

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA DE ACCESO A INTERNET PARA VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO EN UNA MINERA

Tesis para optar el Título de Ingeniero de las  
Telecomunicaciones, que presenta el Bachiller:

**Miguel Alejandro Armas Rivera**

**ASESOR: Ing. Marco Mayorga Montoya**

**Lima, febrero de 2011**

## RESUMEN

El presente proyecto de tesis se realizó con el objetivo de diseñar una tecnología de acceso a Internet para vehículos en movimiento en la empresa minera Sociedad Minera Cerro Verde S.A., incluso cuando éstos se encuentran desplazándose a más de 160 Km/h, adicionalmente se desarrolla un análisis económico y técnico de la red de acceso y transporte, la geografía de la zona; lo que sustenta la ingeniería del proyecto; mejorando así la infraestructura de la red de comunicaciones de la mencionada empresa. Para lograrlo se realizó un estudio de la plataforma de enlaces existentes, las tecnologías empleadas; y, los usuarios finales, permitiendo así diseñar un modelo de red con una nueva tecnología de acceso de la empresa Motorola denominada MOTOMESH Solo, la cual nos permitirá satisfacer todas las necesidades y exigencias de la mencionada empresa.

Al inicio del proyecto se fundamenta la problemática del acceso a internet a través de medios inalámbricos, y se describe la tecnología Mesh, permitiendo comprender el funcionamiento de lo que sería la tecnología MOTOMESH Solo de Motorola desarrollada en el primer capítulo, cómo funciona, las ventajas que ofrece y que dispositivos la componen. Se realizaron las respectivas visitas de campo a los yacimientos mineros de la empresa, siendo estos los Tajos de Cerro Verde, Santa Rosa y Cerro Negro; para verificar sus instalaciones y determinar el número de dispositivos inalámbricos de infraestructura a implementar, la ubicación de éstos y el área de cobertura que van a brindar de acuerdo a sus características técnicas y la geografía de la zona.

A lo largo del desarrollo de la tesis presentada, se plantean algunas inquietudes que finalmente serán resueltas en el capítulo 3 del presente trabajo, en el cual se desarrolla por completo la ingeniería del proyecto aplicando conceptos básicos de planificación y desarrollo de redes de Telecomunicaciones. Asimismo, en el mencionado capítulo, se realizó un análisis económico de los costos de implementación y mantenimiento del nuevo sistema de red MOTOMESH Solo a implementarse en la empresa minera.

## DEDICATORIA



*A mis padres,  
A mis abuelos,  
A mis hermanos,  
A mis tutores dentro y fuera de la Universidad,  
Y a mis amigos de toda la vida.*

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a Dios por permitirme tener una familia maravillosa, la cual me permitió culminar mis estudios en esta carrera, asimismo, me ayudaron, apoyaron y orientaron en cada momentos de mi vida. Con su apoyo y siempre pensamientos positivos he podido culminar satisfactoriamente una de las etapas más importantes de mi vida.

Un agradecimiento muy especial al Ing. Marco Mayorga, por ser mi asesor en esta tesis, orientándome y ayudándome con sus conocimientos que fueron de vital importancia para el desarrollo del presente proyecto.

Asimismo, agradezco la gran ayuda de mi amigo Alfredo Bullón, porque gracias a él pude trabajar y desarrollar esta nueva tecnología de red para obtener un camino para la solución a mi proyecto de tesis.

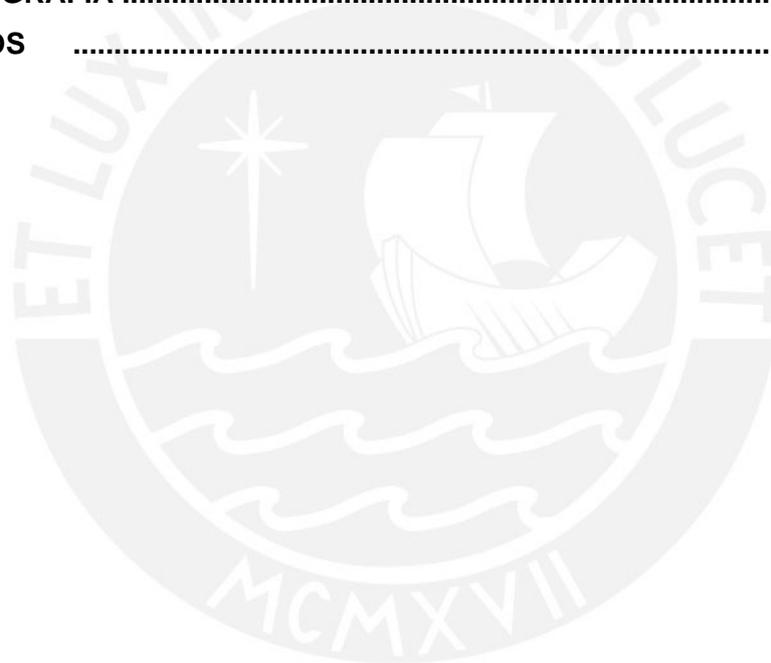
Por último, agradecer a toda aquellas personas que sin querer olvido, quienes me brindaron su granito de arena para que este proyecto pueda realizarse y culminarse exitosamente: a mis compañeros de trabajo, de la universidad, y de toda la vida, ¡muchas gracias de todo corazón!

## INDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>II</b>
<b>INDICE .....</b>	<b>III</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>IX</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>X</b>
<b>1. La tecnología MOTOMESH .....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemática del Acceso a Internet por medios inalámbricos .....	1
1.2 Las redes Mesh .....	3
1.2.1 Características de las redes Mesh.....	5
1.2.2 Capacidades inalámbricas de las redes Mesh.....	6
1.2.3 ¿Cómo funcionan las redes Mesh? .....	7
1.2.4 Mesh y la transformación de la Arquitectura Inalámbrica .....	8
1.2.5 El Futuro de las redes Mesh .....	9
1.3 El portafolio MOTOwi4 de Motorola.....	10
1.3.1 El portafolio wi4 Fijo.....	10
1.3.2 El portafolio wi4 WIMAX.....	11
1.3.3 El portafolio wi4 Mesh .....	11
1.3.4 El portafolio wi4 BPL .....	12
1.4 El sistema MOTOMESH de Motorola .....	12
1.4.1 Arquitectura del sistema MOTOMESH .....	14
1.4.2 Teoría Básica de Operación .....	17
1.4.3 Operación en Banda No Licenciada .....	18
1.5 La Tecnología MOTOMESH Solo.....	19
1.5.1 La Red MEA.....	20
1.5.2 Ventajas de la Arquitectura de la red MEA .....	22
1.5.3 Componentes de la Arquitectura MEA.....	23
1.5.3.1 Tarjeta Módem Inalámbrica (WMC6300).....	23
1.5.3.2 Router Inalámbrico Mesh (MWR6300) .....	26
1.5.3.3 Punto de Acceso Inteligente (IAP6300).....	29
1.5.3.4 Módem con Montaje para Vehículos (VMM6300).....	31
1.5.3.5 El MiSC.....	33
1.5.4 Ventajas de una red MEA .....	35

1.6 Características del Sistema MOTOMESH Solo.....	36
1.6.1 Enrutamiento.....	36
1.6.1.1 Enrutamiento Mesh Escalable (MSR).....	37
1.6.1.2 Servicios de Protocolo de Transmisión Adaptable (ATP).....	38
1.6.2 Calidad de Servicio (QoS).....	39
1.6.3 Seguridad de Múltiples Capas.....	39
1.7 Administración de la red MOTOMESH Solo.....	41
1.7.1 Sistema de Gestión de Elementos MeshManager.....	41
1.7.2 Monitor de Enlace (Link Monitor).....	43
1.7.3 Planificación de Redes.....	44
<b>2. Descripción de la Minera Cerro Verde S.A.....</b>	<b>45</b>
2.1 La Compañía Minera Cerro Verde S.A.....	45
2.1.1 Historia.....	45
2.1.2 Ubicación y características de la zona.....	48
2.2 Operaciones realizadas por la minera.....	50
2.2.1 Exploración, perforación y transporte del mineral.....	50
2.3 Aspectos socioeconómicos de la Minera Cerro Verde S.A.....	53
2.3.1 Labor social de la minera.....	53
2.4 Principales factores que influyen en el proyecto.....	55
2.4.1 Necesidad del uso adecuado de los sistemas de control y transmisión de datos digitales.....	55
2.4.2 Necesidad de comunicación para el control y desarrollo de las actividades de campo.....	57
2.4.3 Factores externos.....	57
2.5 La tecnología MOTOMESH en la Minería.....	58
2.5.1 ¿Cómo la tecnología Mesh de Motorola puede ayudar a aliviar los asuntos operativos y financieros?.....	58
2.5.2 ¿Cuál es el rol de la red MEA en la industria minera?.....	59
2.5.3 Escenarios reales en la minería.....	61
<b>3. Análisis Técnico y Económico de la Ingeniería del Proyecto.....</b>	<b>62</b>
3.1 Arquitectura de la red.....	62
3.1.1 Descripción del sistema.....	62
3.1.2 Diseño de la red de distribución y la red de acceso.....	63
3.1.3 Diseño de la red de transporte.....	64
3.2 Instalación y configuración del equipamiento técnico.....	65
3.2.1 Instalación del MiSC.....	65
3.2.1.1 El servidor MiSC y el MeshManager.....	69

3.2.1.2 Instalando el MeshManager.....	70
3.2.1.3 Configuración de los dispositivos de infraestructura y suscriptores al MiSC .....	71
3.2.2 Instalación de los dispositivos de infraestructura.....	73
3.2.3 Instalación de los dispositivos suscriptores .....	76
3.3 Características técnicas de infraestructura y suministro de energía .....	82
3.4 Implementación de equipos y áreas de cobertura .....	84
3.4.1 Área de cobertura en el Tajo Cerro Verde .....	84
3.4.2 Área de cobertura en el Tajo Santa Rosa.....	88
3.4.3 Área de cobertura en el Tajo Cerro Negro.....	90
3.5 Propuesta Económica.....	92
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>95</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>100</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Diagrama de una red Mesh total simple.....	3
Figura 1.2	Diagrama de una red tradicional y una red Mesh.....	4
Figura 1.3	Velocidad de datos con una red Mesh .....	9
Figura 1.4	Arquitectura del sistema MOTOMESH.....	15
Figura 1.5	Acceso de Banda Ancha Multi-Radio en el sistema MOTOMESH.....	16
Figura 1.6	Red Inalámbrica de Banda Ancha Multi-Radio.....	17
Figura 1.7	Origen de la Tecnología MEA .....	21
Figura 1.8	Auto-configuración y auto-reparación en una red MEA.....	22
Figura 1.9	Componentes de la arquitectura MEA.....	23
Figura 1.10	Tarjeta Módem Inalámbrica WMC6300 MEA .....	24
Figura 1.11	Relación de canales entre QDMA y la IEEE 802.11 b/g .....	25
Figura 1.12	Instalación de un MWR6300 en los exteriores .....	27
Figura 1.13	El IAP6300 y su fácil instalación en los exteriores. ....	30
Figura 1.14	Dispositivo suscriptor VMM6300 para los vehículos .....	32
Figura 1.15	Interrelación de los componentes comunes inalámbricos de una red MEA.....	34
Figura 1.16	Pila de comunicación inalámbrica con Integración MeshConnex.....	36
Figura 1.17	Priorización del tráfico por QoS según se define en el estándar IEEE 802.11e.....	37
Figura 1.18	Seguridad extremo a extremo con el estándar IEEE 802.11i y soporte de SecureMesh .....	40
Figura 1.19	Sistema MeshManager para MOTOMESH Solo .....	41
Figura 1.20	Simulación de conectividad y gráficos de relieve con MeshPlanner ...	44
Figura 2.1	Vista panorámica del Tajo Cerro Verde .....	46
Figura 2.2	Mapa geológico de la ubicación de sulfuros secundarios .....	47
Figura 2.3	Ubicación de la minera Cerro Verde S.A.....	48
Figura 2.4	Ubicación detallada de la minera Cerro Verde S.A. ....	49
Figura 2.5	Cargadora frontal y volquete empleados.....	52
Figura 2.6	Ubicación del PAD 4 dentro de la minera.....	52
Figura 2.7	Equipo de Radio Motorola PRO3100 .....	53
Figura 2.8	Artesano desarrollando una escultura.....	55
Figura 2.9	Comunicación inalámbrica desde cualquier dispositivo móvil.....	60

Figura 3.1	Conexión de los dispositivos móviles a la red MEA .....	64
Figura 3.2	Rack montado para el equipamiento con conexión a tierra.....	66
Figura 3.3	Diagrama de interconexión física del núcleo MiSC .....	67
Figura 3.4	Instalador MeshManager – Selección de componentes a instalar .....	70
Figura 3.5	Device Manager de Motorola operando remotamente .....	71
Figura 3.6	Montaje y soporte para los dispositivos de infraestructura.....	74
Figura 3.7	Dispositivo IAP instalado en un mástil fijo .....	74
Figura 3.8	Patrón de radiación del IAP6300.....	75
Figura 3.9	Interacción de infraestructura con un dispositivo móvil .....	75
Figura 3.10	Puntos de conexión externos del VMM .....	77
Figura 3.11	Ejemplo de montaje del VMM en los vehículos.....	78
Figura 3.12	Información del dispositivos VMM dentro del MeshManager .....	79
Figura 3.13	Tipos de conectores para antenas de dispositivos suscriptores. ....	80
Figura 3.14	Laptop con ranura para la tarjeta PCMCIA .....	80
Figura 3.15	Colocación correcta de la tarjeta PCMCIA .....	81
Figura 3.16	Orientación de la antena conectada a la tarjeta PCMCIA .....	81
Figura 3.17	Estructuras de soporte para los dispositivos de infraestructura .....	82
Figura 3.18	Equipamiento con paneles solares y baterías instaladas.....	83
Figura 3.19	Ubicación del IAP N° 1 en el Tajo Cerro Verde.....	84
Figura 3.20	Ubicación del IAP N° 2 en el Cerro K para brindar cobertura al Tajo Cerro Verde .....	85
Figura 3.21	Área total del Tajo Cerro Verde cubierta por los IAPs N° 1 y N° 2.....	86
Figura 3.22	Vista del Tajo Cerro Verde desde el Punto de Acceso 1-1 .....	86
Figura 3.23	Vista del Tajo Cerro Verde desde el Punto de Acceso 1-2 .....	87
Figura 3.24	Vista del Tajo Cerro Verde desde el Punto de Acceso 1-3 .....	87
Figura 3.25	Instalación de los MWR6300 en las estructuras metálicas móviles ....	88
Figura 3.26	Vista del área de cobertura del IAP N° 3.....	89
Figura 3.27	Punto de Acceso en el Tajo Santa Rosa.....	89
Figura 3.28	Vista panorámica del Tajo Santa Rosa .....	90
Figura 3.29	Vista del área de cobertura del IAP N° 4 para el Tajo Cerro Negro ....	91
Figura 3.30	Vista del Tajo Cerro Negro desde el Punto de Acceso 3 .....	91
Figura 3.31	Vista panorámica de la cobertura general de los IAP's en la minera ..	92

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1	Características técnicas y físicas de la WMC6300.....	26
Tabla 1.2	Características técnicas y físicas de la MWR6300.....	28
Tabla 1.3	Características técnicas y físicas del IAP6300.....	31
Tabla 1.4	Características físicas del VMM6300.....	33
Tabla 1.5	Características técnicas del VMM6300.....	33
Tabla 1.6	Funcionalidades generales del software MeshManager.....	43
Tabla 3.1	Plan de direccionamiento IP de la red principal.....	69
Tabla 3.2	Plan de direccionamiento IP de la subred inalámbrica.....	69
Tabla 3.3	Requerimientos mínimos de software para el MeshManager.....	70
Tabla 3.4	Usuarios y direcciones por defecto en el MiSC.....	72
Tabla 3.5	Características de radio de dispositivos de infraestructura MOTOMESH Solo.....	73
Tabla 3.6	Polaridad de la antena para los equipos de infraestructura.....	75
Tabla 3.7	Tabla de direcciones MAC de la VMM6300 (2.4 GHz).....	77
Tabla 3.8	Coordenaas geográficas del IAP N° 1 y N° 2 en Cerro Verde.....	85
Tabla 3.9	Coordenadas geográficas del IAP N° 3.....	88
Tabla 3.10	Coordenadas geográficas del IAP N° 4.....	90

## GLOSARIO

<b>AP</b>	Access Point
<b>BPL</b>	Broadband over Power Line
<b>DARPA</b>	Defense Advanced Research Projects Agency
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol
<b>EAP</b>	Extensible Authentication Protocol
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>IAP</b>	Intelligent Access Point
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>ISP</b>	Internet Service Provider
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>MAC</b>	Media Access Control
<b>MDT</b>	Mobile Data Terminal
<b>MEA</b>	Mesh Enabled Architecture
<b>MPA</b>	Aplicación de Posicionamiento Mesh
<b>MiSC</b>	Mobile Internet Switching Controller
<b>MSR</b>	Algoritmo de enrutamiento escalable
<b>MWR</b>	Mesh Wireless Router
<b>PCMCIA</b>	Personal Computer Memory Card International Association
<b>PDA</b>	Personal Digital Assistant
<b>QDMA</b>	Quadarature Division Multiple Access
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>SMCV</b>	Sociedad Minera Cerro Verde S.A.
<b>SSID</b>	Service Set Identifier
<b>VCC</b>	Voltaje Corriente Continua
<b>VMM</b>	Vehicle Mounted Modem
<b>WMC</b>	Wireless Modem Card
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network
<b>WIMAX</b>	Worldwide Interoperability for Microwave Access

## INTRODUCCION

Las primeras minas se han encontrado en todo el mundo, desde Egipto hasta Inglaterra. Las operaciones de hoy en día en una minera están constantemente bajo presión para aumentar la producción de minerales y metales para satisfacer una demanda cada vez mayor. La constante modernización de las aplicaciones en los equipos de telecomunicación para minería puede reducir costos en este sector.

En la actualidad una mina sin radiocomunicación o conexión a Internet es difícil de concebir. Por ello, en un campamento minero es usual observar que la mayoría de trabajadores cuenta con una radio para comunicarse dentro del área de labores (telecomunicación), y otro tanto maneja asuntos de la empresa a través de una conexión a Internet (banda ancha). *“A pesar de contar con esas facilidades, la empresa podría obtener mayores resultados de inmediatez y reducción de costos fusionando ambas tecnologías, es decir, utilizando radios que puedan enviar voz y datos bajo un soporte IP (Internet)”*, manifestó Félix Angulo, gerente de Desarrollo de Negocios Sector de Gobierno y Seguridad Pública de Motorola para Perú y Bolivia.

Al uso de la telecomunicación y banda ancha fusionadas, Motorola la ha denominado Minería Digital, una oferta de soluciones de comunicaciones fijas y móviles, basadas en varios tipos de tecnologías inalámbricas digitales. Estas soluciones pueden tomar la forma de automatizar, agilizar, proteger, prevenir, etc. Por ejemplo, si un empleado que se encuentra operando un camión, necesita enviar reportes de manera urgente podrá tomar su PDA, laptop, etc., y enviar los datos a través del equipo, evitando así trasladarse a una oficina y ahorrando en el combustible que utilizará de camino a la dependencia. Los trabajos en minería se caracterizan por requerir equipos sólidos y fuertes, que resistan las inclemencias del clima bajo en el que residen y lo áspero de su entorno, Motorola ha desarrollado equipos seguros, antiexplosivos, que no ofrecen ningún tipo de riesgo donde hay gases u otros factores que puedan generar accidentes. Además son resistentes a condiciones extremas como el agua y el polvo.

Existen tecnologías en el mercado actual, que brindan conexión a Internet inalámbrica, utilizando las redes celulares de los operadores como son Claro, Nextel o Movistar. Sin embargo, éstos no brindan una tasa de transferencia de 6

Mbps, la señal se pierde cuando se encuentra uno dentro de un vehículo que se desplaza a grandes velocidades, y no cuentan con infraestructura en localidades recónditas del Perú, en las cuales se establecen los asentamientos mineros. Además, utilizar un tipo de servicio como éstos, generan gastos por mantenimiento y uso de la red, es decir, se depende del operador contratado. Sin embargo, esto no ocurre con la tecnología de Motorola, MOTOMESH Solo. La minera es el propietario de la red, de sus servicios y comunicaciones. Es por ello, que ésta es la mejor solución para cubrir las necesidades de la Minera Cerro Verde S.A.

MOTOMESH Solo es fundamentalmente diferente a las tecnologías basadas en los estándares 802.11a/b/g y tiene ventajas únicas. En primer lugar, Asignación Dinámica de Frecuencias permite a la red Solo el uso múltiple de canales alrededor del espectro de 2.4 GHz para comunicarse. MOTOMESH Solo selecciona el mejor canal en forma de paquete por paquete automáticamente para evitar interferencias y la congestión. Asimismo, esta tecnología ofrece una Arquitectura Router Cliente, que extiende y refuerza la cobertura de la red dado que cada suscriptor es un router/repetidor de plena capacidad. Un equipo remoto puede enlazarse a través de otros suscriptores para llegar a la infraestructura de red. Por último, el MEA (Acceso para Alta Movilidad) es la forma de onda diseñada para manejar los entornos más difíciles de RF a través de una re-sincronización rápida. MEA maneja con facilidad los movimientos rápidos, grandes entornos de multi-camino. MOTOMESH solo proporciona el ancho de banda necesario, comunicaciones en tiempo real de voz, datos y video nítido, privacidad integrada, elevada cobertura, costos más bajos de equipos y licencias, y fiabilidad para trabajar en la extrema dureza del medio ambiente, condiciones operacionales comunes en la minería. Además, permite una fácil migración desde sistemas analógicos por su capacidad de funcionamiento en ambos modos. Características como su capacidad de auto-configuración, auto-reparación, mínimo mantenimiento presencial, no necesita de línea de vista y su fácil instalación en el entorno (postes, etc.) la califican como la mejor opción

Estas soluciones tienen un factor económico muy atractivo, debido a que este tipo de redes requieren de menor inversión capital y operativa, que las alambradas. A esto se le suman una instalación mucho más rápida y una gran flexibilidad al momento de diseñar el proyecto, considerando especialmente el ambiente de minería, donde cambian frecuentemente las estructuras y demandas, con especial consideración en los temas de seguridad, flexibilidad y maximización de la eficiencia.

# 1. LA TECNOLOGIA MOTOMESH

## 1.1 Problemática del Acceso a Internet por medios inalámbricos

Ha pasado más de un siglo desde que se realizó la primera transmisión vía radio, y a lo largo de todo este tiempo, las comunicaciones inalámbricas han sufrido una notable evolución. Todas las mejoras introducidas tienen un denominador común, el afán de transmitir una mayor cantidad de información, lo más lejos, en el menor tiempo y con la mejor calidad posible.

La era de la información y las comunicaciones multimedia actual demandan altas velocidades de transmisión y mayor calidad en las comunicaciones. En este sentido, se han realizado grandes avances en el campo de la modulación, la codificación y el procesado de la señal para maximizar la eficiencia espectral.

En los últimos años, las redes inalámbricas han ganado muchos adeptos y popularidad en el mercado de las telecomunicaciones. Presentan precios accesibles y enormes posibilidades de desarrollo con esta tecnología, creando una infinidad de aplicaciones. Este tipo de redes permiten a los usuarios acceder a la

información y recursos en tiempo real, sin necesidad de estar físicamente ubicados en un solo lugar. Por ejemplo, con la implementación de una red WLAN, ésta es por sí misma móvil, eliminando la necesidad del uso de cables, desapareciendo las limitaciones de espacio y tiempo, estableciendo nuevas aplicaciones y añadiendo flexibilidad a la red. Lo más importante es que incrementa la productividad y eficiencia de las actividades diarias de una empresa, universidad o entidad del Estado, por ejemplo; donde se implemente esta tecnología. Es así, que ésta ha tomado mucha importancia en el entorno de las telecomunicaciones y es que la conexión de computadoras y equipos mediante esta tecnología está siendo muy utilizada, por su madurez y dado que está basada en estándares, lo cual garantiza su correcto funcionamiento y un amplio soporte por parte de la industria.

El usuario dentro de una red inalámbrica puede transmitir y recibir voz, datos y video, dentro de edificios o áreas de trabajo, campos abiertos, áreas metropolitanas e incluso zonas alejadas; a velocidades que varían en el rango de 11 Mbps a 54 Mbps; incluso cuando los dispositivos móviles se encuentran en movimiento sin pérdida de la señal. Cada vez son más los usuarios que se interesan en la convergencia y movilidad que brinda el acceso inalámbrico a Internet, ya que así pueden estar conectados trasladándose de un lugar a otro, enviando y recibiendo información, además de ser sistemas fácil de usar. [CAR2008]

Actualmente, las personas que viajan por negocios, usan computadoras portátiles, PDAs, etc., para mantenerse en contacto con sus oficinas, empresas; los ingenieros envían fotos, información, sin la necesidad de trasladarse hasta las estaciones base; por ejemplo, en el caso de la minería, envío de información sobre descubrimientos de nuevos yacimientos, producción, mantenimiento de la maquinaria, etc.; todo esto en tiempo real. Es posible que el futuro de la tecnología inalámbrica se base en lograr establecer una conexión con el mundo entero sin tener en cuenta las barreras de la señal y transmisión, siempre que se logre una estandarización internacional, de este modo podremos obtener la información que requerimos en cualquier instante y desde cualquier lugar del mundo. La búsqueda de velocidades de transmisión cada vez más rápidas impulsa al desarrollo evolutivo de las tecnologías inalámbricas existentes. Las redes inalámbricas tomarán buena parte del mercado en un futuro próximo, ya que proporcionan unas ventajas de movilidad y flexibilidad tales, que los usuarios las aceptarán cuando llegue la tecnología estandarizada al mercado, teniendo en cuenta los intereses de los mismos.

## 1.2 Las redes Mesh

Una red Mesh es una red acoplada, también conocida como redes de malla inalámbricas de infraestructura, en la que se mezclan dos topologías de las redes inalámbricas: la topología Ad-hoc y la de infraestructura. Básicamente son redes con topología de infraestructura pero que permiten la conexión a la red, de dispositivos que a pesar de estar fuera del rango de cobertura de un punto de acceso (AP) con conexión a la red fija, están dentro del rango de cobertura de algunos de los equipos (terminales o puntos de acceso) que directa o indirectamente alcanzan uno de los puntos de acceso con conexión a la red fija.

Estas redes aprovechan el concepto de la Internet inalámbrica, en el cual cada nodo actúa como un router/repetidor para transmitir datos de nodos cercanos a usuario que se encuentran muy alejados (lo que Motorola llama *Multi-Hopping*), resultando en una red que puede abarcar largas distancias con una alta transferencia de datos y creando una conexión sin línea de vista necesaria, especialmente para zonas con ambientes difíciles. Estos nodos pueden ser piezas fijas de la infraestructura y/o pueden ser los mismos usuarios móviles (la red Mesh de Motorola puede soportar ambos modos simultáneamente). El resultado es una red móvil descentralizada y económica, debido a que cada nodo necesita transmitir tan lejos como se ubica el próximo nodo. [WIL2005]

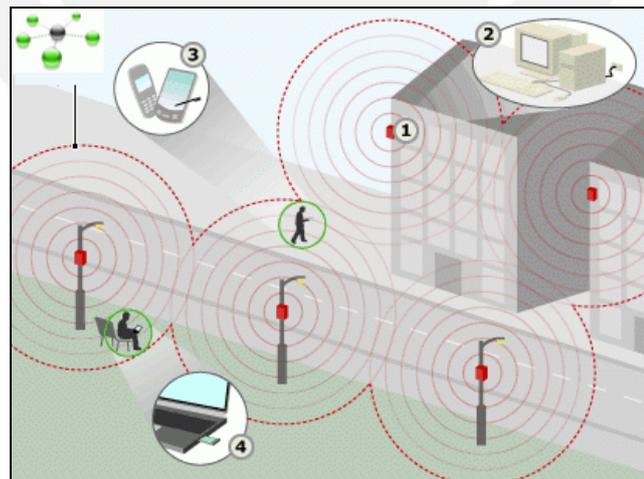


Figura 1.1 Diagrama de una red Mesh total simple

Fuente: [NOD2008]

Las redes Mesh, además, son altamente confiables, ya que cada nodo se conecta con muchos más nodos; si uno de ellos se desconectara de la red debido a problemas físicos o por cualquier otra razón, instantáneamente encontrarán otra

ruta los restantes. Un dispositivo extra puede ser instalado simplemente al añadir más puntos de acceso. Desde aplicaciones militares hasta de emergencias, las redes Mesh están siendo rápidamente adoptadas por redes de banda ancha municipal. Se puede observar el incremento de redes con esta tecnología, tanto en lugares públicos como comerciales y aún en redes caseras, permitiendo brindar un acceso de banda ancha permanente para usuarios residenciales y empresariales.

La tecnología Mesh utiliza los estándares Wi-Fi establecidos de una forma totalmente novedosa. El conjunto de nodos proporciona una zona de cobertura inalámbrica muy extensa. Los nodos son capaces de establecer comunicación entre ellos, en cuanto sus zonas de cobertura se solapan entre sí. Por otro lado, si se solapan varias zonas de cobertura, aunque falle uno o más nodos, la red se reconfigura y sigue operando. El usuario probablemente ni se enterará de esto, ya que su equipo se conectará automáticamente (*roaming*) con el nodo más próximo operativo. Cuanto más puntos de acceso a Internet disponga, más fiable y rápida será la red, permitiendo balancear la carga de tráfico. Por lo tanto, podemos decir que una red Mesh maneja conexiones de redes, todos contra todos, siendo éstos capaces de actualizar y optimizar dinámicamente estas conexiones. [WIL2005]

En el pasado, no solo la conexión, por ejemplo ADSL, sino también la instalación de una infraestructura inalámbrica era muy costosa, ya que aún hacían falta cables para conectar los equipos (nodos) entre sí. En las redes inalámbricas Mesh se ha eliminado esta desventaja: una infraestructura de este tipo se puede instalar fácil y rápidamente. Y para operar cada nodo se necesita sólo de suministro eléctrico.

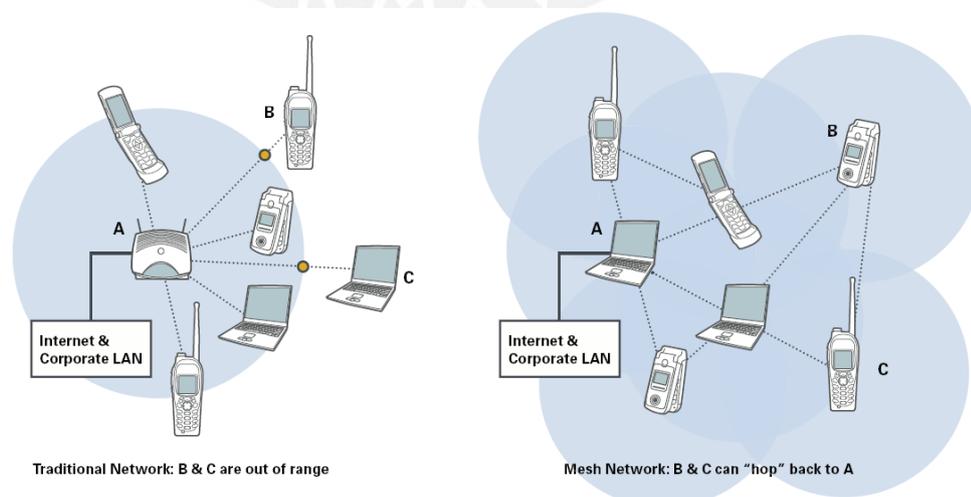


Figura 1.2 Diagrama de una red tradicional y una red Mesh

Fuente: [MOT2010]

El diseño técnico de las redes malladas de última generación integra varios transceptores de radio en cada uno de los nodos que son utilizados tanto para los dispositivos de los clientes (*red de acceso*), como para la propia comunicación entre nodos (*red de backhaul*). La arquitectura que presentan, se apoya sobre una infraestructura modular que permite realizar un diseño escalable con tanta precisión como requiera cada aplicación individualizada.

Gracias a la tecnología empleada en las redes inalámbricas enmalladas se consiguen transmisiones a menor potencia y por lo tanto pueden emplear mayores velocidades de transmisión con menor latencia. De este modo, al ser redundante, es confiable para cualquier aplicación que requiera la transmisión de datos, sobretodo de aplicaciones en tiempo real como voz y/o video. [MOT2010]

### 1.2.1 Características de las redes Mesh

Una red enmallada está compuesta por una colección de nodos que se comunican entre sí, de manera directa, transmitiendo la información de otros nodos hasta su destino final por medio de múltiples saltos. No hay necesidad de tener una unidad centralizada que controle el modo de operación, por lo que es conocido como distribuido. En caso que exista dicha unidad, sería centralizado. En cualquier caso, la comunicación se realiza directamente entre los nodos; donde cada uno puede ser al mismo tiempo fuente o destino de los datos o un enrutador de la información de otro nodo. Las características más relevantes de las redes Mesh inalámbricas son: [ACU2007]

- **Robustez:** La presencia de enlaces redundantes entre los usuarios permite que la red se reconfigure automáticamente ante fallas.
- **Topología dinámica:** Dado que las redes enmalladas tienen la capacidad de reaccionar ante cambios en la topología de la red, entonces, dicha topología cambiante es una condición de diseño necesaria.
- **Ancho de banda limitado:** Como el proceso de comunicación exige transportar datos de otros usuarios y la cercanía entre ellos, precisa una coordinación en los tiempos de transmisión, las redes Mesh cuentan con enlaces que usualmente permanecen en condiciones de congestión.
- **Seguridad:** La información transmitida se encuentra expuesta a la amenaza de viajar a través de un medio compartido. El estándar define una subcapa de

seguridad para proteger la información de los usuarios y evitar el acceso de usuarios no autorizados.

- **Carencia de modelos de dimensionamiento apropiados:** El modelo de capacidad de redes de datos está orientado a determinar la capacidad del enlace ante procesos de multiplexación de la información de los usuarios. El modelo de capacidad de las redes enmalladas de múltiples saltos es un problema abierto, sin embargo, estas redes proveen condiciones que permiten el acceso a usuarios en regiones apartadas.
- **Canales de comunicación aleatorios:** A diferencia de las redes fijas, las redes inalámbricas cuentan con la incertidumbre propia de los canales de comunicación de radio. La característica cambiante de los mismos hace bastante incierta la comunicación. El estándar define aspectos como la modulación y codificación adaptativas para hacer frente a este problema.

### 1.2.2 Capacidades inalámbricas de las redes Mesh

Al superar las limitaciones de las redes inalámbricas tradicionales, las redes Mesh abrieron las puertas a notables capacidades inalámbricas como:

- **Instantánea y automática configuración:** La pieza central de la tecnología de una red Mesh es la habilidad de los nodos para agruparse automáticamente y abandonar la red en cualquier momento. Las señales son enrutadas óptimamente, aún si la red crece y/o evoluciona.
- **Auto-formación, auto-reparación y auto-balanceo:** Las redes Mesh son inherentemente más robustas que las redes inalámbricas tradicionales. La configuración automática y el enrutamiento permiten que las redes sean auto-formadas y se auto-reparen. Las redes continúan funcionando, aún si uno o más nodos fallan.
- **Incremento de cobertura y rendimiento:** El envío de datos a altas velocidades requiere de una alta relación señal/ruido. Sin embargo, las señales se debilitan exponencialmente mientras aumenta la distancia hacia el transmisor, significando mayor ruido y correspondientemente, menor rendimiento. En una red Mesh cada nodo actúa como un nodo/repetidor restaurando la potencia de la señal en cada salto dentro de la red. Así, las redes pueden aumentar virtualmente su tamaño, manteniendo un excelente rendimiento.

- **Menor infraestructura y costos de operación:** Las redes Mesh típicamente requieren de una menor red de retorno que las redes inalámbricas tradicionales, comúnmente hasta un 90% menos, lo que puede reducir el costo de despliegue y operaciones. Debido a que las redes Mesh pueden auto-formarse y auto-repararse, los costos por administración y mantenimiento también se reducen. Asimismo, gracias a la capacidad de auto-corregirse, la necesidad de soporte de mantenimiento de 24 horas es altamente reducida.
- **Localización sin GPS y rastreo de activos:** El GPS es una bendición para las organizaciones que requieran una forma precisa de localizar personas u objetos en movimiento. Pero el GPS puede ser sujeto de varios errores, por ejemplo, no trabaja dentro de las minas ni dentro de grandes estructuras o locaciones que bloqueen la señal de los satélites GPS. La tecnología de las redes Mesh de Motorola utilizan una triangulación sofisticada y algoritmos que determinan la localización de los nodos y de los usuarios en la red.

### 1.2.3 ¿Cómo funcionan las redes Mesh?

En las redes Mesh, cada nodo de radio múltiple soporta cobertura de “backhaul” (comunicaciones entre nodos) en todas las direcciones gracias a que utiliza una estructura circular de antenas. La disponibilidad del sistema está asegurada mediante una combinación de técnicas:

- Tanto la potencia como la velocidad de transmisión cambian dinámicamente en cada uno de los enlaces para compensar efectos como el “*fading*” o “*shadowing*”.
- Los algoritmos de enrutamiento tienen en cuenta el estado de las conexiones de radio y seleccionan la mejor ruta basándose en la capacidad disponible, la latencia y el rendimiento del enlace.
- Los equipos calculan continuamente los posibles caminos alternativos de modo que es posible enrutar el tráfico minimizando la pérdida de información a posibles fallos en el enlace.
- Para incrementar el tiempo de operación de los equipos y minimizar los cortes de comunicación, el tráfico de cada equipo puede ser equilibrado encaminándolo a través de dos o más rutas minimizando; además, posibles problemas por saturación de enlaces u otras fallas.

Para crear una red Mesh se debe conectar un AP Mesh a algún tipo de acceso a Internet. La velocidad y el tipo de acceso a Internet se decidirán según una variedad de factores: lo que se tenga disponible, la cantidad de usuarios que de deban atender, los requerimientos de ancho de banda de los usuarios y el costo. Se configura el primer AP Mesh con un canal inalámbrico, usualmente un canal 802.11b. El punto de acceso a la red Mesh se la conoce como *gateway*. También se utilizan nodos que tienen exactamente la misma programación del nodo gateway. [TAY2005]

La única característica que decide si los AP Mesh se muestren como gateway es cuando han obtenido una dirección IP de un DHCP o cuando son configurados con una dirección IP fija. El primer nodo repetidor se desplegará dentro del alcance del primer nodo AP Mesh, simplemente brindándole energía, el mismo canal y el mismo SSID del gateway. Cuando se inicie el AP Mesh se sabrá que no es un nodo repetidor por el hecho de no haber obtenido una dirección IP. Este tratará de descubrir el nodo gateway. Una vez que el enlace con el nodo gateway se haya establecido, el tráfico de internet es encaminado desde el cliente, por medio del nodo repetidor y hacia internet, por medio del gateway.

De esta manera pueden agregarse más nodos a la red Mesh, siempre que éstos se encuentren dentro del alcance de radio de un nodo que pueda alcanzarlo o un gateway. Lo que se busca siempre es que el tráfico a Internet sea encaminado a través de la red Mesh por medio de la ruta más eficiente.

#### 1.2.4 Mesh y la transformación de la Arquitectura Inalámbrica

Una red Mesh soluciona uno de los mayores problemas encontrados en los sistemas de redes inalámbricas, ***el rango de alcance vs el dilema del flujo de datos***. Las comunicaciones inalámbricas de banda ancha estipulan una concesión en el intercambio entre el flujo de datos y el rango de alcance para una determinada potencia de salida. Esto es, para una específica potencia de salida, el flujo de datos obtenido va a disminuir mientras que la distancia al transmisor aumenta. Esto es cierto para cualquier modulación o protocolo de radio. La potencia de transmisión es típicamente limitada por regulación o por la potencia disponible en la batería de los dispositivos pertenecientes a los usuarios finales. Una vez que la radio alcanza el máximo nivel de potencia permitido, se debe comenzar a descartar datos para aumentar la distancia de

transmisión. La Figura 1.3 muestra que para una determinada velocidad de datos, la potencia requerida para enviar los datos del transmisor al receptor sobre una unidad de distancia es 1X de potencia. Sin embargo, para enviar esa misma velocidad de datos a un usuario localizado al triple de distancia, no se necesita el triple de la potencia, sino 16 veces la potencia.

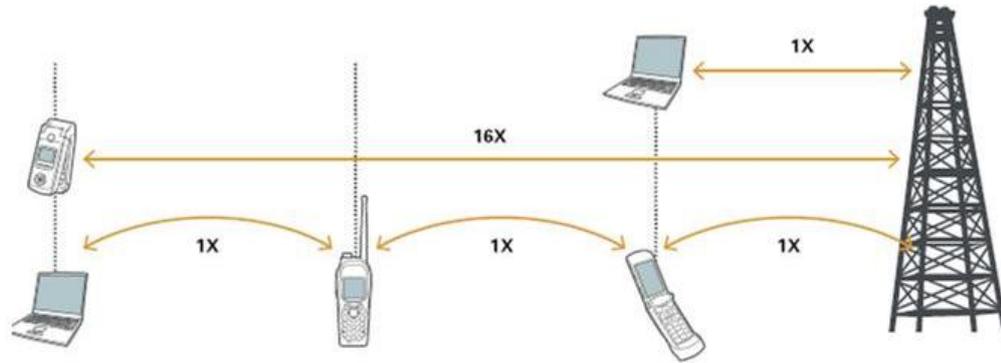


Figura 1.3 Velocidad de datos con una red Mesh

Fuente: [MOT2010]

La tecnología Mesh cambia esta ecuación al dividir las grandes distancias en varios saltos pequeños. El resultado es que al usar los saltos en una arquitectura Mesh, se puede enviar una misma cantidad de datos en la misma distancia, pero solo requiere 3 veces el total de la potencia, y no 16. También vale notar el hecho que cada nodo en una red Mesh solo requiere transmitir a 1X de potencia, sin importar el total de la distancia de transmisión. Estos extienden la vida de la batería y permite el uso de componentes de radio de bajo costo. [MOT2010]

El sistema Mesh, por otro lado, ofrece un gran rango de distancia entre los puntos de conexión como una alta velocidad de datos mediante saltos a través de una serie de nodos. Ya que la distancia entre cada nodo es relativamente corto respecto de un transmisor y un receptor, cada salto puede ser completado a velocidades de envío de datos mucho más alto de lo posible con una conexión directa entre los puntos de conexión.

### 1.2.5 El Futuro de las redes Mesh

En los próximos años la IEEE hará sus últimos esfuerzos para mejorar la estandarización de las redes Mesh. El establecimiento de una red Mesh será asumido por los vendedores de los productos que incorporan el estándar 802.11s con el fin de que el público adopte esta tecnología.

Según estudios realizados, se predice que la tecnología de redes Mesh tendrá un mayor acogimiento, lo que garantiza que dichos productos tendrán una mayor demanda en el mercado con el fin de satisfacer y dando solución a todas las necesidades de los clientes.

Por otro lado, en un futuro se seguirán teniendo diversos tipos de tráfico en la red, por lo cual deberán realizarse distintas políticas que permitan introducir Calidad de Servicios (QoS) en la red. Los paquetes de voz deben tratarse con mayor prioridad, debe existir la posibilidad de priorizar siempre algún flujo de tráfico especial para la activación de avisos o alarmas, ya sea mediante una comunicación de voz y otro mecanismo. También pueden introducirse mecanismo de control de congestión, de manera que se evite el envío de tráfico por rutas que se presenten muy saturadas y se aprovechen otros caminos posibles entre la fuente y el destino, a través de la red mallada. También deben evaluarse los distintos tipos de hardware disponibles para realizar funciones de encapsulado de la información mediante interfaces y protocolos estándar, o bien, la realización de controladores específicos para los dispositivos necesarios.

### 1.3 El portafolio MOTOWi4 de Motorola

Motorola ha sido un líder mundial en la innovación de la tecnología inalámbrica durante más de 75 años. La experiencia de “conectar lo desconectado” ha sido probada en prácticamente todo el mundo. El portafolio MOTOWi4 ofrece soluciones innovadoras de banda ancha inalámbrica que crean, complementan y completan las redes IP. Este portafolio brinda cobertura IP a prácticamente todos los lugares, incluyendo soluciones de banda ancha fija, WIMAX, Mesh, etc. Este portafolio integral de soluciones de banda ancha inalámbrica que facilita y amplía la cobertura, mediante las siguientes tecnologías de acceso: [SPG2010]

#### 1.3.1 El portafolio wi4 Fijo

Las soluciones wi4 Fijo incluye soluciones *Punto a Multipunto*, la cual es una solución probada y rentable para crear y mejorar redes y servicios de banda ancha inalámbrica a través del uso de frecuencias sin licencia o administradas, en la banda de 900 MHz, 2.4 GHz y 5 GHz. Se encuentra implementada en más de 120 países por más de 3000 proveedores de servicios desde el 2002. Además, permite un sólido retorno de la inversión con períodos de recuperación

probados en menos de un año para implementaciones comerciales. Presenta un excelente resultado en tiempos de espera, reduciendo las interferencias y permitiendo altas velocidades en ubicaciones residenciales, institucionales, comerciales o municipales. Las actualizaciones son automáticas, sin ningún tipo de intervención del personal, por lo que caracteriza su flexibilidad y escalabilidad mejorada. Es fácil de implementar e instalar.

Asimismo, presenta soluciones *Punto a Punto*, con una conectividad IP segura, confiable; permitiendo alcanzar nuevos espacios que planteen un desafío al conectar y ampliar las redes de voz y datos de manera rentable, transmitiendo datos con la mayor confiabilidad posible, incluso bajo las condiciones más exigentes, dando lugar a nuevas aplicaciones y servicios en la banda de 2.4 GHz y 5 GHz. Las características resaltantes es que permite una expansión de hasta 200 kilómetros, con una recuperación de errores temporales y un backhaul de sitios celulares y hotspots Wi-Fi.

### **1.3.2 El portafolio wi4 WIMAX**

Presenta soluciones de alto rendimiento basadas en estándares que soportan aplicaciones fijas, portátiles y móviles que operan en frecuencias con licencia (2.5 GHz y 3.5 GHz). Constituyen una referencia para las comunicaciones: movilidad transparente que brindan conexiones según demanda de pedidos de alta velocidad y que siguen a un usuario donde quiera que ésta vaya. WIMAX significa llevar banda ancha a las personas en cualquier momento, cuando lo necesiten y en cualquier lugar donde se encuentren. Los dispositivos personales como los PDAs, teléfonos celulares y computadoras personales pronto se encontrarán habilitadas para esta tecnología. Posee la especificación IEEE 802.16, originalmente introducida en el año 2001 y es complementario a las redes cableadas 2G y 3G.

### **1.3.3 El portafolio wi4 Mesh**

Esta tecnología nos presenta soluciones para el acceso público, la seguridad y obras públicas, proporcionando redes inalámbricas fijas y móviles, utilizando las bandas de frecuencia Wi-Fi y de seguridad pública (2.4 GHz, 4.9 GHz). Nos permite poder cubrir toda una ciudad, zonas muy amplias, con cobertura de banda ancha inalámbrica a través de sus radios con el estándar 802.11 y las

radios de banda ancha privada móvil MEA, ya sea en las calles, empresas o municipalidades, por ejemplo. Presenta redes innovadoras, de gran rendimiento y muy resistentes a interferencias. Estas soluciones son altamente escalables permitiendo la implementación con facilidad, siendo muy rentables. Un punto resaltante es su fácil instalación en infraestructuras tales como postes de luz, además, de conexiones dedicadas y seguras sobre redes públicas.

Esta solución nos permitirá brindar conectividad y movilidad dentro de un entorno minero, tanto a los dispositivos en movimiento como a las estaciones base, en tiempo real. Podremos tener acceso a la red, por ejemplo en vehículos en movimiento. Este portafolio presenta 3 tipos de tecnologías:

1. *MOTOMESH Solo* : Proporciona sólo movilidad a los dispositivos.
2. *MOTOMESH Duo* : Proporciona conexión a Internet vía Wi-Fi.
3. *MOTOMESH Quattro* : Proporciona tanto movilidad como conexión Wi-Fi.

#### 1.3.4 El portafolio wi4 BPL

Las soluciones wi4 BPL proporcionan conectividad a banda ancha combinando la tecnología inalámbrica innovadora con acceso extendido a través de la red eléctrica. Estas soluciones impulsan las posibilidades de un “tercer cable”, proporcionando IP a través de líneas eléctricas. Presenta una extensión simple y rentable sobre las redes existentes, así pues, aprovecha la tecnología ya probada, permitiendo una red inteligente y nuevos accesos para la comunidad. ¿Cómo podría, por ejemplo, ayudar el BPL a las escuelas y universidades? Mediante aplicaciones tales como el acceso de alta velocidad en aulas, oficinas, vigilancia por video en interiores, LAN virtuales, cabinas de comunicaciones, sistemas de alarmas, gestión de energía y servicios de voz sobre IP para estudiantes, cuerpo docente, entre otros.

#### 1.4 El sistema MOTOMESH de Motorola

El sistema MOTOMESH permite que la conectividad de banda ancha inalámbrica para dispositivos móviles y portables utilizando una tecnología de redes enmalladas. La conectividad se proporciona directa o indirectamente (saltando a través de otros puntos centrales) con cualquier otro punto central en la red, proporcionando la entrega segura y la capacidad incrementada de la red mediante

la reutilización geográfica del espectro de frecuencias. Se encuentra diseñado para reunir los requisitos del mercado de datos móviles emergentes, mercados de transporte inteligente y seguridad pública. Un beneficio clave de la tecnología son los bajos costos operativos porque no se requiere un esfuerzo para una red constante y significativa en respuesta a la adición y traslado de los establecimientos, crecimiento de áreas residenciales o construcción de importantes carreteras.

Los suscriptores con acceso pueden soportar comunicaciones móviles con una alta tasa de datos a velocidades en los vehículos por encima de los 160 Km/h, utilizando los terminales de datos estándar móviles, tales como los posibilitadores de dispositivos portables, laptops o dispositivos con una interface PCMCIA. Asimismo, un módem para vehículos se encuentra disponible con conectividad a través de una conexión Ethernet estándar. MOTOMESH proporciona servicios de portador de datos basado en IP, así como servidores de geo-localización integrada con GPS. Las nuevas soluciones de datos de banda ancha inalámbrica ofrecen suficiente ancho de banda para las aplicaciones tales como el acceso en tiempo real remoto a las bases de datos, cámaras de vigilancia o herramientas de reporte. [SPG2010]

Este sistema utiliza tanto la tecnología MEA (Mesh Enabled Architecture) como la 802.11 para proporcionar datos de banda ancha que conecte soluciones en los 2.4 GHz de la banda ISM y los 4.9 GHz para la banda de seguridad pública. Esta tecnología que interconecta redes Mesh proporciona soluciones tanto para el acceso de datos de área de banda ancha inalámbrica, así como la administración del cuadro incidente. En la banda de frecuencia de 4.9 GHz, permite la comunicación de datos de banda ancha libre de interferencia para la seguridad pública o aplicaciones críticas de comisión. Mientras que el riesgo de la interferencia existe para el sistema de operación en bandas de frecuencias no licenciadas a 2.4 GHz, la solución se puede emplear para acceso público o aplicaciones críticas sin comisión, con una voluntad para renunciar a los riesgos de interferencia para ganar ventaja en las tasas de datos y ancho de banda. El sistema MOTOMESH presenta las siguientes características:

- Soporta el modo dual y banda dual proporcionando acceso basado en la tecnología MEA y el 802.11 en las bandas ISM de 2.4 GHz y de seguridad pública a 4.9 GHz.
- La infraestructura de la tecnología Mesh crea una red de retorno inalámbrica de banda ancha en áreas extendidas.

- Comunicación móvil de alta proporción de datos en altas velocidades vehiculares que alcanzan 6 Mbps rebozando las proporciones de datos a un solo usuario a velocidades vehiculares por encima de los 160 Km/h (100 mph) utilizando la tecnología MEA.
- Auto-configuración y auto-reparación del enrutamiento Mesh inalámbrico en áreas extendidas proporcionando la disponibilidad y robustez de la red incrementada.
- Servicios Diferenciados utilizando IP QoS.
- Sistema de manejo de los elementos inalámbricos, incluyendo el manejo de la configuración, reportes, alarmas y mejora remota de la versión del firmware.
- Servicios de transporte y establecimiento de una red IP con un solo MiSC.
- Autenticación del hardware para dispositivos con autenticación 802.1 X/EAP.
- Ubicación geográfica integrada de los subscriptores inalámbricos de la red MEA sin el uso del GPS.

#### 1.4.1 Arquitectura del sistema MOTOMESH

El sistema MOTOMESH comprende los equipos multi-radio de red fija que proporcionan un acoplamiento en la red Mesh de banda ancha inalámbrica mediante una combinación de tecnologías y protocolos en ambas bandas no licenciadas de 2.4 GHz y 4.9 GHz para seguridad pública. La operación de la solución para la creación de una red Mesh de banda ancha inalámbrica consiste en 2 diferentes tecnologías de radio básicas; ambas habilitadas por los mismos algoritmos y protocolos de enrutamiento Mesh escalables. [SPG2010]

El conjunto de tecnologías MEA incluye un protocolo y algoritmo de enrutamiento escalable (MSR). Esta tecnología específica de las redes Mesh habilita el establecimiento de una red inalámbrica en la capa modelo de la comunicación bajo el protocolo de trabajo en redes IP y proporciona capacidades para el establecimiento de una red Mesh entre la red MEA y el 802.11.

Los adaptadores de los clientes del estándar 802.11 pueden acceder a la red a través de los transceptores 802.11 en los equipos de red fija, pero sin ninguna capacidad de creación en la red Mesh. El sistema MOTOMESH comprende diferentes productos de hardware para el desarrollo e implementación de una red Mesh inalámbrica:

- Punto de Acceso Inteligente (IAP)
- Router Inalámbrico Mesh (MWR)
- Módulo de Módem Vehicular (VMM)
- Tarjeta de Módem Inalámbrico (WMC)
- Controlador Móvil de Conmutación (MiSC) que comprende el sistema de manejo de elementos MeshManager y diversos sistemas de red que brindan soporte para la operación del sistema de red mesh inalámbrica, incluidas las plataformas y servidores de transporte de red.

Cada producto cuenta con un kit que incluye todos los accesorios de montaje y antenas necesarias. Asimismo se encuentran disponibles diferentes aplicaciones de software incluida la Aplicación de Posicionamiento Mesh (MPA) y el Analizador de Ubicación Mesh (que se usa como soporte para el despliegue de campo) para los productos de la red Mesh. Además podemos tener: *antenas para suscriptores con montaje para vehículos* (instalación en la maletera o techo), *Kit de extensión de la red T1* (para suministrar conversión de Ethernet a T1), *rutas punto a punto y punto-multipunto Canopy* de respaldo.

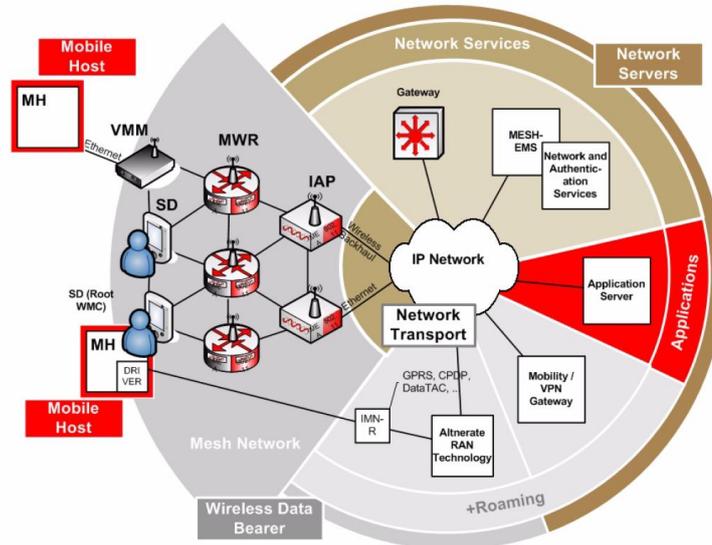


Figura 1.4 Arquitectura del sistema MOTOMESH

Fuente: [Propiedad de Motorola]

Un sistema MOTOMESH comprende:

- Dispositivos suscriptores (WMC y VMM).
- Un MiSC.
- Uno o más IAP y cualquier número de MWR

- La combinación de componentes inalámbricos de infraestructura (IAP y MWR) dependerán de la implementación y despliegue de la radiofrecuencia y de los requisitos del cliente.
- Un servidor RADIUS para autenticación del cliente 802.11

La arquitectura del sistema se describe como una solución completa del sistema, con los principales grupos de componentes. La figura 1.4 muestra la arquitectura del sistema, donde se enfatizan la distinción entre los productos y los servicios. En general, el sistema consiste en dispositivos suscriptores o adaptadores de clientes que se conectan a la infraestructura de una red fija vía routers inalámbricos o IAP. Como podemos ver, el IAP sirve como vía de acceso a la red central inalámbrica, la cual proporciona gestión de elementos y servicios de red.

La tecnología MEA brinda soporte tanto a la infraestructura como los enmallados de los clientes, lo que permite la movilidad fluida de la banda ancha sin interrupción y la creación de redes Ad-hoc para los nodos de infraestructura y de los abonados. El enmallado de la infraestructura crea una red sólida y graduable con el objetivo de que se realicen enlaces de comunicación inalámbrica de banda ancha con una red básica conectada, así como un enlace de comunicación entre iguales. Mientras que cada dispositivo de la red MEA es parte de la red inalámbrica (por ejemplo, cada dispositivo del cliente es un enrutador/repetidor), el enmallado del cliente permite que los usuarios finales puedan formar, de manera inmediata, una red inalámbrica de banda ancha entre ellos.

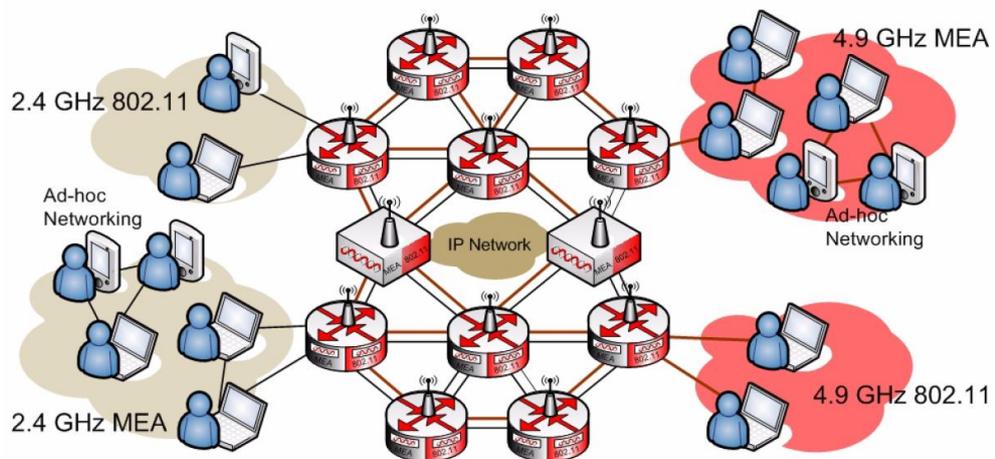


Figura 1.5 Acceso de Banda Ancha Multi-Radio en el sistema MOTOMESH

Fuente: [Propiedad de Motorola]

El sistema MOTOMESH es efectivamente dos pares de redes en malla inalámbrica simultánea: un par en la banda no licenciada de 2.4 GHz y el otro par en la banda de seguridad pública de 4.9 GHz.

#### 1.4.2 Teoría Básica de Operación

En general, el sistema consiste en una red en malla inalámbrica (por ejemplo, la red de acceso de radio) y una red central (por ejemplo una red de distribución y los servidores de red). Los suscriptores acceden a la infraestructura de red fija usando tanto dispositivos suscriptores MEA como adaptadores de clientes 802.11. Los primeros están habilitados y son capaces de lograr diferentes escenarios de red, incluido el enrutamiento cliente-cliente-red; y los adaptadores de clientes 802.11 ven los nodos de la red fija simplemente como un punto de acceso 802.11.

Los suscriptores MEA pueden desplazarse sin problemas a través de la red, integrando la geo-localización integrada y transmisiones de alta velocidad para vehículos que se desplazan a grandes velocidades. Los multi-radios en el MWR y el IAP están habilitados en malla, donde cada enlace en la red de 2.4 GHz o 4.9 GHz se auto-forman y auto-reparan, lo que proporciona un enrutamiento multi-salto dinámico a la red o entre otros nodos. La figura 1.6 muestra la arquitectura y la topología del sistema para la red inalámbrica y la gestión de claves y servicios de red en los servidores de la red básica.

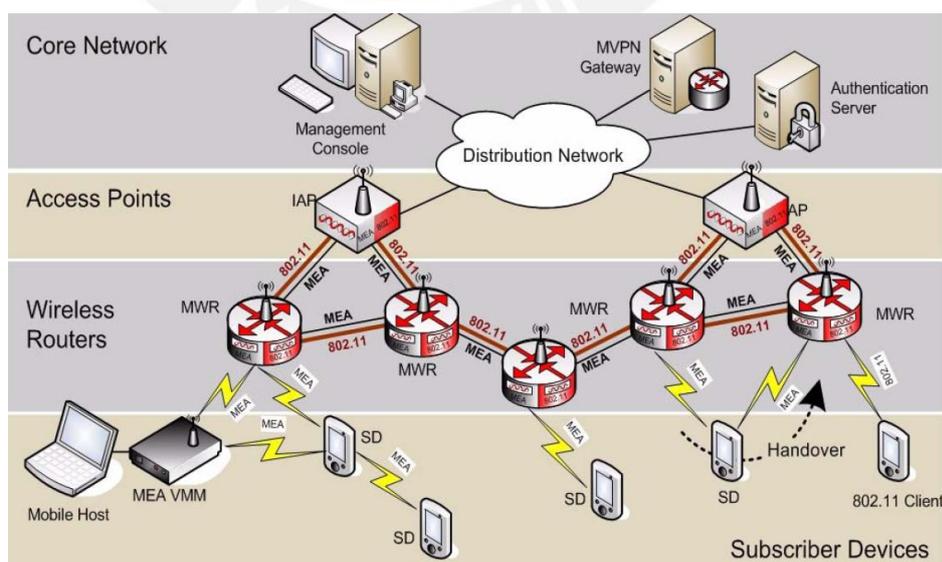


Figura 1.6 Red Inalámbrica de Banda Ancha Multi-radio

Fuente: [Propiedad de Motorola]

Se exige que cada suscriptor y nodo fijo en el sistema se autentique con la red, donde se utiliza la autenticación secreta compartida para los MWR's y los IAP's; y la autenticación EAP/802.1X se utiliza para autenticar tanto a los suscriptores MEA como a los clientes 802.11. Los suscriptores MEA se autentican utilizando un intercambio de EAP. Los suscriptores MEA se autentican utilizando un intercambio de EAP con un servidor de autenticación (HAS), que es un servicio que normalmente funciona con la plataforma del hardware de MeshManager. El IAP es el referente 802.1X para los suscriptores de MEA, y realiza un chequeo de las integridad de los mensajes al ingresar a la red. Los clientes 802.11 autentican utilizando un intercambio de EAP a un servidor de autenticación RADIUS, y el dispositivo fijo al cual el cliente 802.11 asocia los servicios como el autenticador 802.1X. El sistema también proporciona capacidades al sistema de manejo de elementos mediante un servidor de gestión de elementos.

#### 1.4.3 Operación en Banda No Licenciada

El sistema MOTOMESH proporciona servicios de red de datos inalámbricos utilizando la banda no licenciada 2.4 GHz ISM. El uso del espectro no licenciado representa un medio viable de suministro de servicios de banda ancha inalámbrica para determinadas necesidades y aplicaciones de los clientes. En general, existen preocupaciones acerca de la viabilidad de la operación en la banda no licenciada y los riesgos asociados con la interferencia desde otros dispositivos en la misma banda. La tecnología MEA sí proporciona resistencia a la interferencias no deseadas mediante la topología de red Mesh y los mecanismos de acceso al medio multi-canal.

¿Cuán riesgoso es utilizar el espectro no licenciado? Es relativamente claro que cualquier solución 2.4 GHz no debería utilizarse como una solución ante una misión crítica para un área extendida o metropolitana de datos. A fin de cuentas, el riesgo de utilizar el espectro no licenciado se reduce al minimizar el impacto de los escenarios potenciales de interferencia. Con esto, el único riesgo es el potencial para el bajo rendimiento en algunas áreas (por ejemplo, el riesgo de no cumplir con la fiabilidad de cobertura, que no es debido al diseño RF pero sí a la interferencia no planificada).

El sistema MOTOMESH utiliza tanto la tecnología MEA como 802.11 en la banda ISM 2.4 GHz. La operación multi-radio y la tecnología de acceso al medio

multi-canal MEA proveen resistencia a la interferencia en la banda no licenciada. Por ejemplo, la interferencia en el canal 204 GHz, 802.11 provocará un nodo de red mesh fija inalámbrica para encaminar el tráfico por los enlaces 2.4 GHz MEA. Los transceptores de la red 2.4 GHz MEA pueden desviar el tráfico de forma dinámica por los canales múltiples y la misma tecnología de la capa física de MEA proporciona cierta resistencia a la interferencia co-canal. Asimismo, las capacidades de enrutamiento dinámico de la tecnología de la red Mesh permite la posibilidad de seleccionar rutas alternativas si un módulo está experimentando un rendimiento bajo debido a la interferencia RF. Es decir, cada ruta se analiza a lo largo del camino, desde el origen hasta el destino, para determinar el mejor enlace de radio, MEA o 802.11, a utilizarse. [SPG2010]

### 1.5 La Tecnología MOTOMESH Solo

MOTOMESH Solo de Motorola es una solución de Wi-Fi Mesh de alto rendimiento diseñada para cumplir con los más estrictos objetivos de costo – eficiencia por kilómetro cuadrado, para vehículos en movimiento a altas velocidades y con retorno sobre la inversión. MOTOMESH Solo es parte del portafolio MOTOWi4 de tecnologías de acceso a banda ancha inalámbrica y brinda a las empresas, municipalidades y/o proveedores de servicios un nuevo nivel de flexibilidad económica y de protección de la inversión. Proporciona una amplia y rentable cobertura de banda ancha inalámbrica móvil a muy altas velocidades. Además, brinda un nuevo nivel de seguridad pública y eficiencia, ayudando a mejorar las operaciones y comunicaciones, facilitando el acceso público a Internet por parte de las empresas. La tecnología de redes Mesh de Motorola permite a los usuarios tener de acceso de manera inalámbrica y transparente a las aplicaciones de banda ancha, prácticamente en cualquier momento y en cualquier lugar brindando información en tiempo real a todo el personal que pueda tener acceso a la red. Esta tecnología reduce considerablemente los costos de transmisión de datos de grandes redes y aprovecha los millones de dispositivos equipados con Wi-Fi que ya están en uso a nivel mundial. Los equipos y sus pequeños tamaños, mínimo impacto visual y bajo consumo de energía, le imparten flexibilidad para ubicarlos en diferentes lugares, a su vez, permitiendo una rápida instalación. [SPG2010]

Por lo tanto, es preciso recalcar que MOTOMESH Solo es una solución de movilidad robusta y dedicada, que brinda servicios de voz, datos, video y localización de usuarios móviles y personal de campo, siendo este el caso. Esta

tecnología está basada en la implementación de una *red MEA*, la cual me permite tener conexión a Internet, envío de datos, audio y video en tiempo real, incluso cuando nos encontramos en vehículos en movimiento a altas velocidades, teniendo como límite los 160 Km/h.

En conclusión, esta tecnología me permite tener acceso a Internet encontrándome en movimiento dentro del rango de cobertura de los dispositivos de la red. Además, me ofrece el poder brindar acceso a Internet inalámbrico mediante Wi-Fi, dado que sus dispositivos contienen un puerto Ethernet, el cual permite conectar un AP, pudiéndose de esta manera brindar cobertura a una determinada zona o área de trabajo en el campo minero, por ejemplo, zonas donde es primordial contar con la ventaja de la movilidad en los equipos.

### 1.5.1 La Red MEA

El origen de la solución MEA de Motorola nació a raíz del proyecto DARPA, para desarrollar un sistema de comunicación en las guerras, brindando una comunicación confiable de banda ancha militar, en cualquier sitio del campo de batalla y los beneficios de esta tecnología ayudaron directamente a las necesidades militares. Con esto se pudo proveer a las tropas una comunicación instantánea a través del campo de batalla entre los diferentes medios de transporte militares, sin la necesidad de desplegar grandes antenas o torres. La red se veía alimentada por la radio de cada soldado, creando una web interconectada de radio que automáticamente extienden su cobertura y la robustez de la red, cada vez que un usuario se une a ella. El sistema está diseñado para aumentar la noción táctica añadiendo soporte para datos en tiempo real y conexión de video a cada soldado y comandante en el campo de batalla. Lleva muchos años en el campo probándose y desplegándose dicha red.

La tecnología de establecimiento de redes Mesh de Motorola permite al usuario tener conectividad inalámbrica usando aplicaciones críticas de banda ancha sin ataduras, en cualquier lugar y en cualquier momento. Auto-formación, auto-reparación y ruteo auto-balanceado permiten convertir a los dispositivos inalámbricos en una sola red, ofreciendo una solución inalámbrica sin necesidad de torres. Si se utiliza la infraestructura de una red que ya ha sido desplegada, o si se va a implementar una red de banda ancha con otros usuarios, la tecnología

de establecer redes Mesh de Motorola distribuye datos en tiempo real para detectar, prevenir y responder a las necesidades que se originen en la red.

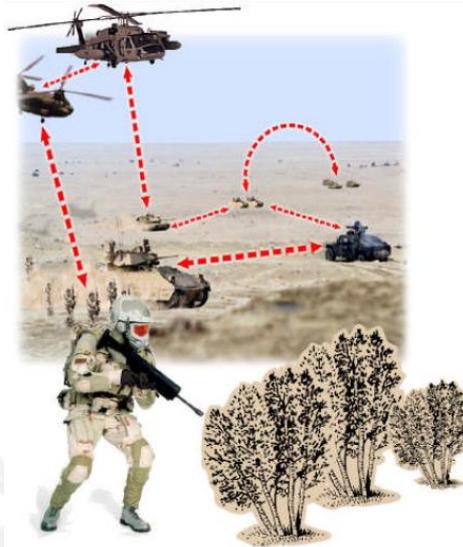


Figura 1.7 Origen de la Tecnología MEA

Fuente: [Propiedad de Motorola]

Motorola a mejorado la arquitectura y capacidades que se pueden encontrar en una red cableada de Internet, y hacerla móvil. La solución inalámbrica MEA (arquitectura que soporta Mesh) es una solución flexible y escalable que puede maximizar la performance y eficiencia del ancho de banda de una red inalámbrica. La red MEA nos proporciona muchas ventajas, tales como:

- Estructura multipunto basada en puntos de acceso, repetidores inalámbricos y terminales de abonado que permiten conectividad mallada entre ellos.
- Red mallada digital en la banda sin licencia (2.4 GHz).
- Presenta una capacidad aérea de hasta 6 Mbps. Altos rangos de datos.
- No necesita de infraestructuras.
- Permite roaming y velocidades superiores a 200 millas por hora (160 Km/h).
- Brinda una interfaz Ethernet.
- Está basada 100% en tecnología IP.
- Presenta una alta resistencia a interferencias.
- Disponibilidad de tarjetas tipo PCMCIA.
- Provee una interfaz de administración web (http).
- Provee una administración remota por agentes SNMP.
- Soporta Servicios Diferenciados utilizando Calidad de Servicio en IP.

### 1.5.2 Ventajas de la Arquitectura de la red MEA

- **Auto-Configuración:** Gracias a que los nodos de una red Mesh tienen la capacidad de conocer dispositivos vecinos y aprender las rutas hacia los demás nodos, no es necesario que cada uno de ellos tenga que configurarse. Además, permite descubrir nuevos dispositivos instalados en la red, construye y mantiene sus propias tablas de enrutamiento en tiempo real. Por ende, esta capacidad reduce la necesidad de administrar la red.
- **Auto-Reparación:** Como los nodos de una red inalámbrica Mesh conocen a los dispositivos que se encuentran a su alrededor y aprenden dinámicamente los enlaces hacia los demás nodos pertenecientes a la red, se genera una compensación automática en caso de fallas o por ejemplo, cuando se retire un nodo de la red. La creación dinámica de rutas se encarga de las congestiones y fallas en los nodos que conforman toda la red inalámbrica. Todo esto, es gracias al proceso de Multi-Hopping.

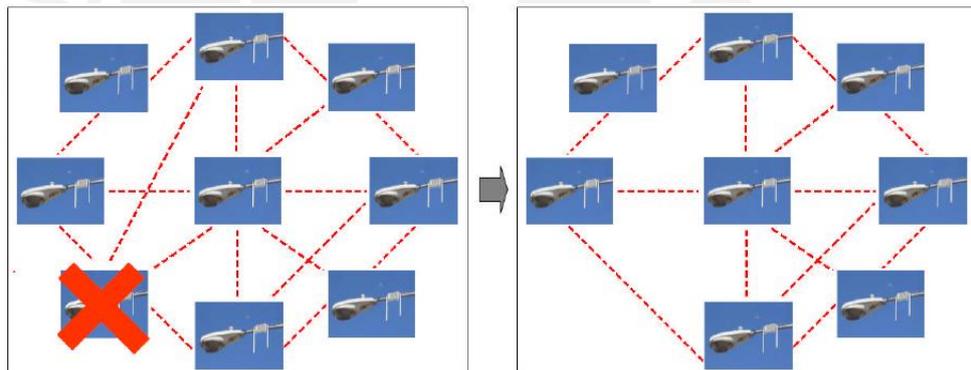


Figura 1.8 Auto-configuración y auto-reparación en una red MEA

Fuente: [Elaboración Propia]

- **Escalabilidad:** Se puede extender el área de cobertura de una red inalámbrica Mesh bajo una arquitectura MEA, simplemente añadiendo nuevos nodos en las ubicaciones apropiadas, donde exista comunicación con otros nodos de la red. Sin embargo, el número de nodos disponibles y el límite máximo del número total que se pueden obtener es variado, debido a la base de su organización física y el ambiente técnico operacional.
- **Eficiencia espectral:** La red MEA utiliza un reuso del espectro de frecuencias, lo cual es mejor en comparación a las soluciones basadas en celdas.
- **Conectividad sin línea de vista:** La red MEA elimina este problema.

- **Infraestructura sin torres:** La tecnología Multi-Hopping elimina la necesidad de utilizar torres y/o costosas estructuras.
- **Alta transferencia de datos:** La arquitectura de una red MEA ofrece altas velocidades de transferencia de datos a dispositivos de clientes móviles.
- **Soporte del protocolo IP de extremo a extremo:** En cualquier momento y en cualquier lugar, sin modificaciones o puertas de enlaces especiales.
- **Establecimiento de una red punto a punto:** Los clientes con una tarjeta MEA pueden formar su propia red punto a punto en cualquier lugar.

### 1.5.3 Componentes de la Arquitectura MEA

La red MEA está compuesta por cinco (5) elementos de hardware y software: una Tarjeta Módem Inalámbrico (WMC), un Módem de Montaje en Vehículos (VMM), los cuales forman parte de los *dispositivos suscriptores*; un Router Inalámbrico Mesh (MWR), un Access Point Inteligente (IAP), llamados también *dispositivos de infraestructura*; y finalmente, el Controlador de Móvil de Conmutación de Internet (MiSC).

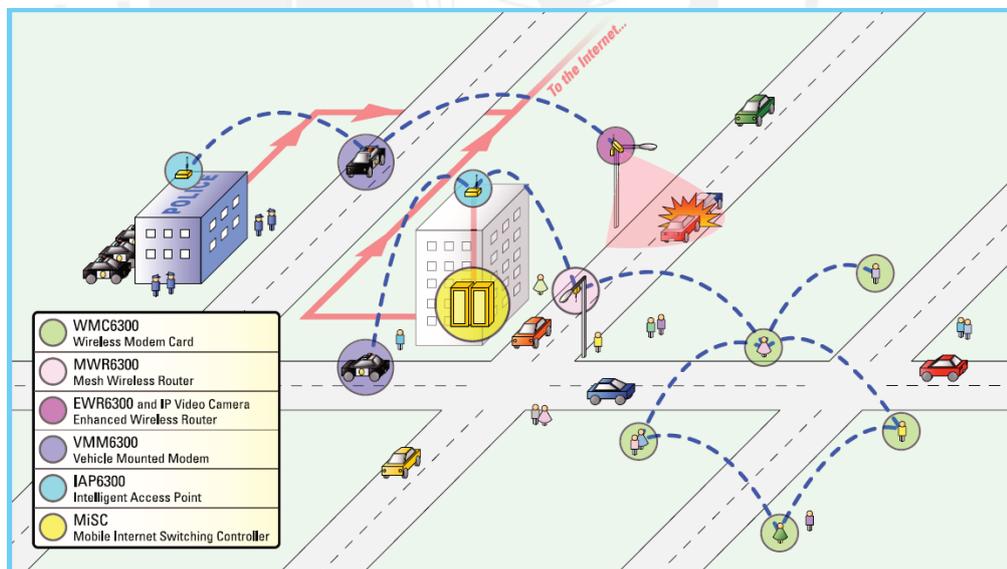


Figura 1.9 Componentes de la arquitectura MEA

Fuente: [Propiedad de Motorola]

#### 1.5.3.1 Tarjeta Módem Inalámbrica (WMC6300)

Cuando no es físicamente posible la comunicación en un área geográfica utilizando una tecnología convencional inalámbrica se debe considerar el uso de una tecnología RF desplegada para extender la distancia de transmisión de la

estación mientras opera en una banda de frecuencias ISM no licenciada. Un ejemplo de este tipo es la Tarjeta Módem Inalámbrica (WMC) 6300.

El WMC6300 permite al usuario MEA acceder a aplicaciones de banda ancha de manera inalámbrica y crear redes Ad-hoc móviles. Insertando la Tarjeta Módem Inalámbrica podemos transferir 6 Mbps de audio y video de manera rápida y una efectiva localización de la posición de los usuarios, así como otros servicios que pueden ser añadidos a dispositivos con una ranura PCMCIA. La tecnología MEA permite a la WMC6300 actuar como un router/repetidor en una red MEA de 2.4 GHz, incrementando la robustez y la cobertura sin ningún costo adicional. Los usuarios pueden formarse instantáneamente con o sin infraestructura de redes desplegadas.



Figura 1.10 Tarjeta Módem Inalámbrico WMC6300 MEA

Fuente: [WTI2009]

WMC6300 utiliza el protocolo de radio propietario QDMA, la cual utiliza la técnica de transmisión DSSS en la banda de frecuencias ISM 2.4 GHz, las redes mesh extienden el rango de transmisión de la estación cliente. Esto permite una comunicación de aproximadamente una (1) milla con línea de vista en comparación del protocolo inalámbrico IEEE 802.11b, cuyo rango máximo es de 300 pies. Este protocolo incluye una capacidad de corrección mejorada de errores sobre la tecnología 802.11, así como un algoritmo de ecualización en tiempo real. Este último utiliza una señal de entrenamiento para ajustar automáticamente un receptor a un transmisor permitiendo que el receptor compense las rápidas variaciones de la señal, comúnmente generadas en un entorno móvil donde la potencia de la señal puede aumentar o decaer en base a los movimientos de dos dispositivos comunicándose de manera punto a punto.

Esta tarjeta es fabricada como Tarjeta PCMCIA, que soporta rangos de datos de 1.5, 3 y 6 Mbps. La potencia de salida es de hasta 22 dBm en la banda de

frecuencia 2.4 GHz, utilizando el protocolo propietario QDMA. La tecnología inalámbrica QDMA utiliza cuatro (4) canales no superpuestos en comparación de los tres (3) utilizados por el equipamiento IEEE 802.11 b/g. Un canal es usado por motivos de control y los otros tres para transferencia de datos. El canal de control funciona como coordinador para la transmisión de datos entre dispositivos dentro de un área geográfica.

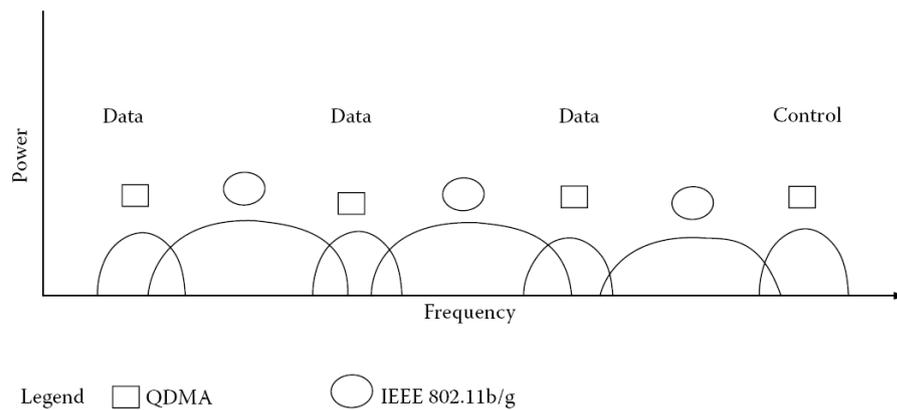


Figura 1.11 Relación de canales entre QDMA y la IEEE 802.11b/g

Fuente: [TAY2005]

La Figura 1.11 muestra la relación de los canales entre el protocolo QDMA de MeshNetworks y el equipo conformado por los estándares IEEE 802.11b/g. A primera impresión puede parecer que los dos protocolos pueden interferirse entre ellos, es importante notar que los dispositivos IEEE 802.11b/g se encuentra limitados en su operación con cada uno de los tres canales disponibles. Debido a que el protocolo multicanal QDMA puede utilizar cualquier canal de datos para la transmisión a través de la una locación de canal dinámico, es posible seleccionar un canal de datos que minimice la interferencia con la existente IEEE 802.11b/g de la red inalámbrica LAN. Por supuesto, si hay tres canales IEEE 802.11b/g dentro de un rango pequeño entre ellos en diferentes canales, la locación de canal dinámico del protocolo QDMA puede experimentar dificultades al seleccionar un canal con mínima interferencia.

Uno de los aspectos más interesantes de este producto es la forma en la que se provee la capacidad de localización. El protocolo QDMA incluye un mecanismo de localización. Esta locación permite a otras radios en la red Mesh utilizar una señal de triangulación para determinar la posición de un cliente en la red Mesh con una eficiencia de aproximadamente diez (10) metros. Debido a que el

método de locación QDMA no depende del uso de satélites, puede operar en muchos lugares donde es difícil obtener una posición GPS. [TAY2005]

Este dispositivo presenta **las siguientes ventajas:**

- *Banda ancha móvil con ráfaga de datos de 6 Mbps.*
- *Administración de red a través del aire.*
- *Servicio de voz y video de alta calidad.*
- *Ubicación de posición y servicios de navegación.*
- *Permite crear redes punto a punto en cualquier lugar.*

Características de la WMC6300	
Chipset	Motorola MN2064A
Potencia de Salida	23 dBm Nominal
Modulación de RF	QDMA
Frecuencia de Operación (GHz)	2.4 – 2.4835 (2da. Banda ISM)
Máxima ráfaga de datos	6 Mbps
Uso del Espectro	60 MHz
Tipo de Antena	Omnidireccional, 2 dBi
Conector de antena	MMCX
Host Interface	PCMCIA
Potencia	
Consumo de Potencia (Tx)	3.3 W
Consumo de Potencia (Rx)	1.5 W
Físico	
Dimensiones	8.6 cm x 5.4 cm x 0.5 cm
Peso	30.8 g
Empaquetamiento	Estándar PCMCIA

Tabla 1.1 Características técnicas y físicas de la WMC6300  
Fuente: [Elaboración Propia]

### 1.5.3.2 Router Inalámbrico Mesh (MWR6300)

En una red cableada convencional, el router funciona como un dispositivo de repetición, encaminando el tráfico de una red hacia otra hasta el destino final. En una red inalámbrica, el router realiza una función similar, sin embargo, el ruteo representa una o varias funciones realizadas por este dispositivo. Otras funciones claves son el uso de un algoritmo de ruteo móvil mejorado por un algoritmo de corrección de errores para minimizar los errores causados por la

radiofrecuencia; y un rango de transmisión sobre el aire extendido en comparación a los dispositivos LAN IEEE 802.11 y tal vez, la más obvia, la habilidad de soportar redes Mesh.

El enrutador inalámbrico Mesh es un dispositivo pequeño de bajo costo que se utiliza principalmente para ofrecer cobertura inalámbrica en grandes zonas geográficas, campos universitarios o aplicaciones dentro de edificios. Estos dispositivos se utilizan normalmente para generar semillas en nuevas implementaciones de redes y asegurar la cobertura suficiente mientras crece la cantidad de clientes. Debido a que una arquitectura Mesh es robusta, los MWR permiten que diferentes tipos de datos y video puedan realizar múltiples saltos, permitiendo las comunicaciones sin línea de vista entre clientes e IAP's en una red Mesh de banda amplia con IAP6300 instalados. La figura 1.12 muestra el router montado en un poste exterior. Con un peso un poco mayor a 1 Kg, es elemento pequeño y liviano que puede ser utilizado tanto dentro de edificios como en áreas geográficas extensas. Este router utiliza una antena omnidireccional de 8 dBi y como el WMC6300 puede operar a 1.5, 3 y 6 Mbps.



Figura 1.12 Instalación de un MWR6300 en los exteriores

Fuente: [Propiedad de Motorola]

Similar a las tarjetas WMC6300, los MWR operan en la banda de frecuencia ISM de 2.4 GHz utilizando el protocolo QDMA y con una potencia de salida de hasta 22 dBm. Este router funciona como un repetidor o un extensor de rango, permitiendo a los clientes distantes de los IAP's tener acceso a la red.

El MWR6300 extiende la cobertura y la conectividad de una red Mesh de banda amplia con el IAP6300 de 2.4 GHz al entrelazar juntos los puntos de acceso y los usuarios. Este dispositivo puede ser instalado tanto en interiores como en exteriores. [TAY2005]

Los MWR permiten comunicaciones sólidas sin visibilidad directa entre los usuarios y la red. También pueden actuar como puntos de referencia para la ubicación de posición de usuarios y /o vehículos dentro de la red de banda amplia con el IAP 6300 de 2.4 GHz. El MWR6300 sólo necesita energía para el funcionamiento mientras los datos se transmiten de manera 100% inalámbrica entre nodos.

Características de la radio MWR6300	
Potencia de Salida	Hasta 25 dBm
Modulación de RF	QDMA
Frecuencia de Operación (GHz)	2.4 – 2.4835 (2da. Banda ISM)
Máxima ráfaga de datos	6 Mbps
Uso del Espectro	60 MHz
Tipo de Antena	Omnidireccional, 8 dBi
Conector de antena	Tipo N
Potencia	
Requerimientos de potencia	90 a 264 VAC, 47-60 Hz monofásico
Consumo de Potencia	10 W máximo a 120 VAC
Físico	
Dimensiones	7.6 cm x 11.5 cm x 14.6 cm
Peso	1.18 Kg
Empaquetamiento	NEMA 4

Tabla 1.2 Características técnicas y físicas de la MWR6300

Fuente: [Elaboración Propia]

Las **ventajas** presentadas por el MWR6300 son las siguientes:

- **Compacto y de bajo costo:** Los MWR6300 utilizan la misma tecnología de transceptor desarrollada para las WMC6300.
- **Fácil de instalar e implementar:** Están diseñados para su montaje en postes de energía eléctrica, vallas publicitarias, edificios, etc. Cuenta con un hardware de montaje sencillo y una conexión eléctrica de complemento aceleran su implementación.
- **Balanceo de red automático:** Los enrutadores inalámbricos equilibran inteligentemente el tráfico entre la demanda del cliente y los recursos de la red. La utilización de los recursos de la red se optimiza constantemente, lo que reduce los gastos de mantenimiento y operación de la red.
- **Actualizaciones vía interfaz aérea:** Los equipos se pueden actualizar los equipos de manera inalámbrica.

- **Permite una red sin necesidad de línea de vista:** Los MWR6300 permiten la comunicación entre los clientes y los IAP's sin la necesidad de tener línea de vista; así como entre los dispositivos clientes de una red Mesh.
- **Soporta conexiones de extremo a extremo según estándares IP:** Como una parte de la solución MEA, los MWR admiten transparentemente aplicaciones y dispositivos que requieran conexiones extremo a extremo utilizando el protocolo IP. Estos maximizan las inversiones existentes realizadas en hardware y software de clientes, mientras que elimina la capacitación para nuevas aplicaciones para este tipo de red.

### 1.5.3.3 Punto de Acceso Inteligente (IAP6300)

En el entorno de una red Mesh, un AP provee un nivel similar a la funcionalidad que un AP usado en una red LAN inalámbrica convencional. Es decir, el AP opera como un puente, proveyendo un mecanismo para enviar los datos del mundo inalámbrico RF hacia el mundo alámbrico y viceversa.

El IAP6300 es un dispositivo pequeño, de bajo costo, que ofrece una máxima ráfaga de datos de 6 Mbps para transmisión de voz, video y comunicación de datos. Si se necesita una mayor capacidad de la red, se pueden adicionar e instalar fácilmente otros IAP's, sin la necesidad de extender la RF o la planeación del sitio. La localización del IAP no es crítica debido a la auto-configuración, auto-reparación y el auto-balanceo.

Este dispositivo opera en la capa MAC. Utiliza la dirección MAC como un criterio de decisión para enviar, inundar o filtrar datos entre la red inalámbrica y cableada. Para completar esta tarea, el IAP aprende la dirección MAC asociada con los lados inalámbricos y alámbrico que son considerados para representar distintos puertos que permitan al AP elaborar tablas de puertos/direcciones.

Cuando el IAP se enciende, la tabla puertos/direcciones se encuentra vacía. Así, la primera trama de datos recibido es inundado al puerto en vez de hacerlo en el puerto en que fue recibido. Al mismo tiempo, el IAP observa la MAC origen, la dirección y el puerto en el que la trama fue recibida, ingresando esta dirección y el puerto a la tabla puerto/dirección. Si una trama subsecuente es recibida y tiene la misma dirección destino en la entrada de su tabla, es enviado al puerto asociado con la dirección destino. La única excepción a esta situación es cuando

el puerto en el que la trama fue recibida coincide con la dirección destino del puerto en la tabla asociada. Debido a que sería ilógico regenerar la trama de vuelta al puerto donde fue recibido, por lo que la trama es filtrada o eliminada. Por ello un IAP opera en base a las 3 F's: Forwarding (envío), Filtering (filtrado) y Flooded (inundación). [SPG2010]

Debido a que la red Mesh permite a los clientes reenviar mensajes, la localización del IAP no es crítica. Por eso, mientras el cliente pueda comunicarse con los demás clientes y uno de ellos pueda comunicarse con el IAP, entonces todos tendrán esa capacidad. El uso del IAP se convierte en un protocolo de soporte de tráfico en vez de enfocarse en el área geográfica de cobertura. Así se puede monitorear el tráfico en hot-spots donde la cobertura inalámbrica es provista para determinar si un incremento de la capacidad es requerida. Si es así, se añade un IAP6300 adicional sin tener que preocuparse por la configuración porque los IAP's operan en la capa 2. Esto significa que un nuevo IAP puede integrarse automáticamente a la red.

El IAP6300 es similar al MWR6300, el cual puede ser utilizado en interiores y exteriores. Soporta el protocolo propietario de modulación QDMA, el cual permite una transmisión de ráfaga de hasta 6 Mbps, similar a la Tarjeta Módem Inalámbrica. La figura 1.13 muestra como el IAP6300 es montado en un ambiente exterior. Así como los routers, los IAP pueden ser montados en postes, edificios, etc., que permitan proveer un nivel de transmisión sin obstrucciones.



Figura 1.13 El IAP6300 y su fácil instalación en los exteriores

Fuente: [TAY2005]

En adición a la actuación como puente entre las redes inalámbricas y alámbricas, el IAP provee un punto de referencia fija para la locación de los

dispositivos móviles. En conjunto a otra IAP, el dispositivo móvil de un cliente puede ser triangulado para que su posición sea conocida en adición, el software usado por el IAP para la comunicación con el MiSC, así como con los routers y dispositivos de los clientes. Cuando se comunica con el MiSC, el IAP es capaz de observar el estado de toda la red.

Este dispositivo presenta **las siguientes características:**

- *Admite movilidad de alta velocidad:*
- *Fácil de instalar e implementar*
- *Hasta 6 Mbps de despliegue de datos por IAP*
- *Ubicación de posición rápida y precisa*
- *Manejo de red y monitoreo*
- *Admite el IP estándar de la industria de extremo a extremo*

Características de la radio IAP6300	
Potencia de Salida	Hasta 25 dBm
Modulación de RF	QDMA
Frecuencia de Operación (GHz)	2.4 – 2.4835 (2da. Banda ISM)
Máxima ráfaga de datos	6 Mbps
Uso del Espectro	60 MHz
Tipo de Antena	Omnidireccional, 8 dBi
Conector de antena	Tipo N
Red	
Software de manejo de red	MeshManager vía SNMP
Interface de software	10/100 Mbps Ethernet, conector RJ-45
Potencia	
Requerimientos de potencia	90 a 264 VAC, 47-60 Hz monofásico
Consumo de Potencia	12 W máximo a 120 VAC
Físico	
Dimensiones	15.9 cm x 15.9 cm x 10.2 cm
Peso	1.99 Kg
Empaquetamiento	NEMA 4

Tabla 1.3 Características técnicas y físicas del IAP6300

Fuente: [Elaboración Propia

#### 1.5.3.4 Módem con Montaje para Vehículos (VMM6300)

Con un diseño compacto y sólido, el VMM convierte cualquier vehículo en una oficina móvil. Los terminales de datos móviles (MDT), las cámaras de video IP y

otros dispositivos disponibles para IP pueden acceder a una red de banda ancha móvil de alta velocidad por medio de un puerto Ethernet RJ-45 estándar. Éste módem inalámbrico económico y de alto rendimiento admite índices de despliegue de datos de hasta 6 Mbps a velocidades superiores a las 100 mph.

El VMM6300 proporciona acceso de ancho de banda elevado a información de misión crítica durante viajes. Las consultas a bases de datos remotas, el envío de informes en el lugar, las transferencias de archivos de múltiples megabytes y las transmisiones de video en directo ayudan a que el personal de campo sea más eficiente.



Figura 1.14 Dispositivo suscriptor VMM6300 para los vehículos  
Fuente: [Propiedad de Motorola]

A diferencia de otras tecnologías móviles de banda ancha que proveen limitadas velocidades de subida, este dispositivo soporta velocidades de hasta 6 Mbps tanto de subida como de descarga, es decir, presenta velocidades de transmisión simétrica y bidireccional. Fotografías y video en vivo para vehículos en el campo puede ser monitoreado remotamente por otros usuarios o centros de operación remota. Asimismo, este dispositivo está diseñado para uso continuo en aplicaciones comerciales y vehículos públicos, operando en entornos de trabajo donde ocurren golpes, vibraciones y calor.

El VMM6300 presenta **las siguientes características:**

- *Diseñado para datos durante viajes:* Está diseñado para brindar un uso resistente en vehículos públicos y comerciales, este dispositivo sólido y compacto está fabricado para resistir el calor, los golpes y la vibración. El VMM funciona en 12 VCC nominales (9 a 16 VCC) y puede montarse en cualquier orientación para una máxima flexibilidad.

- Administración de la red vía aérea
- Servicio de ubicación de posición y navegación
- Creación de redes punto a punto en cualquier lugar
- Soporta conexiones de extremo a extremo según estándares IP

Físico	
<b>Dimensiones</b>	20.3 cm x 13.9 cm x 5.1 cm
<b>Peso</b>	0.9 Kg
<b>Empaquetamiento</b>	IP544 (cubierta industrial)

Tabla 1.4 Características físicas del VMM6300

Fuente: [Elaboración Propia]

Características de la radio VMM6300	
<b>Potencia de Salida</b>	Hasta 25 dBm
<b>Modulación de RF</b>	QDMA
<b>Frecuencia de Operación (GHz)</b>	2.4 – 2.4835 (2da. Banda ISM)
<b>Máxima ráfaga de datos</b>	6 Mbps
<b>Uso del Espectro</b>	60 MHz
<b>Tipo de Antena</b>	Omnidireccional, 8 dBi
<b>Conector de antena</b>	Tipo N
Potencia	
<b>Requerimientos de energía</b>	De 5.0 a 15 VDC
<b>Conectores de alimentación</b>	12 VDC, cable de potencia con fusible (4.57 m).
<b>Consumo de Potencia</b>	10 W máximo
Red	
<b>Software de Administración de red</b>	Mesh Manager vía SNMP
<b>Interface de red</b>	10/100 Mbps Ethernet, conector RJ-45
<b>Dispositivos de red configurables</b>	3 direcciones IP asignables – se necesita un hub para conectar más de 1 dispositivo.

Tabla 1.5 Características técnicas del VMM6300

Fuente: [Elaboración Propia]

### 1.5.3.5 El MiSC

Aún cuando muchos proveedores ofrecen tarjetas, routers y puntos de acceso, algunos incluyen un *switching controller* en su línea de productos. Se puede ver un switching controller como un hub centralizado en una red Mesh ya que pueden interconectarse mediante cableado con los AP's distribuidos. El switching controller típicamente incluye una serie de funciones de manejo incluyendo monitoreo de eventos de redes y un resumen detallado de estadísticas concerniendo las operaciones de la red. Además, pueden incluir

funcionalidades adicionales de operación como un bridge entre las redes Mesh y las redes cableadas.

En la red de banda ancha móvil MEA, el sistema MiSC (Controlador móvil de conmutación de Internet) brinda funciones de enrutamiento, conmutación y administración, También proporciona conexión a la red mundial. El hardware MiSC está compuesto por componentes estándar, enrutadores y gateways de paquetes, gateways VoIP opcionales y servidores de redes de aplicaciones.

El Switching Controller móvil representa una computadora escalable que provee ruteo, switching y manejo de funciones para una red Mesh. Las funcionalidades del MiSC incluyen operaciones como servidores DHCP/DNS para clientes conectados al dispositivo vía IAP's. Esa conexión ocurre a través del uso de líneas especializadas o cables de ruteo a través de edificios o áreas de campus. Debido a que el MiSC también provee autenticación a clientes, así como es capaz de soportar encriptación IP VPN también puede incorporar funciones relacionadas a la seguridad.

En una arquitectura Mesh, el MiSC es una interface a una o más IAP's proveyendo un control centralizado de redes inalámbricas. Debido al diseño modular, el MiSC provee acceso a la PSTN e Internet a los clientes vía uno o más IAP's. Los administradores del sistema pueden supervisar y mantener sus redes a través del **software MeshManager**. Asimismo, el MiSC proporciona todas las herramientas necesarias para la provisión y administración de clientes e infraestructura de redes. MeshManager se ejecuta en servidores estándar.

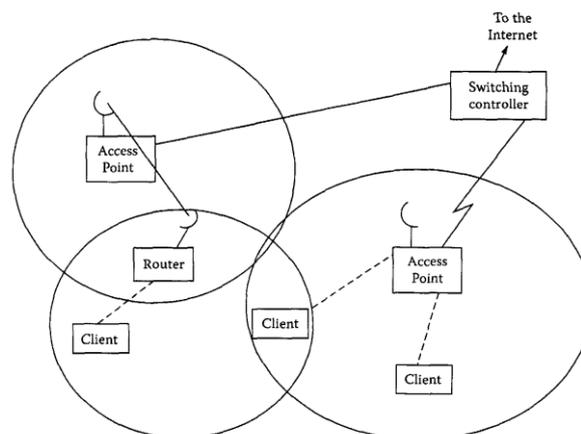


Figura 1.15 Interrelación de los componentes comunes inalámbricos en una red MEA

Fuente: [Elaboración Propia]

La figura 1.15 ilustra la manera que los componentes de una red Mesh son usados y la relación entre tarjetas inalámbricas LAN (insertadas en una laptop o notebook) moviéndose dentro y fuera de una red Ad-hoc, los routers son usados como extensores de red y dos (2) AP, siendo los últimos usados para proveer Internet a los clientes de una red Mesh vía un switching controller.

Examinando los componentes mostrados en la figura, notamos que el router inalámbrico de una red Mesh funciona como un extensor o bridge, permitiendo al cliente que pueda estar fuera del rango del AP, comunicarse con ese dispositivo. Cada uno de los AP, como vemos, se encuentran conectados vía líneas cableadas o a un switching controller común. Este controlador puede ser visto como una función similar al switch de la red inalámbrica LAN conectado con funcionalidades limitadas del AP. Esto es debido a que el MiSC provee soporte para las emisiones de direcciones IP y realiza otras funciones que no son normalmente incluidas en un AP. Al hacer esto, hace más fácil el manejo de la red resultante. **El sistema MiSC también proporciona:**

- Autenticación y autorización de suscriptor y dispositivo
- Gestión de movilidad inter/intra-sistema
- Servicios de operaciones, administración, gestión y aprovisionamiento (OAM&P)

#### 1.5.4 Ventajas de una red MEA

- **Menor costo en la implementación, operación y mantenimiento:** Al equilibrar el menor costo, alta capacidad e infraestructura basada en paquetes, la red puede ser implementada por una fracción de costo de otras alternativas de solución. Los gastos de ingeniería, operaciones y mantenimiento son drásticamente reducidos mediante el uso de auto-formación, auto-curación y una arquitectura de auto-balanceo.
- **Pago en razón al crecimiento:** La capacidad y cobertura se incrementan en cualquier momento al instalar routers inalámbricos e IAP's. Los clientes automáticamente aumentan la cobertura de la red al unirse a la misma.
- **Aprovecha aplicaciones y dispositivos existentes:** Soporta una estrategia IP de extremo a extremo. La tecnología MEA permite a los clientes

aprovechar los dispositivos y aplicaciones usados hoy en día. No se necesita una nueva aplicación para hacer de éstas algo satisfactorio.

- **Rápido despliegue:** La solución de Motorola es una solución rápida debido a que no es necesaria la instalación de torres. La infraestructura puede ser montada en postes de luz, avisos y edificios. Debido a que los clientes son parte de esta infraestructura, los usuarios finales auto-despliegan a la red en sí.
- **Aprovecha el espectro de licencia libre:** La red MEA soporta más bits por cliente utilizando menos espectro. Esto permite instalar redes de banda ancha en frecuencias libres. El Multi-Hopping reusa continuamente las frecuencias sin crear interferencia, aún en áreas de alta densidad.

## 1.6 Características del sistema MOTOMESH Solo

### 1.6.1 Enrutamiento

El rendimiento de una arquitectura de redes Mesh a gran escala depende en gran medida de las características del motor de enrutamiento que utiliza. El sistema MOTOMESH Solo utiliza la tecnología *MeshConnex de Motorola*, un probado motor de enrutamiento y de adaptación de enlace de radio y de alto rendimiento. La tecnología MeshConnex ha sido implementada satisfactoriamente en varias ciudades alrededor del mundo y también es incorporada por la solución de Acceso de Movilidad Habilitado (MEA) y otros productos de banda ancha inalámbrica MOTOMESH.

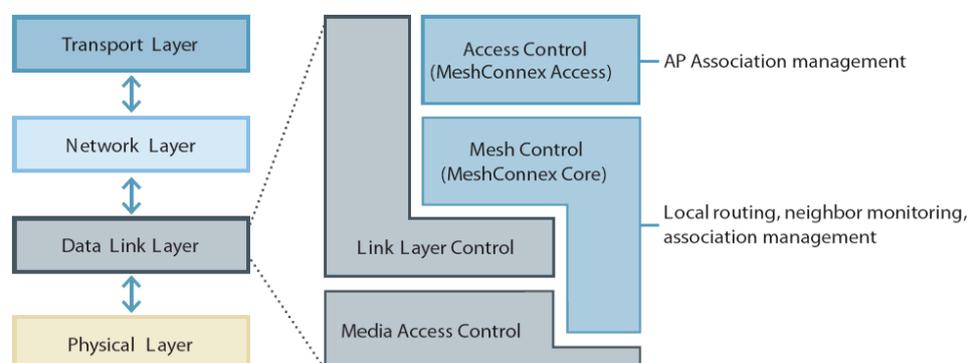


Figura 1.16 Pila de comunicación inalámbrica con Integración MeshConnex

Fuente: [Propiedad de Motorola]

Al ser mejorados con el software MeshConnex de Motorola, los puntos de acceso Wi-Fi se convierten en eficaces redes interconectadas que pueden cubrir una comunidad universitaria, el centro de una ciudad o una ciudad entera brindando acceso a banda ancha inalámbrica. Estos puntos de acceso no solo brindan Internet a los usuarios, también actúan como repetidores/enrutadores para otros puntos de acceso en la red. El resultado es una red que se forma por su cuenta y que se repara a sí misma, la cual reduce el costo de transmisión de datos, instalación y diseño del sistema. [MIN2009]

El software de enrutamiento MeshConnex utiliza las técnicas de enrutamiento de capa 2 patentadas de Motorola. Su estrategia de capa 2 brinda varios beneficios clave, entre los que se incluyen:

- Mínimo tiempo de transferencia de datos de un salto o tramo de la red a otro para soportar aplicaciones sensibles a las demoras como VoIP y video.
- Completa transparencia a la capa IP, lo que implica soporte propio de Motorola para las especificaciones IPv6.
- Más rápida convergencia entre redes, en consecuencia, los cambios de ruta pueden realizarse en milisegundos en vez de segundos.
- Integración más estrecha con las radio de la capa 1, lo que garantiza mejor rendimiento y escalabilidad.
- Atenuación dinámica de la congestión e interferencia para un mejor rendimiento destinado a los clientes.
- Soporte para movilidad estable durante sesiones del cliente, lo que permite al usuario mantenerse conectado a las sesiones de VPN cuando se traslada de un nodo a otro.

MeshConnex se compone de diversos elementos clave:

#### **1.6.1.1 Enrutamiento Mesh Escalable (MSR)**

En el centro de la tecnología de redes MeshConnex de Motorola se encuentra el MSR, un protocolo de enrutamiento altamente eficaz diseñado específicamente para ser utilizado en redes mesh inalámbricas Multi-Hopping. La tecnología MSR permite el enrutamiento Multi-Hop dinámico que se forma por su cuenta y que se repara a sí mismo entre los nodos en una red.

Los algoritmos de enrutamiento se clasifican generalmente como proactivos o reactivos. Los primeros mantienen una lista actual de rutas para cada nodo en la red, mientras que los segundos, no mantienen información sobre rutas, sino que descubren o crean la ruta más eficaz cuando se envía un paquete de datos. *Los algoritmos de enrutamiento proactivos* se benefician con los tiempos de enrutamiento más veloces, dado que toda la información de enrutamiento se mantiene constantemente utilizada. Sin embargo, esta clase de algoritmo no escala bien. A medida que aumenta el tamaño de la red, la carga protocolaria de los mensajes necesarios para actualizar constantemente la información sobre rutas para cada nodo en la red finalmente saturaría la capacidad de la red. En comparación, *los algoritmos de enrutamiento reactivos* escalan bien en el caso de grandes cantidades de nodos, aunque tiene costos generales significativos relacionados con el establecimiento de nuevas rutas. Además los algoritmos reactivos implican una demora inicial de configuración de ruta por paquete, lo cual puede no ser apropiado para aplicaciones sensibles a la latencia, como VoIP.

El protocolo MSR es un algoritmo de enrutamiento híbrido que descubre de manera proactiva rutas para nodos de puntos de acceso cercanos, al tiempo que utiliza técnicas de enrutamiento reactivas para descubrir nodos de enrutadores cercanos. Este algoritmo proporciona un equilibrio óptimo entre latencia, escalabilidad, movilidad y mayor rendimiento.

#### 1.6.1.2 Servicios de Protocolo de Transmisión Adaptable (ATP)

Varias condiciones del entorno, tal como trayectorias múltiples, simulación (shadowing), rápido desvanecimiento e interferencia (intencional o no intencional), pueden afectar los datos transmitidos de manera inalámbrica. Dichas condiciones pueden llevar a una pérdida excesiva de paquetes en el receptor, en particular para datos de banda ancha en una red amplia con múltiples saltos. El objeto de los servicios ATP es permitir al protocolo MSR equilibrar los requisitos de una transmisión confiable y asegurar la tasa más alta posible de caudal de transmisión de datos paquete por paquete.

La tecnología MSR/ATP optimiza de manera inteligente la combinación de confiabilidad del enlace y velocidades de datos a fin de minimizar el uso de energía y la interferencia en el sistema, y maximizar simultáneamente el rendimiento de datos y la eficiencia del espectro.

### 1.6.2 Calidad de Servicio (QoS)

La Calidad de Servicio es un factor muy importante al determinar la capacidad de un dispositivo de red para soportar aplicaciones sensibles a las demoras como VoIP inalámbrica y streaming de multimedia. El sistema MOTOMESH Solo soporta ampliamente las cuatro prioridades de colas definidas en el estándar IEEE 802.11e. Las cuatro colas pueden ser utilizadas para asignar prioridades más altas a aplicaciones con baja tolerancia a la latencia y a la fluctuación, tal como VoIP y streaming de video y prioridades más bajas a aplicaciones menos sensibles al tiempo como los correos electrónicos.

Dado que el estándar IEEE 802.11e no aborda la administración de QoS en una red mesh nodo por nodo, Motorola diseñó e implementó varias funciones adicionales para QoS que amplían la administración y funcionalidad de QoS en un entorno mesh. Específicamente, MOTOMESH Solo utiliza su solución *Detección de Congestión de Tráfico* de propiedad exclusiva para mantener y mejorar aún más las QoS para el tráfico que pasa entre los nodos mesh. Esta solución monitorea continuamente la congestión de los nodos y ajusta automáticamente los parámetros y la selección de rutas de QoS.

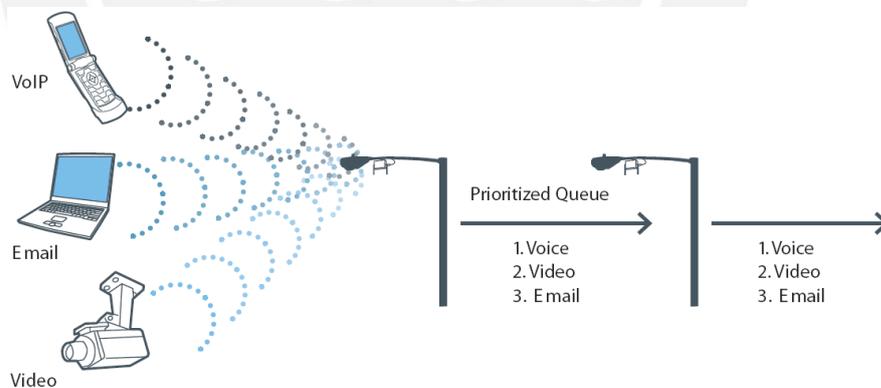


Figura 1.17 Priorización del tráfico por QoS según se define en el estándar IEEE 802.11e

Fuente: [Propiedad de Motorola]

### 1.6.3 Seguridad de Múltiples Capas

La implementación de la seguridad con MOTOMESH Solo comprende tres niveles de seguridad, en el nivel cliente, el nivel nodo intra-mesh y a través del sistema de gestión de elementos.

La *seguridad cliente* representa la seguridad proporcionada al flujo de tráfico proveniente del suscriptor hacia los nodos Mesh más cercanos. En el *nivel cliente*, MOTOMESH Solo soporta WEP, WPA y WPA2 (estándares IEEE 802.11i). El estándar WPA2 es el más potente hasta la fecha y soporta un nivel muy sólido de estándar de cifrado avanzado (AES) diseñado para el hardware cliente más nuevo.

El estándar IEEE 802.11i no define la seguridad entre nodos en una red mesh, lo que deja al tráfico entre nodos en una red mesh vulnerable a los ataques. Con el objeto de proporcionar un enlace aéreo completamente seguro, Motorola abordó dicha vulnerabilidad a través de su efectiva tecnología de cifrado **SecureMesh**. Esta tecnología garantiza que todos los datos que atraviesan la red mesh, inclusive la información sobre los usuarios, el enrutamiento y la administración, sean seguros y estén autenticados y cifrados. Para los clientes esto implica que, independientemente de los parámetros individuales de seguridad que ellos tengan, MOTOMESH Solo aplica los cifrados más seguros dentro de la red, y garantiza que los paquetes entregados en el otro extremo cuenten con los más altos estándares de seguridad que otros clientes aceptar.

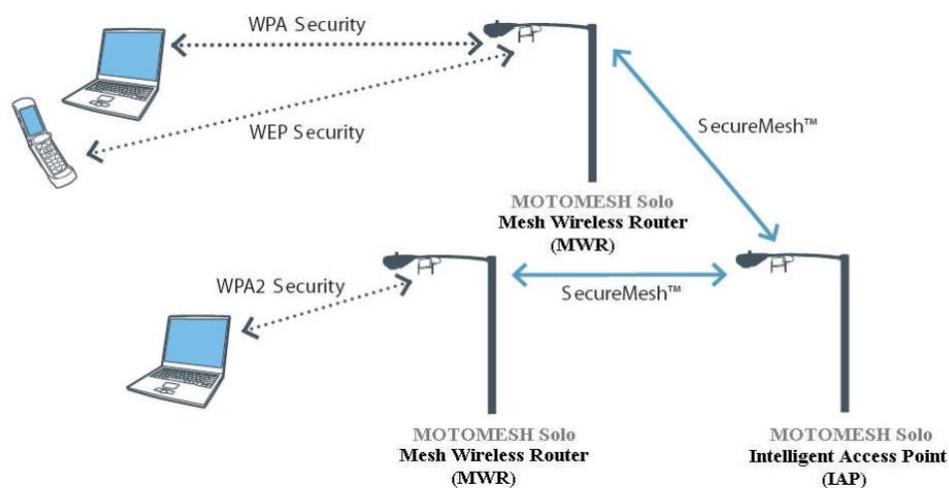


Figura 1.18 Seguridad extremo a extremo con el estándar IEEE 802.11i y soporte de SecureMesh  
Fuente: [Elaboración Propia]

El sistema MOTOMESH Solo fue diseñado para filtrar excesos de datos que llegan como errores o bucles de red creados por una aplicación que se conecta a través de cualquier nodo inalámbrico. Cada nodo se encuentra configurado con un nivel de umbral, y bloqueará dichos excesos en el puerto hasta que la tasa disminuya a un nivel de umbral aceptable. El sistema fue diseñado para controlar los excesos de datos, de difusión múltiple o única (unicast o multicast).

Además de las medidas de seguridad antes mencionadas, MOTOMESH Solo utiliza SNMPv3, para los mensajes del Sistema de Gestión de Elementos (EMS). Ello proporciona acceso seguro a los dispositivos mediante una combinación de paquetes de autenticación y cifrado en la red. SNMPv3 brinda tres funciones de seguridad:

1. *Integridad del mensaje*, para garantizar que no se han alterado los paquetes mientras se encontraban en tránsito.
2. *Autenticación*, para garantizar la autenticidad de los mensajes.
3. *Cifrado*, codificación de los contenidos de los paquetes para evitar que fuentes no autorizadas tengan accesos a los mismos.

## 1.7 Administración de la red MOTOMESH Solo

### 1.7.1 Sistema de Gestión de Elementos MeshManager

MOTOMESH Solo utiliza el Sistema de Gestión de Elementos (EMS) MeshManager de Motorola, ampliamente implementado y especializado para operadores, que provee una flexible, poderosa y escalable plataforma para administrar la red Mesh de Motorola.

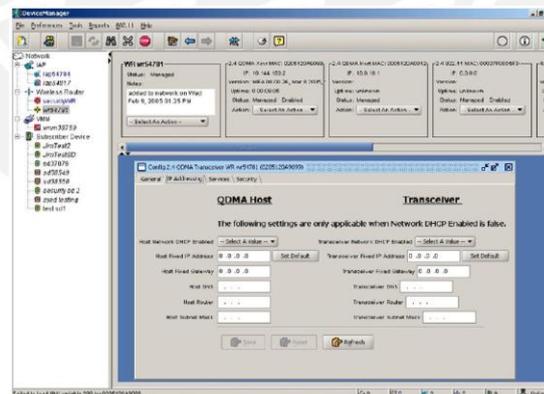


Figura 1.19 Sistema MeshManager para MOTOMESH Solo

Fuente: [Propiedad de Motorola]

MeshManager es una aplicación basada en una amigable interfaz gráfica de usuario, realizada en programación Java y una serie de servidores de software, que provee una efectiva interfaz para configurar y administrar los nodos MOTOMESH, fallas, rendimiento y seguridad de los elementos de una red mesh, aplicar políticas de seguridad, permitir el registro de eventos y la administración

de alarmas y determinar el estado de los nodos en tiempo real. MeshManager también soporta actualizaciones de software por vía aérea, lo que hace que las actualizaciones a la red sean tan fáciles como hacer clic en un botón. Para establecer a un gran número de dispositivos, los administradores pueden elaborar plantillas de configuración a fin de simplificar y acelerar la implementación. Este sistema presenta las siguientes características:

- **Completa configuración de equipos:** La Administración de Dispositivos (DEVICE MANAGER) es una interfaz gráfica de usuario basada en Java que permite agregar y configurar todos los nodos de la red mesh desde cualquier conexión LAN segura. Se obtendrá acceso directo a todas las variables de configuración, incluyendo el flujo de trabajo, herramientas de automatización y capacidades de administración sobre el aire (OTA).
- **Registro de eventos y administración de alarmas:** La gestión de fallos en la red Mesh se inicia con la herramienta de Registro de Eventos y Gestión de Alarmas. Para proporcionar una visión precisa de la situación actual de la red, el sistema envía una trama de datos secuenciados automáticamente a todos los dispositivos de la red, con el fin de observar el estado en el que se encuentra el nodo. El software DEVICE MANAGER puede monitorear cualquier cambio en el estado de las alarmas en cada nivel de seguridad. Todos los indicadores de alarmas pueden ser configurados por el usuario.
- **Bajo sobrecosto y escalabilidad:** MeshManager fue diseñado pensando en la escalabilidad. La clave de esto es la estructura de datos, ya que el sobrecosto por la administración de la red es reducido hasta en un 94%. La distribución de inteligencia y auto-administración dentro de cada dispositivo mesh minimiza la intervención de un administrador para el sistema. Para soportar una gran red mesh, los módulos del software MeshManager pueden ser distribuidos en múltiples servidores para tener una mejor relación costo-efectividad e incrementar el procesado y almacenamiento que es necesario.
- **Administración del rendimiento y los reportes:** La congestión de tráfico, la interferencia y el rendimiento de los datos son incluidos en los traps SNMP. Asimismo, la configuración de los dispositivos se registra en detalle y pueden ser trazados gráficamente para ser utilizados en procesos de análisis y planificación. Los informes personalizados pueden ser generados por cualquier combinación de variables y los datos pueden ser exportados al block de notas de Windows, delimitados por comas para su posterior análisis.

- **Múltiples niveles de seguridad:** Un servidor de autenticación (HAS) con control de direcciones MAC proporciona la primera de varias capas de seguridad. Solicitudes de acceso a la red de usuarios no autorizados son rechazadas y se procede al bloqueo del dispositivo.

#### Funcionalidades Generales del MeshManager

Interfaz gráfica basada en Java GUI con multi-clientes y clientes remotos.

Recolección de datos y reportes en tiempo real.

Reportes de calidad en los enlaces.

Monitoreo del rendimiento.

#### Administración y control de la red

Constante proceso de monitoreo con característica de reintento automático.

Acceso remoto hacia el DEVICE MANAGER.

Monitoreo de equipos, reportes y verificación de estado.

Administración de los nodos de la red y clientes de la red MEA.

Opciones de indicadores de alarmas inteligentes, incluye búsqueda, correlación y notificación automática por e-mail.

Administración y reportes de inventarios de los dispositivos en la red.

Completo acceso a fallas, estadísticas, rendimientos, etc.

#### Diseño de seguridad

Administración de identificación y acceso para el usuario y niveles de seguridad.

Autenticación por la MAC de cada equipo y por usuario.

Soporta protocolos como AES, WEP, WPA, WPA2, 802.1x, VPN.

#### Construido pensando en la escalabilidad

Cliente y servidor NMI.

Administración y escalado entre múltiples servidores.

Soporte de costo-efectividad hasta miles de nodos.

#### Soporte de todos los productos Mesh de Motorola

MEA 2.4 GHz.

MOTOMESH 2.4 GHz

#### Sistemas operativos soportados

RedHat Linux v3.0

Windows Server 2003

Windows XP

Tabla 1.6 Funcionalidades generales del software MeshManager

Fuente: [Elaboración Propia

### 1.7.2 Monitor de Enlace (Link Monitor)

El Link Monitor es una herramienta para analizar el sistema y evaluar el rendimiento, la cual se puede utilizar para observar diferentes estadísticas, tales como Indicador de Intensidad de Señal Recibida (RSSI), Calidad del Enlace,

Velocidad de los datos, Potencia de transmisión, Información de la ruta, Información de vecinos, etc. El Monitor de enlace brinda una exclusiva representación gráfica de la topología de la red inalámbrica de una red MOTOMESH Solo luego de que se agreguen y configuren los dispositivos en la aplicación.

### 1.7.3 Planificación de redes

Una de las complejidades inherentes a la implementación de un diseño de redes mesh es la dificultad de predecir el impacto que el entorno tiene en el rendimiento de la red. **MeshPlanner** de Motorola aborda este tema al crear y utilizar un mapa sensible a la RF, el cual combina un mapa básico del área, una lista de posibles puntos de montajes del hardware, datos del terreno e información sobre obstáculos tales como la ubicación de edificios, cerros y follaje. Mediante dicha información, el software MeshPlanner simula la cobertura y el nivel de señal que se puede obtener de la implementación. El software MeshPlanner está optimizado para planificar redes con MOTOMESH Solo. A diferencia de los tradicionales métodos de diseño basados en relevamientos de sitio, los cuales requieren de un costoso y extenso trabajo en el lugar, los diseñadores pueden utilizar MeshPlanner para planificar la red MOTOMESH Solo en su PC, y luego validar el rendimiento de la red con relevamientos del sitio mediante el software *InFielder* de Motorola. Esta herramienta acelera en gran medida la implementación de una red MOTOMESH Solo, lo que ahorra tanto tiempo como dinero.

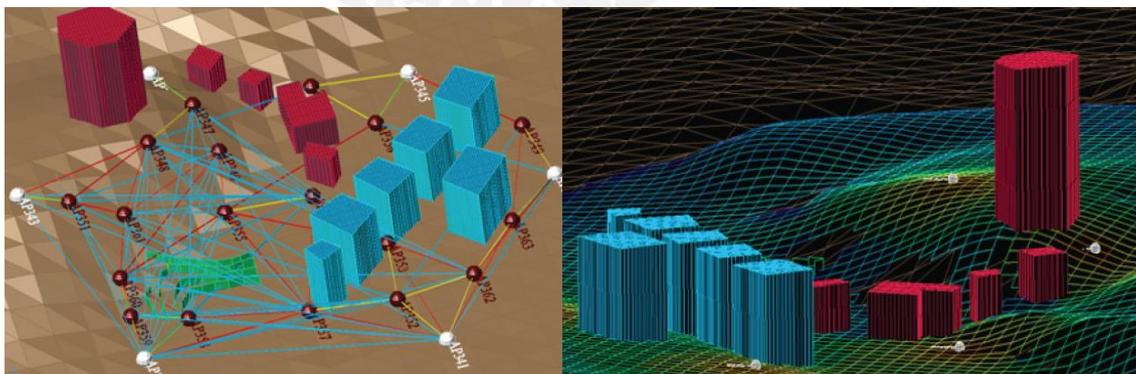


Figura 1.20 Simulación de conectividad y gráficos de relieve con MeshPlanner

Fuente: [Propiedad de Motorola]

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA MINERA CERRO VERDE S.A.

### 2.1 La Compañía Minera Cerro Verde S.A.

#### 2.1.1 Historia

Los primeros indicios de la extracción de mineral de cobre en la mina de Cerro Verde datan del año 1868, cuando el mineral era embarcado directamente a Gales para la recuperación de los metales. En el año 1916 la empresa Anaconda adquirió la propiedad y en 1970 Minero Perú, de propiedad del Gobierno, compró la mina e inició las modernas operaciones de trabajos mineros y tratamiento de mineral. Estas operaciones incluían la extracción de mineral de dos áreas de tajo abierto (Cerro Verde y Santa Rosa), el manejo de tres plataformas de lixiviación y pozas de colección de cosecha en una planta de extracción por solventes con circuito electrolítico para producir 33 mil TMD de cátodos de cobre de alta pureza. [SMC2008]

Existió también una plana concentradora con una capacidad de 3 mil TMD de mineral y las instalaciones se servicios auxiliares. Dichas operaciones se

llevaron a cabo entre los años 1976 y 1993, período en el cual se procesaron más de 80 millones de toneladas de mineral y se produjeron alrededor de 411 mil toneladas de cobre.

La Sociedad Minera Cerro Verde S.A. (SMCV) actualmente opera una mina de cobre ubicada en el asiento minero Cerro Verde ubicado a su vez en la concesión Minera Cerro Verde 1, 2 y 3, en la provincia y departamento de Arequipa. En la actualidad, SMCV explota sus reservas mineras constituidas por sulfuros secundarios, a través de tajo abierto Cerro Verde a un ritmo de aproximadamente 180 mil TMD de movimiento total. [SMC2008]

Dentro de esta cantidad, se extrae aproximadamente 38 mil TMD de mineral de alta ley y 20 mil TMD de mineral de baja ley, y los procesos mediante lixiviación en pilas, para producir en su planta de extracción por solventes y circuito electrolítico (SX/EW), cobre electrolítico de alta pureza en forma de cátodos. Los cátodos de cobre son transportados por camiones al puerto de Matarani, desde donde se exportan a mercados internacionales.



Figura 2.1 Vista panorámica del tajo Cerro Verde

Fuente: [OPE2006]

Según las reservas actuales de la SMCV, el mineral lixiviable se agotaría en el año 2014. Para extraer el cobre de los sulfuros primarios, que constituye un mineral no lixiviable económicamente, se requiere un proceso diferente. Por tal motivo, SMCV tiene planeado la ejecución del “Proyecto de Sulfuros Primarios” que contempla la construcción de una planta concentradora para el

procesamiento de dichos sulfuros y la construcción de un depósito de relaves, ambos ubicados dentro del área de la concesión minera que se viene explotando actualmente.

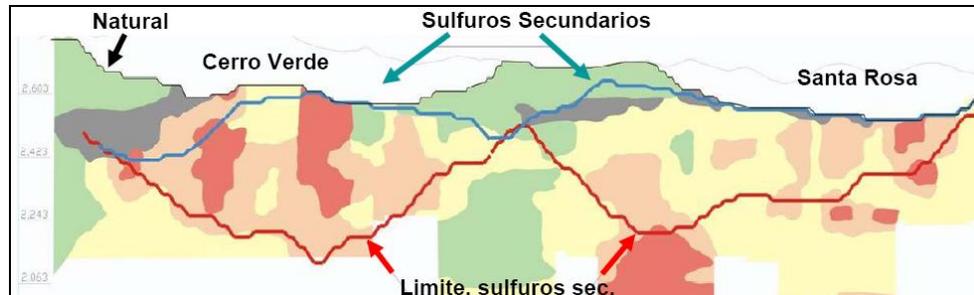


Figura 2.2 Mapa geológico de la ubicación de sulfuros secundarios

Fuente: [SUL2006]

A fines del año 1997, la empresa obtuvo la certificación del Grado “A” por el LME y el grado N° 1 por el COMEX, para los cátodos producidos en Cerro Verde, los cuales tienen un 99.99% de pureza. Estas certificaciones garantizan la excelente calidad del producto de la Sociedad Minera Cerro Verde ante el mercado mundial. Y en el rubro de seguridad, en el año 1998, obtuvo una calificación de cinco estrellas en el sistema NOSA.

Asimismo, ha obtenido un galardón como empresa minera protectora del medio ambiente, obteniendo el “Premio a la Excelencia Ambiental”, otorgado por el desarrollo de proyectos ejemplares dentro de la minería peruana con registros y estándares que igualan a los mejores desarrollos mineros del mundo en su género. [OPE2006]

Hoy en día, SMCV es el yacimiento más antiguo del Perú y uno de los primeros en Sudamérica. Entre los importantes cambios producidos en la empresa, figuran mejoras en la tecnología y equipos de trabajo, involucrando a todos sus trabajadores dentro de la visión y políticas de la empresa creando en cada uno el trabajo con calidad, mediante métodos y prácticas seguras y a un costo competitivo. Como resultado de estos cambios, la empresa ha conseguido logros muy importantes principalmente en calidad, seguridad y medio ambiente. Actualmente laboran 411 trabajadores, entre funcionarios, empleados y personal extranjero y tiene una producción diaria de 90 mil TMD, con una capacidad de tratamiento de 26 mil TMD. [SMC2008]

### 2.1.2 Ubicación y características de la zona

El centro de operaciones se encuentra localizado en la cordillera oeste del norte del Perú, en la localidad de Arequipa, en los distritos de Uchumayo y Yarabamba, provincia y departamento de Arequipa.

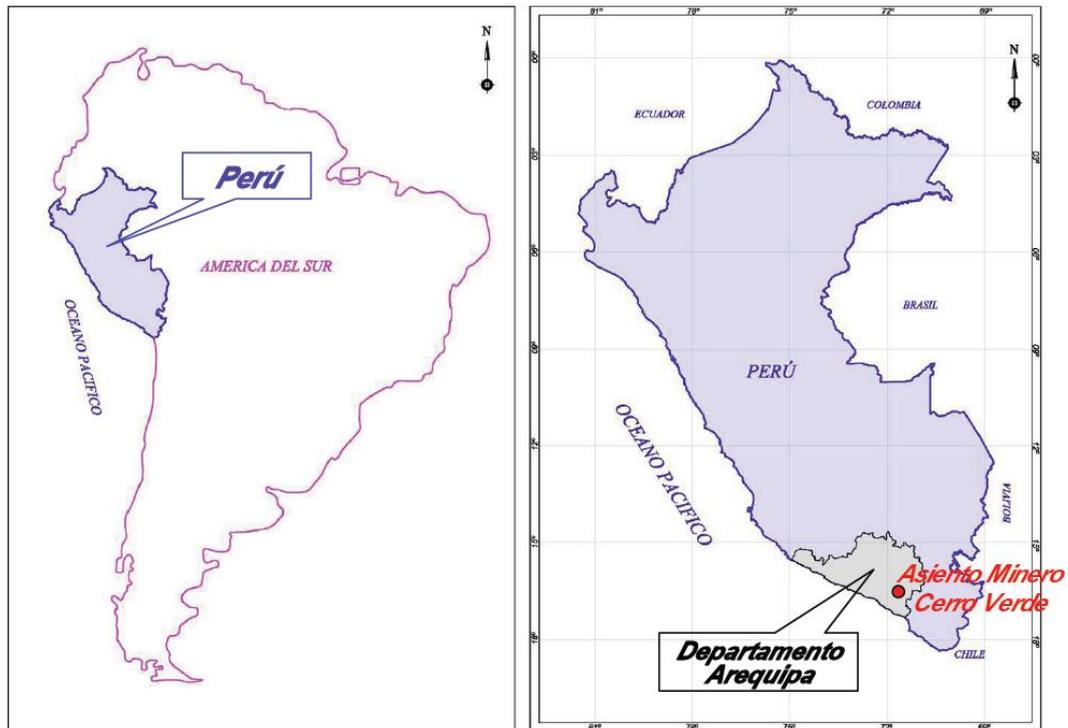


Figura 2.3 Ubicación de la minera Cerro Verde

Fuente: [WIM2008]

Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A (SMCV) opera una mina de cobre ubicada en la concesión minera Cerro Verde 1, 2 y 3, en la región de Arequipa, a 2750 m.s.n.m., a 27 kilómetros distante de la ciudad de Arequipa por la vía de acceso existente. A 35 minutos de la ciudad de Arequipa por auto y a una hora y media de Matarani por auto.

El acceso al asiento minero Cerro Verde se realiza a través de dos carreteras; una de las cuales es una carretera asfaltada que viene desde Arequipa hasta las instalaciones de la minera Cerro Verde y es usada como acceso principal a la mina. La otra es una carretera de 100 Km de largo que viene desde la costa, 95 de los cuales están asfaltados y 5 son afirmados. Ésta última es de acceso restringido desde el cruce con la antigua carretera panamericana y se utiliza actualmente como vía para el transporte de los cátodos de cobre e insumos y

desde el puerto de Matarani. La topografía local adyacente a la mina Cerro Verde está compuesta por cerros con pendientes empinadas y de escasa vegetación. El paisaje alrededor del área de la mina se presenta de ondulado a quebrado, con laderas que no superan los 300 metros de altura pero con pendientes mayores a 40%. [WIM2008]



Figura 2.4 Ubicación detallada de la minera Cerro Verde

Fuente: [SMC2006]

La precipitación característica del área presenta un comportamiento con dos períodos diferenciados: la época de lluvias (*noviembre – marzo*) y la época de sequía (*abril – octubre*). Estas precipitaciones presentan variaciones interanuales, pudiendo presentarse escasas lluvias en la época de verano. El registro típico de precipitaciones, según los datos obtenidos de la estación Cerro Verde, presenta una media de 40.7 mm durante el año. Solamente bajo precipitación extraordinaria se presentan escorrentías superficiales. La temperatura promedio anual del aire para la zona de evaluación es 13.6°C, teniendo como temperatura promedio mínimo anual en la estación Cerro Verde es de 5.9°C y la temperatura máxima anual alcanza un valor de 22.8°C. Mientras que el viento, en la zona de trabajo, tiene un comportamiento variable; tanto en intensidad como en dirección, sin embargo, presenta una predominancia en la

dirección SO a NO con una velocidad promedio de 2.1 m/s. Los yacimientos Cerro Verde, Santa Rosa y Cerro Negro son de tipo pórfido de cobre y molibdeno. [BCR2008]

El estudio de la línea base de los actuales niveles de ruido y vibración en los sectores que potencialmente estarían afectados por las actividades de la mina, mostró que las principales fuentes de ruido y vibración registradas son el paso de los vehículos livianos como autos y camionetas y de alto tonelaje como camiones, que eventualmente generan una vibración en los receptores, no existiendo en ninguno de los sectores fuentes fijas de vibración. Cabe resaltar, que la ciudad de Arequipa se encuentra constantemente sometida a la acción de eventos sísmicos con altas intensidades, que generalmente ocasionan fuertes daños. En cuanto a los suelos, el ámbito general de la zona de trabajo se encuentra comprendido dentro de la región lítica que comprende al flanco Occidental Andino entre los 1000 y 5000 m.s.n.m. [BCR2008]

## **2.2 Operaciones realizadas por la minera**

Cerro Verde opera la mina de cobre ubicada en el asiento minero Cerro Verde, al suroeste de la ciudad de Arequipa, en una concesión de 20.825 hectáreas.

El proceso de producción consiste en la extracción de mineral vía movimiento de tierra, chancado (procesamiento) del mineral, procesamiento del mineral mediante lixiviación en pilas, para finalmente producir cobre electrolítico de alta pureza en su planta de extracción por solventes y circuito electrolítico (SX/EW). El cobre producido se comercializa en forma de cátodos y posee una pureza de 99.99%. La compañía utiliza dos fuentes de agua para abastecer sus necesidades, superficiales a través del río Chili y subterránea de los pozos de bombeo de los tajos Cerro Verde y Santa Rosa. El agua de origen superficial se denomina “agua fresca” y el agua de origen subterránea es “agua freática”.

### **2.2.1 Exploración, perforación y transporte del mineral**

Actualmente, SMCV explota sus reservas minerales constituidas por sulfuros secundarios, a través del tajo abierto Cerro Verde a un ritmo de aproximadamente 180 mil TMD de movimiento total. Dentro de esta cantidad, se mina aproximadamente 38 mil TMD de mineral de alta ley y 20 mil TMD de

mineral de baja ley. Las operaciones unitarias realizadas para la extracción de material consisten en cuatro etapas: perforación, voladura, carguío y acarreo.

El trabajo desarrollado en campo empieza con un estudio de exploración geológica de la zona, el cual pronosticará la ubicación del mineral y permitirá efectuar el modelamiento del minado; es decir, los planos del tajo. Después del mismo, se procede a la perforación en los puntos indicados y a profundidades también indicadas por el geólogo en función de normas técnicas oficiales para voladura de roca con dinamita. Para ello se utilizan perforadoras con 35 000 Kg de presión vertical. La perforación de los taladros de voladura se efectúa con proyectos de acuerdo con las necesidades de extracción del mineral y desbroce dentro de un programa de planeamiento establecido. La disposición de los taladros se efectúa de acuerdo con una malla que varía de 6 a 10 m., según los diferentes tipos de rocas. Por cada taladro perforado, se saca una muestra del detritus para analizar el contenido del cobre. [SMC2004]

Durante la realización de estas operaciones es necesario que exista una comunicación fluida entre los geólogos, el personal de las oficinas, de la estación base, los ingenieros de las minas y los operarios de las maquinarias en todas las zonas de exploración para realizar el trabajo de forma eficiente y tomar medidas correctivas en tiempo real de acuerdo a la información intercambiada por el personal de operación respecto al rendimiento de los equipos.

El proceso de voladura se emplea para fragmentar la roca y permitir su excavación. Los taladros perforados son cargados para la voladura con ANFO.

Con la voladura se consigue extraer del subsuelo, tanto el mineral en bruto (con impurezas) denominado MENA, como el desmonte de las rocas producto de la explosión producida. Se realiza una clasificación para seleccionar solo el mineral, el cual es apilado después mediante volquetes. La roca fragmentada es cargada mediante palas eléctricas de 22 y 44 yardas cúbicas en camiones de gran capacidad. Las palas con el sistema Dispatch de Alta Precisión, el que permite llevar continuamente el control de la ubicación de la máquina y su posición en relación con los cuerpos de mineral y desbroce. En la figura 2.5, se muestra el trabajo que se realiza con las cargadoras frontales, las cuales, además, se encargan de alimentar de cal y realizar la mezcla de los minerales, en los 3 tajos de la compañía. El apilamiento está hecho en pisos múltiples.



Figura 2.5 Cargadora frontal y volquete empleados

Fuente: [OPE2006]

Se hallan en operación 14 camiones de 180 toneladas de capacidad. Los camiones llevan distintos tipos de materiales a su respectivo destino: del desbroce al botadero, ubicado periféricamente alrededor de los tajos de explotación; el mineral directo de mina sin chancar (ROM) al pad ROM o canchas de procesamiento donde se producirá la lixiviación del mismo, es decir, separaremos los residuos de la MENA, obteniendo sólo el mineral valioso; y el mineral de alta ley al chancado. El sistema a implementar permitirá controlar precisamente el movimiento de los equipos, el destino del material y su eficiencia. [SMC2004]

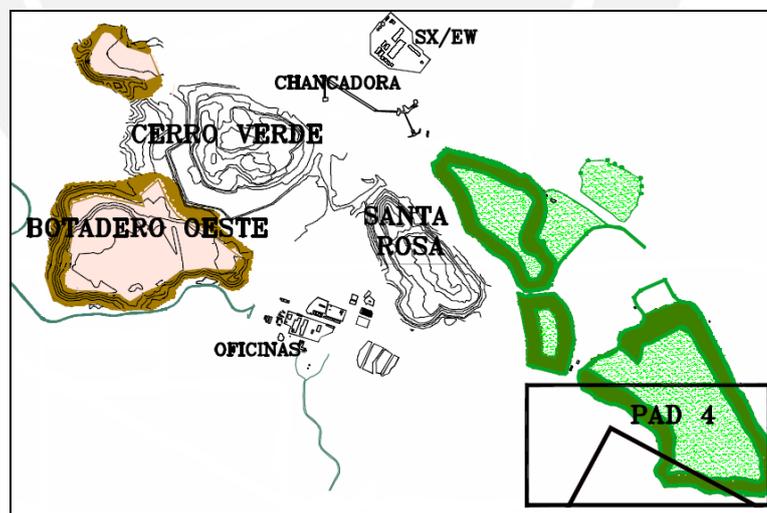


Figura 2.6 Ubicación del PAD 4 dentro de la minera

Fuente: [Propiedad de la minera Cerro Verde]

La comunicación usada en este nivel, en los anteriores descritos y en todo el yacimiento minero, se realiza a través de una infraestructura de radiofrecuencia ya implementada, el cual trabaja dentro del rango de las ondas métricas o

comúnmente conocidas como Ondas de VHF; las cuales ocupan la banda de frecuencias entre los 30 MHz y los 300 MHz. Específicamente el radio enlace de cobertura en el campamento trabaja en el rango de 161.875 MHz – 153.750 MHz, para la recepción de voz y 166.875 – 158.650 MHz para la transmisión de voz en las antenas repetidoras. El sistema fue implementado con el uso de la tecnología de radio PRO3100 de Motorola, como el de la figura 3.7 y fue instalado para trabajar en modo de baja potencia, el cual corresponde al rango entre 1 y 25 W, según las especificaciones técnicas del equipo. Para esto se usaron torres autosoportadas de 35 y 60 m, para la instalación de las antenas.



Figura 2.7 Equipo de Radio Motorola PRO3100  
Fuente: [TEL2005]

### 2.3 Aspectos socioeconómicos de la minera Cerro Verde

En esta parte se presenta una caracterización del contexto demográfico y social basado en algunos indicadores a nivel provincial y distrital realizadas por el INEI. El estudio socioeconómico permitió delimitar las áreas de influencia del proyecto basado en las características particulares del entorno geográfico en la relación de la población con las nuevas instalaciones y vías de comunicación. La caracterización de la población en el entorno socioeconómico de las áreas de influencia del proyecto se realizó a partir de información cuantitativa actualizada de carácter oficial, asó como de información recogida en el trabajo de campo. [BCR2008]

#### 2.3.1 Labor social de la minera

Cerro Verde realiza una serie de iniciativas destinadas a mejorar la calidad de vida de los pobladores de sus zonas de influencia, es por eso que con el objetivo de lograr el desarrollo de las mismas, donde están incluidos sus trabajadores, lleva adelante actividades permanentes, en diferentes ámbitos, como son: prevención de lesiones, protección del medio ambiente, educación, arte, cultura y bienestar social.

Todas las contribuciones a aquellas instituciones y proyectos orientados a contribuir con los pobladores de Arequipa, principalmente de los sectores menos favorecidos, las hace a través de su Comité de Apoyo Comunitario, que fue creado para llevar bienestar y mejorar las condiciones de vida de estos grupos sociales. Uno de los pilares fundamentales del crecimiento y desarrollo de los pueblos es la educación, por lo que forma parte del Patronato Civil por la Calidad Educativa Regional de Arequipa y auspiciando una serie de actividades culturales y educativas en la región de Arequipa, entre la cuales se puede destacar: el tradicional concurso de escultura en Sillar y fierro forjado que se realiza en el mes de agosto, el mismo que es organizado por la Municipalidad Provincial.[AYC2006]

- **Programas de Capacitación y Fomento de Empleo**

- En mayo del 2005 se inició el Programa de Entrenamiento y Selección del Personal, en coordinación con TECSUP. Este programa entrenará a 150 operadores para su Planta Concentradora.
- La construcción del nuevo proyecto generará más de 3500 puestos de trabajo. Más del 50% será contratación local.

- **Comunicación Comunitaria**

- Apertura de oficinas de Relaciones Comunitarias en los distritos de Uchumayo y Yarabamba, poniendo en práctica la Política de Casas Abiertas desarrollando reuniones de coordinación en beneficio de sus poblaciones, asegurando un futuro sostenido para las generaciones venideras.

- **Obras de desarrollo sostenible de Agua**

- Financiamiento para la construcción de las Represas de Pillones (US\$ 23 millones) y San José de Uzuña (US\$ 3 millones).
- La Sociedad Minera Cerro Verde, forma parte activa del Comité Multisectorial para la Administración y Gestión del Agua.
- Adicionalmente ha participado en la construcción de infraestructura necesaria para el almacenamiento y distribución de Agua Potable en comunidades vecinas. SMCVSAA construirá la Planta de Agua Potable – La Tornilla II.

- **Contribuciones a Problemas de Salud y Educación**
  - Cerro Verde forma parte también del Patronato Pro Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas, auspiciando a la Liga de Lucha Contra el Cáncer – filial Arequipa.
  - Desde hace tres años forma parte del Patronato Civil por la Calidad Educativa Regional de Arequipa.
  - Brinda un aporte de US\$ 500 mil para la construcción y equipamiento del Hospital Regional de Cáncer.
- **Arte y cultura**
  - Año a año financia el trabajo del Centro de Investigaciones Arqueológicas de Arequipa (CIARQ) con un patrocinio de US\$ 30 mil, orientadas a la conservación, ampliación y divulgación del patrimonio cultural de la región.
  - Auspician el Concurso Nacional de Artistas Jóvenes, organizado por el Centro Cultural Peruano Norteamericano, aportando US\$ 25 mil al año.



Figura 2.8 Artesano desarrollando una escultura

Fuente: [AYC2006]

## 2.4 Principales factores que influyen en el proyecto

### 2.4.1 Necesidad del uso adecuado de los sistemas de control y transmisión de datos digitales

Las coordinaciones de los trabajos en la minera son realizadas por los ingenieros de campo durante todas las horas de trabajo y desde cualquier zona en donde se encuentren ubicados, por lo que se requiere una infraestructura de

comunicación que brinde una cobertura total al área de trabajo correspondiente a los 3 tajos mencionados (Cerro Verde, Santa Rosa y Cerro Negro) y todas las canchas de concentración del mineral o PADs. Además, se debe contar con una comunicación constante con las oficinas de la empresa y con el área de sistemas de la misma, para el procesamiento de los datos recolectados en campo, de esta manera, utilizando adecuadamente los sistemas controladores como son:

- Sistemas para control de equipos y costos.
- Sistemas para control de datos.
- Sistemas para el control de las operaciones en la mina.

Asimismo, influye el hecho de que las maquinarias usadas, en el desarrollo de las operaciones de campo, para el transporte el mineral cuentan, dentro de su sistema mecánico, con sensores eléctricos – electrónicos, que son desde simples termocuplas hasta tarjetas electrónicas. Esos sensores que son gobernados por un controlador electrónico instalado internamente proporcionan datos acerca de los parámetros del mantenimiento de las unidades móviles en formato digital.

Mediante la ejecución de un programa propietario de los fabricantes de los equipos usados y una laptop que se conecta al controlador electrónico a través del puerto serial, se recolectan los datos enviados por los sensores, los cuales corresponden a determinados parámetros como:

- Niveles de consumo de aceite, temperatura de los motores, etc..
- Parámetros que indican fallas mecánicas y de operación en la maquina.
- El nivel de presión de inyección de combustible.
- Horas de funcionamiento de la maquina.

Los datos recolectados deber ser procesados por el sistema informático de control de maquinarias denominado *Júpiter*, diseñado por la empresa. Este programa se encarga de realizar un análisis estadístico de los datos de entrada y entrega como resultado de un balance de mantenimiento a través de un cuadro de control; los cuales indican las operaciones de mantenimiento o reparaciones

que deben realizarse en cada una de las maquinarias, ya sean esas, inmediatamente o dentro de un período de tiempo determinado.

#### **2.4.2 Necesidad de comunicación para el control y desarrollo de las actividades de campo**

El sistema de comunicación de radio VHF implementado en la compañía minera solo permite transmisión de voz y no de archivos digitales, por lo tanto, no es posible un envío fluido de la información de campo requerida a la central de comunicaciones y todos los sistemas de control de la empresa, sea en la misma localidad o la ciudad de Lima.

Además, debido al incremento de trabajadores en los últimos meses, se ha notado que existen serios problemas de congestionamiento con el sistema de comunicación, ya que éste solo permite coberturas con servicios de transmisión de audio, el mismo que se logra percibir con niveles de ruido en las zonas de trabajo correspondientes a los yacimientos mineros de Santa Rosa y el Cerro K. Como consecuencia de ello, las operaciones efectuadas de extracción y procesamiento del mineral, no se logran controlar eficazmente, lo cual implica pérdidas económicas en la empresa.

Cabe señalar, que la empresa cuenta con un sistema de acceso satelital punto a punto, que permite la comunicación únicamente entre las oficinas de Lima y las ubicadas en la zona minera; dicho enlace también permite la salida a Internet. Sin embargo, el campamento solo tiene a su disposición el enlace de cobertura de la radio VHF mencionado, por lo que, la comunicación entre la gerencia y los ingenieros y personal de campo residentes, se encuentra limitada a la disponibilidad de tiempo de los últimos, ya que, éstos desempeñan la mayoría de sus labores fuera de las oficinas.

#### **2.4.3 Factores externos**

Dentro de este tipo de factores, los principales que influyen sobre el sistema de comunicación actual es la geografía rural accidentada de la zona y el clima, los mismos que presentándose en condiciones severas imposibilitan la movilización continua de los ingenieros de campo, por lo que el control del campamento se limita a las comunicaciones de radio que se puedan establecer, siendo éstas

limitadas en área de cobertura y número de usuarios simultáneos, dando como resultado un incremento en los gastos operativos derivados de la recolección de datos de campo en las zonas de trabajo.

Además, cabe señalar, que el sistema deberá cumplir con las normas de potencia máxima irradiada impuestas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; y aquellas recomendadas por los organismos internacionales como la Comisión Federal de Comunicaciones. Por ende, la tendencia mundial por el avance hacia las comunicaciones digitales, es necesario en estos tiempos, la implementación de nuevos sistemas de comunicación, a la par con tecnologías modernas.

## **2.5 La Tecnología Mesh en la Minería**

Hoy en día, la industria minera realiza de manera virtual todo a gran escala. Existen extensas implementaciones mineras en casi cada continente que produce todo desde carbón, minerales y otros recursos naturales. Estos sitios deben trabajar día y noche para tener un funcionamiento eficiente y productivo y deben experimentar un período de paralización mínimo debido a las fallas de comunicación.

### **2.5.1 ¿Cómo la tecnología Mesh de Motorola puede ayudar a aliviar los asuntos operativos y financieros?**

Las operaciones mineras en todo el mundo están recurriendo a la tecnología inalámbrica con el fin de ayudar a aliviar asuntos operativos y financieros mediante la racionalización de las comunicaciones y el ofrecimiento en tiempo real de telemetría para identificar y detener los problemas antes que originen costosas paradas y retrasos operativos. Según una empresa minera en Australia, en caso la empresa se vea obligada a detener sus actividades por un día, la compañía minera pierde dos billones de dólares. Los operadores mineros deben centrarse en aumentar su rentabilidad.

Motorola es la industria líder libre de irregularidades en conectividad dentro y fuera. Asimismo, es el único proveedor que ofrece la solución WiFi y MEA. Un creciente número de minas coincide que las soluciones inalámbricas son más efectivas que las alternativas alámbricas y se están cambiando a Motorola por la tecnología de una radio de sistemas híbridos, lo cual incrementa la productividad

del empleado, optimiza el ROI y potencia los modelos sostenibles de negocio en ambientes mineros desafiantes. Las tecnologías Mesh pueden lidiar con numerosas aplicaciones las cuales pueden ayudar a lo siguiente:

- Los servicios de GPS que proveen información de localización en tiempo real relacionado a vehículos, sellos en tiempo preciso y mucho más.
- Capacidades de gestión de flora que agilizan el envío, proporcionan alertas y notificación de eventos y permiten el registro de datos.
- El acceso que se basa en estándares y el CCT/Video que monitorea soluciones.
- La telemetría que monitorea los vehículos y equipos de salud a través de diagnósticos en tiempo real con el fin de permitir el mantenimiento preventivo y el ofrecimiento de capacidades avanzadas de enrutamiento.

### 2.5.2 ¿Cuál es el rol de la red MEA en la industria minera?

Las operaciones mineras, ya sean subterráneas o al aire libre, representan un desafío importante en tema de redes inalámbricas que repercuten en la elección de la tecnología. Esta opción resulta regularmente al escoger MEA para la aplicaciones de misiones críticas en una operación minera.

Con el fin de asegurar que la comunicación alcance el destino final requerido, MEA usa un receptor de avanzada para absorber los errores del camino. El multi-camino es un tema común en las comunicaciones sobre la superficie en la minería donde las grandes paredes de rocas y vehículos de metal causan fuertes señales reflejadas para ser recibidas fuera de alcance con la data original. La tecnología WiFi puede ver la interferencia, pero MEA puede capturar esas señales reflejadas y usarlas para reforzar la conexión.

MEA ofrece además rapidez en el canal para tomar lo mejor del canal de 2.4 GHz con el fin de enviar y recibir las transmisiones de datos. Las redes de MEA pueden agregar por completo 80 MHz de espectro WiFi y decidir sobre un paquete por medio de las bases del paquete sobre qué parte del espectro utilizar. Esto permite a las redes de MEA evitar la interferencia causada por la inter-modulación, otros usuarios o incluso el WiFi utilizado por la compañía. La red MEA trabaja en conjunto con el ambiente extremo, no en contra de este.

Las capacidades de MEA tampoco terminan ahí. Esta red proporciona una conectividad móvil real, incluyendo la transferencia del vehículo y la red Mesh para los clientes, equipo pesado y otros activos moviéndose a velocidades lentas y rápidas. La capacidad de la red Mesh para los clientes permite el crecimiento de la red en la medida en que el número de clientes aumenta.

La cobertura de la red se extiende automáticamente en nuevas áreas de operación al pasar la señal de cliente en cliente. Esto permite al operador utilizar y activar menos dispositivos de infraestructura, teniendo en cuenta que el cliente de una red Mesh cubrirá las áreas aledañas.



Figura 2.9 Comunicación inalámbrica desde cualquier dispositivo móvil

Fuente: [MIN2009]

La red MEA de Motorola puede soportar de manera firme aplicaciones de misiones críticas en operaciones mineras, sin embargo, los productos basados en el WiFi estándar juegan también un papel en la red inalámbrica de una mina. La comunicación no sólo se realiza en la zona del pozo, sino también en las oficinas y en los perímetros. Los dispositivos manuales necesitan la capacidad de tener acceso bajo techo y fuera de éste. [WTI2009]

Con el incremento en rendimiento base de 802.11 los productos de video y controles CCTV pueden funcionar sobre las redes inalámbricas resultando un incremento en la seguridad del perímetro. Asimismo, la comunicación inalámbrica que usa una variedad de dispositivos ofrece ahora una mejor movilidad para los trabajadores a los que previamente se les confinó los ambientes de oficina. [WTI2009]

### 2.5.3 Escenarios reales en la minería

#### ***Mejor conectividad para las operaciones remotas de minería del carbón***

En el campo de la minería del carbón en las llanuras estériles de Wyoming, una de las operaciones mineras más exitosas ha optado por la tecnología MEA de Motorola con el propósito de resolver problemas típicos de comunicación en la minería y desafíos de productividad. Cada sitio minero de carbón ha sido equipado con redes únicamente con acceso MEA, proporcionando una red sólida ofreciendo una amplia disponibilidad excepcional, red Mesh al cliente, y lo más importante de todo, un cambio rápido para los activos que continuamente se manejan ampliamente en el ambiente minero. El nuevo sistema ha disminuido el activo tiempo de fallas desde que la información puede transmitirse mediante la red Mesh en fracciones de un segundo.

#### ***Proporcionando Acceso Colectivo Universal***

Una empresa minera, que cuenta con minas subterráneas en una zona despoblada y pedregosa de Australia, construye comunidades residenciales para sus trabajadores. Para aquellos empleados, que trabajan largas jornadas de turnos en el día o la semana, les resulta vital mantenerse en contacto con sus familiares y seres queridos. Al combinar ese tema es un hecho que, como las operaciones mineras cambian de lugar, estas comunidades siempre trabajan en grupo para realizar el trabajo. Las redes de solución MOTOMESH Solo proporcionan acceso a Internet, una opción de tecnología natural para ofrecer a estas comunidades remotas y nómadas la conectividad que necesitan.

#### ***Una mina de oro inalámbrica***

Para una mina de oro era necesaria la conectividad del equipo con un hoy para asegurar que las palas coloquen los cubos de manera precisa y que caben y descarguen en los lugares correctos. El sistema GPS y el armado de los datos de los sensores geométricos necesitaban transmitirse de manera rápida y efectiva. Además, los datos esenciales del estudio y los mapas debían ser enviados a los operadores de las maquinarias. La operación manejó con éxito la solución únicamente con tecnología MEA para facilitar la comunicación de dicha información clave en tal ambiente desafiante.

### **3. ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **3.1 Arquitectura de la red**

##### **3.1.1 Descripción del sistema**

Una red estándar es definida como una red donde el servidor de la red y la red de distribución está principalmente localizada en un sitio central (estación base). Esta red inalámbrica tiene como función proveer conectividad entre los nodos y el núcleo de la red.

El servidor de la red y el switch de distribución capa 3 son ubicados en un lugar centralizado, donde el cliente proveerá un puerto Ethernet RJ-45. El mencionado switch de capa 3 se encargará de dividir la red inalámbrica de la red empresarial y la red del servidor. El subsistema de la red de transporte, la cual incluye entre sus elementos a los routers y switches, provee la función de segmentar la administración y el tráfico del usuario usando una combinación de VLAN tagging y reglas de control de acceso del firewall.

Tanto el dispositivo IAP como el MWR, son considerados *dispositivos de infraestructura ensamblados*. Estos elementos brindan al cliente una amplia área de cobertura inalámbrica. El IAP actúa como interfaz principal de administración para todos los MWR asociados.

Para el despliegue de la red Mesh dentro del área minera, se deberá proveer una fuente permanente de energía por cada dispositivo inalámbrico, ya sea un IAP o un MWR; siendo el caso de éstos últimos mediante baterías instalados en las estructuras de las estaciones móviles denominadas “mounting brackets”; ubicándose éstas en determinadas zonas de la minera Cerro Verde, dependiendo del área de cobertura que se desee brindar. Las fuentes de energía se instalarán de manera profesional y para asegurar el correcto desempeño de estos dispositivos se realizará la instalación de acuerdo a los estándares de Motorola, para brindar de esta manera, un óptimo desempeño de la red.

El sistema propuesto está diseñado para brindar cobertura a las tres zonas requeridas por la compañía minera Cerro Verde con el objetivo de brindar una amplia cobertura a los tajos denominados: Cerro Verde, Santa Rosa y Cerro Negro.

### **3.1.2 Diseño de la red de distribución y la red de acceso**

En este diseño se propone el uso de antenas omnidireccionales de 8 dBi con conectores tipo N para los dispositivos tales como los IAP y MWR, es decir para toda la red de distribución. En el caso de los VMM, estos dispositivos tienen antenas de 0 dBi, sin embargo, se pueden ordenar y adquirir con antenas de 3 dBi de ganancia, la cual es la opción más adecuada para este caso. En los IAP y MWR usan antenas de 8 dBi de ganancia para poder establecer los enlaces entre los nodos de la red, es decir, establecer los enlaces dentro de la red de distribución.

Los usuarios, es decir, los dispositivos suscriptores, en este caso los VMM, contarán con antenas de 3 dBi de ganancia para mantener conectividad con la red de acceso, la cual será brindada por los dispositivos antes mencionado (IAP y MWR), los cuales cumplen con la función de ser puntos de acceso en un área de cobertura de menor alcance a comparación de la establecida para los enlaces entre nodos.

Debido al uso del protocolo de radio propietario QDMA (Quadrature Division Multiple Access) que utiliza la técnica de transmisión DSSS en la banda de frecuencias ISM 2.4 GHz no licenciada, las redes mesh MEA extienden su rango de transmisión de los clientes. El protocolo QDMA usando en los dispositivos VMM de las redes mesh MEA incluye la capacidad de corrección de errores con un algoritmo de ecualización en tiempo real mejorado en comparación con la tecnología IEEE 802.11. Las mejoras de una red MEA permiten a señales ajustar automáticamente un receptor a un transmisor, permitiendo a un receptor compensar la a señal que varía rápidamente generada en un ambiente móvil donde la fuerza de la señal puede aumentar o disminuir basada en los movimientos de los dispositivos que se comunican de extremo a extremo. Debido a las cabeceras que se generan por el uso del algoritmo en tiempo real de corrección de errores sólo se alcanzan ráfagas de 6 Mbps a diferencia del 802.11b.

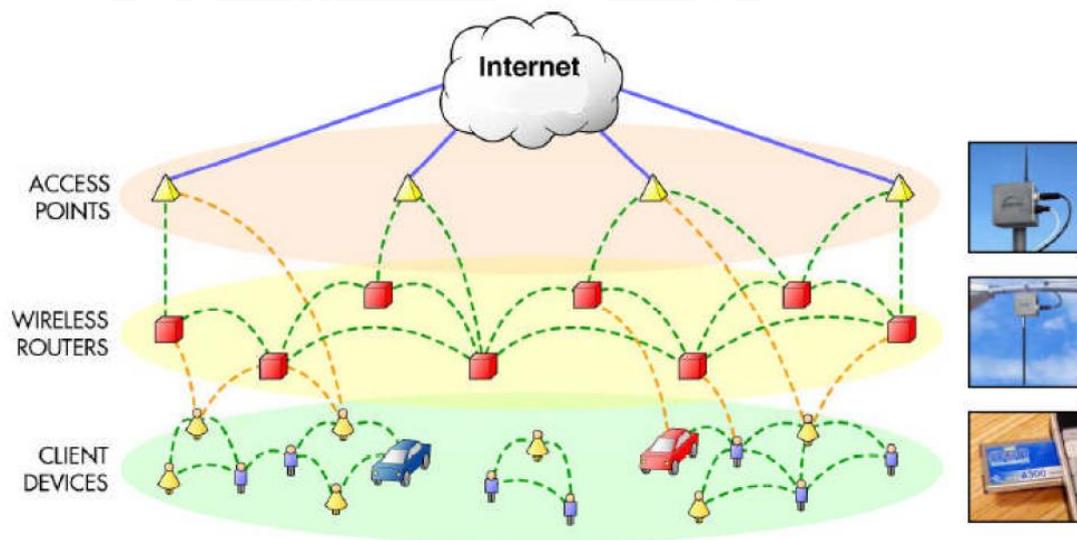


Figura 3.1 Conexión de los dispositivos móviles a la red MEA

Fuente: [Elaboración Propia]

### 3.1.3 Diseño de la red de transporte

La red de transporte de esta tecnología está constituida por los dispositivos inalámbricos, tanto los IAP6300 como los MWR6300. Como sabemos, el primero deberá encontrarse conectado a un punto de acceso a Internet, mientras que el segundo, va a permitir obtener la cobertura deseada en toda la zona de trabajo de la mina.

El IAP tiene una cobertura de 800 m al igual que el MWR6300, cuando tienen línea de vista con los otros dispositivos. En caso de no existir línea de vista (lo que no es primordial), la cobertura de estos dispositivos se reduciría aproximadamente a unos 500 m de cobertura. Quienes me van a brindar una mejor cobertura en toda la zona de trabajo son los MWR, ya que van a estar sujetos a elementos móviles, permitiendo su traslado por todo el tajo.

### 3.2 Instalación y configuración del equipamiento técnico

El sistema diseñado para proveer internet y comunicación móvil en vehículos a altas velocidades, cada dispositivo se puede conectar directa o indirectamente a otro de la red de manera inteligente, enrutando a través de los nodos. Se asegura una entrega confiable referida a la comunicación de datos entre dispositivos móviles y la estación central, proporcionando una mayor capacidad de red a través de la reutilización geográfica del espectro de frecuencias.

La presente red estará compuesta por los siguientes elementos:

- Un Controlador Móvil de Conmutación de Internet (MiSC)
- Puntos de Acceso Inteligente (IAP6300)
- Enrutadores Inalámbricos Mesh (MWR6300)
- Módems con Montaje para Vehículos (VMM6300)
- Tarjetas de Módem Inalámbrica (WMC6300)

La configuración abarca los componentes funcionales de acuerdo a su naturaleza, tipo y principales características. En concreto, la configuración se refiere al hardware, software o firmware del componente específico.

#### 3.2.1 Instalación del MiSC

Se deben tener en cuenta las recomendaciones y requisitos para la conexión a tierra, cumpliendo con el Manual de Normas y Directrices de los sitios de Comunicación Motorola R56 2000, debiendo garantizarse dicha conformidad global. Entre las pautas generales sobre la mencionada instalación, tenemos:

- Un enchufe regular será suficiente para hacer funcionar el equipo de red fija.

- La instalación de los equipos deben cumplir con las directrices R56 (sección 11 del manual R56), donde se mencionan las necesidades de espacio, cableado, etiquetado, etc., debiendo llevarse una correcta instalación y el cumplimiento de los códigos locales.
- Se recomienda tener un supresor de sobretensiones.

Asimismo, debemos tener en cuenta algunas recomendaciones generales para la puesta a tierra del equipo montado en el rack, previniendo de esta manera alguna sobrecarga producto del medio ambiente o sistema eléctrico: [NSI2010]

- Si es posible, todo el chasis de cada rack montado deben incorporar un punto de conexión a tierra.
- Es recomendable tener un Rack Ground Bar (RGB) para atar todas las conexiones individuales de tierra a un solo punto en el rack. Se recomienda utilizar una barra vertical en la parte trasera de la parrilla que es de 1.2 cm de ancho por 0.6 cm de espesor. El objeto es mantener todas las conexiones en el mismo potencial a tierra. Estos incluyen equipos, redes, fuentes de poder.
- Un conductor AWG#6 trenzado con cubierta verde se debe utilizar para unir todo el equipo a la barra de tierra en el rack.



Figura 3.2 Rack montado para el equipamiento con conexión a tierra

Fuente: [Propiedad de Motorola]

### ***Diagrama de interconexión física MiSC***

En general, la estrategia es utilizar el etiquetado VLAN para separar la frecuencia 2.4 GHz de la banda ISM de la redes de seguridad pública a 4.9 GHz

y de utilizar una única interfaz de red del router para apoyar esta configuración. En el siguiente pequeño diseño del sistema, el punto de demarcación de la red de la empresa se va a probar como una interfaz Ethernet con NAT. [NSI2010]

- Conectar el puerto FastEthernet 0/1 del router Cisco 2801 a uno de los puertos disponibles del switch Cisco 2950 (en este caso, el puerto 1).
- El servidor MeshManager HP DL360 deberá conectarse a uno de los 4 puertos internos disponibles del Router Core Cisco 2801.
- El servidor de autenticación RADIUS HP DL360 deberá conectarse a uno de los 4 puertos internos del Router Core Cisco 2801.

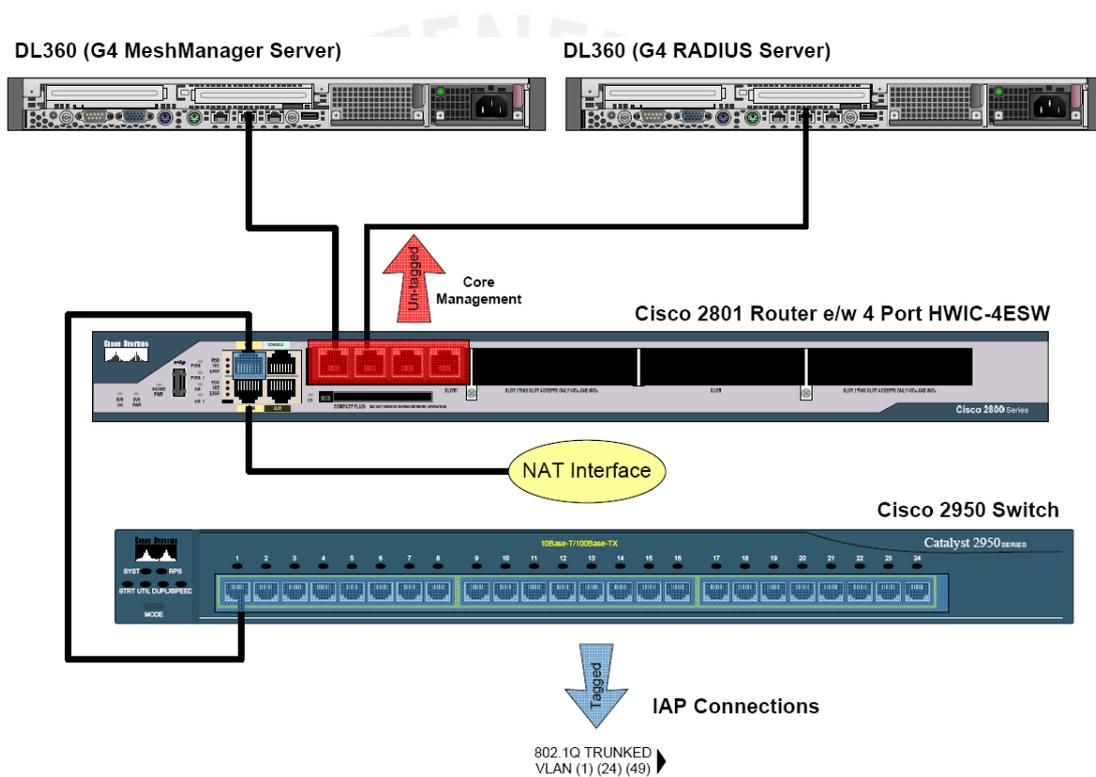


Figura 3.3 Diagrama de interconexión física del núcleo MiSC

Fuente: [NSI2010]

Respecto a los dispositivos que están directamente conectados y forman parte del controlador móvil, deberemos tener en cuenta lo siguiente para su operación:

• **EI IAP6300/MWR6300**

- DHCP habilitado para todos los transceptores (no se utilizan direcciones IP estáticas).
- WPA habilitado para transceptores 802.11

- Autenticación con HAS habilitado.
- Estándar 802.11g configurado para 2.4 GHz sólo para transceptores 802.11.

- **Router Cisco 2801**

- Enrutamiento entre las sub-redes inalámbricas 10.24.0.0/16 y 10.49.0.0/16 y la sub-red principal 172.31.0.0/16.
- Relay DHCP para las sub-redes inalámbricas con el servidor 172.31.0.20 DHCP.
- Interfaz NAT con la red de la empresa (el punto de demarcación).
- Switch con 4 puertos internos (HWIC-4ESW) ofrece interfaces para la sub-red principal.

- **Switch Ethernet Cisco 2950**

- Este switch es el hogar de las dos VLAN primarias que contienen a las sub-redes 10.24.0.0/16 Y 10.49.0.0/16. Los puertos 1-24 son asignados a las VLAN ID 24 a la VLAN ID 49. Se crean 2 VLAN.
- Del puerto 1 al 4, una VLAN para conectar los servidores del sistema.
- Del puerto 5 al 24 son para conectar los IAP's.
- El sistema considerado utilizando este switch puede soportar hasta 20 IAP, debido a la distribución que se le está dando.

- **Plan de direccionamiento IP**

A continuación se muestra un ejemplo de tabla conteniendo el plan de direccionamiento IP para la red principal (la cual brindará soporte a la red mesh inalámbrica) permitiendo realizar las pruebas necesarias durante el despliegue de los dispositivos inalámbricos en toda la red a implementar:

Dirección IP	Host
172.31.0.1	Router de borde de la red MEA (Edge Router)
172.31.0.2	Router principal de la red MEA (Core Router)
	Servidor MeshManager
172.31.0.20	Servidor DNS
	Servidor DHCP

	Servicios MeshManager (NMI, HAS)
	Dispositivo administrador GUI
	Servidor TFTP
<b>172.31.0.21 al 172.31.0.29</b>	Reservado para otros servidores de servicios de red

Tabla 3.1 Plan de direccionamiento IP de la red principal

Fuente: [Elaboración propia]

Además, respecto a la subred inalámbrica, la cual congrega a todos los dispositivos de red mesh inalámbricos y hosts móviles, tenemos un ejemplo del direccionamiento IP posible a utilizar:

Dirección IP	Host
<b>10.24.0.1 / 10.49.0.1</b>	Router MOTOMESH
<b>10.24.0.3 al 10.24.0.99 (2.4 GHz ISM)</b>	Reservado para bridges inalámbricos u otros dispositivos de la subred inalámbrica
<b>10.24.0.100 al 10.24.255.254 (2.4 GHz ISM)</b>	Reservado para los dispositivos de la red inalámbrica
<b>10.1.0.2</b>	Switch Ethernet (Administrador)

Tabla 3.2 Plan de direccionamiento IP de la subred inalámbrica

Fuente: [Elaboración propia]

### 3.2.1.1 El Servidor MiSC y el MeshManager

Es importante tener en consideración que las configuraciones de los equipos vienen predeterminadas de fábrica, lo que puede generar implicancias en el sistema a implementar con el MiSC. A continuación describiremos brevemente la configuración de los componentes de hardware y software para el servidor MiSC y el software MeshManager. Por lo tanto, respecto a los componentes de la configuración del MeshManager MiSC se debe instalar en el siguiente orden:

- Configuración del servidor de hardware.
- Red Hat Enterprise Linux ES versión 3.0, Update 3 (se debe instalar correctamente para su uso con la suite de gestión de la red MeshManager).
- Instalación de herramientas de terceros: Librería Java Runtime y MySQL.
- Instalación del MeshManager.

Asimismo, también tenemos que tener en cuenta la configuración del hardware del servidor Linux para la MiSC como suministrado de Motorola. Las

variaciones de la mencionada configuración pueden dar como resultado un rendimiento inadecuado del sistema. Por ende, se debe tener en cuenta los siguientes requisitos para la configuración: [NSI2010]

- Servidor Hewlett-Packard ProLiant DL360-G4 3.00 GHz
- Memoria RAM de 1024 MB
- (2) 36.4 GB 15K RPM SCSI Hard Disk Drives
- Monitor, teclado y mouse.

Recursos	Revisión del Software
Red Hat Enterprise Linux ES	v.3.0 Update 3
Java Runtime Environment	1.4.x.x
MySQL	4.0.13

Tabla 3.3 Requerimientos mínimos de software para el MeshManager

Fuente: [Elaboración propia]

### 3.2.1.2 Instalando el MeshManager

El instalador MeshManager le permite especificar qué componentes MeshManager estarán activos en la plataforma de destino. Sólo los componentes indicados como activos al seleccionar la casilla de verificación se activarán, aun cuando hayan sido autorizados.



Figura 3.4 Instalador MeshManager – Selección de componentes a instalar

Fuente: [NSI2010]

El proceso de actualización MeshManager detendrá temporalmente los servidores de respaldo licenciados MeshManager mientras los componentes actualizados no se instalen completamente. Cuando los componentes actualizados se hayan instalado, los procesos del servidor de respaldo se

reiniciarán. Esta interrupción del servidor tendrá una duración de máximo 6 segundos. Todas las solicitudes en la interfaz gráfica del MeshManager deben ser detenidas antes de actualizar el software en mención.

Además, es preciso mencionar que, es posible controlar el mencionado software remotamente. El MeshManager remoto se refiere a la instalación y uso del administrador de dispositivos de interfaz gráfica de usuario en un host de Windows. Esto permite que el administrador de dispositivos pueda ejecutarse de forma remota en el host, en lugar de operar desde el servidor principal del MiSC. La funcionalidad del administrador de dispositivos es la misma que cuando la aplicación se ejecuta en el servidor del MiSC.

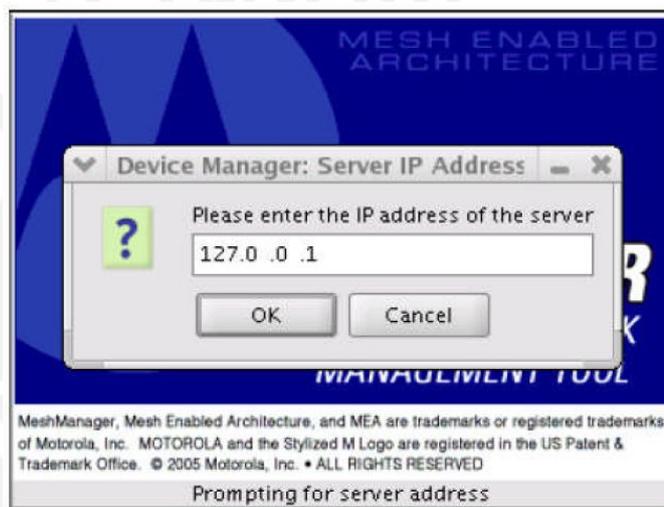


Figura 3.5 Device Manager de Motorola operando remotamente

Fuente: [NSI2010]

### 3.2.1.3 Configuración de los dispositivos de infraestructura y suscriptores al MiSC

Como sabemos, los dispositivos de infraestructura incluyen al IAP y el MWR en la red. La siguiente configuración por defecto es aplicable a ambos dispositivos:

- El DHCP está habilitado para todos los transceptores.
- Autenticación con HAS habilitado para todos los subcomponentes.

Se asignan direcciones, tanto a los IAPs y MWRs, del conjunto de subred inalámbrica DHCP. A cada IAP y MWR se le asignarán un máximo de 6 direcciones IP, por separado.

El IAP estará conectado directamente a los puertos inalámbricos del switch Ethernet en el MiSC. La interfaz nativa del IAP es 10/100 Base T Ethernet. Como soporte de las IAPs en locaciones fuera del alcance del Ethernet, se encuentran dispositivos de traducción de medios de comunicación que pueden ser usados para extender la conexión de Ethernet a través de una opción de retorno de transporte, mientras que proporcionan el equivalente a una conexión Ethernet de capa 2. El IAP y MWR se pueden configurar con la dirección IP del servidor que recibirá las traps SNMP. La dirección IP del servidor SNMP está configurada en la ventana de configuración del dispositivo IAP y del MWR, respectivamente, del MeshManager, en el campo *Trap Destination* (por defecto es 0.0.0.0). Sin embargo, debido que HAS está configurado en el sistema MOTOMESH, el MWR debe ser provisionado usando MeshManager antes que se le permita acceder al sistema y obtener una dirección IP.

Respecto a los dispositivos suscriptores (SD), también se le asignan direcciones del conjunto de la subred inalámbrica del DHCP. Cabe resaltar, que los dispositivos suscriptores en mención, son el VMM6300 y el WMC6300. A cada SD se le asignarán 2 direcciones IP, uno para el transceptor y otro para el host. Debido a que la autenticación HAS está configurado en el sistema, el SD debe ser provisionado usando MeshManager antes que se le permita acceder al sistema y obtener una dirección IP.

Para comprobar la conectividad básica de la MiSC, se debe probar lo siguiente desde una computadora conectada a la subred del servidor de la MiSC.: *hacer ping al IAP y al router MOTOMESH.*

Tipo de dispositivo	Descripción	Por defecto
<b>MOTOMESH Router</b>	Login password	g01d10
<b>MOTOMESH Router</b>	Enable password	g01d11
<b>MOTOMESH Router</b>	Wireless Subinterface 2.4 VLAN	10.24.0.1
<b>MOTOMESH Router</b>	Wireless Subinterface 4.9 VLAN	10.49.0.1
<b>Core Switch</b>	Core VLAN	172.31.0.2
<b>IAP</b>	Dirección IP para el servidor HAS	172.31.0.20
<b>Dispositivo suscriptor</b>	Gateway por defecto	10.24.0.1 (2.4 GHz)
<b>Dispositivo suscriptor</b>	Servidor DNS	172.31.0.20

Tabla 3.4 Usuarios y direcciones por defecto en el MiSC  
Fuente: [Elaboración propia]

### 3.2.2 Instalación de los dispositivos de infraestructura

El IAP y MWR son considerados dispositivos de infraestructura fija. Éstos proporcionan a los dispositivos suscriptores, dentro del área de cobertura, acceso a la red cableada. El IAP actúa como una interfaz de gestión de la red principal y los MWR's y SD's asociados. El MWR proporciona sólo autenticación estándar 802.11 y acceso al servidor RADIUS. [SPG2010]

Ambos tipo de dispositivos proporcionan una ubicación fija de referencia para la geo-localización y enrutamiento inalámbrico para las unidades en el área de cobertura. Para la implementación del sistema MOTOMESH Solo, una fuente de energía debe ser proporcionada para cada uno de los IAP a instalarse. Estos dispositivos requieren instalación profesional para garantizar que todo se realice se acuerdo a las normas de concesión de licencias de la FCC.

Los dispositivos de infraestructura están equipados con dos soportes de montaje diseñados para ser conectados a postes de luz y otros probables sitios de instalación. El montaje del hardware está disponible para un montaje directo a postes o estructuras grandes. También cuentan con un soporte remoto opcional. Los dispositivos de infraestructura están diseñados para un despliegue en el exterior desde una ubicación fija. Lo resaltante es que ambos dispositivos, se encuentran disponibles tanto para alimentación en CC y/o AC.

Características	2.4 GHz (802.11b/g)	2.4 GHz (MEA)	4.9 GHz (MEA)
<b>Potencia de salida</b>	21 dBm	24 dBm	24 dBm
<b>Modulación RF</b>	CCK/OFDM	QDMA	QDMA
<b>Frecuencia de operación (GHz)</b>	2.4-2.4835	2.4-2.4835	4.94-4.99
<b>Máxima transferencia de datos</b>	54 Mbps	6 Mbps	6 Mbps
<b>Espectro utilizado</b>	20 MHz	60 MHz	20 MHz

Tabla 3.5 Características de radio de dispositivos de infraestructura MOTOMESH Solo

Fuente: [Elaboración propia]

Los pasos a seguir en la instalación y operación de estos dispositivos son:

- Fijar los soportes de montaje a la carcasa del dispositivo, a continuación debemos fijar los soportes a la estructura física, por ejemplo, un poste. El soporte de montaje es una construcción de aluminio.

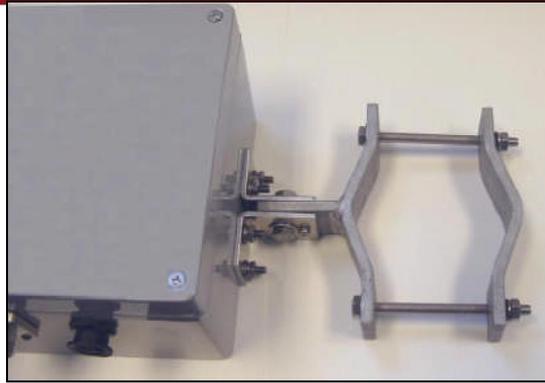


Figura 3.6 Montaje y soporte para los dispositivos de infraestructura

Fuente: [NSI2010]

- Ajustar la posición del dispositivo para que los conectores de la antena estén en posición vertical. Alinear la antena con los conectores tipo N en la caja y girar la cerradura.
- Insertar el cable en el puerto externo Ethernet de 2.4. Presionar el conector para asegurar un sello resistente a la intemperie
- Insertar el enchufe en el conector de 4 pines; y, aplicar alimentación.



Figura 3.7 Dispositivo IAP instalado en un mástil fijo

Fuente: [SPG2010]

- Desde la consola del MeshManager, utilice el administrador de dispositivos para mostrar los dispositivos usando las etiquetas de dirección MAC.
- Probar la conectividad con los dispositivos IAP o MWR, buscando una respuesta al comando ping, el cual se encuentra dentro de las opciones del menú desplegable Ping Device.

Es preciso recalcar que debemos tener en cuenta la orientación de la antena, pues así obtendremos un porcentaje de pérdida mayor o menor.

Polaridad de la antena (grados)	Pérdida en dB
15	0.3
30	1.3
45	3
60	6
75	12

Tabla 3.6 Polaridad de la antena para los equipos de infraestructura  
Fuente: [Elaboración propia]

En el siguiente diagrama, nótese que debido a su proximidad WR1 no está dentro del patrón de radiación del IAP1.

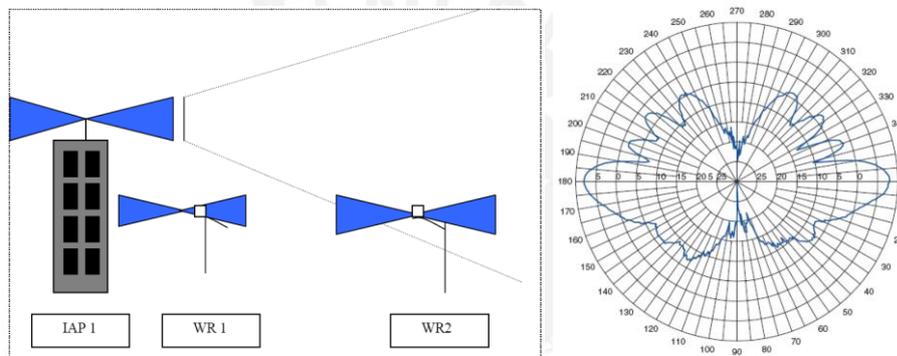


Figura 3.8 Patrón de radiación del IAP  
Fuente: [Elaboración Propia]

En la figura mostrada, se ilustra como un dispositivo móvil en la calle SD1 interactúa con dispositivos de infraestructura cuando se utilizan distintas alturas en un escenario de implementación. Como se indica, SD1 realiza un salto a través del WR2 para llegar al IAP1, a pesar de que el IAP se encuentra más cerca. Esto va a producir un aumento en la cantidad de saltos que conduce a un menor rendimiento y mayor latencia.

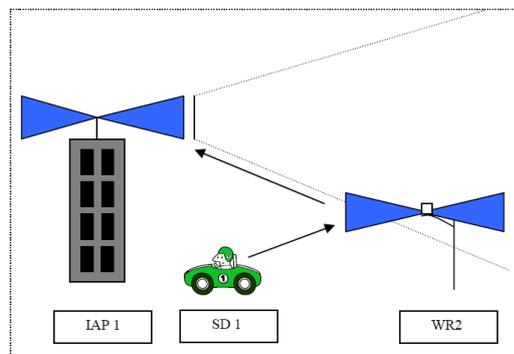


Figura 3.9 Interacción de infraestructura con un dispositivos móvil  
Fuente: [Elaboración Propia]

### 3.2.3 Instalación de dispositivos suscriptores

El WMC6300 y el VMM6300 se consideran como dispositivos suscriptores. Diseñados para movilidad a altas velocidades, mientras soportan toda la funcionalidad proporcionada por una red MOTOMESH Solo.

Hay dos formas de instalar y configurar el dispositivo VMM6300: MeshManager o el dispositivo de administración MOTOMESH de interfaz web.

Entre los dos métodos de configuración disponibles, MeshManager es la preferida para la configuración y gestión de aplicaciones. Antes de utilizar el MeshManager para la instalación y configuración de dispositivos, debemos asegurarnos de que esté instalado y funcionando en un ordenador de la red. MeshManager se utilizará durante el proceso de configuración del VMM para validar la instalación del dispositivo y su gestión (así como los demás dispositivos) dentro de la red inalámbrica. Es importante tener en cuenta que en una red mesh funcional es necesario utilizar este método. [SPG2010]

El dispositivo de administración MOTOMESH de interfaz web puede ser utilizado para instalar y configurar el dispositivo conectando una PC a la interfaz cableada. Debe tener en cuenta que no ofrece todas las características que se proporcionan dentro de la aplicación MeshManager.

Un dispositivo VMM6300 se utiliza de manera similar a un dispositivo suscriptor dentro de una red mesh inalámbrica Motorola y es utilizada con dispositivos de infraestructura Motorola como el IAP y el MWR.

La siguiente lista define los componentes de hardware estándar para instalar una VMM:

- Conector de Antena Tipo-N
- Antena (suministrada): 2.4 STD 4dBi, 4.9 STD 8 dBi
- 4.5 m de cable de alimentación de montaje

El operador de red debe suministrar lo siguiente:

- Lugar de montaje

- Fuente de energía (12 VDC) (del vehículo u otro suministro de energía DC)
- Un hub o switch (si se usa más de un dispositivo Ethernet)
- Herramientas de mano para la instalación del soporte.

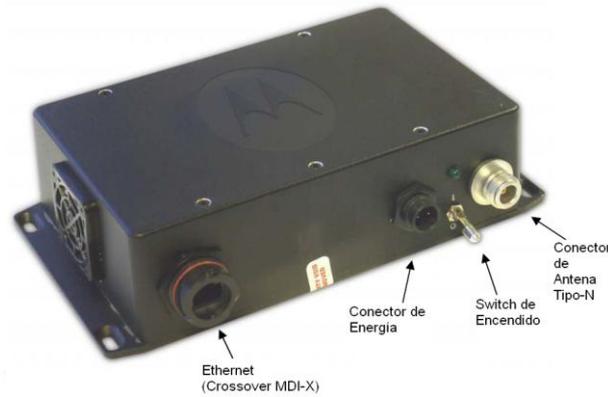


Figura 3.10 Puntos de conexión externos del VMM  
Fuente: [VMM2010]

El transceptor y las direcciones MAC de la SBC (Ethernet) del VMM6300 son enumerados sobre la etiqueta situada ya sea en la parte delantera o en la parte posterior de la unidad VMM. Se deberá grabar estos números en la *Tabla de direcciones MAC*.

Dos tablas de direcciones MAC han sido incluidas para el registro de los nombres de los dispositivos y el transceptor y direcciones MAC del host para un conjunto de dispositivos VMM6300 para una rápida referencia. Estas direcciones serán requeridas luego en los procesos de configuración y gestión.

VMM Device Name	2.4 QDMA XCVR MAC Address (02-05-12-0A-xx-yy)	2.4 QDMA Host MAC Address (00-05-12-0A-xx-yy)

Tabla 3.7 Tabla de direcciones MAC de la VMM6300 (2.4 GHz)  
Fuente: [Elaboración propia]

### Instalación del dispositivo VMM6300

- Montar el dispositivo VMM en un lugar adecuado en el vehículo que permita la ventilación.

(Este dispositivo no es resistente al agua y debe ser protegido de la humedad y otros ambientes cuando está expuesto al aire libre).

- Conectar la antena al conector Tipo-N
- Insertar el enchufe al conector de alimentación.



Figura 3.11 Ejemplo de montaje del VMM en los vehículos

Fuente: [VMM2010]

- Comprobar que las direcciones MAC hayan sido registradas en las tablas de direcciones MAC.
- Si vamos a instalar más de un dispositivo IP a la VMM6300, un dispositivo concentrador como un hub puede ser conectado al puerto Ethernet de la VMM. El número de dispositivos que se pueden conectar para interactuar con el VMM dependerá del número de puertos con el que cuente el hub. Se recomienda como un máximo de 3 dispositivos posibles a conectarse a la VMM. [VMM2010]

### Consideraciones de Despliegue

Al implementar el VMM debemos considerar lo siguiente:

- Los usuarios y los instaladores deben ser provistos con la instalación de la antena y transmisor operando en condiciones para satisfacer el cumplimiento de la exposición RF.
- La antena debe tener un mínimo de 30 pulgadas de cualquier poste metálico cercano para evitar la distorsión del patrón de RF.
- La antena debe tener una distancia de separación de al menos 2 metros del cuerpo de cualquier persona y no debe ser co-localizados o que operen en combinación con cualquier otra antena o transmisor.

- Por lo general, los Módems Montados en Vehículos son distribuidos dentro de la red y son usados como dispositivos suscriptores. Una regla general es el despliegue de las redes en 2-3 saltos para optimizar el rango, latencia y el rendimiento de los dispositivos suscriptores.
- La ubicación para la instalación del VMM debe proporcionar corriente continua (DC) aplicable al dispositivo.
- Se requiere que el chasis del VMM esté conectado a tierra para minimizar la posibilidad del ESD (descarga electrostática) induciendo daños.
- Localizar la antena para minimizar el multicamino:
  - Reducir al mínimo las interferencias de transmisiones cercanas.
  - Maximizar la oportunidad de una línea de vista directa con otros dispositivos.
  - Monte la antena suministrada verticalmente.

### Prueba de instalación del dispositivo

- Encender el VMM. El dispositivo estará en funcionamiento dentro de 60 a 120 segundos.
- Obtener la dirección MAC del transceptor y la dirección del host que se ha registrado anteriormente en la sección de tabla de direcciones MAC. La dirección será similar al formato 02-05-12-0A-XX-YY para el transceptor (XCVR) y 00-05-12-0A-XX-YY para el host.
- Dentro de la pantalla del MeshManager's DeviceManager, hacer clic derecho en las propiedades del VMM y seleccionar la opción **Ping Device**.
- Comprobar si hay una respuesta satisfactoria al comando **Ping** en el cuadro de diálogo de los nombres de los dispositivos. Una respuesta exitosa comprueba que el VMM se está comunicando el MWR6300 y el IAP6300.

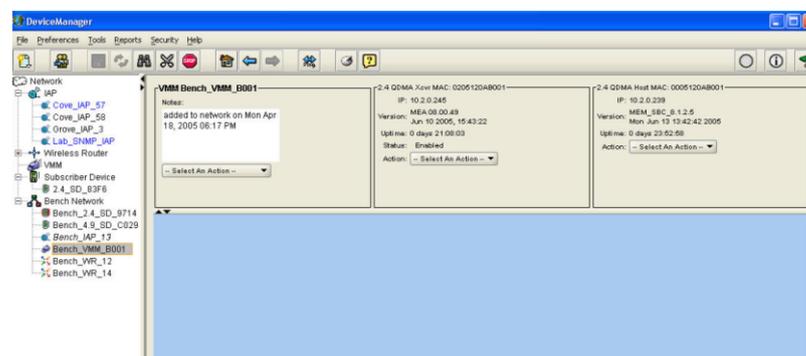


Figura 3.12 Información del dispositivo VMM dentro del MeshManager

Fuente: [VMM2010]

Ahora bien, el dispositivo final que va a permitir al cliente comunicarse con toda la red instalada, el WMC6300, ya descrito en el capítulo 1, requiere de ciertos componentes de hardware necesarios para su configuración:

- Tarjeta de Módem Inalámbrico (WMC6300)
- Antena con un conector MMCX
- Documentación y software de la Tarjeta de Módem inalámbrico en CD-ROM.

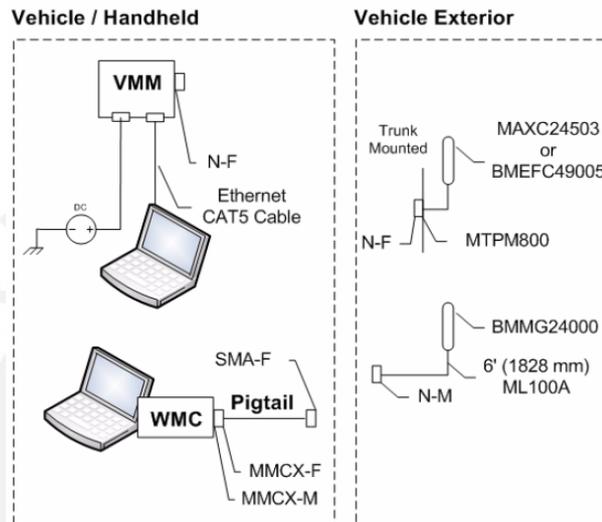


Figura 3.13 Tipos de conectores para antenas de dispositivos suscriptores

Fuente: [Propiedad de Motorola]

Asimismo, el usuario final debe de suministrar los siguientes equipos:

- Dispositivo Host que ejecute el sistema operativo Microsoft Windows 2000 (Service Pack 3) o Windows XP (Service Pack 1).
- Ranura de tarjeta Tipo II PCMCIA disponible en el dispositivo Host.



Figura 3.14 Laptop con ranura para la tarjeta PCMCIA

- Fuente: [VMM2010]

- Procesador de 500 MHz
- 10 MB de almacenamiento disponible en el disco duro
- Teclado, mouse, lectora de CD-ROM o DVD.

### Instalación del dispositivo WMC6300

- Localizar una ranura Tipo II PCMCIA disponible en el equipo (laptop, pda, etc.). Si es necesario, quitar el polvo de la tapa de la ranura. Para asegurar la orientación correcta, inserte la tarjeta de módem inalámbrico en la ranura de la computadora con la etiqueta hacia arriba, como se muestra en la siguiente figura:



Figura 3.15 Colocación correcta de la tarjeta PCMCIA

Fuente: [VMM2010]

- La antena debe estar conectada con el clip y en una orientación vertical cuando la portátil está en uso.



Figura 3.16 Orientación de la antena conectada a la tarjeta PCMCIA

Fuente: [VMM2010]

### 3.3 Características técnicas de infraestructura y suministro de energía

La infraestructura utilizada en el desarrollo de la implementación de los dispositivos inalámbricos, como el IAP y MWR, está basada principalmente en las estructuras móviles de base metálica de aproximadamente 3.0 x 1.5 metros, incluyendo un mástil de 3 pulgadas de grosor por 6 metros de altura; asimismo, se cuenta con 2 llantas con aro N° 13. Este vehículo, por llamarlo así, nos va a permitir instalar los Router Inalámbrico Mesh (MWR6300) en el respectivo mástil, permitiendo tener movilidad del equipamiento pudiendo obtener así una variable y eficiente cobertura. Todo esto es producto de la falta de estructuras fijas alrededor del asentamiento minero, así como el tipo de área rocosa y alejada de las instalaciones de mando.



Figura 3.17 Estructuras de soporte para los dispositivos de infraestructura

Fuente: [Fotografía propia]

Esta estructura tiene una base de pintura antioxidante, protección de hierro, una base para colocar los paneles solares mediante los cuales se suministrará energía a los dispositivos de infraestructura, contiene espacio para almacenar un máximo de 8 baterías. Además, posee un anclaje en la base y 2 anclajes laterales, que permiten apoyar el vehículo al suelo, proporcionando una buena estabilidad y firmeza en una determinada ubicación pudiéndose brindar así una buena cobertura. Si bien es cierto, los MWR no necesitan tener línea de vista, se trató de ubicarlos en posiciones con línea de vista pudiéndose así brindar un mejor cobertura y abarcar una mayor área.

A continuación desarrollaremos algunos cálculos respecto del equipo contenido dentro de las estructura metálicas:

**Consumo:**

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Utilización	Consumo (Wh/día)
Inversor	1	10	24 h/día	240
<b>Total</b>				<b>240</b>

Con una tensión de trabajo: **12 Vcc**

Consumo total: **20 Ah/día**

Incrementando un 20% como margen de seguridad para compensar pérdidas de línea, suciedad de los módulos (5%), rendimiento del inversor (10%), etc., tendremos: **Consumo total + Margen = 20 Ah/día x 1.20 = 24 Ah/día**

**Datos de radiación:**

Departamento de Arequipa, lo que equivale a **5.00 horas de sol pico (h.s.p.)**

Si utilizamos el módulo 80STP de 80 Wpico y 4.65 A de corriente media de carga, tendremos en 48 VDC:

**Número de Módulos: 2.** Los cálculos están desarrollados en el Anexo 14.

Para obtener el número de baterías que irían instaladas dentro de estas unidades móviles tendremos: Capacidad = (consumo x días de autonomía) / profundidad de descarga = 96 Ah, siendo la batería elegida = 115 Ah.

**El número total de baterías es 2.** Los cálculos están desarrollados en el Anexo 14.



Figura 3.18 Equipamiento de con paneles solares y baterías instaladas

Fuente: [Fotografía propia]

### 3.4 Implementación de equipos y áreas de cobertura

El sistema propuesto está diseñado para brindar cobertura a las tres zonas requeridas por la compañía minera Cerro Verde (Tajos Cerro Verde, Santa Rosa y Cerro Negro) con el objetivo de brindar una amplia cobertura, teniendo acceso y envío de datos en tiempo real desde las zonas de excavación, exploración y extracción a la estación base y ésta comunicarse mediante su enlace satelital con las oficinas ubicadas en Lima.

Asimismo, debemos tener una regla de constitución de la red, la cual menciona que por cada **2.6 Km<sup>2</sup> se instalarán 3 IAP y 12 MWR en proporción.**

#### 3.4.1 Área de cobertura en el Tajo Cerro Verde

Para esta zona, se instalarán 2 IAPs para brindar cobertura a todo este tajo. Cada uno de estos dispositivos va a tener una conexión directa a un punto de acceso a Internet, el cual es proporcionado mediante Fibra Óptica. El primer IAP estará ubicada en el punto al que llamaremos *Punto de Acceso 1 (IAP N° 1)*



Figura 3.19 Ubicación del IAP N° 1 en el Tajo Cerro Verde

Fuente: [Elaboración propia]

En la ubicación de este punto, la minera Cerro Verde implementará un enlace inalámbrico en la banda 5.8 GHz, por lo cual se instalará una torre de 12 metros de altura, la cual será utilizada para montar el IAP6300.

El otro IAP estará ubicado en el Cerro K donde el cliente, es decir, la minera Cerro Verde, deberá proveer un punto de red Ethernet RJ-45; así como una fuente de energía constante para alimentar al dispositivo. A este punto lo llamaremos *Punto de Acceso 2 (IAP N° 2)*



Figura 3.20 Ubicación del IAP N° 2 en el Cerro K para brindar cobertura al Tajo Cerro Verde  
Fuente: [Elaboración propia]

El área a cubrir en la totalidad del Tajo en mención es de aproximadamente 1.5 Km<sup>2</sup>, por lo que se contarán con 3 MWRs, los cuales serán colocados en las estructuras de base metálicas antes mencionadas.

Dispositivo	Coordenadas geográficas
<b>Punto de Acceso 1 (IAP N° 1)</b>	71°36'35.3\"w – 16°31'41.4\"s
<b>Punto de Acceso 2 (IAP N° 2)</b>	71°35'37.6\"w – 16°31'41.4\"s

Tabla 3.8 Coordenadas geográficas del IAP N° 1 y N° 2 en Cerro Verde  
Fuente: [Elaboración propia]



Figura 3.21 Área total del Tajo Cerro Verde cubierta por los IAPs N° 1 y N° 2

Fuente: [Fotografía propia]



Figura 3.22 Vista del Tajo Cerro Verde desde el Punto de Acceso 1-1

Fuente: [Fotografía propia]



Figura 3.23 Vista del Tajo Cerro Verde desde el Punto de Acceso 1-2

Fuente: [Fotografía propia]



Figura 3.24 Vista del Tajo Cerro Verde desde el Punto de Acceso 1-3

Fuente: [Fotografía propia]

### 3.4.2 Área de cobertura en el Tajo Santa Rosa

Para brindar cobertura en la zona en mención, se utilizará un (1) IAP, el cual cuenta con un enlace de conexión a Internet a través de un enlace de Fibra Óptica, a la cual denominaremos *Punto de Acceso 3 (IAP N° 3)*, donde el cliente proveerá un puerto Ethernet y una fuente de alimentación constante, permitiendo así suministrar energía al dispositivo; además proporcionarán una torre ventada de 12 m., donde se instalará el IAP6300. El dispositivo IAP N° 3 estará localizado en las siguientes coordenadas:

Dispositivo	Coordenadas geográficas
<b>Punto de Acceso 3 (IAP N° 3)</b>	71°35'24.9''w – 16°32'19.3''s

Tabla 3.9 Coordenadas geográficas del IAP N° 3

Fuente: [Elaboración propia]

Alrededor del tajo en mención, se ubicarán 2 MWRs, las cuales serán montadas en las estructuras metálicas móviles antes utilizadas en el tajo de Cerro Verde, ubicadas estratégicamente para brindar cobertura en la zona deseada, la cual tiene un área de 500 m<sup>2</sup>. De acorde a la distribución de los MWR6300 en todo el tajo, la cobertura puede incrementarse. A continuación se muestran las estructuras metálicas con el Router Inalámbrico Mesh instalado.



Figura 3.25 Instalación de los MWR6300 en las estructuras metálicas móviles

Fuente: [Fotografía propia]



Figura 3.26 Vista del área de cobertura del IAP N° 3

Fuente: [Elaboración propia]



Figura 3.27 Punto de Acceso en el Tajo Santa Rosa

Fuente: [Fotografía propia]



Figura 3.28 Vista panorámica del Tajo Santa Rosa

Fuente: [Fotografía propia]

### 3.4.3 Área de cobertura del Tajo Cerro Negro

Debido a la variación constante de la geografía en esta parte de la minera, se hicieron estudios con el programa MeshPlanner, generando como resultado la instalación de un (1) IAP para brindar cobertura en la zona en mención. A esta ubicación la denominaremos *Punto de Acceso 4 (IAP N° 4)*, donde el cliente proveerá un puerto Ethernet y una fuente de alimentación constante, permitiendo así suministrar energía al dispositivo. Las respectivas coordenadas geográficas de este punto de acceso son:

Dispositivo	Coordenadas geográficas
<b>Punto de Acceso 4 (IAP N° 4)</b>	71°33'29" w – 16°32'35.5" s

Tabla 3.10 Coordenadas geográficas del IAP N° 4

Fuente: [Elaboración propia]

Para este caso, es necesario utilizar sólo un (1) MWR6300, el cual estará montado en una de las estructuras metálicas móviles utilizadas en los tajos anteriores, brindando cobertura suficiente en la zona deseada, la cual tiene un área de 400 m<sup>2</sup>.



Figura 3.29 Vista del área de cobertura del IAP N° 4 para el Tajo Cerro Negro

Fuente: [Elaboración propia]



Figura 3.30 Vista del Tajo Cerro Negro desde Punto de Acceso 3

Fuente: [Fotografía propia]



Figura 3.31 Vista panorámica de la cobertura general de los IAP's en la minera

Fuente: [Elaboración Propia]

### 3.5 Propuesta económica

El proyecto en mención no busca obtener utilidades o un reembolso de la inversión, dado que el servicio solicitado es netamente privado para la empresa minera. Cabe resaltar, que los servicios solicitados y elaborados a partir de la tecnología MOTOMESH Solo van a incrementar la productividad de la minera, asimismo, el ahorro de mantenimiento de equipos y/o personal para su funcionamiento.

Los equipos utilizados presentan una garantía de hasta 5 años. Como hemos descritos anteriormente, éstos van a ofrecer una fuerte resistencia a la intemperie. La zona en la cual se ubica la minera, posee variación climática, frío, lluvias, y éstos son propicios para esos ambientes. La minera Cerro Verde S.A. mostró su satisfacción respecto a la solución brindada y a la propuesta económica elaborada

En definitiva, la economía funciona exclusivamente bajo parámetros de crecimiento económico, en este caso, teniendo en cuenta sus implicaciones ambientales y sociales. El modelo de red presentado es escalable, pudiendo mejorarse ante requerimientos futuros como sistemas de pantallas táctiles conectadas a internet dentro de los vehículos, brindar Internet a las poblaciones alrededor. A continuación se detalla la lista de equipos a instalar, software, precios de éstos de acorde al mercado actual.

Nº Item	Número de Parte	Descripción	Unidad	Cantidad	Unit. US\$	Total
<b>Tecnología MOTOMESH Solo</b>						
<b>1</b>	<b>HK1167A</b>	<b>MEA-IAP6300 – Modelo AC</b>				
			4	4	\$ 5.000.00	\$ 20.000.00
1	a	ZA00387AA Antena, 8 dBi (DDN8082) <u>Current FMWR version &amp; Power LEVEL Options</u>	4			
1	b	ZA00426AA ADD: CURR FMWR 25 DBM PWR <u>IP Provisioning type</u>	4			
1	c	ZA00386AA Dynamically provisioned IP <u>Power Cable Selection</u>	4			
1	d	ZA00380AA ADD: A/C POWER CABLE ASSEMBLY	4			
<b>2</b>	<b>HK1176A</b>	<b>MEA-MWR6300 – Modelo DC</b>				
			6	6	\$ 4.000.00	\$ 24.000.00
2	a	ZA00387AA Antena, 8 dBi (DDN8082) <u>Current FMWR version &amp; Power LEVEL Options</u>	6			
2	b	ZA00426AA ADD: CURR FMWR 25 DBM PWR <u>IP Provisioning type</u>	6			
2	c	ZA00386AA Dynamically provisioned IP	6			
<b>3</b>	<b>HK1182A</b>	<b>MEA-VMM6300 (STD 0 dBi antenna)</b>				
		<u>Current FMWR version &amp; Power LEVEL Options</u>	8	8	\$ 2.800.00	\$ 22.400.00
3	a	ZA00426AA ADD: CURR FMWR 25 DBM PWR <u>IP Provisioning type</u>	8			
3	b	ZA00386AA Dynamically provisioned IP	8			
<b>4</b>	<b>HK1179A</b>	<b>MEA-WMC6300</b>				
			10	10	\$ 180.00	\$ 1.800.00
4	a	ZA00389AA ADD: PDA ANTENA 2.5 DBI	5		\$ 150.00	
4	b	DDN8078 WMC6300 2.4 GHz 0 DB FOR LAPTOP	5		\$ 30.00	

Nº Item	Número de Parte	Descripción	Unidad	Cantidad	Unit. US\$	Total
5	ZA00395AA	Antena de 3 dBi para VMM6300 (DDN8080)	8	8	\$ 70.00	\$ 560.00
6	HK1207	XP EZ – Mobile Internet Switching Controller	1	1	\$ 17.000.00	\$ 17.000.00
7	RVN5069A	MeshManager Linux	1	1	\$ 20.000.00	\$ 20.000.00
8	RVN5070A	MeshManager W/EZ	1	1	\$ 10.000.00	\$ 10.000.00
9	RLN5996	Paquete de 100 licencias	1	1	\$ 2.000.00	\$ 2.000.00
8	S2000	Batería AC Delco 115A/h	6	6	\$ 40.00	\$ 240.00
9	80STP	Panel Solar Suntech 80W	12	12	\$ 500.00	\$ 6.000.00
11		Regulador LEO 15 Amp	6	6	\$ 80.00	\$ 480.00
10		Estructuras metálica de aproximadamente 3.0 m x 1.5 m, incluido mástil de 3" x 6 m, de altura y 2 llantas de aro N° 13, llaves Tipo Jumbo y protección de fierro, base para paneles solares. Incluye 4 gatas.	6	6	\$ 1.500.00	\$ 9.000.00
12		Servicios de instalación y configuración			\$ 5.000.00	\$ 5.000.00

Subtotal	\$ 133.480.00
IGV	\$ 25.361.20
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 158.841.20</b>

## CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta que cada usuario es un mundo al hablar de necesidades de acceso a banda ancha, el portafolio de soluciones MOTOwi4 ofrece una opción. Cada solución ofrece posibilidades atractivas y un sólido caso de negocios, como así también una oportunidad de combinar soluciones para ampliar y maximizar aún más la cobertura, profundizando la relación del proveedor de servicios con el usuario final, refuerza la fidelidad de la marca y crea nuevas oportunidades de ingresos al soportar aplicaciones y servicios mejorados.
- Esta tecnología soluciona la necesidad de fácil despliegue y alto rendimiento, aún en ambientes difíciles. Desde aplicaciones militares hasta de emergencias, las redes Mesh están siendo rápidamente adoptadas por redes de banda ancha municipal. También están apareciendo en varios mercados, tales como la minería, fábricas, transporte y otras aplicaciones empresariales. Se puede observar el incremento de redes con esta tecnología, tanto en lugares públicos como comerciales y aún en redes caseras. Esta tecnología está revolucionando la movilidad inalámbrica y bajo el liderazgo de Motorola, se están tomando el papel del principal conductor de la movilidad inalámbrica de 4ta generación.
- Los estándares garantizan las opciones de compra con diversos fabricantes y la interoperabilidad de sus dispositivos en el futuro. Además de los ya establecidos estándares 802.11 a/b/g, las redes MOTOMESH están diseñadas para cumplir el estándar 802.11s definitivo mediante una simple actualización del firmware por vía aérea (OTA). Las redes MOTOMESH requieren menos dispositivos en el campo, lo que reduce los costos de implementación, de acceso a los postes y costo total de la propiedad.
- El dimensionamiento de las redes de telecomunicaciones puede ser realizado mediante distintos criterios. Sin embargo, es recomendable considerar el criterio de cobertura en los inicios de la red debido a que el criterio de la capacidad no es tan crítico por la baja penetración de usuarios que se tiene en los primeros años de funcionamiento. Las empresas de telecomunicaciones, mineras, municipalidades, etc., trabajan bajo el criterio de demanda, es decir, conforme aumenta el número de usuarios, la empresa aumenta el número de recursos.

- El diseño realizado garantiza la disponibilidad y confiabilidad permanente del sistema de comunicaciones a los usuarios finales debido a que los equipos Motorola elegidos poseen un tiempo de vida medio de 100.000 horas, lo cual reduce también los gastos de mantenimiento en la red.
- El uso del estándar 802.b/g en el diseño permitirá al sistema de comunicaciones tener un porcentaje de escalabilidad del 15% en relación al número de usuarios atendidos por estación y simultáneamente.
- El concepto de Internet Móvil representa mucho más que la movilidad aplicada a la Internet. A diferencia de la internet fija, siempre está al alcance del usuario, esto significa que además de añadir la dimensión de la movilidad a los actuales servicios de internet, proporciona una serie de servicios innovadores que pueden adaptarse al lugar y las preferencias, las necesidades y circunstancias individuales del usuario móvil.
- La red de banda ancha inalámbrica de Motorola permitirá en aplicaciones sociales, que nuestros agentes de policía puedan contar con la información cuando más la necesitan para tratar un incidente, informar al personal de emergencia en el campo sobre la situación con la que se encontrarán, y utilizar el video para evaluar una situación incierta.
- Las empresas, los trabajadores y los consumidores en todo el mundo exigen acceso a banda ancha, donde sea que se encuentren y en cualquier momento en que lo requieran. Es el elemento vital de la fuerza de trabajo mundial de hoy y fundamental para la eficacia de economías fluctuantes, creciente y para las redes de comunicaciones de constante expansión.

## BIBLIOGRAFIA

- [ACU2007] Acuña, D. 2007. Universidad Tecnológica de Bolívar – Facultad de Ingeniería Electrónica. ‘Redes Inalámbricas Enmalladas Inalámbricas’. URL: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/redes-inalambricas-enmalladas-metropolitanas/redes-inalambricas-enmalladas-metropolitanas.pdf>
- [AYC2006] Sociedad Minera Cerro Verde S.A. 2006. ‘Socios por el desarrollo de Arequipa’. Contribuciones. URL: <http://www.canadaperu.org/Presentacion%20%20Cerro%20Verde.pdf>
- [BCR2008] Banco Central de Reserva del Perú. 2008. ‘Caracterización del departamento de Arequipa – Características Geográficas’. URL: <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Arequipa/Arequipa-Caracterizacion.pdf>
- [CAR2008] Carlos M. 2008. ‘Fundamentos de las transmisiones inalámbricas’. Capítulo 2. URL: [http://www.carlosmezquida.com/word/wp\\_content/archive/Pagina\\_2\\_CAPITULO2.pdf](http://www.carlosmezquida.com/word/wp_content/archive/Pagina_2_CAPITULO2.pdf)
- [GMT2010] GMT Varitec de Colombia. 2010. ‘Radio Enlaces – Soluciones de red diseñadas para brindar conectividad de alto rendimiento y alta velocidad’. URL: <http://www.gmtvaritec.com/portal/flash/Motorola/Motorola.swf>
- [MAT2002] Matthew G. 2002. ‘802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide’. Creating and Administering Wireless Networks. O’Reilly.
- [MIN2009] Motorola, Inc. 2009. Wireless Technologies in Industrial Markets. ‘Real World Scenarios in Mining’.
- [MOT2010] Motorola, Inc. 2010. ‘Motorola Technology Position Paper – Mesh Networks’. URL: <http://www.motorola.com>

- [NOD2008] Nodalis. 2008. 'Internet para comunidades. Redes malladas asequibles'. URL: <http://www.nodalis.es/sobre-nodalis-por-que-una-red-mesh-o-mallada.htm>
- [NSI2010] Motorola, Inc. 2010. MOTOMESH 1.2 'Network Setup and Installation Guide'.
- [OPE2006] Sociedad Minera Cerro Verde S.A. 2006. 'Cámara de Comercio Canadiense'. Operaciones Actuales. URL: <http://www.canadaperu.org/Presentacion%20%20Cerro%20Verde.pdf>
- [SMC2004] Sociedad Minera Cerro Verde S.A. 2004. Asiento Minero Cerro Verde. 'Estudio del Impacto Ambiental – Proyecto de Sulfuros Primarios'. Resumen Ejecutivo.
- [SMC2006] Sociedad Minera Cerro Verde S.A. 2006. 'Cámara de Comercio Canadiense'. URL: <http://www.canadaperu.org/Presentacion%20%20Cerro%20Verde.pdf>
- [SPG2010] Motorola, Inc. 2010. MOTOMESH 1.2 'System Planner Guide'.
- [SUL2006] Sociedad Minera Cerro Verde S.A. 2006. 'Ampliación de Planta de Beneficios de Cerro Verde'. Sulfuros Primarios. URL: <http://www.canadaperu.org/Presentacion%20%20Cerro%20Verde.pdf>
- [TAY2002] Taylor & Francis Group. 2005. 'Wireless Mesh Networks'. Chapter 3. Auerbach Publications.
- [TEL2005] Radios Motorola. 2005. Móviles y/o Bases. URL: <http://www.telecomcr.com/tel/radio/Pro3100.jpg>
- [VMM2010] Motorola, Inc. 2010. MOTOMESH 1.2 'Vehicle Mounted Modem Users Guide'.
- [WIL2005] Wilac. 2005. 'Tecnologías inalámbricas para el Desarrollo en Latino América y el Caribe'. URL:

[http://wilac.net/doc/tricalcar/materiales\\_abril2008/PDF\\_es/13\\_es\\_red\\_es\\_mesh\\_quia\\_v02.pdf](http://wilac.net/doc/tricalcar/materiales_abril2008/PDF_es/13_es_red_es_mesh_quia_v02.pdf)

- [WIM2008] Water in Mining. 2008. 'I International Congress on Water Management in the Mining Industry'. URL:  
<http://www.waterinmining.com/2008/cierre2008/?pag=sesion8&leng=in>
- [WTI2009] Motorola, Inc. 2009. Wireless Technologies in Industrial Markets. 'An Examination of Mesh Technologies in Mining'.



## ANEXOS

- Anexo 1: IAP6300 – Datasheet (Intelligent Access Point)
- Anexo 2: MWR6300 – Datasheet (Mesh Wireless Router)
- Anexo 3: WMC6300 – Datasheet (Wireless Modem Card)
- Anexo 4: VMM6300 – Datasheet (Vehicle Mounted Modem)
- Anexo 5: MOTOMESH 1.2 – Vehicle Mounted Modem Users Guide
- Anexo 6: MOTOMESH 1.2 – Network Operators Guide
- Anexo 7: MeshManager – Datasheet
- Anexo 8: MeshPlanner – Datasheet
- Anexo 9: Mesh Camara – Datasheet
- Anexo 10: Video 1 – MOTODrive 2\_4GHz at LeMans
- Anexo 11: Video 2 - ABC News 03\_29\_29
- Anexo 12: Video 3 – Fox News 05\_14\_09
- Anexo 13: Video 4 – NBC News 08\_20\_09
- Anexo 14: Cálculo de Energía Solar para la minera Cerro Verde