



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

“ESTUDIO Y ANALISIS DE UNA NUEVA RADIO BASE PARA PROVEER
SERVICIOS DE TELEFONIA MOVIL LTE EN EL SUROESTE DE
GUAYAQUIL”

AUTOR:

Veintimilla Adrián, Stalyn Santiago

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

Guayaquil, Ecuador

14 de Marzo del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.
Veintimilla Adrián, Stalyn Santiago como requerimiento para la obtención
del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

Bohórquez Escobar, Bayardo Celso

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 14 del mes de marzo del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Veintimilla Adrián, Stalyn Santiago**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “**Estudio y análisis de una nueva radio base para proveer servicios de telefonía móvil Lte en el suroeste de Guayaquil**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 14 del mes de Marzo del año 2017

EL AUTOR

VEINTIMILLA ADRIAN, STALYN SANTIAGO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Veintimilla Adrián, Stalyn Santiago**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Estudio y análisis de una nueva radio base para proveer servicios de telefonía móvil Lte en el suroeste de Guayaquil”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 del mes de Marzo del año 2017

EL AUTOR

VEINTIMILLA ADRIAN, STALYN SANTIAGO

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento [TESIS SV.docx](#) (D25956856)

Presentado 2017-02-22 15:45 (-05:00)

Presentado por stalyn.veintimilla@hotmail.com

Recibido edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje Fw: TESIS STALYN VEINTIMILLA - ANALISIS DE URKUND [Mostrar el mensaje completo](#)

4% de esta aprox. 41 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 4

Lista de fuentes Bloques

- [Formato TT CORREGIDO 1.docx](#)
- [Reyes Cristhian FINAL.docx](#)
- [TT RFID Cristian Jativa.docx](#)
- [ProyectoTitulacionLeon.docx](#)
- [ProyectoTitulacionEscalante.docx](#)
- [report case.doc](#)

Reiniciar Exportar Compartir

1 Advertencias

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA: “

ESTUDIO

Y ANALISIS DE UNA NUEVA RADIO BASE PARA PROVEER SERVICIOS DE TELEFONIA MOVIL LTE EN EL SUROESTE DE GUAYAQUIL”

AUTOR: Veintimilla Adrián, Stalyn Santiago

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado especialmente a Dios, quien durante mi formación profesional, supo estar conmigo en todo momento, dándome fuerzas y a no desistir en los momentos donde los problemas y adversidades, eran los obstáculos más difíciles de vencer.

A mi familia, quienes por ellos soy lo que soy.

A mis padres, Jorge y Cristina quienes con su perseverancia, responsabilidad, amor y esfuerzo me han permitido alcanzar esta meta, gracias por enseñarme a través del ejemplo a nunca darme por vencido, y siempre hacer el bien.

A mis hermanos, Diana, Liliana, Jorge y Juliana por estar siempre conmigo, acompañándome durante todo este proceso, dándome sus consejos para que yo sea una mejor persona y a no desviarme de mis ideales.

Finalmente, a mis amigos, compañeros y profesores de aula, gracias por brindarme su paciencia y apoyo durante mi formación profesional.

Stalyn Santiago, Veintimilla Adrián

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por regalarme la oportunidad de vivir este momento tan importante para todo estudiante universitario.

A mi padre y madre, por la confianza y el apoyo incondicional brindado a lo largo de mi vida, y a quienes debo este éxito profesional. Siempre les agradeceré todo lo que hacen por mí.

A mis hermanos, por ayudarme en todo momento, y siempre velar por mi bienestar y los de nuestra familia.

A mis profesores, por incentivar el deseo de aprender algo nuevo, por ser inspiración para mí y mis compañeros, en cuyas lecciones de disciplina, valores y profesionalismo, estarán siempre patentes en cualquier ámbito laboral que desempeñemos.

Stalyn Santiago, Veintimilla Adrián



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

BOHÓRQUEZ ESCOBAR, BAYARDO CELSO
TUTOR

f. _____

HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
COORDINADOR DE TITULACIÓN

Índice General

Índice de Figuras	XII
Índice de Tablas.....	XIV
Resumen	XV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.	3
1.3. Justificación del Problema.....	4
1.4. Definición del Problema.....	4
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.	4
1.6. Metodología de Investigación.....	5
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
2.1. Breve reseña histórica de las Telecomunicaciones	6
2.2. Telecomunicaciones.....	22
2.2.1. Evolución de las Telecomunicaciones	30
2.2.2. Telégrafo y Teléfono.....	31
2.2.3. Radio y Televisión.	33
2.2.4. Satélite.	34
2.2.5. Redes informáticas e Internet.....	36
2.2.6. Fibra Óptica.....	37
2.3. Elementos básicos de un sistema de telecomunicación.....	40
2.3.1. Transmisor.....	40
2.3.2. Medio de transmisión.....	40
2.3.3. Receptor.....	41
2.3.4. Comunicación por cable.	42
2.3.5. Comunicación Inalámbrica.....	42
2.4. Banda Ancha.....	43
2.4.1. Tecnologías de banda ancha.....	44

2.4.2.	Redes Informáticas.....	46
2.4.3.	Tv y Video.....	47
2.4.4.	Tecnologías alternativas.....	48
2.4.5.	Internet de Banda Ancha.....	48
2.5.	Telefonía Celular.....	50
2.5.1.	Radio Base.....	50
2.5.2.	Radio Frecuencias.....	51
2.5.3.	Modulación.....	52
2.5.4.	Modulador y Demodulador de Fase y Frecuencia.....	52
2.5.5.	Central Telefónica.....	52
2.5.6.	Antenas.....	53
2.5.7.	Plan de recuperación de desastres (PRD).....	55
2.6.	Estación de Transferencia Base (Radio Base).....	56
2.6.1.	Elementos de una Radio Base.....	58
2.6.2.	Técnicas de Diversidad.....	59
2.7.	Long Term Evolution (LTE).....	62
2.7.1.	Reseña Histórica de LTE.....	64
2.7.2.	Línea de Tiempo de la Adopción del Portador.....	70
2.7.3.	LTE-TDD.....	72
2.7.4.	Características de LTE.....	76
2.7.5.	Llamadas de voz en LTE.....	79
2.7.6.	Mejoras en la calidad de voz mediante LTE.....	81
2.7.7.	Bandas de Frecuencias.....	81
CAPÍTULO 3: ANALISIS DE LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....		83
3.1.	Métodos de Investigación.....	84
3.2.	Población y Muestra.....	84
3.3.	Métodos, técnicas e instrumentación de recolección de datos.....	86
3.3.1.	Metodología de recolección y agrupación de datos.....	86
3.3.2.	Técnicas de recolección de datos.....	87
3.3.3.	Herramientas de recolección de datos.....	88

3.4.	Recursos de la investigación.....	89
3.5.	Procesamiento de la información y análisis de datos.....	90
3.6.	Presentación de resultados.....	90
3.7.	Modelo de Encuesta.....	90
3.8.	Presentación de datos.....	93
3.9.	Análisis e interpretación de datos.....	94
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		108
4.1.	Conclusiones.....	108
4.2.	Recomendaciones.....	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		110

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Phelps Electro Motor Printing Telegraph	8
Figura 2. 2: Primer aparato telefónico 1876	10
Figura 2. 3: Evolución de la televisión.....	15
Figura 2. 4: Breve historia del internet	28
Figura 2. 5: Evolución de las telecomunicaciones	31
Figura 2. 6: Satélite de telecomunicaciones	35
Figura 2. 7: Tipos de fibra óptica.....	38
Figura 2. 8: Transmisor FM.....	40
Figura 2. 9: Receptor de FM con CI.....	42
Figura 2. 10: Concentración global de ancho de banda.....	49
Figura 2. 11: Diseño de radio base	50
Figura 2. 12: Esquema de Central telefónica	53
Figura 2. 13: Antenas de banda ancha	54
Figura 2. 14: Radiobase de telefonía móvil.....	56

Capítulo 3

Figura 3. 1: Encuesta 1	95
Figura 3. 2: Encuesta 2	96
Figura 3. 3: Encuesta 3.....	97
Figura 3. 4: Encuesta 4.....	98
Figura 3. 5: Encuesta 5.....	99
Figura 3. 6: Encuesta 6.....	100
Figura 3. 7: Encuesta 7	101
Figura 3. 8: Encuesta 8.....	102
Figura 3. 9: Encuesta 9.....	103
Figura 3. 10: Encuesta 10	104
Figura 3. 11: Encuesta 11	105
Figura 3. 12: Encuesta 12.....	106

Figura 3. 13: Encuesta 13..... 107

Índice de Tablas

Capítulo 2

Tabla 2. 1: Cobertura Países 4G LTE.....	71
--	----

Resumen

Las telecomunicaciones hoy en día son el medio más fácil, ágil y rápido que utilizan las personas para comunicarse. La conectividad constante de los usuarios y el rendimiento entre los dispositivos, conlleva muchas veces a una sobrepoblación en las conexiones inalámbricas, al punto de no llevar un correcto proceso referente a la distribución de la información, presentando congestión en la red de forma severa y una alta latencia en la transmisión y recepción de datos. La actualización de nuevas tecnologías e incremento de ancho de banda, ayudan a darle un mejor flujo a la distribución de paquetes de datos, obteniendo un incremento en la transferencia de la información. Afortunadamente, la red 4g LTE ofrece sin duda una experiencia totalmente mejorada en cuanto a rendimiento y baja latencia para el usuario. Gracias a una de sus características esenciales basadas en la tecnología OFDMA, el cual nos permite una mayor eficacia en la transmisión de datos y administración de frecuencias.

En nuestro país, en los últimos tiempos las comunicaciones inalámbricas han tenido un despliegue de la red de una manera muy positiva y significativa. Sin embargo, hay zonas urbanas como en la ciudad de Guayaquil, en donde el problema de cobertura sigue latente, debido a que en dichas zonas se opera con un tipo de tecnología saturada y no actualizada.

Palabras claves: LTE, UMTS/3G, OFDMA, TDD, FDD, LATENCIA.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

En la actualidad los servicios de telecomunicaciones móviles han desarrollado avances tecnológicos inalámbricos de gran importancia. Desde el año 2000, junto con las operadoras móviles, han logrado ser el medio de comunicación más utilizado y necesario para la mayoría de las personas alrededor del mundo, facilitando las necesidades de conectividad de millones de usuarios finales a través de operadores, ISPs y mercados verticales.

Las comunicaciones inalámbricas afrontan el creciente reto de ofrecer servicios de banda ancha de alta calidad, de una manera rentable. Y al mismo tiempo adquirir una amplia ventaja sobre sus tradicionales competidores de cableado, gracias a los servicios tradicionales que este aporta; GSM, WCDMA Y LTE.

En el Ecuador, la alta demanda de usuarios móviles, la creación de nuevos dispositivos inteligentes y la variedad de aplicaciones, provocan un congestionamiento en la red. De tal manera que, la cobertura radioeléctrica, la transferencia de datos, la latencia de transmisión, la potencia de recepción, el tráfico de paquetes, las pérdidas de propagación y el ancho de banda, se ven afectados diariamente, ya que no existe una actualización constante.

La red debe desplegarse a su versión más actualizada, debido a las exigencias de los usuarios. En el presente trabajo de titulación se plantea el estudio y análisis de una nueva radio base para proveer servicios de telefonía móvil LTE en el suroeste de Guayaquil, logrando una optimización de recursos técnicos y una amplia ventaja sobre los problemas de ancho de banda y congestión de la red.

1.2. Antecedentes.

Existe un aumento acelerado de usuarios móviles en el suroeste de la ciudad de Guayaquil. Es decir, el tráfico de datos en esta zona de la ciudad incrementa a medida que el usuario móvil recibe o comparte cualquier tipo de información en la red, causando colapsos en el espectro electromagnético e induciendo en mayor parte a la pérdida de paquetes y un continuo embotellamiento de datos.

Debido a los problemas que se presentan referentes al ancho de banda y alta latencia, seguido de las exigencias de contar con una tecnología más avanzada y que permita una mejor distribución del espectro electromagnético, nace LTE.

Se desarrolla el presente tema de trabajo de titulación, con la misión de proveer servicios de cuarta generación en el sector del suroeste de la ciudad de Guayaquil, con el objetivo que el usuario disfrute al máximo de una nueva tecnología móvil.

1.3. Justificación del Problema.

Para mejorar la aparición dramática de la información y la comunicación en zonas distantes, las grandes compañías de telefonía móvil juegan un papel fundamental para el desarrollo de las comunicaciones móviles. La factibilidad de tener equipos que faciliten la transmisión y recepción de datos en áreas suburbanas, aumentan debido a la alta demanda de usuarios en zonas rurales.

1.4. Definición del Problema.

La insuficiencia de cobertura de red móvil a causa de la inexistencia de radio bases en el suroeste de la ciudad de Guayaquil, específicamente en las parroquias Febres Cordero y Letamendi de la urbe, e ineficiencia de estudio de mercado acorde al índice poblacional de la zona.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

Se plantearon los siguientes objetivos:

1.5.1. Objetivo General.

Estudiar y analizar una nueva radio base para proveer servicios de telefonía móvil Lte en el suroeste de Guayaquil.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Describir la tecnología LTE para la modernización de la red en el suroeste de Guayaquil.

- Comprender las ventajas en el manejo de esta tecnología y las bondades que esta ofrece.

1.6. Metodología de Investigación.

La metodología de Investigación se fundamenta en material tanto científico como teórico especializado en ingeniería en telecomunicaciones como fundamentos de física, electrotecnia y sistemas de energía, redes de telecomunicaciones, transmisión de datos, campos electromagnéticos, electrónica de telecomunicaciones, entre otras, acordes a las tecnologías de Evolución de Largo Plazo (LTE), para explicar teóricamente el funcionamiento de las radio bases, su estructura, componentes y proceso de implementación.

Además se han empleado técnicas estándar para la investigación científica en todo el espectro de recopilación de datos y conocimientos, utilizando metodologías de investigación específicas tales como el método sintético, analítico y cuantitativo, al igual que la investigación bibliográfica y documental, además de la investigación de campo, todos de suma importancia para determinar en primera instancia la necesidad prioritaria o problemática del proyecto, y su aceptación dentro del contexto geográfico en el que se desenvuelve.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Breve reseña histórica de las Telecomunicaciones

La historia de las telecomunicaciones comenzó con el uso de señales de humo y tambores en África, las Américas y partes de Asia. En la década de 1790, los primeros sistemas de semáforos fijados surgieron en Europa; sin embargo no fue hasta la década de 1830 que los sistemas de telecomunicaciones eléctricas comenzaron a aparecer.

Este artículo detalla la historia de las telecomunicaciones y las personas que ayudaron a que los sistemas de telecomunicaciones lo que son hoy en día. La historia de la telecomunicación es una parte importante de la historia más grande de la comunicación (Henderson, 2008).

Los experimentos sobre la comunicación con la electricidad, inicialmente sin éxito, comenzaron alrededor de 1726. Científicos como Laplace, Ampère y Gauss estuvieron involucrados. Un temprano experimento en telegrafía eléctrica fue un telégrafo "electroquímico" creado por el médico alemán, anatomista e inventor Samuel Thomas von Sömmerring en 1809, basado en un diseño anterior, menos robusto de 1804 por el polígrafo español y científico Francisco Salva Campillo.

Ambos diseños empleaban cables múltiples (hasta 35) para representar visualmente casi todas las letras y números latinos. Así, los mensajes podían

ser transportados eléctricamente hasta unos pocos kilómetros (en el diseño de von Sömmerring), con cada uno de los cables del receptor de telégrafo sumergidos en un tubo de vidrio separado de ácido (Ver figura 2.1).

Una corriente eléctrica fue aplicada secuencialmente por el remitente a través de los diversos alambres que representan cada dígito de un mensaje; en el extremo del receptor las corrientes electrolizaron el ácido en los tubos en la secuencia, lanzando corrientes de burbujas del hidrógeno al lado de cada letra o número asociado.

El operador del receptor de telégrafo observaría visualmente las burbujas y podría entonces registrar el mensaje transmitido, aunque a una velocidad de baudios muy baja. La principal desventaja del sistema era su coste prohibitivo, debido a que tenía que fabricar y encadenar los múltiples circuitos de alambre que empleaba, en contraposición al cable único (con retorno de tierra) utilizado por los telégrafos posteriores (Hilmes, 2011). El primer telégrafo de trabajo fue construido por Francis Ronalds en 1816 y utilizó electricidad estática.

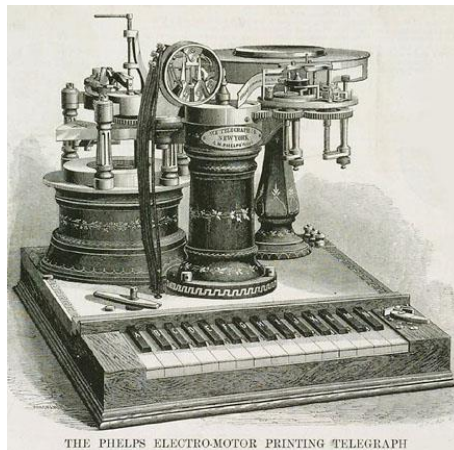


Figura 2. 1: Phelps Electro Motor Printing Telegraph
Fuente: Hilmes (2011)

Charles Wheatstone y William Fothergill Cooke patentaron un sistema de seis agujas de cinco agujas, que entró en uso comercial en 1838. Utilizó la deflexión de las agujas para representar mensajes y comenzó a funcionar sobre veintiún kilómetros (trece millas) del Ferrocarril de Great Western el 9 de abril de 1839. Tanto Wheatstone como Cooke vieron su dispositivo como "una mejora al telégrafo electromagnético existente" No como un nuevo dispositivo (Richard, 2010).

En el otro lado del Océano Atlántico, Samuel Morse desarrolló una versión del telégrafo eléctrico que demostró el 2 de septiembre de 1837. Alfred Vail vio esta demostración y se unió a Morse para desarrollar el registro-un terminal telegráfico que integró un dispositivo de registro para registrar mensajes a la cinta de papel.

Esto se demostró con éxito cinco millas (cinco kilómetros) el 6 de enero de 1838 y finalmente sobre cuarenta millas (sesenta y cuatro kilómetros) entre

Washington, DC y Baltimore el 24 de mayo de 1844. La invención patentada demostró ser lucrativa y por 1851 líneas de telégrafo en los Estados Unidos Los estados abarcan más de 20,000 millas (32,000 kilómetros).

La contribución técnica más importante de Morse a este telégrafo fue el código Morse simple y altamente eficiente, co-desarrollado con Vail, que era un avance importante sobre el sistema más complicado y costoso de Wheatstone, y requería sólo dos cables.

La eficacia de las comunicaciones del código Morse precedió a la del código de Huffman en las comunicaciones digitales por más de 100 años, pero Morse y Vail desarrollaron el código puro y empírico, con códigos más cortos para las letras más frecuentes (Tomkins, 2005).

El cable submarino a través del Canal de la Mancha, alambre revestido en gutta percha, fue puesto en 1851. Los cables transatlánticos instalados en 1857 y 1858 sólo funcionaban durante unos días o semanas (llevaban mensajes de saludo de ida y vuelta entre James Buchanan y la reina Victoria) antes de que fracasaran.

El proyecto para establecer una línea de reemplazo fue retrasado por cinco años por la Guerra Civil Americana. El primer telegrama transatlántico exitoso se completó el 27 de julio de 1866, permitiendo por primera vez las telecomunicaciones transatlánticas.

El teléfono eléctrico se inventó en la década de 1870, se basó en el trabajo anterior con telégrafos armónicos (multi-señal). Los primeros servicios telefónicos comerciales se establecieron en 1878 y 1879 en ambos lados del Atlántico en las ciudades de New Haven y Londres (Ver figura 2.2). Alexander Graham Bell tenía la patente maestra para el teléfono que era necesario para tales servicios en ambos países.



Figura 2. 2: Primer aparato telefónico 1876
Fuente: Tomkins (2005)

Todas las otras patentes para los dispositivos y las características del teléfono eléctrico fluyeron de esta patente principal. El crédito por la invención del teléfono eléctrico ha sido discutido con frecuencia, y nuevas controversias sobre el tema han surgido de vez en cuando.

Al igual que con otros grandes inventos como la radio, la televisión, la bombilla y la computadora digital, hubo varios inventores que realizaron un trabajo experimental pionero en la transmisión de voz a través de un cable, que luego mejoró sus ideas. Sin embargo, los principales innovadores fueron Alexander Graham Bell y Gardiner Greene Hubbard, quienes crearon la

primera compañía telefónica, la Bell Telephone Company en los Estados Unidos, que más tarde evolucionó a American Telephone & Telegraph (AT & T), a veces la compañía telefónica más grande del mundo (Lahanas, 2009).

Los primeros servicios telefónicos comerciales se establecieron en 1878 y 1879 en ambos lados del Atlántico en las ciudades de New Haven, Connecticut y Londres, Inglaterra. La tecnología creció rápidamente a partir de este punto, con líneas inter-ciudad que se construyen y los intercambios telefónicos en cada ciudad importante de los Estados Unidos a mediados de 1880.

La primera llamada telefónica transcontinental tuvo lugar el 25 de enero de 1915. A pesar de ello, la comunicación de voz transatlántica permaneció imposible para los clientes hasta el 7 de enero de 1927, cuando se estableció una conexión mediante radio. Sin embargo, no hubo conexión por cable hasta que el TAT-1 fue inaugurado el 25 de septiembre de 1956, proporcionando 36 circuitos telefónicos (Victor, 2009).

En 1880, Bell y el co-inventor Charles Sumner Tainter condujeron la primera llamada telefónica sin hilos del mundo vía los rayos de luz modulados proyectados por los fotófonos. Los principios científicos de su invención no se utilizarían durante varias décadas, cuando fueron desplegados por primera vez en comunicaciones militares y de fibra óptica (Hilmes, 2011).

El primer cable telefónico transatlántico (que incorporaba cientos de amplificadores electrónicos) no estaba operativo hasta 1956, sólo seis años antes de que el primer satélite comercial de telecomunicaciones, Telstar, se lanzara al espacio (Hilmes, 2011).

En 1832, James Lindsay dio una demostración del aula de la telegrafía sin hilos vía agua conductiva a sus estudiantes. En 1854, pudo demostrar una transmisión a través del Firth de Tay de Dundee, Escocia, a Woodhaven, una distancia de cerca de dos millas (3 kilómetros), otra vez usando el agua como el medio de la transmisión.

Durante varios años, a partir de 1894, el inventor italiano Guglielmo Marconi construyó el primer sistema de telegrafía inalámbrica completo y comercialmente exitoso basado en ondas electromagnéticas aerotransportadas (transmisión por radio).

En diciembre de 1901, Marconi estableció la comunicación inalámbrica entre San Juan, Terranova y Poldhu, Cornwall (Inglaterra), ganándole un Premio Nobel de Física (que compartió con Karl Braun). 1909. En 1900 Reginald Fessenden fue capaz de transmitir de forma inalámbrica una voz humana (Hilmes, 2011).

El 25 de marzo de 1925, el inventor escocés John Logie Baird demostró públicamente la transmisión de siluetas en movimiento en la tienda de departamentos Selfridge's de Londres. El sistema de Baird se basó en el disco

Nipkow de rotación rápida, y por lo tanto se conoció como la televisión mecánica.

En octubre de 1925, Baird tuvo éxito en la obtención de imágenes en movimiento con tonos de medias tintas, que fueron por mayoría de las primeras imágenes de la televisión verdadera. Esto condujo a una demostración pública del dispositivo mejorado el 26 de enero de 1926 otra vez en Selfridges. Su invención fue la base de las transmisiones semi-experimentales realizadas por la British Broadcasting Corporation a partir del 30 de septiembre de 1929 (Marshall, 2011).

Para la mayor parte de las televisiones del vigésimo siglo utilizaron el tubo de rayo catódico inventado por Karl Braun. La primera versión de tal televisión para mostrar la promesa fue producida por Philo Farnsworth, que demostró imágenes toscas de la silueta a su familia en Idaho el 7 de septiembre de 1927. El dispositivo de Farnsworth competiría con el trabajo concurrente de Kalman Tihanyi y Vladimir Zworykin.

Aunque la ejecución del dispositivo no era todavía lo que todos esperaban que pudiera ser, ganó a Farnsworth una pequeña compañía de producción. En 1934, él dio la primera demostración pública de la televisión en el instituto de Franklin de Philadelphia y abrió su propia estación de transmisión. La cámara de Zworykin, basada en el Radioskop de Tihanyi, que

más tarde sería conocido como el Iconoscopio, contó con el respaldo de la influyente Radio Corporation of America (RCA).

En los Estados Unidos, la acción judicial entre Farnsworth y RCA se resolvería en favor de Farnsworth. John Logie Baird cambió de televisión mecánica y se convirtió en un pionero de la televisión en color utilizando tubos de rayos catódicos (Ver figura 2.3). Después de mediados de siglo, la difusión del cable coaxial y el relevador de radio de microondas permitieron que las redes de televisión se extendieran a través incluso de países grandes (Marshall, 2011).

La televisión no es únicamente una tecnología limitada a su aplicación básica y práctica. Funciona tanto como un dispositivo, y también como un medio para contar historias sociales y difusión de mensajes. Es una herramienta cultural que proporciona una experiencia comunal de recibir información y experimentar fantasía. Actúa como una "ventana al mundo" al unir a las audiencias de todas partes a través de la programación de historias, triunfos y tragedias que están fuera de las experiencias personales (Marshall, 2011).



Figura 2. 3: Evolución de la televisión
Fuente: Marshall (2011)

El desarrollo de la videotelefonía implicó el desarrollo histórico de varias tecnologías que permitieron el uso de video en vivo además de las telecomunicaciones de voz. El concepto de videotelefonía se popularizó por primera vez a finales de la década de 1870 tanto en Estados Unidos como en Europa, aunque las ciencias básicas para permitir sus ensayos más tempranos tomarían casi medio siglo para ser descubiertos.

Esto se plasmó primero en el dispositivo que pasó a conocerse como videoteléfono, y evolucionó a partir de una intensa investigación y experimentación en varios campos de telecomunicaciones, en particular la telegrafía eléctrica, la telefonía, la radio y la televisión (Michael, 2007).

El desarrollo de la tecnología de vídeo crucial se inició en la segunda mitad de la década de 1920 en el Reino Unido y los Estados Unidos, impulsado especialmente por John Logie Baird y Bell Labs de AT & T. Esto

ocurrió en parte, al menos con AT & T, para servir como un suplemento que complementa el uso del teléfono.

Varias organizaciones creían que la videotelefonía sería superior a las comunicaciones de voz sencillas. Sin embargo, la tecnología de video debía desplegarse en la televisión analógica mucho antes de que pudiera convertirse en práctica -o popular- para los videofonos.

La videotelefonía se desarrolló en paralelo con los sistemas convencionales de telefonía vocal desde mediados hasta finales del siglo XX. Sólo a finales del siglo 20 con el advenimiento de codecs de vídeo de gran alcance y banda ancha de alta velocidad se convirtió en una tecnología práctica para el uso regular. Con las rápidas mejoras y popularidad de Internet, se generalizó a través del uso de videoconferencias y cámaras web, que utilizan frecuentemente la telefonía por Internet, y en los negocios, donde la tecnología de telepresencia ha ayudado a reducir la necesidad de viajar (Hilmes, 2011).

El primer satélite de los Estados Unidos para retransmitir comunicaciones fue Project SCORE en 1958, que usó un grabador para almacenar y reenviar mensajes de voz. Fue utilizado para enviar un saludo navideño al mundo del Presidente de los Estados Unidos Dwight D. Eisenhower. En 1960, la NASA lanzó un satélite Echo; el globo de película PET de 30 metros (30 pies) de aluminio, servido como reflector pasivo para

comunicaciones por radio. Courier 1B, construido por Philco, también lanzado en 1960, fue el primer satélite repetidor activo del mundo. Los satélites en estos días se utilizan para muchas aplicaciones, tales como usos en GPS, televisión, internet y usos telefónicos.

Telstar fue el primer satélite de comunicaciones comerciales de relé directo activo. Perteneciente a AT & T como parte de un acuerdo multinacional entre AT & T, Bell Telephone Laboratories, la NASA, la Oficina de Correos General Británica y la PTT de Francia para desarrollar comunicaciones por satélite, fue lanzado por la NASA desde Cabo Cañaveral en julio 10, 1962, el primer lanzamiento espacial patrocinado privadamente. El relé 1 fue lanzado el 13 de diciembre de 1962 y se convirtió en el primer satélite en transmitirse a través del Pacífico el 22 de noviembre de 1963 (Marshall, 2011).

La primera e históricamente más importante aplicación para los satélites de comunicación fue en la telefonía intercontinental de larga distancia. La red telefónica pública conmutada fija reenvía las llamadas telefónicas de los teléfonos de línea terrestre a una estación terrena, donde se transmiten una antena parabólica receptora a través de un satélite geoestacionario en órbita terrestre.

Las mejoras en los cables de comunicaciones submarinas, a través del uso de fibra óptica, causaron cierta disminución en el uso de satélites para la telefonía fija a finales del siglo XX, pero todavía sirven exclusivamente a islas

remotas como la Isla de Ascensión, Santa Helena, Diego García y Isla de Pascua, donde no hay cables submarinos en servicio.

También hay algunos continentes y algunas regiones de países donde las telecomunicaciones terrestres son raras a inexistentes, por ejemplo la Antártida, además de grandes regiones de Australia, América del Sur, África, Norte de Canadá, China, Rusia y Groenlandia (Wheen, 2011).

Una vez que el servicio telefónico de larga distancia comercial se estableció a través de satélites de comunicación, una serie de otras telecomunicaciones comerciales también se adaptaron a satélites similares a partir de 1979, incluidos los teléfonos móviles por satélite, la radio por satélite, la televisión por satélite y el acceso a Internet por satélite.

La primera adaptación para la mayoría de estos servicios se produjo en la década de 1990, ya que la fijación de precios para los canales comerciales de transpondedores por satélite siguió disminuyendo significativamente (Wu, 2010).

El 11 de septiembre de 1940, George Stibitz fue capaz de transmitir problemas usando teletipo a su Calculadora de Número Complejo en la Ciudad de Nueva York y recibir los resultados calculados de nuevo en Dartmouth College en New Hampshire. Esta configuración de una computadora o un mainframe centralizado con terminales mudas alejadas

seguía siendo popular durante los años 50. Sin embargo, no fue hasta la década de 1960 que los investigadores comenzaron a investigar la conmutación de paquetes, una tecnología que permitiría enviar trozos de datos a diferentes ordenadores sin pasar primero por un mainframe centralizado.

Una red de cuatro nodos surgió el 5 de diciembre de 1969 entre la Universidad de California, Los Ángeles, el Stanford Research Institute, la Universidad de Utah y la Universidad de California en Santa Bárbara. Esta red se convertiría en ARPANET, que en 1981 consistiría en 213 nodos. En junio de 1973, el primer nodo no estadounidense fue añadido a la red del proyecto noruego NORSAR. Esto fue seguido poco después por un nodo en Londres (Noll, 2011).

El desarrollo de ARPANET se centró en el proceso de solicitud de comentarios y el 7 de abril de 1969 se publicó el RFC 1. Este proceso es importante porque ARPANET eventualmente se fusionará con otras redes para formar Internet y muchos de los protocolos con los que se basa Internet hoy en día se especificaron a través de este proceso.

En septiembre de 1981, RFC 791 introdujo el Protocolo de Internet v4 (IPv4) y RFC 793 introdujo el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) - por lo tanto la creación del protocolo TCP / IP que gran parte de la Internet se basa en hoy en día. Un protocolo de transporte más relajado que, a diferencia

de TCP, no garantiza la entrega ordenada de los paquetes llamados User Datagram Protocol (UDP) fue presentado el 28 de agosto de 1980 como RFC 768. Un protocolo de correo electrónico, SMTP, fue introducido en agosto de 1982 por RFC 821 y http: // 1.0 un protocolo que haría que el hipervínculo Internet posible fue introducido en mayo de 1996 por RFC 1945 (Poe, 2011).

Sin embargo, no todos los desarrollos importantes se hicieron a través del proceso de solicitud de comentarios. Dos protocolos populares del acoplamiento para las redes del área local (LANs) también aparecieron en los años 70. Olof Söderblom presentó una patente para el protocolo Token Ring el 29 de octubre de 1974, y un artículo sobre el protocolo Ethernet fue publicado por Robert Metcalfe y David Boggs en el número de julio de 1976 de Comunicaciones de la ACM.

El protocolo Ethernet se inspiró en el protocolo ALOHAnet que había sido desarrollado por investigadores en ingeniería eléctrica de la Universidad de Hawai (Noll, 2011). El acceso a Internet se generalizó a finales del siglo, utilizando las viejas redes telefónicas y de televisión.

Métodos visuales, auditivos y auxiliares (no eléctricos)

- Prehistóricos: Fuegos, Faros, Señales de Humo, Tambores de Comunicación, Cuernos

- Siglo VI AEC: Correo

- Siglo V aC: poste de la paloma

- Siglo IV AEC: Semáforos hidráulicos

- 1500 hwacha coreano utiliza hwachas flechas para enviar correos a través de una ciudad.

- Siglo XV CE: Semáforos de la bandera marítima
- 1672: Primer teléfono acústico (mecánico) experimental
- 1790: Líneas de semáforos (telégrafos ópticos)
- 1867: Lámparas de señalización
- 1877: Fonógrafo acústico (John, 2010)

Señales eléctricas básicas

- 1838: Telégrafo eléctrico. Ver: Historia del telégrafo
- 1830s: Comienzo de los intentos de desarrollar "telegrafía inalámbrica", sistemas que utilizan alguna forma de tierra, agua, aire u otros medios para la conducción para eliminar la necesidad de cables conductores.

- 1858: Primer cable telegráfico transatlántico

- 1876: Teléfono. Ver: Invención del teléfono, Historia del teléfono,

Cronología del teléfono

- 1880: Telefonía a través de fotografías lightbeam (John, 2010)

Señales eléctricas y electrónicas avanzadas

- 1896: Primeros sistemas prácticos de telegrafía inalámbrica basados en la radio. Ver: Historia de la radio.

- 1914: Primera llamada telefónica transcontinental de América del Norte
- 1927: Televisión. Ver: Historia de la televisión
- 1927: Primer servicio de radiotelefonía comercial, U.K.-U.S.
- 1930: Primeros videofonos experimentales

- 1934: Primer servicio de radiotelefonía comercial, Estados Unidos y Japón
- 1936: Primera red pública de videófonos del mundo
- 1946: Servicio telefónico móvil de capacidad limitada para automóviles
- 1956: Cable telefónico transatlántico
- 1962: Satélite comercial de telecomunicaciones
- 1964: Telecomunicaciones de fibra óptica
- 1965: Primera red de videoteléfonos públicos en América del Norte
- 1969: Redes informáticas
- 1973: Primer teléfono móvil (celular) de la era moderna
- 1979: INMARSAT comunicaciones por satélite barco-tierra
- 1981: Primera red telefónica móvil (celular)
- 1982: correo electrónico SMTP
- 1983: Internet. Ver: Historia de Internet
- 1998: Teléfonos móviles portátiles de satélite
- 2003: VoIP Internet Telefonía (John, 2010).

2.2. Telecomunicaciones.

La 'Telecomunicación' es un término que proviene del griego y que significa 'comunicación a distancia' a través de señales de naturaleza variada que vienen de un transmisor a un receptor. Para lograr una comunicación efectiva, la elección de un medio de transporte apropiado para la señal ha jugado (y sigue desempeñando) un papel fundamental.

En la antigüedad, la forma más común de producir una señal sería a través de la luz (fuegos) y el sonido (tambores y cuernos). Sin embargo, esos tipos de comunicaciones eran inseguros y ciertamente dejaron margen para mejorar, ya que no permitían el cifrado de mensajes ni una rápida transmisión de información a gran escala (Katz, 2012).

El verdadero "salto" en términos de calidad vino con el advenimiento de la electricidad. La energía electromagnética, de hecho, es capaz de transportar la información de una manera extremadamente rápida (idealmente a la velocidad de la luz), de una manera que previamente no tenía igual en términos de fiabilidad de costes. Por lo tanto, podemos decir que el punto de partida de todas las telecomunicaciones modernas fue la invención de la célula eléctrica por Alessandro Volta (1800).

Fue poco después que comenzaron los primeros experimentos sobre sistemas de comunicación más avanzados. En 1809, Thomas S. Sommering propuso un sistema telegráfico compuesto por una batería de 35 cables (uno por cada letra y número) y un grupo de sensores de oro, que estaban sumergidos en un tanque de agua: cuando pasaba una señal de uno De esos cables, la corriente eléctrica dividiría las moléculas de agua, y pequeñas burbujas de oxígeno serían visibles cerca de ese sensor.

Muchos otros experimentos iban a suceder pronto: Wheatstone, Weber y Karl Friedrich Gauss intentaron desarrollar la idea de Sommering en un

producto que podría ser distribuido en masa, pero sus esfuerzos no tuvieron éxito (Haring, 2008).

Para el siguiente paso tendríamos que esperar hasta 1843, el año en que Samuel Morse propuso una manera de asignar cada letra y número a un código ternario (punto, línea y espacio). Esta manera resultó ser extremadamente conveniente y más comprable que la idea de Sommering, especialmente en términos de circuitos reducidos (usted no necesitaría más un alambre para cada símbolo).

Mientras tanto, la tecnología se hizo lo suficientemente avanzada como para encontrar una forma de convertir esas señales en señales audibles (o, a veces, gráficas). La combinación de estos dos factores rápidamente determinó el éxito del código simbólico de Morse, que todavía podemos encontrar hoy en día (Gerard, 2011).

El sistema fue desarrollado y mejorado en los años siguientes por Hughes, Baudot y Gray (1879), quienes teorizaron otros códigos posibles (el código de Gray todavía tiene aplicaciones hoy en la industria de las TIC y en la tecnología de códigos de barras).

Sin embargo, el telégrafo todavía podría ser utilizado por personal entrenado y en ciertos edificios como oficinas, por lo que sólo podría ser utilizado por una cantidad limitada de personas. La investigación del tiempo,

por lo tanto, tomó otra dirección y apuntó a producir una máquina que podría transmitir sonidos, en lugar de sólo señales. El primer gran paso en esta dirección fue la invención de transductores que podrían transformar una señal acústica en una eléctrica y viceversa (micrófono y receptor) con pérdida de información aceptable, en 1850.

Siete años después, Antonio Meucci y Graham Bell lograron de manera independiente construir un prototipo de una máquina telefónica temprana ("sonido a distancia"). Como Meucci no tenía el dinero para patentar su invención (el costo era de \$ 250 en ese momento), Bell logró registrarlo primero (Haring, 2012).

Tanto con los telégrafos como con los teléfonos, pronto se hizo evidente la necesidad de una red de comunicación distribuida y fiable. Los problemas de enrutamiento se resolvieron primero por medio de operadores humanos y conmutación de circuitos: la RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada) nació. Sin embargo, este sistema no garantiza la privacidad y el secreto de las conversaciones, y los esfuerzos para el desarrollo de una conmutación de circuito automático se hicieron (Haring, 2012).

En 1899, Almon Strowger inventó un dispositivo electro-mecánico simplemente conocido como "selector", que fue dirigido por las señales eléctricas procedentes del dispositivo telefónico llamante, logrado a través de la selección basada en prefijos geográficos.

Muchas otras innovaciones estaban por llegar:

- En 1895, Guglielmo Marconi inventó el "telégrafo inalámbrico" (radio);
- En 1920, los amplificadores de válvulas hicieron su primera aparición;
- En 1923, la televisión fue inventada;
- En 1947, la invención de los transistores dio a luz al campo de la electrónica;
- En 1958, se construyó el primer circuito integrado;
- En 1969, el primer microprocesador fue inventado.
- Con el último paso, la electrónica se vuelve más que nunca una parte fundamental en el mundo de las telecomunicaciones, al principio en la transmisión, y pronto también en el campo de la conmutación de circuitos.

Además, en 1946 la invención de ENIAC (Electronic Numerical Integrator y Computer) comienza la era de la informática. Inevitablemente, la informática y las telecomunicaciones comenzaron a interactuar, como era de esperar: la primera hizo posible el procesamiento rápido de los datos, y gracias a la segunda los datos pudieron enviarse a una ubicación distante (Wheen, 2011).

El desarrollo de la microelectrónica y la informática revolucionó radicalmente las técnicas tanto en las redes de telecomunicaciones como en los requisitos de rendimiento de las redes. A partir de 1938, una tecnología innovadora llamada PCM (Pulse Code Modulation) comenzó a crecer más y más popular.

Esta tecnología podría lograr la transmisión digital de una señal de voz mediante codificación digital y decodificación, en lugar de por medio de transductores: sin embargo, PCM se utilizó por primera vez a gran escala sólo en 1962 en los Estados Unidos (el llamado T1). A mediados de los sesenta, Paul Baran, empleado de RAND Corporation que trabajaba en problemas de comunicación con la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, dio a luz el concepto de "red de conmutación de paquetes" en lugar de la idea convencional de la red de conmutación de circuitos.

De acuerdo con este modelo, no debería haber jerarquía en los nodos de una red, pero cada nodo debería estar conectado a muchos otros y ser capaz de decidir (y, en caso de necesidad, modificar) el enrutamiento de paquetes. Cada paquete es una masa de datos que consta de dos partes principales, una "cabecera" que contiene información de enrutamiento y un "cuerpo" que contiene los datos reales (Haring, 2012).

En este contexto, Vincent Cerf, Bob Kahn y otros desarrollaron, a partir de los años 70, la suite de protocolos TCP / IP, que posibilitó la comunicación de computadoras y máquinas heterogéneas a través de una serie de capas físicas y lógicas.

La red de conmutación de paquetes y TCP / IP fueron elegidos más tarde por el proyecto militar ARPANET. El resto de la historia es ampliamente conocido: en 1983, ARPANET se puso a disposición de universidades y

centros de investigación, entre los que NSFNET (National Science Foundation + NET), que finalmente dio a luz a Internet.

Como indica la figura 2.4, en los últimos años, la importancia de Internet ha ido creciendo constantemente. La gran flexibilidad que ofrece la suite TCP / IP y los protocolos ISO / OSI proporcionan una base sólida en la que la comunicación entre dispositivos de distinto tipo -ya sea un portátil o un teléfono celular, un iPod o un navegador GPS- ha sido finalmente Hecho simple y fácil de lograr.



Figura 2. 4: Breve historia del internet
Fuente: Haring (2012)

La ingeniería de telecomunicaciones, es una disciplina de ingeniería centrada en la ingeniería eléctrica e informática que busca apoyar y mejorar los sistemas de telecomunicaciones. El trabajo va desde el diseño de circuitos básicos hasta los desarrollos masivos estratégicos.

Un ingeniero de telecomunicaciones es responsable de diseñar y supervisar la instalación de equipos e instalaciones de telecomunicaciones, tales como complejos sistemas de conmutación electrónica, instalaciones telefónicas de alambre de cobre, cableado de fibra óptica, sistemas de datos IP y sistemas de enlace de radio terrestre. La ingeniería de telecomunicaciones también se superpone fuertemente con la ingeniería de radiodifusión (Wheen, 2011).

Las telecomunicaciones son un campo diverso de ingeniería conectado a la ingeniería electrónica, civil y de sistemas. En última instancia, los ingenieros de telecomunicaciones son responsables de proporcionar servicios de transmisión de datos de alta velocidad.

Utilizan una variedad de equipos y medios de transporte para diseñar la infraestructura de la red de telecomunicaciones; Los medios más comunes usados por las telecomunicaciones atadas con alambre son hoyos de cobre, cables coaxiales, y fibras ópticas.

Los ingenieros de telecomunicaciones también ofrecen soluciones que giran en torno a los modos inalámbricos de comunicación y transferencia de información, como servicios de telefonía inalámbrica, comunicaciones por radio y satélite y tecnologías de Internet y banda ancha (Wheen, 2011).

2.2.1. Evolución de las Telecomunicaciones

Los sistemas de telecomunicaciones son generalmente diseñados por ingenieros de telecomunicaciones que surgieron de las mejoras tecnológicas en la industria telegráfica a finales del siglo XIX y la radio y las industrias telefónicas a principios del siglo XX. Hoy en día, las telecomunicaciones están muy extendidas y los dispositivos que ayudan al proceso, como la televisión, la radio y el teléfono, son comunes en muchas partes del mundo.

También hay muchas redes que conectan estos dispositivos, incluyendo redes informáticas, red telefónica pública conmutada (PSTN), redes de radio y redes de televisión. La comunicación de computadora a través del Internet es uno de muchos ejemplos de la telecomunicación.

La telecomunicación juega un papel vital en la parte de la economía mundial y los ingresos de la industria de las telecomunicaciones se han colocado en apenas debajo del 3% del producto mundial bruto (Ver figura 2.5) (Goggin, 2011).

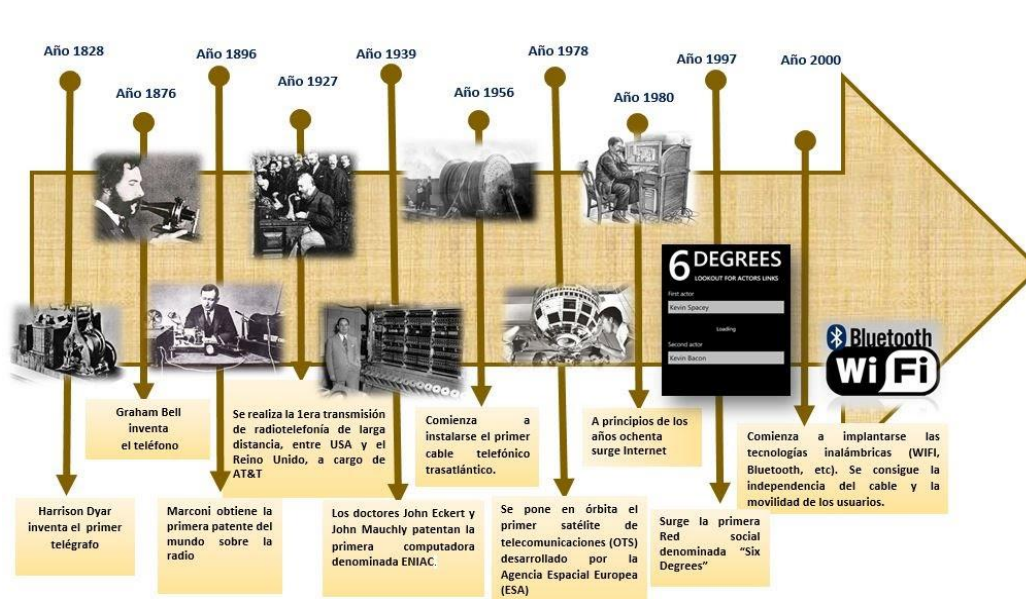


Figura 2. 5: Evolución de las telecomunicaciones
Fuente: Goggin (2011)

2.2.2. Telégrafo y Teléfono

Teléfono de la caja grande de Alexander Graham Bell, 1876, uno de los primeros teléfonos comercialmente disponibles - Museo Nacional de Historia Americana; Samuel Morse desarrolló independientemente una versión del telégrafo eléctrico que él demostró sin éxito el 2 de septiembre de 1837. Poco después se unió a Alfred Vail que desarrolló el registro - un terminal de telégrafo que integró un dispositivo de registración para registrar mensajes a la cinta de papel.

Esto se demostró con éxito cinco millas (cinco kilómetros) el 6 de enero de 1838 y finalmente sobre cuarenta millas (sesenta y cuatro kilómetros) entre Washington, DC y Baltimore el 24 de mayo de 1844. La invención patentada demostró ser lucrativa y por 1851 líneas de telégrafo en los Estados Unidos Los estados cubrían más de 20,000 millas (32,000 kilómetros) (Goggin, 2011).

El primer telegrama transatlántico exitoso se completó el 27 de julio de 1866, permitiendo por primera vez las telecomunicaciones transatlánticas. Los cables transatlánticos anteriores instalados en 1857 y 1858 sólo funcionaban durante unos días o semanas antes de que fracasaran. El uso internacional del telégrafo a veces ha sido apodado el "Internet victoriano".

Los primeros servicios telefónicos comerciales se establecieron en 1878 y 1879 en ambos lados del Atlántico en las ciudades de New Haven y Londres. Alexander Graham Bell tenía la patente maestra para el teléfono que era necesario para tales servicios en ambos países.

La tecnología creció rápidamente a partir de este punto, con las líneas inter-ciudad que se construyen y los intercambios telefónicos en cada ciudad importante de los Estados Unidos a mediados de 1880. A pesar de ello, la comunicación de voz transatlántica permaneció imposible para los clientes hasta el 7 de enero de 1927, cuando se estableció una conexión mediante radio. Sin embargo, no existía ninguna conexión por cable hasta que se inauguró TAT-1 el 25 de septiembre de 1956 con 36 circuitos telefónicos (Roller, 2011).

En 1880, Bell y el co-inventor Charles Sumner Tainter condujeron la primera llamada telefónica sin hilos del mundo vía los rayos de luz modulados proyectados por los fotófonos. Los principios científicos de su invención no se

utilizarían durante varias décadas, cuando fueron desplegados por primera vez en comunicaciones militares y de fibra óptica.

2.2.3. Radio y Televisión.

Durante varios años, a partir de 1894, el inventor italiano Guglielmo Marconi construyó el primer sistema de telegrafía inalámbrica completo y comercialmente exitoso basado en ondas electromagnéticas aerotransportadas (transmisión por radio). En el diciembre de 1901, él continuaría a la comunicación sin hilos establecida entre Gran Bretaña y Terranova, ganándole el premio Nobel en la física en 1909 (que compartió con Karl Braun).

En 1900 Reginald Fessenden fue capaz de transmitir de forma inalámbrica una voz humana. El 25 de marzo de 1925, el inventor escocés John Logie Baird demostró públicamente la transmisión de siluetas en movimiento en la tienda de Londres Selfridges. En octubre de 1925, Baird tuvo éxito en la obtención de imágenes en movimiento con tonos de medias tintas, que fueron por mayoría de las primeras imágenes de la televisión verdadera. Esto condujo a una demostración pública del dispositivo mejorado el 26 de enero de 1926 otra vez en Selfridges.

Los primeros dispositivos de Baird confiaron en el disco de Nipkow y así se conocieron como la televisión mecánica. Formó la base de las

transmisiones semi-experimentales realizadas por la British Broadcasting Corporation a partir del 30 de septiembre de 1929 (Hilmes, 2011).

2.2.4. Satélite.

El primer satélite de los Estados Unidos para retransmitir comunicaciones fue Project SCORE en 1958 (Ver figura 2.6), que usó un grabador para almacenar y reenviar mensajes de voz. Fue utilizado para enviar un saludo navideño al mundo del Presidente de los Estados Unidos Dwight D. Eisenhower. En 1960, la NASA lanzó un satélite Echo; el globo de película PET de 30 metros (30 pies) de aluminio, servido como reflector pasivo para comunicaciones por radio. Courier 1B, construido por Philco, también lanzado en 1960, fue el primer satélite repetidor activo del mundo. Los satélites en estos días se utilizan para muchas aplicaciones, tales como usos en GPS, televisión, internet y usos telefónicos (Goggin, 2011).

Telstar fue el primer satélite de comunicaciones comerciales de relé directo activo. Perteneciente a AT & T como parte de un acuerdo multinacional entre AT & T, Bell Telephone Laboratories, la NASA, la Oficina de Correos General Británica y la PTT de Francia para desarrollar comunicaciones por satélite, fue lanzado por la NASA desde Cabo Cañaveral en julio 10, 1962, el primer lanzamiento espacial patrocinado privadamente. El relevo 1 fue lanzado el 13 de diciembre de 1962, y se convirtió en el primer satélite a emitir a través del Pacífico el 22 de noviembre de 1963.



Figura 2. 6: Satélite de telecomunicaciones
Fuente: Goggin (2011)

La primera e históricamente más importante aplicación para los satélites de comunicación fue en la telefonía intercontinental de larga distancia. La red telefónica pública conmutada fija reenvía las llamadas telefónicas de los teléfonos de línea terrestre a una estación terrena, donde se transmiten una antena parabólica receptora a través de un satélite geoestacionario en órbita terrestre.

Las mejoras en los cables de comunicaciones submarinas, a través del uso de fibra óptica, causaron cierta disminución en el uso de satélites para la telefonía fija a finales del siglo XX, pero todavía sirven exclusivamente a islas remotas como la Isla de Ascensión, Santa Helena, Diego García y Isla de Pascua, donde no hay cables submarinos en servicio (Hilmes, 2011).

También hay algunos continentes y algunas regiones de países donde las telecomunicaciones terrestres son raras a inexistentes, por ejemplo la

Antártida, además de grandes regiones de Australia, América del Sur, África, Norte de Canadá, China, Rusia y Groenlandia. Una vez que el servicio telefónico de larga distancia comercial se estableció a través de satélites de comunicación, una serie de otras telecomunicaciones comerciales también se adaptaron a satélites similares a partir de 1979, incluidos los teléfonos móviles por satélite, la radio por satélite, la televisión por satélite y el acceso a Internet por satélite.

La primera adaptación para la mayoría de estos servicios se produjo en la década de 1990, ya que la fijación de precios para los canales comerciales de transpondedores por satélite siguió disminuyendo significativamente (Wu, 2010).

2.2.5. Redes informáticas e Internet.

El 11 de septiembre de 1940, George Stibitz fue capaz de transmitir problemas usando teleimpresora a su Calculadora de Número Complejo en Nueva York y recibir los resultados calculados de nuevo en Dartmouth College en New Hampshire. Esta configuración de una computadora centralizada o una computadora mainframe con "terminales mudos" remotos permaneció popular a lo largo de los años cincuenta y hasta los años sesenta.

Sin embargo, no fue hasta 1960 que los investigadores comenzaron a investigar la conmutación de paquetes - una tecnología que permite que los pedazos de datos sean enviados entre las computadoras diferentes sin

primero pasar a través de un mainframe centralizado. Una red de cuatro nodos surgió el 5 de diciembre de 1969. Esta red pronto se convirtió en el ARPANET, que en 1981 consistiría en 213 nodos (Wheen, 2011).

El desarrollo de ARPANET se centró alrededor del proceso de la petición para el comentario y el 7 de abril de 1969, RFC 1 fue publicado. Este proceso es importante porque ARPANET eventualmente se fusionaría con otras redes para formar Internet, y muchos de los protocolos de comunicación con los que se basa Internet hoy en día se especificaron a través del proceso de solicitud de comentarios.

En septiembre de 1981, RFC 791 introdujo el Protocolo de Internet versión 4 (IPv4) y RFC 793 presentó el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) - por lo tanto la creación del protocolo TCP / IP que gran parte de la Internet se basa en hoy en día.

2.2.6. Fibra Óptica.

La fibra óptica se puede utilizar como medio para la telecomunicación y la red de ordenadores porque es flexible y puede ser agrupado como cables. Es especialmente ventajoso para las comunicaciones de larga distancia, porque la luz se propaga a través de la fibra con poca atenuación en comparación con los cables eléctricos. Esto permite recorrer largas distancias con pocos repetidores (Ver figura 2.7).

En 1966, Charles K. Kao y George Hockham propusieron fibras ópticas en STC Laboratories (STL) en Harlow, Inglaterra, cuando mostraron que las pérdidas de 1000 dB / km en vidrio existente (en comparación con 5-10 dB / km en cable coaxial) Se debió a contaminantes, que podrían ser eliminados (Goggin, 2011).

La fibra óptica fue desarrollada con éxito en 1970 por Corning Glass Works, con una atenuación lo suficientemente baja para propósitos de comunicación (aproximadamente 20dB / km), y al mismo tiempo se desarrollaron láseres semiconductores de GaAs (arseniuro de galio) que eran compactos y por lo tanto adecuados para transmitir luz a través Cables de fibra óptica para largas distancias.

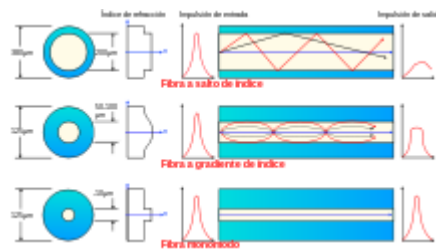


Figura 2. 7: Tipos de fibra óptica
Fuente: Goggin (2011)

Después de un período de investigación a partir de 1975, se desarrolló el primer sistema de comunicaciones de fibra óptica comercial, que funcionaba a una longitud de onda de alrededor de 0,8 μm y utilizaba láseres semiconductores GaAs.

Este sistema de primera generación funcionaba a una velocidad de 45 Mbps con un espaciado de repetidor de hasta 10 km. Pronto el 22 de abril de 1977, General Telephone and Electronics envió el primer tráfico telefónico en vivo a través de fibra óptica a una velocidad de 6 Mbit / s en Long Beach, California (Hilmes, 2011).

El primer sistema de cable de fibra óptica de red de área extensa en el mundo parece haber sido instalado por Rediffusion en Hastings, East Sussex, Reino Unido en 1978. Los cables fueron colocados en conductos en toda la ciudad y tenían más de 1000 suscriptores. Se utilizaron en ese momento para la transmisión de canales de televisión, no disponibles debido a problemas de recepción local.

El primer cable telefónico transatlántico para utilizar fibra óptica fue el TAT-8, basado en la tecnología de amplificación láser optimizada Desurvire. Se puso en funcionamiento en 1988 dando paso a una nueva era en las telecomunicaciones.

A finales de la década de 1990 hasta 2000, los promotores de la industria y las compañías de investigación como KMI y RHK predijeron aumentos masivos en la demanda de ancho de banda de comunicaciones debido al uso creciente de Internet y la comercialización de varios servicios de consumo intensivos de banda ancha. El tráfico de datos del protocolo de Internet estaba

aumentando exponencialmente, a un ritmo más rápido que la complejidad del circuito integrado había aumentado bajo la Ley de Moore (Wu, 2010).

2.3. Elementos básicos de un sistema de telecomunicación.

2.3.1. Transmisor.

Transmisor (fuente de información) que toma información y la convierte en una señal para su transmisión. En electrónica y telecomunicaciones, un transmisor o transmisor de radio es un dispositivo electrónico que, con la ayuda de una antena, produce ondas de radio. Además de su uso en la radiodifusión, los transmisores son componentes necesarios de muchos dispositivos electrónicos que se comunican por radio, como teléfonos celulares, cables de cobre (Ver figura 2.8) (Wu, 2010).

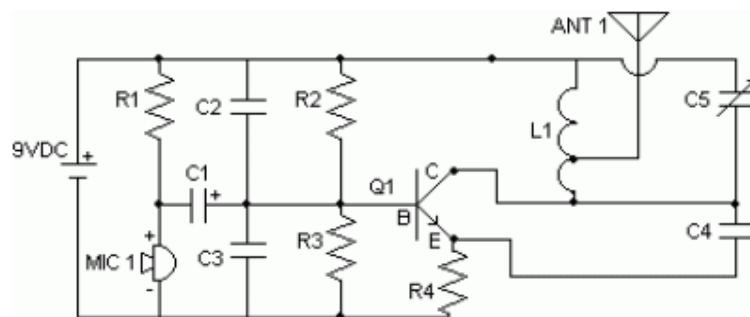


Figura 2. 8: Transmisor FM
Fuente: Wu (2010)

2.3.2. Medio de transmisión.

Medio de transmisión sobre el que se transmite la señal. Por ejemplo, el medio de transmisión de los sonidos suele ser el aire, pero los sólidos y los líquidos también pueden actuar como medios de transmisión del sonido. Muchos medios de transmisión se utilizan como canal de comunicaciones.

Uno de los medios físicos más comunes utilizados en la red es el alambre de cobre.

Alambre de cobre para transportar señales a largas distancias usando cantidades relativamente bajas de potencia. Otro ejemplo de un medio físico es la fibra óptica, que ha emergido como el medio de transmisión más comúnmente usado para comunicaciones de larga distancia. La fibra óptica es una fina hebra de vidrio que guía la luz a lo largo de su longitud. La ausencia de un medio material en el vacío puede constituir también un medio de transmisión para las ondas electromagnéticas tales como la luz y las ondas de radio (Poe, 2011).

2.3.3. Receptor.

Receptor (receptor de información) que recibe y convierte la señal en la información requerida. En las comunicaciones de radio, un receptor de radio es un dispositivo electrónico que recibe ondas de radio y convierte la información transportada por ellas a una forma utilizable (Ver figura 2.9). Se utiliza con una antena. La información producida por el receptor puede estar en forma de sonido (una señal de audio), imágenes (una señal de vídeo) o datos digitales (Wu, 2011).

Receptor de FM con CI

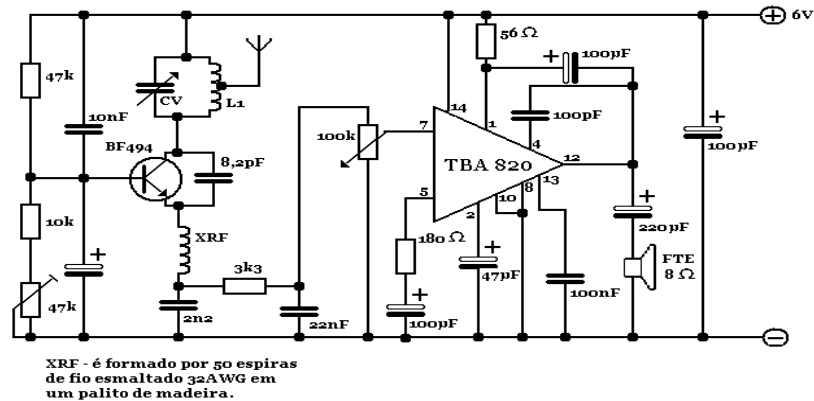


Figura 2. 9: Receptor de FM con CI
Fuente: Wu (2011)

2.3.4. Comunicación por cable.

Las comunicaciones por cable utilizan cables de comunicación subterráneos (con menos frecuencia, líneas aéreas), amplificadores de señal electrónicos (repetidores) insertados en los cables de conexión en puntos específicos y aparatos terminales de diversos tipos, según el tipo de comunicaciones cableadas utilizadas (Ross, 2007).

2.3.5. Comunicación Inalámbrica.

La comunicación inalámbrica implica la transmisión de información a distancia sin la ayuda de alambres, cables o cualquier otra forma de conductores eléctricos. Las operaciones inalámbricas permiten servicios tales como comunicaciones de largo alcance que son imposibles o imposibles de implementar con el uso de cables.

El término se utiliza comúnmente en el sector de las telecomunicaciones para referirse a sistemas de telecomunicaciones (por ejemplo, transmisores y

receptores de radio, mandos a distancia, etc.) que utilizan alguna forma de energía (por ejemplo, ondas de radio, energía acústica, etc.) para transferir información sin el uso de Cables. La información se transfiere de esta manera sobre distancias cortas y largas.

2.4. Banda Ancha.

En las telecomunicaciones, la banda ancha es una transmisión de datos de gran ancho de banda con la capacidad de transportar simultáneamente señales múltiples y tipos de tráfico. El medio puede ser cable coaxial, fibra óptica, radio o par trenzado.

En el contexto del acceso a Internet, la banda ancha se utiliza para significar cualquier acceso a Internet de alta velocidad que esté siempre encendido y más rápido que el acceso telefónico tradicional empleado a finales de siglo XX.

Diferentes criterios para "amplio" se han aplicado en diferentes contextos y en diferentes momentos. Su origen se encuentra en la física, la acústica y la ingeniería de sistemas de radio, donde se había utilizado con un significado similar a "banda ancha". Más tarde, con el advenimiento de las telecomunicaciones digitales, el término se utilizó principalmente para la transmisión a través de múltiples canales.

Mientras que una señal de banda de paso también se modula de manera que ocupa frecuencias más altas (comparada con una señal de banda base que está unida al extremo más bajo del espectro, véase codificación de línea), sigue ocupando un único canal. La diferencia clave es que lo que normalmente se considera una señal de banda ancha en este sentido es una señal que ocupa múltiples bandas pasantes (no enmascaradas, ortogonales), permitiendo así un rendimiento mucho más alto sobre un único medio, pero con complejidad adicional en el circuito transmisor / receptor (Haring, 2011).

El término se popularizó a través de la década de 1990 como un término de marketing para el acceso a Internet que era más rápido que el acceso telefónico, la tecnología original de acceso a Internet, que se limitaba a 56 kbit/s. Este significado está relacionado solamente distante con su significado técnico original.

2.4.1. Tecnologías de banda ancha.

En telecomunicaciones, un método de señalización de banda ancha es aquel que maneja una banda ancha de frecuencias. "Banda ancha" es un término relativo, entendido según su contexto. Cuanto más ancho (o más amplio) el ancho de banda de un canal, mayor es la capacidad de carga de información, dada la misma calidad de canal (Poe, 2011).

En la radio, por ejemplo, una banda muy estrecha llevará el código Morse, una banda más amplia llevará el habla y una banda aún más amplia llevará la música sin perder las altas frecuencias de audio necesarias para

una reproducción realista del sonido. Esta banda ancha se divide a menudo en canales o "bandejas de frecuencia" utilizando técnicas de banda de paso para permitir la multiplexión por división de frecuencia en lugar de enviar una señal de mayor calidad (Noll, 2008).

En comunicaciones de datos un módem de 56k transmitirá una velocidad de transmisión de datos de 56 kilobits por segundo (kbit / s) a través de una línea telefónica de 4 kilohercios de ancho (banda estrecha o banda vocal). A finales de los años ochenta, la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-B) utilizó el término para referirse a un amplio rango de tasas de bits, independientemente de los detalles de la modulación física. Las diversas formas de servicios de línea de abonado digital (DSL) son de banda ancha en el sentido de que la información digital se envía a través de múltiples canales.

Cada canal está en una frecuencia más alta que el canal de voz de banda base, por lo que puede soportar el servicio telefónico antiguo llano en un solo par de cables al mismo tiempo. Sin embargo, cuando esa misma línea se convierte en un cable de par trenzado no cargado (sin filtros de teléfono), se convierte en cientos de kilohercios de ancho (banda ancha) y puede transportar hasta 100 megabits por segundo utilizando la línea de abonado digital de muy alto bitrate (VDSL o VHDSL) (Wheen, 2011).

2.4.2. Redes Informáticas.

Muchas redes de ordenadores utilizan un código de línea simple para transmitir un tipo de señal utilizando el ancho de banda completo de un medio utilizando su banda base (desde cero hasta la frecuencia más alta necesaria). La mayoría de las versiones de la popular familia Ethernet reciben nombres como el original 10BASE5 de los años 80 para indicarlo. Las redes que utilizan módems por cable en la infraestructura estándar de televisión por cable se llaman de banda ancha para indicar la amplia gama de frecuencias que pueden incluir múltiples usuarios de datos, así como canales de televisión tradicionales en el mismo cable.

Los sistemas de banda ancha suelen utilizar una frecuencia de radio diferente modulada por la señal de datos para cada banda. El ancho de banda total del medio es mayor que el ancho de banda de cualquier canal mientras que la variante de banda ancha 10BROAD36 de Ethernet se estandarizó en 1985, pero no tuvo éxito comercial (Poe, 2011).

El estándar DOCSIS se puso a disposición de los consumidores a finales de los años noventa, para proporcionar acceso a Internet a los clientes residenciales de televisión por cable. Las cosas se confundieron aún más por el hecho de que el estándar 10PASS-TS para Ethernet ratificado en 2008 utilizó la tecnología DSL, y los módems de cable y DSL a menudo tienen conectores Ethernet en ellos.

2.4.3. Tv y Video.

Una antena de televisión se puede describir como "de banda ancha" porque es capaz de recibir una amplia gama de canales, mientras que una antena de frecuencia única o Lo-VHF es "banda estrecha", ya que recibe sólo de 1 a 5 canales.

La norma federal estadounidense FS-1037C define "banda ancha" como un sinónimo de banda ancha. [10] La "banda ancha" en la distribución de vídeo analógico se utiliza tradicionalmente para referirse a sistemas como la televisión por cable, donde los canales individuales están modulados en portadores con frecuencias fijas.

En este contexto, la banda de base es el antónimo del término, que se refiere a un único canal de vídeo analógico, típicamente en forma compuesta con audio de banda base separada. El acto de demodular convierte vídeo de banda ancha en vídeo de banda base; la fibra óptica permite que la señal se transmita más lejos sin ser repetida. Las empresas de cable utilizan un sistema híbrido que utiliza fibra para transmitir la señal a los vecindarios y luego cambia la señal de la luz a la radiofrecuencia para ser transmitida por cable coaxial a los hogares. Hacerlo reduce el uso de múltiples cabezas. Un extremo de cabecera reúne toda la información de las redes de cable locales y canales de películas y luego alimenta la información al sistema (John, 2010).

Sin embargo, el "video de banda ancha" en el contexto de la transmisión de video por Internet ha llegado a significar archivos de video que tienen velocidades de bits suficientemente altas como para requerir acceso a Internet de banda ancha para su visualización. "VÍdeo de banda ancha" también se utiliza a veces para describir vídeo IPTV a petición.

2.4.4. Tecnologías alternativas.

Las líneas eléctricas también se han utilizado para diversos tipos de comunicación de datos. Aunque algunos sistemas de control remoto se basan en la señalización de banda estrecha, los modernos sistemas de alta velocidad utilizan la señalización de banda ancha para lograr velocidades de datos muy altas. Un ejemplo es la norma ITU-T G.hn, que proporciona una forma de crear una red de área local de hasta 1 Gigabit / s (que se considera de alta velocidad a partir de 2014) utilizando el cableado doméstico existente (incluyendo líneas eléctricas, pero también Líneas telefónicas y cables coaxiales). En 2014, los investigadores en el Instituto avanzado de Corea de la ciencia y de la tecnología hicieron progresos en la creación de los instrumentos ópticos de banda ancha (Hilmes, 2011).

2.4.5. Internet de Banda Ancha.

En el contexto del acceso a Internet, el término "banda ancha" se utiliza vagamente para significar "un acceso que siempre está en y más rápido que el acceso telefónico tradicional" (Hilbert, 2016).

A veces se han prescrito una serie de definiciones de velocidad más precisas, entre ellas:

- "Mayor que la tasa primaria" (que osciló entre 1,5 y 2 Mbit / s) - CCITT en "servicio de banda ancha" en 1988.

- "Acceso a Internet que siempre está activado y más rápido que el acceso telefónico tradicional", [15] - Plan Nacional de Banda Ancha de 2009

- 4 Mbit / s hacia abajo, 1 Mbit / s hacia arriba - FCC, 2010

- 25 Mbit / s hacia abajo, 3 Mbit / s hacia arriba - FCC, 2015

El servicio de banda ancha de Internet es ahora efectivamente tratado o administrado como una utilidad pública por las reglas de neutralidad de la red (Hilbert, 2016).

Top 10 countries with most installed bandwidth (in kbps)



Hilbert, M. (2016). The bad news is that the digital access divide is here to stay: Domestically installed bandwidths among 172 countries for 1986–2014. *Telecommunications Policy*. www.martinhilbert.net/the-bad-news-is-that-the-digital-access-divide-is-here-to-stay/

Figura 2. 10: Concentración global de ancho de banda
Fuente: Hilbert (2016)

El ancho de banda ha sido históricamente muy desigualmente distribuido en todo el mundo, con una concentración creciente en la era digital. Históricamente sólo 10 países han acogido entre el 70 y el 75% de la capacidad mundial de telecomunicaciones (Ver figura 2.10).

En 2014 sólo 3 países (China, EE.UU., Japón) acogen el 50% del potencial de ancho de banda de telecomunicaciones instalado a nivel mundial.

Los EE. UU. Perdieron su liderazgo global en términos de ancho de banda instalado en 2011, siendo reemplazados por China, que alberga más del doble de potencial de ancho de banda nacional en 2014 (29% frente al 13% del total mundial) (Hilbert, 2016).

2.5. Telefonía Celular.

2.5.1. Radio Base.

Una radio base es una estación que permite la transmisión fija de datos que se compone por una o varias antenas además de componentes electrónicos agrupados en forma de circuitos; su accionar es de comunicación media, baja o bidireccional que generalmente se usa para establecer conexiones entre radios de baja potencia como telefonía móvil, fija, sistemas computacionales y diversos sistemas de comunicación (Ver figura 2.11).

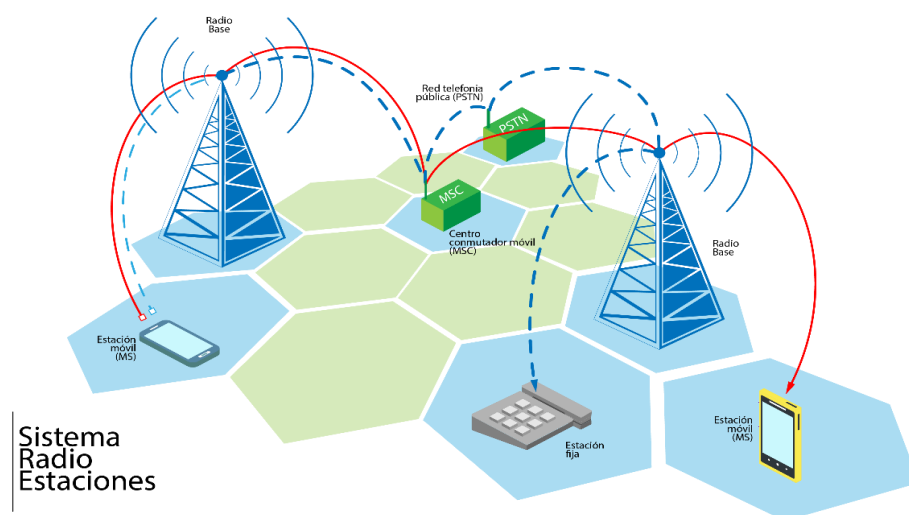


Figura 2. 11: Diseño de radio base
Fuente: Stalyn Veintimilla

2.5.2. Radio Frecuencias.

Las radios frecuencias son empleadas para enunciar a las frecuencias que se encuentran en el espectro electromagnético, esto se da en relación a las frecuencias que son la cantidad de veces por segundo en las que se suscita un determinado cambio de tensión o corriente; las radio frecuencias se utilizan en el campo de las telecomunicaciones, ya que favorecen a la distribución de energía que se encuentra en las ondas y comprende todo rango en la longitud de radiaciones. (Aguilar, 2008).

Las radiofrecuencias proveen diversos beneficios para los usuarios, como la capacidad de estos para moverse y estar conectados a la misma red en el caso de los usuarios LAN, teniendo acceso a datos e información en tiempo real; de fácil conectividad e instalación, evitando la instalación de cableado por su naturaleza inalámbrica, hace que su configuración se simplifique, mediante el uso de frecuencias altas, convirtiéndose en una inversión económica a largo plazo que provee de beneficios varios.

Las emisiones de la estación usan frecuencias desde 6GHz y en el caso de emisiones desde satélite se emplean de 4GHz, donde se utilizan componentes que resultan en menores costos; en el caso de que se saturasen estos enlaces es posible emplear diversas frecuencias como bandas de 14 y 14GHz.

2.5.3. Modulación.

La banda base permite transmitir frecuencias en señales originales, precautelando que el receptor obtenga la señal original e íntegra enviada por el emisor, sin ser manipulada de ninguna manera.

La alteración sistematizada de una onda senoidal en base a características específicas de otra señal con el objetivo de obtener una idónea transmisión se denomina modulación, siendo necesaria para la transferencia de datos por un canal específico reduciendo costos ingresando los datos a un soporte de transferencia de información.

2.5.4. Modulador y Demodulador de Fase y Frecuencia.

Los circuitos que permiten la variación de la portadora haciendo que la fase instantánea de la misma sea equivalente a la señal de modulación se denomina modulador de fase, mientras que un modulador de frecuencia comprende un circuito que habilita la variación de la portadora haciendo que su fase instantánea sea una proporción de la integral dentro de la señal de modulación.

2.5.5. Central Telefónica.

Las centrales telefónicas son espacios físicos que una empresa de telecomunicaciones que presta servicios de telefonía emplea para la localización de los equipos necesarios para efectuar las intercomunicaciones y que consta con las estructuras necesarias como puertos para la instalación

de líneas telefónicas, presentándose como el lugar de conexión de líneas de abonados hacia enlaces telefónicos de diversas centrales (Ver figura 2.12).

En el caso de existir una comunicación telefónica con exceso de dispositivos conectados es necesario poseer una centralizadora que gestione la organización y establecimiento de comunicaciones de los mismos en el tiempo y la forma adecuada; la central telefónica funge como realizador de esta acción donde se conectan los circuitos de unión con los abonados aseverando determinada selección e interconexión.

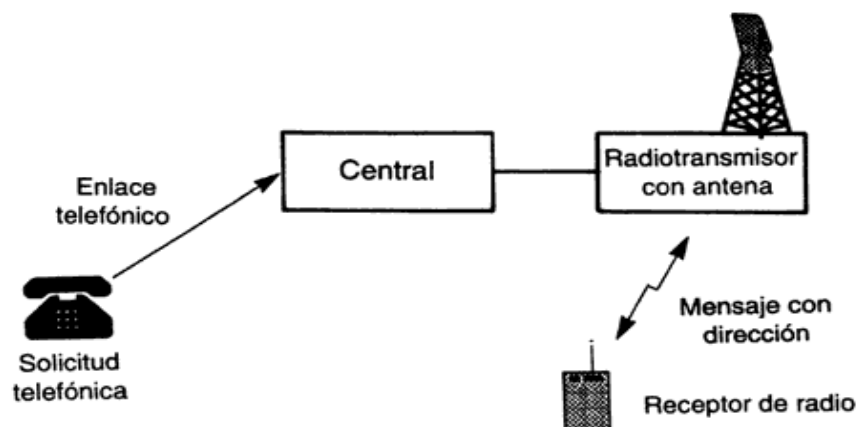


Figura 2. 12: Esquema de Central telefónica
Fuente: Gutiérrez (2016)

2.5.6. Antenas.

Las antenas son artefactos transductores de energía electromagnética a corriente eléctrica y viceversa, que permiten que las ondas viajen en el espacio para encontrarse con el conductor produciendo una distribución de corriente en el mismo.

Una antena receptora puede captar diversas señales, pero solo aquellas en las que la longitud de onda coincide con las dimensiones de la antena harán que esta resuene; así a más frecuencia de la señal mayor cantidad de información, siendo directamente proporcional al tener mayores frecuencias, que demandarán un equipo de transmisión que tenga mejor capacidad de recepción y mayor velocidad de respuesta en su ancho de banda (Ver figura 2.13)(Gutiérrez, 2016).

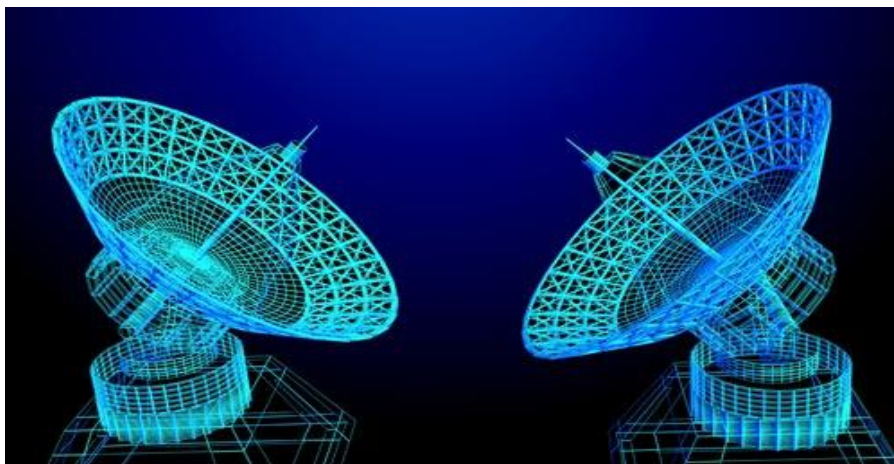


Figura 2. 13: Antenas de banda ancha
Fuente: Gutiérrez (2016)

2.5.6.1. Clasificación de Antenas.

A continuación, se enuncian los tipos de antena más relevantes y de mayor uso:

- **Antenas autodefinidas:** Logarítmicas, espirales, espirales cónicas.
- **Antenas delgadas:** Dipolos eléctricos y magnéticos, logarítmicas, helicoidal, arreglo de dipolos.
- **Antenas direccionales:** Reflectores parabólicos helicoidales, arreglos dipolares.

- **Antenas omnidireccionales:** Dipolos eléctricos y magnéticos antenas de parches.
- **Antenas de aberturas:** Guía de onda corneta, reflectores parabólicos, e hiperbólicos.
- **Antenas cuasi-ópticas:** Aberturas, antenas de frenesí.
- **Antenas independientes de la frecuencia:** Arreglos de antenas de fases controladas, sus elementos pueden ser dipolos, antenas de parche, hélices etc.
- **Antenas planares:** Antenas de parche, espirales.

La línea de vista es indispensable entre los satélites y la estación terrena, donde se establezcan frecuencias hábiles para atravesar las condiciones físicas y atmosféricas de tal forma que la conexión no se vea afectada en lo absoluto por diversas condiciones del ambiente, eligiendo bandas como la C, K, Ka y Ku en el espectro de frecuencia específico, cumpliendo en detalle con requisitos tales como un haz de potencia menor o igual a 2 grados que no invadan espacio de satélites exógenos (Gutiérrez, 2016).

2.5.7. Plan de recuperación de desastres (PRD).

El plan de recuperación de desastres representa una estrategia que se basa en el soporte tecnológico que posee una empresa o estación de telecomunicaciones donde se provee un plan de contingencia ante posibles desastres naturales de manera que el funcionamiento de las instalaciones se

prolongue a pesar del fenómeno natural que haya acontecido, reiniciando los servicios y la transferencia de datos rápidamente.

2.6. Estación de Transferencia Base (Radio Base).

Una estación transceptora de base (BTS) es una pieza de equipo que facilita la comunicación inalámbrica entre el equipo de usuario (UE) y una red. UEs son dispositivos como teléfonos móviles (teléfonos), teléfonos WLL, computadoras con conectividad inalámbrica a Internet (Ver figura 2.14). La red puede ser la de cualquiera de las tecnologías de comunicación inalámbrica como GSM, CDMA, bucle local inalámbrico, Wi-Fi, WiMAX u otra tecnología de red de área extensa (WAN).



Figura 2. 14: Radiobase de telefonía móvil
Fuente: Higuchi (2010)

BTS también se conoce como la estación base de radio (RBS), el nodo B (en redes 3G) o, simplemente, la estación base (BS). Para la discusión del estándar LTE se usa ampliamente la abreviatura eNB para el nodo evolucionado B.

Aunque el término BTS puede ser aplicable a cualquiera de los estándares de comunicación inalámbrica, generalmente se asocia con tecnologías de comunicaciones móviles como GSM y CDMA. A este respecto, un BTS forma parte de los desarrollos del subsistema de estación base (BSS) para la gestión del sistema. También puede tener equipos para cifrar y descifrar comunicaciones, herramientas de filtrado de espectro (filtros de paso de banda), etc.

Las antenas también pueden considerarse como componentes de BTS en sentido general, ya que facilitan el funcionamiento de BTS. Típicamente, un BTS tendrá varios transceptores (TRXs) que le permiten servir varias frecuencias diferentes y diferentes sectores de la célula (en el caso de estaciones base sectorizadas). Un BTS es controlado por un controlador base de estación base a través de la función de control de estación base (BCF).

El BCF se implementa como una unidad discreta o incluso se incorpora en un TRX en estaciones bases compactas. El BCF proporciona una conexión de operaciones y mantenimiento (O & M) al sistema de gestión de red (NMS), y gestiona los estados operativos de cada TRX, así como el manejo de software y la recogida de alarmas. La estructura básica y las funciones de la BTS siguen siendo las mismas independientemente de las tecnologías inalámbricas (Higuchi, 2010).

2.6.1. Elementos de una Radio Base.

Un BTS se compone generalmente de:

a) Transceptor (TRX)

Bastante conocido como DRX (DRX), DRX está en forma de single (sTRU), doble (dTRU) o una unidad de radio doble (DRU) compuesta. Básicamente hace la transmisión y recepción de señales. También realiza el envío y recepción de señales hacia y desde entidades de red más altas (como el controlador de estación base en telefonía móvil).

b) Amplificador de potencia (PA)

Amplifica la señal de DRX para la transmisión a través de la antena; Puede ser integrado con DRX.

c) Combinador

Combina feeds de varios DRX para que puedan ser enviados a través de una sola antena. Permite reducir el número de antenas utilizadas.

d) Multiplexor

Para separar las señales de envío y recepción de / hacia la antena. Envía y recibe señales a través de los mismos puertos de antena (cables a la antena).

e) Antena

Esta es la estructura que la BTS se encuentra debajo; Puede instalarse tal cual o disfrazarse de alguna manera (sitios ocultos).

f) Sistema de extensión de alarma

Recoge las alarmas de estado de funcionamiento de varias unidades en el BTS y las extiende a las estaciones de monitoreo de operaciones y mantenimiento (O & M).

g) Función de control

Controla y gestiona las distintas unidades de BTS, incluyendo cualquier software. Las configuraciones in situ, los cambios de estado, las actualizaciones de software, etc. se realizan a través de la función de control (Tanahashi, 2011).

Unidad receptora de banda base (BBxx)

Salto de frecuencia, señal DSP

2.6.2. Técnicas de Diversidad.

Para mejorar la calidad de la señal recibida, a menudo se utilizan dos antenas receptoras, situadas a una distancia igual a un múltiplo impar de un cuarto de la longitud de onda correspondiente. Para 900 MHz, esta longitud de onda es de 30 cm. Esta técnica, conocida como diversidad de antena o diversidad de espacio, evita la interrupción causada por el desvanecimiento de la trayectoria. Las antenas pueden espaciarse horizontal o verticalmente.

El espaciado horizontal requiere una instalación más compleja, pero aporta un mejor rendimiento; aparte de la diversidad de antenas o espacios, existen otras técnicas de diversidad como la diversidad de frecuencia / tiempo, diversidad de patrones de antena y diversidad de polarización. La división se refiere al flujo de energía dentro de un área particular de la célula, conocida

como un sector. Por lo tanto, cada campo puede ser considerado como una nueva célula.

Las antenas direccionales reducen la interferencia de la banda larga (LoRa). Si no está sectorizada, la célula será servida por una antena omnidireccional, la cual irradia en todas direcciones. Una estructura típica es el trisector, también conocido como trébol, en el que hay tres sectores atendidos por antenas separadas. Cada sector tiene una dirección separada de seguimiento, típicamente de 120° con respecto a los adyacentes. Otras orientaciones se pueden utilizar para adaptarse a las condiciones locales. También se implementan células bissectrizadas. Éstos se orientan más a menudo con las antenas que sirven a sectores de la separación 180° el uno al otro, pero otra vez, las variaciones locales existen.

El BTS es una infraestructura de telecomunicaciones utilizada para facilitar la comunicación inalámbrica entre el dispositivo de abonado y la red de operadores de telecomunicaciones. El dispositivo de abonado puede ser teléfono móvil, dispositivos inalámbricos de Internet mientras que la red de operador podría ser una plataforma GSM, CDMA o TDMA.

Un BTS típico comprende un transceptor (TRX) que maneja la transmisión y recepción de señales; El envío y la recepción de señales hacia o desde entidades de red superiores, un combinador que combina alimentaciones de varios TRX para que puedan ser enviados a través de una

sola antena reduciendo así el número de antenas que necesitan ser instaladas, un amplificador de potencia que ayuda en la amplificación de señal Desde TRX para la transmisión a través de la antena, un dúplex que se utiliza para separar el envío y la recepción de señales hacia o desde la antena y una antena que es una parte externa de la BTS.

El equipo de BTS se aloja generalmente en un abrigo que protege el equipo de las telecomunicaciones de condiciones externas tales como polvo, corrosión, moho, robo etc., preservando así su integridad para aseverar su correcto funcionamiento. El refugio comprende así los equipos BTS ya mencionados, un acondicionador de aire que se utiliza para enfriar el espacio como resultado del calor generado por el equipo, un banco de baterías que suministra al equipo luces de alimentación eléctrica y de seguridad.

La temperatura del refugio de telecomunicaciones durante la operación excede los 55 grados centígrados, lo cual es una condición de funcionamiento incorrecta para el equipo electrónico BTS. Esto requiere la necesidad de un acondicionador de aire especialmente en los trópicos para mantener la temperatura del refugio a 25 grados centígrados con el fin de prolongar la vida útil del equipo BTS y las baterías.

La humedad relativa es también motivo de preocupación principal y como tal se mantiene por debajo del 60% para evitar la condensación de fluido (agua) en el equipo. En la mayoría de los casos, el acondicionador de aire

cumple una doble función de refrigeración y des-humidificación con el fin de mantener los niveles de humedad aceptables.

2.7. Long Term Evolution (LTE).

LTE significa Long Term Evolution y es una marca registrada propiedad de ETSI (European Telecommunications Standards Institute) para la tecnología de comunicaciones inalámbricas de datos y un desarrollo de las normas GSM / UMTS. Sin embargo, otras naciones y empresas desempeñan un papel activo en el proyecto LTE.

El objetivo de LTE era aumentar la capacidad y la velocidad de las redes de datos inalámbricas utilizando nuevas técnicas y modulaciones de DSP (procesamiento de señal digital) que se desarrollaron alrededor del cambio de milenio. Otro objetivo fue el rediseño y simplificación de la arquitectura de red a un sistema basado en IP con una significativa reducción de la latencia de transferencia en comparación con la arquitectura 3G. La interfaz inalámbrica LTE es incompatible con redes 2G y 3G, por lo que debe ser operado en un espectro de radio independiente (Siwach, 2014).

LTE fue propuesta por primera vez por NTT DoCoMo de Japón en 2004, y los estudios sobre la nueva norma comenzaron oficialmente en 2005. En mayo de 2007, la alianza LTE / SAE Trial Initiative (LSTI) fue fundada como una colaboración global entre proveedores y operadores con el objetivo de

verificar y promover el nuevo estándar con el fin de asegurar la introducción global de la tecnología lo más rápidamente posible.

El estándar LTE se finalizó en diciembre de 2008 y el primer servicio LTE públicamente disponible fue lanzado por TeliaSonera en Oslo y Estocolmo el 14 de diciembre de 2009 como una conexión de datos con un módem USB. Los servicios LTE también fueron lanzados por grandes compañías norteamericanas, siendo el Samsung SCH-r900 el primer teléfono móvil LTE del mundo a partir del 21 de septiembre de 2010 y Samsung Galaxy Indulge siendo el primer smartphone LTE del mundo a partir de 10 de febrero de 2011 ambos ofrecidos por MetroPCS y HTC ThunderBolt ofrecidos por Verizon a partir del 17 de marzo siendo el segundo smartphone LTE para ser vendido comercialmente.

En Canadá, Rogers Wireless fue el primero en lanzar la red LTE el 7 de julio de 2011, ofreciendo el módem de banda ancha inalámbrica USB Wireless AirCard 313U de Sierra Wireless, conocido como "stick LTE Rocket" seguido de cerca por dispositivos móviles de HTC y Samsung (Dahlman, 2010).

Inicialmente, los operadores de CDMA planeaban actualizar a los estándares rivales llamados UMB y WiMAX, pero todos los principales operadores de CDMA (como Verizon, Sprint y MetroPCS en Estados Unidos, Bell y Telus en Canadá, au por KDDI en Japón, SK Telecom en South Corea y China Telecom / China Unicom en China) han anunciado que pretenden

emigrar a LTE después de todo. La evolución de LTE es LTE Advanced, que se normalizó en marzo de 2011.

La especificación LTE proporciona velocidades de pico de enlace descendente de 300 Mbit / s, velocidades de pico de enlace ascendente de 75 Mbit / s y disposiciones de QoS que permiten una latencia de transferencia de menos de 5 ms en la red de acceso por radio. LTE tiene la capacidad de gestionar móviles de movimiento rápido y soporta multi-cast y emisiones de transmisión.

LTE admite anchos de banda escalables para portadoras, de 1,4 MHz a 20 MHz y soporta tanto la duplexación por división de frecuencia (FDD) como la duplexación por división de tiempo (TDD). La arquitectura de red basada en IP, denominada Evolved Packet Core (EPC), diseñada para reemplazar la red central GPRS, admite transferencias sin fisuras de voz y datos a torres de celdas con tecnología de red más antigua como GSM, UMTS y CDMA2000. La arquitectura más sencilla resulta en menores costos operativos (por ejemplo, cada celda E-UTRA soportará hasta cuatro veces la capacidad de datos y voz soportada por HSPA) (Sesia, 2011).

2.7.1. Reseña Histórica de LTE.

Cronología de desarrollo estándar 3GPP

- En 2004, NTT DoCoMo de Japón propone LTE como la norma internacional.

- En septiembre de 2006, Siemens Networks (hoy Nokia Networks) mostró en colaboración con Nomor Research la primera emulación en vivo de una red LTE a los medios de comunicación y los inversores. Como aplicaciones en vivo se han demostrado dos usuarios que transmiten un video HDTV en el enlace descendente y juegan un juego interactivo en el enlace ascendente.

- En febrero de 2007, Ericsson demostró por primera vez en el mundo LTE con tasas de bits de hasta 144 Mbit / s

- En septiembre de 2007, NTT docomo demostró tasas de datos LTE de 200 Mbit / s con un nivel de potencia inferior a 100 mW durante la prueba.

- En noviembre de 2007, Infineon presentó el primer transceptor de RF del mundo llamado SMARTi LTE que soporta la funcionalidad LTE en un silicio RF de un solo chip procesado en CMOS

- A principios de 2008, los equipos de prueba LTE empezaron a enviar desde varios proveedores y, en el Mobile World Congress 2008 en Barcelona, Ericsson demostró la primera llamada móvil de extremo a extremo habilitada por LTE en un pequeño dispositivo portátil. Motorola demostró un chipset compatible con eNodeB y LTE estándar LTE RAN en el mismo evento.

- En el Congreso Mundial Móvil de febrero de 2008:

- Motorola demostró cómo LTE puede acelerar la entrega de experiencia de medios personales con streaming de demostración de video HD, video en video HD, juegos en línea y VoIP sobre LTE con una red LTE compatible con RAN y un chipset LTE.

- Ericsson EMP (ahora ST-Ericsson) demostró la primera llamada de LTE de extremo a extremo en mano Ericsson demostró el modo LTE FDD y TDD en la misma plataforma de estación base.

- Freescale Semiconductor demostró la transmisión de vídeo de alta definición con velocidades de datos pico de 96 Mbits / s de enlace descendente y 86 Mbits / s de enlace ascendente.

- NXP Semiconductors (ahora parte de ST-Ericsson) demostró un módem LTE multi-modo como base para un sistema de radio definido por software para uso en teléfonos celulares.

- PicoChip y Mimoon demostraron un diseño de referencia de estación base. Esto se ejecuta en una plataforma de hardware común (multi-modo / software de radio definido) con su arquitectura WiMAX.

- En abril de 2008, Motorola demostró la primera entrega de EV-DO a LTE - entregando un video de streaming de LTE a una red comercial EV-DO y de vuelta a LTE.

- En abril de 2008, LG Electronics y Nortel demostraron tasas de datos LTE de 50 Mbit / s mientras viajaban a 110 km / h.

- En noviembre de 2008, Motorola demostró la primera sesión de LTE sobre el aire de la industria en el espectro de 700 MHz.

- Los investigadores de Nokia Siemens Networks y Heinrich Hertz Institut han demostrado LTE con velocidades de transferencia de Uplink de 100 Mbit / s.

- En el Congreso Mundial Móvil de febrero de 2009:

- Infineon demostró un solo-chip 65 nm CMOS transceptor de RF que proporciona 2G / 3G / LTE funcionalidad.
- Lanzamiento del programa ng Connect, un consorcio multiindustrial fundado por Alcatel-Lucent para identificar y desarrollar aplicaciones de banda ancha inalámbrica.
- Motorola proporcionó una gira por LTE en las calles de Barcelona para demostrar el rendimiento del sistema LTE en un entorno metropolitano de RF de la vida real.
- En julio de 2009, Nujira demostró eficiencias de más del 60% para un amplificador de potencia LTE de 880 MHz
- En agosto de 2009, Nortel y LG Electronics demostraron el primer traspaso exitoso entre redes CDMA y LTE de una manera compatible con las normas
- En agosto de 2009, Alcatel-Lucent recibe la certificación FCC para estaciones base LTE para la banda del espectro de 700 MHz.
- En septiembre de 2009, Nokia Siemens Networks demostró la primera llamada LTE del mundo en software comercial compatible con estándares.
- En octubre de 2009, Ericsson y Samsung demostraron la interoperabilidad entre el primer dispositivo comercial LTE y la red en directo en Estocolmo, Suecia.
- En octubre de 2009, los Laboratorios Bell de Alcatel-Lucent, los Laboratorios Deutsche Telekom, el Instituto Fraunhofer Heinrich-Hertz y el proveedor de antenas Kathrein realizaron ensayos de campo en vivo de una

tecnología llamada CoMP para aumentar las velocidades de transmisión de datos de Long Term Evolution LTE) y las redes 3G.

- En noviembre de 2009, Alcatel-Lucent completó la primera llamada LTE en vivo utilizando una banda de espectro de 800 MHz anulada como parte del Dividendo Digital Europeo (EDD).

- En noviembre de 2009, Nokia Siemens Networks y LG completaron las primeras pruebas de interoperabilidad de extremo a extremo de LTE.

- El 14 de diciembre de 2009, el primer despliegue comercial de LTE se realizó en las capitales escandinavas de Estocolmo y Oslo por el operador de red sueco-finlandés TeliaSonera y su marca noruega NetCom (Noruega). TeliaSonera marca incorrectamente la red "4G". Los dispositivos modernos que se ofrecen son fabricados por Samsung (dongle GT-B3710), y la infraestructura de red con tecnología SingleRAN creada por Huawei (en Oslo) y Ericsson (en Estocolmo).

TeliaSonera planea lanzar LTE a nivel nacional a través de Suecia, Noruega y Finlandia. TeliaSonera utilizó un ancho de banda espectral de 10 MHz (fuera del máximo de 20 MHz), y de transmisión de una sola entrada y de una sola salida. El despliegue debería haber proporcionado una capa física de bitrates netos de hasta 50 Mbit / s downlink y 25 Mbit / s en el enlace ascendente. Las pruebas introductorias mostraron un buen rendimiento TCP de enlace descendente de 42,8 Mbit / s y enlace ascendente de 5,3 Mbit / s en Estocolmo.

- En diciembre de 2009, ST-Ericsson y Ericsson primero para lograr LTE y movilidad HSPA con un dispositivo multimodo.

- En enero de 2010, Alcatel-Lucent y LG completan una transmisión en vivo de una llamada de datos de extremo a extremo entre Long Term Evolution (LTE) y redes CDMA.

- En febrero de 2010, Nokia Siemens Networks y Movistar prueban la LTE en el Mobile World Congress 2010 en Barcelona, España, con demostraciones interiores y exteriores.

- En mayo de 2010, Mobile TeleSystems (MTS) y Huawei mostraron una red LTE de interior en "Sviaz-Expocomm 2010" en Moscú, Rusia. MTS espera iniciar un servicio LTE de prueba en Moscú para principios de 2011. Anteriormente, MTS recibió una licencia para construir una red LTE en Uzbekistán, y tiene la intención de iniciar una prueba de la red LTE en Ucrania en asociación con Alcatel-Lucent.

- En la Expo 2010 de Shanghai, en mayo de 2010, Motorola demostró una LTE en vivo conjuntamente con China Mobile. Esto incluyó secuencias de vídeo y un sistema de prueba de la unidad usando TD-LTE.

- A partir del 12/10/2010, DirecTV se ha asociado con Verizon Wireless para una prueba de alta velocidad Long Term Evolution (LTE) tecnología inalámbrica en algunas casas en Pennsylvania, diseñado para ofrecer un paquete integrado de Internet y TV. Verizon Wireless dijo que lanzó servicios inalámbricos LTE (para datos, sin voz) en 38 mercados donde más de 110 millones de estadounidenses viven el domingo, 5 de diciembre.

- El 6 de mayo de 2011, Sri Lanka Telecom Mobitel demostró con éxito 4G LTE por primera vez en Asia meridional, logrando una tasa de datos de 96 Mbit / s en Sri Lanka.

2.7.2. Línea de Tiempo de la Adopción del Portador.

- Se espera que la mayoría de las compañías que soporten redes GSM o HSUPA actualicen sus redes a LTE en algún momento. Puede encontrarse una lista completa de los contratos comerciales en:

- Agosto de 2009: Telefónica seleccionó seis países para probar LTE en los siguientes meses: España, Reino Unido, Alemania y la República Checa en Europa, y Brasil y Argentina en América Latina.

- El 24 de noviembre de 2009: Telecom Italia anunció la primera experimentación pre-comercial al aire libre en el mundo, desplegada en Torino y totalmente integrada en la red 2G / 3G actualmente en servicio.

- El 14 de diciembre de 2009, TeliaSonera inauguró el primer servicio público LTE disponible en el mundo en las dos capitales escandinavas, Estocolmo y Oslo.

- El 28 de mayo de 2010, el operador ruso Scartel anunció el lanzamiento de una red LTE en Kazan a finales de 2010.

- El 6 de octubre de 2010, el proveedor canadiense Rogers Communications Inc anunció que Ottawa, capital nacional de Canadá, será el sitio de los ensayos LTE. Rogers dijo que ampliará esta prueba y pasará a un ensayo técnico integral de LTE en frecuencias de banda baja y alta en todo el área de Ottawa.

- El 6 de mayo de 2011, Sri Lanka Telecom Mobitel demostró con éxito 4G LTE por primera vez en Asia meridional, logrando una tasa de datos de 96 Mbit / s en Sri Lanka.

- El 7 de mayo de 2011, el operador de telefonía móvil de Sri Lanka Axiata PLC conectó la primera red 4G LTE piloto en el sur de Asia con su socio proveedor Huawei y demostró una velocidad de descarga de datos de hasta 127 Mbit / s.






- El 9 de febrero de 2012, Telus Mobility lanzó su servicio LTE inicial en áreas metropolitanas como Vancouver, Calgary, Edmonton, Toronto y el área metropolitana de Toronto, Kitchener, Waterloo, Hamilton, Guelph, Belleville, Ottawa, Montreal, Québec, Halifax y Yellowknife .




- Telus Mobility ha anunciado que adoptará LTE como su estándar inalámbrico 4G.

- Cox Communications tiene su primera torre para la red inalámbrica LTE build-out. Servicios inalámbricos lanzados a finales de 2009.

A continuación se muestra una lista de los 10 países / territorios por la cobertura de 4G LTE, medida por OpenSignal.com en el año 2015.

Tabla 2. 1: Cobertura Países 4G LTE.

País/Territorio	Penetración
 Hong Kong	86%
 Hungría	79%
 Japón	90%
 Kuwait	85%
 Holanda	84%

País/Territorio	Penetración
 Singapur	83%
 Corea del Sur	97%
 Taiwan	79%
 Estados Unidos	81%
 Uruguay	81%

Fuente: McGregor (2015)

2.7.3. LTE-TDD.

LTE-TDD, también conocida como TDD LTE, es una tecnología de telecomunicaciones 4G y estándar co-desarrollada por una coalición internacional de compañías, incluyendo China Mobile, Datang Telecom, Huawei, ZTE, Nokia Soluciones y Redes, Qualcomm, Samsung y ST-Ericsson. Es una de las dos tecnologías de transmisión de datos móviles del estándar de tecnología LTE (Long-Term Evolution), la otra es la evolución a largo plazo de frecuencia-división (LTE-FDD). Aunque algunas empresas se refieren a TDT LTE como "TD-LTE", no hay ninguna referencia a ese acrónimo en ninguna de las especificaciones 3GPP (Johnson, 2010).

Existen dos diferencias principales entre LTE-TDD y LTE-FDD: cómo se suben y descargan los datos, y en qué espectro de frecuencia se despliegan las redes. Mientras LTE-FDD usa frecuencias emparejadas para cargar y descargar datos, LTE-TDD Utiliza una sola frecuencia, alternando entre cargar y descargar datos a través del tiempo. La relación entre cargas y descargas en una red LTE-TDD se puede cambiar dinámicamente, dependiendo de si se necesita enviar o recibir más datos.

LTE-TDD y LTE-FDD también operan en diferentes bandas de frecuencia, con LTE-TDD funcionando mejor en frecuencias más altas, y LTE-FDD funcionando mejor a frecuencias más bajas. Las frecuencias utilizadas para LTE-TDD van de 1850 MHz a 3800 MHz, con varias bandas diferentes que se utilizan. El espectro LTE-TDD es generalmente más barato de acceder, y tiene menos tráfico. Además, las bandas para LTE-TDD se solapan con las utilizadas para WiMAX, que pueden ser fácilmente actualizadas para soportar LTE-TDD (Khan, 2010).

A pesar de las diferencias en cómo los dos tipos de LTE manejan la transmisión de datos, LTE-TDD y LTE-FDD comparten el 90 por ciento de su tecnología principal, haciendo posible que los mismos chipsets y redes usen ambas versiones de LTE.] Un número de empresas producen chips de doble modo o dispositivos móviles, entre ellos Samsung y Qualcomm, mientras que los operadores China Mobile Hong Kong Company Limited y Hi3G Access han desarrollado redes de modo dual en China y Suecia, respectivamente (Ergen, 2010).

2.7.3.1. Reseña histórica de LTE-TDD.

La creación de LTE-TDD involucró a una coalición de compañías internacionales que trabajaron para desarrollar y probar la tecnología. China Mobile fue uno de los primeros proponentes de LTE-TDD, junto con otras compañías como Datang Telecom y Huawei, que trabajó para desplegar redes LTE-TDD, y más tarde desarrolló la tecnología permitiendo que el equipo LTE-

TDD funcionará en espacios blancos-espectro de frecuencia entre emisoras de televisión.

Intel también participó en el desarrollo, la creación de un laboratorio de interoperabilidad LTE-TDD con Huawei en China, así como ST-Ericsson, Nokia 77 y Nokia Siemens (ahora Nokia Solutions and Networks), que desarrolló estaciones base LTE-TDD que aumentaron la capacidad en un 80 por ciento y la cobertura en un 40 por ciento. Qualcomm también participó, desarrollando el primer chip multimodo del mundo, combinando LTE-TDD y LTE-FDD, junto con HSPA y EV-DO. Accelleran, una empresa belga, también ha trabajado para construir pequeñas células para redes LTE-TDD (Beaver, 2011).

Los ensayos de la tecnología LTE-TDD comenzaron ya en 2010, con Reliance Industries y Ericsson India realizando pruebas de campo de LTE-TDD en India, logrando velocidades de descarga de 80 megabits por segundo y velocidades de carga de 20 megabits por segundo. En 2011, China Mobile comenzó pruebas de la tecnología en seis ciudades (Ekstrom, 2008).

Aunque inicialmente se vio como una tecnología utilizada por sólo unos pocos países, incluyendo China y la India, para 2011 el interés internacional en LTE-TDD se había expandido, especialmente en Asia, en parte debido al menor costo de despliegue de LTE-TDD A LTE-FDD.

A mediados de ese año, 26 redes de todo el mundo estaban llevando a cabo ensayos de la tecnología. La Iniciativa Global LTE-TDD (GTI) también se inició en 2011, con los socios fundadores China Mobile, Bharti Airtel, SoftBank Mobile, Vodafone, Clearwire, Aero2 y E-Plus.

En septiembre de 2011, Huawei anunció que se asociaría con el proveedor polaco de servicios móviles Aero2 para desarrollar una red combinada LTE TDD y FDD en Polonia, y en abril de 2012, ZTE Corporation había trabajado para desplegar redes LTE-TDD de prueba o comerciales para 33 operadores en 19 países. A finales de 2012, Qualcomm trabajó extensamente para desplegar una red comercial LTE-TDD en India y se asoció con Bharti Airtel y Huawei para desarrollar el primer teléfono inteligente LTE-TDD multi-modo para la India (Dahlman, 2011).

En Japón, SoftBank Mobile lanzó los servicios LTE-TDD en febrero de 2012 bajo el nombre Advanced eXtended Global Platform (AXGP), y se comercializó como SoftBank 4G (ja). La banda de AXGP se utilizó previamente para el servicio de PHS de Willcom, y después de que PHS fue discontinuado en 2010 la banda de PHS fue re-propuesta para el servicio de AXGP.

En Estados Unidos, Clearwire planeó implementar LTE-TDD, con el fabricante de chips Qualcomm acordando apoyar las frecuencias de Clearwire en sus chipsets LTE multi-modo. Con la adquisición de Clearwire por Sprint

en 2013, la compañía comenzó a utilizar estas frecuencias para el servicio LTE en redes construidas por Samsung, Alcatel-Lucent y Nokia.

En marzo de 2013 existían 156 redes LTE 4G comerciales, incluidas 142 redes LTE-FDD y 14 redes LTE-TDD. A partir de noviembre de 2013, el gobierno de Corea del Sur planeaba permitir una cuarta compañía de telefonía móvil en 2014, que proporcionaría servicios LTE-TDD, y en diciembre de 2013 se otorgaron licencias LTE-TDD a los tres operadores móviles de China, De los servicios LTE 4G (Dahlman, 2011).

En enero de 2014, Nokia Solutions and Networks indicó que había completado una serie de pruebas de voz sobre llamadas LTE (VoLTE) en la red TD-LTE de China Mobile. [101] El próximo mes, Nokia Solutions and Networks y Sprint anunciaron que habían demostrado velocidades de 2,6 gigabits por segundo utilizando una red LTE-TDD, superando el récord anterior de 1,6 gigabits por segundo.

2.7.4. Características de LTE.

Gran parte del estándar LTE se ocupa de la actualización de 3G UMTS a lo que finalmente será la tecnología de comunicaciones móviles 4G. Una gran parte del trabajo se dirige a simplificar la arquitectura del sistema, ya que transita de la red combinada UMTS + conmutador de paquetes existente a un sistema de arquitectura plana totalmente IP. E-UTRA es la interfaz aérea de LTE. Sus principales características son:

- Las velocidades de descarga de picos de hasta 299.6 Mbit / s y las de carga hasta 75.4 Mbit / s dependiendo de la categoría de equipo de usuario (con 4 × 4 antenas usando 20 MHz de espectro). Se han definido cinco clases de terminales diferentes desde una clase de voz centrada hasta un terminal de gama alta que soporta las velocidades de datos de pico. Todos los terminales serán capaces de procesar 20 MHz de ancho de banda.

- Bajas latencias de transferencia de datos (latencia de sub-5 ms para paquetes IP pequeños en condiciones óptimas), menores latencias para el tiempo de configuración de conexión y conexión que con tecnologías de acceso de radio anteriores.

- Apoyo mejorado a la movilidad, ejemplificado por el apoyo a terminales que se mueven a velocidades de hasta 350 km / h (220 mph) o 500 km / h (310 mph) dependiendo de la banda de frecuencias.

- Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal para el enlace descendente, FDMA de una sola portadora para el enlace ascendente para ahorrar energía.

- Soporte para sistemas de comunicación FDD y TDD, así como FDD semidúplex con la misma tecnología de acceso por radio.

- Apoyo a todas las bandas de frecuencias utilizadas actualmente por los sistemas IMT por el UIT-R.

- Aumento de la flexibilidad del espectro: Están normalizadas las celdas de 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz y 20 MHz. (W-CDMA no tiene opción para otros que 5 MHz rebanadas, llevando a algunos problemas de despliegue en los países donde 5 MHz es un ancho comúnmente asignado

de espectro por lo que con frecuencia ya estar en uso con estándares legados como 2G GSM y cdmaOne)

- Soporte para tamaños de celdas de decenas de metros de radio (femto y picoceldas) hasta macroceldas de radio de 100 km (62 millas). En las bandas de frecuencias más bajas que se utilizan en las zonas rurales, 5 km (3,1 millas) es el tamaño óptimo de celda, 30 km (19 millas) con un rendimiento razonable, y hasta 100 km de tamaños de celda con un rendimiento aceptable. En las ciudades y zonas urbanas, bandas de frecuencias más altas (como 2,6 GHz en la UE) se utilizan para apoyar la banda ancha móvil de alta velocidad. En este caso, el tamaño de las celdas puede ser de 1 km (0,62 millas) o incluso menos.

- Soporta al menos 200 clientes de datos activos en cada celda de 5 MHz.

- Arquitectura simplificada: El lado de la red de E-UTRAN se compone solamente de eNode Bs.

- Apoyo a la interoperabilidad y coexistencia con estándares heredados (por ejemplo, GSM / EDGE, UMTS y CDMA2000). Los usuarios pueden iniciar una llamada o transferencia de datos en un área usando un estándar LTE y, si la cobertura no está disponible, continúe la operación sin ninguna acción de su parte utilizando redes GSM / GPRS o W-CDMA o redes 3GPP2 como CdmaOne o CDMA2000.

- Interfaz de radio conmutada por paquetes.

- Soporte para MBSFN (Multicast-broadcast single-frequency network).

Esta característica puede proporcionar servicios como Mobile TV utilizando la

infraestructura LTE y es un competidor para la difusión de TV basada en DVB-H. Sólo los dispositivos compatibles con LTE reciben señal LTE (Guowang, 2016).

2.7.5. Llamadas de voz en LTE.

El estándar LTE sólo soporta conmutación de paquetes con su red totalmente IP. Las llamadas de voz en GSM, UMTS y CDMA2000 tienen conmutación de circuitos, por lo que con la adopción de LTE, las compañías aéreas tendrán que reorganizar su red de llamadas de voz. Tres enfoques diferentes surgieron:

Voz sobre LTE (VoLTE)

Suspensión de conmutación de circuitos (CSFB)

En este enfoque, LTE sólo proporciona servicios de datos, y cuando se va a iniciar o recibir una llamada de voz, volverá al dominio de conmutación de circuitos. Cuando se utiliza esta solución, los operadores sólo necesitan actualizar el MSC en lugar de desplegar el IMS, y por lo tanto, puede proporcionar servicios rápidamente. Sin embargo, la desventaja es un retraso de configuración de llamada más largo (Yi, 2012).

Voz simultánea y LTE (SVLTE)

En este enfoque, el teléfono funciona simultáneamente en los modos LTE y conmutado de circuitos, con el modo LTE proporcionando servicios de datos y el modo de conmutación de circuitos que proporciona el servicio de voz. Esta es una solución basada únicamente en el teléfono, que no tiene requisitos especiales en la red y no requiere el despliegue de IMS tampoco.

La desventaja de esta solución es que el teléfono puede llegar a ser caro con un alto consumo de energía (Yi, 2011).

Un enfoque adicional que no es iniciado por los operadores es el uso de los servicios de contenido excesivo (OTT), utilizando aplicaciones como Skype y Google Talk para proporcionar servicios de voz LTE, necesarios para la mejora de telecomunicaciones.

La mayoría de los principales patrocinadores de LTE prefirieron y promovieron VoLTE desde el principio. La falta de soporte de software en dispositivos LTE iniciales, así como dispositivos de red de núcleo, sin embargo, llevó a una serie de compañías de promoción VoLGA (Voz sobre LTE Generic Access) como una solución provisional. La idea era usar los mismos principios que el GAN (Generic Access Network, también conocido como UMA o Unlicensed Mobile Access), que define los protocolos a través de los cuales un teléfono móvil puede realizar llamadas de voz a través de la conexión privada de Internet de un cliente.

Sin embargo, VoLGA nunca obtuvo mucho apoyo, ya que VoLTE (IMS) promete servicios mucho más flexibles, aunque a costa de tener que actualizar toda la infraestructura de llamadas de voz. VoLTE también requerirá la continuidad de llamada de voz de radio única (SRVCC) para poder realizar suavemente una transferencia a una red 3G en caso de calidad de señal LTE deficiente.

Mientras que la industria ha sido aparentemente estandarizada en VoLTE para el futuro, la demanda de llamadas de voz hoy ha llevado a las

compañías LTE a introducir el CSFB como una medida temporal. Al realizar o recibir una llamada de voz, los teléfonos LTE volverán a las viejas redes 2G o 3G durante la duración de la llamada (Forsberg, 2013).

2.7.6. Mejoras en la calidad de voz mediante LTE.

Para asegurar la compatibilidad, 3GPP requiere al menos el codec AMR-NB (banda estrecha), pero el codec de voz recomendado para VoLTE es Adaptive Multi-Rate Wideband, también conocido como HD Voice. Este codec es obligatorio en las redes 3GPP que soportan el muestreo de 16 kHz.

Fraunhofer IIS ha propuesto y demostrado "Full-HD Voice", una implementación del codec AAC-ELD (Advanced Audio Coding - Enhanced Low Delay) para teléfonos LTE. Donde los codecs de voz de teléfono celular anteriores sólo soportaban frecuencias de hasta 3,5 kHz y los servicios de audio de banda ancha de la marca HD Voice hasta 7 kHz, Full-HD Voice soporta toda la gama de ancho de banda de 20 Hz a 20 kHz. Sin embargo, para que las llamadas de voz Full-HD de extremo a extremo tengan éxito, tanto los teléfonos de la persona que llama como los del destinatario, así como las redes, tienen que admitir la función (Forsberg, 2013).

2.7.7. Bandas de Frecuencias

El estándar LTE cubre un rango de muchas bandas diferentes, cada una de las cuales está designada por una frecuencia y un número de banda. En América del Norte se usan 700, 750, 800, 850, 1900, 1700/2100 (AWS), 2300 (WCS) 2500 y 2600 MHz (Rogers Communications, Bell Canada) (bandas 2,

4, 5, 7, 12, 13, 17, 25, 26, 30, 41); 2500 MHz en América del Sur; 700, 800, 900, 1800 y 2600 MHz en Europa (bandas 3, 7, 20); 800, 1800 y 2600 MHz en Asia (bandas 1, 3, 5, 7, 8, 11, 13). , 40) y 1800 MHz y 2300 MHz en Australia y Nueva Zelandia (bandas 3, 40). Como resultado, los teléfonos de un país pueden no funcionar en otros países. Los usuarios necesitarán un teléfono con capacidad multibanda para roaming internacional (Beaver, 2011).

CAPÍTULO 3: ANALISIS DE LA PROPUESTA DEL PROYECTO

En base a los antecedentes y respaldo teórico presentado en el capítulo anterior, la presente propuesta de ESTUDIO Y ANALISIS DE UNA NUEVA RADIO BASE PARA PROVEER SERVICIOS DE TELEFONIA MOVIL LTE EN EL SUROESTE DE GUAYAQUIL se fundamentará en el material científico y teórico disponible referente al funcionamiento de las radio bases, su estructura, componentes e implementación dentro del marco contextual citado, afianzando la necesidad de su planificación como alternativa de suma importancia para la idónea vinculación de sus habitantes hacia las tecnologías de Evolución de Largo Plazo o LTE mediante el uso de sus dispositivos de telefonía móvil.

De esta manera, la comunidad se beneficia con un servicio de calidad con cobertura que cumpla las especificaciones necesarias para el abastecimiento de la población, no solo en casos de afluencia masiva de público sino también en su uso diario.

Además de la ejecución de conocimientos teóricos y prácticos en el área de ingeniería en telecomunicaciones, en el que se despliegan a su necesario uso ramas científicas como la física, la electrónica, entre otras, se han empleado técnicas estándar para la investigación científica en todo el espectro de recopilación de datos y conocimientos, de suma importancia para determinar en primera instancia la necesidad prioritaria o problemática del

proyecto, además de su aceptación dentro del contexto geográfico en el que se desenvuelve.

La consecuente elaboración del proyecto se respaldará en bases y metodologías de investigación acorde a los requerimientos técnicos y científicos de recolección de datos para el análisis del impacto comercial y los beneficiarios en la implementación de una radio base para suplir la cobertura de red necesaria en el uso de dispositivos de telefonía móvil. La presente propuesta y análisis depende de la opinión y necesidades de los habitantes del contexto geográfico de referencia, ya que son los beneficiarios quienes se encuentran inmersos en el ámbito motivo de estudio.

3.1. Métodos de Investigación.

La investigación exploratoria, descriptiva e incluso explicativa es de importancia para identificar los datos que se suscitan antes y después del estudio y análisis de una nueva radio base para proveer servicios de telefonía LTE en el suroeste de la ciudad de Guayaquil. La observación experimental es la metodología competente para verificar algunos aspectos que a simple vista son notorios, pero por sobre todo el uso de herramientas de recopilación de datos como las encuestas, entrevistas y focus group.

3.2. Población y Muestra

La porción susceptible de estudio del universo poblacional compuesta por un número representativo del mismo se denomina muestra; aplicando el

muestreo probabilístico de manera que se seleccione aleatoriamente una muestra de la población será clave para la formulación y ejecución de las encuestas en base a cuestionamientos organizados de manera sistemático que arrojará las respuestas que deberán ser debidamente clasificadas, tabuladas, analizadas e interpretadas y que generarán los datos necesarios para el moldeamiento de criterios y consecuente elaboración de la propuesta.

La fórmula presentada a continuación será esencial para determinar el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{Ne^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Población finita (Fórmula estándar).

Dónde:

- N = tamaño de la población
- n = Tamaño de la muestra
- e = error máximo admisible (al 5%).
- Z = Coeficiente de corrección del error
- PQ = constante de la varianza poblacional
- P = probabilidad de éxito
- Q = 1 – P

Los datos de la población se tomaron de la parroquia Febres Cordero, con 343836 habitantes, y de la parroquia Letamendi con 95943 habitantes, acorde a datos oficiales del INEC (2014).

$$n = \frac{[(439779)(0.5^2)(2.34^2)]}{[(0.05^2)(439779-1)+(0.5^2)(2.34^2)]} = 500$$

La muestra seleccionada para las encuestas debe ser de un aproximado mínimo de 500 individuos.

3.3. Métodos, técnicas e instrumentación de recolección de datos.

3.3.1. Metodología de recolección y agrupación de datos.

A continuación, se presentan los métodos y técnicas de recolección y agrupación de datos, empleadas en la actual tesis:

Método hipotético – deductivo: La formulación de una hipótesis a partir de datos generales es esencial para ejecutar análisis individuales de los elementos que permitan la comprobación experimental de la hipótesis y por ende la deducción de hechos; en el presente proyecto es necesario para determinar la efectividad de la propuesta y determinar posterior a su aplicación como incidió positivamente en las hipótesis planteadas en el capítulo 1 para así proceder a desarrollar el estudio y análisis de una nueva radio base para proveer servicios de telefonía LTE en el suroeste de la ciudad de Guayaquil.

Método analítico: Sistematiza y da coherencia a los elementos de un fenómeno mediante una revisión progresiva y ordenada, por ende en el contexto presentado se analizarán las ventajas y desventajas de la aplicación de una nueva radio base para proveer servicios de telefonía LTE en el suroeste de la ciudad de Guayaquil y cómo beneficia a los usuarios de telefonía móvil de esta zona de la urbe, considerando todas las variables existentes.

Método sintético: Sintetiza los resultados que se obtuvieron mediante el análisis previo, unificando las deducciones bajo una teoría universal, de manera que con esta información se compruebe fehacientemente la hipótesis, este método es aplicado en la propuesta con la finalidad de determinar y elaborar las soluciones pertinentes para la implementación de una nueva radio base para proveer servicios de telefonía LTE en el suroeste de la ciudad de Guayaquil.

Método cuantitativo: La metodología cuantitativa habilita al investigador medir empleando magnitudes numéricas que deben ser estudiadas en base a herramientas estadísticas, será aplicado para determinar la cantidad de opiniones favorables a la propuesta mediante la realización de una encuesta a consumidores.

Los datos deben ser correctamente medidos de forma numérica con la finalidad de examinar la información y datos obtenidos numéricamente expresándolos de forma estadística para mejor organización y discernimiento de la información, por su naturaleza deductiva este método deberá apoyarse en encuestas realizadas los habitantes de las parroquias Febres Cordero y Letamendi ubicadas al suroeste de la ciudad de Guayaquil.

3.3.2. Técnicas de recolección de datos.

La recolección de datos implica la aplicación de diversas técnicas detalladas a continuación:

Investigación documental o bibliográfica: Las fuentes de naturaleza bibliográfica o diversos documentos que contengan información pertinente son la base de este tipo de investigación, que se puede además basar en libros, internet, servidores de datos de institutos, entre otros.

Investigación de campo: Se basa en la investigación que se efectúa en el campo donde se desarrollan los hechos, mediante actividad empírica para recopilar datos y elementos que habiliten al investigador analizar y observar el fenómeno en persona, con la finalidad de perfeccionar los resultados de la indagación, en este caso se ha visualizado la inconformidad de los usuarios de telefonía móvil en el sector suroeste de la ciudad Guayaquil, al no manifestarse satisfechos con la cobertura de red que les brindan sus respectivas operadoras telefónicas.

FocusGroup: Permite establecer un contacto directo con varios individuos objeto de la investigación al mismo tiempo, proveyendo ideas en conjunto referentes a la percepción de la implementación de una nueva radio base para proveer servicios de telefonía LTE en el suroeste de la ciudad de Guayaquil, porque representan las opiniones de los usuarios esenciales para la formulación de ideas para la elaboración de la propuesta.

3.3.3. Herramientas de recolección de datos.

La Entrevista: Esta técnica de carácter cualitativo permite recopilar información mediante diálogo personal con el entrevistado, siendo una

herramienta muy útil para establecer causas por las que sucede un fenómeno, en este caso será dirigida a los habitantes de las parroquias Febres Cordero y Letamendi ubicadas al suroeste de la ciudad de Guayaquil.

La Encuesta: Es una herramienta de investigación que pertenece a la rama de indagación descriptiva no experimental que tiene como objetivo recopilar información mediante un cuestionario diseñado con antelación, sin alterar el entorno ni la situación donde se obtienen los datos para entregarlo como tríptico, gráfico o tabla.

La información obtenida se recopila en base a un compendio de preguntas establecidas que se dirigen al grupo representativo o muestra o a su población total en términos estadísticos, conformada por individuos de diversa índole pertenecientes a empresas o entes institucionales, con la finalidad de identificar estados de opinión, ideas o hechos específicos.

3.4. Recursos de la investigación.

Para el desarrollo de la investigación es indispensable contar con los recursos humanos necesarios para la recopilación y análisis de datos, además de material físico como herramientas tecnológicas y suministros académicos, además de la importancia de un presupuesto económico para cubrir gastos generales del investigador en su desempeño de indagación de campo y actividades varias durante el proceso de la investigación y

elaboración de la presente tesis, todo esto solventado por el autor de la propuesta.

3.5. Procesamiento de la información y análisis de datos.

La información obtenida pasará por un proceso de análisis y tabulación mediante herramientas digitales como los programas Microsoft Excel e IBM SPSS Statistics, mientras que la interpretación de los resultados se realizará en el programa Microsoft Word.

3.6. Presentación de resultados.

La estadística descriptiva y deductiva es esencial para la interpretación de los resultados obtenidos, mediante una clasificación e identificación sistematizada y con orden determinado expuesta en gráficos y cuadros que permitan la simplificación de contenido haciendo más fácil su interpretación, de manera que se verifiquen ordenadamente que los resultados sean de naturaleza favorable o no a los objetivos de la investigación mediante la opinión de los encuestados.

3.7. Modelo de Encuesta.

Como parte fundamental para la recolección de datos e información susceptible a análisis y toma de decisiones, en referencia al estudio y análisis de una nueva radio base para proveer servicios de telefonía LTE en el suroeste de la ciudad de Guayaquil y su probable grado de aceptación por parte de los usuarios del sector suroeste de la urbe, se utiliza la encuesta con

las interrogantes necesarias para la visualización de las opiniones de los implicados.

A continuación, se presenta el modelo de encuesta empleado con las preguntas y opción múltiple en detalle para la obtención de datos durante la entrevista a los habitantes de las parroquias Febres Cordero y Letamendi de la ciudad de Guayaquil.

ENCUESTA

A habitantes del Suroeste de la ciudad de Guayaquil pertenecientes a las parroquias Febres Cordero y Letamendi

1. ¿Es Ud. habitante del sector suroeste de la ciudad de Guayaquil?

Sí

No

2. Seleccione la parroquia a la que pertenece:

Febres Cordero

Letamendi

3. ¿Durante cuánto tiempo Ud. emplea la telefonía celular como medio de comunicación?

1 año

3 años

5 años

7 años o más

4. ¿Se siente satisfecho con el servicio que le brinda su operadora telefónica en este sector?

Satisfecho

Indiferente

Insatisfecho

5. ¿Cómo califica la calidad de recepción de señal?

Buena

Indiferente

Pésima

6. ¿En eventos de concurrencia masiva es común que la señal no abastezca a todos los usuarios?

Sí

No

7. ¿Qué tan concurrente es esta situación, y demás problemas en la recepción de señal de su teléfono celular?

Muy frecuente

Frecuente

Indiferente

No sucede

8. ¿Su operadora telefónica de preferencia le ha brindado soluciones a sus inconvenientes?

Sí

No

9. ¿Tiene conocimiento de la existencia de diversas redes y su poder de recepción de señal?

Sí

No

10. ¿Conoce los beneficios de los servicios de telefonía LTE?

Sí

No

11. ¿Considera conveniente la implementación de nuevas radios bases en el sector que reside para mejorar la calidad de su servicio de telefonía celular?

- Muy conveniente
- Positivo
- Indiferente
- No es necesario

12. ¿Cree Ud. que es necesario implementar nuevas radio bases en otros puntos de la ciudad que carezcan de abastecimiento de red? (Si su respuesta es Sí, cite el sector)

- Sí
- No

3.8. Presentación de datos.

Una vez recopilada y procesada la información, se procede a presentar los resultados en cuadros y gráficos estadísticos de manera adecuada, de forma tal que contribuya a una mejor comprensión y exposición de dichos resultados, en función de los objetivos de la tesis.

Con los resultados obtenidos mediante encuestas realizadas a la población de la zona suroeste de la ciudad de Guayaquil, comprendida por las parroquias Febres Cordero y Letamendi, se efectuaron gráficos tipo pastel en el software Microsoft Excel. Se observa en este tipo de gráfico los resultados porcentuales de cada una de las interrogantes del cuestionario.

3.9. Análisis e interpretación de datos.

Posteriormente de aplicados los instrumentos de investigación los resultados son analizados en Microsoft Excel, en donde se efectuó el almacenamiento de los datos obtenidos, con el fin de realizar un estudio por medio de tablas y gráficos.

3.9.1. Análisis de los resultados de las encuestas a los clientes de la empresa LERIDANCHIR S.A. de la ciudad de Guayaquil.

Las encuestas fueron realizadas a 500 individuos en una encuesta puerta a puerta a los domicilios de habitantes de las parroquias Febres Cordero y Letamendi, en el suroeste de la ciudad, a continuación, se presentará a detalle los resultados.

Resultados de las encuestas:

1. ¿Es Ud. habitante del sector suroeste de la ciudad de Guayaquil?

Tabla 1. Pregunta 1 Encuesta

Ítems	Personas	Porcentaje
si	500	100%
no	0	0%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

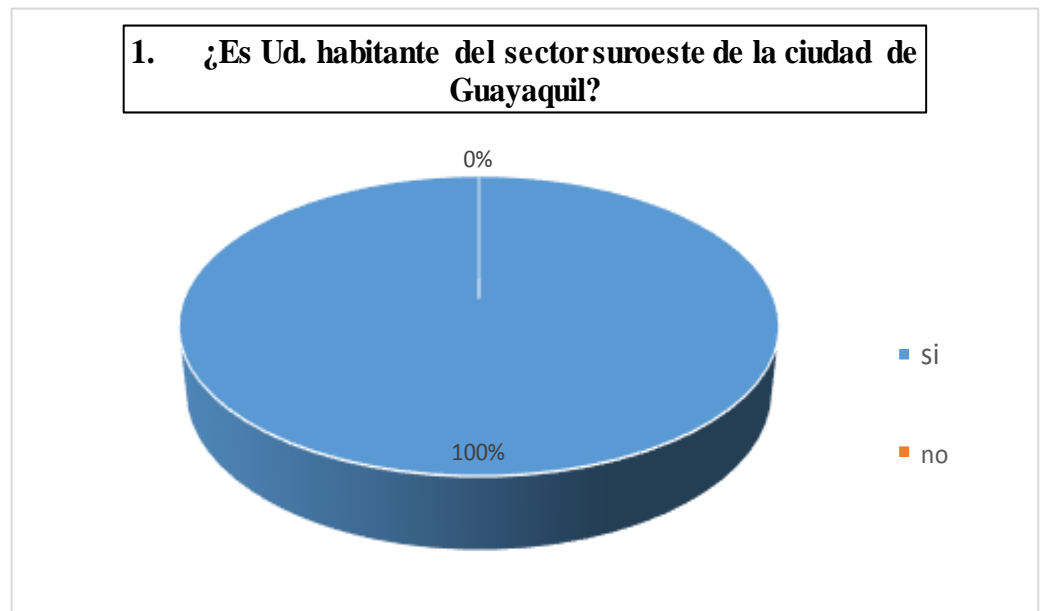


Figura 3. 1: Encuesta 1
Elaborado por: Autor

2. Seleccione la parroquia a la que pertenece:

Tabla 2. Pregunta 2 Encuesta

Items	Personas	Porcentaje
Febres Cordero	320	64%
Letamendi	180	36%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

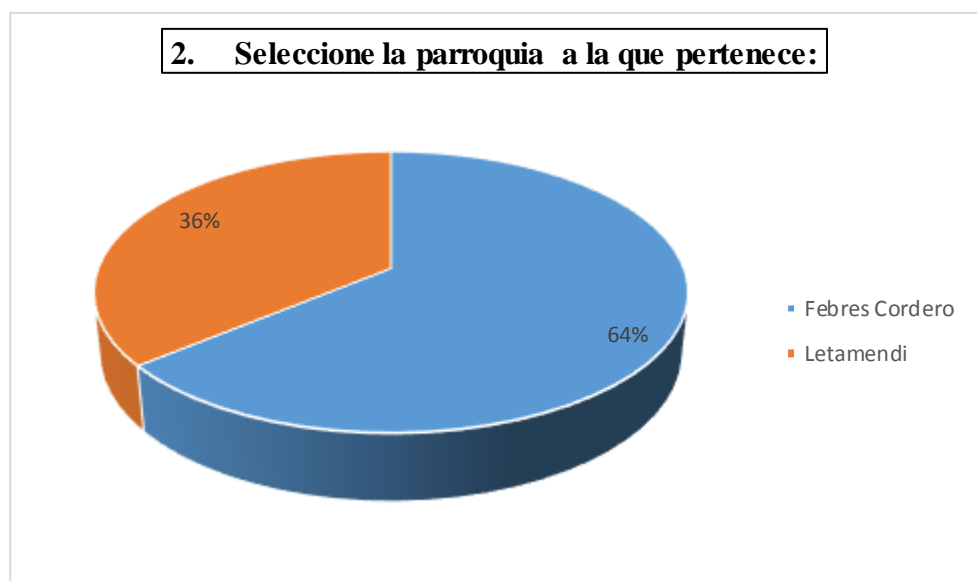


Figura 3. 2: Encuesta 2
Elaborado por: Autor

3. ¿Durante cuánto tiempo Ud. emplea la telefonía celular como medio de comunicación?

Tabla 3. Pregunta 3 Encuesta

Items	Personas	Porcentaje
1 año	30	6%
3 años	40	8%
5 años	25	5%
7 o mas años	405	81%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

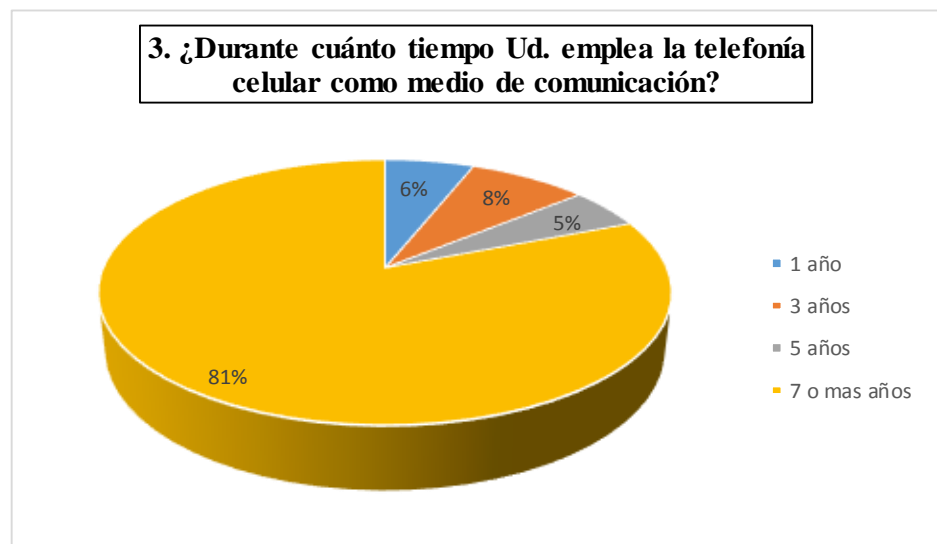


Figura 3. 3: Encuesta 3
Elaborado por: Autor

4. ¿Se siente satisfecho con el servicio que le brinda su operadora telefónica en este sector?

Tabla 4. Pregunta 4 Encuesta

Items	Personas	Porcentaje
Satisfecho	29	6%
Indiferente	33	7%
Insatisfecho	438	88%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla



Figura 3. 4: Encuesta 4
Elaborado por: Autor

5. ¿Cómo califica la calidad de recepción de señal?

Tabla 5. Pregunta 5 Encuesta

Items	Personas	Porcentaje
Buena	27	5%
Indiferente	34	7%
Pésima	439	88%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

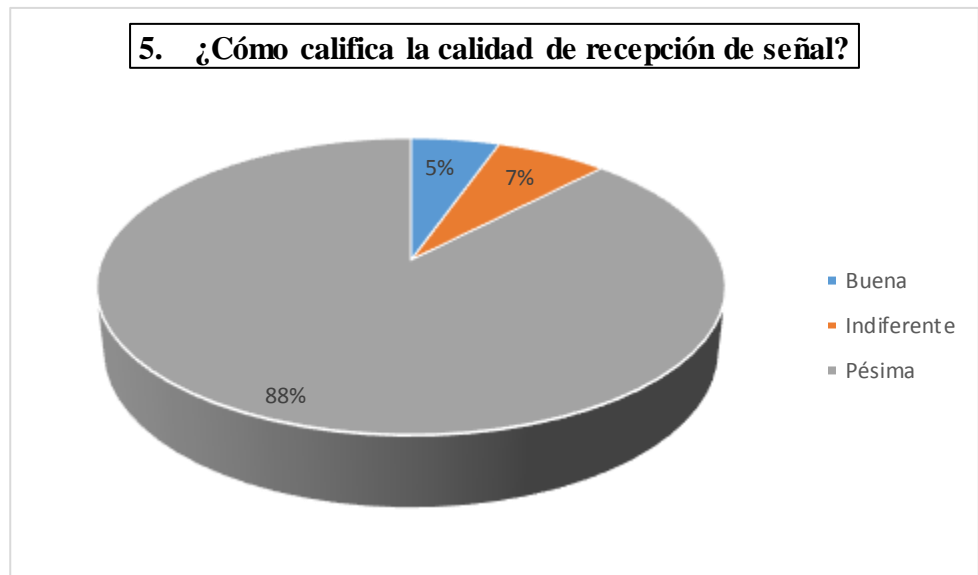


Figura 3. 5: Encuesta 5
Elaborado por: Autor

6. ¿En eventos de concurrencia masiva es común que la señal no abastezca a todos los usuarios?

Tabla 6. Pregunta 6 Encuesta

Items	Personas	Porcentaje
Si	487	97%
No	13	3%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

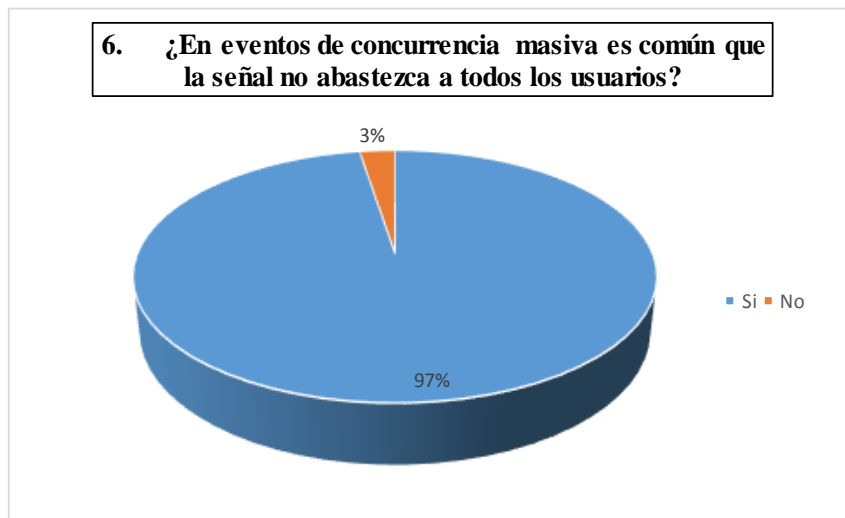


Figura 3. 6: Encuesta 6
Elaborado por: Autor

7. ¿Qué tan concurrente es esta situación, y demás problemas en la recepción de señal de su teléfono celular?

Tabla 7. Pregunta 7 Encuesta

Items	Personas	Porcentaje
Muy frecuente	410	82%
Frecuente	50	10%
Indiferente	30	6%
No sucede	10	2%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

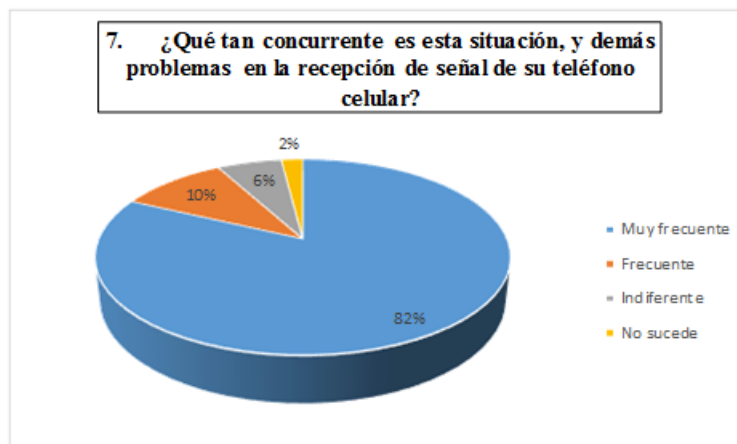


Figura 3. 7: Encuesta 7
Elaborado por: Autor

8. ¿Su operadora telefónica de preferencia le ha brindado soluciones a sus inconvenientes?

Tabla 8. Pregunta 8 Encuesta

Items	Personas	Porcentaje
Si	100	20%
No	400	80%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

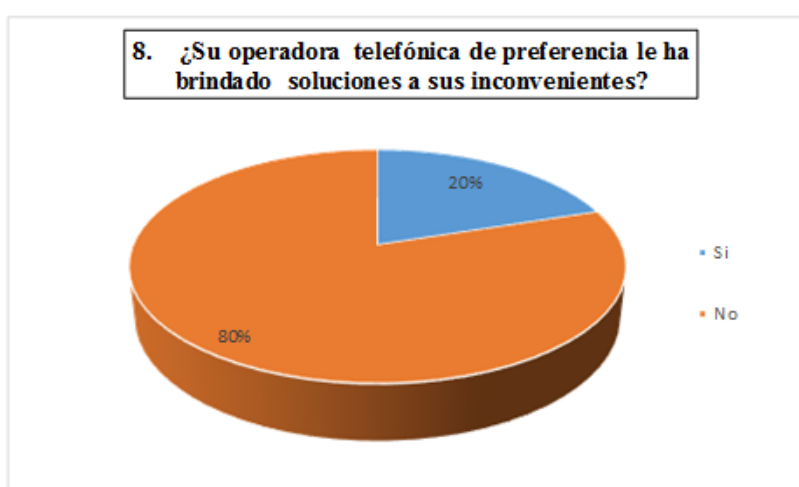


Figura 3. 8: Encuesta 8
Elaborado por: Autor

9. ¿Tiene conocimiento de la existencia de diversas redes y su poder de recepción de señal?

Tabla 9. Pregunta 9 Encuesta

Items	Personas	Porcentaje
Si	185	37%
No	315	63%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

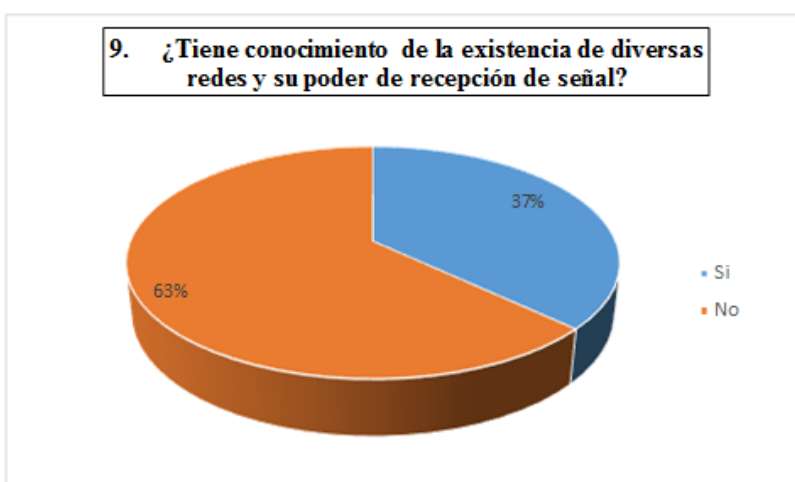


Figura 3. 9: Encuesta 9
Elaborado por: Autor

10. ¿Conoce los beneficios de los servicios de telefonía LTE?

Tabla 10. Pregunta 10 Encuesta

Items	Personas	Porcentaje
Si	110	22%
No	390	78%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

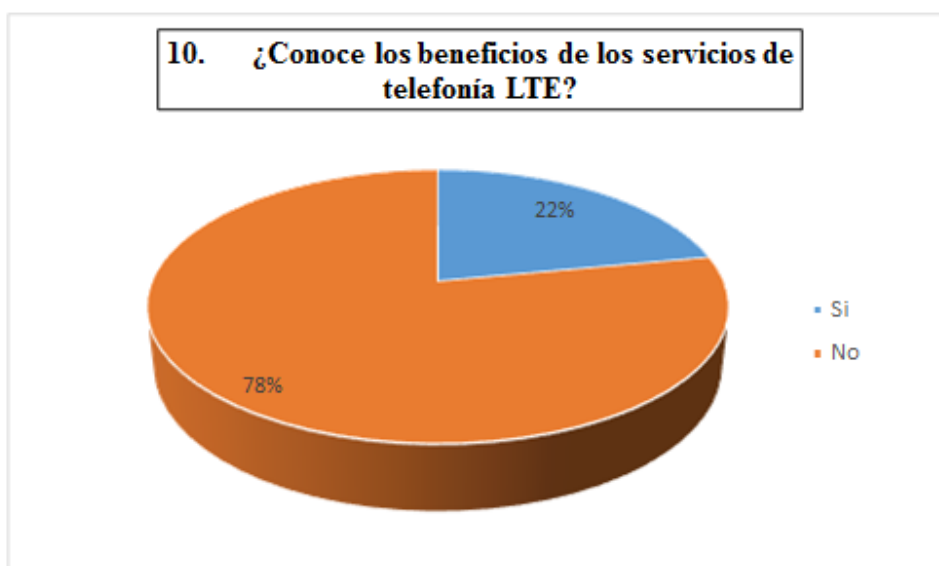


Figura 3. 10: Encuesta 10
Elaborado por: Autor

11. ¿Considera conveniente la implementación de nuevas radios bases en el sector que reside para mejorar la calidad de su servicio de telefonía celular?

Tabla 11. Pregunta 11 Encuesta

Items	Personas	Porcentaje
Muy conveniente	420	84%
Positivo	50	10%
Indiferente	20	4%
No es necesario	10	2%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

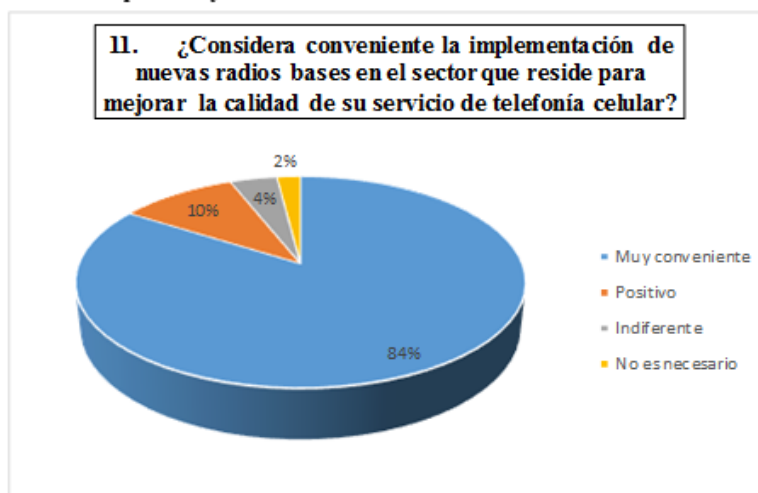


Figura 3. 11: Encuesta 11
Elaborado por: Autor

12. ¿Cree Ud. que es necesario implementar nuevas radio bases en otros puntos de la ciudad que carezcan de abastecimiento de red? (Si su respuesta es Si, cite el sector)

Tabla 12. Pregunta 12 Encuesta

Items	Personas	Porcentaje
Si	300	60%
No	200	40%
Total	500	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

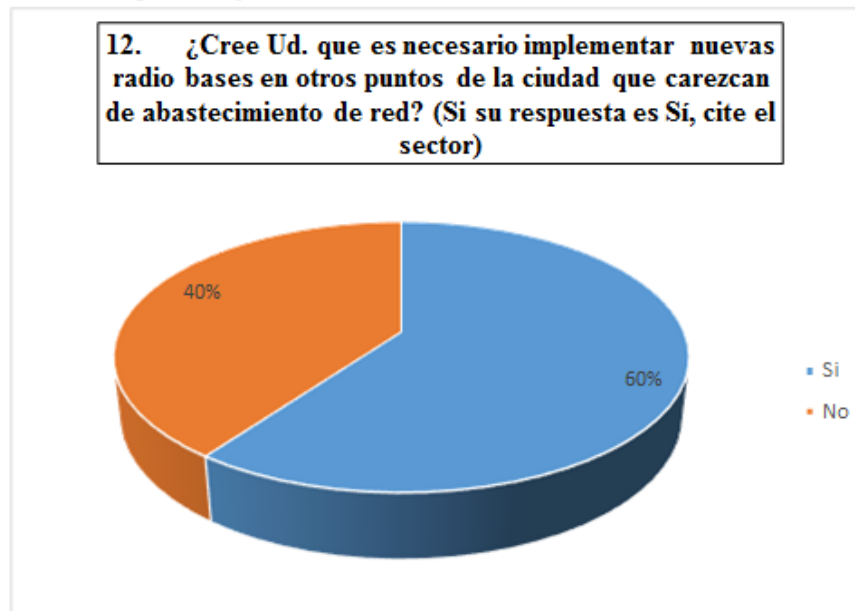


Figura 3. 12: Encuesta 12
Elaborado por: Autor

Tabla 13. Opinión de encuestados sobre parroquias susceptibles a implementación de nuevas radio base

Items	Personas	Porcentaje
Chongon	180	60%
Pascuales	120	40%
Total	300	100%

Elaborado por: Stalyn Veintimilla

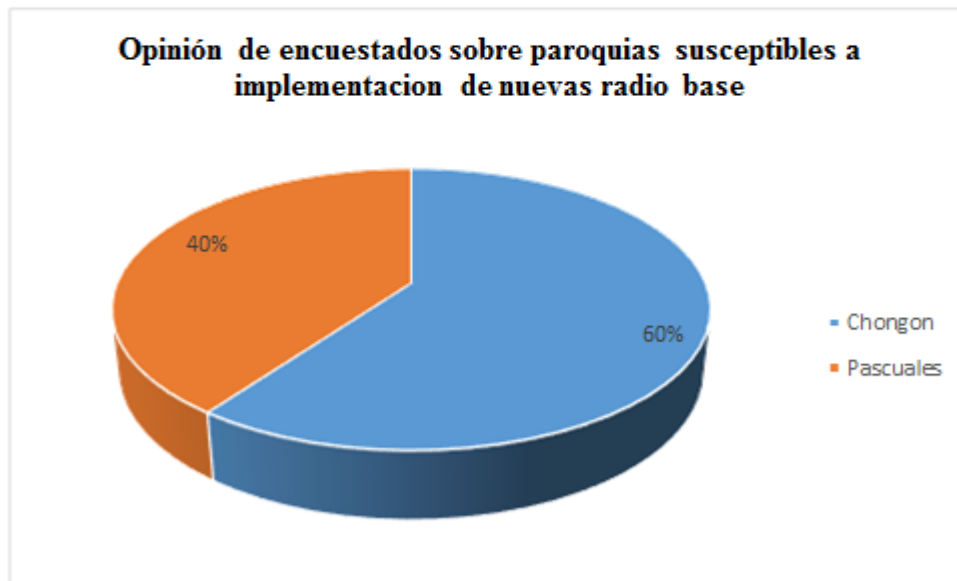


Figura 3. 13: Encuesta 13
Elaborado por: Autor

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

- Los usuarios de telefonía móvil en el sector suroeste de la ciudad de Guayaquil, pertenecientes a las parroquias Febres Cordero y Letamendi representan el claro ejemplo de estudio, seguimiento y análisis de mercado por parte de las compañías telefónicas y del sector proveedor y emprendedor de servicio de telecomunicaciones en el país, por tanto se pudo determinar mediante análisis cuantitativo y encuestas el desabastecimiento de suficientes radio bases que brinden la cobertura necesaria para el número de usuarios y la cantidad de datos que se transfieren en esa zona.
- El crecimiento tecnológico global y a nivel local ha acelerado el proceso de adquisición de nuevos equipos de telecomunicaciones, sobre todo de telefonía móvil y transferencia de datos que no se ha provisto la cobertura necesaria a las zonas de nueva y ahora mayor incidencia y participación de usuarios, por tanto los recursos y estructuras necesarias representan la herramienta necesaria para la idónea provisión y expansión de servicios de telecomunicaciones a nuevas y más lejanas zonas.
- La implementación de radio bases en los distritos del suroeste de la ciudad de Guayaquil representa un beneficio para los usuarios y comunidad en general al permitir una mayor cobertura y rapidez en la

transferencia de datos sobre todo al contar con tecnología LTE que se encuentra acorde a la tecnología de última generación.

4.2. Recomendaciones.

- El continuo análisis y seguimiento de mercado es necesario para proporcionar un idóneo servicio de telecomunicaciones, además de representar una oportunidad de inversión es una mejora en la prestación de servicios que beneficia tanto a compañías como usuarios, el estudio de las zonas y la población, su demografía y aumento de dispositivos móviles son la base para la toma de decisiones y construcción de nuevas estructuras que provean un servicio de calidad.
- El diseño de la radio base en el suroeste de la ciudad de Guayaquil, proveerá a dos grandes distritos de la urbe, como lo son la parroquia Febres Cordero y Letamendi, por tanto se debe ejecutar un continuo mantenimiento de la estructura para que la transferencia de datos y red se mantengan bajo un correcto estándar y funcionamiento, con el equipo de contingencia necesario y el personal disponible con experiencia técnica en ingeniería que administre las instalaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Silva Bustillos, R., & Gárate Pirela, J. (2013). Desarrollo de una interfaz bioelectrónica para establecer comunicación eléctrica con poblaciones neuronales. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 28(4), 35–47.
- Coca-Rodríguez, A., & Lorenzo-Ginori, J. V. (2014). Effects of Interpolation on Segmentation in Cell Imaging. *Computación y Sistemas*, 18(1), 97–109. <http://doi.org/10.13053/CyS-18-1-2014-021>
- Delrieux, C., Ramoscelli, G., & Chiaradía, D. (2001). Visualización y procesamiento de imágenes satelitales. Presentado en III Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/10915/21753>
- Fadnavis, S. (2014, octubre). Image Interpolation Techniques in Digital Image Processing: An Overview. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 4(10), 70–73.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital image processing* (2nd ed). Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- Kulkarni, S. R. (2012). ELE 201: Information Signals - Course Notes. Recuperado el 17 de junio de 2016, a partir de <https://www.princeton.edu/~cuff/ele201/kulkarni.html>
- Moreno, R. G., Martínez, M. A., Nakano, M., & Pérez, H. M. (2014). Desarrollo de Algoritmos para Muestreo Compresivo Aplicado a Señales de Audio. *Información tecnológica*, 25(5), 137–146. <http://doi.org/10.4067/S0718-07642014000500019>
- Platero, C. (2010). Microsoft Word - cap3_IntroProv1.5.doc - cap3ProcesadoImagv1.pdf. Recuperado el 17 de junio de 2016, a partir de <http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/Robotica/ApuntesVA/cap3ProcesadoImagv1.pdf>
- Prajapati, A., Naik, S., & Mehta, S. (2012). Evaluation of Different Image Interpolation Algorithms. *International Journal of Computer Applications*, 58(12), 6–12. <http://doi.org/10.5120/9332-3638>

- Romberg, J., & Johnson, D. (2005). Aliasing. Recuperado el 28 de diciembre de 2016, a partir de <http://cnx.org/contents/YTl6PdRc@3/Aliasing>
- Goggin, Gerard, Global Mobile Media (2011), Nueva York: Routledge, pág. 176.
- Haring, John (2008). "Telecomunicaciones". En David R. Henderson (ed.). Concise Encyclopedia of Economics (2ª ed.). Biblioteca de Economía y Libertad.
- OCDE (2011), Servicio universal y reestructuración de tarifas en las telecomunicaciones, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).
- Wheen, Andrew (2011). Dot-Dash a Dot.Com: Cómo evolucionaron las telecomunicaciones modernas desde el telégrafo a Internet. Springer.
- Hilmes, Michele (2011) Network Nations: Una historia transnacional de la radiodifusión estadounidense y británica
- John, Richard. Network Nation: Inventing American Telecommunications (Harvard U.P. 2010)
- Noll, Michael (2007). La evolución de los medios, Rowman y Littlefield
- Poe, Marshall T. (2011). Una historia de las comunicaciones: los medios de comunicación y la sociedad De la evolución del habla a la Internet Cambridge University Press, 2011) 352 páginas
- Wu, Tim. (2010) The Master Switch: La subida y la caída de los imperios de la información
- Attenborough, Keith (2008). "Revisión de los efectos de suelo sobre la propagación del sonido exterior a partir de fuentes continuas de banda ancha". Acústica Aplicada.
- John P. Shanidin (9 de septiembre de 1949). "Antena". Patente de EE.UU. Obtenido el 2 de enero 2017).
- Ender Ayanoglu; Clavo Akar. (2011). "RDSI-B (Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha)". Centro para Comunicaciones y Computación Pervasivas, UC Irvine.
- Carl Stephen Clifton (2007). Lo que todo ingeniero debe saber acerca de las comunicaciones de datos. CRC Pulse. pag. 64.
- Poe (2001). Banda ancha: Modulación de la señal de datos
- Clifton, Carl Stephen (2007). Lo que todo ingeniero debe saber acerca de las

comunicaciones de datos. Nueva York: M. Dekker. pag. 64. Obtenido el 21 de diciembre de 2016.

Suplemento 802.3: Unidad de conexión de banda ancha media y especificaciones de medio de banda ancha, tipo 10BROAD36 (Sección 11)". IEEE Asociación de Estándares. 1985. Consultado el 29 de diciembre de 2016.

Paula Musich (2009). Banda Ancha.

"Definición: banda ancha". (2011). Norma Federal 1037C, Glosario de Términos de Telecomunicaciones.

HTI + Home Tecnología Integración y CEDIA Installer I All-in-One Exam Guide" (2010). Google.es.

Mark Sweney (2008). "BT Vision cuenta con 150.000 clientes | Media". El guardián.

El Plan Nacional de Banda Ancha (2011). Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos.

Hart, Jeffrey A .; Reed, Robert R .; Bar, François (2002). "La construcción de Internet". Política de Telecomunicaciones.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Veintimilla Adrián, Stalyn Santiago** con C.C: # 0930973854 autor del Trabajo de Titulación: **“Estudio y análisis de una nueva radio base para proveer servicios de telefonía móvil Lte en el suroeste de Guayaquil”** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de Marzo de 2017

f. _____

Nombre: Veintimilla Adrián, Stalyn Santiago

C.C: 0930973854



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	ESTUDIO Y ANALISIS DE UNA NUEVA RADIO BASE PARA PROVEER SERVICIOS DE TELEFONIA MOVIL LTE EN EL SUROESTE DE GUAYAQUIL		
AUTOR(ES)	VEINTIMILLA ADRIAN, STALYN SANTIAGO		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Bohórquez Escobar, Bayardo Celso		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de Marzo de 2017	No. DE PÁGINAS:	128
ÁREAS TEMÁTICAS:	Transmisión, Comunicaciones Inalámbricas, Telemática.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	LTE, UMTS/3G, OFDMA, FDD, TDD, LATENCIA.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>Las telecomunicaciones hoy en día son el medio más fácil, ágil y rápido que utilizan las personas para comunicarse. La conectividad constante de los usuarios y el rendimiento entre los dispositivos, conlleva muchas veces a una sobrepoblación en las conexiones inalámbricas, al punto de no llevar un correcto proceso referente a la distribución de la información, presentando congestión en la red de forma severa y una alta latencia en la transmisión y recepción de datos. La actualización de nuevas tecnologías e incremento de ancho de banda, ayudan a darle un mejor flujo a la distribución de paquetes de datos, obteniendo un incremento en la transferencia de la información. Afortunadamente, la red LTE ofrece sin duda una experiencia totalmente mejorada en cuanto a rendimiento y baja latencia para el usuario. Gracias a una de sus características esenciales basadas en la tecnología OFDMA, el cual nos permite una mayor eficacia en la transmisión de datos y administración de frecuencias.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-2214182 +593-9-88822547	E-mail: stalyn.veintimilla@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Teléfono: +593-9-68366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			