



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**Facultad de Ingeniería**

**"IMPLEMENTACIÓN DE RED DE VOZ Y DATOS SOBRE RED INALÁMBRICA  
PARA LA INDUSTRIA MINERA EN SONORA"**

**TRABAJO PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN  
TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTA:**

**MANUEL ALEJANDRO ROSAS ORTEGA**

**DIRECTOR DE TRABAJO PROFESIONAL**

**DR. MIGUEL MOCTEZUMA FLORES**

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
--------------------	---

PREFACIO .....	4
----------------	---

## CAPÍTULO 1

OBJETIVO.....	5
---------------	---

## CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES.....	6
-------------------	---

1. COMUNICACIONES INALÁMBRICAS .....	6
--------------------------------------	---

1.1 Espectro Radioeléctrico .....	6
-----------------------------------	---

1.2 Propagación De La Señal .....	7
-----------------------------------	---

1.3 Mecanismos De Propagación .....	9
-------------------------------------	---

1.3.1 Propagación Troposférica.....	10
-------------------------------------	----

1.3.2 Ducting.....	11
--------------------	----

1.3.3 Propagación Multicamino.....	11
------------------------------------	----

1.4 Ruido .....	12
-----------------	----

1.5 Antenas .....	13
-------------------	----

1.5.1 Diagrama de radiación.....	14
----------------------------------	----

1.6 Zona De Fresnel .....	16
---------------------------	----

1.7 Consideraciones Físicas .....	17
-----------------------------------	----

2. VOZ SOBRE IP (VoIP).....	18
-----------------------------	----

2.1 Introducción.....	18
-----------------------	----

2.2 Componentes de una red VoIP.....	19
--------------------------------------	----

2.3 Protocolos de VoIP .....	19
------------------------------	----

2.4 Codec .....	20
-----------------	----

2.5 Limitaciones Tecnológicas .....	21
-------------------------------------	----

2.5.1 Pérdidas de Paquetes.....	22
---------------------------------	----

2.5.2 Retardo .....	23
---------------------	----

2.5.3 Jitter de la red .....	25
------------------------------	----

2.5.4 Eco.....	27
----------------	----

2.6 Calidad del Servicio .....	29
--------------------------------	----

2.6.1 Las técnicas de QoS.....	30
--------------------------------	----

3. ASTERISK .....	31
-------------------	----

## CAPÍTULO 3

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	33
------------------------------	----

## **CAPÍTULO 4**

<b>ANÁLISIS Y METODOLOGÍA EMPLEADA.....</b>	<b>34</b>
<b>1. DETERMINACIÓN DE SITIOS DE INSTALACIÓN .....</b>	<b>34</b>
1.1 Enlace Mina-Tepoca .....	37
1.2 Enlace Tepoca-Mesa del Campanero .....	40
1.3 Enlace Mesa del Campanero-Yecora .....	41
<b>2. ARQUITECTURA RED DE DATOS .....</b>	<b>43</b>
<b>3. ARQUITECTURA RED DE VOZ.....</b>	<b>45</b>
<b>4. NOTAS FINALES PARA EL CLIENTE .....</b>	<b>47</b>

## **CAPÍTULO 5**

<b>PARTICIPACIÓN PROFESIONAL.....</b>	<b>49</b>
---------------------------------------	-----------

## **CAPÍTULO 6**

<b>RESULTADOS Y APORTACIONES .....</b>	<b>50</b>
--	-----------

## **CAPÍTULO 7**

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>51</b>
---------------------------	-----------

<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>53</b>
----------------------------------	-----------

<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFICA DE IMÁGENES .....</b>	<b>66</b>
---	-----------

<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>67</b>
---------------------------	-----------

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espectro radioeléctrico .....	7
Figura 2. Relación entre los parámetros de cobertura .....	8
Figura 3. Enlace Óptico Directo (LOS).....	9
Figura 4. Dependencia entre la frecuencia y el alcance de la comunicación.....	9
Figura 5. Reflexión y refracción de la señal .....	10
Figura 6. Propagación troposferica .....	10
Figura 7. Propagación por conductos .....	11
Figura 8. Propagación multicamino (multipath).....	12
Figura 9. Ejemplos de Antenas .....	13
Figura 10. Diagrama de radiación de una antena omnidireccional .....	14
Figura 11. Diagrama de radiación de una antena direccional.....	14
Figura 12. Antena directiva de alta ganancia y su diagrama de radiación .....	15
Figura 13. Parámetros de un diagrama de radiación (coordenadas rectangulares) .....	16
Figura 14. Zonas de Fresnel.....	17
Figura 15. Fundamentos de la voz sobre paquetes .....	22
Figura 16. Calidad percibida de la voz en función del retardo .....	24
Figura 17. Fuentes de retardo.....	24
Figura 18. Ejemplo de jitter .....	26
Figura 19. Ejemplo de supresión de jitter.....	26
Figura 20. Retardo versus pérdidas en reproducción .....	27
Figura 21. Cancelación de eco mediante filtrado adaptivo .....	28
Figura 22. Ubicación Mina Luz de Cobre.....	34
Figura 23. Vista en Google Earth de los puntos de Instalación .....	36
Figura 24. Grafica de alturas de sitios de instalación.....	36
Figura 25. Enlaces inalámbricos.....	37
Figura 26. Ubicación Mina-Tepoca en mapa Google Earth .....	38
Figura 27. Perfil de línea de vista Tepoca-Mina.....	38
Figura 28. Cálculo enlace Mina-Tepoca .....	39
Figura 29. Ubicación Tepoca-Mesa del Campanero en Google Earth.....	40
Figura 30. Perfil de Línea de Vista Mesa del Campanero-Tepoca.....	40
Figura 31. Cálculo de Enlace Tepoca-Mesa del Campanero.....	41
Figura 32. Ubicación Mesa del Campanero-Yecora en Google Earth .....	42
Figura 33. Perfil de Línea de vista Yecora-Mesa del Campanero.....	42
Figura 34. Cálculo de enlace Mesa del Campanero-Yecora.....	43
Figura 35. Arquitectura de Red.....	45
Figura 36. Arquitectura de Red de Voz y Datos.....	47

## **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día las redes informáticas y de telecomunicaciones convergen y se funden en una sola infraestructura tecnológica que ofrece oportunidades sin precedente para transformar a las organizaciones y empresas. Las nuevas tecnologías hacen posible agilizar los procesos internos y los procesos compartidos con otras organizaciones, dando pie a cadenas de suministro que hacen deseable establecer relaciones de colaboración con clientes y proveedores en el mundo mercantil, además de hacer un uso inteligente de la infraestructura y servicios que ofrecen las instituciones de gobierno.

Siguiendo esta concepción nace Sistemas y Construcción de México S.A. de C.V. nombre que surge de la idea de construir los sistemas que el país requiere tomando como acrónimo "SISCOMEX". Es registrada en la ciudad de México en el año de 1994. Sus oficinas corporativas se ubicaron en la delegación Miguel Hidalgo, donde atendían a la industria de esta enorme metrópoli. Es hasta el año 2000 donde en búsqueda de nuevas oportunidades de mercado y una ambiciosa visión de negocios deciden abrir una sucursal en la ciudad de Guanajuato, lugar estratégico para el crecimiento del país, que permitiera atender la zona bajío y la industria que ahí se aloja. Hasta el día de hoy, Sistemas y Construcción de México trata de establecerse como una empresa predominante en esta zona con su amplia experiencia e innovación en el mercado.

El trabajo continuo realizado para permanecer a la vanguardia del conocimiento tecnológico en el segmento de las tecnologías de la información y de las comunicaciones, así como el acervo de experiencias y conocimientos acumulados, han permitido participar en proyectos de una base sólida para ofrecer soluciones realistas, eficientes y con visión de largo plazo en áreas como:

- Diseño y construcción de infraestructura de transporte de voz y datos para redes **LAN** y **WAN**, con especial orientación a tecnologías de protocolos de comunicación **TCP/IP**.
- Diseño, integración, construcción, operación y mantenimiento de redes de comunicación de radio frecuencia de espectro disperso en topologías de áreas urbanas.
- Implementación de redes avanzadas de Voz sobre IP, empleando protocolos **SIP**, **H.323** y **MGCP**, utilizando tecnología de fabricantes como **Digium**, **Polycom**, **Aastra**, **AudioCodes**, **Panasonic**, entre otros, haciendo uso de diversos medios de transmisión en enlaces dedicados, **VPN**, **ADSL**, sistemas de radiofrecuencia.
- Implementación de sistemas de **CCTV**, principalmente utilizando tecnología IP, para el monitoreo remoto e inteligente de diversas instalaciones utilizando la infraestructura de red disponible y haciendo uso de diversos mecanismos de detección de eventos y activación de alarmas, mediante la utilización de tecnología de fabricantes como **Pelco**, **Axis**, **Mobotix** y **March Network**.
- Soporte y mantenimiento de redes de comunicaciones.
- Análisis y evaluación de necesidades de capacitación para el desempeño de las funciones que integran los procesos de operación de las redes de cómputo y comunicaciones.
- Diseño e integración de soluciones de seguridad para las redes de voz y datos.

## **Luz de Cobre**

Con una inversión de 25 millones de dólares, que genera 120 empleos directos y 300 en beneficio de los habitantes de la sierra sonorenses, enclavada entre Soyopa y San Javier, en una superficie de 11 mil 200 hectáreas, se encuentra la nueva mina que lleva como nombre "Luz de Cobre" cuya razón social es Minerales Libertad S.A de C.V., subsidiaria de la compañía Zaruma Resources Inc. de capital canadiense y europeo. Thomas Utter, presidente de Minerales Libertad, asegura que "Luz de Cobre", producirá anualmente entre las 6 y 8 mil toneladas de cobre en su vida útil, que se prevé sea durante seis años. Aunque existe la posibilidad de que sea por más tiempo debido al alto potencial de exploración adicional que hay en áreas cercanas.

La mina "Luz de Cobre" propicia el desarrollo del comercio y servicios para beneficio de los habitantes de Soyopan y San Javier, así como de sus alrededores. Anualmente la compañía genera ingresos superiores a los 20 millones de dólares, de los cuales una gran parte se queda en la entidad para gastos de operación, pago de proveedores y sueldos.

---

---

## **PREFACIO**

En el año 2006 tuve la oportunidad de comenzar mi vida profesional en la empresa como Técnico en Comunicaciones donde una de mis actividades primordiales consistía en dar soporte a los sistemas de voz y datos. Hoy día me encuentro desempeñando el cargo de Gerente en Redes y Telecomunicaciones donde mi función principal es tratar con los clientes atendiendo su problemática tecnológica, diseñando e integrando la solución mas adecuada. De igual forma me encargo de probar y gestionar las nuevas tecnologías que se introducen al mercado identificando nuevas funciones y servicios. Para ello, siempre estoy en constante capacitación conociendo y operando nuevos sistemas.

Algunas actividades adicionales que se encuentran a mi cargo son:

- Supervisión de proyectos para alcanzar los objetivos planteados de la mejor manera.
- Elaboración de dictamen técnico de la solución propuesta.
- Generar material técnico para facilitar la operación de las diferentes tecnologías.
- Capacitación a técnicos de la empresa para la operación de los sistemas implementados.
- Optimizar los recursos para ofrecer al cliente la mejor solución al mejor precio.
- Realizar presentaciones al cliente para mostrar la solución ofertada.

# CAPÍTULO 1

## **OBJETIVO**

Proveer servicio de voz y datos a través de un medio de comunicación inalámbrico en la banda de uso libre para la nueva mina Luz de Cobre ubicada en la sierra sonorenses cubriendo sus necesidades de comunicación.

El presente documento tiene como finalidad presentar a la empresa Minerales Libertad S.A de C.V. una solución a sus necesidades de voz y datos en donde se hace un estudio de la ubicación y posibles puntos de conexión, tecnologías utilizadas y servicios proporcionados. Adicionalmente se implementará una solución PBX en tecnología IP para habilitar los servicios de telefonía en las instalaciones de la Mina junto a una red LAN que soporte toda la comunicación de voz y datos.

La solución debe analizar la geografía del lugar para determinar la mejor ubicación para la instalación de los equipos de comunicación inalámbrica, y si fuese el caso, los sitios para la posible instalación de repetidoras de señal. El análisis debe considerar el sitio más cercano y óptimo donde se puedan obtener tanto el servicio de telefonía pública como Internet de banda ancha.

## **ANTECEDENTES**

### **1. COMUNICACIONES INALÁMBRICAS**

Las comunicaciones inalámbricas se caracterizan por el empleo del aire y las ondas de radio como soporte de las comunicaciones. A diferencia de lo que ocurre con sus homologas cableadas, no requieren de un medio físico que sirva de guía (la interfaz es el aire), como un cable de cobre o una fibra óptica, para el establecimiento de la comunicación.

Las ventajas que poseen las redes inalámbricas son:

- **Flexibilidad:** dentro de la zona de cobertura de la red inalámbrica los nodos se podrán comunicar libremente y no estarán “atados” a un cable.
- **Poca planificación con respecto a las redes cableadas:** antes de cablear una zona se debe pensar mucho sobre la distribución física de los equipos mientras que con una red inalámbrica sólo nos tenemos que preocupar que quede dentro de una cobertura.
- **Robustez frente a eventos inesperados:** (tropezón de un usuario con un cable, terremoto, inundación, etc.) ante los que una red cableada podría llegar a quedar completamente inutilizada. En estos casos, una red inalámbrica puede sobrevivir bastante mejor a este tipo de percances.

#### **1.1 Espectro Radioeléctrico**

Una de las magnitudes que caracteriza a las ondas electromagnéticas que sirven de soporte físico a la información es la frecuencia. La frecuencia de una onda electromagnética mide la rapidez de la variación de la amplitud de dicha onda, de manera que cuando mayor es la frecuencia tanto rápidamente cambia la amplitud. Una manera de optimizar la transmisión de las señales a través de un canal de comunicación, independientemente de su naturaleza, es la

determinación de su comportamiento en función de la frecuencia de la señal que lo atraviesa o, lo que es lo mismo, su representación espectral (en el dominio de la frecuencia).

El espectro radioeléctrico hace referencia al conjunto de frecuencias utilizadas en comunicaciones y abarca las frecuencias comprendidas entre los 3 KHz. y los 3000 Ghz (ver figura 1. en la que se destacan algunas frecuencias de uso común, parte de ellas utilizadas en la **WLAN**)

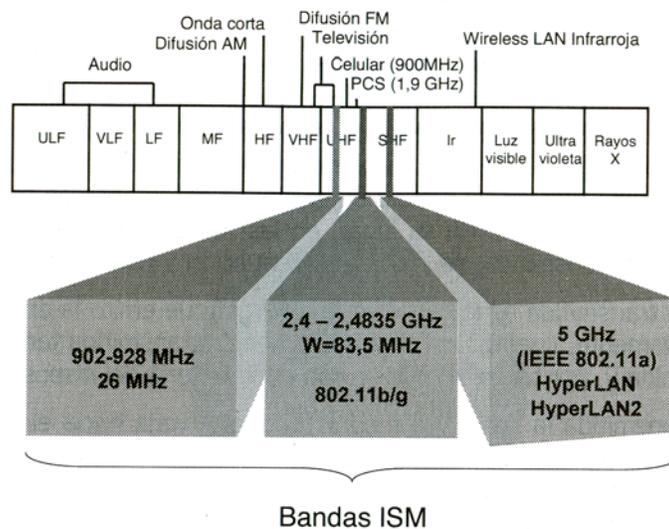


Figura 1. Espectro radioeléctrico

## 1.2 Propagación De La Señal

El termino propagación hace referencia al viaje de la señal por el canal de comunicación, en este caso el aire. La propagación radioeléctrica esta influida por gran cantidad de factores: obstáculos, reflexiones de superficies, características atmosféricas, etc. Esta complejidad dificulta el proceso de planificación ya que resulta casi imposible realizar el cálculo determinista del enlace en base al establecer una zona de cobertura. En su lugar, en las redes **WLAN** se emplean los parámetros de potencia transmitida, sensibilidad, atenuación y relación señal a ruido.

La potencia transmitida es la cantidad de energía que emite la antena del dispositivo móvil. Obviamente, cuanto mayor sea la potencia transmitida tanto mayor será la energía consumida y, por tanto, menor la vida de la batería del dispositivo.

Una vez transmitida la señal y a medida que esta viaja hacia el destino, sufre acción de diversos agentes que van a producir una disminución en la potencia de la señal, de manera que la potencia recibida sea menor que la transmitida. Esta diferencia de potencia es lo que se denomina atenuación y el valor mínimo de potencia recibida con que un receptor es capaz de trabajar recibe el nombre de sensibilidad del receptor.

Cuando la señal se recibe, el siguiente paso es procesarla. Sin embargo, junto con la señal útil se recibe también ruido procedente de fuentes no deseadas. La discriminación entre ambos sólo es posible si la potencia de señal útil es mayor que la del ruido (Relación Señal a Ruido **SNR**, Signal To Noise Ratio). La relación entre todos ellos puede verse en la figura 2.

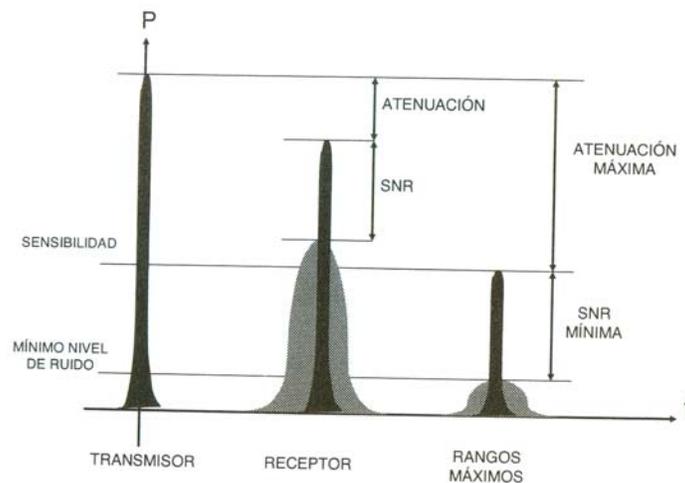


Figura 2. Relación entre los parámetros de cobertura

### 1.3 Mecanismos De Propagación

En general, la línea de vista es necesaria para comunicaciones en las bandas de uso libre. En estos sistemas puede definirse que la existencia de una línea de vista es requisito indispensable. En condiciones ideales de visión directa (**LOS**, Line of Sight) la separación máxima entre la antena transmisora (de altura H) y la antena receptora (de altura h) puede aproximarse por:

$$D = 3600 \cdot (\sqrt{H} + \sqrt{h})$$

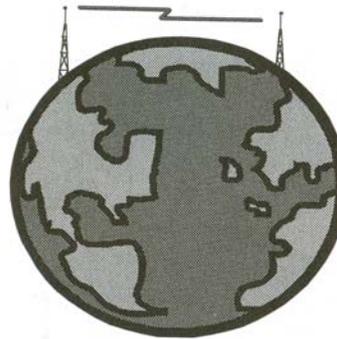


Figura 3. Enlace Óptico Directo (LOS)

La antena emisora es de altura fija, por lo que se consigue aumentar la recepción “el alcance” aumentando la altura de las antenas receptoras. Sin embargo, en la práctica, la situación ideal nunca se presenta y la propagación se ve influida por gran cantidad de factores. El resultado final es que la comunicación depende de la frecuencia de operación del enlace, de manera que en general, cuanto mayor es la frecuencia menor es el alcance máximo (en la figura 4 se muestra esta relación para el caso de las bandas de frecuencia – microondas- empleadas por **LMDS** (Local Multipoint Distribution System), en enlaces punto a punto o punto-multipunto).

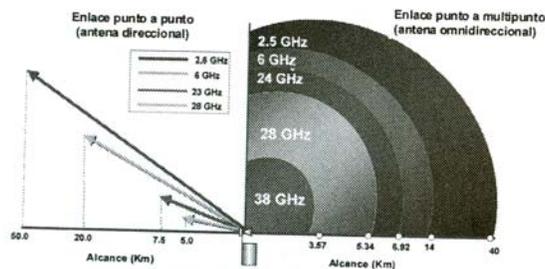


Figura 4. Dependencia entre la frecuencia y el alcance de la comunicación

### 1.3.1 Propagación Troposférica

Generalmente, la propagación de la señal tiene lugar en las capas bajas de la atmósfera (troposfera). La troposfera se encuentra muy estratificada en subcapas de densidades e índices de refracción muy diferentes. Cuando la señal incide en la interfaz de separación entre dos medios sufre un fenómeno denominado refracción, es decir, que la parte de la energía de la señal sigue propagándose y parte se refleja hacia el medio original (ver figura 5).

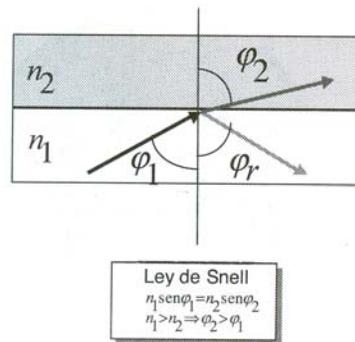


Figura 5. Reflexión y refracción de la señal

El resultado es que la troposfera curva la trayectoria de los rayos convirtiéndose en una especie de repetidor virtual (actúa como espejo), ampliando el alcance del enlace y permitiendo la comunicación entre dos antenas entre las que no hay visión directa.



Figura 6. Propagación troposferica

El principal inconveniente de este mecanismo de propagación es que depende del estado de la atmósfera, día y noche, época del año, etc.

### 1.3.2 Ducting

La propagación por conductos o ducting ocurre cuando la curvatura del haz es mayor que la de la tierra y, al no ser capaz su destino incide sobre una superficie reflejante (por ejemplo, al agua del mar o las capas ionizadas de la atmósfera) en la que se refleja sucesivamente. La figura 7 muestra un ejemplo.

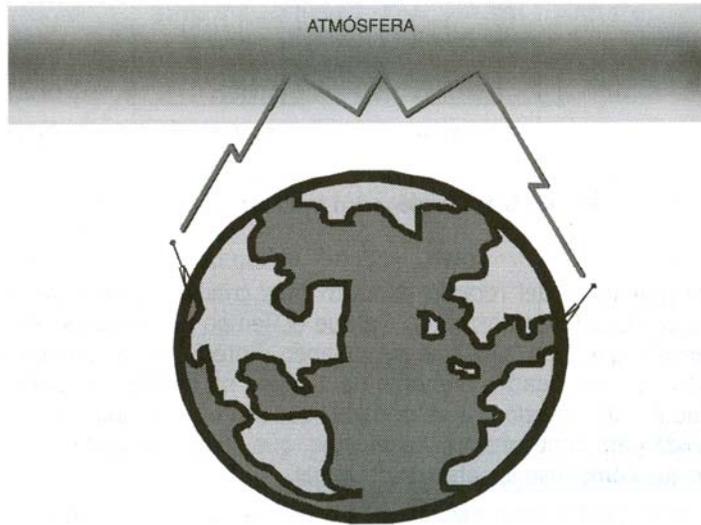


Figura 7. Propagación por conductos

### 1.3.3 Propagación Multicamino

Las señales radioeléctricas, al propagarse, se encuentran con obstáculos situados entre el origen y el destino. Al incidir sobre ellos, parte de la señal se refleja y parte sigue propagándose en la dirección original. Puede ocurrir que las versiones reflejadas incidan en otro obstáculo, volviéndose a reflejar y así sucesivamente. El resultado es que la señal recibida es la suma de una señal principal y una serie de versiones retardadas fruto de las reflexiones en los obstáculos. Este fenómeno se conoce con el nombre de propagación multicamino (**multipath**).

Este fenómeno es muy frecuente en entornos de oficinas cerrados y con muebles, por lo que si se instala una **WLAN** en ellos habrá de ser tenido en cuenta. La propagación multicamino se traduce en dos efectos: por una parte, una componente de atenuación y, por otra, el retardo del canal se ensancha (**delay spread**).

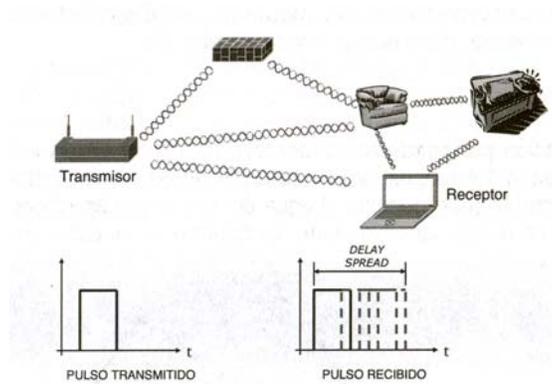


Figura 8. Propagación multicamino (multipath)

El ensanchamiento del retardo es tanto más crítico cuanto mayores son las frecuencias y la velocidad de transmisión, ya que el tiempo de símbolos es menor y resulta más sencillo que dos símbolos se solapen (interferencia intersímbolos). Como aproximación, las velocidades menores de 1 Mbps se pueden considerar inmunes al ensanchamiento del retardo y a velocidades superiores a 5 Mbps es necesario tomar alguna medida para contrarrestar sus efectos.

#### 1.4 Ruido

El ruido es uno de los conceptos más importantes en cualquier sistema de comunicaciones ya que de su magnitud va a depender, en parte, que la señal recibida se útil o no.

La naturaleza de las fuentes de ruido es muy variable, sin embargo, podemos clasificarlas en tres grandes grupos:

- **Ruido impulsivo:** de carácter aleatorio, produce picos de voltaje de las más variadas amplitudes y frecuencias. Es debido, por ejemplo, al encendido y apagado de los aparatos de aire acondicionado, los ventiladores o los termostatos.
- **Ruido de cuantificación:** es debido a que el proceso de conversión analógico-digital (A/D) no es ideal.
- **Ruido térmico:** está presente cuando la temperatura es mayor de 0 grados kelvin y el resultado de la agitación térmica de los electrones que forman los materiales.

## 1.5 Antenas

Una antena es un dispositivo capaz de enviar y recibir las ondas electromagnéticas ubicadas en cierta banda espectral (ancho de banda de la antena), es decir, sirven de transductor entre la señal guiada que viaja por el cable o la guía de onda y la señal radiada que se transmite por el aire.

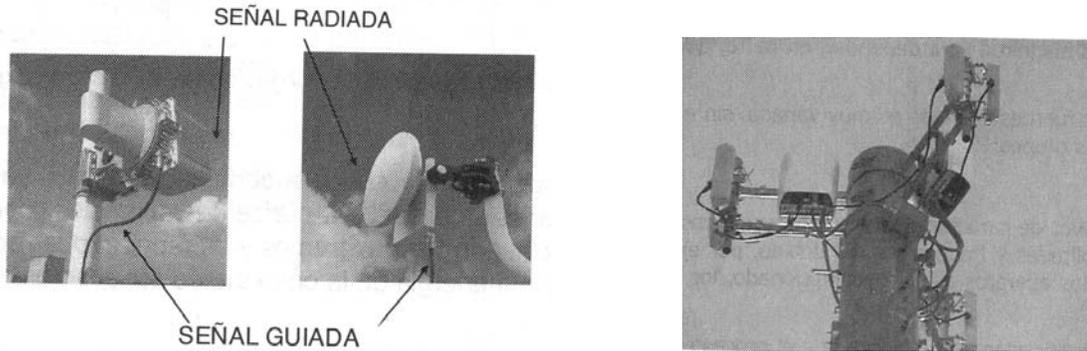


Figura 9. Ejemplos de Antenas

Puede demostrarse que cualquier antena se comporta de la misma manera en transmisión que en recepción (**teorema de reciprocidad**), es decir, que basta con caracterizarla en transmisión o en recepción para determinar su comportamiento en las dos situaciones. Este hecho permite que en muchos sistemas se utilicen la misma antena para transmitir y para recibir sin más que conectarla a un filtro duplexor.

El diseño de una antena es muy variado, según la aplicación a la que vaya destinada y la banda de frecuencia que emplee. Así, una antena de TV no tiene nada que ver con una antena de telefonía celular ni con otras para recepción por satélite o microondas. En todos los casos el diseño de la misma ha de ser tal que cumpla los requisitos exigidos para la transmisión, en cuanto a nivel de señal entregado/recibido, respuesta en frecuencia y directividad.

### 1.5.1 Diagrama de radiación

Uno de los parámetros más importante de una antena es su diagrama de radiación, que indica cómo la antena distribuye la potencia de la señal radiada (o recibida) en las diferentes direcciones del espacio. La morfología de este diagrama determinará el tipo de antena de que se trate y el ámbito de aplicación de la misma. Por ejemplo, cuando se requiera un nivel de radiación similar en todas las direcciones de un mismo plano, haremos uso de una antena omnidireccional. Por el contrario, si es necesario mayor poder radiante en unas direcciones que otras, será necesaria una antena direccional (figura 10 y 11).

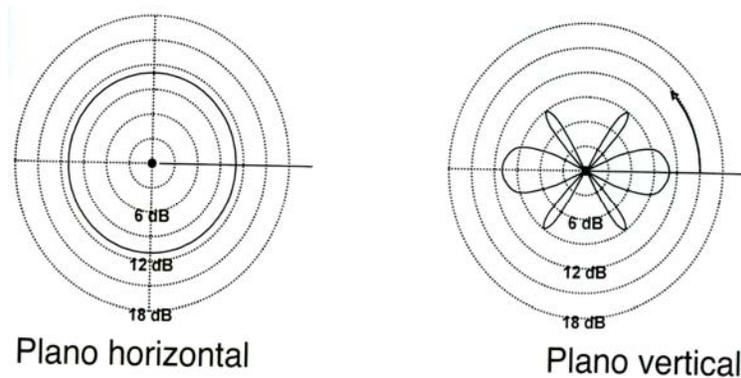


Figura 10. Diagrama de radiación de una antena omnidireccional

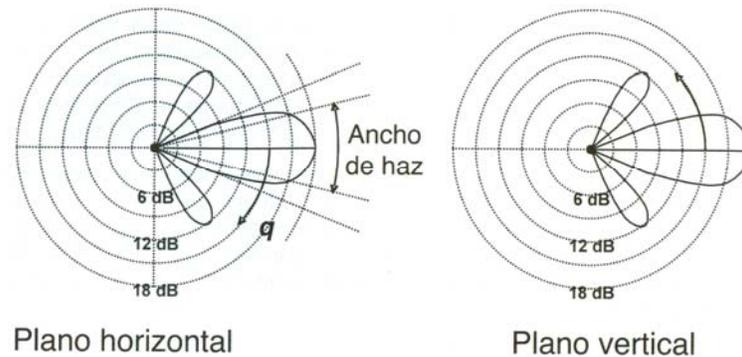


Figura 11. Diagrama de radiación de una antena direccional

Por otra parte las antenas direccionales concentran la mayor parte de la energía radiante en una determinada dirección, lo que resulta muy útil para conseguir haces muy directivos. Normalmente son antenas Yagui, parabólicas o especiales. En la figura 12 se puede observar unas antenas comerciales de alta ganancia y diagrama de radiación.

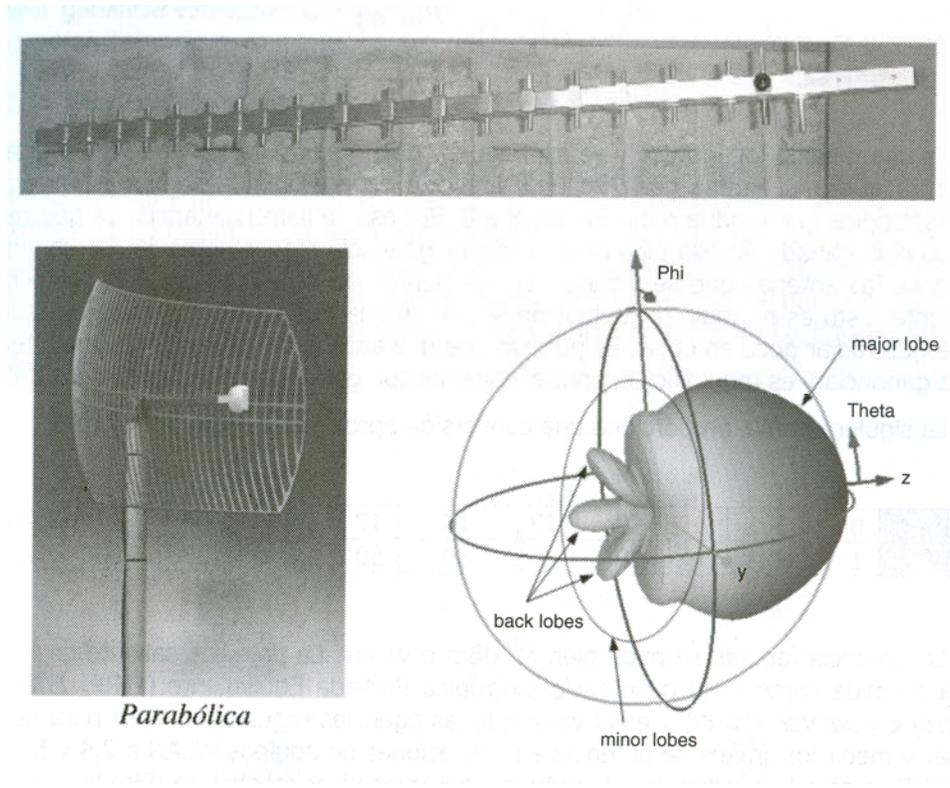


Figura 12. Antena direccional de alta ganancia y su diagrama de radiación

Una antena Yagui proporciona una haz más direccional para pasillos largos y túneles, y se puede usar una antena parabólica para conexiones de larga distancia y muy direccionales entre edificios, consiguiéndose cubrir distancias de varios kilómetros.

Partiendo del diagrama de radiación se definen una serie de parámetros que tienen el objetivo de caracterizar el comportamiento de la antena y que resulta vital durante el proceso de diseño y planificación de cualquier enlace radioeléctrico. Estos parámetros son los siguientes:

- **Ganancia:** ampliación de la señal que lleva a cabo la antena.
- **Ancho de haz:** es la excursión angular entre la radiación de máxima radiación y la dirección en la que el máximo cae a la mitad de su valor. Es muy importante a la hora de considerar la cobertura y, por tanto, para decidir la ubicación de la antenas.

- **Lóbulo principal:** sección del diagrama de radiación en las que la antena presenta mayor ganancia.
- **Nulo:** dirección en las que el diagrama de radiación toma el valor cero.

Cada tipo de antena resulta más adecuado a un tipo de entorno en concreto. Por ejemplo, en redes **WLAN** las antenas omnidireccionales se emplearán en grandes superficies mientras que las direccionales son más recomendadas en pasillos y para la interconexión de edificios.

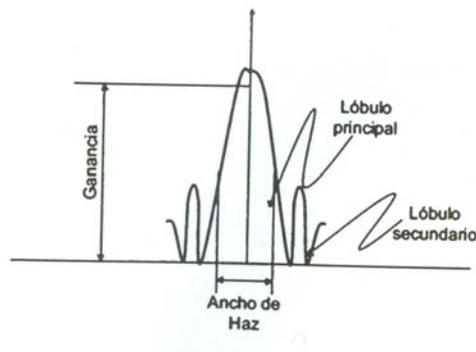
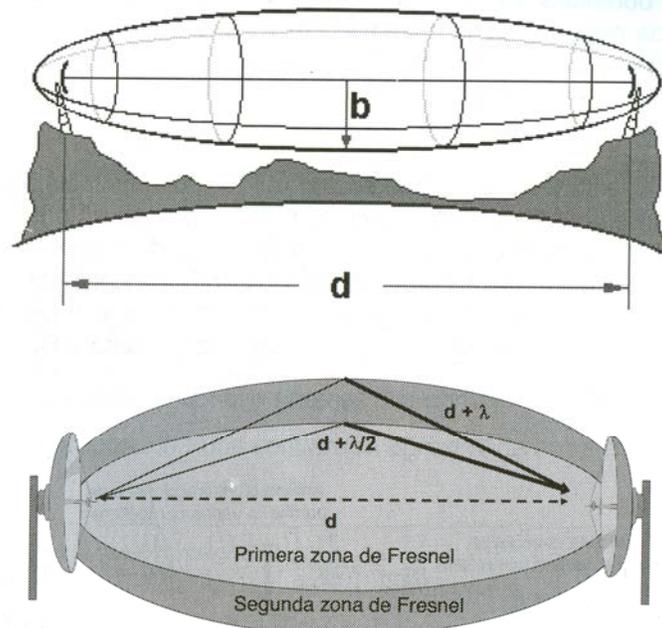


Figura 13. Parámetros de un diagrama de radiación (coordenadas rectangulares)

## 1.6 Zona De Fresnel

Un aspecto muy importante en los radioenlaces es la repercusión de la zona de **Fresnel**, que hacen que deba existir una región libre de obstáculos más ancha que la línea de visión directa de manera que, en realidad, en lugar de una línea de visión directa debe considerarse una elipse de visión directa.

Las zonas de **Fresnel** son áreas elípticas que rodean la trayectoria visual de la señal de RF y dentro de las cuales la señal sufre cierta dispersión. La amplitud de las zonas de Fresnel ( $b$ ) se pueden calcular a partir de la distancia de separación de las antenas ( $d$ ) y de la frecuencia de la señal ( $f$ ), tal y como se muestra en la figura 14, y a partir de ella se tiene la altura mínima a la que deben situarse las antenas para tener una buena calidad del enlace, sorteando las ondas los obstáculos que puedan ver en su camino.



Anchura zona Fresnel para 2,4 GHz:

Distancia	100 m	500 m	2 km	10 km
1ª Zona Fresnel	3,5 m	8 m	16 m	36 m
2ª Zona Fresnel	5 m	12 m	22 m	50 m

Figura 14. Zonas de Fresnel

### 1.7 Consideraciones Físicas

La elección del tipo de mástil, torre de comunicación, niveles de viento, sistemas de fijación, etc., deben garantizar la máxima rigidez de las antenas dado que en sistemas direccionales puede dificultarse el desplazamiento u oscilación de las mismas, por la acción del viento.

Los Sistemas inalámbricos para exteriores necesariamente deben recibir mantenimiento periódico, que debe incluir entre otros:

- Pintura de los mástiles.
- Limpieza y re-hermetización de conectores.
- Aseguramiento de fijaciones.
- Reajustes de las antenas.

Las condiciones de explotación del equipamiento deben ajustarse a los parámetros dados por el fabricante, debiendo tomarse especial atención a la hermetización de conectores expuestos a la acción de la lluvia, sereno y sol.

Una buena tierra física normalmente se refleja en una mejor relación señal a ruido, así como redundante en un menor riesgo de daños por transitorios y picos de corriente.

## **2. VOZ SOBRE IP (VoIP)**

### **2.1 Introducción**

La Voz sobre IP (**VoIP**) es un caso particular de la voz sobre paquetes. Las tecnologías de conmutación de paquetes hacen posible que servicios de comunicaciones como la voz, el fax, y aplicaciones de mensajería de voz, tradicionalmente soportados por redes de conmutación de circuitos, sean ofrecidos por redes de conmutación de paquetes (**VoIP**).

La Voz sobre IP se define como la capacidad para hacer llamadas telefónicas y enviar faxes a través de la Red Telefónica Conmutada (**RTC**). Esta se trata de una red formada por nodos de conmutación de circuitos-centrales telefónicas locales, provinciales e internacionales, de manera que para cursar una llamada previamente se comprueban que existan los recursos necesarios entre el origen y destino, en cuyo caso la comunicación queda establecida y ambos extremos podrán hablar.

Sin embargo, las redes de conmutación de paquetes funcionan de una manera muy distinta. La información se divide en fragmentos más pequeños (paquetes, celdas o tramas) a los que se le añade una cabecera con información de enrutamiento, que son transmitidos de manera independiente hasta el destino, donde se reensamblan para componer la información original.

Una de las principales ventajas de las redes de voz sobre paquetes es que permiten la integración del tráfico de voz y del tráfico de datos sobre una misma infraestructura de red, constituyendo así el primer paso en la evolución hacia las redes multiservicios (voz, videos y datos).

## 2.2 Componentes de una red VoIP

El propio Estándar define tres elementos fundamentales en su estructura:

- **Terminales:** Son los sustitutos de los actuales teléfonos. Se pueden implementar tanto en software como en hardware.
- **Gatekeepers:** Son el centro de toda la organización **VoIP**, y serían el sustituto para las actuales centrales. Normalmente implementadas en software, en caso de existir, todas las comunicaciones pasarían por él.
- **Gateways:** Se trata del enlace con la red telefónica tradicional, actuando de forma transparente para el usuario.

Con estos tres elementos, la estructura de la red **VoIP** podría ser la conexión de dos oficinas de una misma empresa. La ventaja es inmediata: todas las comunicaciones entre las oficinas son completamente gratuitas. Este mismo esquema se podría aplicar para proveedores, con el consiguiente ahorro que esto conlleva.

## 2.3 Protocolos de VoIP

Es el lenguaje que utilizarán los distintos dispositivos VoIP para su conexión. Esta parte es importante ya que de ella dependerá la eficacia y la complejidad de la comunicación.

Por orden de antigüedad, comenzando por el más antiguo, encontramos:

- **H.323** - Protocolo definido por la ITU-T.
- **SIP** - Protocolo definido por la IETF.

- **Megaco** (También conocido como **H.248**) y **MGCP** - Protocolos de control.
- **Skinny Client Control Protocol** - Protocolo propiedad de **CISCO**.
- **MiNet** - Protocolo propiedad de **Mitel**.
- **CorNet-IP** - Protocolo propiedad de **Siemens**.
- **IAX** - Protocolo original para la comunicación entre **PBXs Asterisk** (Es un estándar para los demás sistemas de comunicaciones de datos).
- **Skype** - Protocolo propietario peer-to-peer utilizado en la aplicación **Skype**.
- **IAX2** - Protocolo para la comunicación entre **PBXs Asterisk** en reemplazo de **IAX**.
- **Jingle** - Protocolo abierto utilizado en tecnología **Jabber**.
- **MGCP**- Protocolo propietario de **CISCO**.
- **weSIP**- Protocolo licencia gratuita de **VozTelecom** .

#### 2.4 Codec

La comunicación de voz es analógica, mientras que la red de datos es digital. El proceso de convertir ondas analógicas a información digital se hace con un codificador-decodificador (el **CODEC**). Hay muchas maneras de transformar una señal de voz analógica, todas ellas gobernadas por varios estándares. El proceso de la conversión es complejo. Es suficiente decir que la mayoría de las conversiones se basan en la modulación codificada mediante pulsos (**PCM**) o variaciones.

Además de la ejecución de la conversión de analógico a digital, el **CODEC** comprime la secuencia de datos, y proporciona la cancelación del eco. La compresión de la forma de onda representada puede permitir el ahorro del ancho de banda. Esto es especialmente interesante en los enlaces de poca capacidad y permite tener un mayor número de conexiones de **VoIP** simultáneamente. Otra manera de ahorrar ancho de banda es el uso de la supresión del silencio, que es el proceso de no enviar los paquetes de la voz entre silencios en conversaciones humanas.

Entre los codecs utilizados en **VoIP** encontramos los **G.711, G.723 y el G.729** (especificados por la **ITU-T**). Estos Codecs tienen este tamaño en su señalización:

- **G.711**: bit-rate de 56 o 64 Kbps.
- **G.722**: bit-rate de 48, 56 o 64 Kbps.
- **G.723**: bit-rate de 5,3 o 6,4 Kbps.
- **G.728**: bit-rate de 16 Kbps.
- **G.729**: bit-rate de 8 o 13 Kbps.

## 2.5 Limitaciones Tecnológicas

Las comunicaciones de voz sobre paquetes, como consecuencia de su naturaleza, imponen una serie de retos tecnológicos que habrá que superar y que derivan del funcionamiento propio de una red de conmutación de paquetes. Algunos son:

- Las **perdidas de paquetes** debidas, básicamente, a la limitación del ancho de banda de la red y a la congestión de los routers.
- El **retardo** sufrido por los paquetes debido al procesamiento a que es sometida la señal de voz y al recorrido de los paquetes de voz por la red.
- El **jitter** de los paquetes consecuencia de que cada paquete se transmite independientemente del resto.
- El **eco** debido al acoplo que sufre la señal entre los distintos sentidos de comunicación.

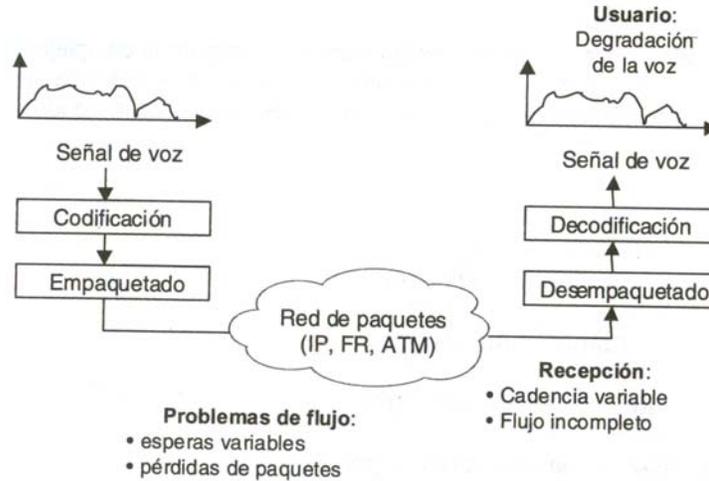


Figura 15. Fundamentos de la voz sobre paquetes

### 2.5.1 Pérdidas de Paquetes

La pérdida de paquetes es un fenómeno común a todas las redes de conmutación de paquetes. En este tipo de redes no existe ninguna reserva de recursos previa al envío de paquetes de información por lo que es probable que algún nodo de la red no sea capaz de manejar un paquete entrante y lo descarte, dando lugar a una pérdida. Las pérdidas disminuyen la calidad de la voz y esta disminución depende del **codec**, de manera que cuanto mayor sea la tasa de compresión tanto mayor es la disminución de la calidad que se produce como consecuencia de las pérdidas de paquetes. Con el fin de atenuar los efectos de las pérdidas de paquetes, se han desarrollado cuatro tipos de medidas:

- **Corrección de errores (FEC, Forward Error Control):** Consiste en adjuntar con cada paquete, información de redundancia de paquetes vecinos de manera que si se producen una pérdida sea posible inferir el valor del paquete perdido partiendo de los valores vecinos. Esta información de redundancia puede ser independiente del flujo de datos o bien emplear las características de dicho flujo para reconstruir el paquete perdido. El principal inconveniente es que introducen un retardo adicional ya que para recuperar el paquete N es necesario, al menos el paquete N+1.

- **Distribución de errores:** consiguen aleatorizar las pérdidas en paquetes consecutivos. Sin embargo, requieren mayor ancho de banda e introducen un retardo adicional que puede acarrear la superación de los límites establecidos por lo que deben emplearse con cuidado.
- **Recuperación de errores (Packet Loss Concealment):** minimizan los efectos del paquete perdido sustituyendo el paquete perdido por otro que depende de la técnica concreta que se aplique. Esta sustitución puede ser tan simple como emplear un paquete de silencio o un ruido blanco hasta tan compleja como la predicción del valor del paquete perdido a partir de sus vecinos. En este sentido, conviene tener en cuenta que a mayor complejidad, mayor coste de procesamiento y mayor retardo introducido.

### 2.5.2 Retardo

El estudio del retardo debe afrontarse desde una doble perspectiva. No hay que perder de vista que una de las características más importantes de la voz es su temporalidad. En efecto, dos sílabas pertenecen a una misma palabra si se pronuncian dentro de un cierto intervalo de tiempo, por lo que si se introdujeran demasiado retardo entre ellas la melodía de la voz se perdería, afectando negativamente a la inteligibilidad del mensaje transmitido. Por lo tanto, el primer problema que se plantea es determinar el umbral de retardo por debajo del cual la calidad de la voz se considera inaceptable.

Para la mayoría de las aplicaciones un valor válido de retardo máximo en un solo sentido es 150 ms. Sin embargo, en aplicaciones de larga distancia los usuarios se encuentran psicológicamente predispuestos a tolerar mayores valores de retardo (entre 150 y 400 ms). Por encima de los 400 ms el retardo no es aceptable en casi ningún caso.

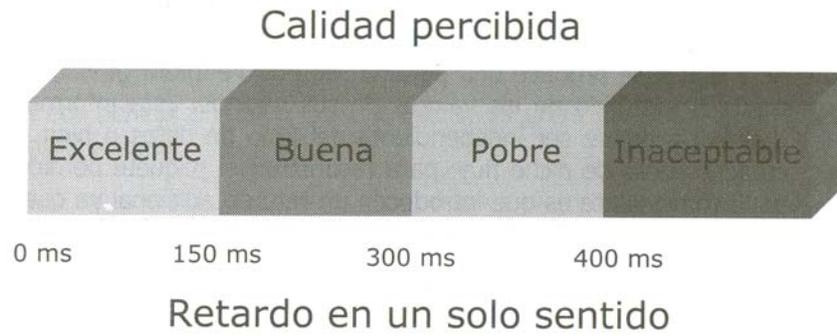


Figura 16. Calidad percibida de la voz en función del retardo

En cuanto a las fuentes de retardo, el proceso que siguen las muestras de voz desde que se generan hasta que se agrupan en paquetes queda representado en la figura 17 estas contribuciones habrá que sumarle el retardo introducido por la red.

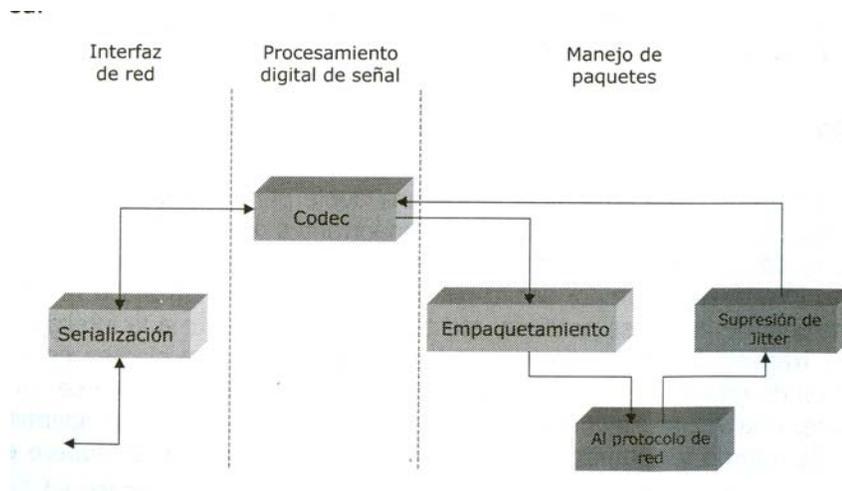


Figura 17. Fuentes de retardo

- **Retardo del procesamiento del codec:** es el tiempo empleado por el codec en codificar y comprimir la señal de voz.
- **Retardo de empaquetamiento:** se define como el tiempo empleado en rellenar un paquete de la red de datos con tramas de voz comprimida. Este retardo es función de muestras por bloque que requiere el codec y del número de bloques por trama de voz. El valor por defecto son 20 ms (RFC 1890)

- **Retardo de serialización:** es el debido a la interfaz de red. Una vez que la señal de voz se encuentra digitalizada y comprimida, es necesario preparar la señal resultante para su transmisión por una determinada línea. En esa preparación se invierte un cierto tiempo denominado retardo de señalización, y depende de la velocidad de la línea y del tamaño de la trama. El retardo de serialización acontece cada vez que el paquete atraviesa un dispositivo **store and forward** como un **router** o un **switch**.
- **Retardo de supresión de jitter:** durante la decodificación de la voz, todos los sistemas requieren el almacenamiento temporal de los datos que le llegan de la red con el fin de absorber las variaciones en la cadencia de llegada de los paquetes.
- **Retardo de encolado:** es el debido a los protocolos empleados y a los elementos de la red (**switches** y **routers**) en que los paquetes deben esperar para ser transmitidos por la misma línea de salida. Puesto que el número de paquetes en espera de la cola de transmisión depende de la caracterización estadística del tipo de tráfico al que pertenezcan dichos paquetes, el retardo de encolado varía mucho de un paquete a otro.
- **Retardo de conmutación de la red:** hace referencia al tiempo que tarda la red en transportar la información del origen al destino. Dentro de la denominación de retardo de conmutación se agrupan el retardo de acceso al medio, el retardo de propagación y retardo asociado a servicios de red.

### 2.5.3 Jitter de la red

En una red de conmutación de paquetes cada uno de ellos recorre un camino diferente desde el origen hasta el destino. Al ser el tránsito por la red diferente para cada paquete también lo puede ser el retardo sufrido por ellos. Esta fluctuación de retardo es lo que recibe el nombre de **jitter** y llega a ser más perjudicial incluso que el propio retardo. Si un paquete se retarda más de lo debido, no llegara a tiempo al receptor, por lo que se dará por perdido disminuyendo así la calidad de la voz. En la figura 18. Puede verse que el

paquete P1 y el paquete P3 llegan a los instantes esperados, sin embargo, el paquete P2 se recibe 12 ms y el paquete P4 se recibe retrasado 5 ms.

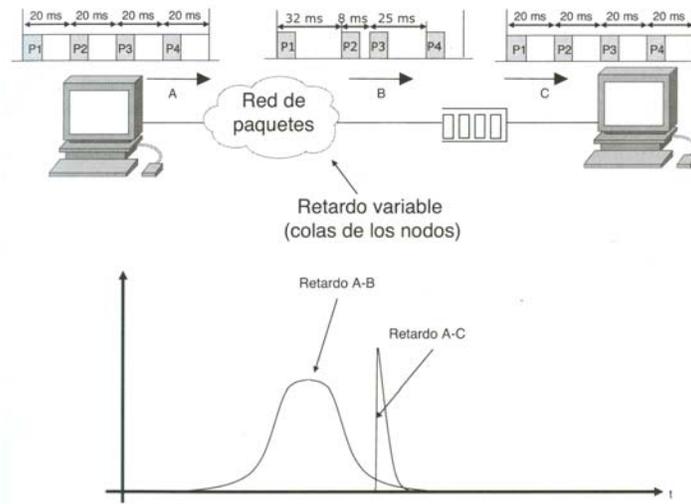


Figura 18. Ejemplo de jitter

La supresión del **jitter** supone el almacenamiento de los paquetes en un **buffer** durante el tiempo suficiente para permitir que los paquetes más lentos puedan ser interpretados dentro de la secuencia correcta y así entregarlos todos con la misma cadencia.

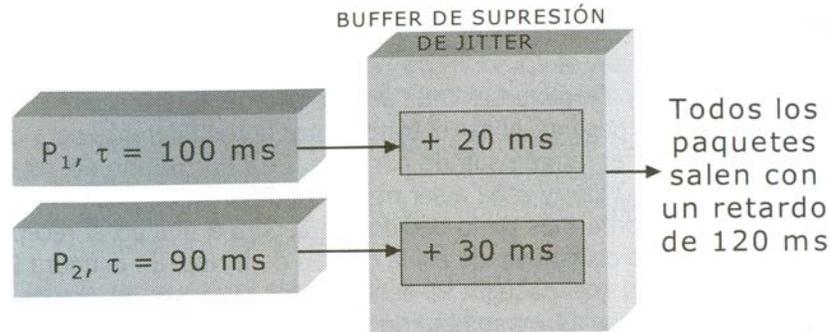


Figura 19. Ejemplo de supresión de jitter

Generalmente, el tamaño de buffer de supresión de **jitter** es una solución de compromiso entre el retardo de los paquetes y la tasa de pérdidas, de manera que cuanto mayor sea el tamaño del **buffer**, mayor es el retardo y menores las pérdidas (figura 19). Por esta razón, lo ideal es que el tamaño del **buffer** varíe dinámicamente con las condiciones de la red.

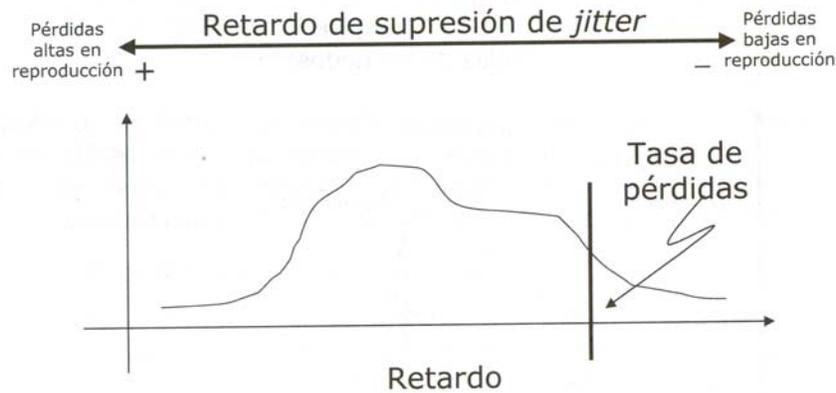


Figura 20. Retardo versus pérdidas en reproducción

### 2.5.4 Eco

En términos muy generales, el eco puede definirse como el fenómeno que se produce cuando, en cualquier comunicación, el emisor recibe parte de la señal que él mismo envió junto con la procedente del otro extremo o en consecuencia de ésta. Cuanto mayor sea el tiempo que transcurre entre la señal original y la recibida de retorno, tanto más molesto será el eco, llegando incluso a hacer ininteligible la conversación.

En general, las causas del eco son dos. Por una parte, encontramos el eco acústico debido al acoplo entre el micrófono y el altavoz del terminal y, por otra, esta el eco eléctrico producido por las reflexiones que sufre la señal generada en la conversión de dos o cuatro hilos.

El eco acústico suele ser despreciable en los teléfonos convencionales. Sin embargo, en teléfonos IP (donde en muchas ocasiones el micrófono y el altavoz están integrados) y teléfonos móviles, adquieren la suficiente entidad como para que sean tomados en cuenta. Se disminuye aislando en mayor medida la parte de la emisión de la parte de recepción del terminal, lo que redundará en un mayor coste del mismo.

La ITU ha desarrollado una serie de estándares que abordan la cancelación de eco empleando filtros adaptivos entre los que se encuentran las recomendaciones **G.165** y **G.168** y que especifican los criterios de calidad que debe cumplir un cancelador de eco. La cancelación de eco consta de dos fases (ver figura 21): almacenamiento y comparación.

En primer lugar, y con el fin de identificar la señal reflejada, el cancelador de eco almacena la señal entrante (rama A) en una memoria **FIFO** cuyo tamaño está determinado por el retardo de eco previsto. La señal entrante continúa su camino hacia el receptor y llega a la bobina híbrida, donde parte de ella se refleja (eco) y se suma a la voz del usuario (rama B). El filtro adaptativo calcula una estimación del eco y resta a la señal de la rama B la estimación del eco, eliminando completamente (caso ideal) o, al menos, reduciendo de manera considerable (caso real).

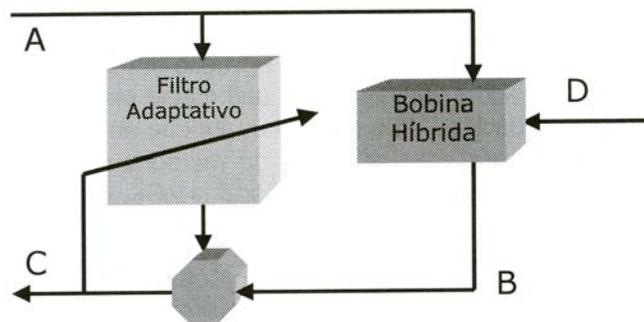


Figura 21. Cancelación de eco mediante filtrado adaptivo

La cancelación del eco puede llegar a ser un proceso muy costoso desde el punto de vista de los recursos que consume y, puesto que la potencia de procesamiento es un recurso finito, cuantos más recursos se inviertan en la cancelación de eco, menos canales de voz se podrán procesar. Es, por tanto, necesario llegar a una solución de compromiso.

## 2.6 Calidad del Servicio

Entre los nuevos desarrollos que, sin duda, estimularán la adopción de la telefonía IP en las empresas y otras organizaciones, esta la evolución hacia las soluciones capaces de soportar el correcto funcionamiento de la **VoIP** en redes inalámbricas. Así, pues, las **WLAN** corporativas deben estar preparadas para garantizar la calidad de servicio que exigen las nuevas aplicaciones multimedia, mediante las adecuadas técnicas de asignación de prioridades de tráfico.

La calidad de servicio (**QoS**, Quality of Service) hace referencia a la capacidad de la red de proporcionar el nivel de servicio adecuado a cada tipo de tráfico. En términos cuantitativos, el perfil de un determinado tipo de tráfico queda determinado por los valores de retardo máximo, **jitter**, ancho de banda y pérdida que dicho tráfico exija. Para resolver este asunto el **IEEE** ha establecido el nuevo estándar **802.11e**, que establece cuatro niveles de prioridad para usuarios y aplicaciones, de manera que los administradores de las redes puedan dar mayor prioridad a determinados tipos de aplicaciones y usuarios, como es el caso de la voz y el streaming de video.

El problema a la hora de garantizar la calidad de la **VoIP** en una **LAN**, o incluso en una **WAN**, no suele ser el ancho de banda, sino la gestión del uso que se hace de él. Al tratarse de un recurso que ha de ser compartido por todas las aplicaciones que transmiten datos en la red, el uso que se hace de ésta o, expresado de otro modo, la prioridad que se asigne a cada uno de los paquetes transmitidos, incidirá de forma determinante de aquellas aplicaciones más sensibles al tiempo de transmisión y recepción. Será por tanto, necesario priorizar aquellos paquetes que deban ser transmitidos en “tiempo real” como los que conforman la voz o imagen. En este punto, de nuevo, juega un papel fundamental la calidad de servicio **QoS**.

### 2.6.1 Las técnicas de QoS

Las técnicas para ofrecer calidad de servicio en redes multimedia pueden actuar en distinto ámbitos:

- **Clasificación de tráfico:** estas técnicas controlan el tráfico en enlaces individuales. Por ejemplo, **802.1p**, **802.1Q** emplean dos bits adicionales en la trama **Ethernet** para indicar un nivel de prioridad que el **switch** deberá considerar durante el reenvío de las tramas.
- **Fragmentación de tráfico:** dividen los paquetes grandes en otros más pequeños para evitar que los paquetes de voz se vean obligados a esperar demasiado tiempo en las colas de los routers antes de ser transmitidos.
- **Gestión del ancho de banda:** su objetivo es ofrecer a las aplicaciones de la red calidad de servicio extremo a extremo. En este grupo tenemos **IntServ**, **DiffServ** y **MLPS**.
- **Control de la congestión:** indican las reglas que establecen cómo deben gestionarse las colas de los nodos de la red.
- **Prevención de la Congestión:** intentan, mediante diversos mecanismos adelantarse a las situaciones de congestión tomando medidas que disminuyen su probabilidad de ocurrencia.
- **Adaptación del tráfico (traffic shapping):** se aplica en los extremos de la red y tienen como objetivo adaptar la tasa de paquetes a un valor de referencia que asegura que no se producirán situaciones de congestión o, al menos, minimizan la probabilidad de que éstas ocurran.
- **Control de admisión:** velan por que el número de comunicaciones en curso no supere un cierto umbral de manera que la calidad de servicio que la red ofrece se mantenga dentro de unos ciertos límites.

### 3. ASTERISK

**Asterisk** es una aplicación de software libre (bajo licencia **GPL**) que proporciona funcionalidades de una central telefónica (**PBX**). Como cualquier **PBX**, se puede conectar un número determinado de teléfonos para hacer llamadas entre sí e incluso conectar a un proveedor de **VoIP**.

Mark Spencer, de **Digium**, inicialmente creó **Asterisk** y actualmente es su principal desarrollador, junto con otros programadores que han contribuido a corregir errores y añadir novedades y funcionalidades. Originalmente desarrollado para el sistema operativo **GNU/Linux**, **Asterisk** actualmente también se distribuye en versiones para los sistemas operativos **BSD**, **MacOS**, **Solaris** y **Microsoft Windows**, aunque la plataforma nativa (**GNU/Linux**) es la mejor soportada de todas.

**Asterisk** incluye muchas características anteriormente sólo disponibles en costosos sistemas propietarios **PBX** como buzón de voz, conferencias, **IVR**, distribución automática de llamadas, y otras muchas más. Los usuarios pueden crear nuevas funcionalidades escribiendo un plan de marcación en el lenguaje de script de **Asterisk** o añadiendo módulos escritos en lenguaje C o en cualquier otro lenguaje de programación soportado por **Linux**.

Para conectar teléfonos estándar analógicos son necesarias tarjetas electrónicas telefónicas **FXS** o **FXO** fabricadas por **Digium** u otros proveedores, ya que para conectar el servidor a una línea externa no basta con un simple módem, se requiere de hardware específico.

Quizá lo más interesante de **Asterisk** es que soporta muchos protocolos **VoIP** como pueden ser **SIP**, **H.323**, **IAX** y **MGCP**. **Asterisk** puede interoperar con terminales IP actuando como un **gatekeeper** y como **gateway** entre ambos.

La aplicación **Asterisk** fue desarrollada por Mark Spencer, por entonces estudiante de ingeniería informática en la Universidad de Auburn, Alabama. Mark había creado en 1999 la empresa "Linux Support Services" con el objetivo de dar soporte a usuarios de **Linux**. Para ello necesitaba una central telefónica, pero ante la imposibilidad de adquirirla dados sus elevados precios, decidió construir una con un PC bajo **Linux**, utilizando lenguaje C.

Posteriormente "Linux Support Services" se convertiría en el año 2002 en "**Digium**", redirigiendo sus objetivos al desarrollo y soporte de **Asterisk**.

Existen multitud de empresas relacionadas con **Asterisk**. La mayor parte de ellas siguiendo uno de los modelos de negocio más habituales del software libre, como es el de aportar valor añadido al software, en este caso mediante el diseño, instalación, formación y mantenimiento de centrales telefónicas basadas en **Asterisk**.

**Digium**, la empresa creada por Mark Spencer, amplía este modelo de negocio tanto con la venta de hardware específico, fundamentalmente tarjetas de comunicación, como con la venta de software propietario, entre el que destaca el "**Asterisk Business Edition**", aplicación basada en **Asterisk** a la que se le incorporan ciertas funcionalidades.

La versión estable de Asterisk está compuesta por los siguientes módulos:

- **Asterisk:** Ficheros base del proyecto.
- **DAHDI:** Soporte para hardware. Drivers de tarjetas. (Anteriormente ZAPTEL)
- **Addons:** Complementos y añadidos del paquete **Asterisk**. Opcional.
- **Libpri:** Soporte para conexiones digitales. Opcional.
- **Sounds:** Aporta sonidos y frases en diferentes idiomas. (Incluidos en el paquete **Asterisk**)

Cada módulo cuenta con una versión estable y una versión de desarrollo.

## CAPÍTULO 3

### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Minerales Libertad S. A. De C.V. una empresa de capital Canadiense y Europeo con oficinas operando en la ciudad de Hermosillo y de acuerdo a sus planes de expansión comienza con la construcción de la mina "Luz de Cobre" en la sierra sonorenses del municipio de San Antonio, Hermosillo, Sonora. Cuyo principal objetivo es la extracción de oro, plata y cobre. Para lo cual se deben proveer los servicios necesarios que proporcionen una adecuada operación y una agradable estancia pues debido a su lejanía con cualquier comunidad, los trabajadores se ven forzados a permanecer por largos periodos de tiempo, siendo indispensable la comunicación con sus familias.

La zona donde se encuentran ubicadas estas oficinas se encuentra carente tanto en telefonía pública como celular debido a su lejanía de cualquier zona moderadamente habitada. En los poblados mas próximos a 20 Km a la redonda solo se puede encontrar telefonía rural, la cual es proveída de forma satelital presentando gran latencia y baja disponibilidad de servicio, resultando inoperable para ofrecer servicios a nivel corporativo.

De esta manera se torna indispensable contar con una comunicación de voz y datos para una adecuada operación y agradable estancia del personal.

Es así como proponemos un enlace inalámbrico Punto a Punto en la banda de uso libre el cual servirá como medio de transmisión para poder transportar tanto telefonía como servicio de Internet a través del protocolo de Internet IP en una red **ethernet** cumpliendo con las necesidades de comunicación de la mina.



De la ciudad de Hermosillo a la mina existe una distancia de 90 Km, dentro de esta trayectoria se encuentran cerros de gran altitud que dificultan en gran medida la implementación de un enlace inalámbrico, haciendo imposible tener línea de vista entre los dos puntos de interés.

Desde el municipio de Yecora hasta la mina se tiene una distancia en línea recta de 72.9 km. En un primer análisis con personas originarias de la zona, nos indican que en esta trayectoria se encuentran dos cerros de gran elevación que impiden una línea de vista directa. Los dos lugares los identificaremos como “Tepoca” y “Mesa del Campanero” respectivamente, por ser el nombre que llevan esas regiones.

Realizando una visita con gente que habita en la zona, se confirmó la existencia de un primer sitio: “Tepoca”, un cerro de 1390 m de altura. Siguiendo una trayectoria ascendente hacia el municipio de Yecora se encuentra un segundo punto más alto a 2135 m de altura, el cual permite alcanzar a visualizar el sitio de interés “Yecora”. Esta es la trayectoria mas adecuada de acuerdo a la accesibilidad de los sitios.

Las coordenadas geográficas de los sitios se pueden observar en la tabla 1.

SITIO	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTURA
punto 1 Mina	28 37' 26.78" N	109 36' 49.59" w	238 m
Punto 2 Tepoca	28 30' 38.5" N	109 19' 52.7" w	1390 m
Punto 3 Mesa de Campanero	28 22' 21.55" N	109 02' 11.67" w	2135 m
Punto 4 Yecora	28 22' 13.63 " N	108 55' 47.58" W	1549 m

Tabla 1. Coordenadas de sitios de instalación

Analizando los puntos de interés en Google Earth

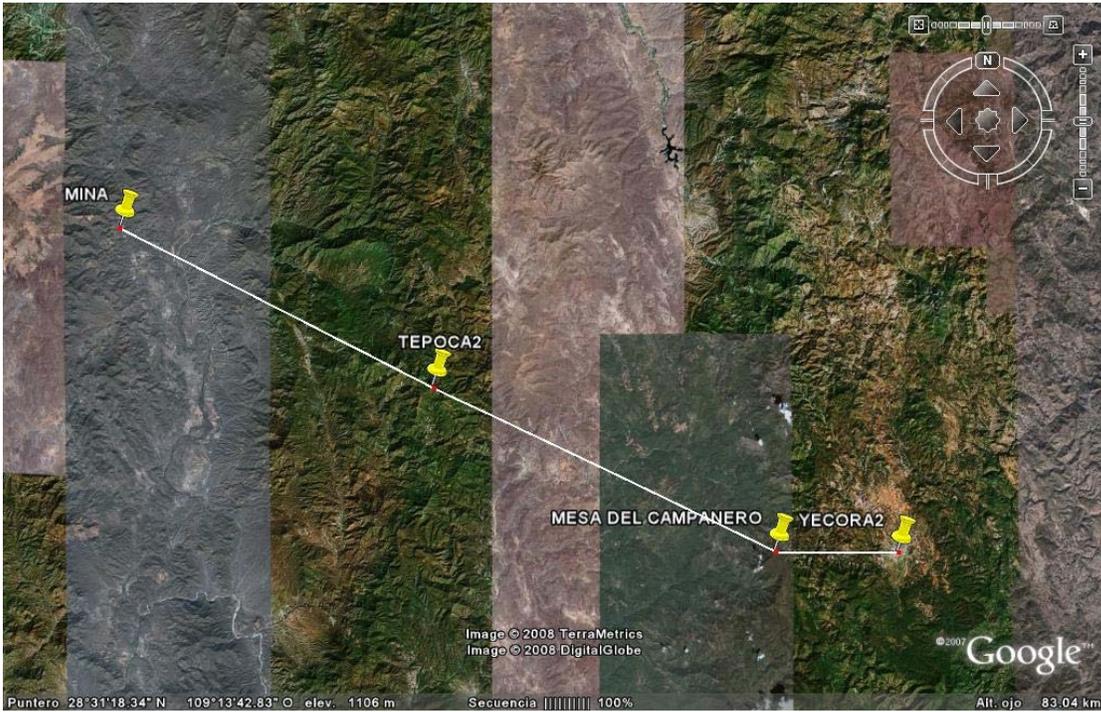


Figura 23. Vista en Google Earth de los puntos de Instalación  
Realizando una gráfica de altura de los sitios

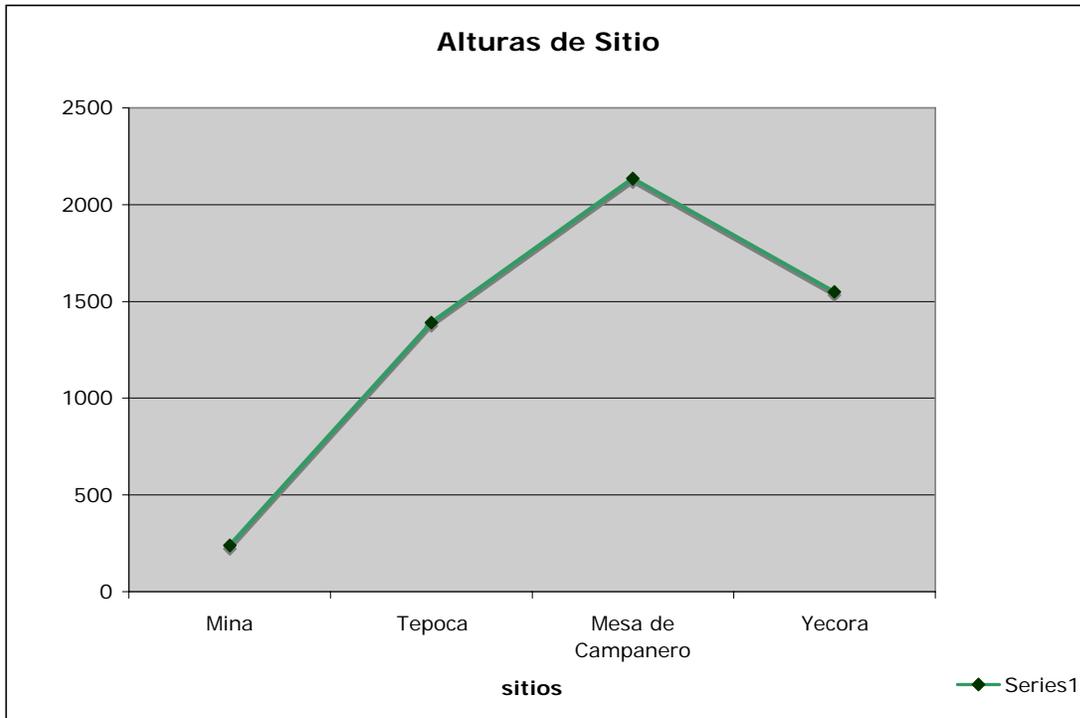


Figura 24. Grafica de alturas de sitios de instalación

Para lograr el enlace Mina-Yecora, se instalarán dos repetidoras: la primera de ellas en el sitio Tepoca y la segunda en Mesa de Campanero, realizando una configuración de tres enlaces inalámbricos: Mina-Tepoca, Tepoca-Mesa del Campanero, Mesa de Campanero-Yecora.

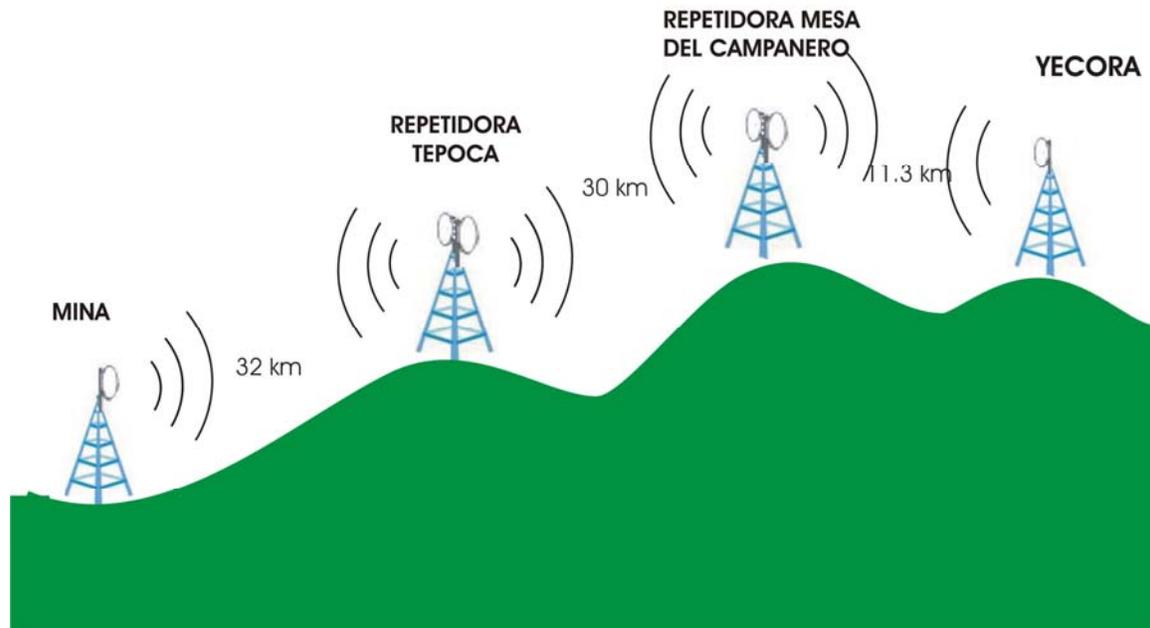


Figura 25. Enlaces inalámbricos

### 1.1 Enlace Mina-Tepoca

La Mina se encuentra a una altura de 238 m sobre el nivel del mar, el segundo punto Tepoca está a 1390 m, se tiene una distancia en línea recta de 32 km. Con ayuda de binoculares se puede apreciar fácilmente línea de vista óptica entre ambos puntos.



Figura 26. Ubicación Mina-Tepoca en mapa Google Earth

Se ha utilizado el programa **Link Estimator** con el cual es posible determinar con mayor exactitud la existencia de la línea de vista. En este software se introducen las coordenadas geográficas de los puntos de interés el cual genera los perfiles de la zona geográfica entre ambos puntos. En la figura 27 se muestra el perfil geográfico del primer enlace Mina-Tepoca.

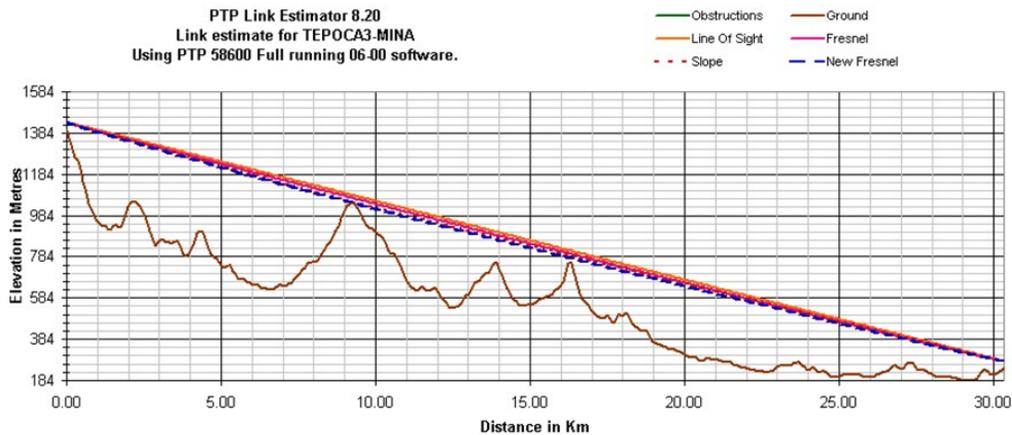


Figura 27. Perfil de línea de vista Tepoca-Mina

El perfil obtenido muestra la línea de vista y la zona de fresnel entre ambos puntos. Para realizar el cálculo del enlace se utilizó el software “**Link Budget Calculator**”, el cual es un programa propietario de los equipos propuestos con el que se puede hacer una simulación con los valores de diseño de los equipos a

utilizar. Considerando 20 millas (32 km.) de distancia, antenas tipo parabólicas de 28 dBi, 0.5 dB de pérdida en el pigtail y una frecuencia de operación en la banda de uso libre de 5.8 Ghz, obtenemos:

Figura 28. Cálculo enlace Mina-Tepoca

De acuerdo al análisis, el enlace es permisible utilizando torres de 35 m (116 ft) de altura, esto es, considerando ambos puntos a una misma altura. Sin embargo este enlace tiene una diferencia de elevación de 1000 m, por lo que no se requieren torres de esa altura.

En las instalaciones de la mina ya se cuenta con una torre arriostrada de 30 m que se utiliza para la comunicación de radios de onda corta, dicha torre se utilizará para colocar los equipos de este sitio.

Por su parte, en el sitio Tepoca se propone instalar una torre arriostrada de 21 m, lo suficiente para impedir que los árboles de la zona obstruyan la línea de vista. Con las simulaciones realizadas se espera tener un nivel de señal de **RSSI** de -60 dbm.

## 1.2 Enlace Tepoca-Mesa del Campanero

Existe una distancia de 30 km. en línea recta entre Tepoca y Mesa del Campanero, se muestra la imagen en google earth.

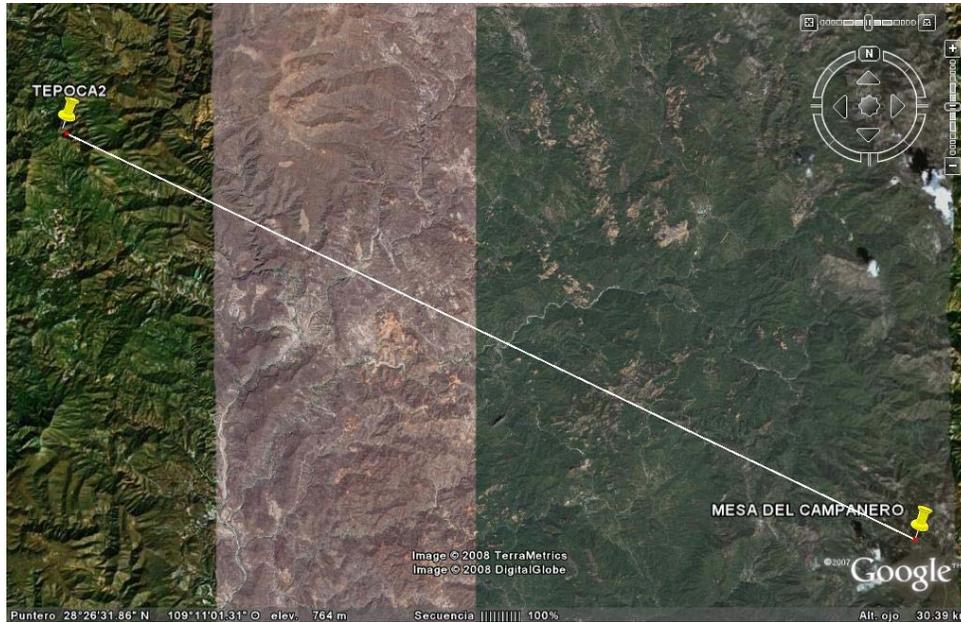


Figura 29. Ubicación Tepoca-Mesa del Campanero en Google Earth

Introduciendo las coordenadas geográficas de ambos puntos en el **software Link Estimator** obtenemos el siguiente perfil geográfico:

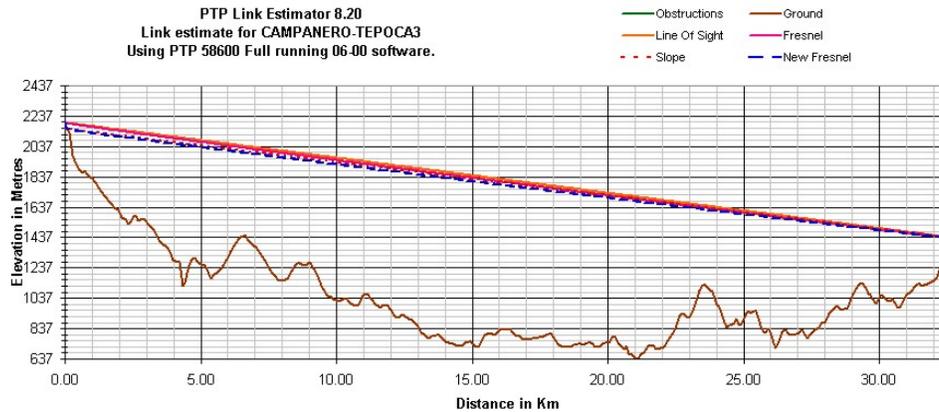


Figura 30. Perfil de Línea de Vista Mesa del Campanero-Tepoca

De acuerdo al perfil obtenido observamos una completa línea de Vista. Realizando el cálculo con “**Link Bundget Calculator**”, con una distancia 18.75 millas (30 km.), antenas de 28 dBi, pérdida en los cables de 0.5 dBi, en la frecuencia de uso libre de 5.8 Ghz obtenemos:

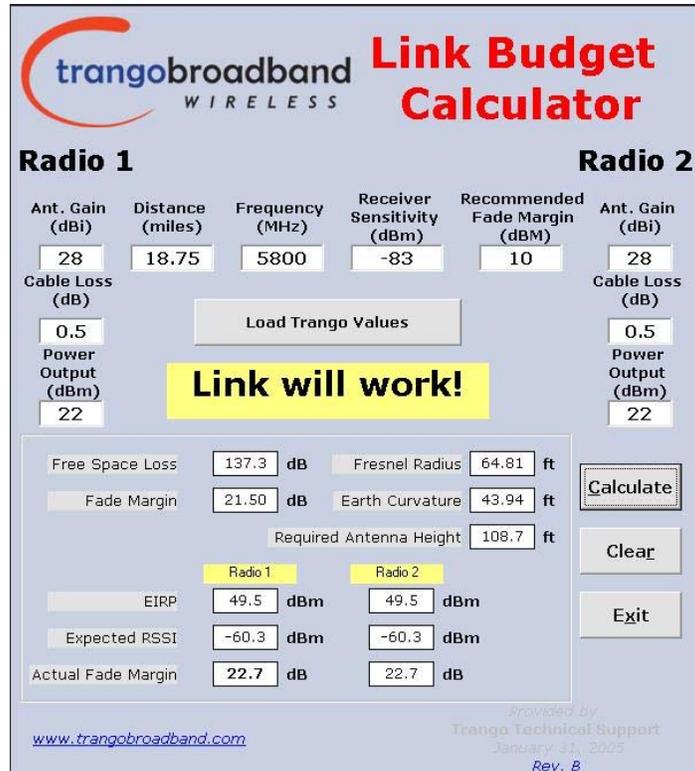


Figura 31. Cálculo de Enlace Tepoca-Mesa del Campanero

En el sitio Tepoca se instalarán los equipos de radiocomunicación en una torre de 21 m de altura y en el sitio Mesa del Campanero se utilizará una torre de 30 m. De acuerdo a las simulaciones realizadas se utilizarán antenas de tipo parabólicas de 12" de diámetro con una ganancia de 28 dBi que nos proporcionará un nivel de señal **RSSI** esperado de -60 dBm, logrando un enlace de muy buena calidad.

### 1.3 Enlace Mesa del Campanero-Yecora

Este enlace es el más corto y nos permite alcanzar la comunidad más cercana, Yecora, donde podremos obtener servicio de Internet y telefonía teniendo una distancia de 11.3 km entre ambos puntos.



Figura 32. Ubicación Mesa del Campanero-Yecora en Google Earth

Con el software **Link Estimator** obtenemos el siguiente perfil geográfico:

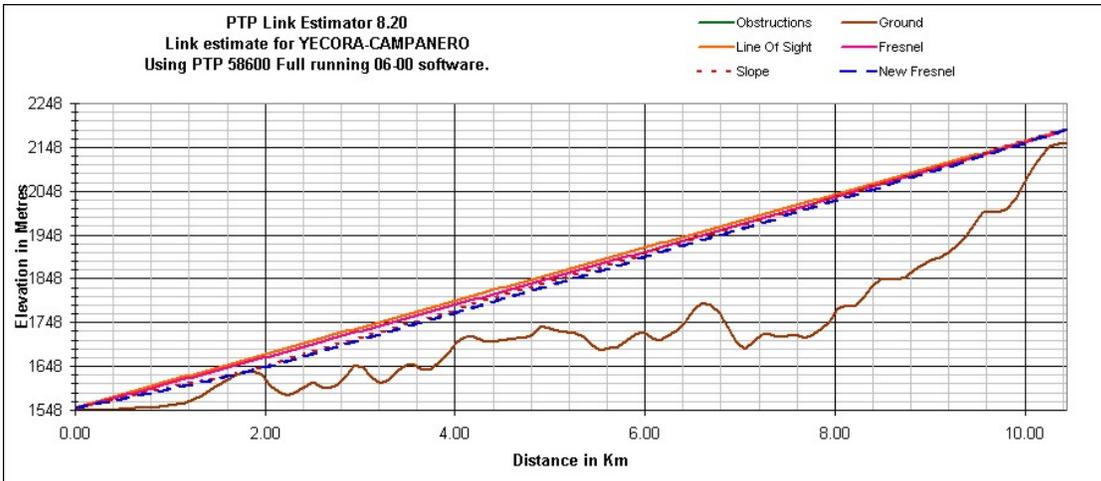


Figura 33. Perfil de Línea de vista Yecora-Mesa del Campanero

Realizando el calculo con “**Link Bundget Calculador**”, con los siguientes parámetros: distancia de 7 millas (11.3 km.), antenas de 24 dBi y una frecuencia de operación de 5.8 Ghz.

Figura 34. Cálculo de enlace Mesa del Campanero-Yecora

Se aprecia una adecuada línea de vista, sin embargo, para lograr tener una buena zona de **fresnel** y debido a que en el sitio Yecora se encuentran algunas casas y árboles que obstruyen la línea de vista directa, se instalará una torre de 12 m. que permitirá evitar alguna posible obstrucción por árboles o casas. Se utilizarán antenas de 24 dBi con una nivel de **RSSI** esperado de -59.7 dBm.

## 2. ARQUITECTURA RED DE DATOS

El Municipio de Yecora es una zona urbana de baja población donde el Proveedor de Servicio de Internet (**ISP**) solo provee enlaces de banda ancha **ADSL** de hasta 2 Mb.

De acuerdo a las necesidades proyectadas de la Mina se prevé tener necesidades de conexión alrededor de 4 Mbps para dar salida a Internet al menos a 40 equipos de cómputo de manera simultánea. Para alcanzar el ancho de banda necesario se propone instalar un equipo **UTM** (Unified Thearts Managment) de cuatro puertos; configurando tres de ellos como **WAN** y uno como **LAN**, permitiendo conectar hasta tres enlaces de banda ancha obteniendo mayor velocidad de conexión.

De la misma forma, este equipo permitirá hacer conexiones **VPN** con protocolos **IPSEC**, **PPTP** que proporcionarán conexiones remotas desde cualquier punto, teniendo clientes remotos y facilitando el acceso a sesiones de soporte remoto. También proporcionará seguridad a la red interna ante ciertos ataques de Internet.

Para poder utilizar los tres enlaces de Internet de forma optima se utilizará el balanceador de cargas del equipo **UTM**, en donde de acuerdo a la cantidad de trafico que se tenga en una conexión **WAN** se podrá utilizar la siguiente conexión, enviando el trafico por ambas salidas y dejando como respaldo la tercer conexión. De esta manera, se optimizan los tres enlaces de banda ancha para acceso a Internet.

Con el enlace inalámbrico establecido se tendrá un puente **WLAN** en la que los paquetes IP viajaran de forma transparente por todo el enlace inalámbrico llegando hasta un router **Wi-Fi** el cual cumplirá tres funciones: Gateway de salida, servidor **DHCP** y **Acces Point** para la red **LAN**.

Los equipos de cómputo de la mina tendrán servicio de red mediante un switch **PoE** (Power Over Ethernet) capa 2/3 administrable, que permita alimentar eléctricamente a través del cableado a los teléfonos IP y **Acces Point**, ofreciendo calidad de servicio **QoS**. Este switch se conectará al gateway de salida, permitiendo que todo el trafico interno sea administrado por este equipo y solo las peticiones que no pertenezcan a la red interna, sean enviadas por el enlace **PTP**, optimizando el ancho de banda del enlace **PTP**.

Se planea dar servicio a los equipos móviles y teléfonos **Wi-Fi** para lo cual se utilizará el router **Wi-Fi** configurado en la banda de uso libre de 2.4 Ghz con una antena sectorial de 23 dBi y patrón de radiación de 180° dirigido a la zona central de las oficinas. Se utilizará una LAN virtual (**VLAN**) para la administración de los clientes móviles, ruteado adecuadamente para la intercomunicación de toda la red. Ver figura 35.

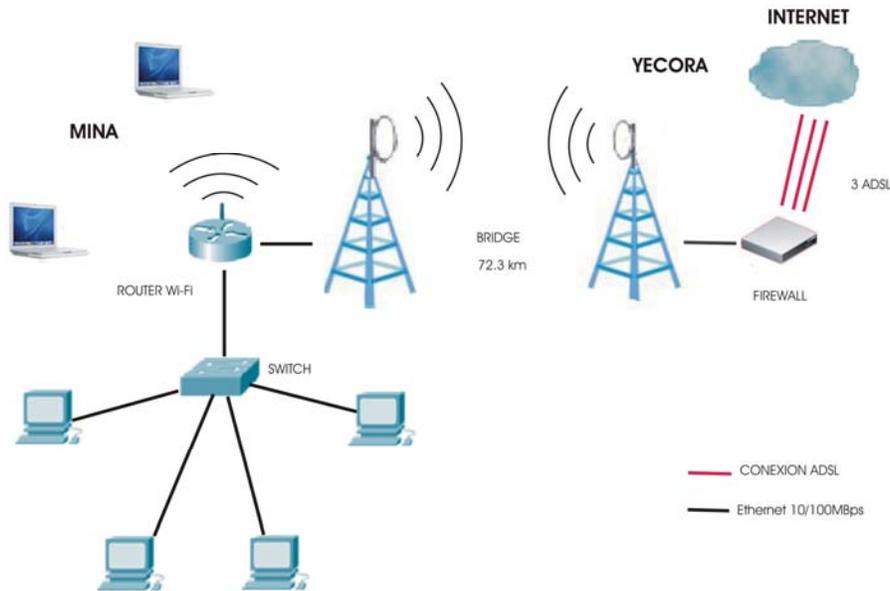


Figura 35. Arquitectura de Red

En el esquema anterior se muestra la arquitectura de la red propuesta, donde el enlace inalámbrico es representado como un solo enlace de 72.3 km.

### 3. ARQUITECTURA RED DE VOZ

Contar con telefonía resulta de suma importancia para mantenerse comunicado dentro de las instalaciones de la mina. Las líneas Telefónicas serán suministradas por el proveedor de telefonía junto con las conexiones de banda ancha **ADSL**, de esta manera se tendrán 3 líneas analógicas desde el municipio de Yecora.

Para poder llevar las líneas hasta las instalaciones de la mina se utilizará un **Gateway** de voz de 4 puertos **FXO** que convertirá la señal analógica en paquetes IP que serán enviados a través del enlace inalámbrico **PTP** hasta la Mina. Para tener el control del gateway **FXO** se instalará un conmutador IP, que en este caso se eligió un **PBX** basado en software libre **Asterisk** con excelentes prestaciones de servicios y buena funcionabilidad, con servicio de contestadora automática, correo de voz, transferencia de llamadas, música en espera, desvío de llamadas, etc.

Optimizando la administración se utilizará un servidor **Asterisk** con 8 puertos **FXS** integrados, que permitirán conectar teléfonos analógicos y equipos de FAX dentro de las oficinas. De la misma forma, se instalarán 20 teléfonos IP de características estándar con **PoE** y dos puertos de red, con esta última característica no es necesario aumentar el número de nodos red ya que los equipos de computo se pueden conectar directamente de los teléfonos IP.

De acuerdo a las especificaciones de los radios de comunicación inalámbrica a utilizar, en cada repetidora se prevé una latencia de 3 ms, por lo que en las tres repetidoras que se instalarán se espera tener una latencia no mayor a 10 ms. Para mantener una llamada continua sin intermitencias se considera que la latencia debe estar por debajo de los 150 ms, muy por debajo de lo estimado en nuestro enlace. Además en la red interna se utilizará **QoS** que será manejada por el router **Wi-Fi** que permitirá dar prioridad a los paquetes de voz ante el tráfico de la red.

El diseño de la red presentado considera que todas las llamadas entre extensiones sean manipuladas en el mismo segmento de red y solo las llamadas hacia el exterior sean enviadas por el enlace inalámbrico **PTP**, optimizando el ancho de banda disponible en el enlace.

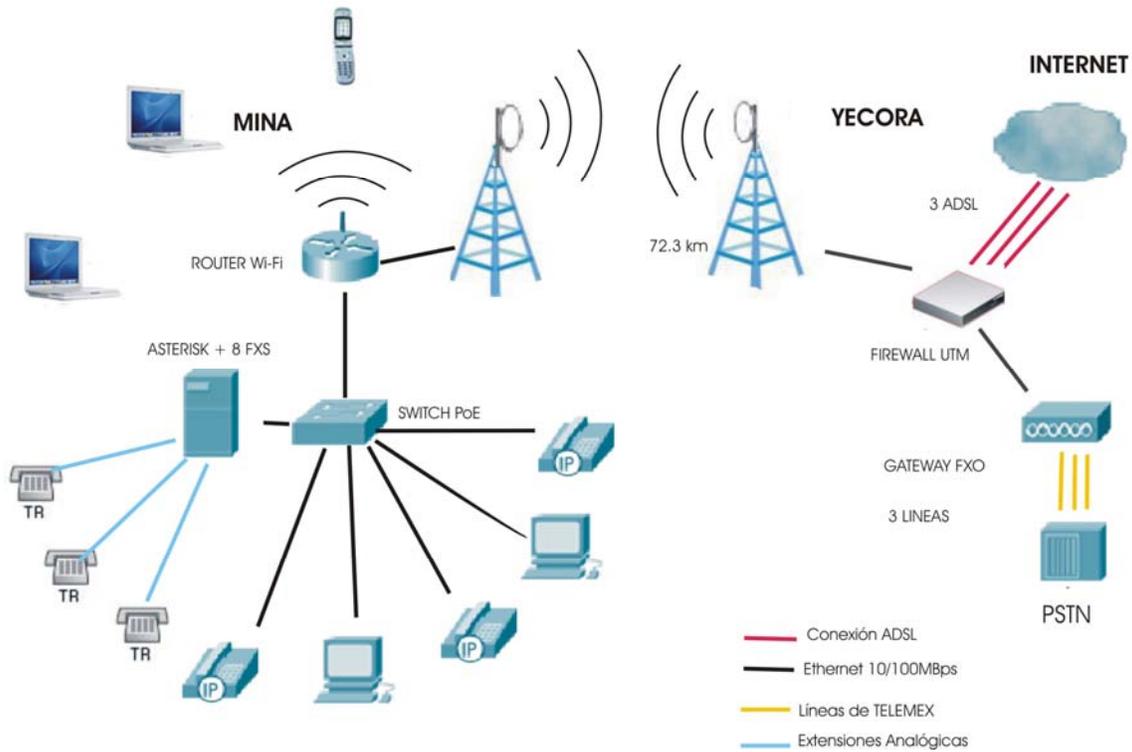


Figura 36. Arquitectura de Red de Voz y Datos

En la figura anterior se muestra un diagrama completo de la red de voz y datos, donde la comunicación de voz será administrada por el conmutador IP basado en **Asterisk**.

#### 4. NOTAS FINALES PARA EL CLIENTE

El diseño para esta solución ha sido desarrollado de acuerdo a las necesidades establecidas por el cliente. Todos los equipos y la solución se han dimensionado para una operación de hasta 60 equipos de cómputo incluyendo equipos móviles y teléfonos IP lo cual ya considera un crecimiento futuro del 30 %.

El enlace de comunicación inalámbrica está propuesto para ser utilizado en la banda de uso libre de 5.8 GHz la cual es viable de sufrir interferencia por algún enlace utilizado en la misma frecuencia y canal, por lo que antes de hacer la implementación se realizará un análisis espectral para establecer la polarización y canal a utilizar.

Al terminar la implementación de la solución propuesta se harán pruebas de conectividad y calidad de servicio en las llamadas para establecer los parámetros de configuración adecuados en los equipos, permitiendo cumplir con las expectativas expuestas en velocidad de conexión a Internet y **QoS** en las llamadas telefónicas.

La solución propuesta requiere de personal altamente calificado para realizar la administración del sistema, por lo que es indispensable dejar habilitada una conexión **VPN** para acceso remoto a los equipos.

### **PARTICIPACIÓN PROFESIONAL**

Como estudiante de la Universidad y en específico de la Facultad de Ingeniería, durante nuestros años de formación, adquirimos una base sustentable de conocimientos técnicos en matemáticas, física, electricidad, y comunicaciones, que nos permiten no solo visualizar los fenómenos físicos, sino también poderlos plasmar en papel y aplicarlos en nuestra vida actual. Ésta formación nos ayuda a crear nuestro perfil y desarrollar el ingenio y actitud constructiva que como profesionistas requerimos.

Aunado a nuestros conocimientos teóricos podemos mencionar todos aquellos conocimientos prácticos que adquirimos con el tiempo, con cada proyecto que desarrollamos con cada curso y certificación, utilizando nuevos equipos y tecnologías que nos brindan experiencia y una mente creativa para llevar una solución a los diferentes problemas que la industria presenta.

Durante el desarrollo de este proyecto en particular, se tuvo que hacer uso de tres áreas específicas del conocimiento que nos permitió desarrollar una solución integral: comunicaciones inalámbricas, redes de datos y voz sobre IP. Puedo decir que como egresado de la facultad de Ingeniería he adquirido estos conocimientos que han sido la base para poder diseñar esta solución y como profesionista he adquirido la experiencia necesaria para utilizar diferentes herramientas y equipos que me permitan diseñar e implementar dicha solución, lo cual resulta fundamental para mi desarrollo y éxito profesional dentro de la empresa.

### **RESULTADOS Y APORTACIONES**

Este proyecto ha traído consigo varios resultados durante su diseño. El primero y mas importante, ha mostrado a los dueños de la Mina que es viable contar con una infraestructura de comunicación donde puedan contar con los servicios de voz, datos y red inalámbrica **Wi-Fi** a pesar de la complicada ubicación geográfica de la mina, permitiendo operar sus oficinas sin sacrificar funcionabilidad y manteniendo constante comunicación con el exterior.

El diseño de la solución ha sido tan aceptado que ya se ha comenzado con pruebas de transporte de Voz IP sobre **WLAN** para poder demostrar su operabilidad y comenzar con la implementación de la solución total presentada.

Como profesionalista, durante el diseño del proyecto he podido aportar una solución que puede ser útil no solo en la industria minera, si no que también puede ser aplicable a toda aquella empresa que tenga necesidades de comunicación, y cuya productividad se vea afectada por la falta de servicios de telefonía y acceso a Internet, en donde los grandes proveedores de servicio no llegan. Con este diseño, que puede ser ajustado a las condiciones particulares del lugar, podemos llegar a esos pequeños y/o alejados sitios resolviendo sus problemas de comunicación. De esta forma es como integramos la tecnología para resolver las necesidades que hoy en día la industria requiere.

## CAPÍTULO 7

### **CONCLUSIONES**

---

De acuerdo al análisis realizado podemos concluir que para poder implementar la infraestructura de transporte que nos permita dar servicio de voz y datos a la mina se debe instalar un enlace inalámbrico de 72.3 Km entre la Mina y Yecora, el sitio más próximo con servicio de banda ancha y telefonía pública. Para ello se instalarán dos repetidoras en los sitio conocidos como Tepoca y Mesa del Campanero, conformando un esquema de tres enlaces: el primer enlace “Mina-Tepoca” con una distancia de 32 Km., el segundo enlace “Tepoca-Mesa del Campanero” con una distancia de 30 Km. y el tercer enlace “Mesa del Campanero-Yecora” de 11.3 Km. de distancia. En los tres sitios se propone instalar torres de comunicación que permitirán mantener fuera del alcance a personas ajenas al equipo de comunicación además de librar pequeños obstáculos como árboles y/o casas. Los equipos de comunicación operarán en la banda de uso libre, lo cual permite implementar este enlace sin la necesidad de alguna concesión para el uso de la frecuencia.

Una vez instalada la infraestructura de transporte, se utilizará un Gateway de voz que convertirá la señal analógica de las líneas Telefónicas en paquete IP que serán enviadas a las instalaciones de la mina por medio del enlace inalámbrico y será administrado por un conmutador IP basado en tecnología **Asterisk**. Dicho servidor gestionará todos los servicios de telefonía dentro de la mina: teléfonos IP, teléfonos **Wi-Fi**, fax, contestadora automática, reconocimiento de voz, correo de voz, transferencia de llamadas, música en espera, megafonía, desvíos de llamadas, no molestar, etc.

Para la red de datos se instalará en el municipio de Yecora un firewall clase **UTM** que permitirá conectar varias conexiones de Internet y poder administrar de

forma unificada el ancho de banda de cada conexión, además de proveer seguridad perimetral a la nueva red. En las instalaciones de la mina se utilizará switches capa 3 administrables con **PoE**, que permitan administrar y agrupar la red de voz sobre una **VLAN** independiente proveyendo **QoS** a la voz al mismo tiempo que suministran corriente eléctrica a los teléfonos. Y como Gateway de salida entre la red inalámbrica y la red local se utilizará un router **Wi-Fi** que solo permita enviar tráfico de salida hacia el enlace cuando se requiera, además de cubrir la zona con señal **Wi-Fi** para poder conectar dispositivos móviles.

De esta manera es como cumplimos cabalmente con los objetivos planteados en el capítulo proveyendo una solución a sus necesidades de comunicación.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**AASTRA.** Aastra Technologies Limited empresa de Telecomunicaciones con sede en Concord, Ontario , Canadá , fabrica productos y sistemas para el acceso a las redes de comunicación incluyendo Internet. Entre sus productos se incluyen teléfonos empresariales y residenciales, centrales de conmutación privadas, codificadores de vídeo digital de alta calidad, descodificadores y gateways de acceso.

**Acces Point.** Un punto de acceso inalámbrico (WAP o AP por sus siglas en inglés: Wireless Access Point) es un dispositivo que interconecta dispositivos de comunicación inalámbrica para formar una red inalámbrica. Normalmente un WAP también puede conectarse a una red cableada, y puede transmitir datos entre los dispositivos conectados a la red cable y los dispositivos inalámbricos.

**ADSL.** Son las siglas de Asymmetric Digital Subscriber Line ("Línea de Abonado Digital Asimétrica"). Consiste en una transmisión de datos digitales (la transmisión es analógica) apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado. Esta tecnología se denomina asimétrica debido a que la capacidad de descarga (desde la Red hasta el usuario) y de subida de datos (en sentido inverso) no coinciden. Normalmente, la capacidad de bajada (descarga) es mayor que la de subida.

**ATM.** Acrónimo de Asynchronous Transfer Mode. Tecnología que permite el envío de información a través de paquetes en lugar de canales, posibilitando que el envío de archivos multimedia sea más veloz.

**AUDICODES.** AudioCodes Ltd diseña, desarrolla y comercializa productos para voz, datos y vídeo sobre redes IP. La compañía es uno de los pioneros de la industria de VoIP comenzando a diseñar soluciones en 1995.

**Banda de Uso Libre.** Segmento de frecuencias en el espectro radioeléctrico que no requiere de concesión para su operación.

**Bridge Lan.** Un puente de LAN conecta dos o más LANs en la capa dos en el modelo de red OSI. El puente de LAN recibe paquetes de un segmento de LAN conectado a un puerto y los reenvía a otro segmento de LAN conectado a un puerto diferente. Mientras que un puente de LAN sirve al propósito de extender el alcance de la red, sino que también alivia el problema de la congestión que puede causar varios dispositivos en un segmento de Ethernet.

**BSD.** Son las iniciales de Berkeley Software Distribution (en español, Distribución de Software Berkeley) y se utiliza para identificar un sistema operativo derivado del sistema Unix nacido a partir de los aportes realizados a ese sistema por la Universidad de California en Berkeley.

**CCTV.** Circuito cerrado de televisión (closed circuit television) es una tecnología de vídeo vigilancia visual diseñada para supervisar una diversidad de ambientes y actividades.

**CISCO.** Cisco Systems es una empresa multinacional con sede en San Jose (California, Estados Unidos), principalmente dedicada a la fabricación, venta, mantenimiento y consultoría de equipos de telecomunicaciones tales como: routers, switches, hubs, firewall, concentradores para VPN, productos de telefonía IP como teléfonos y el CallManager, software de gestión de red como CiscoWorks, y equipos para redes de área de almacenamiento.

**Delay Spread.** Es un tipo de distorsión debido a múltiples caminos que resulta en la salida de esparcimiento o de "manchas" de la señal recibida. Se produce cuando las señales idénticas llegan a través de caminos diferentes y tienen diferentes retardos de tiempo.

**DHCP.** Dynamic Host Configuration Protocol (Protocolo de Configuración Dinámica de Host) es un protocolo de red que permite a los nodos de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente. Se trata de un protocolo de tipo cliente/servidor en el que generalmente un servidor posee una lista de direcciones IP dinámicas y las va asignando a los clientes conforme éstas van estando libres, sabiendo en todo momento quién ha estado en posesión de esa IP, cuánto tiempo la ha tenido y a quién se la ha asignado después.

**DiffServ.** Differentiated Services es una arquitectura de red que especifica un mecanismo simple, escalable y granular para clasificar y gestionar el tráfico de red proporcionando calidad de servicio (QoS). DiffServ puede, por ejemplo, ser utilizada para proporcionar baja latencia, garantía de servicio para el tráfico de red críticos, tales como la voz o el vídeo mientras que proporciona un tráfico del mejor esfuerzo a los servicios no críticos, tales como el tráfico web o transferencias de archivos.

**Digium.** Es una compañía de tecnología de comunicación privada con sede en Huntsville, Alabama. Digium se especializa en el desarrollo y fabricación de hardware de comunicaciones y software de telefonía, en particular la plataforma de código abierto de telefonía Asterisk.

**FIFO.** Es el acrónimo inglés de First In, First Out (primero en entrar, primero en salir), concepto utilizado en base de datos para gestionar las colas de datos.

**FR.** Frame Relay (Intercambio de Tramas) Una técnica de transmisión extremadamente eficiente, usada para mandar información digital como voz, datos, tráfico de redes de área local (LAN), y tráfico de redes de área extensa (WAN) a muchos puntos desde una solo puerto de manera muy rápida.

**FXO.** Es la manera de designar el punto final de conexión de la llamada. El FXO es el elemento que recibe la llamada (un teléfono o una central conectada a la PSTN). La sigla es para “Foreing eXchange Office”. La interface FXO no genera tono , solo los acepta.

**FXS.** Es el que envía la llamada al FXO. La sigla designa “Foreing eXchange Station”. Una interface FXS provee de tono y timbrado, voltaje para alertar al equipo telefónico de una llamada entrante.

**GNU/LINUX.** Es uno de los términos empleados para referirse a la combinación del núcleo o kernel libre similar a Unix denominado Linux, que es usado con herramientas de sistema GNU. Su desarrollo es uno de los ejemplos más prominentes de software libre.

**GPL.** General Public License es una licencia creada por la Free Software Foundation y está orientada principalmente a proteger la libre distribución, modificación y uso de software. Su propósito es declarar que el software cubierto por esta licencia es software libre y protegerlo de intentos de propiedad que restrinjan esas libertades a los usuarios.

**Google Earth.** Es un programa informático similar a un Sistema de Información Geográfica, creado por la empresa Keyhole Inc., que permite visualizar imágenes en 3D del planeta, combinando imágenes de satélite, mapas y el motor de búsqueda de Google que permite ver imágenes a escala de un lugar específico del planeta.

**H.323.** Es un protocolo utilizado comúnmente para Voz sobre IP (VoIP, Telefonía de Internet o Telefonía IP) y para videoconferencia basada en IP. Es un conjunto de normas (recomendación) ITU para comunicaciones multimedia que hacen referencia a los terminales, equipos y servicios estableciendo una señalización en redes IP. No garantiza una calidad de servicio, y en el transporte de datos

puede, o no, ser fiable; en el caso de voz o vídeo, nunca es fiable. Además, es independiente de la topología de la red y admite pasarelas, permitiendo usar más de un canal de cada tipo (voz, vídeo, datos) al mismo tiempo.

**IAX.** Es el protocolo de conexión entre sistemas Asterisk.

**IEEE.** Institute of Electrical and Electronics Engineers. Su Comité de Estándares para las Tecnologías Educativas trabaja con el objetivo de desarrollar estándares técnicos, prácticas recomendadas y guías para la implementación informática de sistemas de formación y educación.

**IETF.** Internet Engineering Task Force es una organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivos el contribuir a la ingeniería de Internet, actuando en diversas áreas, como transporte, encaminamiento, seguridad. Fue creada en EE. UU. en 1986

**IntServ.** Integrated Services es una arquitectura que determinan los elementos para garantizar calidad de servicio (QoS). IntServ puede ser usado para transportar video y sonido sin interrupción.

**IPSec.** Internet Protocol Security es una forma de seguridad en el transporte de datos. Se diseñó para cifrar datos mientras se transmiten entre dos equipos para evitar que sean modificados o interpretados.

**ISP.** Internet Service Provider es una empresa que brinda conexión a Internet a sus clientes. Un ISP conecta a sus usuarios a Internet a través de diferentes tecnologías como ADSL, DSL, Cablemódem, GSM, Dial-up, Wifi, entre otros.

**ITU-T.** Es el órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) que estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica normativa sobre los mismos, con vista a la normalización de las telecomunicaciones a nivel mundial.

**IVR.** Son las siglas de Interactive Voice Response. Consiste en un sistema telefónico que es capaz de recibir una llamada e interactuar con el humano a través de grabaciones de voz y el reconocimiento de respuestas simples, como "sí", "no" u otras. Es un sistema automatizado de respuesta interactiva, orientado a entregar y/o capturar información a través del teléfono, permitiendo el acceso a servicios de información u otras operaciones.

**LAN.** Local Area Network es la interconexión de varias computadoras y periféricos. Su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros, o con repetidores podría llegar a la distancia de un campo de 1 kilómetro. Su aplicación más extendida es la interconexión de computadoras personales y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas, etc.

**Link Budget Calculador.** Herramienta utilizada para calcular de forma rápida las pérdidas en el espacio libre, señal recibida, radio de fresnel, altura requerida de las antenas, e indica si es posible mantener un enlace con los parámetros indicados.

**Link Estimator.** Es una herramienta de hoja de cálculo que permite optimizar el rendimiento de un sistema inalámbrico diseñado por la compañía Motorola. Permite obtener los perfiles geográficos de los puntos a enlazar para determinar línea de vista, la distancia, altura de la antena, potencia de transmisión y otros factores.

**LMDS.** Local Multipoint Distribution System es una tecnología de conexión vía radio inalámbrica que permite, gracias a su ancho de banda, el despliegue de servicios fijos de voz, acceso a Internet, comunicaciones de datos en redes privadas, y video bajo demanda.

**LOS.** Line Of Sight. Línea de vista se refiere a un camino limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras. Para que exista la mejor propagación de las señales RF de alta frecuencia, es necesaria una Línea de vista sólida (limpia - sin obstrucciones).

**MacOS X.** Sistema operativo basado en Unix y de interfaz gráfica de usuario desarrollado, comercializado y vendido por Apple Inc. Desde 2002, Mac OS X ha sido incluido con todos los nuevos sistemas informáticos Macintosh. Es el sucesor de Mac OS 9 , la versión final del "clásico" de Mac OS , que había sido el sistema operativo principal de Apple desde 1984.

**MARCH NETWORK.** Es un proveedor global de soluciones inteligentes de vídeo IP. Por cerca de una década, la compañía ha ayudado a algunos de los mayores comercios del mundo y gobierno a la transición de sistemas tradicionales de CCTV a video vigilancia IP usado para la seguridad avanzada, prevención de pérdidas y reducción del riesgo. La compañía tiene su sede en Ottawa, Ontario, Canadá.

**MGCP.** es un protocolo de control de dispositivos, donde un gateway esclavo (MG, Media Gateway) es controlado por un maestro (MGC, Media Gateway Controller, también llamado Call Agent), es un protocolo interno de VoIP cuya arquitectura se diferencia del resto de los protocolos VoIP por ser del tipo cliente-servidor.

**MITEL.** Mitel Networks es una empresa de alta tecnología proveedora de comunicaciones unificadas de soluciones para empresas. Anteriormente la empresa elaboraba sistemas y aplicaciones PBX, pero después de un cambio de titularidad en 2001 ahora se centra casi exclusivamente en Voz sobre IP (VoIP). Mitel tiene su sede en Ottawa, Ontario, Canadá, con oficinas, socios y distribuidores alrededor del mundo.

**MLPS.** Multiprotocol Label Switching es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Opera entre la capa de enlace de datos y la capa de red del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Es una nueva tecnología de conmutación creada para proporcionar circuitos virtuales en las redes IP, sobre las que introduce una serie de mejoras: Redes privadas virtuales, ingeniería de tráfico, mecanismos de protección frente a fallos.

**MOBOTIX.** Mobotix AG empresa dedicada en producir cámaras IP, fue fundada en 1999 por Ralf Hinkel como una sociedad anónima. Mobotix distribuye sus productos en más de 70 países, cuenta con unos 200 empleados con sede en Alemania.

**PBX.** Private Branch Exchange cuya traducción es Central Privada Automática, es cualquier central telefónica conectada directamente a la red pública de teléfono por medio de líneas troncales. Gestiona además de las llamadas internas, las entrantes y salientes con autonomía sobre cualquier otra central telefónica. Este dispositivo generalmente pertenece a la empresa que lo tiene instalado y no a la compañía telefónica, de aquí el adjetivo privado de su denominación.

**PCM.** Pulse Code Modulation o Modulación por Impulsos Codificados, es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits, o sea una señal digital

**PELCO.** Pelco Inc, un miembro de la familia de negocios de Schneider Electric es un líder mundial en el diseño, desarrollo y fabricación de sistemas de seguridad de video y equipo para toda la industria. Con una larga historia de prestigio ofrece productos de alta calidad y un servicio excepcional al cliente, Pelco se ha convertido en el más importante proveedor en la industria de la seguridad.

**PoE.** Power over Ethernet, alimentación a través de Ethernet es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN estándar. Permite que la alimentación eléctrica se suministre al dispositivo de red como por ejemplo, un teléfono IP o una cámara de red, usando el mismo cable que se utiliza para una conexión de red. Elimina la necesidad de utilizar tomas de corriente en las ubicaciones de la cámara y permite una aplicación más sencilla de los sistemas de alimentación ininterrumpida para garantizar un funcionamiento las 24 horas del día, 7 días a la semana. Es regulada a través de la norma IEEE 802.3af.

**PPTP.** Point-To-Point Tunneling Protocol permite el seguro intercambio de datos de un cliente a un servidor formando una Red Privada Virtual (VPN), basado en una red de trabajo vía TCP/IP. El punto fuerte del PPTP es su habilidad para proveer soporte multi-protocolo en una infraestructura existente, como INTERNET. Esta habilidad permitirá a una compañía usar Internet para establecer una red privada virtual (VPN) sin el gasto de un enlace dedicado.

**PSTN.** Public Switched Telephone Network. Red telefónica analógica utilizada para la transmisión de información de telefonía, mediante conmutación de circuitos.

**PTP.** Point to Point. Hace referencia a enlaces inalámbricos constituidos por dos puntos, en los cuales se habilita la conectividad entre ambos puntos.

**QoS.** Quality of Service designa la capacidad para suministrar un servicio (principalmente un soporte de comunicación) conforme a ciertas exigencias en materia de tiempo de respuesta y de ancho de banda. Aplicada a las redes de conmutación de paquetes, la QoS designa la aptitud para poder garantizar un nivel aceptable de pérdida de paquetes para cierto uso (voz en IP, videoconferencia, etc.) existen mecanismos de QoS que permiten diferenciar los diferentes flujos de red y reservar parte del ancho de banda para aquellos que necesiten un servicio continuo y sin cortes.

**Refracción.** Es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio a otro. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si éstos tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina en el cambio de velocidad de propagación de la onda.

**RSSI.** Receive Signal Strength Indication, Indicador de fuerza de señal de recepción. Este término se usa comúnmente para medir el nivel de fuerza de las señales recibidas en las redes inalámbricas (WIFI). Cuanto más alto sea el número, mayor será la recepción.

**RTC.** Red Telefonica Conmutada. Es la red telefónica convencional que lleva la telefonía doméstica hasta los hogares.

**SIEMENS.** Siemens AG es un corporativo Alemán de ingeniería, es considerado el más grande de Europa. La sede internacional de Siemens se encuentran en Berlín , Múnich y Erlangen , Alemania. La compañía tiene tres sectores de negocio principales: Industria, Energía y Salud, con un total de 15 divisiones. En todo el mundo Siemens y sus subsidiarias emplean aproximadamente a 420,800 personas en casi 190 países.

**SIP.** Session Initiation Protocol (Protocolo de Inicio de Sesiones) es un protocolo desarrollado por el grupo de trabajo MMUSIC del IETF con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos en línea y realidad virtual.

**SKYPE.** Skype es un software para realizar llamadas sobre Internet (VoIP), fundada en 2003 por el danés Janus Friis y el sueco Niklas Zennström, creadores de Kazaa. El código y protocolo de Skype permanecen cerrados y propietarios, pero los usuarios interesados pueden descargar gratuitamente la aplicación del sitio oficial. Los usuarios de Skype pueden hablar entre ellos gratuitamente.

**SNR.** La relación señal/ruido (Signal to noise ratio) se define como el margen que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen es medido en decibelios

**Solaris.** Es un sistema operativo Unix desarrollada originalmente por Sun Microsystems, que sustituyó a SunOS en 1992. Oracle Solaris, como ahora se conoce, es propiedad de Oracle Corporation tras la adquisición de Oracle de Sun en enero de 2010. Solaris es conocido por su escalabilidad, especialmente en sistemas SPARC, y por crear muchas características innovadoras, tales como DTrace y ZFS.

**Store And Forward.** Es una técnica de telecomunicaciones en que la información es enviada a una estación intermedia donde se guarda y se envía en un momento posterior a su destino final o hacia otra estación intermedia. La estación intermedia, o un nodo de red, verifica la integridad del mensaje antes de enviarlo. Esta técnica se origina de las redes tolerantes al retardo.

**TCP/IP.** La familia de protocolos de Internet es un conjunto de protocolos de red en los que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre redes de computadoras. En ocasiones se le denomina conjunto de protocolos TCP/IP, en referencia a los dos protocolos más importantes que la componen: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP), que fueron los dos primeros en definirse, y que son los más utilizados de la familia. El TCP/IP es la base de Internet, y sirve para enlazar computadoras que utilizan diferentes sistemas operativos, incluyendo PC, minicomputadoras y computadoras centrales sobre redes de área local (LAN) y área extensa (WAN).

**UTM.** (Unified Threats Management) Nombre genérico dado para caracterizar los dispositivos de seguridad que integran un firewall, una pasarela VPN IPSEC y un antivirus. Hablamos hoy de dispositivos UTM o multifunción para los equipos que integran varias funciones de protección de red, protocolaria y de contenido.

**VLAN.** Red de Área Local Virtual es un método de crear redes lógicamente independientes dentro de una misma red física. Varias VLANs pueden coexistir en un único switch físico o en una única red física. Son útiles para reducir el tamaño del broadcast y ayudan en la administración de la red separando segmentos lógicos de una red de área local (como departamentos de una empresa) que no deberían intercambiar datos usando la red local

**VoIP.** Voz sobre Protocolo de Internet, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP. Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes, en lugar de enviarla en forma digital o analógica, a través de circuitos utilizables sólo para telefonía como una compañía telefónica convencional.

**VPN.** Virtual Private Network, es una tecnología de red que permite una extensión de la red local sobre una red pública o no controlada, como por ejemplo Internet. Ejemplos comunes son, la posibilidad de conectar dos o más sucursales de una empresa utilizando como vínculo Internet, permitir a los miembros del equipo de soporte técnico la conexión desde su casa al centro de cómputo, o que un usuario pueda acceder a su equipo doméstico desde un sitio remoto, como por ejemplo un hotel. Todo ello utilizando la infraestructura de Internet.

**WAN.** Wide Area Network (Red de Área Ancha) una red de computadoras de gran tamaño, dispersa por un país o incluso por todo el planeta. Este tipo de redes suelen ser públicas, es decir, compartidas por muchos usuarios.

**Wi-Fi.** Wireless Fidelity. Término acuñado por la Wi-Fi Alliance que se utiliza normalmente cuando se hace referencia a algún tipo de red 802.11, ya sea 802.11b, 802.11a, banda dual, etc. Todos los productos testeados y aprobados como "Wi-Fi Certified" por la Wi-Fi Alliance certifican su interoperabilidad mutua incluso si son de distintos fabricantes.

**WLAN.** Wireless Local Area Network, es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión de éstas. Utiliza tecnología de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizar las conexiones cableadas.

**802.1p.** Es un estándar que proporciona priorización de tráfico y filtrado multicast dinámico. Esencialmente, proporciona un mecanismo para implementar Calidad de Servicio (QoS) a nivel de MAC (Media Access Control).

**802.1Q.** Es el estándar para desarrollar un mecanismo que permita a múltiples redes compartir de forma transparente el mismo medio físico, sin problemas de interferencia entre ellas (Trunking).

## **REFERENCIA BIBLIOGRAFICA DE IMÁGENES**

Figura 1. Espectro radioeléctrico. José Manuel Huidobro Moya. Comunicaciones en redes WLAN: WiFi, VoIP, Multimedia, Seguridad. Primera Edición. Limusa 2006. Pag. 147

Figura 2. Relación entre los parámetros de cobertura. Ibidem. Pág. 148

Figura 3. Enlace Óptico Directo (LOS). Ibidem. Pág. 149

Figura 4. Dependencia entre la frecuencia y el alcance de la comunicación.  
Ibidem. Pág. 149

Figura 5. Reflexión y refracción de la señal. Ibidem. Pág. 150

Figura 6. Propagación troposferita. Ibidem. Pág. 151

Figura 7. Propagación por conductos. Ibidem. Pág. 151

Figura 8. Propagación multicamino (multipath). Ibidem. Pág. 152

Figura 9. Ejemplos de antenas. Ibidem. Pág. 154

Figura 10. Diagrama de radiación de una antena omnidireccional.  
Ibidem. Pág. 155

Figura 11. Diagrama de radiación de una antena direccional. Ibidem. Pág. 156

Figura 12. Antena directiva de alta ganancia y su diagrama de radiación  
Ibidem. Pág. 283

Figura 13. Parámetros de un diagrama de radiación (coordenadas rectangulares)  
Ibidem. Pág. 156

Figura 14. Zonas de Fresnel. Ibidem. Pág. 286

Figura 15. Fundamentos de la voz sobre paquetes. Ibidem. Pág. 32

Figura 16. Calidad percibida de la voz en función del retardo. Ibidem. Pág. 34

Figura 17. Fuentes de retardo. Ibidem. Pág. 34

Figura 18. Ejemplo de jitter. Ibidem. Pág. 37

Figura 19 Ejemplo de supresión de jitter. Ibidem. Pág. 38

Figura 20. Retardo versus pérdidas en reproducción. Ibidem. Pág. 38

Figura 21. Cancelación de eco mediante filtrado adoptivo. Ibidem. Pág. 41

---

## BIBLIOGRAFÍA

---

José Manuel Huidobro Moya. Comunicaciones en redes WLAN: WiFi, VoIP, Multimedia, Seguridad. Primera Edición. México Limusa 2006

Jim Van Meggelen, Leif Madsen, and Jared Smith.  
Asterisk. The future of telephony. Second Edition. O'Reilly Media August 2007

Jose Manuel Huidoro Maya, David Roldon Martinez.  
Tecnología VoIP y Telefonía IP. Primer Edición. Alfaomega Julio 2006

Fernando de Moraes Jardim. Entrenamiento avanzado en redes wireless : VoIP, GSM, Wi-Fi, Skype, Bluetooth, Wlan Access POINT, Antenas, Gateway. Madrid : Digetari Comunicación y Tecnología 2008

Stallings, William  
Wireless Communications and Networking. Primera Edición  
Prentice Hall 2002

Izaskun Pellejero, Fernando Andreu, Amaia Lesta. Fundamentos y aplicaciones de seguridad en redes WLAN de la teoría a la práctica. Barcelona. Marcombo, 2006

Reid, Neil y Ron Seide  
802.11 (Wi-Fi) Manual de Redes Inalámbricas. Primera Edición.  
McGraw-Hill 2004

### Sitios WEB

<http://es.wikipedia.org>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Voz\\_sobre\\_IP](http://es.wikipedia.org/wiki/Voz_sobre_IP)

<http://www.voipforo.com>

<http://www.voip-info.org/>

<http://www.asteriskdocs.org/>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Asterisk>

<http://www.asterisk.org/>

<http://comunidad.asterisk-es.org/>

<http://www.trangobroadband.com/>

[http://www.motorola.com/Business/US-EN/\\_Q.A+TEST++ARCHIVE/Link+Estimator\\_US-EN](http://www.motorola.com/Business/US-EN/_Q.A+TEST++ARCHIVE/Link+Estimator_US-EN)