inicio de un nuevo símbolo llega al receptor antes de que sea entregado el último símbolo; reduciendo el SNR efectivo.

Como se muestra en la figura 1.17, el intervalo de guarda (GI) es un periodo fijo entre símbolos que permite la correcta llegada de los símbolos más tardíos; el cual está fijado en 800 ns⁴.



FIGURA 1.17 REPRESENTACIÓN DEL INTERVALO DE GUARDA⁴

En casos en los cuales no haya una distancia considerable entre transmisor y receptor, 802.11 permite la utilización de un intervalo de guarda de 400 ns. Esto permite la reducción del periodo de símbolo a 3,6 ms, incrementando así un 11% las tasas de datos.

En cualquier caso, la utilización del GI pequeño es sólo seleccionada si se alcanza una tasa de datos elevada con GI⁴.

1.3.2.4 Código de verificación de paridad de baja densidad (LDPC).

Este modo opcional introducido por 802.11n, el cual consiste en una clase especial de códigos lineales de bloque. El término de “baja densidad” hace referencia a que este código de verificación, utiliza muchos 0s y pocos 1s en la matriz de verificación de paridad.

Los pasos iniciales para generar la palabra código incluyen seleccionar su tamaño y determinar el número de ellas. A continuación, se calcula el conjunto de bits acortados y generando los bits de paridad; y si fuese necesario, puntualizar o repetir todo el proceso.

Uno de los pasos clave en esta codificación es el proceso de montaje de los bits útiles en un número entero tanto de símbolos OFDM como palabras código

LDPC. Parte de este proceso es determinar cuál de los 3 tamaños de palabra código LDPC usar (648, 1296 o 1944 bits).

Cada palabra código LDPC contiene los bits de información y paridad. El número de bits de información es determinado basándonos en la tasa de código del MCS (multichannel scaling, escala multicanal) seleccionado. Por ejemplo, si utilizamos una palabra código de 1944 bits y un MCS con una tasa de codificación de $5/6$, el número de bits de información será 1620 y los bits de paridad, 324^4 .

1.3.3 CAPA MAC

Desde el inicio del proceso de la estandarización de 802.11n, se reconoció que el aumento de las tasas de datos a nivel físico, el overhead (gasto de transmisión) a nivel MAC provocaría que sin mejoras en esta capa, los usuarios se beneficiasen muy poco de las mejoras en la capa física.

La capa MAC provee funciones de control de acceso al medio como la coordinación de acceso direccionamiento, seguridad, etc. que unidas a las mejoras (principalmente QoS, calidad de servicio), permiten que el rendimiento del estándar aumente considerablemente.

Las mejoras MAC descritas en el nuevo estándar estuvieron basadas en mejorar algunas características introducidas por primera vez en el estándar 802.11e.

Como se muestra en la figura 1.18, una de las mejoras fue la de reducir el intervalo entre tramas para las transmisiones que utilizaban el mecanismo Block Ack, ya que el SIFS (Short InterFrame Space, Corto Espacio entre Tramas) actual no era necesario para que el receptor pueda re-ensamblar la señal recibida.

Otras de las mejoras introducidas fue la de concatenar la trama BAR con las tramas de datos, de tal forma que mejoremos la eficiencia MAC ligeramente.

Finalmente, se mejoró el mecanismo de fragmentación, haciendo posible reducir el tamaño de la trama BA para poder conseguir confirmar un paquete MSDU completo y no sus fragmentos⁴.

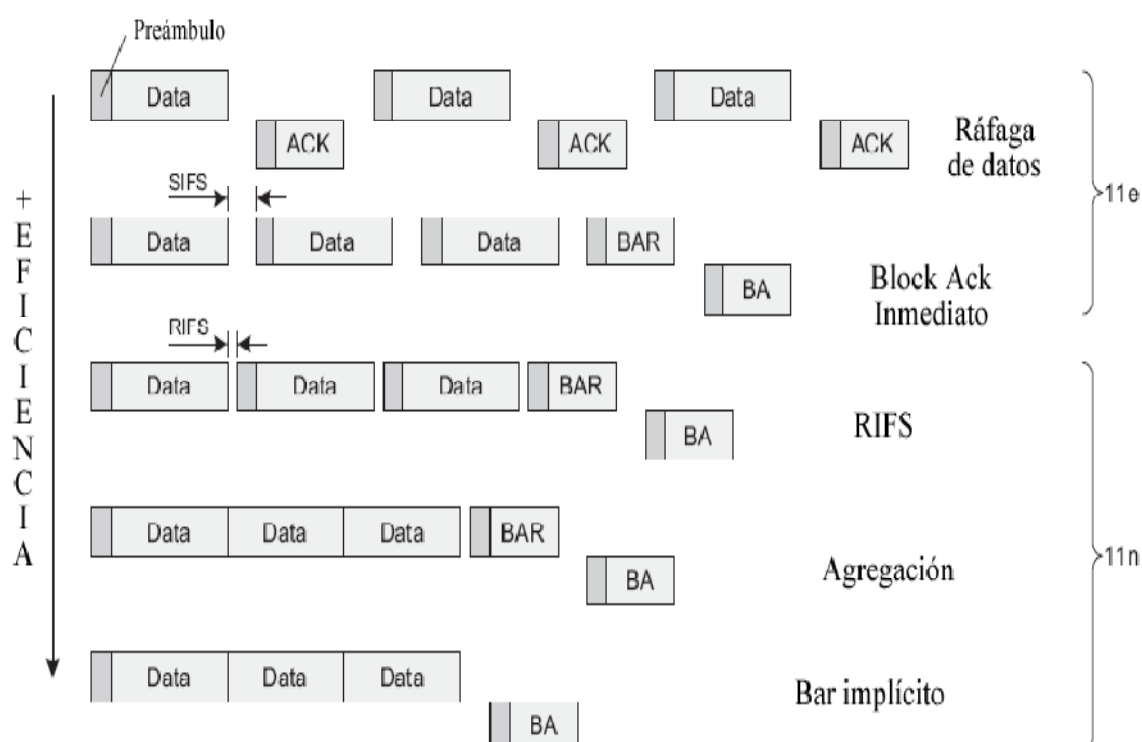


FIGURA 1.18 DIAGRAMA DE LAS MEJORAS INTRODUCIDAS RESPECTO AL ESTÁNDAR 802.11e⁴.

1.3.3.1 Agregación

Con el fin de reducir el overhead asociado con el preámbulo y los campos de la trama MAC, 802.11n introduce la agregación de paquetes⁴. Para ello, se propusieron dos técnicas, ilustradas en la figura 1.19:

- **A-MSDU (MSDU agregada):** efectuada al inicio de la capa MAC, la cual agrega MSDU (Unidades de datos de servicio MAC) como primer paso en la formación de la MPDU⁴.

- **A-MPDU (MPDU agregada):** efectuada al final de la capa MAC, agrega múltiples MPDU (Unidad de datos de protocolo MAC) para formar PSDU (Unidad de datos de servicio PLCP) que será luego pasado a la capa PHY para formar el payload (carga útil) para la transmisión⁴.

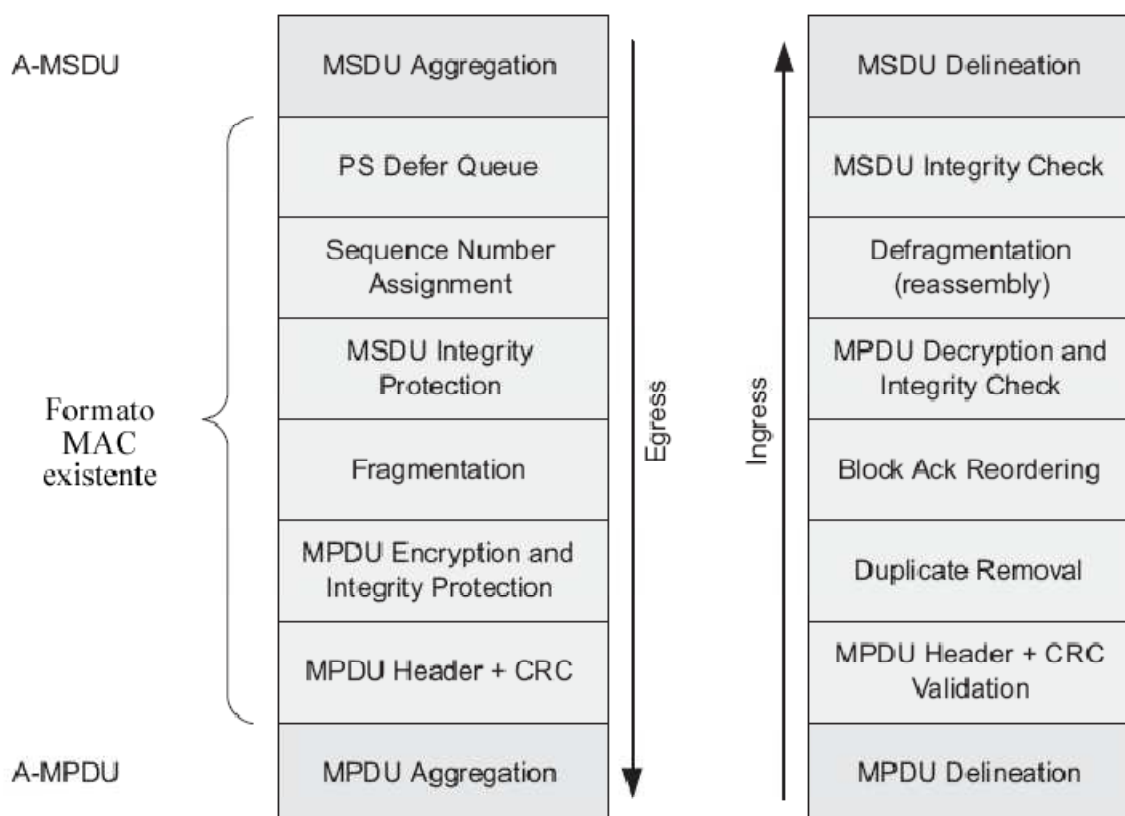


FIGURA 1.19 AGREGACIÓN A-MSDU Y A-MPDU⁴

1.3.3.1.1 A-MSDU (MAC Service Data Units agregada)

A-MSDU permite la agregación de múltiples tramas Ethernet con un destino común y las ensambla en una única trama 802.11 para transmitirla.

Con este mecanismo, los MSDU recibidos desde la capa LLC y, destinadas al mismo receptor y de la misma categoría de servicio (identificados con el mismo TID, identificador de tipo de tráfico), pueden ser acumulados en un único MPDU.

La figura 1.20 muestra el encapsulamiento realizado por A-MSDU, donde la máxima longitud que puede recibir una estación es detallada en la información de Capacidades HT (alta transmisión), tomando el valor de 3839 ó 7935 bytes⁴.

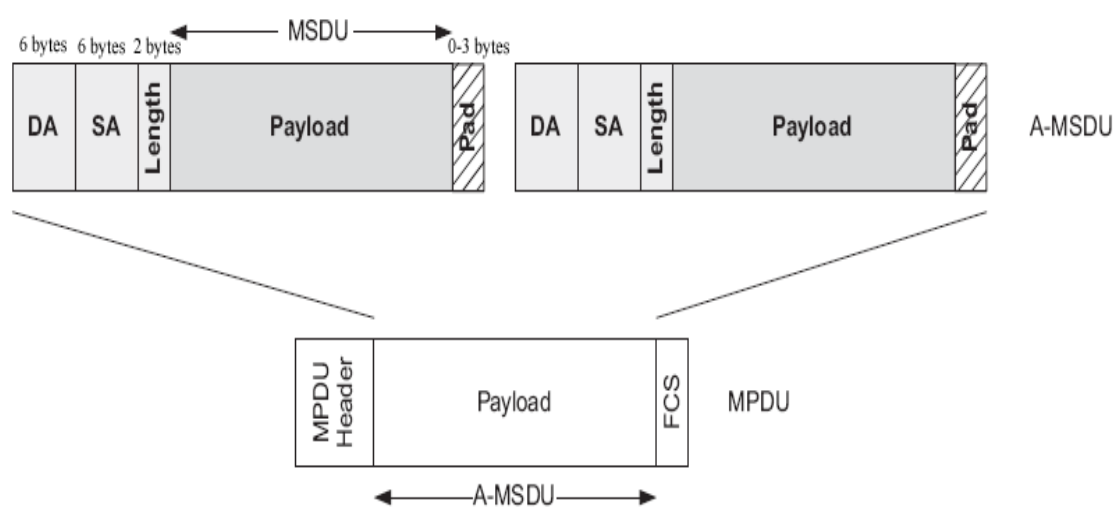


FIGURA 1.20 ENCAPSULAMIENTO A-MSDU⁴

1.3.3.1.2 A-MPDU (MAC Service Data Units agregada)

Este mecanismo es un poco distinto al A-MSDU, ya que en lugar de coleccionar tramas Ethernet, traduce cada trama Ethernet a formato 802.11 para luego ser recogidas hacia un destino común sin requerir ensamblarlas.

Todas las tramas MPDU son lógicamente agregadas al inicio de la MAC; para ello se antepone a cada una de esas tramas un pequeño delimitador y un campo de padding (relleno); siendo luego agregadas a la capa física como PSDU para la transmisión como un único PPDU (figura 1.21).

Todas las tramas MPDU en un A-MPDU son enviadas al mismo receptor y una misma Categoría de Servicio (mismo TID)⁴.

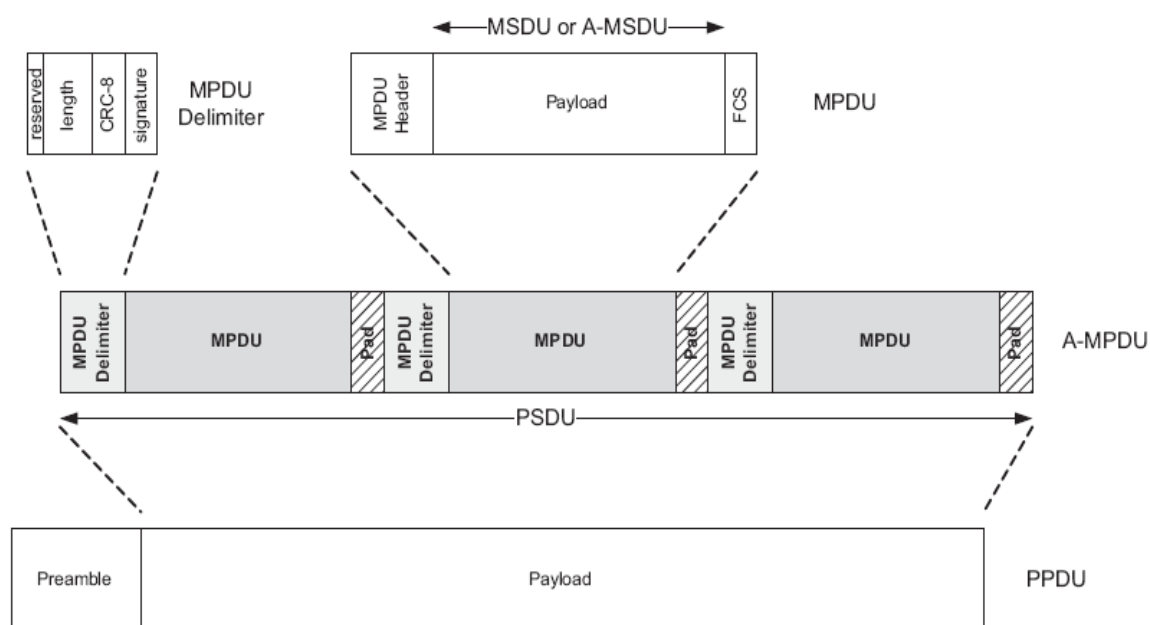


FIGURA 1.21 ENCAPSULAMIENTO A-MPDU⁴

1.3.3.2 Block Acknowledgement

Este mecanismo fue introducido en el estándar 802.11e para mejorar la eficiencia, permitiendo la transmisión de un conjunto de tramas de datos que son confirmadas con una única trama BA, en vez de una BA para cada trama de datos transmitida con éxito.

A continuación, mostraremos las variantes introducidas en el nuevo estándar con el fin de aprovechar el uso de la agregación y las tasas altas de datos⁴.

1.3.3.2.1 BA Inmediato HT

Este mecanismo supone una modificación importante respecto al original, por lo que se mantiene como un mecanismo separado para mantener la compatibilidad con dispositivos estandarizados⁴.

1.3.3.2.1.1 Policía de Normal ACK en la agregación

El mecanismo introducido en 802.11n adapta el mecanismo original DATA/ACK a la agregación, por lo que es necesaria la presencia de un control de policía en las tramas de datos QoS en la transmisión agregada.

Si una o más tramas MPDU agregadas tienen el campo Ack Policy como Normal ACK, entonces el receptor deberá retornar una trama BA como respuesta al agregado.

El uso de un control de policía Normal ACK para solicitar una trama BA, no elimina la necesidad de la trama BAR, ya que ésta realiza dos funciones esenciales: solicitar una respuesta BA y vaciar las tramas MSDU en el buffer de reordenación mantenidos como consecuencia de un MSDU anterior incompleto.

Si el emisor no recibe una confirmación ACK de una trama MSDU cuyo “tiempo de vida” haya expirado, entonces ha de enviar una trama BAR que vacíe del buffer de reordenación todas las tramas MSDU subsecuentes a la trama expirada⁴.

En la figura 1.22 se muestra como la trama “3” no es recibida correctamente, por lo que se aplica el mecanismo de reordenación.

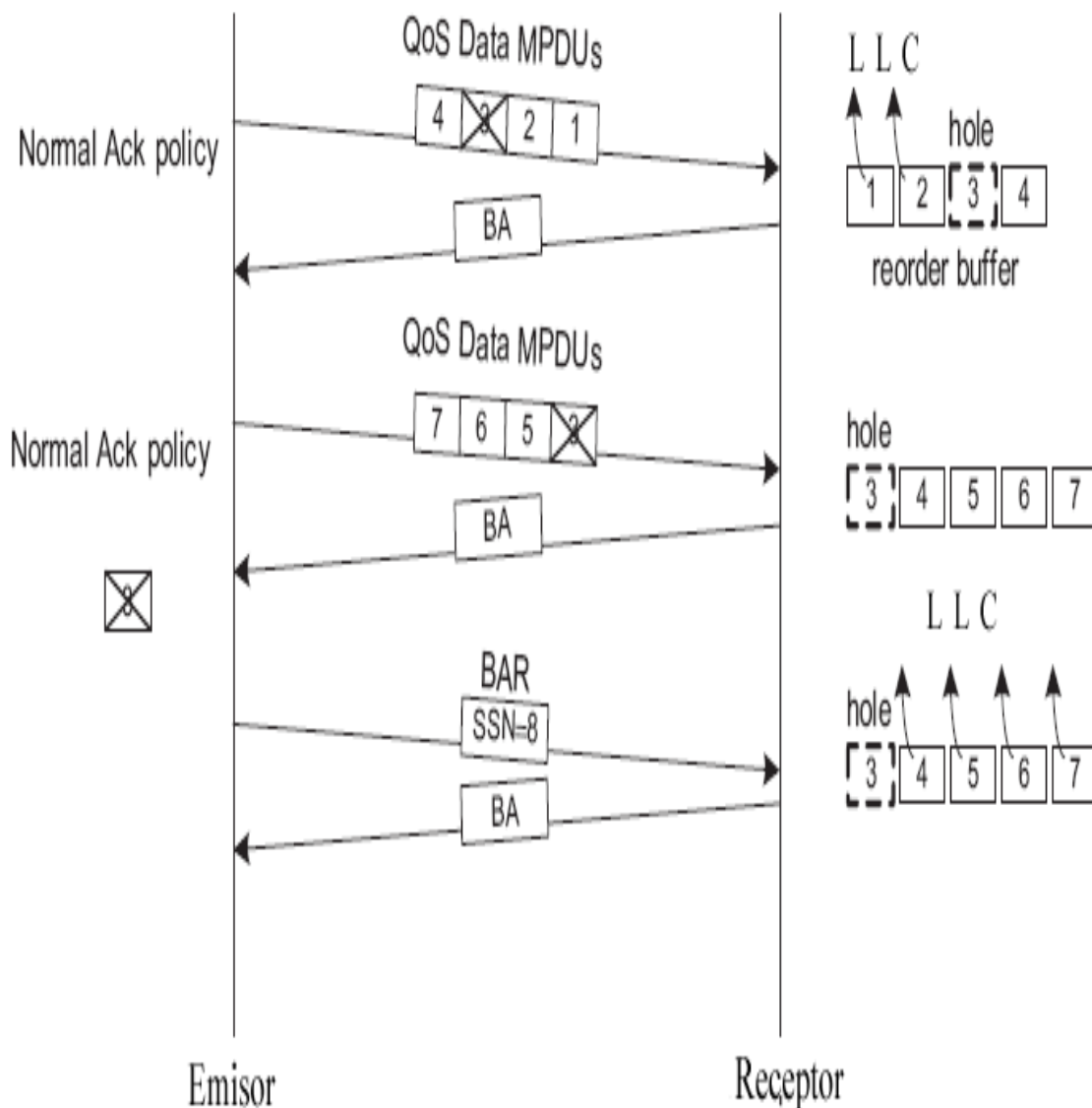


FIGURA 2.23 MECANISMO DE REORDENACIÓN⁴

1.3.3.2.1.2 Secuencias TXOP (Oportunidad de transmisión)

A continuación en la figura 1.23, se muestran unas secuencias utilizadas bajo HT BA inmediato. El TXOP comienza con el intercambio de un RTS/CTS con el fin de brindar mayor protección⁴.

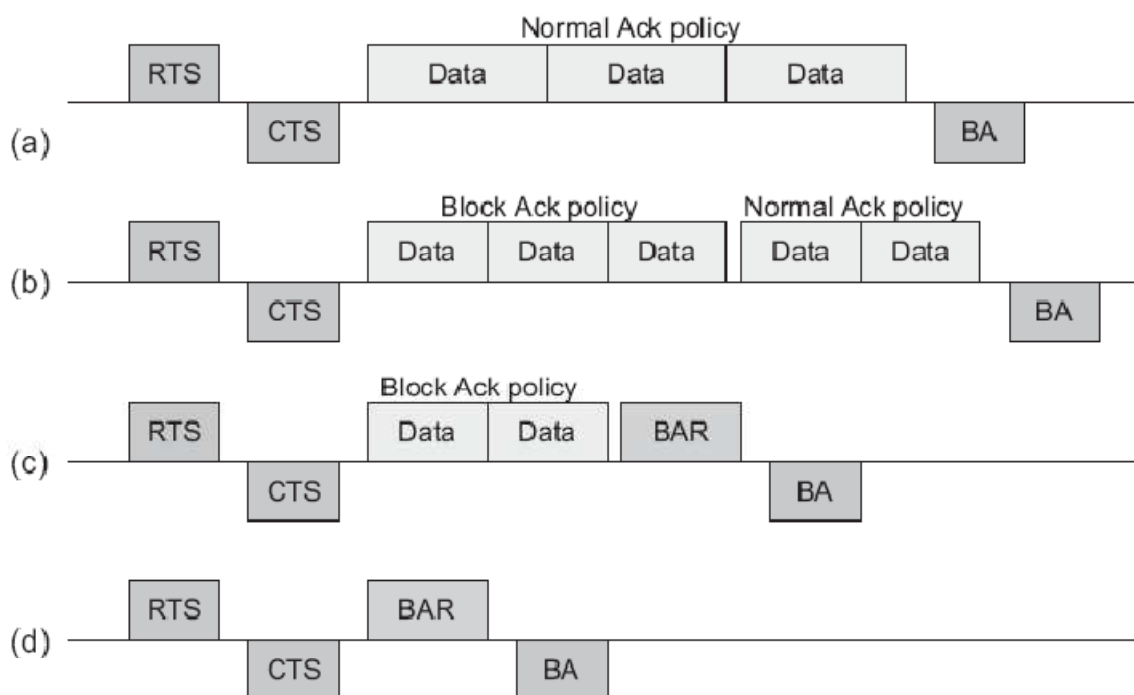


FIGURA 1.23 SECUENCIAS HT BA INMEDIATO⁴

- Una trama agregada única es realizada con el parámetro de control de policía ACK como Normal ACK en las tramas MPDU que la conforman⁴.
- Esta secuencia es similar excepto que 2 transmisiones agregadas son enviadas una detrás de la otra como una ráfaga. Esta secuencia mejora la robustez ya que en el caso de que una trama sea demasiado larga y sujeta a posibles cambios rápidos en las condiciones del canal, haciéndose necesaria la estimación de nuevo canal. Para ello, el primer agregado se envía con control de policía Block ACK, y el segundo como Normal ACK para solicitar un BA⁴.
- Esta secuencia es utilizada cuando una trama MSDU es descartada debido a la expiración de su tiempo de vida; por lo que se hace necesaria la trama BAR para liberar todas las demás MSDU del buffer de reordenación. Este caso, las

tramas están disponibles y pueden enviarse antes de la trama BAR; para ello, el agregado debe enviarse con un control de policía BA⁴.

- d) Esta secuencia muestra como la trama BAR puede enviarse separada de los datos para conseguir una mayor optimización⁴.

1.3.3.2.2 *BA retrasado HT*

Este mecanismo es una extensión del protocolo de BA retrasado que se diferencia del estándar en la forma en la que son confirmadas las tramas BA y BAR.

Bajo este mecanismo, las tramas BAR y BA transportan un control de policía BAR ACK y BA ACK, respectivamente, Este campo es cambiado a 1, indicando que el receptor de la trama no debe retornar una respuesta ACK⁴.

1.3.3.2.2.1 *Secuencias TXOP*

Al igual que sucedía con el mecanismo de BA inmediato, el TXOP comienza con el intercambio de un RTS/CTS (Petición de enviar/claro enviar) o DATA/ACK. Este mecanismo permite que el TXOP sea utilizado para confirmar las tramas totalmente que se envían del emisor al receptor⁴.

En la figura 1.24, se muestran unas secuencias utilizadas bajo HT BA retrasado:

- a) En esta secuencia, el emisor envía una trama agregada con BA Ack seguido de una trama BA.
- b) En esta se muestra como una trama BA puede enviarse junto a las tramas de datos utilizando el protocolo de dirección invertida.
- c) En la última secuencia, se muestra como reduciendo la robustez podemos enviar las tramas de datos junto con las tramas BAR y BA⁴.

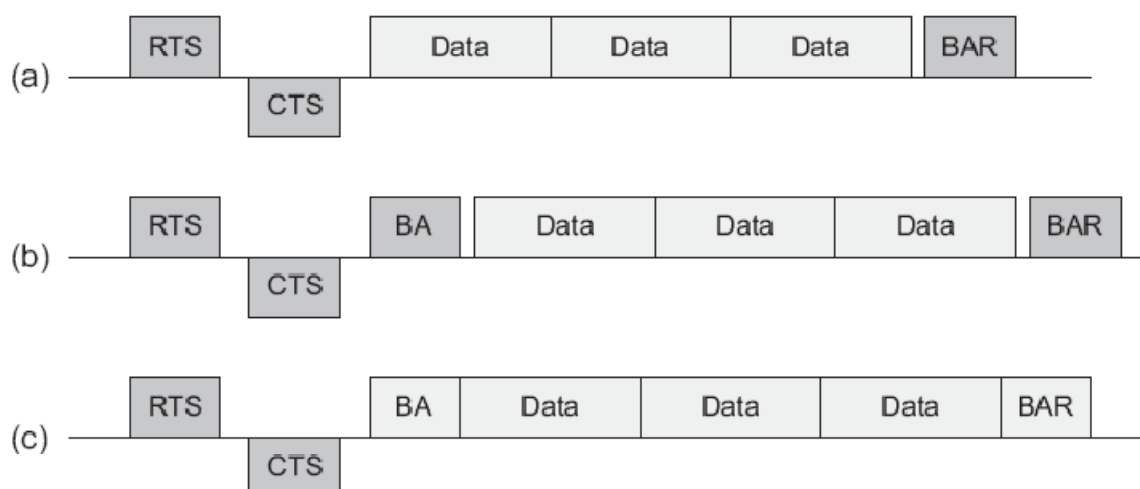


FIGURA 1.24 SECUENCIAS HT BA RETRASADO⁴

1.3.3.3 Protocolo de dirección inversa

Muchas de las aplicaciones están pensados en un intercambio de tráfico asimétrico, como por ejemplo FTP (Protocolo de Transferencia de Archivos) o HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto), ambos sobre el protocolo TCP (Protocolo de Control de Transmisión). En este escenario, se transportan paquetes de datos TCP de gran tamaño desde el emisor al receptor; mientras que en dirección opuesta, se transportan pequeños paquetes ACK. Esto supone que la utilización de TXOP en una dirección sea mucho mayor que en la dirección opuesta.

A continuación en la figura 1.25 podemos observar el envío de tramas MSDU utilizando funcionamiento normal y aplicando el mecanismo de dirección inversa⁴.

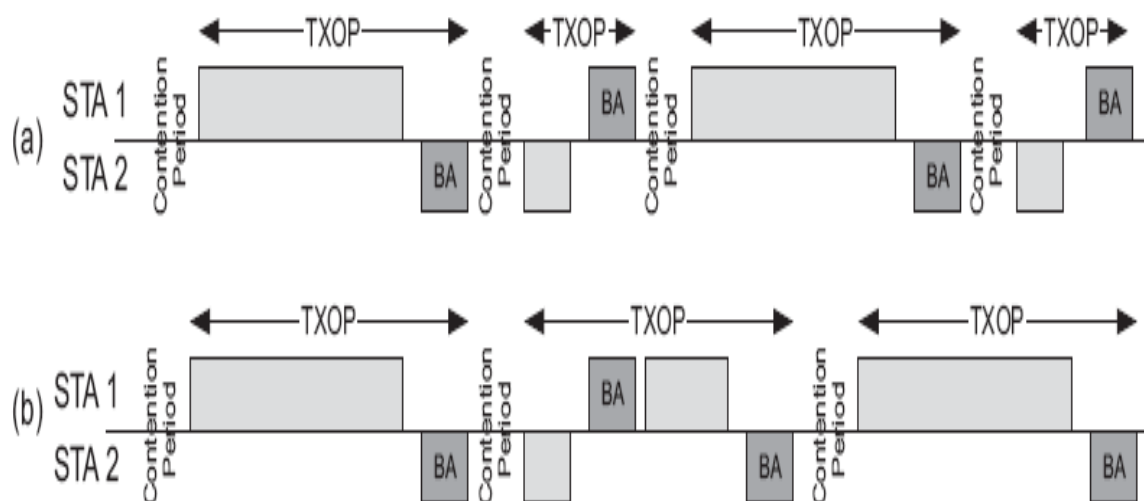


FIGURA 1.25 TXOP (A) SIN Y (B) CON EL PROTOCOLO DE DIRECCIÓN INVERSA⁴

El protocolo de dirección inversa es una característica opcional que permite ceder el resto de la utilización de un TXOP a otra trama. El overhead asociado a periodo de contención y el intercambio RTS/CTS al inicio del TXOP son amortizados con una eficiente utilización del TXOP.

En un EDCA - TXOP, todas las tramas de datos pertenecen a una misma AC tanto en el emisor como el receptor. El TID en las MPDU indica a que AC pertenecen, por lo que si se transporta un RDG (Reverse Direction Grant) el AC será el de mayor prioridad (AC=3)

En un HCCA – TXOP, el inicializador RD (Reverse Direction) determina si esta función está limitada o no en función del AC a la que pertenezca⁴.

1.3.3.4 PMSP (Power – Save Multi – Poll)

Esta técnica introducida en este nuevo estándar permite optimizar el acceso al canal de los dispositivos que transmiten y reciben pequeñas cantidades de datos

periódicamente y que necesitan mantener inactiva su interface de comunicación con el fin de ahorrar energía.

PMSP provee una pequeña mejora en la utilización del canal para y el ahorro de energía sobre técnicas como el HCCA y el APSD (Automatic Power Save Delivery). PMSP utiliza una única trama PMSP para registrar múltiples estaciones en lugar de la trama CF-Poll de HCCA, logrando una ligera mejora en ciertos escenarios.

El acceso al canal es optimizado agrupando las transmisiones de bajada como en una ráfaga y programando las de subida para que se transmitan continuamente una detrás de otra.

PMSP optimiza el consumo de energía a través de la programación del inicio de fase PMSP en el enlace de bajada y subida, de modo que las estaciones puedan desactivar sus receptores o transmisores hasta que sea necesario, respectivamente.

Como se muestra en la figura 1.26, la secuencia empieza con una trama PMSP que contiene el registro para la próxima transmisión de bajada y subida. Tras recibir esta trama, una estación sólo necesita estar “despierta” un periodo de tiempo PMSP–DTT (PMSP Download Transmission Time) y PMSP–UTT (PMSP Upload Transmission Time), respectivamente⁴.

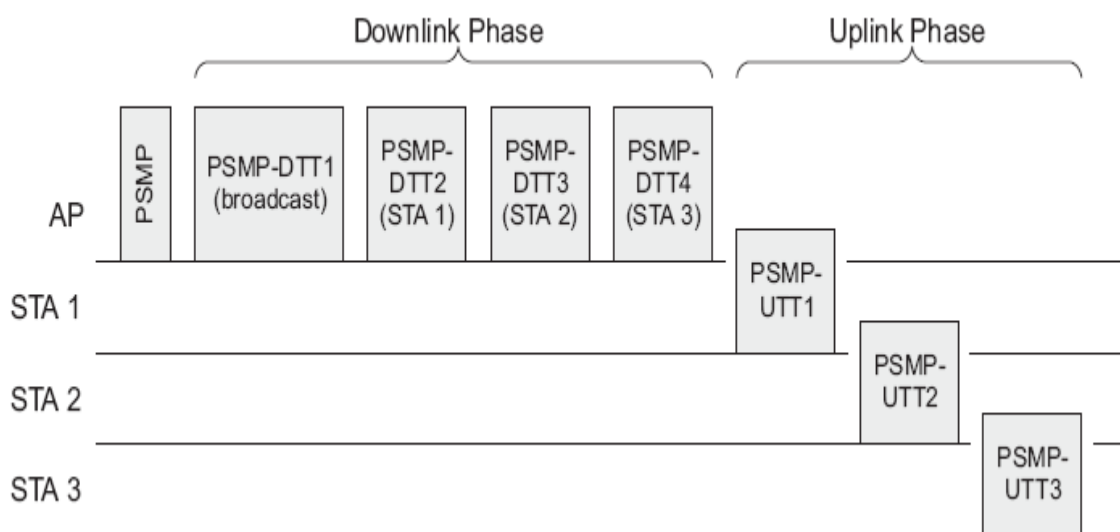


FIGURA 1.26 SECUENCIA PMSP⁴

Durante la fase de bajada, las tramas PDU como una ráfaga continúan separadas por un intervalo de tiempo SIFS o RIFS.

Un PMSP-DTT puede contener una o más PDU, en las cuales las tramas MAC que transportan pueden estar dirigidas a una estación específica.

Una estación que tenga una o más tramas para transmitir, comenzará su transmisión al inicio del PMSP-UTT. Las PMSP-UTT estarán separadas por un intervalo de tiempo SIFS o UISTime (utilizado en RIFS y más pequeña que SIFS) ⁴.

1.4 CABLEADO ESTRUCTURADO

Los sistemas telefónicos y de computación se desarrollaron por vías totalmente separadas.

Las empresas superponían instalaciones en forma anárquica en función de la demanda de nuevos usuarios y la incorporación de nuevos equipamientos.

Cada proveedor de equipos realizaba la instalación de cables que más le convenía y este no podía ser usado por los otros fabricantes, lo cual dificultaba al

cliente el cambio de proveedor, dado que el nuevo equipamiento no era compatible con el cableado existente y lo obligaba a comprar al anterior o recambiar toda la red.

Las redes informáticas se realizaban, por lo general, en base a redes de cable coaxial con topología "bus" o "anillo" las cuales tenían baja confiabilidad real en campo, si se plantaba un terminal o se cortaba el cable en un sitio TODA la red se plantaba⁶.

1.4.1 TOPOLOGÍA DE RED

La topología o forma lógica de una red se define como la forma de tender el cable a estaciones de trabajo individuales; por muros, suelos y techos del edificio. Existe un número de factores a considerar para determinar cual topología es la más apropiada para una situación dada.

La topología en una red es la configuración adoptada por las estaciones de trabajo para conectarse entre sí.

1.4.1.1 TOPOLOGIAS MÁS COMUNES

1.4.1.1.1 Bus

Esta topología permite que todas las estaciones reciban la información que se transmite, una estación transmite y todas las restantes escuchan. Consiste en un cable con un terminal en cada extremo del que se cuelgan todos los elementos de una red. Todos los nodos de la red están unidos a este cable: el cual recibe el nombre de "Backbone Cable".

El bus es pasivo, no se produce regeneración de las señales en cada nodo. Los nodos en una red de "bus" transmiten la información y esperan que ésta no vaya a chocar con otra información transmitida por otro de los nodos. Si esto ocurre, cada nodo espera una pequeña cantidad de tiempo al azar, después intenta retransmitir la información⁶.

⁶ <http://www.monografias.com/trabajos15/topologias-neural/topologias-neural.shtml#DIFER>

En la figura 1.27 se ilustra la topología bus.

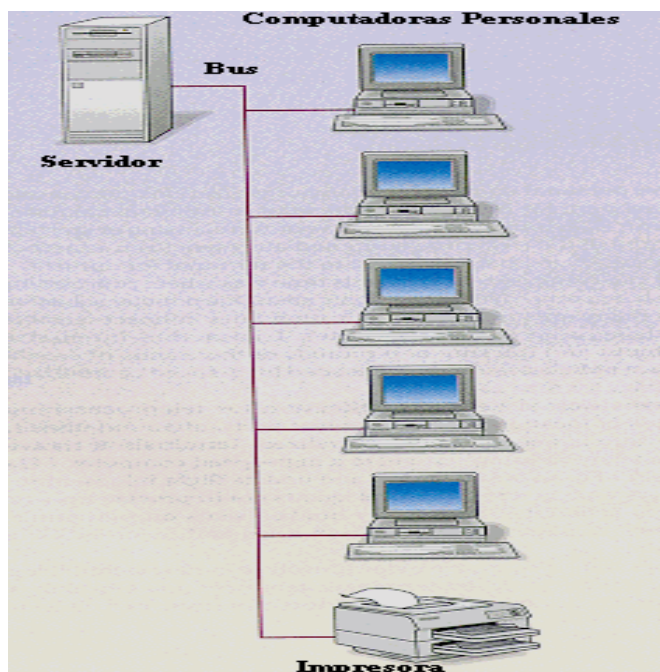


FIGURA 1.27 TOPOLOGÍA BUS

1.4.1.1.2 Anillo

Las estaciones están unidas unas con otras formando un círculo por medio de un cable común. El último nodo de la cadena se conecta al primero cerrando el anillo. Las señales circulan en un solo sentido alrededor del círculo, regenerándose en cada nodo. Con esta metodología, cada nodo examina la información que es enviada a través del anillo. Si la información no está dirigida al nodo que la examina, la pasa al siguiente en el anillo. La desventaja del anillo es que si se rompe una conexión, se cae la red completa⁶.

En la figura 1.28 se muestra una topología en anillo.

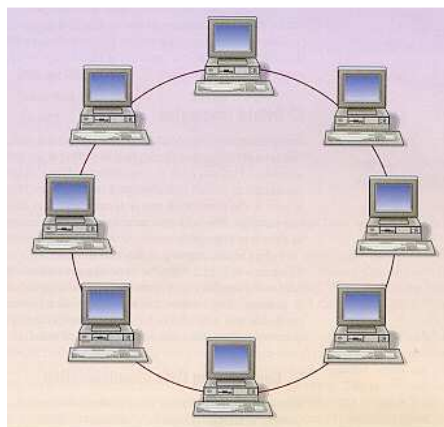


FIGURA 1.28 TOPOLOGÍA ANILLO

1.4.1.1.3 *Estrella*

Los datos en estas redes fluyen del emisor hasta el concentrador, este realiza todas las funciones de la red, además actúa como amplificador de los datos.

La red se une en un único punto, normalmente con un panel de control centralizado, como un concentrador de cableado. Los bloques de información son dirigidos a través del panel de control central hacia sus destinos. Este esquema tiene una ventaja al tener un panel de control que monitorea el tráfico y evita las colisiones y una conexión interrumpida no afecta al resto de la red⁶.

Un esquema de topología en estrella se muestra en la figura 1.29.

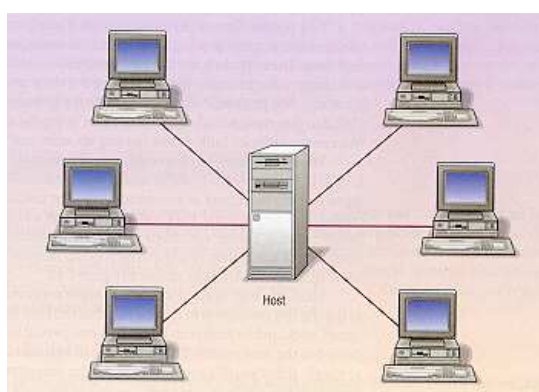


FIGURA 1.29 TOPOLOGÍA ESTRELLA

1.4.1.1.4 *Híbridas*

El bus lineal, la estrella y el anillo se combinan algunas veces para formar combinaciones de redes híbridas⁶, como se puede observar en la figura 1.30.

1.4.1.1.4.1 *Anillo en Estrella*

Esta topología se utiliza con el fin de facilitar la administración de la red. Físicamente, la red es una estrella centralizada en un concentrador, mientras que a nivel lógico, la red es un anillo⁶.

1.4.1.1.4.2 *"Bus" en Estrella*

El fin es igual a la topología anterior. En este caso la red es un "bus" que se cablea físicamente como una estrella por medio de concentradores⁶.

1.4.1.1.4.3 *Estrella Jerárquica*

Esta estructura de cableado se utiliza en la mayor parte de las redes locales actuales, por medio de concentradores dispuestos en cascada para formar una red jerárquica⁶.

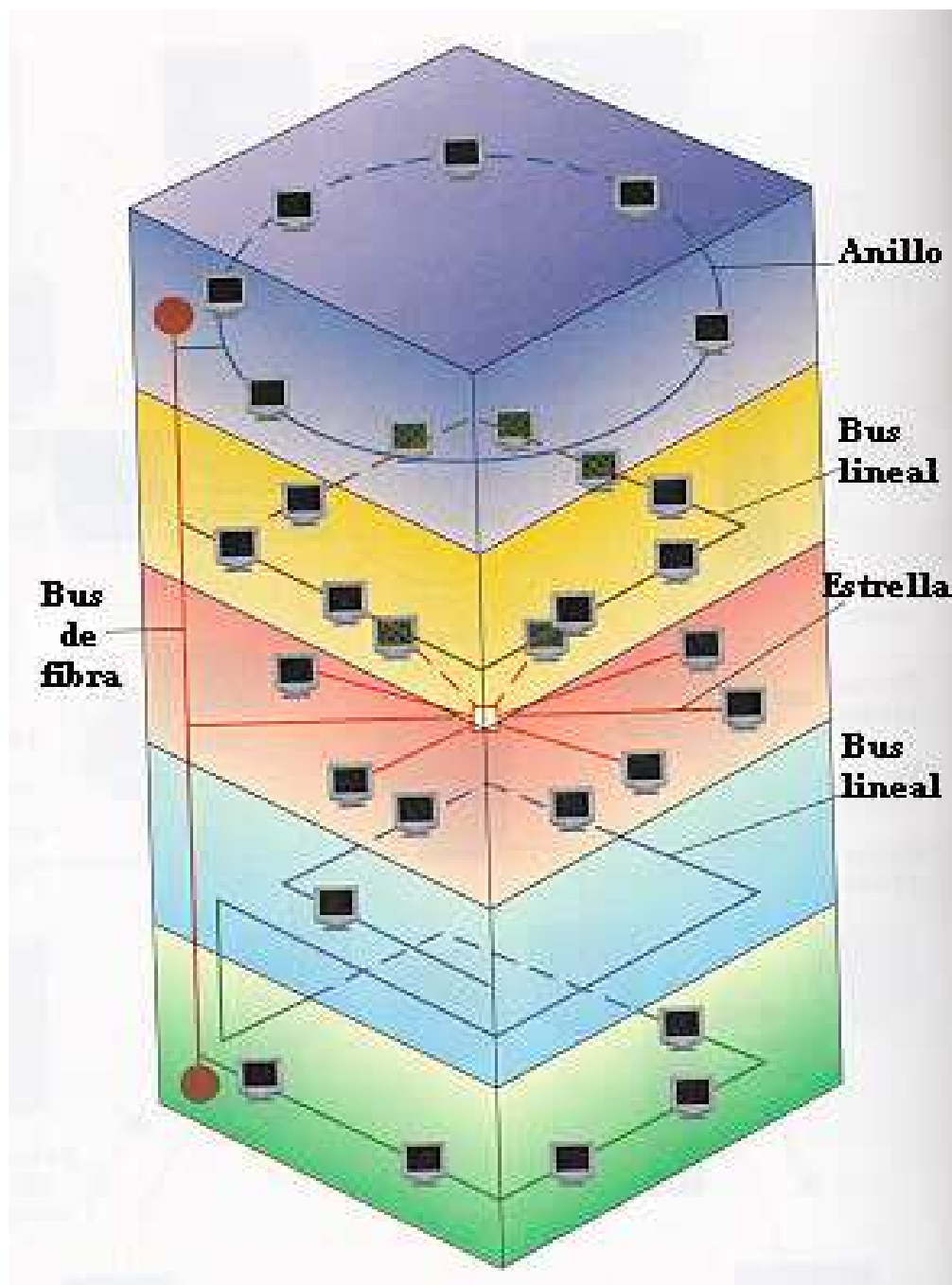


FIGURA 1.30 TOPOLOGÍA HÍBRIDA

1.4.1.1.5 *Árbol*

Esta estructura se utiliza en aplicaciones de televisión por cable, sobre la cual podrían basarse las futuras estructuras de redes que alcancen los hogares. También se ha utilizado en aplicaciones de redes locales analógicas de banda ancha⁶. La topología en árbol es ilustrada en la figura 1.31.

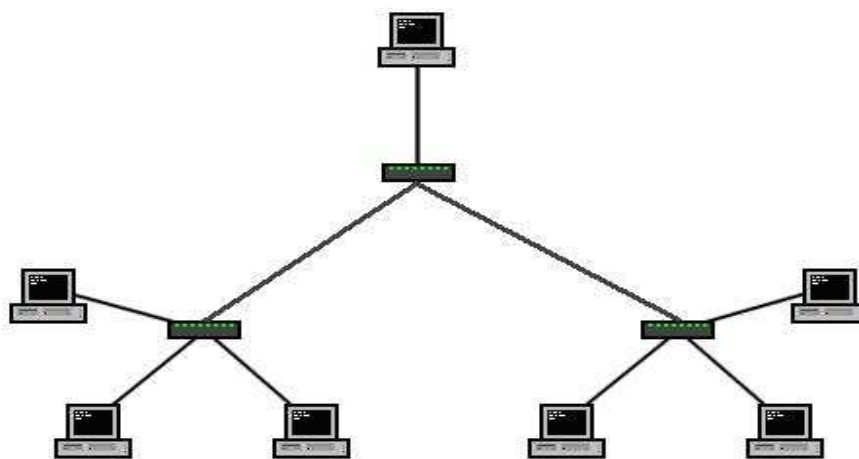


FIGURA 1.31 TOPOLOGÍA ÁRBOL

1.4.1.1.6 *Trama o Malla*

Esta estructura de red es típica de las WAN, pero también se puede utilizar en algunas aplicaciones de redes locales (LAN). Las estaciones de trabajo están conectadas cada una con todas las demás⁶. (Ver figura 1.31)



FIGURA 1.32 TOPOLOGÍA TRAMA O MALLA

1.4.2 NORMALIZACIÓN, SURGIMIENTO DE LA NORMA EIA/TIA 568

El profundo avance de la tecnología ha hecho que hoy sea posible disponer de servicios que eran inimaginables pocos años atrás. En lo referente a informática y telecomunicaciones, resulta posible utilizar hoy servicios de vídeo conferencia, consultar bases de datos remotas en línea, transferir en forma instantánea documentos de un computador a otro ubicados a miles de kilómetros, desde el computador de la oficina, el correo electrónico, para mencionar solamente algunos de los servicios de aparición más creciente, que coexisten con otros ya tradicionales, como la telefonía, FAX, etc.

Sin embargo, para poder disponer de estas prestaciones desde todos los puestos de trabajo ubicados en un edificio de oficinas se hace necesario disponer, además del equipamiento (hardware y software), de las instalaciones físicas (sistemas de cableado) necesarias.

Los diversos servicios mencionados plantean diferentes requerimientos de cableado. Si a ello le sumamos que permanentemente aparecen nuevos productos y servicios, con requerimientos muchas veces diferentes, resulta claro que realizar el diseño de un sistema de cableado para un edificio de oficinas, pretendiendo que dicho cableado tenga una vida útil de varios años y soporte la mayor cantidad de servicios existentes y futuros posible, no es una tarea fácil.

Para completar el panorama, se debe tener en cuenta que la magnitud de la obra requerida para llegar con cables a cada uno de los puestos de trabajo de un edificio es considerable, implicando un costo nada despreciable en materiales y mano de obra.

Si el edificio se encuentra ya ocupado (como ocurre en la mayoría de los casos) se deben tener en cuenta además las alteraciones y molestias ocasionadas a los ocupantes del mismo.

Para intentar una solución a todas estas consideraciones (que reflejan una problemática mundial) surge el concepto de lo que se ha dado en llamar “**cableado estructurado**”.

Dos asociaciones empresariales, la Electronics Industries Association (EIA) y la Telecommunications Industries Association (TIA), que agrupan a las industrias de electrónica y de telecomunicaciones de los Estados Unidos, han dado a conocer, en forma conjunta, la norma EIA/TIA 568 (1991), donde se establecen las pautas a seguir para la ejecución del cableado estructurado.

La norma garantiza que los sistemas que se ejecuten de acuerdo a ella soportarán todas las aplicaciones de telecomunicaciones presentes y futuras por un lapso de al menos diez años.

Esto es, que los fabricantes del país más desarrollado del mundo en lo referente a telecomunicaciones y donde se desarrollan los sistemas que se usaran en el futuro, son quienes aseguran que al menos durante los próximos años desde que se emitió la norma todos los nuevos productos a aparecer podrán soportarse en los sistemas de cableado que se diseñen hoy de acuerdo a la referida norma.

Posteriormente, la ISO (International Organization for Standards) y el IEC (International Electrotechnical Commission) la adoptan bajo el nombre de ISO/IEC DIS 11801 (1994) haciéndola extensiva a Europa (que ya había adoptado una versión modificada, la CENELEC TC115) y el resto del mundo.

1.4.2.1 Elementos principales de un cableado estructurado

El Cableado estructurado, es un sistema de cableado capaz de integrar tanto a los servicios de voz, datos y vídeo, como los sistemas de control y automatización de un edificio bajo una plataforma estandarizada y abierta. El cableado estructurado tiende a estandarizar los sistemas de transmisión de información al integrar

diferentes medios para soportar toda clase de tráfico, controlar los procesos y sistemas de administración de un edificio⁷.

1.4.2.1.1 *Cableado Horizontal*

El cableado horizontal (ver figura 1.33) incorpora el sistema de cableado que se extiende desde la salida de área de trabajo de telecomunicaciones (Work Area Outlet, WAO) hasta el cuarto de telecomunicaciones.

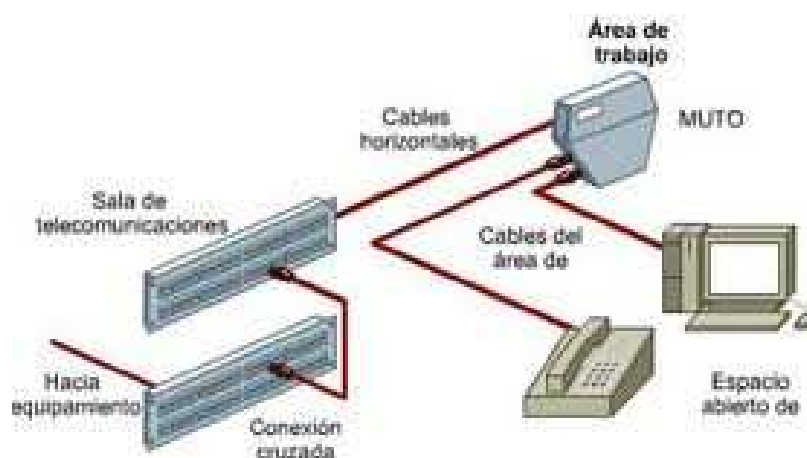


FIGURA 1.33 CABLEADO HORIZONTAL⁷

1.4.2.1.2 *Cableado del Backbone o vertical*

El propósito del cableado del backbone es proporcionar interconexiones entre cuartos de entrada de servicios de edificio, cuartos de equipo y cuartos de telecomunicaciones. El cableado del backbone incluye la conexión vertical entre pisos en edificios de varios pisos. El cableado del backbone incluye medios de transmisión (cable), puntos principales e intermedios de conexión cruzada y terminaciones mecánicas.

En la figura 1.34 se observa el esquema del cableado Backbone o vertical.

⁷ <http://www.monografias.com/trabajos11/cabes/cabes.shtml>

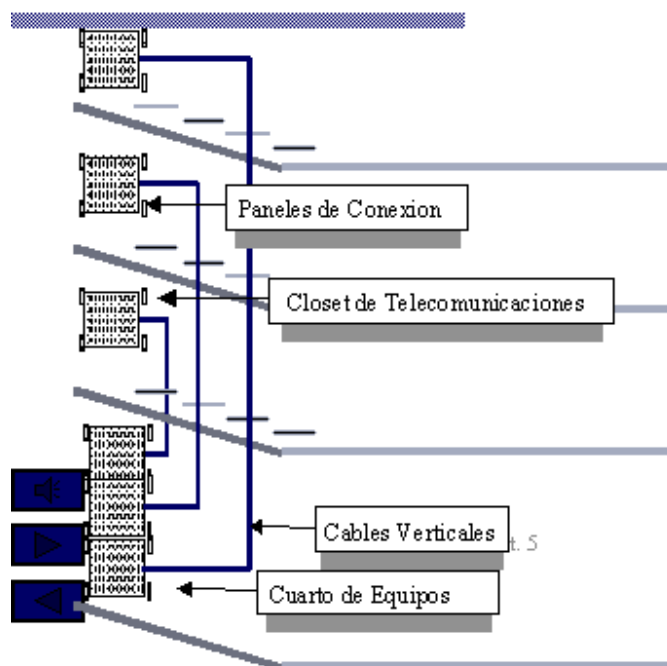


FIGURA 1.34 CABLEADO BACKBONE O VERTICAL

1.4.2.1.3 *Cuarto de Telecomunicaciones*

Un cuarto de telecomunicaciones (ver figura 1.35) es el área en un edificio utilizada para el uso exclusivo de equipo asociado con el sistema de cableado de telecomunicaciones. El espacio del cuarto de comunicaciones no debe ser compartido con instalaciones eléctricas que no sean de telecomunicaciones. El cuarto de telecomunicaciones debe ser capaz de albergar equipo de telecomunicaciones, terminaciones de cable y cableado de interconexión asociado. El diseño de cuartos de telecomunicaciones debe considerar, además de voz y datos, la incorporación de otros sistemas de información del edificio tales como televisión por cable (CATV), alarmas, seguridad, audio y otros sistemas de telecomunicaciones. Todo edificio debe contar con al menos un cuarto de telecomunicaciones o cuarto de equipo. No hay un límite máximo en la cantidad de cuartos de telecomunicaciones que deban existir en un edificio.



FIGURA 1.35 CUARTO DE TELECOMUNICACIONES

1.4.2.1.4 *Cuarto de Entrada de Servicios*

El cuarto de entrada de servicios consiste en la entrada de los servicios de telecomunicaciones al edificio, incluyendo el punto de entrada a través de la pared y continuando hasta el cuarto o espacio de entrada. El cuarto de entrada puede incorporar el "backbone" que conecta a otros edificios en situaciones de campus. Los requerimientos de los cuartos de entrada se especifican en los estándares ANSI/TIA/EIA-568-A y ANSI/TIA/EIA-569.

1.4.2.1.5 *Sistema de Puesta a Tierra y Puenteado*

El sistema de puesta a tierra y puenteado establecido en el estándar ANSI/TIA/EIA-607 es un componente importante de cualquier sistema de cableado estructurado moderno.

El sistema de puesta a tierra se muestra en la figura 1.36.

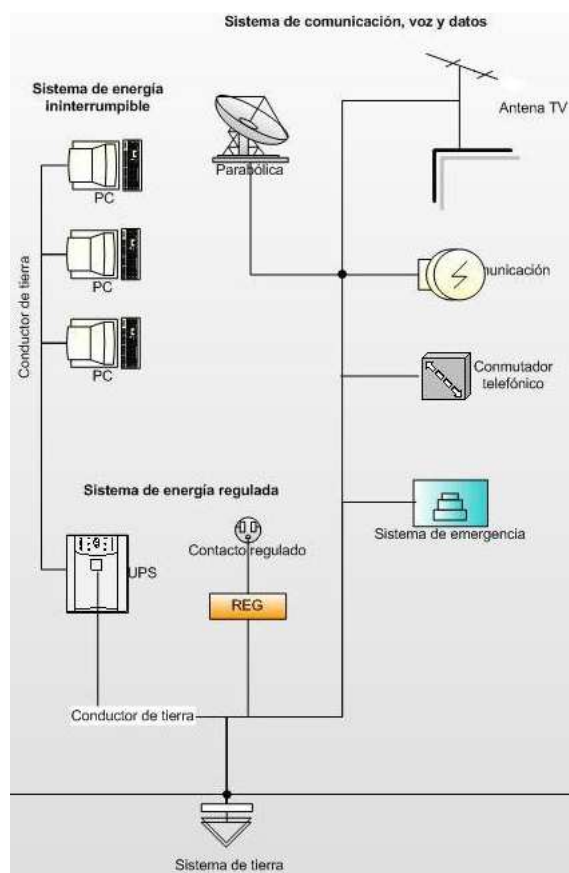


FIGURA 1.36 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

1.4.2.1.6 Closet de telecomunicaciones

La principal finalidad del closet de telecomunicaciones es la distribución del cableado horizontal. Se usan para conectar el cableado vertical a cableado horizontal y equipo de telecomunicaciones⁸.

Estos closet están formados por gabinetes y racks. Existen 2 tipos de closet: primario y secundario.

⁸ <http://www.slideshare.net/mochehc/taller-de-redes-part1>

1.4.2.1.6.1 Closet Primario

Alberga a los dispositivos de comunicación principales, así como a los servidores. Normalmente se les nombra DATACENTER. En la figura 1.37 se muestra un data DACENTER

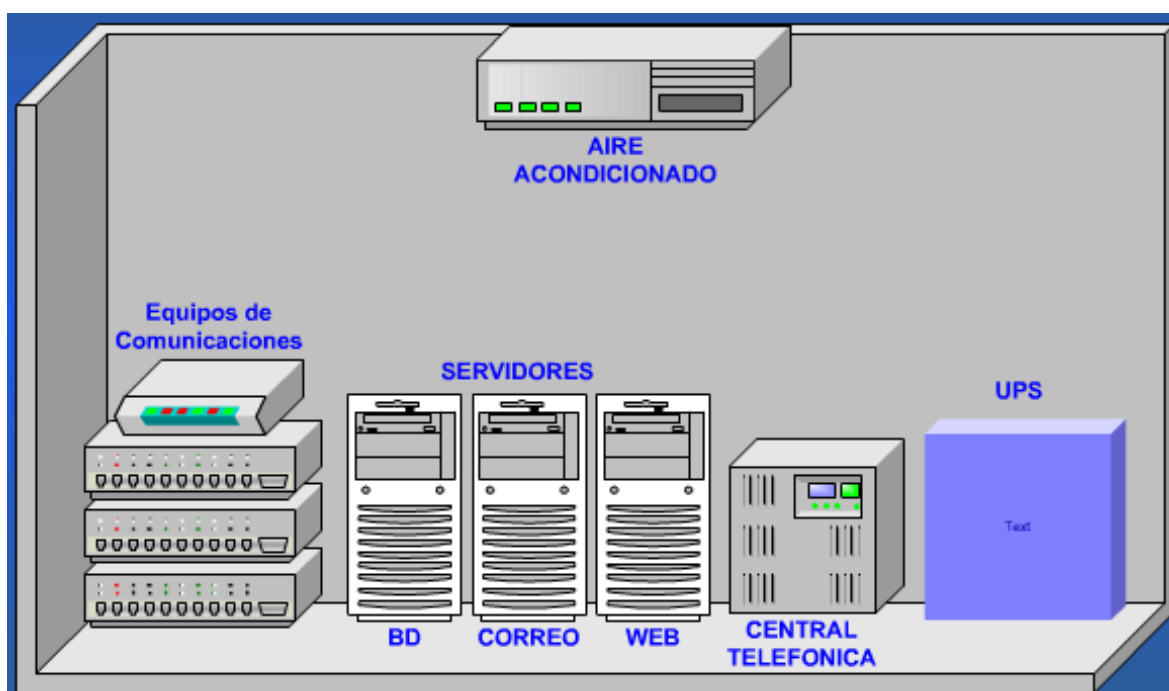


FIGURA 1.37 DATACENTER⁸

1.4.2.1.6.2 Closet Secundario

Albergan a los dispositivos de comunicación de menor jerarquía, de distribución

1.4.3 VENTAJAS DEL CABLEADO ESTRUCTURADO

Un sistema de cableado estructurado se define por oposición a los problemas del cableado no estructurado, no estándar o cerrado, o propietario de un determinado fabricante.

Un “sistema de cableado abierto” por otro lado, es un sistema de cableado estructurado que está diseñado para ser independiente del proveedor y de la aplicación a la vez.

Las características claves de un sistema de cableado abierto son que todos las outlet`s (salidas para conexión) del área de trabajo son idénticamente conectados en estrella a algún punto de distribución central, usando una combinación de medio y hardware que puede aceptar cualquier necesidad de aplicación que pueda ocurrir a lo largo de la vida del cableado (10 años).

Estas características del sistema de cableado abierto ofrecen tres ventajas principales al dueño o usuario:

- a) Debido a que el sistema de cableado es independiente de la aplicación y del proveedor, los cambios en la red y en el equipamiento pueden realizarse por los mismos cables existentes.
- b) Debido a que los outlet`s están cableados de igual forma, los movimientos de personal pueden hacerse sin modificar la base de cableado.
- c) La localización de los hub`s y concentradores de la red en un punto central de distribución, en general un closet de telecomunicaciones, permite que los problemas de cableado o de red sean detectados y aislados fácilmente sin tener que parar el resto de la red.

1.4.4 MATERIALES USADOS EN EL CABLEADO ESTRUCTURADO

A continuación se detallan algunos de los materiales más usados en el cableado estructurado.

1.4.4.1 Keystone

Se trata de un dispositivo modular de conexión mono línea, hembra, apto para conectar plug RJ45, que permite su inserción en rosetas y frentes de patch panels

especiales mediante un sistema de encastre. Permite la colocación de la cantidad exacta de conexiones necesarias. En la figura 1.38 se muestra un par de keystone.



FIGURA 1.38 KEYSTONE

1.4.4.2 Roseta P/Keystone

Se trata de una pieza plástica de soporte que se amura a la pared y permite encastrar hasta 2 keystone, formando una roseta de hasta 2 bocas. No incluye en keystone que se compra por separado. En la figura 1.39 se muestra un tipo de roseta.



FIGURA 1.39 ROSETA P/KEYSTONE

1.4.4.3 Frente para keystone o faceplate

Se trata de una pieza plástica plana de soporte que es tapa de una caja estándar de electricidad embutida de 5x10 cm y permite encastrar hasta 2 keystone, formando un conjunto de conexión de hasta 2 bocas. No incluye los keystone que se compran por separado. La boca que quede libre en caso que se desee colocar un solo keystone se obtura con un inserto ciego que también se provee por separado.

En la figura 1.40 se muestra un faseplate simple.



FIGURA 1.40 FRENTE PARA KEYSTONE O FACEPLATE

1.4.4.4 Rosetas Integradas

Usualmente de 2 bocas, aunque existe también la versión reducida de 1 boca. Posee un circuito impreso que soporta conectores RJ45 y conectores IDC (Insulation Displacement Connector) de tipo 110 para conectar los cables UTP sólidos con la herramienta de impacto se proveen usualmente con almohadilla autoadhesiva para fijar a la pared y/o perforación para tornillo. En la figura 1.41 se muestran rosetas integradas

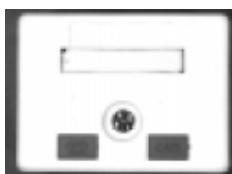


FIGURA 1.41 ROSETAS INTEGRADAS

1.4.4.5 Cable UTP Solido

El cable UTP (Unshielded Twisted Pair) posee 4 pares bien trenzados entre sí (paso mucho más trenzado que el Vaina Gris de la norma ENTel 755), sin aluminio de blindaje, envuelto dentro de una cubierta de PVC. Existen tipos especiales (mucho más caros) realizados en materiales especiales para instalaciones que exigen normas estrictas de seguridad ante incendio. Se presenta en cajas de 1000 pies (305 mts) para su fácil manipulación, no se enrosca, y viene marcado con

números que representan la distancia en pies de cada tramo en forma correlativa, con lo que se puede saber la longitud utilizada y la distancia que aun queda disponible en la caja con solo registrar estos números y realizar una simple resta.

1.4.4.6 Patch Panel

Están formados por un soporte, usualmente metálico y de medidas compatibles con rack de 19", que sostiene placas de circuito impreso sobre la que se montan: de un lado los conectores RJ45 y del otro los conectores IDC para block tipo 110. Se puede observar un patch panel en la figura 1.42.

Se proveen en capacidades de 12 a 96 puertos (múltiplos de 12) y se pueden apilar para formar capacidades mayores.

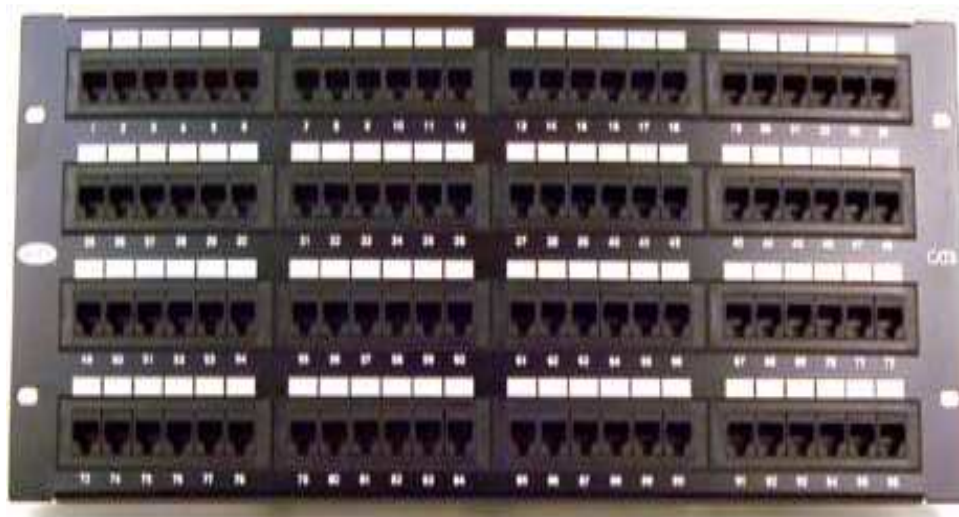


FIGURA 1.42 PATCH PANEL

1.4.4.7 Patch Cord

Están contruidos con cable UTP de 4 pares flexible terminado en un plug 8P8C en cada punta de modo de permitir la conexión de los 4 pares en un conector RJ45. A menudo se proveen de distintos colores y con un dispositivo plástico que impide que se curven en la zona donde el cable se aplana al acometer al plug.

Es muy importante utilizar PC certificados puesto que el hacerlos en obra no garantiza en modo alguno la certificación a Nivel 5. La figura 1.43 muestra un patch cord.



FIGURA 1.43 PATCH CORD

1.4.4.8 Conector RJ45

Plug de 8 contactos, similar al plug americano RJ11 utilizado en telefonía, pero de más capacidad. Posee contactos bañados en oro. Se puede observar un plug RJ45 en la figura 1.44.



FIGURA 1.44 Plug RJ45

1.4.4.9 Cable UTP Flexible

Igual al sólido, pero sus hilos interiores están constituidos por cables flexibles en lugar de alambres. Un tipo de cable UTP flexible se muestra en la figura 1.45.

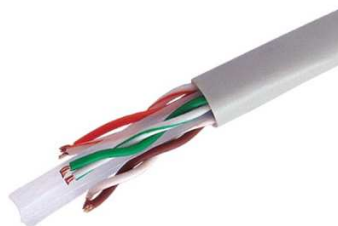


FIGURA 1.45 CABLE UTP FLEXIBLE

1.4.5 HERRAMIENTAS

1.4.5.1 Herramienta De Impacto

Es la misma que se utiliza con block de tipo 110 de la ATT. Posee un resorte que se puede graduar para dar distintas presiones de trabajo y sus puntas pueden ser cambiadas para permitir la conexión de otros blocks, tal como los 88 y S66 (Krone). En el caso del block 110, la herramienta es de doble acción: inserta y corta el cable. La figura 1.46 muestra una herramienta de impacto.



FIGURA 1.46 HERRAMIENTA DE IMPACTO

1.4.5.2 Herramienta De Crimpear

Es muy similar a la crimpeadora de los plugs americanos RJ11 pero permite plug's de mayor tamaño (8 posiciones). Al igual que ella permite: cortar el cable, pelarlo y apretar el conector para fijar los hilos flexibles del cable a los contactos. La herramienta de crimpear se observa en la figura 1.47.



FIGURA 1.47 HERRAMIENTA DE CRIMPEAR

1.4.5.3 Cortador y pelador de cables

Permite agilizar notablemente la tarea de pelado de vainas de los cables UTP, tanto sólidos como flexibles, así como el emparejado de los pares internos del mismo. No produce marcado de los cables, como es habitual cuando se utiliza el alicate o pinza de corte normal. Un ejemplo de cortadora y peladora de cables se puede observar en la figura 1.48



FIGURA 1.48 CORTADOR Y PELADOR DE CABLES

1.4.5.4 Probador rápido de cableado

Ideal para controlar los cableados (no para certificar) por parte del técnico instalador. De bajo costo y fácil manejo. Permite detectar fácilmente: cables cortados o en cortocircuito, cables corridos de posición, piernas invertidas, etc. Además viene provisto de accesorios para controlar cable coaxial (BNC) y Catch Corps (RJ45).

La figura 1.49 indica un probador rápido de cable.



FIGURA 1.49 PROBADOR RÁPIDO DE CABLE

1.4.6 Cable UTP Categoría 6

Cable de categoría 6, o Cat 6 (ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1) es un estándar de cables para Gigabit Ethernet y otros protocolos de redes que es *backward compatible* (compatible con versiones anteriores) con los estándares de categoría 5/5e y categoría 3. La categoría 6 posee características y especificaciones para crosstalk y ruido. El estándar de cable es utilizable para 10BASE-T, 100BASE-TX y 1000BASE-TX (*Gigabit Ethernet*).

- Se refiere a la especificación de las características eléctricas de transmisión de los componentes de un cableado basado en UTP.
- Es la más alta especificación en cuanto a niveles de ancho de banda y performance.

Los elementos certificados bajo esta categoría permiten mantener las especificaciones de los parámetros eléctricos dentro de los límites fijados por la norma hasta una frecuencia de 250 MHz en cada par.

Como comparación se detallan los anchos de banda (Bw) de las otras categorías:

- **Categoría 1:** Hilo telefónico trenzado de calidad de voz no adecuado para las transmisiones de datos. Las características de transmisión del medio están especificadas hasta una frecuencia superior a 1MHz.
- **Categoría 2:** Cable par trenzado sin apantallar. Las características de transmisión del medio están especificadas hasta una frecuencia superior de 4 MHz. Este cable consta de 4 pares trenzados de hilo de cobre.
- **Categoría 3:** Velocidad de transmisión típica de 10 Mbps para Ethernet. Con este tipo de cables se implementa las redes Ethernet 10BaseT. Las características de transmisión del medio están especificadas hasta una frecuencia superior de 16 MHz. Este cable consta de cuatro pares trenzados de hilo de cobre con tres entrelazados por pie.
- **Categoría 4:** La velocidad de transmisión llega hasta 20 Mbps. Las características de transmisión del medio están especificadas hasta una frecuencia superior de 20 MHz. Este cable consta de 4 pares trenzados de hilo de cobre.
- **Categoría 5:** Es una mejora de la categoría 4, puede transmitir datos hasta 100 Mbps y las características de transmisión del medio están especificadas hasta una frecuencia superior de 100 MHz. Este cable consta de cuatro pares trenzados de hilo de cobre.
- **Categoría 6:** Es una mejora de la categoría anterior, puede transmitir datos hasta 1 Gbps y las características de transmisión del medio están especificadas hasta una frecuencia superior a 250 MHz.
- **Categoría 7.** Es una mejora de la categoría 6, puede transmitir datos hasta 10 Gbps y las características de transmisión del medio están especificadas hasta una frecuencia superior a 600 MHz.

- Es una especificación genérica para cualquier par o cualquier combinación de pares.
- El elemento que pasa la prueba lo debe hacer sobre "todos" los pares.
- No es para garantizar el funcionamiento de una aplicación específica. Es el equipo que se le conecte el que puede usar o no todo el Bw permitido por el cable.
- Se aplica a los cables UTP de 4 pares y su uso como cables de distribución, punchado y cables de equipos a:
 - La interconexión de UTP de cualquier configuración.
 - Los terminales de conexión (jack).
 - Los patch panels.
 - Los elementos usados en los puntos de transición
- Cuando se certifica una instalación en base a la especificación de "Categoría 6" se lo hace de Punta a Punta y se lo garantiza por escrito.
- Los parámetros eléctricos que se miden son:
 - Atenuación en función de la frecuencia (db)
 - Impedancia característica del cable (Ohms)
 - Acoplamiento del punto más cercano (NEXT- db)
 - Relación entre Atenuación y Crosstalk (ACR- db)
 - Capacitancia (pf/m)
 - Resistencia en DC (Ohms/m)
 - Velocidad de propagación nominal (% en relación C)

CAPITULO 2

2. DISEÑO DE LA RED INALAMBRICA

2.1 REQUERIMIENTOS DE UNA RED INALAMBRICA

Para diseñar una red inalámbrica se requiere de una planificación especial, considerando varios factores como: la cobertura, usuarios beneficiados, seguridad, rendimiento, etc. Para lo cual es necesario realizar estudios del lugar de instalación y planificar la integración con redes cableadas instaladas anteriormente¹.

2.1.1 ACCESIBILIDAD A LOS RECURSOS DE RED

Mantener la accesibilidad a los recursos de red permite que los usuarios respondan más rápidamente a las necesidades de transmisión de datos en cada institución, sin tener en cuenta si ellos están en su lugar de trabajo, en un auditorio, en la cafetería de la institución o incluso colaborando con un compañero en otro edificio.

2.1.2 SEGURIDAD A NIVEL INSTITUCIONAL

Este es el punto más importante en el diseño de una red inalámbrica, se debe implementar una arquitectura de seguridad propia para la red inalámbrica sin importar la plataforma de seguridad instalada en la red cableada.

Los administradores de la red deben detectar y localizar redes inalámbricas inseguras principalmente Puntos de Acceso Incompatibles (*Rogue Access Point*) cercanos a la empresa y realizar un continuo monitoreo y rastreo del entorno de Radio Frecuencia (RF) ¹.

2.1.3 SEGMENTACIÓN DE USUARIOS

Los servicios que proporciona la red inalámbrica pueden ser extendidos de una forma segura a usuarios invitados sin alterar el funcionamiento de los usuarios

registrados. Además los propios usuarios registrados pueden ser segmentados definiendo perfiles de acceso para proporcionar diversos servicios de red con diferentes tipos de rendimiento ¹.

2.1.4 MANEJO CENTRALIZADO

Las redes inalámbricas institucionales deben permitir una administración de forma centralizada, es decir tener el control de todos los dispositivos inalámbricos a través de uno o varios dispositivos centrales; de esta forma los administradores pueden responder de una manera más efectiva y eficiente cuando se presentan problemas y fallos en la red¹.

2.1.5 ARQUITECTURA DE LA RED

Dependiendo del número de usuarios de cada empresa y de los servicios que proporciona la red cableada, se debe realizar un estudio sobre qué tipo de arquitectura es la más favorable para la instalación de la red inalámbrica¹.

2.2 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA.

La instalación de redes inalámbricas especialmente las redes *Wi-Fi* es un procedimiento sencillo, sin embargo una configuración óptima resulta compleja si no se tienen las herramientas adecuadas y sólidos conocimientos. En consecuencia las redes *Wi-Fi* son fáciles de adquirir, bastante difíciles de configurar óptimamente y extremadamente difíciles de proteger ¹.

2.2.1 PÉRDIDAS DE SEÑAL

Las ondas de radio frecuencia (RF) transmitidas por las redes inalámbricas son atenuadas e interferidas por diversos obstáculos y ruidos. A medida que una estación móvil se va alejando de un Punto de Acceso la potencia de la señal y la velocidad de transmisión van decreciendo.

Los factores de atenuación e interferencia más importantes son:

- El tipo de construcción del edificio.
- Dispositivos inalámbricos como teléfonos y equipos *Bluetooth*.
- Elementos metálicos como puertas y armarios.
- Microondas.
- Humedad ambiental.

La velocidad de transmisión de una estación móvil es función de la distancia que existe entre la estación y el Punto de Acceso, de los obstáculos y de las interferencias con otros dispositivos inalámbricos; además se debe considerar la velocidad de transmisión real para el estándar 802.11n, que es de 300 Mbps en el mejor de los casos¹.

2.2.2 ROAMING

Unas de las utilidades más interesantes de esta tecnología inalámbrica, es la posibilidad de realizar Roaming entre los AP de la institución, con lo que al igual que la tecnología celular, no perdemos cobertura y podemos movernos desde el campo de cobertura de un AP a otro sin problemas, para ello debemos configurar los AP para que trabajen en distintos canales de frecuencia para que no se produzcan problemas de funcionamiento en las zonas donde existe cobertura de más de un AP.

Una configuración en Infraestructura debe soportar el Roaming. Varios Conjuntos de Servicios Básicos BSS (Basic Service Set) pueden configurarse como un Identificador de Servicios Extendido ESSID (Extended Service Set Identifier). Los usuarios con el mismo ESSID se pueden desplazar libremente mientras el servicio continua (Roaming)¹.

Para permitir la itinerancia o *roaming* a usuarios móviles es necesario colocar los AP de tal manera que haya una superposición (*overlapping*) de aproximadamente el 15% entre los diversos radios de cobertura.

En la figura 2.1 la zona de superposición permite que las estaciones móviles se desplacen del área de cobertura A, a la B sin perder la comunicación, en definitiva el usuario se conecta del Punto de Acceso A al B de forma transparente.

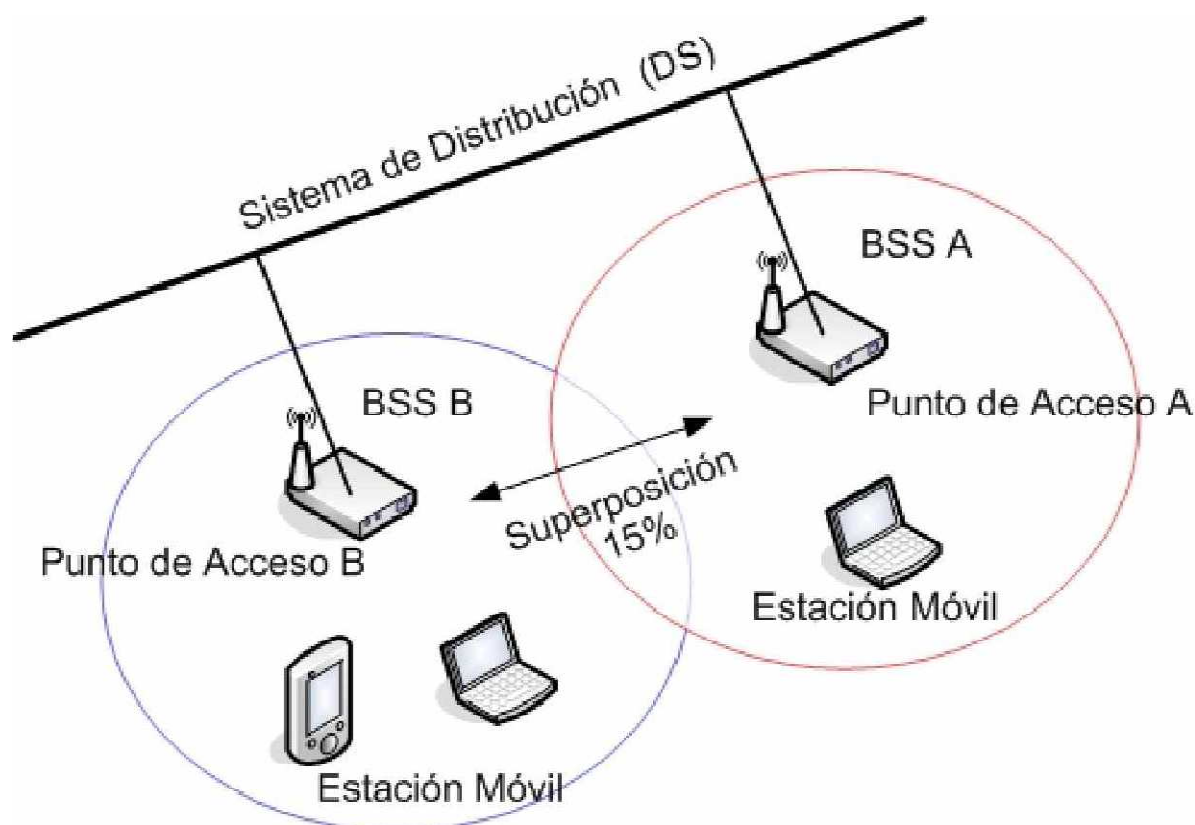


FIGURA 2.1 INFRAESTRUCTURA ROAMING¹

La figura 2.1 muestra las zonas de cobertura de cada Punto de Acceso A y B, y la superposición de las mismas.

Dado que el estándar 802.11 no define las especificaciones para el *roaming*, cada fabricante diseña el algoritmo de decisión de cambio del área de cobertura según sus especificaciones más convenientes, por lo tanto pueden existir problemas cuando en una empresa se tienen Puntos de Acceso de diferentes fabricantes¹.

2.2.3 CAPACIDAD Y COBERTURA

Los usuarios inalámbricos que se encuentran conectados a un Punto de Acceso deben compartir la capacidad total de datos, a mayor número de usuarios conectados menor será la capacidad disponible para cada uno.

Uno de los principales desafíos de las redes inalámbricas consiste en proveer a cada usuario la capacidad de datos suficiente para sus tareas.

Cuanto más fuerte es la señal de radio frecuencia de un AP mayor será el área de cobertura. El diseño de la red *Wi-Fi* consiste en definir micro-celdas que permiten una mayor cobertura que con una sola celda grande. Cada Punto de Acceso define una micro-celda (área de cobertura); por tanto hay que tomar muy en cuenta la planificación y asignación de canales de radio frecuencia para evitar interferencias.

Los estándares 802.11g, 802.11b y 802.11n disponen de 3 canales no solapados (1, 6 y 11, según las especificaciones FCC) para América y 4 canales no solapados (1, 4, 9 y 13, según las especificaciones ETSI) para Europa¹.

El alcance de la señal de una red *Wi-Fi* dependerá de ¹:

- La potencia de emisión del Punto de Acceso.
- La ganancia del dispositivo *Wi-Fi* del usuario inalámbrico.
- Los obstáculos y pérdidas de señal.

En definitiva en redes *Wi-Fi* no solo se debe buscar la cobertura sino también la capacidad¹.

2.2.4 SITE SURVEY

El estudio del sitio o *site survey* es un procedimiento previo a la instalación de una red inalámbrica.

La finalidad de un *site survey* es determinar el lugar óptimo de localización de los AP y detectar las zonas oscuras, es decir, zonas con mucho ruido o zonas sin cobertura ¹.

Para la realización de un *site survey* es importante seguir un procedimiento definido de la siguiente forma:

- Utilización de los planos arquitectónicos del sitio.
- Reconocimiento físico de las instalaciones y determinación de obstáculos.
- Determinar la ubicación preliminar de cada AP.
- Probar utilizando un *software* de monitoreo el nivel de señal de cada AP y comprobar la cobertura y rendimiento.
- Evaluar la re-ubicación de los Puntos de Acceso para lograr mejores coberturas y rendimientos.
- Evaluar la posibilidad de añadir o quitar Puntos de Acceso rediseñando cada micro-celda.
- Identificar la existencia de fuentes de energía y conexiones de red para los AP a ser instalados.
- Planificar la asignación de canales de RF para cada AP; de tal forma que se evite la interferencia co-canal.
- Documentar la ubicación final de todos los AP con sus respectivas configuraciones de radio frecuencia y conexiones de red.

2.2.5 EQUIPAMIENTO 802.11

En el diseño de una red inalámbrica es imprescindible la correcta selección del equipamiento 802.11 y definir la tecnología inalámbrica a ser utilizada.

Las redes *Wi-Fi* necesitan de ciertos dispositivos como Puntos de Acceso, adaptadores inalámbricos y antenas. Además para redes inalámbricas empresariales es necesaria la inclusión de equipamiento especial como Controladores de Puntos de Acceso y analizadores de redes inalámbricas ¹.

2.2.5.1 Puntos de Acceso

Existen diversos tipos de Puntos de Acceso dependiendo de las características y funciones de cada uno. Sin embargo se los puede agrupar en: Puntos de Acceso Básicos y Puntos de Acceso Robustos.

Los Puntos de Acceso Básicos son fáciles de configurar y gestionar, son más económicos y no presentan mayores problemas en compatibilidad con otros fabricantes.

Los Puntos de Acceso Robustos incorporan funciones adicionales de gestión y seguridad como: *firewall* y filtrado de tráfico, herramientas para *site survey*, ajuste de potencia, administración de recursos de radio frecuencia, etc. por lo que este tipo de equipos son comunes en implementaciones a nivel empresarial¹.

En la figura 2.2 se puede observar algunos tipos de puntos de acceso.



FIGURA 2.2 PUNTO DE ACCESO⁹

2.2.5.2 Controladores de Puntos de Acceso

Los Controladores de Puntos de Acceso o *Switches* para *Wi-Fi* (conocidos comúnmente en el mercado) son herramientas sofisticadas y diseñadas para el monitoreo, administración y gestión de redes inalámbricas *Wi-Fi*.

El continuo monitoreo del espectro de radio frecuencia mediante Puntos de Acceso o sensores inalámbricos permiten a los Controladores de Puntos de Acceso analizar la información recopilada para detectar Puntos de Acceso Hostiles, redes *Ad-Hoc* no deseadas, ataques de negación de servicio DoS, nodos ocultos, fuentes de ruido, interferencias, etc.

Los Controladores de Puntos de Acceso son capaces de solucionar problemas e inconvenientes que van apareciendo en las redes inalámbricas *Wi-Fi*, como por ejemplo:

- Controlar la potencia de radio frecuencia de cada Punto de Acceso.

⁹ <http://www.alcenet.cl/queeswireless.html>

- Balancear la carga entre varios Puntos de Acceso.
- Permitir *roaming* de manera transparente al usuario.
- Estadística de los usuarios conectados a un Punto de Acceso.
- Detectar paquetes perdidos.
- Detectar Puntos de Acceso con fallas en su funcionamiento y que necesiten mantenimiento.
- Detectar Puntos de Acceso mal configurados.
- Generar estadísticas del uso de los recursos de radio frecuencia.

Además los Controladores de Punto de Acceso son administrados vía WEB y permiten configurar alarmas ante situaciones problemáticas, notificando al administrador de la red mediante *e-mail* o SMS (*Short Message Service*)¹.

2.2.5.3 Antenas

La velocidad de transmisión de una conexión inalámbrica depende del nivel de potencia del Punto de Acceso y de la sensibilidad del dispositivo receptor.

En muchos casos para incrementar la velocidad de transmisión se debe incluir una o varias antenas de mayor ganancia (se expresa en dBi que son los dB en relación con una antena ideal o Isotrópica); de esta forma la potencia y la calidad de la señal mejoran considerablemente.

Existen básicamente tres tipos de antenas:

- Omnidireccionales. Observe la figura 2.3.



FIGURA 2.3 ANTENA OMNIDIRECCIONAL¹⁰

- Direccional. Observe la figura 2.4.



FIGURA 2.4 ANTENA DIRECCIONAL¹¹

- Sectoriales. Observe la figura 2.5.

¹⁰ <http://www.tiendecita.com/antena-omnidireccional-10dbi-360%C3%82%C2%BA-cyberbajt-p-44.html>

¹¹ http://venezuela.jblshop.com/hyperlink-12dbi-yagi-direccional-para-wi-fi-en-2-4-ghz_jbl20980639.php



FIGURA 2.5 ANTENA SECTORIAL¹²

Las antenas omnidireccionales transmiten en todas las direcciones en un radio de 360 grados, por lo que su alcance es generalmente menor que los otros tipos de antenas.

Las antenas direccionales transmiten en una dirección determinada, de esta manera su haz es más potente y su alcance es mayor. Principalmente son utilizadas en conexiones punto a punto y cuando se requiera mayor seguridad para evitar que la señal se difunda por todas partes.

Las antenas sectoriales transmiten en una dirección pero no tan enfocadas como las antenas directivas, por lo tanto su alcance es mayor que las antenas omnidireccionales. Este tipo de antenas son instaladas en corredores y pasillos.

¹² http://www.redco.cl/catalogo/index.php?cPath=32_36

2.2.5.4 Analizadores de Red Inalámbrica

Son básicamente un *sniffer* (Software especializado en la captura y análisis del tráfico que circula por una red) que se instala en un PC portátil o un PDA y permiten capturar las señales de radio frecuencia para su posterior análisis.

Este tipo de herramientas son de tipos estáticas debido a que analizan una situación en particular en el momento del monitoreo, por lo que es necesario que el administrador de la red realice un continuo mapeo del espectro de radio frecuencia.

Como ejemplos de analizadores de red inalámbricas se tiene a: *NetStumber*, *inSSIDr*, *Airopeek*, *Kismet*, *Ethreal*, *Airmagnet*, *Visiwave*, etc. En la figura 2.6 se puede observar un analizador de red inalámbricas en proceso¹.

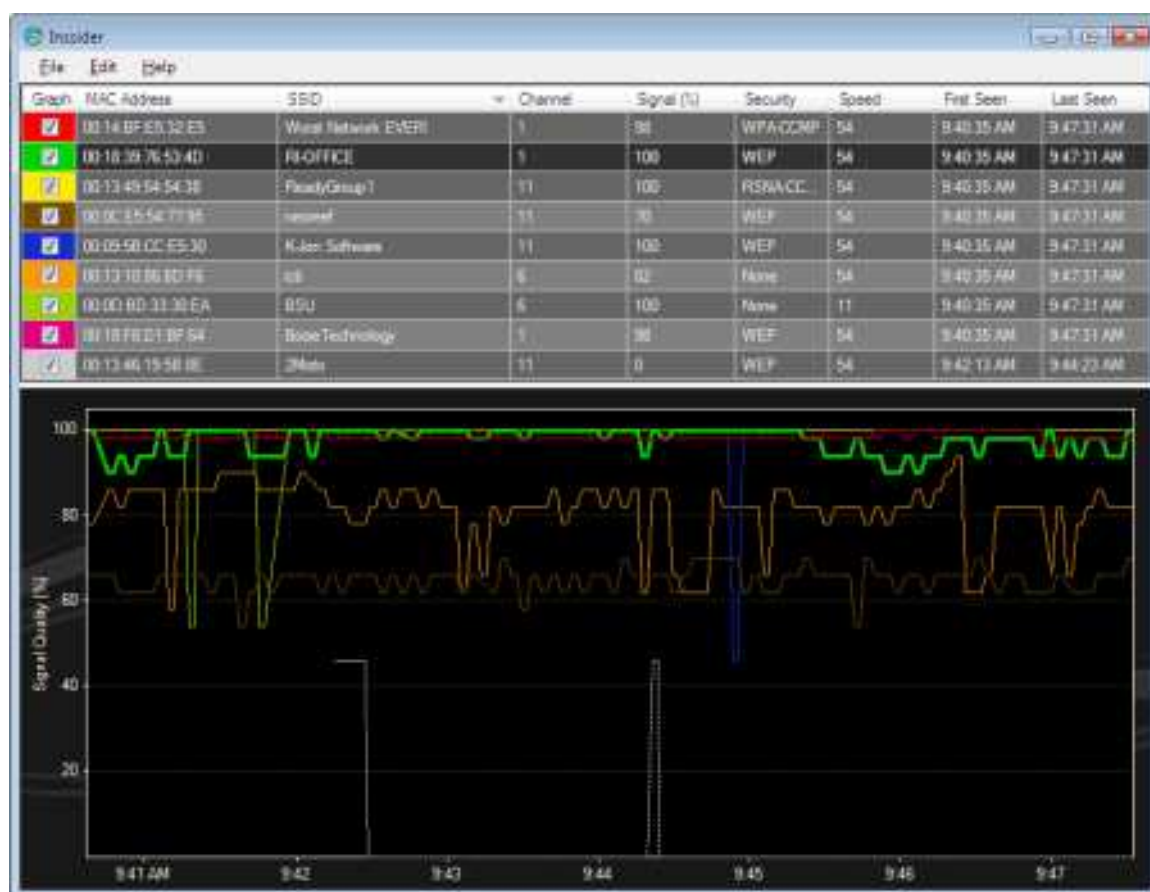


FIGURA 2.6 ANALISADOR DE RED INSSIDER

2.2.6 SEGURIDAD PARA REDES WI-FI

El acceso sin necesidad de cables, lo que hace tan populares a las redes inalámbricas, es a la vez el problema más grande de este tipo de redes en cuanto a seguridad se refiere. Los problemas de escuchas ilegales, acceso no autorizado, usurpación y suplantación de identidad, interferencias aleatorias, denegación de servicio (DoS), ataques, etc., se originan por la mala arquitectura o método de seguridad implantado en la red inalámbrica.

Para poder considerar una red inalámbrica como segura, debe cumplir con los siguientes requisitos generales¹:

- Las ondas de radio deben confinarse tanto como sea posible, empleando antenas direccionales y/o sectoriales y configurando adecuadamente la potencia de transmisión de los Puntos de Acceso.
- Debe existir algún mecanismo de autenticación en doble vía, que permita al cliente verificar que se está conectando a la red correcta, y a la red constatar que el cliente está autorizado para acceder a ella.
- Los datos deben viajar cifrados por el aire, para evitar que equipos ajenos a la red puedan capturar datos mediante escucha pasiva.

2.2.6.1 Filtrado de Direcciones MAC

Este método consiste en la creación de una tabla de datos en cada uno de los Puntos de Acceso de la red inalámbrica. Dicha tabla contiene las direcciones MAC de las tarjetas de red inalámbricas que pueden acceder o denegar la comunicación de datos con un Punto de Acceso.

Como ventaja principal de este método es su sencillez, por lo cual se puede usar para redes caseras o pequeñas. Sin embargo, posee muchas desventajas que lo hacen impráctico para uso en redes medianas o grandes¹.

2.2.6.2 WEP (Wired Equivalent Privacy)

El algoritmo WEP forma parte de la especificación 802.11, y se diseñó con el fin de proteger los datos que se transmiten en una conexión inalámbrica. WEP opera a nivel 2 del modelo OSI y es soportado por la gran mayoría de fabricantes de soluciones inalámbricas.

El funcionamiento del cifrado WEP establece una clave secreta en el Punto de Acceso que es compartida con los diferentes dispositivos móviles *Wi-Fi*. Con esta clave de 40 ó de 104 *bits*, con el algoritmo de encriptación RC4 y con el Vector de Inicialización (IV) se realiza el cifrado de los datos transmitidos por Radio Frecuencia¹.

Las principales debilidades del protocolo WEP son tres:

- El Vector de Inicialización es demasiado corto (24 *bits*) ocasionando problemas de transmisión en redes inalámbricas con mucho tráfico.
- Las claves WEP que se utilizan son estáticas y se deben cambiar manualmente.
- No se tiene un sistema de control de secuencia de paquetes. Los paquetes de información pueden ser modificados.

2.2.6.3 WPA (Wi-Fi Protected Access)

Los mecanismos de encriptación WPA y WPA2 se desarrollaron para solucionar las debilidades detectadas en el algoritmo de encriptación WEP. El nombre de

WPA (*Wi-Fi Protected Access*, Acceso Protegido *Wi-Fi*) es el nombre comercial que promueve la *Wi-Fi Alliance*, las especificaciones y consideraciones técnicas se encuentran definidas en el estándar IEEE 802.11i.

El estándar 802.11i especifica dos nuevos protocolos de seguridad TKIP (*Temporary Key Integrity Protocol*, Protocolo de Integridad de Claves Temporales) y CCMP (*Counter Mode CBC-MAC*, Protocolo de Modo Contador con CBC-MAC).

TKIP se diseñó para ser compatible hacia atrás con el *hardware* existente, mientras que CCMP se diseñó desde cero¹.

Para solucionar los inconvenientes de WEP la *Wi-Fi Alliance* decidió implementar dos soluciones de seguridad:

- Una solución rápida y temporal para todos los dispositivos inalámbricos ya instalados hasta el momento, especificando al estándar comercial intermedio WPA.
- Una solución más definitiva y estable para aplicar a nuevos dispositivos inalámbricos, especificando al estándar comercial WPA2.

2.2.6.3.1 WPA Versión 1 (WPA)

WPA se fundamenta en el protocolo de cifrado TKIP, este protocolo se basa en el tercer borrador de 802.11i a mediados del 2003.

TKIP se encarga de cambiar la clave compartida entre el Punto de Acceso y el cliente cada cierto tiempo, para evitar ataques que permitan revelar la clave¹.

Las mejoras a la seguridad introducidas en WPA son:

- Se incrementó el Vector de Inicialización (IV) de 24 a 48 *bits*.
- Se añadió la función MIC (*Message Integrity Check*, Chequeo de Integridad de Mensajes) para controlar y detectar manipulaciones de los paquetes de información.
- Se reforzó el mecanismo de generación de claves de sesión.

2.2.6.3.2 WPA Versión 2 (WPA2)

WPA2 es el nombre comercial de la *Wi-Fi Alliance* a la segunda fase del estándar IEEE 802.11i dando una solución de seguridad de forma definitiva. WPA2 utiliza el algoritmo de encriptación AES (*Advanced Encryption Standard*, Estándar de Encriptación Avanzado) el cuál es un código de bloques que puede funcionar con longitudes de clave de 128 bits y tamaños de bloques de 129 bits.

WPA2 se fundamenta en el protocolo de seguridad de la capa de enlace basado en AES denominado CCMP. CCMP es un modo de funcionamiento combinado en el que se utiliza la misma clave en el cifrado para obtener confidencialidad, así como para crear un valor de comprobación de integridad criptográficamente segura.

Para la implementación de CCMP se realizaron algunos cambios en los paquetes de información como por ejemplo en las tramas *beacon* (guía), tramas de asociación e integración, etc¹.

2.2.6.3.3 Modalidades de Operación

Según la complejidad de la red, un Punto de Acceso compatible con WPA o WPA2 puede operar en dos modalidades¹:

Modalidad de Red Personal o PSK (*Pre-Shared Key*), tanto WPA como WPA2 operan en esta modalidad cuando no se dispone de un servidor RADIUS en la red. Se requiere entonces introducir una contraseña compartida en el Punto de Acceso y en los dispositivos móviles. Solamente podrán acceder al Punto de Acceso los dispositivos móviles cuya contraseña coincida con la del Punto de Acceso. Una vez lograda la asociación, TKIP entra en funcionamiento para garantizar la seguridad del acceso.

2.2.6.4 Comparación de Estándares de Seguridad de Redes Inalámbricas Wi-Fi

En la tabla 2.1 se muestra una comparación entre los diferentes estándares de seguridad implementados para una red inalámbrica *Wi-Fi*¹.

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 2.1 ESTÁNDARES DE SEGURIDAD PARA REDES INALÁMBRICAS WI-FI¹

2.2.6.5 Políticas de Seguridad

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, claves para Puntos de Acceso y usuario 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.

La seguridad informática no solo se logra con tecnología, también las políticas de seguridad, los procedimientos y la capacitación de los usuarios inalámbricos desempeñan un papel fundamental¹.

2.3 ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE LA RED INALÁMBRICA

Antes de diseñar e implementar una red inalámbrica es fundamental la recopilación de los requerimientos e información técnica necesaria para determinar qué arquitectura de red y seguridad serán utilizadas.

El objetivo principal de una arquitectura de red inalámbrica *Wi-Fi* es desplegar una red de acceso inalámbrico en áreas designadas que proporcione una cobertura confiable y ofrezca el nivel de desempeño esperado sin poner en riesgo la seguridad de la empresa.

Para conseguir este objetivo principal se debe establecer los requerimientos de capacidad, cobertura, calidad de servicio, aplicaciones y servicios soportados por la red inalámbrica.

2.3.1 CONSIDERACIONES DE RENDIMIENTO

Se debe definir cuánto rendimiento se necesita, este requerimiento depende del tipo de dispositivo que se va a utilizar en la red inalámbrica tanto para los Puntos de Acceso como para los dispositivos clientes, es decir se debe definir qué tecnología se va a implementar.

Utilizando el estándar 802.11n se tiene una velocidad de transmisión práctica de hasta 300 Mbps aproximadamente; dependiendo de la distancia física que existe entre un Punto de Acceso y un dispositivo inalámbrico esta velocidad decrece.

Un punto importante a considerar es la capacidad que se debe reservar para cada usuario conectado, ésta dependerá de las aplicaciones y servicios que el usuario necesite. Sin embargo es posible planificar de forma aproximada la utilización de 1 Mbps por cada usuario¹.

2.3.2 ÁREA DE COBERTURA

En la planeación del sitio de una red inalámbrica se debe analizar qué áreas del edificio van a tener cobertura dependiendo de los usuarios que necesiten un acceso inalámbrico.

Un análisis del sitio toma en cuenta el diseño del edificio y los materiales con los cuales fue construido, los patrones de tráfico de usuarios dentro del edificio, y los sitios a ser cubiertos.

Se debe evaluar los distintos materiales de construcción que tiene el edificio por medio de planos y de inspecciones físicas. Para paredes, interiores de madera, aglomerado, cubículos, compartimiento de habitaciones, etc., contienen una cantidad relativamente alta de aire, permitiendo una mayor penetración de la señal de radio frecuencia; mientras que los ladrillos, cemento, piedra y yeso son materiales más compactados y tienen menos aire, por tanto degradan la energía de radio frecuencia.

La temperatura y la humedad tienen un efecto menor de afectación a la propagación de las señales de radio frecuencia, sin embargo deben ser consideradas.

2.3.3 DENSIDAD DE USUARIOS

Se debe conocer la distribución física de los usuarios inalámbricos, es decir donde se encuentran dentro de cada lugar de la empresa. Igualmente es un requerimiento esencial el determinar cuántos usuarios van a utilizar la red inalámbrica y cuál es la calidad de servicio que pueden esperar¹.

2.3.4 SERVICIOS Y APLICACIONES SOBRE LA RED INALÁMBRICA

Los diversos servicios que prestara la red inalámbrica son internet, antivirus, correo electrónico, actualizaciones automáticas de parches y software. Los cuales deben ser soportados por la red sin ningún problema para la red inalámbrica¹.

2.3.5 SEGURIDAD

Antes de la implantación de la red inalámbrica se tiene que diseñar una red que pueda actuar ante los problemas de seguridad y proporcione un entorno robusto a ataques futuros.

Se puede realizar una extensión de seguridad a la red inalámbrica si la empresa cuenta con la infraestructura de seguridad para la red cableada, por ejemplo la reutilización de servidores de autenticación como RADIUS o de validación de usuarios y equipos mediante servidores *Active Directory* o LDAP.

Sin embargo la reutilización de la infraestructura de seguridad no debe ser suficiente al momento de diseñar una arquitectura de red inalámbrica segura.

Los recursos de radio frecuencia deben también ser protegidos mediante la inclusión de dispositivos especiales como los Controladores de Puntos de Acceso y *Client Access Control* (Control de Acceso a Clientes) que cierran el ciclo de seguridad dentro de una red inalámbrica¹.

2.3.6 INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

La infraestructura de red cableada debe estar en óptimas condiciones de tal forma que la red inalámbrica proporcione movilidad y flexibilidad a usuarios inalámbricos¹.

De esta manera el rendimiento de la red inalámbrica dependerá también de la infraestructura de red cableada ya instalada en la empresa. Por tanto es primordial que con anterioridad a la implantación de la red inalámbrica la infraestructura de red de la UNIDAD EDUCATIVA “ARCO IRIS OCCIDENTAL” cuente con todas las facilidades de conectividad, seguridad, calidad de servicio, administración y gestión de la red.

2.4 DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO

Es necesario conocer el perfil de los usuarios y determinar qué tipo de aplicaciones y servicios utilizan, de esta forma se puede determinar el consumo del ancho de banda y la capacidad de datos; este consumo varía dependiendo de las aplicaciones que cada usuario utiliza¹.

2.4.1 CAPACIDAD DE DATOS PARA CADA USUARIO

La mayoría de usuarios de la red inalámbrica son profesores y estudiantes de la Unidad Educativa “ARCO IRIS OCCIDENTAL”, estos usuarios utilizan aplicaciones y servicios generales como correo electrónico, Internet, antivirus, etc.

2.4.1.1 Correo Electrónico

Se considera un archivo de correo electrónico promedio de 500 Kbytes en el cual se presentan gráficos, informes y documentos adjuntos de poco tamaño.

Además se estima un caso extremo en el cual un usuario revisa un promedio de 10 correos electrónicos en 30 minutos, con lo que se puede determinar la capacidad de datos que esta aplicación utiliza¹.

$$C_{\text{correo}} = \frac{500 \text{ Kbytes}}{1 \text{ correo}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ bytes}} \times \frac{10 \text{ correos}}{30 \text{ minutos}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ seg}} = 22.22 \text{ Kbps}$$

2.4.1.2 Internet

Se considera una página WEB promedio de 500 Kbytes la cual cuenta con texto y gráficos de tamaño normal, además se estima que un usuario accederá a una página WEB en 30 segundos. Ya que en la Unidad Educativa "ARCO IRIS OCCIDENTAL" cuenta con un ancho de banda de 512 Kbps.

$$C_{\text{Internet}} = \frac{500 \text{ Kbytes}}{1 \text{ página}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ bytes}} \times \frac{1 \text{ página}}{30 \text{ segundos}} = 133.33 \text{ Kbps}$$

Se tiene una capacidad de 133.33 Kbps, sin embargo se considera que la velocidad de transmisión efectiva (*throughput*) aceptable para navegación por Internet es de 300 Kbps para usuarios empresariales¹.

2.4.1.3 Antivirus

Para la actualización de los diferentes sistemas antivirus se considerara una capacidad de datos de 100 Kbps para cada usuario, además se realizara como máximo 2 veces por día¹.

$$C_{\text{Antivirus}} = 100 \text{ Kbps} \times 2 = 200 \text{ Kbps}$$

2.4.1.4 Otras Aplicaciones

Se deben considerar otras aplicaciones y servicios adicionales como el de impresoras, scanner, información institucional, etc. Se tiene un estimado de uso de 500 Kbps para todas estas aplicaciones¹.

$$C_{ADD} = 500 \text{ Kbps}$$

Finalmente, en la tabla 2.2 muestra la capacidad de datos desglosados para los usuarios.

APLICACIÓN O SERVICIO	USUARIO (Kbps)
Correo Electrónico	22.22
Internet	300
Antivirus	200
Otras Aplicaciones	500
Capacidad de Datos Total	1022.22
Capacidad redondeada para cada usuario	2 Mbps

TABLA 2.2 CAPACIDAD DE DATOS PARA USUARIOS

2.5 DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA PARA LA UNIDAD EDUCATIVA “ARCO IRIS OCCIDENTAL”

2.5.1 TECNOLOGIA INALAMBRICA

La tecnología de redes inalámbricas de estándar IEEE 802.11 tiene varios beneficios incuestionables en el mundo empresarial. Algunos de estos beneficios son

la flexibilidad, movilidad, reducción de costes de infraestructura de red, integración con dispositivos móviles y PDAs, y mejor escalabilidad de la red.

Sin embargo para conseguir estos beneficios se debe definir la arquitectura y tecnología más apropiada y con el menor impacto tecnológico y económico.

Por lo tanto, la arquitectura para la red inalámbrica debe estar enfocada en dos alineaciones generales ¹:

- Alineada a requerimientos empresariales.
- Alineada a requerimientos del usuario.

La primera alineación es el manejo de los requerimientos empresariales, es decir qué tan beneficioso es la implementación de una red inalámbrica y qué infraestructura de red adicional se necesita; además se debe determinar si la empresa tiene los suficientes recursos económicos para dicha implementación.

Se debe considerar que la implementación puede ser estratégica, por etapas o módulos.

La segunda está enfocada a los requerimientos del usuario, es decir la red inalámbrica debe soportar las necesidades del usuario en relación a la factibilidad de uso, soporte de aplicaciones y servicios, calidad de servicio, seguridad, cobertura, etc.

Si la red *Wi-Fi* no es fácil de usar y no presenta todas las facilidades de rendimiento, cobertura, seguridad y capacidad para el usuario esta red se convierte en un problema en vez de una solución¹.

2.5.2 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

Para definir la tecnología inalámbrica para la Unidad Educativa “ARCO IRIS OCCIDENTAL” se hizo una comparación entre los estándares en auge, de mayor tasa de transferencia de datos y que para su implantación se necesite el menor

número de AP ya que se pretende en un futuro tener voz sobre IP, correo electrónico, etc. Para lo cual se realizó la siguiente tabla de comparación entre los estándares de alto rendimiento Wi-Fi. Como se puede observar en la tabla 2.3..

CARACTERISTICAS	802.11g	802.11n
DESEMPEÑO	Soporte para los estándares de alto rendimiento y operación en la banda de 2.4 GHz tiene una capacidad de salida menor que la de 802.11n	Soporte hacia atrás con todos los estándares 802.11 b/g, operación en la banda de 2.4 GHz y en 5 GHz y trabaja en la banda de 20 MHz y de 40 MHz.
CAPACIDAD	Con tres canales no solapados proporciona una capacidad total de 162 Mbps	Mejora los estándares anteriores agregando MIMO que aprovecha transmisores múltiples para aumentar el rendimiento mediante multiplexación espacial capacidad total de 300Mbps.
RANGO	Permiten un rango de cobertura de mayor tamaño que con 802.11a	Una cobertura de señal 5 veces superior al estándar anterior 802.11g
INTERFERENCIA	A 2.4 GHz se presentan problemas de saturación con otros dispositivos.	A 2.4 GHz se presentan problemas de saturación con otros dispositivos y en 5 GHz se tiene menos saturación del espectro.
COMPATIBILIDAD	Proporciona características importantes de	Proporciona compatibilidad con todos los productos

	compatibilidad con productos anteriores de 802.11b	802.11 b/g
FLEXIBILIDAD DE INSTALACIÓN	Al igual que 802.11b permite antenas de 2.4 GHz auxiliares que pueden estar directamente conectadas o conectadas a través de cables.	Consta de un arreglo de 2 antenas como mínimo que pueden trabajar en 2.4 GHz y 5 GHz son desmontables.
IMPLEMENTACIÓN	Se tiene que para un área de cobertura grande es suficiente la implantación de pocos Puntos de Acceso.	Para un área donde se utilizaba varios AP 802.11g se necesitaría implantar pocos AP 802.11n

TABLA 2.3 COMPARACIÓN DE LOS ESTÁNDARES INALÁMBRICOS DE ALTO RENDIMIENTO¹

Como parte de la implementación de la red inalámbrica para la Unidad Educativa “ARCO IRIS OCCIDENTAL” se considerara el estándar 802.11n para el diseño de la red ya que permite un mayor alcance y cobertura que 802.11g; como es una tecnología relativamente nueva compatible con los anteriores estándares no necesitara una re-estructuración para utilizar otro estándar¹.

2.5.3 TOPOLOGÍA DE RED INALAMBRICA

Para la unidad educativa “ARCO IRIS OCCIDENTAL” se utilizara la topología inalámbrica Roaming.

Esta topología tiene 2 segmentos muy importantes:

- Segmento alámbrico
- Segmento inalámbrico

2.5.3.1 Segmento Alámbrico

En este segmento se realiza la conexión mediante cable de red (UTP categoría 6) entre AP's y los diversos servidores (internet, correo, antivirus, etc).

Uno de los AP nos servirá como un nodo central al cual le llegaran todos los servicios mediante cable de red y prestara todos los servicios a los demás AP's o PC que se conecten con él; este se conectara vía cable de red con el otro AP el cual se le considerara como un nodo secundario, que de igual manera prestará todos los servicios a los AP's o PC que se conecten con él.

2.5.3.2 Segmento Inalámbrico

Este segmento es la parte más compleja de implementar de la topología ya que depende de muchos factores como: distancia, estructura del edificio, numero de dispositivos AP's, la configuración de los dispositivos inalámbricos, etc. En la figura 2.7 se observa la estructura de la red inalámbrica para la unidad educativa "ARCO IRIS OCCIDENTAL".

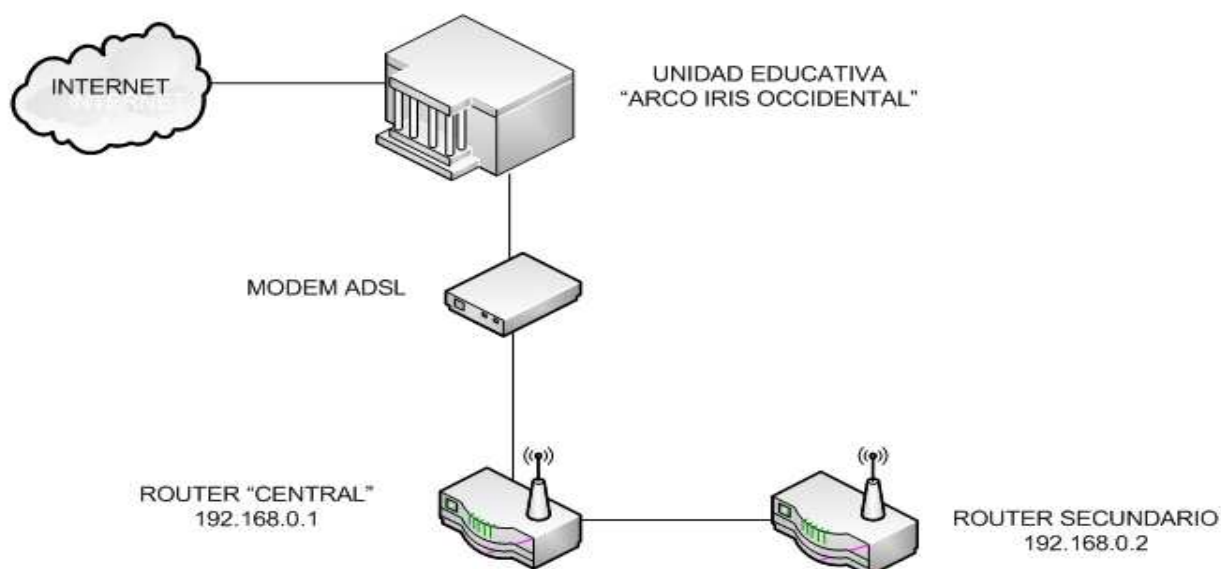


FIGURA 2.7 RED INALÁMBRICA PARA LA UNIDAD EDUCATIVA "ARCO IRIS OCCIDENTAL"

2.5.4 DISPOSITIVOS DE LA RED INALAMBRICA PARA LA UNIDAD EDUCATIVA “ARCO IRIS OCCIDENTAL”

Para la Unidad Educativa “ARCO IRIS OCCIDENTAL” se utilizara la infraestructura Roaming ya que tanto los alumnos y el personal docente se va a trasladar del aula al laboratorio o del aula hacia los patios ya que con este tipo de infraestructura no perdemos cobertura y podemos movernos desde el campo de cobertura de un AP a otro sin problemas, para ello necesitamos de los siguientes componentes:

- Los Wireless N Router.
- Modem DSL.
- Cable categoría 6e.
- Keystone Jack categoría 6.
- Patch Cord categoría 6.

2.5.4.1 Análisis Técnico De Los Dispositivos De La Red Inalámbrica.

Los dispositivos con mayor análisis son los router’s inalámbricos ya que estos dispositivos son el alma del sistema.

En el mercado existen diversos dispositivos inalámbricos, diferentes marcas, como también variados precios.

Después de buscar en el mercado los dispositivos (router) de diferentes fabricantes se opto por uno en especial “D-Link”; puesto que se encontró gran variedad de dispositivos con la tecnología que vamos a utilizar y por supuesto variedad en sus precios. Se realizo el análisis con 2 modelos en especial:

- ROUTER D-LINK DIR-615 802.11n WIRELLESS. Observe la figura 2.8.



FIGURA 2.8 ROUTER D-LINK DIR-615 802.11n WIRELESS¹³

- ROUTER D-LINK DIR-655 802.11n WIRELESS. Observe la figura 2.9.



FIGURA 2.9 ROUTER D-LINK DIR-655 802.11n WIRELESS¹³

¹³ <http://www.dlinkla.com/home/>

2.5.4.1.1 Análisis técnico para el ROUTER D-LINK DIR-655 802.11n WIRELESS

Para evaluar este dispositivo necesitamos analizar la ficha técnica de este dispositivo, la cual se encuentra en la tabla 2.4.

FICHA TECNICA	
Estándares	IEEE 802.11n IEEE 802.11g IEEE 802.11b IEEE 802.3 IEEE 802.3u
Puertas	4 Puertas LAN 10/100/1000 Mbps Fast Ethernet MDI/MDIX 1 Puerta WAN 10/100 Mbps Fast Ethernet MDI/MDIX (Soporta Dirección IP estática, DHCP Client, PPPoE, PPTP, L2TP y Bigpond) 1 Puerto USB 2.0 (WCN)
Interfaces	802.11n Wireless LAN 10/100/1000BASE-T Gigabit WAN Port 4 10/100/1000BASE-T Gigabit LAN Ports USB 2.0 Port

Antenas	3 antenas desmontables de 2dBi tipo dipolo Conector RP-SMA
Técnicas de Modulación de Datos	DBPSK, DQPSK, CCK and OFDM (BPSK/QPSK/16-QAM/64-QAM)
Esquemas de Modulación	DQPSK, DBPSK, DSSS, and CCK
Método de Acceso al Medio	CSMA/CA with ACK
Seguridad	64/128-bit WEP data encryption Wi-Fi Protected Access (WPA, WPA2)
QoS (Calidad de Servicio)	QoS Engine para priorización de tráfico Tecnología Inteligente de Priorización Inalámbrica para tráfico de multimedia.
Firewall	Network Address Translation (NAT) Stateful Packet Inspection (SPI) VPN pass-through Multi-session PPP/L2TP/IPSec DDOS IP/Mac Address Filtering

	Soporte DMZ
Administración	<p>Internet Explorer v.6 o superior, Mozilla Firefox v.1.5 o superior, u otro browser con Java</p> <p>UPnP Support</p> <p>DDNS Support</p> <p>Integrated Wireless Security Wizard</p> <p>Soporte para Windows Connect Now (WCN)</p> <p>Notificación Automática de Firmware Update</p> <p>Notificación por E-Mail de eventos</p>
Requerimientos Mínimos del sistema	<p>Computador con: Windows XP SP3 o Mac OS X (v10.4) 3</p> <p>Internet Explorer v6 o Mozilla Firefox v1.4 CD-ROM</p> <p>Tarjeta de Red Ethernet</p> <p>Para acceso a Internet Cable or DSL Modem</p> <p>Subscripción a un Internet Service Provider (ISP)</p>
Temperatura de Operación	0° a 40°C
Humedad de Operación	10% a 95% (no condensada)

TABLA 2.4 FICHA TÉCNICA ROUTER D-LINK DIR-655 802.11N WIRELESS¹³

2.5.4.1.2 Análisis técnico para el Wireless N Router DIR-615

Ahora analizaremos el Wireless N router DIR-615 en la tabla 2.5, que es otro de los dispositivos que se podrán utilizar para el desarrollo del proyecto. Para lo cual es necesario analizar la ficha técnica de este dispositivo.

FICHA TECNICA	
Estándares	IEEE 802.11n IEEE 802.11g/b IEEE 802.3 IEEE 802.3u
Puertas	4 Puertas LAN 10/100 Mbps Fast Ethernet MDI/MDIX 1 Puerta WAN 10/100 Mbps Fast Ethernet MDI/MDIX (Soporta Dirección IP estática, DHCP Client, PPPoE, PPTP, L2TP y Bigpond)
Interfaces	802.11n Wireless LAN 10/100/1000BASE-T Gigabit WAN Port 4 10/100/1000BASE-T Gigabit LAN Ports
Antenas	2 antenas desmontables de 2dBi tipo dipolo Conector RP-SMA
Técnicas de	DQPSK

Modulación de Datos	<p>DBPSK</p> <p>DSSS</p> <p>CCK</p>
Esquemas de Modulación	DQPSK, DBPSK, DSSS, and CCK
Método de Acceso al Medio	CSMA/CA with ACK
Seguridad	<p>WEP 64/128-Bit Data Encryption (Solo en 802.11B/G)</p> <p>Wi-Fi Protected Access (WPA/WPA2)</p> <p>(TKIP, MIC, IV Expansion, Shared Key Authentication)</p> <p>802.1x</p> <p>WPS (Wi-Fi Protected Setup): Push Button, PIN</p>
QoS (Calidad de Servicio)	<p>QoS Engine para priorización de tráfico</p> <p>Tecnología Inteligente de Priorización Inalámbrica para tráfico de multimedia.</p>
Firewall	<p>Network Address Translation (NAT)</p> <p>Stateful Packet Inspection (SPI)</p> <p>VPN pass-through</p> <p>Multi-session PPP/L2TP/IPSec</p> <p>IP/Mac Address Filtering</p>

	URL Filtering Scheduling Domain Blocking Soporte 1 DMZ
Administración	Internet Explorer v.6 o superior o Firefox v.1.5 o superior Netscape Navigator v6 o superior DHCP Server y Cliente
Requerimientos Mínimos del sistema	Computador con: Windows Vista, Windows XP SP2, Windows 2000 SP4, o Mac OS® X (v10.4) Internet Explorer v 6 Firefox v 1.5 o superior Tarjeta de red ethernet para acceso a internet: Cable or DSL Modem Subscripción a un Proveedor de Internet (ISP)
Temperatura de Operación	0° a 40°C
Humedad de Operación	10% a 90% (no condensada)

TABLA 2.5 FICHA TÉCNICA WIRELESS N ROUTER DIR-615¹³

2.5.4.1.3 Costos de la implementación de la red.

Para poder utilizar la infraestructura Roaming necesitamos adquirir 2 dispositivos ya que la infraestructura de la Unidad Educativa "ARCO IRIS

OCCIDENTAL” está constituida en su mayoría por hormigón armado eso produce una gran pérdida de señal.

Para poder escoger uno de los dos modelos realizamos en primer lugar el análisis de las fichas técnicas de cada uno de los dispositivos.

Se dio un visto favorable para realizar el proyecto con el Wireless N Router DIR-615, el cual se baso en la parte económica ya que si se colocaba el ROUTER D-LINK DIR-655 802.11n WIRELLESS nos presenta el mismo nivel de cobertura en las aulas y oficinas de la unidad educativa que el DIR-615, de este modo necesitaríamos el mismo número de dispositivos y el costo sería mucho mayor con las mismas prestaciones.

Para realizar la implementación de la red inalámbrica lógicamente necesitamos una parte alámbrica la cual va a estar compuesta por un cierto número de dispositivos los cuales tendrán un costos, todo esto se detalla en la tabla 2.6.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO/UNITARIO	PRECIO FINAL
2	ROUTER DIR - 615	86	172.00
100 metros	CABLE UTP CAT. 6	0.80 c/metro	80.00
2	FACEPLATE SIMPLE	1.00	2.00
1	FACEPLATE DOBLE	1.50	1.50
2	KEYSTONE SIMPLES	1.00	2.00
1	KEYSTONE DOBLE	2.00	2.00
TOTAL			259.50

TABLA 2. 6 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS DISPOSITIVOS DE RED ALÁMBRICA

Los precios aquí mencionados son precios exclusivos para la Unidad Educativa “ARCO IRIS OCCIDENTAL”, ya que se adquiere partes de computadores en este local comercial, se convenio este tipo de arreglo económico.

2.5.4.1.4 *Modem ADSL modem huawei echolife hg510*

El proveedor de servicios de internet (ISP) para la Unidad Educativa “ARCO IRIS OCCIDENTAL” es CNT FAST BOY de banda ancha de 512 Kbps; el mismo que proporciona el modem ADSL modem huawei echolife hg510 (ver figura 2.9) para poder tener acceso a internet.



FIGURA 2.9 MODEM ADSL MODEM HUAWEI ECHOLIFE HG520

2.5.5 CONFIGURACION DE ROUTER'S INALÁMBRICOS

Para poder tener todos los niveles de seguridad, fidelidad y cobertura debemos tener una configuración adecuada de cada uno de los router. En nuestro caso en particular utilizaremos 2 router, uno de ellos nos servirá como router “CENTRAL”, ya que se va a encargar de administrar, distribuir y enlazar los diversos servicios de red; y el otro como “SECUNDARIO”, que solo se encarga de distribuir y enlazar los diversos servicios de la red .

2.5.5.1 Configuración de los router para trabajar con la infraestructura ROAMING

Para poder trabajar en la infraestructura Roaming debemos tener las siguientes configuraciones en cada uno de los Router que van a ser utilizados:

- El router secundario debe tener una dirección IP distinta y que no esté dentro del rango DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol o Protocolo de configuración dinámica de host) del Router central.
- Todos los Router deben tener la misma clave de seguridad y el mismo modo de seguridad en nuestro caso utilizaremos WPA.
- Cada Router va utilizar un canal distinto de transmisión para evitar solapamiento entre canales; se pueden utilizar los canales 1, 6, 11 .en la banda de 20 MHz. Para la configuración del router central utilizaremos el canal 1 de 2.412 GHz; para el router secundario utilizaremos el canal 11 de 2.4626 GHz.

2.5.5.1.1 Configuración del router CENTRAL

Este Router tiene la siguiente identificación MAC: 0018E7E94ADF su número de serie: F3O44A5000384 y el nombre de este dispositivo es CENTRAL estos datos nos va a permitir diferenciar uno del otro.

Como este Router va a ser el central lo primero que debemos hacer es verificar en que segmento de red en el que está trabajando el Router central, el segmento es 192.168.0.X, con una dirección IP: 192.168.0.1, no se cambiara este segmento ni la dirección IP.

Como se necesita que el Router reparta direcciones IP dinámicas para todos los usuarios, al momento de configurar tenemos que habilitar DHCP SERVER. También debemos escribir un rango de direcciones DHCP IP que van de la 100 hasta la 199.

En la figura 2.10 se aprecia cómo está configurado el router CENTRAL en lo que se refiera a network.

ROUTER SETTINGS

Use this section to configure the internal network settings of your router. The IP Address that is configured here is the IP Address that you use to access the Web-based management interface. If you change the IP Address here, you may need to adjust your PC's network settings to access the network again.

Router IP Address :

Subnet Mask :

Device Name :

Local Domain Name : (optional)

Enable DNS Relay :

DHCP SERVER SETTINGS

Use this section to configure the built-in DHCP Server to assign IP addresses to the computers on your network.

Enable DHCP Server :

DHCP IP Address Range : to

DHCP Lease Time : (minutes)

Always Broadcast : (compatibility for some DHCP Clients)

NetBIOS announcement :

Learn NetBIOS from WAN :

NetBIOS Scope : (optional)

NetBIOS node type :

- Broadcast only (use when no WINS servers configured)
- Point-to-Point (no broadcast)
- Mixed-mode (Broadcast then Point-to-Point)
- Hybrid (Point-to-Point then Broadcast)

Primary WINS IP Address :

Secondary WINS IP Address :

FIGURA 2.10 CONFIGURACIÓN DE NETWORK PARA EL ROUTER CENTRAL.

En la configuración de los parámetros del Wireless network del router CENTRAL lo primero que se debe hacer es habilitar el Wireless, luego nombrar a la red inalámbrica en nuestro caso será: U. E. ARCO IRIS OCCIDENTAL.

Se debe seleccionar un modo 802.11 como se necesita que sea compatible con todos los estándares utilizaremos un modo mixto de tal manera que puedan acceder a la red todos los dispositivos 802.11n, 802.11b y 802.11g.

Se deshabilitara el modo de auto búsqueda de canal ya que vamos a utilizar un canal en particular para la transmisión; para nuestro caso el canal Wireless será el 1 que se encuentra en la frecuencia de 2,412 GHz. El ancho de canal a utilizar será el de 20 MHz. El estado de la red inalámbrica quedara como visible.

Como se puede observar en la figura 2.11 los parámetros del router CENTRAL para Wireless network.

WIRELESS NETWORK SETTINGS	
Enable Wireless :	<input checked="" type="checkbox"/> Always <input type="button" value="Add New"/>
Wireless Network Name :	ARCO IRIS OCCIDENTAL (Also called the SSID)
802.11 Mode :	Mixed 802.11n, 802.11g and 802.11b
Enable Auto Channel Scan :	<input type="checkbox"/>
Wireless Channel :	2.412 GHz - CH 1
Channel Width :	20 MHz
Visibility Status:	<input checked="" type="radio"/> Visible <input type="radio"/> Invisible

FIGURA 2.11 PARÁMETROS WIRELESS NETWORK PARA EL ROUTER CENTRAL

Para la configuración del modo de seguridad Wireless debemos seleccionar el modo de seguridad WPA-Personal. En los parámetros WAP se debe escoger un modo WAP para este caso será WAP y con cifrado TKIP, ya que la gran mayoría de dispositivos y programas trabajan en este modo.

La contraseña que necesitaremos para acceder a nuestra red puede tener entre 8 y 63 caracteres alfanuméricos.

A continuación se observa en la figura 2.12 como está configurado el modo de seguridad del router CENTRAL.

WIRELESS SECURITY MODE

To protect your privacy you can configure wireless security features. This device supports three wireless security modes including: WEP, WPA-Personal, and WPA-Enterprise. WEP is the original wireless encryption standard. WPA provides a higher level of security. WPA-Personal does not require an authentication server. The WPA-Enterprise option requires an external RADIUS server.

Security Mode :

WPA

Use **WPA or WPA2** mode to achieve a balance of strong security and best compatibility. This mode uses WPA for legacy clients while maintaining higher security with stations that are WPA2 capable. Also the strongest cipher that the client supports will be used. For best security, use **WPA2 Only** mode. This mode uses AES(CCMP) cipher and legacy stations are not allowed access with WPA security. For maximum compatibility, use **WPA Only**. This mode uses TKIP cipher. Some gaming and legacy devices work only in this mode.

To achieve better wireless performance use **WPA2 Only** security mode (or in other words AES cipher).

WPA Mode :

Cipher Type :

Group Key Update Interval : (seconds)

PRE-SHARED KEY

Enter an 8- to 63-character alphanumeric pass-phrase. For good security it should be of ample length and should not be a commonly known phrase.

Pre-Shared Key :

FIGURA 2.12 MODO DE SEGURIDAD WIRELESS PARA EL ROUTER CENTRAL.

2.5.5.1.2 Configuración del router SECUNDARIO.

Este router será nombrado SECUNDARIO, la identificación MAC que posee este dispositivo es 0018E7E94C65 y su número de serie es F3O44A5000431.

Para configurar los parámetros de network lo primero que debemos hacer es cambiar la dirección IP LAN de la que trae de fábrica (192.168.0.1) y colocar una

dirección IP que no esté dentro del rango de DHCP del Router central y que no sea la que está siendo utilizada por el Router central, para este caso se le asignara la dirección IP 192.168.0.2. Adicionalmente desactivamos las opciones ENABLE DNS RELAY y ENABLE DHCP SERVER.

En la siguiente figura 2.13 se observa cómo queda configurado el router SECUNDARIO con sus parámetros de NETWORK.

ROUTER SETTINGS

Use this section to configure the internal network settings of your router. The IP Address that is configured here is the IP Address that you use to access the Web-based management interface. If you change the IP Address here, you may need to adjust your PC's network settings to access the network again.

Router IP Address :

Subnet Mask :

Device Name :

Local Domain Name : (optional)

Enable DNS Relay :

DHCP SERVER SETTINGS

Use this section to configure the built-in DHCP Server to assign IP addresses to the computers on your network.

Enable DHCP Server :

DHCP IP Address Range : to

DHCP Lease Time : (minutes)

Always Broadcast : (compatibility for some DHCP Clients)

NetBIOS announcement :

Learn NetBIOS from WAN :

NetBIOS Scope : (optional)

NetBIOS node type :

- Broadcast only (use when no WINS servers configured)
- Point-to-Point (no broadcast)
- Mixed-mode (Broadcast then Point-to-Point)
- Hybrid (Point-to-Point then Broadcast)

Primary WINS IP Address :

Secondary WINS IP Address :

FIGURA 2.13 PARÁMETRO NETWORK PARA EL ROUTER SECUNDARIO

Los parámetros a tener en cuenta en la configuración de la red inalámbrica para el router SECUNDARIO. Lo primero que debemos hacer es colocar el mismo nombre de red inalámbrica, ancho de canal, modo de seguridad y contraseña que el router CENTRAL, pero con diferente canal para este caso utilizaremos el canal 11 que trabaja en la frecuencia de 2.4626 GHz.

Como se puede observar en la siguiente figura 2.14 los parámetros de configuración de red inalámbrica para este router.

WIRELESS NETWORK SETTINGS

Enable Wireless : Always Add New

Wireless Network Name : U. E. ARCO IRIS OC (Also called the SSID)

802.11 Mode : Mixed 802.11n, 802.11g and 802.11b

Enable Auto Channel Scan :

Wireless Channel : 2.462 GHz - CH 11

Channel Width : 20 MHz

Visibility Status: Visible Invisible

WIRELESS SECURITY MODE

To protect your privacy you can configure wireless security features. This device supports three wireless security modes including: WEP, WPA-Personal, and WPA-Enterprise. WEP is the original wireless encryption standard. WPA provides a higher level of security. WPA-Personal does not require an authentication server. The WPA-Enterprise option requires an external RADIUS server.

Security Mode : WPA-Personal

WPA

Use **WPA** or **WPA2** mode to achieve a balance of strong security and best compatibility. This mode uses WPA for legacy clients while maintaining higher security with stations that are WPA2 capable. Also the strongest cipher that the client supports will be used. For best security, use **WPA2 Only** mode. This mode uses AES(CCMP) cipher and legacy stations are not allowed access with WPA security. For maximum compatibility, use **WPA Only**. This mode uses TKIP cipher. Some gaming and legacy devices work only in this mode.

To achieve better wireless performance use **WPA2 Only** security mode (or in other words AES cipher).

WPA Mode : WPA Only

Cipher Type : TKIP

Group Key Update Interval : 3600 (seconds)

PRE-SHARED KEY

Enter an 8- to 63-character alphanumeric pass-phrase. For good security it should be of ample length and should not be a commonly known phrase.

Pre-Shared Key :

FIGURA 2.14 PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA

2.5.5.1.3 Configuración del router para internet.

Para poder configurar el acceso a internet de los router lo primero que debemos saber es el tipo de conexión que nos proporciona nuestro proveedor de servicios de internet. En este caso utilizamos una conexión de internet dinámica.

2.5.5.1.3.1 Configuración del router CENTRAL

En la configuración debemos seleccionar la opción Dynamic IP (DHCP). A continuación se deshabilita el servicio DNS que para la aplicación que le vamos a dar al sistema no es necesario.

Se debe nombrar al router como un host en este caso CENTRAL, habilitamos el uso de unicasting y en la dirección MAC clonamos esta dirección. La dirección primaria DNS es 192.168.1.1 ya que es la dirección IP que tiene el modem ADSL.

INTERNET CONNECTION TYPE

Choose the mode to be used by the router to connect to the Internet.

My Internet Connection is :

ADVANCED DNS SERVICE

Advanced DNS is a free security option that provides Anti-Phishing to protect your Internet connection from fraud and navigation improvements such as auto-correction of common URL typos.

Enable Advanced DNS Service :

DYNAMIC IP (DHCP) INTERNET CONNECTION TYPE :

Use this Internet connection type if your Internet Service Provider (ISP) didn't provide you with IP Address information and/or a username and password.

Host Name :

Use Unicasting : (compatibility for some DHCP Servers)

Primary DNS Address :

Secondary DNS Address :

MTU : (bytes)MTU default = 1500

MAC Address :

FIGURA 2.15 CONFIGURACIÓN DEL TIPO DE CONEXIÓN A INTERNET

2.5.5.1.3.2 Configuración del router SECUNDARIO.

Configuramos este router de la misma manera que lo hicimos con el router CENTRAL con la diferencia que el nombre del host será SECUNDARIO.

INTERNET CONNECTION TYPE

Choose the mode to be used by the router to connect to the Internet.

My Internet Connection is : Dynamic IP (DHCP) ▼

ADVANCED DNS SERVICE

Advanced DNS is a free security option that provides Anti-Phishing to protect your Internet connection from fraud and navigation improvements such as auto-correction of common URL typos.

Enable Advanced DNS Service :

DYNAMIC IP (DHCP) INTERNET CONNECTION TYPE :

Use this Internet connection type if your Internet Service Provider (ISP) didn't provide you with IP Address information and/or a username and password.

Host Name : SECUNDARIO

Use Unicasting : (compatibility for some DHCP Servers)

Primary DNS Address : 192.168.1.1

Secondary DNS Address : 0.0.0.0

MTU : 1500 (bytes)MTU default = 1500

MAC Address : 00:1E:EC:21:74:49

Clone Your PC's MAC Address

FIGURA 2.16 CONFIGURACIÓN DEL TIPO DE CONEXIÓN A INTERNET

2.5.6 DESCRIPCIÓN DE LA RED ALAMBRICA

En cualquier tipo de red inalámbrica es imprescindible el uso de una etapa de red alámbrica. En nuestro caso para la implementación de la red inalámbrica para la Unidad Educativa "ARCO IRIS OCCIDENTAL" se necesita una etapa de red física

para ello necesitamos una cierta variedad de dispositivos, que se deben de instalar de una forma adecuada y de acuerdo a estándares de instalación.

2.5.6.1 Cableado para la red inalámbrica

El cableado para la red inalámbrica tiene 2 secciones como se muestra en la figura 2.17; la primera sección es la que va desde el modem ADSL hasta el router central y la segunda sección va desde el router central hasta el router secundario. Para esto utilizaremos un cable cat. 6 para mejorar el rendimiento de transmisión por cable.

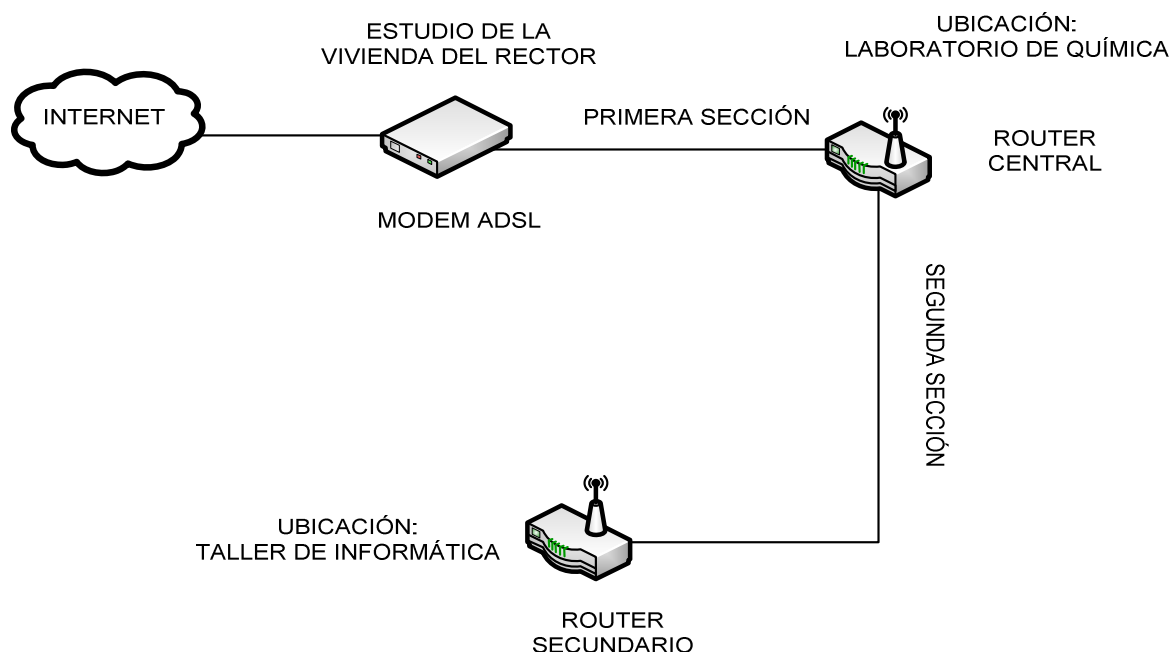


FIGURA 2.17 CABLEADO DE LA RED INALÁMBRICA

Para poder unir los diferentes dispositivos utilizamos el cable el cual va a estar a su vez ponchado a KESTONE JACK CAT. 6; dependiendo del dispositivo que vamos a unir. En el lugar donde se encuentra el modem se instalara un faceplate simple con un jack. En el laboratorio de química donde se encuentra el router central se debe instalar un faceplate doble con dos jack; uno de ellos es el que debe de estar conectado con el cable que viene del modem y el otro es el se va a utilizar para

conectar el router central con el secundario. En el taller de informática se debe de instalar un faceplate simple con un jack que permita la comunicación entre router.

Todos los jack deben estar instalados utilizando la norma EIA/TIA 568B para poder tener un sistema uniforme y que no produzca conflictos en la transmisión. Para realizar la instalación se utiliza la herramienta de impacto la cual nos permite realizar una perfecta conexión entre hilos del cable y contactos del jack.

Como todos los dispositivos (modem y router) deben estar conectados con la red alámbrica; para realizar esto se debe unir el dispositivo con el jack, esto se puede realizar con la utilización del patch cord que viene con cada dispositivo al momento de adquirirlo.

2.5.6.2 Conexión de los dispositivos con la red alámbrica

Para que la red funcione correctamente se debe conectar adecuadamente cada uno de los dispositivos para ello se debe tener en cuenta las características de los dispositivos.

Para el modem ADSL no hay mucho problema ya que el mismo tiene 4 puertos LAN, simplemente elegimos uno de ellos y se conecta con el patch cord con la red alámbrica.

Para conectar el modem ADSL con el router central se debe observar el puerto LAN de internet que posee el router y conectar mediante patch cord con el jack que viene desde el modem. Para llevar la señal de sincronización y datos entre routers se debe conectar un patch cord en el primer puerto LAN del router central con el jack que se dirige hacia el router secundario.

En el router secundario que a la larga está trabajando como un switch inalámbrico simplemente conectamos el patch cord con el puerto LAN número uno con el jack que viene desde el router central.

2.5.7 PUESTA EN MARCHA DE LA RED INALÁMBRICA

Una vez que hemos terminado con la configuración, instalación de los equipos y de la red alámbrica no existe otro paso a seguir que encender los equipos y realizar las pruebas necesarias.

Los equipos tuvieron un arranque exitoso de tal manera que al momento de realizar pruebas de transmisión de datos entre ellos no obtuvo ningún tipo de inconveniente y con un funcionamiento correcto de acuerdo a lo planeado.

2.5.8 PRUEBAS DE INTENSIDAD DE SEÑAL

La intensidad de señal se clasifica en excelente, muy buena, buena, regular, baja y nula en este caso la señal pierde su intensidad y el dispositivo esta fuera del alcance de la señal de los router`s.

Se realizo pruebas de intensidad de señal en cada uno de los ambientes de la Unidad Educativa "ARCO IRIS OCCIDENTAL"; los cuales se les puede observar con mayor detalle en la tabla 2.7:

	AMBIENTE	INTENSIDAD DE SEÑAL
AULAS	PRE-PRIMARIA	REGULAR
	PRIMERO DE BÁSICA	BAJA
	SEGUNDO DE BÁSICA	BAJA
	TERCERO DE BÁSICA	BUENA
	CUARTO DE BÁSICA	BUENA
	QUINTO DE BÁSICA "A"	BUENA
	QUINTO DE BÁSICA "B"	MUY BUENA
	SEXTO DE BÁSICA	MUY BUENA
	SEPTIMO DE BÁSICA "A"	BUENA
	SEPTIMO DE BÁSICA "B"	BUENA
	OCTAVO DE BÁSICA	BUENA
	NOVENO DE BÁSICA	MUY BUENA
	DECIMO DE BÁSICA	MUY BUENA
	PRIMERO DE BACHILLERATO	EXCELENTE
	SEGUNDO DE BACHILLERATO	EXCELENTE
	TERCERO DE BACHILLERATO	MUY BUENA

	CONTABILIDAD	EXCELENTE
LABORATORIOS	COMPUTACIÓN	MUY BUENA
	FÍSICA	EXCELENTE
	QUÍMICA	EXCELENTE
	INFORMÁTICA	EXCELENTE
SALONES ESPECIALES	AUDITORIO	MUY BUENA
	SALÓN DE MÚSICA	MUY BUENA
	SALON DE AUDIO-VISUALES	BUENA
	TALLER DE INFORMÁTICA	EXCELENTE
OFICINAS	RECTORADO	BUENA
	INSPECCIÓN	MUY BUENA
	SECRETARIA	MUY BUENA
AREAS DE RECREACIÓN	PATIO PRINCIPAL	MUY BUENA
	AREA DE JUEGOS INFANTILES	EXCELENTE
	CANCHA POSTERIOR	MUY BUENA

TABLA 2.7 INTENSIDADES DE SEÑAL EN LA UNIDAD EDUCATIVA.

En la siguiente tabla 2.8 se puede observar que la intensidad de señal en la Unidad Educativa “ARCO IRIS OCCIDENTAL” es muy buena, ya que en la mayoría

de ambientes se tiene una cobertura idónea para poder trabajar en la red inalámbrica sin ningún inconveniente.

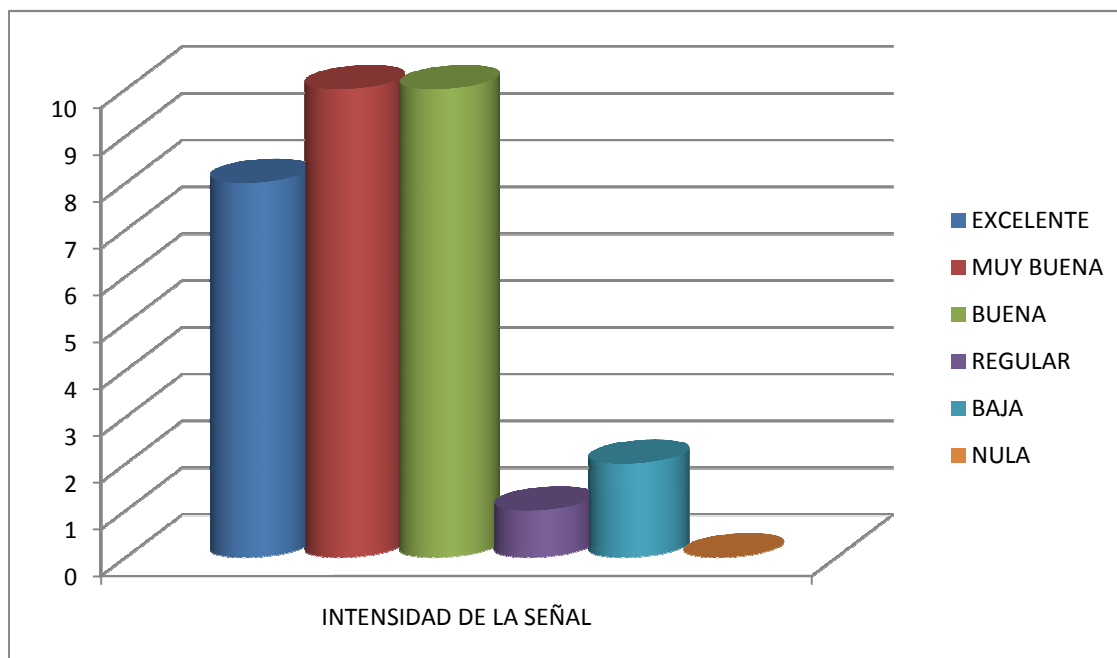


TABLA 2.8 INTENSIDAD DE LA SEÑAL

2.5.9 PUNTOS DE BAJA COBERTURA

Dentro de la Unidad Educativa “ARCO IRIS OCCIDENTAL” existen puntos muertos, cabe mencionar que los mismos se los dejó así ya que son lugares en donde el uso de equipo que necesite de este servicio es por así decirlo innecesario y estos son las aulas de pre-kinder, primero de básica y de segundo de básica. Esto se lo diseñó así por observación del rectorado ya que si se colocara un computador en estos lugares el equipo sería mal tratado por los niños ya que son áreas donde los niños realizan muchas manualidades.

CAPITULO 3

3 RESULTADOS

3.1 CONCLUSIONES

Una vez diseñada e implementada la red inalámbrica para la Unidad Educativa “ARCO IRIS OCCIDENTAL”, tenemos las siguientes conclusiones.

- Este proyecto detalla el diseño de la red inalámbrica para la Unidad Educativa “ARCO IRIS OCCIDENTAL” mediante la utilización del estándar IEEE 802.11n y equipo de última generación para que todos los usuarios accedan a los beneficios y ventajas que presenta este tipo de red inalámbrica.
- La utilización del estándar IEEE 802.11n permite que el sistema soporte estándares anteriores y futuros a este; sin ningún tipo de incompatibilidad.
- En vista que la unidad educativa está construida en su mayoría por hormigón armado se utilizó la topología 802.11 ROAMING dando una cobertura de la red inalámbrica total a la unidad educativa; teniendo ciertos puntos de intensidad de señal baja por motivos de la construcción de la edificación.
- Para poder configurar cada uno de los router inalámbricos se debe elegir uno de ellos como central y el otro como secundario o esclavo. Esto nos sirve al momento de elegir el canal por el cual se va a trabajar cada uno de los dispositivos y de esta manera evitar solapamiento extremo en lugares donde llegue con gran intensidad la señal.
- El tipo de seguridad de la red inalámbrica es WAP. Para los servicios que presta la red inalámbrica es más que suficiente este tipo de seguridad. Aunque es muy fácil que se pueda romper la clave WAP.

- Las ventajas que presta la tecnología inalámbrica en la educación pueden ser mejora la enseñanza, permitiendo que los procesos sean más tecnológicos e interactivos o la aparición de nuevos métodos de enseñanza.
- La instalación del sistema de alimentación eléctrica para los dispositivos debe ser dedicada solo para los dispositivos que la necesiten para evitar posibles cortes de alimentación eléctrica.
- Los dispositivos deben ser colocados en lugares donde además de dar una eficiente cobertura, no estén al alcance de cualquier tipo de persona para evitar futuros robos.

3.2 RECOMENDACIONES

- Informar al personal docente de los servicios y beneficios de la red inalámbrica, así como de su funcionamiento; para que a su vez el docente imparta este a sus estudiantes. Además se debe tener precaución cuando se navegue por internet ya que el acceso al mismo es ilimitado.
- Tener un plan de procedimientos necesarios en el caso de que existiera una falla en la red inalámbrica, esto es recomendable para el área administrativa de la unidad educativa.
- Dar un mantenimiento periódico a los equipos y revisar su estado físico.
- Crear un manual de configuración y administración de los dispositivos inalámbricos.
- Capacitar al personal administrativo sobre el uso de la tecnología inalámbrica; de tal forma para que ellos realicen actividades de mantenimiento, como por ejemplo desconectarse de la red inalámbrica cuando no se este utilizando

3.3 BIBLIOGRAFÍA

BOLAÑOS CALUÑA EMILIO IVÁN. "DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE ÁREA LOCAL PARA LOS EDIFICIOS LA TRIBUNA Y VILLAFUERTE DE PETROPRODUCCIÓN BAJO EL ESTÁNDAR IEEE 802.11g Y SU INTERCONECTIVIDAD", Proyecto de Titulación de Ingeniería, Escuela Politécnica Nacional, Quito. Escuela de Ingeniería, SEPTIEMBRE 2008.

Enrique de Miguel Ponce, "Redes inalámbricas: IEEE 802.11", Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, universidad politécnica de valencia

Evaluación de la tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET. Carlos Navarrete Chávez. 14 de octubre de 2009

<http://www.fpbidasoa.info/bidasoawireless/pag/topologia.htm>

http://lwwa175.servidoresdns.net:9000/proyectos_wireless/Web/topologias.htm

http://es.wikipedia.org/wiki/Ancho_de_banda

<http://www.monografias.com/trabajos15/topologias-neural/topologias-neural.shtml#DIFER>

<http://preimpresion-pcabrel.blogspot.com/2006/12/redes-informaticas.html>

<http://www.monografias.com/trabajos11/cabes/cabes.shtml>

<http://www.slideshare.net/mochehc/taller-de-redes-part1>

<http://www.alcenet.cl/queeswireless.html>

<http://www.tiendecita.com/antena-omnidireccional-10dbi-360%C3%82%C2%BA-cyberbajt-p-44.html>

http://venezuela.jblshop.com/hyperlink-12dbi-yagi-direccional-para-wi-fi-en-2-4-ghz_jbl20980639.php

http://www.redco.cl/catalogo/index.php?cPath=32_36

Introducción a las redes inalámbricas

<http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc784756%28WS.10%29.aspx>

<http://www.dlinkla.com/home/>

<http://www.tiendecita.com/antena-omnidireccional-10dbi-360%C3%82%C2%BA-cyberbajt-p-44.html>

ANEXO A

DESCRIPCION DEL WIRELESS N ROUTER DIR – 615

Package Contents

- D-Link DIR-615 Wireless Router
- 2 Detachable Antennas
- Power Adapter
- CAT5 Ethernet Cable
- CD-ROM with Installation Wizard, User Manual, and Special Offers



Note: Using a power supply with a different voltage rating than the one included with the DIR-615 will cause damage and void the warranty for this product.

System Requirements

- Ethernet-based Cable or DSL Modem
- Computers with Windows®, Macintosh®, or Linux-based operating systems with an installed Ethernet adapter
- Internet Explorer Version 6.0, Mozilla 1.7.12 (5.0), or Firefox 1.5 and above (for configuration)
- Installation Wizard requires Windows® XP with Service Pack 2

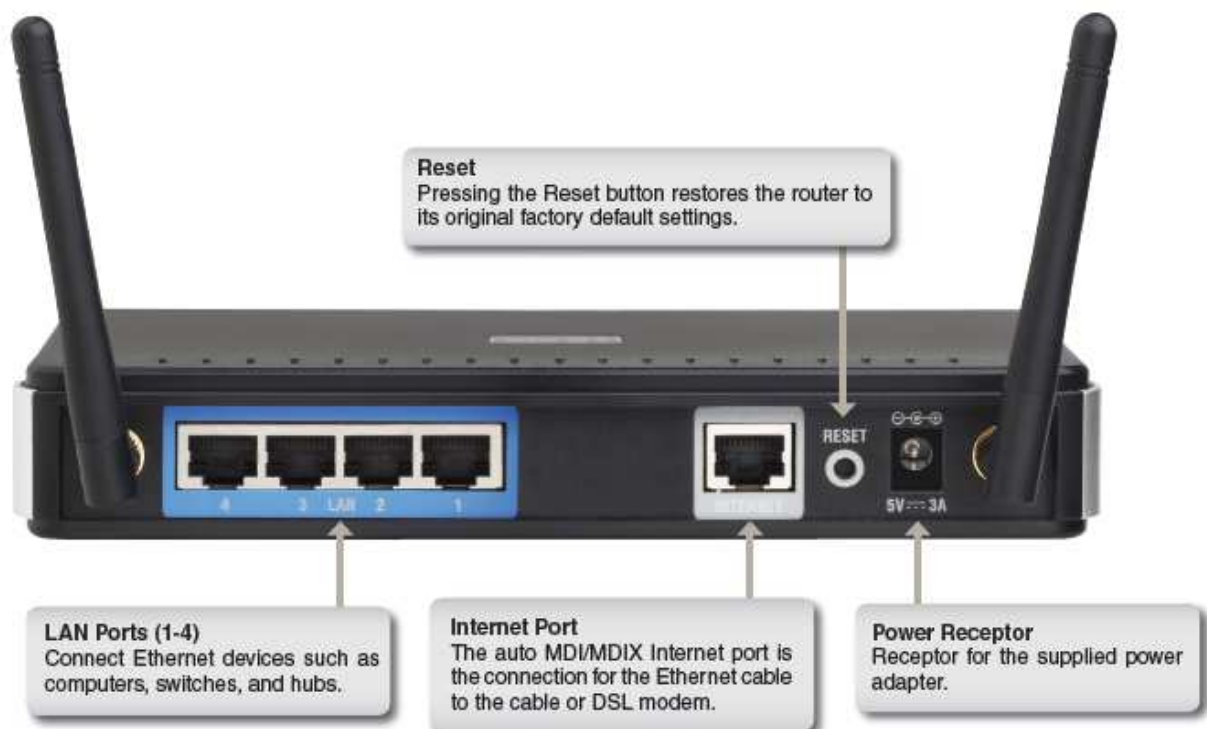
Features

- **Faster Wireless Networking** - The DIR-615 provides up to 300Mbps* wireless connection with other 802.11n wireless clients. This capability allows users to participate in real-time activities online, such as video streaming, online gaming, and real-time audio.
- **Compatible with 802.11b and 802.11g Devices** - The DIR-615 is still fully compatible with the IEEE 802.11b and 802.11g standards, so it can connect with existing 802.11b/g PCI, USB and Cardbus adapters.

- **Advanced Firewall Features** - The Web-based user interface displays a number of advanced network management features including:
 - **Parental Controls** - Easily applied content filtering based on MAC Address, URL, and/or Domain Name.
 - **Filter Scheduling** - These filters can be scheduled to be active on certain days or for a duration of hours or minutes.
 - **Secure Multiple/Concurrent Sessions** - The DIR-615 can pass through VPN sessions. It supports multiple and concurrent IPSec and PPTP sessions, so users behind the DIR-615 can securely access corporate networks.
- **User-friendly Setup Wizard** - Through the easy-to-use Quick Router Setup on the included CD, the DIR-615 allows you to control what information is accessible to those on the wireless network, whether from the Internet or from your company's server. Configure your router to your specific settings within minutes.

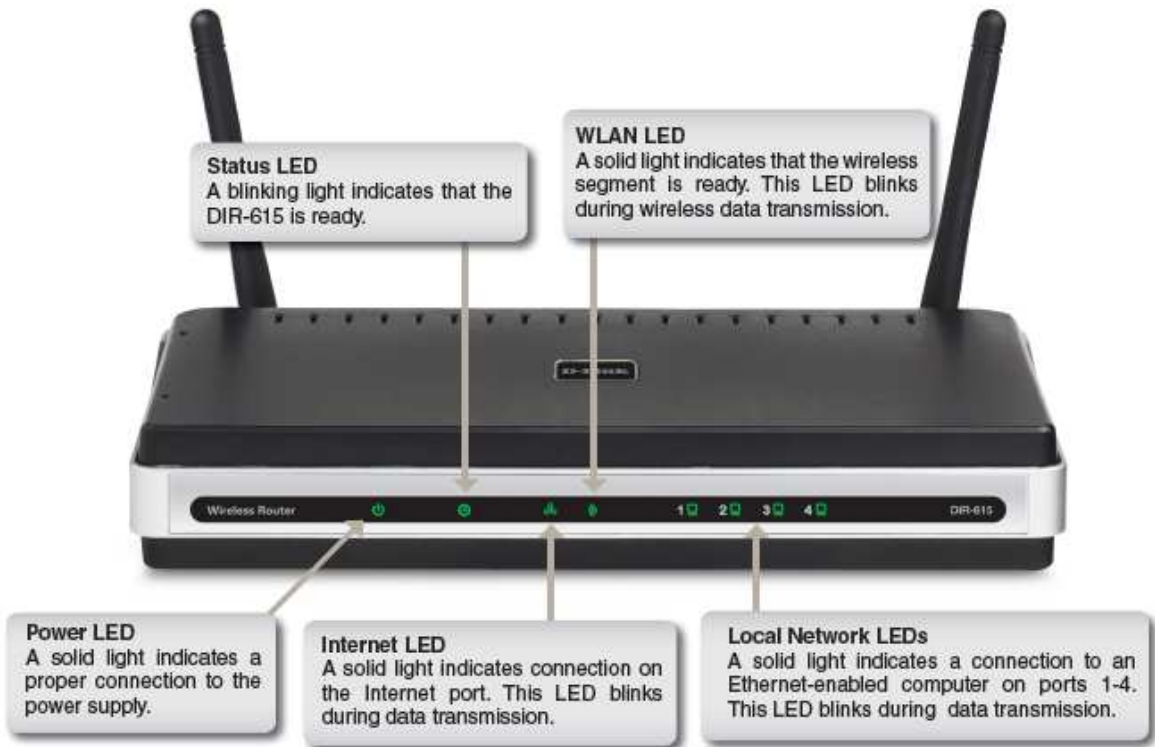
Hardware Overview

Connections



Hardware Overview

LEDs



Technical Specifications

Standards

- IEEE 802.11n (draft)
- IEEE 802.11g
- IEEE 802.11b
- IEEE 802.3
- IEEE 802.3u

Security

- WPA-Personal
- WPA2-Personal
- WPA-Enterprise
- WPA2-Enterprise
- 64/128-bit WEP

Frequency Range

2.4GHz to 2.483GHz

Transmitter Output Power

15dBm \pm 2dB

External Antenna Type

Two (2) detachable reverse SMA Antennas

LEDs

- Power
- Internet
- Status
- WLAN
- LAN (10/100)

Wireless Signal Rates*

- 108Mbps
- 54Mbps
- 36Mbps
- 18Mbps
- 11Mbps
- 6Mbps
- 2Mbps
- 48Mbps
- 24Mbps
- 12Mbps
- 9Mbps
- 5.5Mbps
- 1Mbps

Operating Temperature

32°F to 131°F (0°C to 55°C)

Humidity

95% maximum (non-condensing)

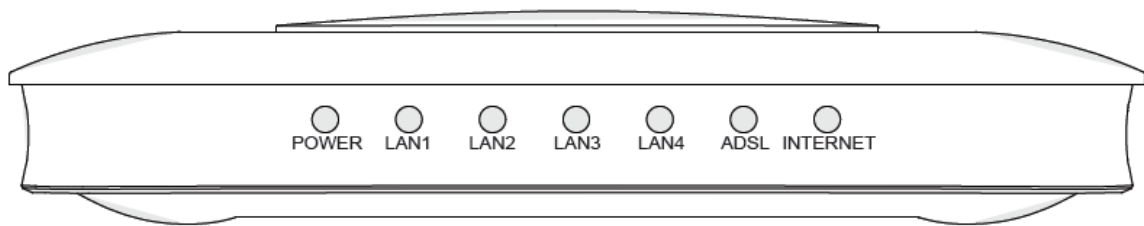
Safety & Emissions

- FCC
- CE

ANEXO B

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODEM ADSL ECHOLIFE HG510a

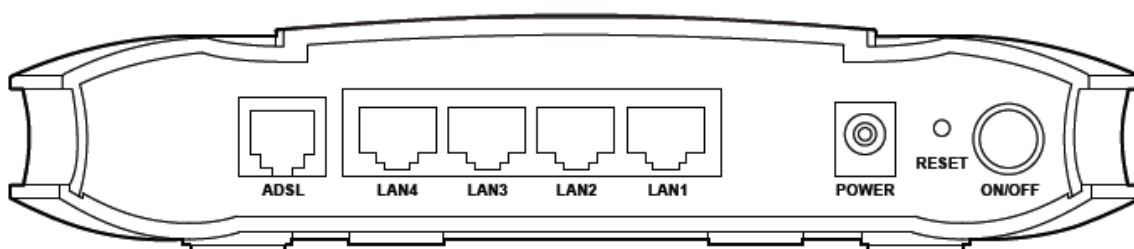
PANEL FRONTAL



Indicador	Color	Estado	Descripción
POWER	Verde	Encendido	El HG510a está encendido.
		Apagado	El HG510a está apagado.
LAN 1-4	Verde	Encendido	Se estableció la conexión a través de la interfaz LAN.
		Parpadeante	Los datos se están transmitiendo a través de la interfaz LAN.
		Apagado	No se establece ninguna conexión a través de la interfaz LAN.
ADSL	Verde	Encendido	Se estableció la conexión DSL.
		Parpadeante	Los datos se están transmitiendo a través de la conexión DSL o se está activando la conexión DSL.
		Apagado	La línea telefónica no está conectada o no se estableció la conexión DSL.

Indicador	Color	Estado	Descripción
INTERNET	Verde	Encendido	Las conexiones PPPoE y PPPoA dial-up integradas del HG510a son correctas, pero no hay transmisión de datos.
		Parpadeante	Los datos se están transmitiendo a través de la interfaz INTERNET .
		Apagado	El HG510a está en el modo Bridge o no se estableció la conexión PPPoE/PPPoA.

Panel Posterior



Interfaz/Botón	Descripción
ADSL	Interfaz ADSL. Para conectar a la toma del teléfono de la pared.
LAN 1–4	Interfaces Ethernet. Para conectar dispositivos de red LAN (como por ejemplo, una computadora y un conmutador).
POWER	Para conectar al adaptador de alimentación.
RESET	Para reiniciar el HG510a, presione el botón RESET y suéltelo después de tres segundos. Para restaurar las configuraciones por defecto del HG510a, presione el botón RESET y suéltelo después de tres segundos. Una vez que utilice esta función, se perderán todas las configuraciones personalizadas. Por lo tanto, utilícelo con mucho cuidado.
ON/OFF	Para encender y apagar el HG510a.

Especificaciones Técnicas

Especificaciones Generales		
	Estándares ADSL	ITU G.992.1 (G.dmt) Anexo A ITU G.992.2 (G.dmt) Anexo A ITU G.994.1 (G.hs) ANSI T1.413 2da emisión

Estándares	Estándares ADSL2	ITU G.992.3 (G.dmt.bis) Anexo A ITU G.992.3 (G.dmt.bis) Anexo M
	Estándares ADSL2+	ITU G.992.5 Anexo A
Velocidad de transferencia de datos	G.dmt	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad máxima downstream es de 8 Mbit/s • La velocidad máxima upstream es de 896 kbit/s
	G.lite	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad máxima downstream es de 1,5 Mbit/s • La velocidad máxima upstream es de 512 kbit/s
	T1.413	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad máxima downstream es de 8 Mbit/s • La velocidad máxima upstream es de 896 kbit/s
	ADSL2	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad máxima downstream es de 12 Mbit/s • La velocidad máxima upstream es de 1024 kbit/s
	ADSL2+	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad máxima downstream es de 24 Mbit/s • La velocidad máxima upstream es de 1024 kbit/s

Especificaciones Físicas y Medioambientales	
Consumo de potencia	< 5 W
Salida del adaptador de alimentación	5 V DC, 1 A
Temperatura de operación	0°C–40°C (32°F–104°F)
Humedad de operación	5%–90% (sin condensación)
Dimensiones	176 mm × 128 mm × 37 mm
Peso	250 g