



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**PROPUESTA DE LA TECNIFICACIÓN DE HOMOLOGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE
PROBLEMAS DE INCIDENCIA EN LAS TERMINALES DE TELEFONÍA MÓVIL**

Marco Antonio Martínez Gómez

Asesorado por el Ing. José Antonio de León Escobar

Guatemala, abril de 2013.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE LA TECNIFICACIÓN DE HOMOLOGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE
PROBLEMAS DE INCIDENCIA EN LAS TERMINALES DE TELEFONÍA MÓVIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARCO ANTONIO MARTÍNEZ GÓMEZ

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ ANTONIO DE LEÓN ESCOBAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| VOCAL I | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL III | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz |
| VOCAL V | Br. Sergio Alejandro Donis Soto |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. José Antonio de León Escobar |
| EXAMINADOR | Ing. José Aníbal Silva De Los Ángeles |
| EXAMINADOR | Ing. Romeo Neftalí López Orozco |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE LA TECNIFICACIÓN DE HOMOLOGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE PROBLEMAS DE INCIDENCIA EN LAS TERMINALES DE TELEFONÍA MÓVIL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Mecánica Eléctrica, con fecha 15 de noviembre de 2010.

Marco Antonio Martínez Gómez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 8 de noviembre de 2012

Ing. Carlos Guzmán
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado "PROPUESTA DE LA TECNIFICACIÓN DE HOMOLOGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE PROBLEMAS DE INCIDENCIA EN LAS TERMINALES DE TELEFONÍA MÓVIL", elaborado por el estudiante Marco Antonio Martínez Gómez.

El mencionado trabajo llena los requisitos para dar mi aprobación, e indicarle que el autor y mi persona somos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Atentamente,

M.A. José Antonio de León Escobar
INGENIERO ELECTRONICO
COL. 8,281

Asesor

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 02. 2013.

Guatemala, 15 de NOVIEMBRE 2012.

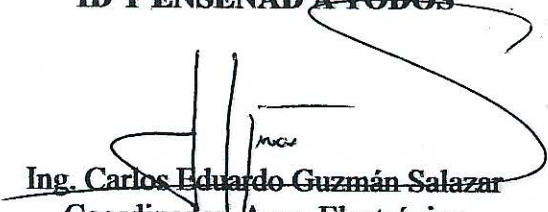
Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**“PROPUESTA DE LA TECNIFICACIÓN DE HOMOLOGACIÓN
PARA LA REDUCCIÓN DE PROBLEMAS DE INCIDENCIA EN LAS
TERMINALES DE TELEFONÍA MÓVIL”** del estudiante Marco
Antonio Martínez Gómez, que cumple con los requisitos establecidos
para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Área Electrónica



CEGS/sro



REF. EIME 03. 2013.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; MARCO ANTONIO MARTÍNEZ GÓMEZ titulado: “PROPUESTA DE LA TECNIFICACIÓN DE HOMOLOGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE PROBLEMAS DE INCIDENCIA EN LAS TERMINALES DE TELEFONÍA MÓVIL”, procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 7 DE FEBRERO 2,013.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE LA TECNIFICACIÓN DE HOMOLOGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE PROBLEMAS DE INCIDENCIA EN LAS TERMINALES DE TELEFONÍA MÓVIL**, presentado por el estudiante universitario **Marco Antonio Martínez Gómez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz **Reinos**
Decano



Guatemala, abril de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Marco Tulio Martínez y Bedsabia Gómez por su total entrega, paciencia y dedicación para que pudiera ser profesional.

Mis hermanos

Roberto Pablo, Marianela y Tulio Alberto Martínez Gómez, por su constante apoyo en los momentos difíciles de mi vida.

Mis amigos

Marlon Pérez, Juan Luis Arreaga, Andrés Grajeda, Alex Flores, Victor Murga y a todos mis compañeros y amigos que me ayudaron a lo largo de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Dios | Por ser el ingeniero de ingenieros y a quien le encomendé toda mi carrera universitaria desde el inicio y todas sus bendiciones en mi vida. |
| Facultad de Ingeniería | Por haberme dado la oportunidad de poder crecer y aprender forjando a un nuevo profesional. |
| Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica | Por su apoyo y seguimiento en los diferentes procedimientos establecidos para poder culminar mi carrera. |
| José de León | Por su apoyo y guía incondicional, pero sobre todo profesional a lo largo de este trabajo de graduación. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | IX |
| GLOSARIO..... | XI |
| RESUMEN..... | XV |
| OBJETIVOS..... | XVII |
| INTRODUCCIÓN..... | XIX |
| | |
| 1. FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN..... | 1 |
| 1.1. Definición..... | 1 |
| 1.2. La homologación en terminales móviles y su estructura..... | 2 |
| 1.2.1. Naturaleza de la telefonía celular..... | 4 |
| 1.2.2. Conceptos básicos de la homologación..... | 10 |
| 1.2.3. Protocolos de homologación..... | 12 |
| 1.3. Terminales móviles..... | 16 |
| 1.3.1. Teléfonos celulares..... | 17 |
| 1.3.2. Módems inalámbricos..... | 21 |
| 1.3.3. Enrutadores..... | 28 |
| 1.3.4. Clasificación de terminales por gama..... | 34 |
| 1.3.5. Prototipos..... | 37 |
| 1.3.6. Sistemas operativos y software..... | 40 |
| 1.4. Servicios de la red para terminales móviles..... | 44 |
| 1.4.1. Servicios de voz..... | 44 |
| 1.4.2. Servicios de datos..... | 48 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 2. | ASPECTOS TÉCNICOS EN EL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN .. | 53 |
| 2.1. | Tecnología de red | 53 |
| 2.2. | Rendimiento de potencia..... | 59 |
| 2.3. | Descripción de pruebas en la red..... | 61 |
| 2.3.1. | Pruebas de servicio de voz..... | 62 |
| 2.3.2. | Pruebas de servicio de datos | 66 |
| 2.3.3. | Inter-rat y <i>handover</i> | 74 |
| 2.4. | Restricciones de red..... | 80 |
| 2.5. | Predicción y revisión de prototipos | 83 |
| 3. | DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS Y RESULTADOS EN EL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN | 87 |
| 3.1. | Barrido de pruebas | 87 |
| 3.1.1. | Pruebas de potencia..... | 88 |
| 3.1.2. | Pruebas de radiofrecuencia..... | 91 |
| 3.1.3. | Pruebas de voz..... | 96 |
| 3.1.4. | Pruebas de datos..... | 100 |
| 3.1.5. | Inter-rat | 105 |
| 3.1.6. | <i>Handover</i> | 109 |
| 3.2. | Análisis de pruebas realizadas | 110 |
| 3.2.1. | Parámetros de red | 110 |
| 3.2.2. | Interpretación de resultados | 112 |
| 3.3. | Soporte de los proveedores | 114 |
| 3.3.1. | Detección y resolución de anomalías | 114 |
| 3.3.1.1. | Resolución de fallas técnicas | 116 |
| 3.3.1.2. | Actualización de software..... | 119 |
| 3.4. | Incidencias en homologaciones | 121 |
| 3.4.1. | Método normalizar pruebas | 122 |
| 3.5. | Aprobación de prototipos..... | 124 |

| | | |
|-----------------------|---|-----|
| 3.5.1. | Descripción de formatos | 125 |
| 3.5.2. | Comportamiento final de prototipo en la red | 127 |
| 3.5.3. | Parámetros para rechazar prototipos | 131 |
| 3.5.4. | Parámetros para aprobar prototipos | 132 |
| 3.5.5. | Recomendaciones a los proveedores..... | 134 |
| 3.6. | Validación de prototipo contra terminal comercial..... | 135 |
| 3.6.1. | Proceso de muestreo en terminales comerciales ... | 135 |
| 3.6.2. | Homologación de terminales comerciales | 138 |
| 3.6.3. | Comportamiento en la red | 140 |
| 3.6.4. | Prevención de anomalías en terminales comerciales..... | 142 |
| 3.6.5. | Reprogramación optima a nivel software..... | 144 |
| 3.6.6. | Análisis de resultados contra prototipos | 146 |
| CONCLUSIONES | | 149 |
| RECOMENDACIONES | | 151 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 153 |
| APÉNDICES | | 155 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|-----|
| 1. | Proceso de homologación actual | 2 |
| 2. | Estructura del proceso de homologación en un operador | 3 |
| 3. | Estructura de las células | 7 |
| 4. | Arquitectura básica de una red de telefonía GSM..... | 8 |
| 5. | Imagen Motorola H12-16..... | 17 |
| 6. | Arquitectura de la red UMTS convencional | 22 |
| 7. | Esquema de la conexión USB..... | 24 |
| 8. | Estructura del conector de módem USB | 25 |
| 9. | Módem inalámbrico USB..... | 27 |
| 10. | Estructura del conector del enrutador USB | 30 |
| 11. | Enrutador inalámbrico móvil..... | 31 |
| 12. | Ejemplo del modo de ingeniería en un prototipo móvil..... | 38 |
| 13. | Estructura del sistema operativo móvil..... | 41 |
| 14. | Estructura de interconexión entre redes..... | 57 |
| 15. | Esquema a cumplir en las pruebas de datos | 68 |
| 16. | Funcionamiento de <i>handover</i> | 75 |
| 17. | Modo de ingeniería activo para rendimiento de potencia | 89 |
| 18. | Nivel de potencia Tx y Rx en modo de ingeniería | 89 |
| 19. | Analizador de espectro para pruebas de radiofrecuencia | 92 |
| 20. | Esquema de pruebas en analizador..... | 95 |
| 21. | Nuevo esquema para pruebas de voz..... | 97 |
| 22. | Nuevo esquema para pruebas de datos | 101 |
| 23. | Mapa para realizar <i>drive test</i> | 106 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 24. | Esquema de reporte de anomalías a proveedores o fabricantes..... | 115 |
| 25. | Flujo de resolución de fallas técnicas en los prototipos | 118 |
| 26. | Flujo de resolución de fallas de software en los prototipos..... | 120 |
| 27. | Comportamiento final de prototipo en Inter-rat | 129 |
| 28. | Comportamiento final de prototipo en <i>Soft-handover</i> | 129 |
| 29. | Comportamiento final en parámetros de red estáticos..... | 130 |
| 30. | Flujo de muestreo probabilístico en terminales móviles..... | 137 |
| 31. | Flujo técnico de pruebas para terminales comerciales versus prototipo | 139 |
| 32. | Método de validación para comportamiento en la red por RNC | 141 |
| 33. | Propuesta de muestreo total en retención por fallas técnicas..... | 143 |
| 34. | Flujo de reprogramación óptima de terminales comerciales..... | 145 |
| 35. | Análisis de rendimiento y funcionalidad | 147 |

TABLAS

| | | |
|-------|---|----|
| I. | Protocolos de Homologación..... | 13 |
| II. | Estructura de un teléfono celular | 18 |
| III. | Protocolos para enrutadores inalámbricos | 29 |
| IV. | Estándares de la terminal MiFi | 33 |
| V. | Características de terminales por gama | 35 |
| VI. | Sistemas operativos móviles actuales..... | 43 |
| VII. | Servicios de voz | 46 |
| VIII. | Evolución de los servicios de datos..... | 49 |
| IX. | Bandas GSM utilizadas por región | 54 |
| X. | Regionalización de pruebas para prototipos de banda múltiple | 55 |
| XI. | Funciones para la interconexión..... | 56 |
| XII. | Lineamientos de la tecnología de red para la homologación .. | 58 |

| | | |
|----------|--|-----|
| XIII. | Clases de potencia en terminales..... | 60 |
| XIV. | Pruebas generales del servicio de voz en prototipos..... | 63 |
| XV. | Barrido de pruebas para los servicios de voz a otros servicios..... | 64 |
| XVI. | Parámetros para la aprobación de las pruebas de voz..... | 65 |
| XVII. | Pruebas generales del servicio de datos en los prototipos..... | 67 |
| XVIII. | Pruebas de correo electrónico según protocolo | 71 |
| XIX. | Pruebas de sincronización y compatibilidad de los prototipos..... | 72 |
| XX. | Tipos de <i>handover</i> durante las pruebas de homologación | 76 |
| XXI. | Modalidades a considerar en el traspaso Inter-rat..... | 78 |
| XXII. | Parámetros de validación en Inter-rat y <i>handover</i> | 79 |
| XXIII. | Medidas predictivas para prototipos | 84 |
| XXIV. | Rangos requeridos de potencia celular | 85 |
| XXV. | Pruebas de potencia del prototipo | 90 |
| XXVI. | Barrido de pruebas según la potencia | 91 |
| XXVII. | Componentes de la parte frontal del analizador | 93 |
| XXVIII. | Listado propuesto para pruebas de voz..... | 98 |
| XXIX. | Listado propuesto para pruebas de datos | 102 |
| XXX. | Servicios de valor agregado en pruebas de datos..... | 103 |
| XXXI. | Pruebas de datos sin la presencia de red..... | 104 |
| XXXII. | Parámetros de celdas promedio en <i>drive test</i> para Inter-rat.... | 108 |
| XXXIII. | Parámetros de red para <i>soft-handover</i> y <i>hard-handover</i> | 109 |
| XXXIV. | Resultado de pruebas según parámetros de red..... | 111 |
| XXXV. | Porcentaje de rendimiento según parámetros de red | 113 |
| XXXVI. | Propuesta de resolución de fallas técnicas en prototipo..... | 117 |
| XXXVII. | Pruebas de voz sin normalizar..... | 123 |
| XXXVIII. | Pruebas de voz normalizadas..... | 124 |
| XXXIX. | Formato final de la homologación a prototipos | 125 |

| | | |
|-------|--|-----|
| XL. | Parámetros para rechazo de prototipos | 131 |
| XLI. | Parámetros para aprobación de prototipos | 133 |
| XLII. | Lineamientos de prevención de anomalías | 142 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|---|
| dBm | Decibel relativo a 1 mili watt |
| GHz | Giga hertz |
| Iu | Interfaz UTRAN para UMTS |
| Mbps | Megabits por segundo |
| OS | Operating System (sistema operativo) |
| RJ11 | Registered Jack 11 (conector registrado 11) |
| RJ45 | Registered Jack 45 (conector registrado 45) |
| Rx | Receptor |
| Tx | Transmisor |
| Uu | Interfaz de radio |

GLOSARIO

| | |
|-----------------------|---|
| Analógico | Magnitudes que varían con el tiempo de forma continua y se representan en forma de ondas. |
| Ancho de banda | Cantidad de datos o información que se puede transferir en cierta red en un período de tiempo. |
| Anomalía | Irregularidad o falta de adecuación a lo que es normal o habitual. |
| Antena | Material conductor al cual si se aplica una onda de radio, esta es radiada por el espacio libre. |
| Bus | Toda interconexión entre los diferentes dispositivos de una computadora por la cual se transfiere información. |
| Celular | Dispositivo electrónico que permite realizar múltiples operaciones de forma inalámbrica en cualquier lugar donde tenga señal. |
| Datos | Comunicados por varios tipos de símbolos que describen sucesos y entidades. |
| Decibelios | Unidad que se utiliza para medir la intensidad del sonido y otras magnitudes físicas. |

| | |
|------------------------|---|
| Diodo | Dispositivo semiconductor que permite el paso de la corriente en un solo sentido. |
| Espectro | Resultado de una dispersión de fenómenos ondulatorios en distintas frecuencias. |
| Frecuencia | Cantidad de repeticiones que la describe teniendo un lapso de tiempo predeterminado. |
| Gama | Serie de elementos que forman parte de una misma categoría o clase. |
| Interfaz | Puerto por el cual se transmiten y reciben señales desde un sistema hacia otros. |
| Microprocesador | Circuito electrónico formado por transistores integrados en una pastilla que realiza la función de una unidad central en ordenadores. |
| Ordenador | Artefacto electrónico que recibe y procesa datos con el objetivo de transformarlos en información. |
| Parámetro | Dato considerado como orientativo o impredecible para lograr evaluar una determinada situación o escenario. |
| Potencia | Cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo. |

| | |
|------------------------|--|
| Protocolo | Serie de procedimientos y normas útiles para la transferencia de datos conocidos. |
| Prototipo | Primera muestra de algún producto que se toma como modelo para crear otros del mismo tipo. |
| Radiofrecuencia | Valores altos de frecuencia para todas las ondas electromagnéticas que pueden ser usadas para sistemas de radiocomunicaciones. |
| Radiotransmisor | Artefacto que transmite por radiotelefonía una comunicación. |
| Red | Conjunto de dispositivos que se conectan entre si para transferir datos y compartir información. |
| Señal | Variación de cierta magnitud como la corriente eléctrica utilizado para transmitir información. |
| Sincronización | Varios procesos que se ejecutan al mismo tiempo con el objetivo de completar una tarea. |
| Terminal | Estación móvil en una red celular conocida como dispositivo celular móvil. |
| Tierra | Conexión utilizada para evitar cualquier paso de corriente a un usuario por falla de aislamiento de conductores activos. |

RESUMEN

El presente documento inicialmente define un proceso de homologación, como se maneja en actualidad y se propone una mejora detallada para un área específica de las telecomunicaciones. En el primer capítulo se describe la homologación como la certificación que realizan ciertas compañías o entidades por medio de una serie de pruebas y procedimientos que tiene como meta la aprobación de algún producto o servicio en específico, previo a su distribución comercial a los usuarios finales que están afiliados de alguna manera con dichas compañías, así como la especificación que la homologación también se realiza en las empresas operadoras de las redes de telefonía móvil pública para prever el funcionamiento de terminales móviles, como teléfonos celulares entre otros dispositivos fabricados para los servicios de datos, y respaldar su rendimiento. En el segundo capítulo se detallan los aspectos físicos de esta certificación y su desarrollo por medio de una serie de pruebas específicas a las terminales creando escenarios que un usuario final podría experimentar, sin embargo varias de estas pruebas tienen un trasfondo empírico que no garantiza un rendimiento óptimo siendo pruebas muy triviales y predecibles.

En el tercer y último capítulo se presenta una propuesta de mejora a la homologación de terminales móviles, en donde se hace un análisis y reestructuración de todas las pruebas que las empresas realizan en la actualidad, a través de la tecnificación según los parámetros de una red de telefonía móvil donde se toma en consideración personal calificado a nivel técnico en telecomunicaciones.

Es de lo anterior donde también se detalla que a través de la implementación de nuevas pruebas con lineamientos estadísticos y comparativos, se refuerza la homologación no solo antes de su comercialización, sino posterior a la misma mejorando también el soporte posventa de las terminales móviles, así como la reducción de incidencias garantizando la comercialización de buenos productos.

OBJETIVOS

General

Establecer un proceso de homologación reestructurado para minimizar la problemática de incidencias debido al mal funcionamiento de terminales móviles dentro de la red de los operadores de telefonía móvil pública.

Específicos

1. Describir los conceptos y procedimientos utilizados en el proceso de homologación actual, así como el comportamiento de una red con tecnología móvil que permita comprender dicho proceso.
2. Considerar los aspectos técnicos de una red móvil así como los de una terminal, tomando como referencia las pruebas de una homologación actual para describir y comprender el desarrollo de dichas pruebas.
3. Establecer nuevas pruebas en el proceso de homologación, basados en los parámetros de red y un análisis estadístico que validen el rendimiento de una terminal móvil previa a su comercialización, así como el seguimiento posterior de la misma.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe cierto descontento por muchos usuarios de telefonía móvil a causa del mal rendimiento de su teléfono celular, lo cual ha provocado que el servicio e imagen de las empresas que se dedican a distribuir una red de telefonía móvil pública sea clasificado como deficiente, cuando en realidad no son ellos los fabricantes, donde las quejas y reclamos de estos aparatos se han vuelto recurrentes para muchas de las empresas mencionadas conforme se siguen comercializado diferentes productos móviles.

En teoría estas empresas realizan cierto procedimiento para lograr minimizar este tipo de inconvenientes llamado homologación. Este procedimiento no es más que un desarrollo de pruebas específicas que se realizan a los dispositivos móviles previo a su comercialización, para detectar anomalías técnicas respecto la red de telefonía móvil, sin embargo el inconveniente principal de dicho procedimiento es el hecho que probar dispositivos móviles como una medida preventiva se ha vuelto muy empírico y ambiguo lo que no da visibilidad a algunas anomalías. Esto lo causa la falta de consideración de ciertos aspectos técnicos y la incorrecta interpretación de los resultados de la pruebas como por ejemplo escenarios donde la red móvil posee baja cobertura, las limitantes de la tecnología en los servicios de llamadas de voz por mencionar algunos.

Para mejorar la homologación de terminales móviles se realiza la tecnificación y una innovación de las pruebas, como un refuerzo de detección de todas las anomalías posibles en todos los escenarios que un usuario de las telecomunicaciones móviles puede encontrar.

1. FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN

Actualmente un proceso de homologación conlleva una serie de etapas que dan visibilidad de su funcionamiento y su propósito en una certificación, sin embargo se debe definir para su desarrollo y comprensión en este capítulo.

1.1. Definición

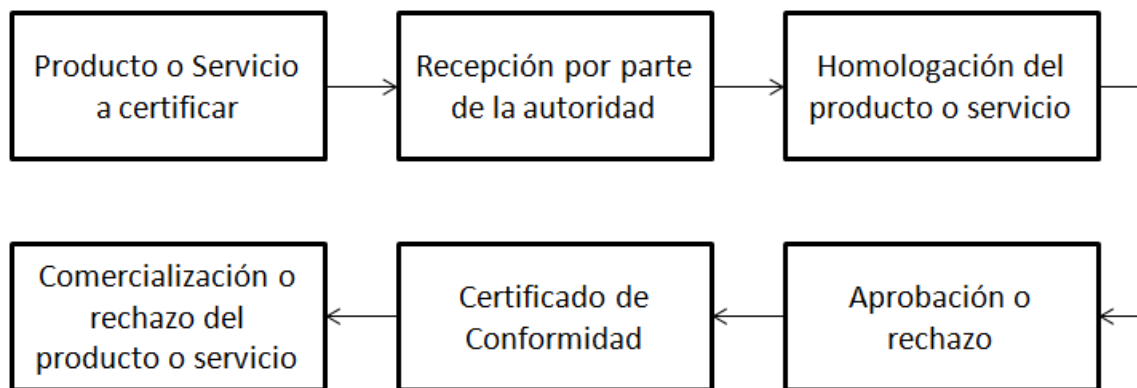
Homologación de forma general consiste en el acto de alguna autoridad competente a través de la cual se da permiso y el aval para que un producto, servicio o procedimiento sea comercializado para ciertos fines establecidos o en las condiciones declaradas en ciertos certificados de conformidad en dicha autoridad o entidad. Lo que significa esta definición es que cualquier autoridad antes de comercializar algún producto o servicio al consumidor final, debe pasar por un proceso de pruebas específicas para poder avalar y certificar, una vez cumpla con las condiciones y lineamientos de conformidad de la autoridad mencionada (tal y como se muestra en la figura 1). Otra definición clara y puntual de homologación es la siguiente: “Es el proceso por el que, una clase, marca y modelo de un determinado equipo de telecomunicaciones es sometido a verificación técnica para determinar si es adecuado para ser operado en una red de telecomunicaciones específica”.¹

Esta última definición es más específica y es el resumen de todos los procedimientos y lineamientos que se manejan actualmente en cualquier compañía de telecomunicaciones que desean certificar algún producto.

¹ PADILLA ALMEIDA, Carlos Alberto. *Diseño de un laboratorio para la homologación de equipos terminales móviles (celulares), manual de procedimiento y registro de datos técnicos*. Ecuador 2006. páginas 109-110.

Hay que tomar en cuenta que el término homologación en este texto se enfoca totalmente en el proceso de homologación en un operador de la red de telefonía móvil pública y sobre todo en terminales móviles, enfatizando que dicho proceso puede ser tomado para construir otros procesos de aprobación diferentes a las telecomunicaciones.

Figura 1. **Proceso de homologación actual**



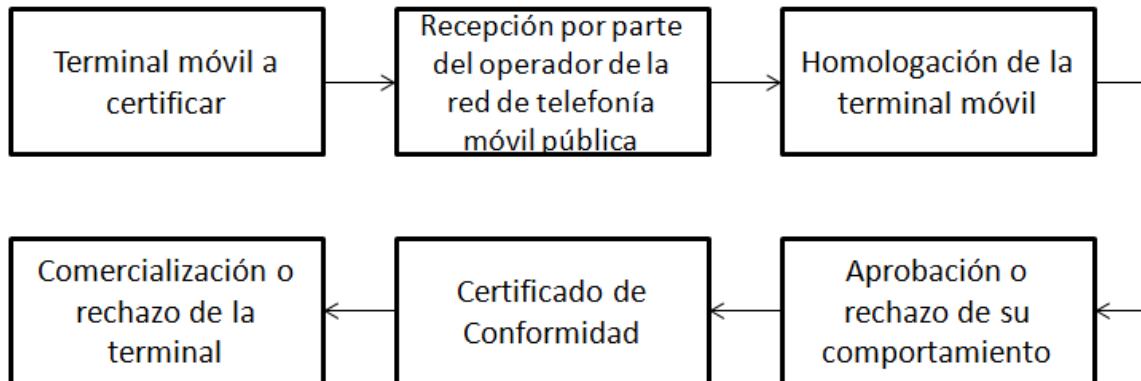
Fuente: elaboración propia.

1.2. La homologación en terminales móviles y su estructura

Ahora que ya se tiene un concepto más amplio del término homologación, se puede desarrollar todo el proceso que aplican las autoridades o compañías que lo ejecutan que en este caso se refiere a los operadores de redes de telefonía móvil pública. Se debe recordar que el enfoque de este proceso es el comportamiento y rendimiento de una terminal móvil. Una terminal móvil es un dispositivo electrónico, que tiene como objetivo tener acceso a ciertos servicios de una red de telefonía móvil (se ampliará este concepto más adelante) y la empresa encargada de proveer la red en cierta región, es la misma que realiza el proceso de homologación de las terminales.

El proceso de homologación de las terminales, así como cualquier proceso por etapas definidas, se detalla en la figura 2.

Figura 2. **Estructura del proceso de homologación en un operador**



Fuente: elaboración propia.

La estructura mostrada en dicha figura, describe el proceso que ciertos operadores manejan actualmente y el objetivo principal es tomar medidas preventivas antes de ser comercializada cierta terminal una vez sea aprobado por dichos operadores.

La primera etapa del proceso describe que debe existir una terminal móvil a certificar. Dicha terminal en todos los casos debe ser un prototipo (primera muestra de la terminal), que los proveedores o fabricantes de terminales móviles ofrecen y no puede ser vendido o comercializado por el operador ya que solo debe ser utilizado para el proceso de homologación. La segunda etapa consiste en que el operador es el único responsable por recibir los prototipos de los proveedores o fabricantes notificando que dará inicio el proceso de homologación.

La tercera etapa es el núcleo del proceso y por el cual depende el buen rendimiento del prototipo, ya que es el barrido de pruebas en la red móvil que deben ser aprobadas, en resumen es el proceso de homologación. Posterior a las pruebas realizadas, el operador reporta las anomalías encontradas y el rendimiento al fabricante y por ende este último deberá resolver dichas anomalías y ya se tiene conocimiento del nivel de rendimiento para su aceptación o rechazo. Como parte del proceso debe existir alguna constancia que respalde la conformidad o inconformidad del rendimiento, por lo que se emite dicha constancia conocida como certificado de conformidad la cual se le entrega al fabricante y es la referencia para que sea válida la comercialización o rechazo formal del prototipo.

Es importante mencionar que si el certificado de conformidad es de aceptación, es la referencia para que sea válida la comercialización del producto no como un prototipo sino como una terminal personalizada para el operador.

A estas alturas ya se comprende que esta estructura tiene una descripción general del proceso en sí, y para poder entenderla de forma puntual hay que entender ciertos conceptos que son un tanto técnicos y la naturaleza de las redes de telefonía móvil celular para el posterior estudio de los protocolos de una homologación formal.

1.2.1. Naturaleza de la telefonía celular

La telefonía celular es considerada como un sistema de comunicación que se presenta a partir del uso de elementos pequeños o células que se conocen como celulares.

En sí la telefonía celular es uno de los avances más importantes y difundidos a nivel mundial en los últimos años y su llegada a millones de personas tiene que ver con la facilidad y la comodidad que otorgan las empresas que se dedican a desarrollar y proveer este sistema (conocidas como operadores) a sus clientes finales para comunicarse desde cualquier lugar y en cualquier horario.

Todo sistema de telefonía celular debe contar con un elemento básico para poder funcionar como tal: la terminal celular o dispositivo celular.

Este elemento simplemente se describe como un dispositivo de dimensiones relativamente pequeñas, que posee conexión inalámbrica a las redes de telefonía móviles que no son las mismas que las de telefonía convencional o tradicional.

La conexión entre ambas partes (red de telefonía y el dispositivo celular), se da a través de ondas o frecuencias que van por otros caminos al de la telefonía regular. Y gracias a esta posibilidad de ser móvil, el teléfono celular permite a la persona moverse sin inconvenientes por cualquier lugar y sin la necesidad de depender de cables o aparatos estáticos, que deban ser mantenidos en un espacio determinado.

Ahora bien, hay que tomar en cuenta que la consecuencia que posee este avance tecnológico, es justamente que la telefonía regular ha perdido en gran cantidad su lugar como elemento de comunicación y si a esto se le añade el hecho de que las terminales celulares se han ido complejizando cada vez más.

Esto implica adaptar funciones alternativas que no se relacionan directamente con la telefonía (entre los cuales se debe mencionar conexión a la red que incluye servicios de datos o internet), es comprensible pensar que más adelante los equipos de telefonía fijos ya habrán desaparecido por completo. A pesar de que la telefonía móvil o celular es proporcionalmente más costosa que la fija, las posibilidades de planes de pago y la comodidad que otorga la hacen un avance inevitablemente necesario para cualquier usuario en cualquier ámbito.

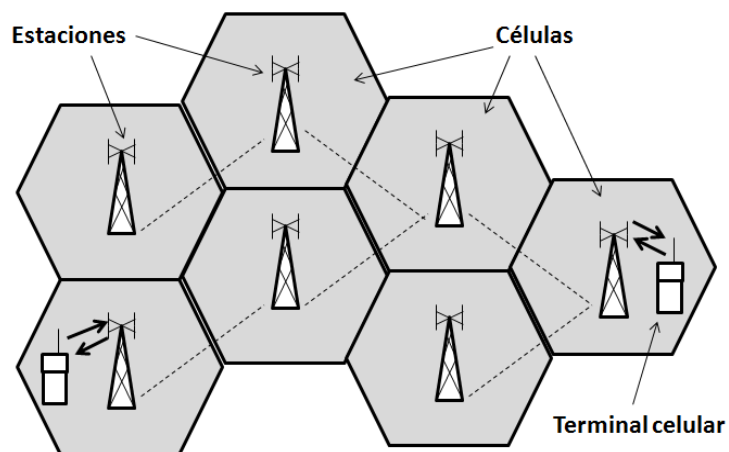
Toda terminal para establecer una conexión con otra necesita primero conectarse con una estación central, que establezca la vía de comunicación entre ambos, en el caso de la telefonía fija lo hace a través de grandes redes de cableado distribuidos en toda la región, pero cuando se trata de telefonía móvil esta comunicación se hace por medio de ondas de radio, sin embargo, estas al cubrir una distancia muy corta limitarían a todos los celulares a no salir de un radio muy corto a la estación central.

Para resolver este inconveniente (ver figura 3), la telefonía celular utiliza estaciones, consistentes en una antena y un pequeño cuarto o habitación con un transmisor-receptor que repite la señal a partir de la terminal celular y la estación central; para dar cobertura a territorios o países grandes, se colocan estas estaciones base en varios puntos, dividiendo el territorio en hexágonos de ciertos kilómetros llamados células; cuando una terminal o teléfono celular entra dentro del área de una célula esta le asigna una frecuencia y establece la comunicación con la estación central, a medida que la señal se va debilitando conforme dicha terminal se aleja de su área, la célula adyacente se activa de tal forma que en el momento que este entre a la nueva área, esta tomará la misma frecuencia y retomará la comunicación con la estación central sin que el usuario siquiera lo note.

Esto conlleva a que se pueda recorrer grandes distancias mientras exista cobertura de antenas en el área. A esta última descripción se le conoce como traspaso (término que se será utilizado más adelante).

En términos generales, así es como se describe la naturaleza de la telefonía móvil, la cual da un mejor panorama del por qué es importante entender el rendimiento de las terminales en una red tan compleja y que además conlleva ciertos parámetros que se deben considerar, como el tipo de tecnología que utilizan todos los operadores y sus características tomando en cuenta que todavía no se han mencionado las de la terminal móvil a detalle.

Figura 3. **Estructura de las células**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

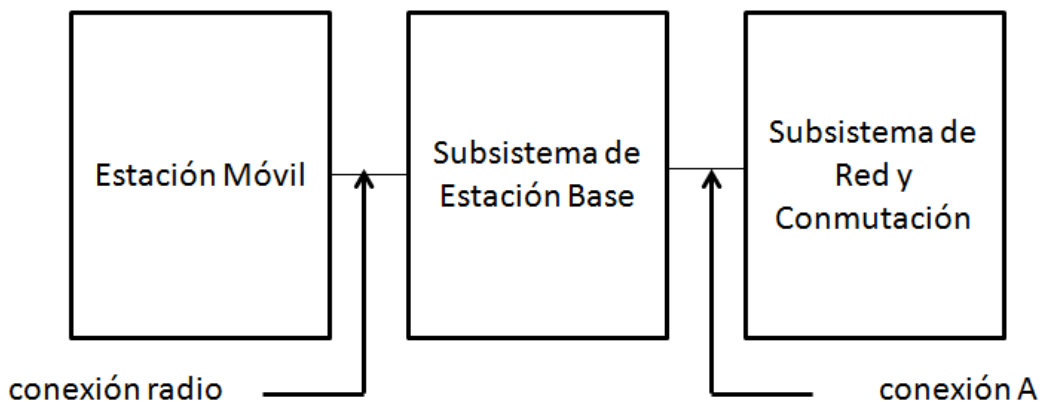
Otro aspecto primordial de la telefonía móvil y el cual se debe entender es la tecnología utilizada en dicha telefonía. Actualmente se utilizan distintas tecnologías y entre ellas se encuentra la fundamental llamada Global System for Mobile Communications (Sistema Global de Comunicaciones para móviles) o GSM que es la base de las tecnologías utilizadas por los operadores.

Esta fue estandarizada por el European Telecommunications Standard Institute (Instituto Europeo para la Estandarización en Telecomunicaciones) entre los años de 1982 y 1992.

La tecnología GSM está compuesta por tres subsistemas que conforman su arquitectura. Dichos subsistemas ejercen funciones puntuales para poder proveer el servicio de telefonía móvil a los usuarios. Los tres subsistemas son:

- Subsistema de red y conmutación
- Subsistema de estación base
- Estación móvil.

Figura 4. **Arquitectura básica de una red de telefonía GSM**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Para que dichos subsistemas puedan comunicarse entre la estación móvil y el subsistema de estación base se hace por medio de la conexión radio. Adicionalmente para la conexión entre el subsistema de la estación base y el subsistema de red y comunicación la realiza la conexión A.

El subsistema de red y conmutación tiene las atribuciones de encaminar y conmutar las llamadas telefónicas en todo el sistema GSM. Esto significa que prácticamente es el encargado de establecer la comunicación entre usuarios de terminales móviles dentro de la red así como también realizar la interconexión con las redes de otros operadores. El subsistema de estación base se encarga de agrupar las estaciones base para poder ser controladas con la estación central por medio de radiofrecuencia. Por último la estación móvil es la que ya se definió anteriormente como la terminal o teléfono móvil.

Se debe tomar en cuenta que una característica muy importante de esta tecnología (que no hay necesidad de entender los conceptos mencionados o ser un experto en el tema) es que las terminales móviles utilizan una tarjeta llamada Subscriber Identity Module (Módulo de Identidad del Subscriptor) que se abrevia comúnmente como SIM que es un circuito integrado que proporcionan los operadores a los usuarios al momento de contratar sus servicios.

Por último la tecnología GSM adoptó un servicio muy innovador, adicional al de los servicios de voz, conocido como la plataforma de Short Message Service (Servicio de Mensajes Cortos), que se abrevia comúnmente como SMS y consiste en el envío y recepción de mensajes cortos con texto. Explícitamente un SMS es considerado una cadena con caracteres alfanuméricos de hasta 140 o de 160 conformados por 7 bits, y cuyo paquete está conformado por una serie de parámetros. Adicionalmente existen extensiones del protocolo de SMS que permiten incluir otro tipo de información y no solamente caracteres, dar formato a los mensajes o encadenar varios mensajes de texto para permitir mayor longitud (formatos de SMS con archivos adjuntos con formatos de sonido, imágenes, etcétera conocidos como mensajes multimedia).

Los mensajes de texto son procesados por lo que se conoce como Short Message Service Center (Centro de Mensajes Cortos), también conocido como SMSC que se encarga de almacenarlos hasta que son enviados y de conectar con el resto de elementos de la red GSM. Algunos operadores han implementado el transporte de los mensajes SMS a través del protocolo de paquetes con la tecnología General Packet Radio Service (que significa servicio general de paquetes vía radio y se explicará a detalle más adelante como parte de los servicios de datos) o GPRS, en lugar del canal para señalizar la información, con el objetivo de aumentar la velocidad de transmisión y la capacidad del sistema, pero este cambio opcional en el transporte no se ha priorizado para maximizar su uso.

Teniendo muy claro como es la naturaleza de la telefonía celular en GSM se puede comprender el funcionamiento y características de las tecnologías siguientes como lo es la Universal Mobile Telecommunications System (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles), que serán descritas a detalle en los aspectos técnicos del proceso de homologación.

1.2.2. Conceptos básicos de la homologación

Dentro del proceso de homologación de terminales móviles, los operadores realizan una verificación técnica para poder determinar si dichas terminales comerciales, son adecuadas para operar en sus redes de telecomunicaciones, como se definió anteriormente, es la esencia de este proceso. Debido a lo anterior, es importante conocer los parámetros y conceptos que son mayormente utilizados y que servirán para el desarrollo de la homologación.

En primera instancia se debe entender que al momento en que el fabricante desea que una terminal sea homologado por el operador, el primero debe hacer entrega de más de un prototipo debido a que dentro del operador existen distintas áreas que deben validar distintos parámetros y no solamente por una persona. Las áreas que se involucran dentro del proceso son las que monitorean y realizan control de calidad a la red móvil; las que desarrollan los servicios de valor agregado, es decir los servicios de datos como por ejemplo internet móvil; y el área de homologación propiamente que realiza las pruebas y genera los escenarios que experimentaría un usuario final si adquiriera la terminal como un producto comercial. De este requerimiento ya se tienen tres nuevos conceptos que se utilizarán siendo las áreas de valor agregado, aseguramiento de calidad de la red y el departamento de homologación.

Otro concepto a considerar es el comportamiento físico de las terminales respecto los parámetros de una red de telefonía móvil pública en diferentes escenarios. Cuando se refiere a comportamiento físico se está validando el rendimiento que tendrá cierta terminal en la red bajo ciertas condiciones como pruebas en baja cobertura por ejemplo, y la respuesta de sus funcionalidades desde establecer llamadas telefónicas hasta conexiones con servicio de internet. Adicionalmente se tiene lo que es llamado barrido de pruebas, que realiza el personal de los operadores tomando el papel del usuario final suponiendo que el prototipo sea una terminal comercial, en donde estas pruebas serán definidas y explicadas posteriormente.

Al momento que se realizan las pruebas específicas en la terminal, se debe tomar en cuenta que siempre existirá la probabilidad que dichas pruebas no sean del todo satisfactorias y se presenten irregularidades, anomalías o desperfectos a los cuales los operadores comúnmente le llaman *issues* y forman parte del proceso de forma inevitable.

De hecho este es otro de los motivos vitales por los cuales debe existir un proceso de homologación, para detectar estos inconvenientes y que sean reportados al proveedor.

Se sabe que las unidades en las que serán homologadas son llamadas terminales o prototipos móviles. Ahora que nuevamente se menciona al proveedor, este maneja términos más comerciales en vez de técnicos como lo hacen los operadores, y no solo para cuestiones del tema sino para muchos otros como por ejemplo mercadeo, ventas, etcétera y en este caso a las unidades móviles ellos le llaman producto, asumiendo que es una representación muy aproximada a lo que será comercialmente si esta es aprobada para su posterior compra.

Estos conceptos fueron mencionados y descritos ya que tienden a ser de uso frecuente al describir ya de manera formal los protocolos de homologación de prototipos móviles.

1.2.3. Protocolos de homologación

Cada operador en diferentes países maneja de forma muy variada el proceso de homologación, al igual los estándares o protocolos. Sin embargo dichos protocolos tienen cierta analogía y son presentados a continuación para comprenderlos de forma explícita. Para dar inicio a los estándares o protocolos establecidos por los operadores, ya que como se mencionó anteriormente, en el proceso se involucran distintas áreas para llevarlo a cabo y cada una revisa puntos importantes de las terminales que influyen en su aprobación o rechazo al finalizar dicho proceso. Las áreas que se involucran en el proceso según los estándares de los operadores se muestran en la tabla I.

Tabla I. **Protocolos de homologación**

| Área | Protocolo asignado |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Homologación | Barrido de pruebas/personalización |
| Aseguramiento de calidad | Pruebas de voz/señal |
| Cadena de suministros | Selección de prototipos/costos |
| Servicios de valor agregado | Pruebas de datos |
| Mercadeo | Funcionalidades |

Fuente: elaboración propia.

La tabla es una representación simple para indicar que todas estas áreas pertenecen directamente al operador aunque se debe recordar que el área fuera del operador también existe y es proveedor o fabricante, que como ya es de conocimiento, es la parte interesada en obtener la aprobación que el operador dará al finalizar el proceso. La primera área por obvias razones es pivote del proceso y el protocolo establece que el personal de dicha área es el encargado de realizar el barrido de pruebas en la terminal respecto de la red móvil, reportar los resultados de las pruebas al fabricante y validar que la personalización se apegue a los requerimientos que el operador solicita. Para el fabricante, el aspecto que se toma en cuenta para la personalización de la terminal es que al momento de encenderla, esta traiga ciertos logotipos, aplicaciones y/o presentaciones que den a entender que esta es comercializada por el operador en mención al momento de encenderla (una vez sea aprobado por supuesto). El papel que toma el área de aseguramiento de calidad de la red es vital en el proceso, debido a que esta se dedica a monitorear y asegurar el buen rendimiento de la red para todos los usuarios que estén registrados en cualquier momento.

Lo anterior se debe cumplir bajo cualquier circunstancia, pero si llegara a haber alguna anomalía, deben reportarlo y solucionar en el menor tiempo posible desde una llamada telefónica de voz caída hasta el levantamiento total de alguna estación base que se haya apagado por completo. Precisamente para monitorear el estado de la red es a través del rendimiento de terminales en la misma y es aquí donde se presenta otro protocolo de la homologación que indica que para realizar dicho monitoreo debe ser en dos modalidades, con una terminal comercial que ya se encuentre disponible para los usuarios finales y con un prototipo que se encuentre en proceso de homologación y generar un reporte del rendimiento en ambos casos. La parte crucial con esta área es que debido a que revisan varios parámetros de la red como su tráfico, potencia, pérdidas, etcétera pueden validar el comportamiento de la terminal en diferentes escenarios como un estándar de pruebas de voz y sensibilidad de señal, por lo que los resultados son reportados al Departamento de Homologación, quienes a su vez hacen la comparativa con las pruebas que estos últimos realizaron.

Otro protocolo dentro de los operadores establece que el área que recibe por primera vez los prototipos por parte del fabricante debe ser la cadena de suministros. Para entender esta parte se debe saber que esta área por definición “está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle (o menudeo) e incluso a los mismos clientes. Dentro de cada organización, como la del fabricante, abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente.

Estas funciones incluyen, pero no están limitadas al desarrollo de nuevos productos, la mercadotecnia, las operaciones, la distribución, las finanzas y el servicio al cliente”.²

Sabiendo en términos generales en qué consiste esta área, es indispensable su intervención ya que antes de ser entregados los prototipos al Departamento de Homologación el protocolo indica, que al momento de ser los primeros en recibirlos el fabricante realiza presentaciones de más de un producto a ellos, para realizar la selección previa de cuales serán homologados, pero dicha selección tiene un enfoque puramente comercial y hasta este punto no se tratan temas técnicos aún. Durante su estancia en la cadena de suministros, se realizan varios análisis de costos como productos comerciales teniendo también criterio para la selección. Cuando ya existe un certificado de aprobación, finaliza todo el proceso y la cadena de suministros ya está en posición de emitir las llamadas órdenes de compra, para su comercialización a los clientes finales suscritos con el operador, aunque durante este período el departamento de homologación les brinda asesoría de funcionalidades para fortalecer dicha selección.

El área de servicios de valor agregado se encarga de realizar el barrido de pruebas de servicios suplementarios de datos (entiéndase conexión a internet, plataformas de mensajes multimedia, etcétera), pero al igual que el área de aseguramiento de calidad de la red, tiene el control y hace la revisión para que estos servicios funcionen correctamente y al mismo tiempo valida el rendimiento de los prototipos. Por último el área de mercadeo se involucra básicamente en la apariencia, como impactará el promocionar y utilizar los servicios que el operador ofrece por medio de las funcionalidades que soporta

² CHOPRA, Sunil. Supply Chain Management. Capítulo 1. Tercera edición, Pearson/Prentice Hall, 2006.

el producto pero sobre todo realizar investigaciones para lograr incrementar la venta recurrente a nivel competitivo.

Este análisis es indispensable debido a que a pesar que exista un rendimiento óptimo en todas las áreas involucradas a nivel técnico, se genere la aprobación, una vez tenga poco interés a nivel de mercadeo, no se emite la orden de compra y por ende no se comercializa. En resumen se puede decir que el hecho que un prototipo sea aprobado, no garantiza que será comercializado gracias al análisis específico que realiza el personal que se involucra de mercadeo. Los protocolos mencionados hasta el momento no tienen algún tipo de certificación por entidades encargadas de validar normas y procedimientos de este tipo, ya que son establecidos de manera informal, pero son aplicados de forma eficiente y se pretende que se puedan certificar en un futuro ya que son parte de la ingeniería en las telecomunicaciones siendo un proceso joven.

1.3. Terminales móviles

Hasta el momento todos los conceptos y procedimientos se han detallado y explicado, desde entender como es el funcionamiento de la red con tecnología GSM que es la base para posteriores análisis hasta los pasos a seguir en un proceso de homologar terminales celulares. Es momento de definir y comprender una terminal celular que al final es en la que se dictaminará su rendimiento y funcionamiento. En otras palabras es su prioridad de ahora en adelante sin dejar a un lado los parámetros de la red. La terminal móvil es considerada como un artefacto o dispositivo electrónico para la comunicación, que posee cierto diseño reducido, originalmente se fundamenta en la tecnología de transmisión por radiofrecuencia, que tiene la misma funcionalidad que cualquier aparato de línea fija (teléfonos para el hogar u oficina).

Su característica principal es que se trata de un dispositivo inalámbrico portable, lo que significa que la generación de llamadas no depende de alguna terminal fija y que no requiere de ningún tipo de cables o cableado en específico para llevar a cabo la conexión a la red. Las terminales utilizan ondas de radio para lograr llevar a cabo, todas y cada una de sus funciones, como ya se mencionó antes, generar llamadas de voz, envío de mensajes de texto, etcétera, y esto es el resultado de lo que sucedió hace años atrás. El teléfono móvil tuvo su apogeo a principios de la Segunda Guerra Mundial, en donde ya se percibía la necesidad de la comunicación a largas distancias, razón por la cual la compañía Motorola logró crear un aparato llamado Handie Talkie H12-16, que consistía en un dispositivo que permitía que las tropas estuvieran en contacto por medio de ondas de radio que en ese tiempo no superaban más de 600 kHz, siendo esta la frecuencia de operación de la señal que irradian.

Figura 5. **Imagen Motorola H12-16**



Fuente: <http://mlearning.edublogs.org/2007/01/04/gallery-of-old-mobile-phones/>. Consulta: 28 de octubre de 2012.

1.3.1. Teléfonos celulares

Tal y como fue explicado el tema en la naturaleza de la telefonía celular, se sabe que es un sistema de comunicación, que su principio se da por los elementos pequeños o células que se conocen como celulares al igual que se entiende el funcionamiento de la red. Ahora se dará paso a conocer el artefacto móvil en sí conocido como teléfono celular.

El teléfono celular tiene las mismas capacidades básicas que un teléfono de línea convencional, además de su propiedad de movilidad es de clasificación inalámbrica ya que no necesita cables de conducción para lograr su conexión a la red telefónica que provee el operador.

Cuando se refiere a un teléfono, se está hablando de un artefacto que por defecto es capaz de establecer llamadas de voz como su esencia, tanto en transmisión como recepción de la señal de voz. A diferencia de la telefonía celular análoga, actualmente la telefonía digital realiza la digitalización de la señal de voz y la transmisión a través de una cadena de bits seriales. Los sistemas digitales son más flexibles en lo que respecta a servicios de valor agregado, incluyendo característica como identificación de llamadas y una variedad de funciones de datos. Al igual que los teléfonos de línea fija, se sabe que la arquitectura y la forma en que son construidos son equivalentes. Por lo tanto las piezas o partes que conforman un teléfono celular son las siguientes:

Tabla II. **Estructura de un teléfono celular**

| Pieza o Parte | Funcionamiento |
|--|---------------------------------------|
| Circuito electrónico (Tarjeta principal) | Procesamiento de la señal de voz |
| Antena | Irradiar la señal por radiofrecuencia |
| Pantalla de cristal líquido | Visualizar la interacción |
| Teclado | Digitar caracteres para interacción |
| Auricular | Actuador de voz |
| Micrófono | Sensor de voz |
| Batería | Fuente de alimentación |

Fuente: elaboración propia.

Dentro de la estructura de un teléfono celular, la tarjeta electrónica principal está conformada por ciertos circuitos integrados. Dichos circuitos realizan el procesamiento de conversión digital a análoga y análoga a digital, es decir que realizan la conversión de la señal de salida de audio, de análoga a digital y convierten las señales de audio de entrada de digital a análoga. El procesador de señal digital de la tarjeta principal, el cual está clasificado para poder realizar operaciones alrededor de 30 a 40 millones de instrucciones por segundo y su funcionamiento consiste, en conducir para los cálculos de procesamiento de señal de una manera altamente rápida se encarga de comprimir y descomprimir las señales que se recibieron.

El microprocesador es el encargado de realizar todas las tareas que serán efectuadas por la pantalla y el módulo del teclado del teléfono celular. De igual forma dicho microprocesador adicionalmente realiza el control de las señales que se reciben en el teléfono o son irradiadas, lo cual significa que dichas señales llegan y son enviadas a la estación base. Por otra parte ayuda a realizar la interconexión de todas las funciones principales del teclado. La memoria ROM y la memoria *flash* del módulo de circuitos del teléfono celular se utilizan como la región de almacenamiento dentro del teléfono. Dichas memorias almacenan las opciones de personalización del equipo, así como el sistema operativo. Las secciones de energía y radio frecuencia de la tarjeta principal funcionan para recarga y manejo de energía.

Por último controlan cientos de canales FM (frecuencia modulada) y sus amplificadores de radiofrecuencia se enfocan en señales que entran y salen por la antena del teléfono, que a partir de la tecnología GSM son internas adoptando la forma que sus coberturas puedan tener.

Hablando propiamente de las pantallas en los teléfonos celulares, originalmente estaban construidas por caracteres formados por *light emitting diode* (diodo emisor de luz) o abreviado LED. Esta pieza ha evolucionado a la tecnología de cristal líquido la cual consiste en que la pantalla está formada por partículas de dicho material, que al aplicar una corriente eléctrica, permite o prohíbe la luz que es emitida por una lámpara en la parte trasera. Una de las ventajas notables de esta tecnología es una mejor resolución de las imágenes mostradas y su bajo consumo de energía eléctrica.

Anteriormente las baterías para los teléfonos de telefonía TDMA (que significa Time División Multiple Access) conocidos como tecnología de segunda generación, se fabricaban con níquel cadmio. A partir de 1990 se hizo una renovación con baterías de níquel-metal-hidruro e ion-litio la cual hizo una mejor respuesta en durabilidad y sus dimensiones, es decir la oportunidad de disminuir su tamaño.

El papel que ejercen el auricular y el micrófono son obvios en lo que respecta a escuchar y que escuchen la llamada telefónica respectivamente, ahora bien el principio de estas dos piezas es que son considerados transductores, en donde el primero funciona como un actuador convirtiendo de señal eléctrica en audio y el micrófono como un sensor, que también realiza la conversión de señal de audio a señal eléctrica.

Nuevamente se hace hincapié que esta estructura es descripción de un teléfono celular básico, que funciona en la tecnología GSM y es a partir de ahora que conforme dicha tecnología ha avanzado ya se tiene un tipo diferente de terminales que involucran no solamente los servicios de voz sino que incluyen los servicios de datos.

Este último servicio se da con terminales llamadas módems y *routers* (enrutadores), que originalmente se conceptualizaban en protocolos de redes locales pero que actualmente aplican para las redes móviles públicas mejorando considerablemente el mercado y la accesibilidad a nivel mundial.

1.3.2. Módems inalámbricos

El término módem está compuesto de las palabras modulador-demodulador, que es el principio para la modulación y demodulación de una señal en específico siendo una descripción muy general. Ahora bien, hablando en términos más específicos, por definición el módem es un dispositivo que da acceso a conectar dos ordenadores de forma remota utilizando cierta línea telefónica. El módem es el encargado de convertir señales digitales del ordenador en señales análogas, que puedan ser transmitidas a través del canal de dicha línea telefónica, esto es la descripción de modulación mencionada al inicio y se aplica a sistemas de redes locales y es considerada una terminal bruta.

Conforme la evolución de los módems, los inalámbricos fueron desarrollados para que sean funcionales en un entorno adecuado de redes móviles.

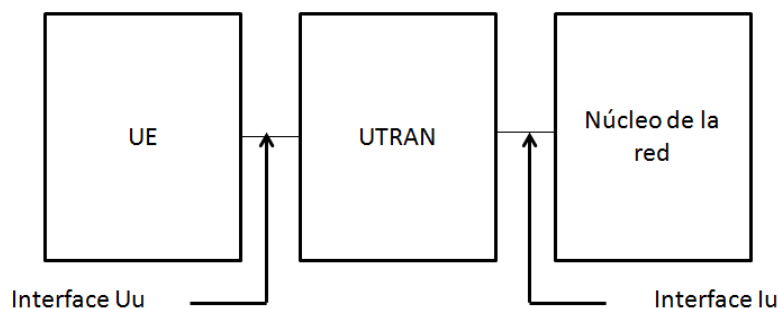
Este tipo de terminales tienen dos características clave, donde la primera es que surgieron como dispositivos que funcionan óptimamente con la tecnología UMTS y GSM aunque su velocidad de respuesta es mayor en la primera (sin olvidar que también hacen uso de SIM como los teléfonos móviles), y la segunda característica es que la conexión a los ordenadores es por medio del protocolo Universal Serial Bus (Bus serial universal) el cual se dará su explicación posteriormente.

Como ya es de su conocimiento, esta red ya fue implementada por todo el mundo y cualquier usuario final en cualquier lugar del mundo ya dispone del acceso para enviar y recibir correos electrónicos y conexiones remotas a internet (por mencionar algunas ventajas), a cualquier lugar y una vez el usuario se encuentre registrado a la red móvil.

Definitivamente cuando se habla de módems, implícitamente también se hace con la tecnología de tercera generación que involucra precisamente la UMTS. Antes de comprender como funcionan los módems en la red, es necesario explicar la tecnología UMTS que viene siendo la evolución de GSM teniendo siempre enfoque que dicho dispositivo también pasará por el proceso de homologación.

Al igual que la arquitectura de la red GSM, la tecnología UMTS está conformada por el *user equipment* (equipo de usuario abreviado como UE) que es precisamente la terminal móvil, el *UMTS Terrestrial Radio Access Network* (acceso a la red UMTS vía radio que se abrevia UTRAN) y por último el núcleo de red. Dicho esquema o arquitectura lleva exactamente ese mismo orden y se visualiza en la siguiente figura:

Figura 6. **Arquitectura de la red UMTS convencional**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Cuando se habla del UE, se refiere puntualmente al módem inalámbrico que se registrará en la red (aunque se debe recordar que esto aplica con todas las terminales que soportan la tecnología de tercera generación UMTS). La etapa que corresponde al UTRAN consiste en una tecnología de acceso radio, completamente nueva y diferente comparada con el sistema GSM, y es el encargado de proporcionar la conexión entre las terminales móviles y en el núcleo de red. Por último, la etapa del núcleo de red se define como una adaptación de la etapa de red fija del sistema GSM, la cual tiene como función incluir las operaciones de transportar y de brindar la inteligencia.

Las primeras soportan el transporte de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación. El lograr encaminar o realizar un enrutamiento es a partir de las funciones de inteligencia, que comprenden prestaciones como la lógica y el control de ciertos servicios ofrecidos a través de una serie de interfaces bien definidas; también incluyen la gestión de la movilidad. Es a través del núcleo de red que una red UMTS se conecta con otras redes móviles, de tal forma que pueda ser posible la comunicación efectiva no solamente entre usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes en ese momento.

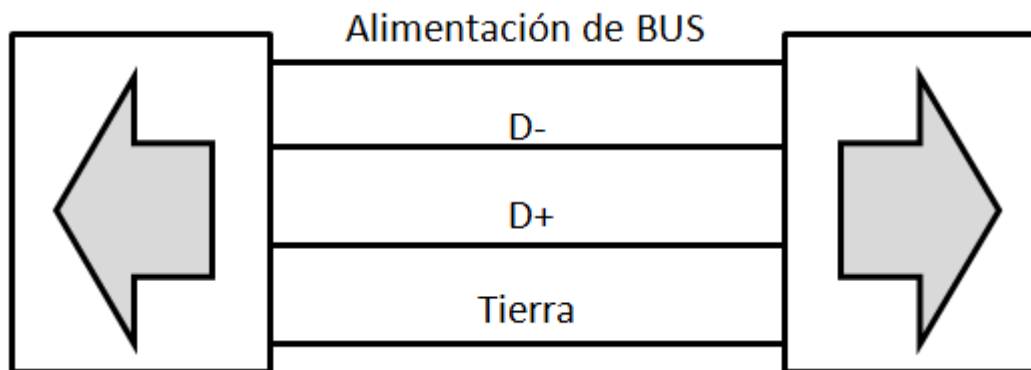
De igual forma que en la red GSM, los subsistemas se intercomunican entre ellos a través de diferentes interfaces.

La comunicación entre el conjunto de equipos de usuario y el subsistema UTRAN es a través de la interface radio, el cual se designa abreviadamente como interface Uu. Por otra parte, la interface que se encarga de comunicar el subsistema de red de acceso radio con el núcleo de red se denomina interfaz lu.

Ya una vez fue descrito el comportamiento de la red en donde los módems inalámbricos funcionarán como terminales, ahora se describirán partiendo del hecho que estos poseen dos características principales como: dispositivo de conexión con el protocolo de bus serial universal que se identifica como USB y para proveer servicios de datos exclusivamente ya que dentro de sus funcionalidades no aplican los servicios de voz.

Hay que tomar en cuenta como es la forma o el esquema en este caso, del traslado de datos e información de un modem USB inalámbrico y esto es descrito en la figura 7.

Figura 7. **Esquema de la conexión USB**

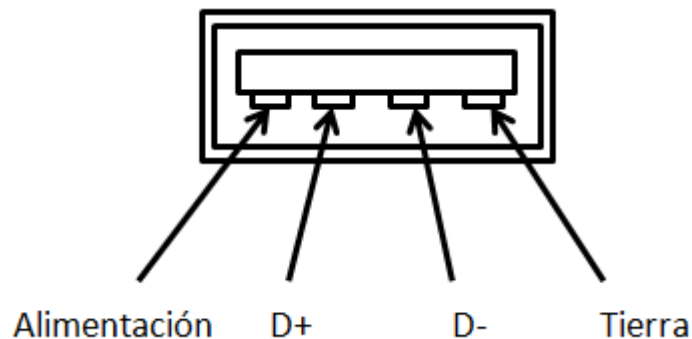


Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Según el esquema de una conexión para módems USB inalámbrico, es que el ordenador donde se desea conectar es capaz de proporcionar una fuente de alimentación a dicho dispositivo con el que se conecta, con un límite máximo de 15 voltios por dispositivo. Para poder hacerlo, utiliza un conector que consta de cuatro pines o bornes (la conexión a tierra, la alimentación del BUS y dos de datos conocidos como D+ y D-).

Las conexiones D son las encargadas de realizar la transferencia bidireccional de la información y la comunicación entre el ordenador y los módems se lleva a cabo según un protocolo (lenguaje de comunicación) basado en el principio de red en anillo. Esto significa que el ancho de banda se comparte temporalmente entre todos los dispositivos que se encuentren interconectados entre sí. El ordenador envía cierta señal para comenzar la secuencia cada unidad de milisegundos, y este será el rango de tiempo durante el cual le ofrecerá a cada dispositivo la oportunidad de hablar de forma simultánea. Cuando el ordenador desea establecer una comunicación con un módem, transmite un paquete de datos que contiene la ubicación o dirección de dicho módem codificada en 7 bits, de modo que es el ordenador el que toma la decisión de conversar con dicho módem.

Figura 8. **Estructura del conector de módem USB**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Básicamente cómo el protocolo de conexión USB logra funcionar es que es un sistema que establece de forma efectiva y rápida la comunicación entre dispositivos electrónicos que forman parte de una red que solamente transmite una unidad de información a la vez.

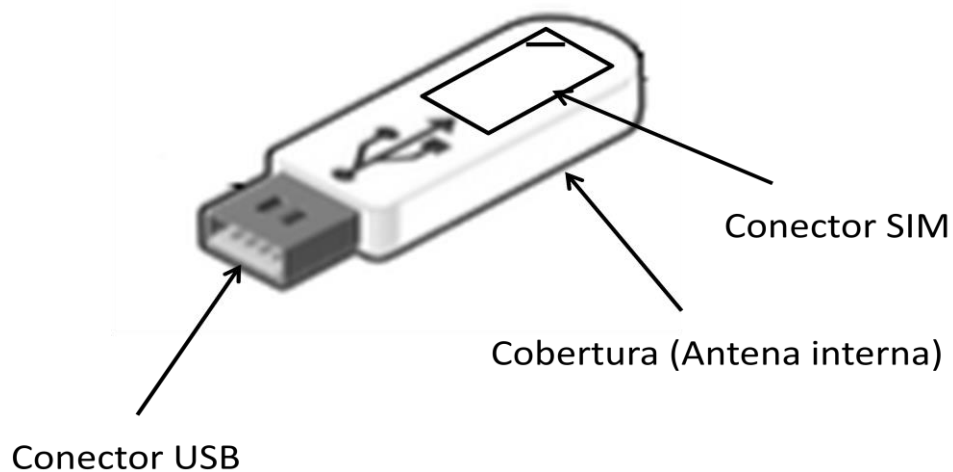
El bus USB (que es el camino físico de transmisión de los datos o la información), puede trabajar en dos modos, a baja velocidad (1,5 megabits por segundo, para dispositivos como teclados que no requieren cantidades de información relativamente grandes) y a alta velocidad (12 Megabits por segundo, para dispositivos precisamente como los módems inalámbricos). Dicho bus USB físicamente está construido por cableado de cuatro hilos, dos para datos, dos para alimentación y esto proporciona un gran nivel de ahorro tanto de espacio como de material. De acuerdo a estos parámetros, una de las principales ventajas que posee es precisamente el diseño descrito.

Se debe enfatizar nuevamente que este tipo de terminales no incluyen el servicio de datos y a nivel hardware es imposible hacerlo, por lo que su objetivo al registrarse a una red móvil es proveer servicios de datos exclusivamente, como lo es la conexión directa a internet y es aquí donde se adopta el nuevo concepto de internet móvil para simplificar su conexión con un módem GSM/UMTS inalámbrico y es llamado de esta forma debido a que permite al usuario ser independiente de una conexión fija (como lo es ADSL que es el estándar para la conexión a un modem fijo o de telefonía fija), es decir, de la exigencia de un lugar concreto que provea al usuario del acceso a internet.

Una de sus grandes ventajas es la sencillez y rapidez con la que se instala el módem; al momento que este es conectado a un puerto USB del ordenador, comienza la instalación automáticamente y de esta forma en el primer intento se abre la ventana del software para poder interactuar de la misma forma que se realiza con un teléfono móvil, sin necesidad de configurar ningún controlador de software para su instalación, donde dicha funcionalidad se conoce como el proceso de *plug and play* (conectar y usar).

Muchos preguntarán si los módems utilizan la tecnología UMTS de manera óptima, entonces por qué utilizar la GSM? Pues la razón es que dentro de las funcionalidades del modem, al igual que los teléfonos celulares GSM, tienen la opción de la plataforma del envío y recepción de mensajes de texto con la diferencia que la digitación del texto y su visualización se realiza a través del ordenador donde esté conectado y que este registrado en la red móvil.

Figura 9. **Módem Inalámbrico USB**



Fuente: <http://eb2aic.blogspot.com/2012/05/como-conectar-el-modem-usb-para-los.html>.

Consulta: 29 de octubre de 2012.

La fabricación de los módems para las tecnologías móviles GSM, UMTS y las posteriores tienen un aspecto como las memorias de almacenamiento masivo para ordenadores, por lo que, nuevamente igual que los teléfonos celulares, disponen de un conector para insertar la SIM y una antena interna para poder ejecutar el registro en la red celular sin olvidar que la estación base le brinda traslado de servicios de datos.

1.3.3. Enrutadores

Al igual que los módems inalámbricos, se hace necesario el entendimiento de su definición y funcionamiento original, para que posteriormente se interpreten estos dispositivos como terminales móviles y que actualmente también son homologados por los operadores. Los enrutadores también tienen un funcionamiento anterior al que tienen en las redes móviles actualmente, es decir en las redes locales. Originalmente los enrutadores son dispositivos electrónicos para interconexión de redes de ordenadores o computadoras, y en donde logra interconectar segmentos de red o redes enteras. Este se compone por el llamado Wireless Access Point (punto de acceso) que se abrevia WAP, el mismo enrutador y un *switch* (conmutador).

El conmutador es el encargado de interconectar el punto de acceso con el enrutador, adicional permite que se pueda hacer uso tanto de red inalámbrica como red con cableado; y por último tiene control sobre el flujo de datos entre los ordenadores y los dispositivos de red. El papel que ejerce el enrutador, es que logra realizar la conexión entre segmentos de red o redes enteras con ordenadores u otros enrutadores, haciendo la transferencia de información de la forma más eficiente y fluida. Por otro lado, el enrutador inalámbrico cuenta con protocolos para garantizar la seguridad de la red, es decir que prohíbe a otros usuarios externos accedan a sus datos, sin mencionar que su meta principal es la transferencia de datos a su destino segmentando los mismos en paquetes, por la mejor ruta disponible y es de esto donde obtiene su nombre de enrutador. Por último, el WAP es un protocolo abierto, que a nivel internacional es fuertemente utilizado en teléfonos de la tecnología móvil, y este especifica un entorno de aplicación y de un conjunto de reglas de comunicaciones.

Estas reglas normalizan el modo en que los dispositivos inalámbricos pueden ser utilizados para acceder a servicios de aplicación, es decir servicios de correo electrónico y la propia navegación por internet.

Los enrutadores inevitablemente son altamente dependientes de los protocolos que tienen como base la arquitectura célula, de la cual ya se tiene conocimiento, y se establecieron gracias al estándar creado por el Institute of Electrical and Electronic Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) llamado IEEE 802.11 donde especifica el uso de los enrutadores en base a la velocidad de transferencia de datos, frecuencia de operación y el alcance que tienen de cobertura.

Tabla III. **Protocolos para enrutadores inalámbricos**

| Estándar | Frecuencia | Velocidad | Alcance |
|-----------------|-------------------|------------------|----------------|
| 802,11 A | 5 GHz | 54 Mbps | 23 metros |
| 802,11 B | 2,4 GHz | 11 Mbps | 45 metros |
| 802,11 G | 2,4 GHz | 54 Mbps | 45 metros |

Fuente: elaboración propia.

A partir de dicho estándar, se originan nuevos estándares, como 802.11a, 802,11b, 80,.11g, los cuales son utilizados en la actualidad, y el más reciente 802,11n, que aún se encuentra en proceso de análisis.

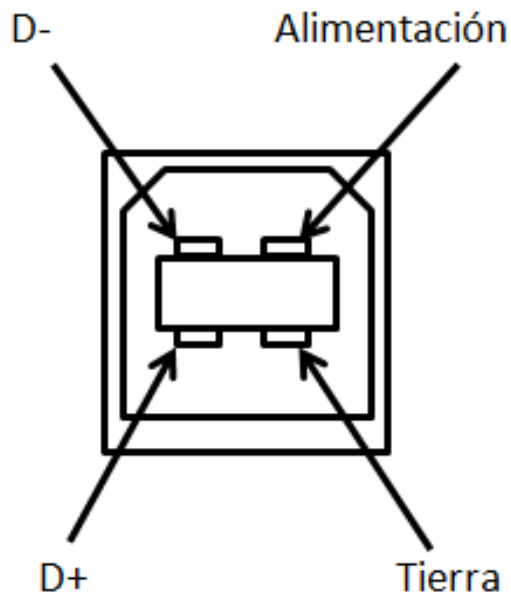
Ahora bien, los dispositivos que incorporan cualquier característica similar a esta tecnología inalámbrica del IEEE 802,11 son conocidos con el término de dispositivos Wireless Fidelity (Fidelidad Inalámbrica) o Wi-Fi que también forma parte de los servicios de datos que se detallaran más adelante.

Dichos dispositivos forman parte de las características principales de los enrutadores inalámbricos para tecnología móvil.

Como fue indicado al inicio, este es el funcionamiento original de los enrutadores fijos y los que dependen de una red móvil no son muy diferentes tomando en cuenta que ahora se detallarán sus características físicas y comportamiento como una terminal móvil.

Como se sabe que los módems inalámbricos se conectan a los ordenadores o computadoras por medio de un conector USB, los enrutadores lo hacen de igual forma, pero con la diferencia que dicho conector es distinto al igual que su protocolo y tiene la forma que se muestra en la figura 10 a detalle.

Figura 10. **Estructura del conector del enrutador USB**

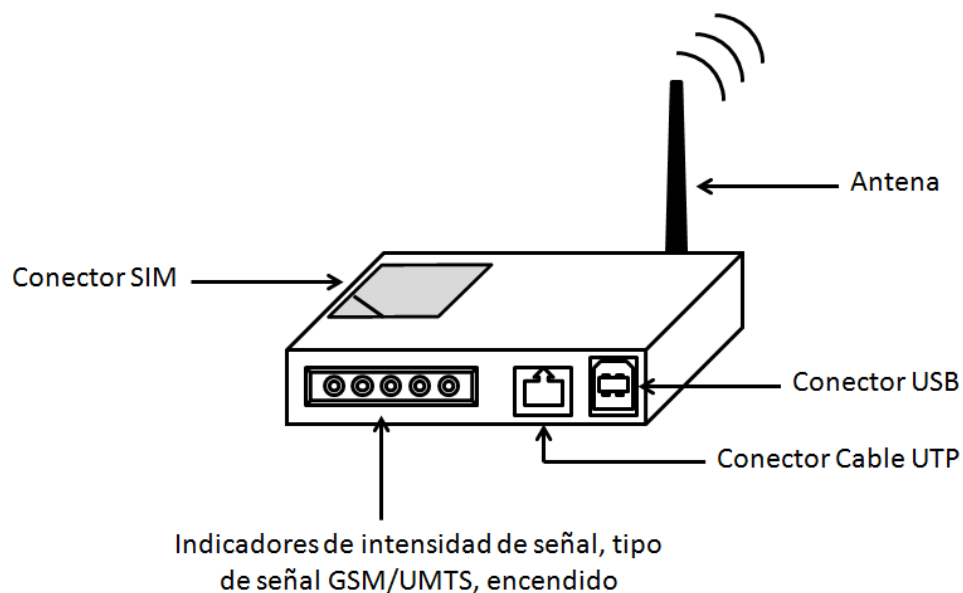


Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

El conector mostrado en la figura 10 también es considerado USB y la razón que los enrutadores inalámbricos móviles lo utilizan es debido, a que requieren una mayor velocidad de transferencia de datos como lo son los discos duros externos y dicha velocidad se requiere ya que, a diferencia de los módems, tienen la doble función de registrarse en la red para que esta última le pueda proveer acceso a los servicios de datos, y que la misma terminal pueda también proveer e irradiar Wi-Fi y otros dispositivos puedan tener dicho acceso.

Esta segunda función es considerada la más importante de los enrutadores como terminal y que sin duda alguna debe pasar por el proceso de homologación, sin embargo el personal encargado de homologar el enrutador debe prever que la irradiación de Wi-Fi no tenga ningún tipo de restricción de seguridad, tanto en el ordenador como el propio dispositivo antes de dictaminar como falla la conexión fallida.

Figura 11. **Enrutador inalámbrico móvil**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Los enrutadores inalámbricos móviles no son muy diferentes a los fijos físicamente hablando, ya que dichos enrutadores a nivel hardware tienen como mínimo de uno a cuatro conectores de red para conectar varios equipos por medio del cable llamado Unshielded Twisted Pair (par trenzado no blindado), comúnmente abreviado como UTP el cual es un medio de transmisión en las redes fijas de acceso a usuarios (típicamente cables de 2 o 4 pares trenzados) y el conector más frecuente con el UTP es el RJ45 que el estándar para la conexión en redes locales, parecido al utilizado en teléfonos RJ11 (pero un poco más grande), el cual dicho conector viene incorporado en el enrutador. En ocasiones estas terminales cuentan con una antena externa para mejorar la sensibilidad con la red móvil, aunque mantienen la estructura física de los teléfonos celulares, mantienen su antena interna para su registro normal en la red.

La raíz en los enrutadores fijos es que la señal base para proveer servicio de datos es por medio de una instalación de línea telefónica física, mientras que los móviles obtienen esta señal de la propia red móvil por los servicios que la SIM tiene provisionados como un número telefónico tomando en cuenta que no tiene los servicios de voz, es aquí donde obtienen su concepto de terminal móvil y de igual forma es posible crear e instalar una red local pequeña, siendo esta la razón de su existencia con usuarios finales de la telefonía móvil.

Conforme avanza y evoluciona de forma rápida la tecnología, los enrutadores también lo hacen obteniendo un nuevo tipo de terminal llamado Mi Wi-Fi, que a nivel comercial es llamada MiFi que tiene la ventaja de irradiar Wi-Fi de una forma 100% inalámbrica y móvil. Esto significa que este tipo de enrutador ya no cuenta con conectores RJ45, sino que logra establecer una red totalmente inalámbrica para ordenadores y otras terminales móviles.

Al realizar esta conexión se comporta como una simple red adicional y puede alcanzar hasta los 7.2 Mbps, dependiendo del servicio de la red UMTS a la que esté vinculada.

La terminal descrita en este caso es la que se introduce la tarjeta SIM y aquellas conocidas como Bases Wi-Fi para módem USB inalámbrico de tercera generación (3G), es decir para UMTS.

Tabla IV. **Estándares de la terminal MiFi**

| Característica | Información |
|------------------------|-----------------------------------|
| Dimensiones | 8.8 x 5.8 x 1.01 centímetros |
| Fuente de alimentación | Batería |
| Peso | 58-60 gramos |
| Valor agregado | Almacenamiento masivo USB |
| Alcance | 10 metros lineales |
| Capacidad de conexión | Hasta 5 dispositivos o terminales |

Fuente: elaboración propia.

La tabla muestra que dichas características tienen considerables ventajas sobre el enrutador móvil que se explicó al inicio, ya que sus dimensiones son considerablemente menores y puede ser llevado como un teléfono celular.

Tanto los teléfonos celulares, módems inalámbricos como los enrutadores ya son aplicables a la naturaleza de la tecnología de cuarta generación y dicha tecnología será explicada y tomada en las pruebas de homologación posteriormente.

1.3.4. Clasificación de terminales por gama

Con el análisis de terminales móviles descrito a estas alturas, ya se tiene visibilidad de su naturaleza y funcionamiento, tanto como una tecnología celular y su funcionamiento a nivel físico con sus características principales. Es importante tomar en cuenta que entre las mismas terminales sus parámetros de funcionamiento y accesos no son los mismos, por ejemplo el acceso a internet no se tiene en todos los teléfonos celulares por igual.

Es por lo anterior que las terminales móviles celulares suelen tener una clasificación y se diferencian independientemente de la marca y modelo de los fabricantes mediante gamas, en donde dichas gamas se dividen en cuatro principales siendo estas gama baja, gama media, gama alta y gama elite. Cada terminal es familiarizada y asignada a una gama dependiendo de la accesibilidad y funcionalidad tanto de su software como de sus puertos (*bluetooth*, módulo de cámara, etcétera).

El funcionamiento básico (realizar y recibir llamadas) de las terminales, ahora que ya se comprende su funcionamiento, ha tenido su evolución tanto en las funciones (GPRS por ejemplo) como en los puertos que la conforman, y también hay que mencionar que todo dispositivo tiene un diseño específico para un usuario con cierto criterio o con ciertas necesidades las cuales van desde realizar una simple llamada de voz hasta funciones de personal digital assistant (asistente digital personal abreviado como PDA), Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global abreviado como GPS) acceso a internet (3G), etcétera.

Alguna de estas funcionalidades, especialmente para terminales gama alta y gama elite, son en esencia las mismas en las computadoras convencionales,

mientras que, por el contrario, en las terminales de gama baja, se asemejan a un teléfono fijo básico tomando en cuenta que en la mayoría de modelos a partir de la tecnología GSM, incluyen los servicios SMS por defecto. Por otro lado, como parte de la clasificación de gamas para los operadores, cabe mencionar que los fabricantes interesados en la aprobación de un proceso de homologación, tienen como obligación en dicho proceso, mostrar las características y realizar comparaciones, las cuales pueden ser de utilidad al momento que se requiera una función específica de cierto móvil evitando malos entendidos, como por ejemplo confundir una limitante de funcionalidad como una anomalía encontrada por el operador que esté realizando la homologación.

Tabla V. **Características de terminales por gama**

| Gama | Característica |
|-------------|---------------------------------------|
| Baja | Sin funciones multimedia |
| | Sonidos polifónicos |
| | Java |
| | Sonidos MP3 |
| Media | Cámara |
| | Video |
| | <i>Bluetooth/Wi-Fi</i> |
| | <i>Infrared Data Association IrDA</i> |
| | MP4 |
| | PDA |
| Alta/Elite | Teclado QWERTY |
| | Pantalla táctil |
| | Video llamada |

Fuente: elaboración propia.

Tomando en consideración los criterios anteriores, las principales características que identifican cada gama se muestran en la tabla V, hay que tomar en cuenta que el orden puede ser diferente entre marcas y modelos por fabricante, sin embargo dicha tabla facilitará saber a qué gama corresponde determinada terminal. Las características que se encuentran en la tabla están clasificadas como la funcionalidad máxima que cada gama puede tener, no significa que las terminales tengan únicamente dichas características. La función multimedia es básicamente una técnica de comunicación que tiende a reunir en un solo soporte un consolidado de medios digitalizados como lo son texto, gráficos, fotos, vídeo y sonidos para difundirlos de forma simultánea e interactiva. En terminales móviles, esto forma parte de los servicios de datos llamado Multimedia Message System (Sistema de Mensajería Multimedia) el cual consiste en el envío de mensajes de texto con contenido multimedia adjunto, y es un servicio soportado a partir de las terminales gama media.

Todas las características que forman parte de las terminales gama media tienen algo en común, y es el hecho que son módulos o dispositivos de pequeñas dimensiones incluidos en las tarjetas principales de los teléfonos celulares y algunos de ellos como *Bluetooth*, IrDA, y el ya conocido Wi-Fi son protocolos de transmisión de datos multimedia pero de forma distinta a la transferencia de mensajes. Dichas funcionalidades serán detalladas más adelante como los servicios de datos y conforme el avance en el barrido de pruebas. Las terminales gama alta y/o elite tienen como característica principal la interacción con teclados tipo QWERTY, que son análogos a los teclados para computadora y las pantallas táctiles que funcionan por medio de un toque de un dedo humano, da lugar a que las señales eléctricas ocasionadas por dicho dedo den órdenes al dispositivo y al mismo tiempo actúa como un puerto de salida mostrando resultados de las órdenes dadas.

Este tipo de pantallas son consideradas como monitores táctiles y existen de diferentes tipos y tecnologías como las pantallas táctiles resistivas, capacitivas, acústica superficial (por medio de ultrasonidos), ópticas y por infrarrojos. Conforme se ha ido mejorando esta tecnología las últimas pantallas funcionan a través de un cristal transparente, donde se sitúa una lámina que permite al usuario la interacción directamente sobre esta superficie, utilizando un proyector para lanzar la imagen sobre dicha pantalla de cristal.

Tal y como se mencionó que dichas características son similares a las de una computadora, las terminales gama alta y elite son llamados teléfonos inteligentes o comúnmente llamados *smartphones*.

1.3.5. Prototipos

Durante la descripción de proceso de homologación se describió la diferencia entre una terminal comercial y un prototipo de forma general. Además, se han realizado la descripción, las características, funcionalidades y gamas de las terminales que existen en la tecnología celular. En dicho proceso, el operador depende de sus pruebas y dictamen final en su totalidad de los prototipos que, como se comentó anteriormente, son las terminales que los fabricantes proveen al operador. Dado que el enfoque son las terminales, se hace necesario definir que es un prototipo móvil y cuáles son sus características.

Un prototipo por definición es un primer modelo o muestra que puede ser ampliado o modificado según sea la necesidad de rendimiento y funcionamiento, probablemente incluyendo su interfaz y su funcionalidad como producto o servicio.

Para el caso de terminales, los prototipos son una representación limitada de lo que será el producto final, permite a las áreas involucradas dentro del operador probarlo en situaciones reales o explorar su uso y comportamiento en la red que provee, creando así un proceso de diseño de iteración que genera calidad.

Dentro los requerimientos del operador, establece que estos dispositivos deben tener instalado un software conocido normalmente como el modo de ingeniería por defecto, el cual en las terminales móviles consiste en tener acceso por medio de un código para activarlo de manera que así se obtienen indicadores intrínsecos de procesado, nivel de señal recibida, estación base más cercana en la que se encuentra registrada y es capaz de obtener avanzadas mediciones sobre llamadas de voz y video llamadas, transferencia de datos o navegación. El objetivo adicional a parte de la instalación de esta herramienta en los prototipos, es validar su rendimiento conociendo el estado de la red en tiempo real y durante todas las pruebas a realizar.

Figura 12. **Ejemplo del modo de ingeniería en un prototipo móvil**



Fuente: <http://www.movilzona.es/foro/como-ver-cobertura-del-iphone-dbm-t5207.html>. Consulta: 30 de octubre de 2012.

La figura muestra de forma explícita como se visualiza el modo de ingeniería en los prototipos a homologar. Para entender dicha figura, en primer lugar el valor negativo indicado en la esquina superior izquierda muestra la intensidad de señal recibida por el prototipo en ese momento. La señal se expresa en dBm, lo que significa que se muestra la potencia absoluta en decibelios en función de una unidad referencia de potencia. Para interpretar este valor se debe validar cuanto más próximo a 0 sea el valor, mayor y mejor señal se estará recibiendo al momento de realizar las pruebas.

Se tiene la gran ventaja que los prototipos pueden probarse en los dos escenarios que una red móvil ofrece en el mismo instante, es decir en las tecnologías GSM y UMTS. En lo que respecta a PDP se refiere a Packet Data Protocol (Protocolo de paquete de datos) el cual es un protocolo para la transferencia de los servicios de datos y en esa lista se puede visualizar los parámetros a los cuales el prototipo funciona en la conexión a datos. Dicho protocolo será detallado posteriormente dentro del concepto de GPRS.

Otro requisito de los operadores es que la personalización de los prototipos debe ir acorde a los requerimientos que solicita, es decir que la personalización debe involucrar desde los logotipos y la imagen comercial que el operador maneja hasta los parámetros y configuraciones que la red necesita como por ejemplo, las direcciones para la conexión a los servicios de datos para el envío de mensaje multimedia y canales de conexión requeridos para internet en los módems inalámbricos. Pero para que los fabricantes logren cumplir con este último requerimiento, se hace a nivel software y es necesario comprender la naturaleza de los llamados sistemas operativos móviles, que es un tema que no ha sido tratado y también es analizado en las pruebas de homologación.

1.3.6. Sistemas operativos y software

Conforme se ha avanzado en la descripción, análisis y funcionamiento de las terminales móviles, se ha enfocado en la parte física, es decir el hardware como tal, sin embargo se sabe que estos dispositivos hoy por hoy son ordenadores de pequeñas dimensiones en potencia, lo cual significa que la segunda parte esencial es el software.

A nivel básico, el software es considerado como todos aquellos procedimientos y programas que un ordenador tiene, la capacidad de procesar y leer, debido a que están desarrollados en lenguaje máquina, permitiendo que este logre operar. De forma breve se puede definir software como la suma total de los programas de cómputo, procedimientos y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema informático o un ordenador.

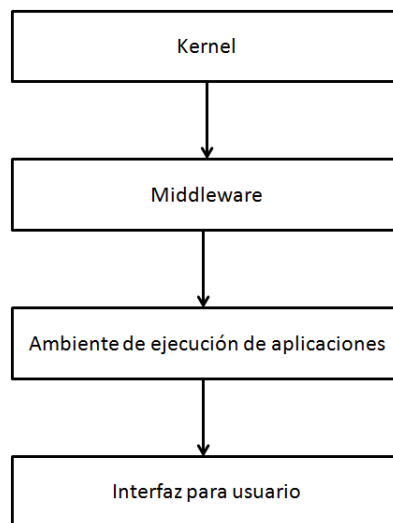
El software puede ser de distintos tipos como el de programación, de sistema y el de operación. El software de programación es el tipo que le proporciona a un programador toda la herramienta primaria para poder escribir programas en lenguaje de bajo nivel, es decir en lenguaje máquina y a su vez hacer uso de diferentes tipos de programación, como por ejemplo los compiladores y editores de texto. El software de sistema es aquel que permite que el hardware pueda funcionar, y en dicho software está incluido el sistema operativo, los servidores y las herramientas para diagnóstico.

Existe otro tipo de software llamado de aplicación, el cual el usuario final utiliza para poder hacer tareas de cualquier tipo como bases de datos, aplicaciones de videojuegos y archivos de datos, por mencionar algunos ejemplos. En otras palabras es el que el usuario utiliza para interactuar con el ordenador.

Un software puede tomar el papel de formas diferentes, que difieren desde un código fuente, que es por medio del texto escrito y creado por el programador hasta el código objeto que consiste en el lenguaje máquina que se traduce del código fuente que realiza el compilador, para que pueda ser reconocido y leído por la computadora.

Un Sistema Operativo es por definición el software encargado de proporcionar acceso a la parte física de un ordenador, es decir el hardware, sin que el usuario tenga visibilidad de los detalles de la implementación y el código máquina gestionando la apariencia de tener disponibilidad de recursos ilimitados conocido como la máquina virtual. Otra forma de definir el sistema operativo es como un programa que toma el papel de intermediario entre el usuario del ordenador y su hardware. De igual forma a los ordenadores convencionales, un sistema operativo móvil también se encuentra compuesto por varias capas. Dichas capas se muestran en la figura 13 de manera específica.

Figura 13. **Estructura del sistema operativo móvil**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

El *kernel* (núcleo) conforma una de las partes con mayor importancia de un sistema operativo, tanto para computadoras así como a terminales móviles, es la capa de software que logra dar el acceso y administrar los distintos elementos de hardware que lo conforman, en este caso, dicha terminal móvil de cualquier tipo. También es el encargado de ofrecer diversos servicios al resto de capas superiores y sus elementos que lo componen, es decir los controladores de hardware, sistemas de archivos, gestión de procesos, así como el acceso y administración de la memoria del sistema que soporta.

La siguiente capa es el *middleware* (software intermedio) que consiste en el consolidado de módulos, gracias a ellos es posible que las aplicaciones se comuniquen con los distintos dispositivos de las terminales móviles. La capa posterior percibe esta capa y tiene la característica que provee un nivel de abstracción de los programas hacia el hardware, como los parámetros de comunicación hacia los dispositivos de la terminal como la cámara, auricular, etcétera.

La tercera capa llamada ambiente de ejecución de aplicaciones es la encargada de hacer la función de máquina virtual, lo cual permite que dichas aplicaciones se ejecuten independientemente de la plataforma y gestiona la ejecución de los programas a nivel del código de máquina y a su vez liberando memoria para mejorar el rendimiento de las aplicaciones como por ejemplo el JRE que significa Java Runtime Environment (Entorno de ejecución JAVA).

Por último la capa de interfaz de usuario es la que posee la forma gráfica con la cual el usuario interactúa con la terminal como una aplicación definida, es decir los íconos gráficos, pantallas, botones y todo lo relacionado con la interacción directa del usuario.

Tabla VI. **Sistemas operativos móviles actuales**

| Descripción | Fabricante |
|--------------------|---------------------------------|
| Android | Huawei/LG/Motorola/Samsung/Sony |
| BlackBerry OS | BlackBerry |
| IOS | Apple |
| Symbian | Nokia/VeryKool |
| Windows Mobile | HTC/Motorola/Nokia/Samsung |
| Windows Phone | Nokia |

Fuente: elaboración propia.

La tabla muestra los sistemas operativos móviles utilizados en la actualidad y cual es utilizado por los fabricantes que desarrollan las terminales móviles. Ciertos sistemas operativos para móviles pueden basarse en núcleos Linux, tal como lo hace *Android* (Androide), o hasta inclusive sistema operativo de *Apple* IOS, el cual utiliza un *kernel* basado en Unix que a su vez dio origen a los sistemas operativos de *Linux* en los ordenadores convencionales.

En cuanto a la creación, desarrollo y modificación que pueden realizarse sobre el software, entra en juego lo que se conoce como software libre o propietario.

El primero, el software libre, es aquel en el que los usuarios tienen libertad para poder ejecutar, copiar y modificar el software siendo el ejemplo más latente el sistema operativo *Android*. Mientras que esto no sucede con el que es de propietario ya que acá solamente pueden hacer estas acciones los creadores o dueños de la licencia del software.

1.4. Servicios de la red para terminales móviles

Derivado de la naturaleza de la tecnología móvil, ya se tiene conocimiento que a partir de la tecnología GSM los operadores ofrecen no solamente los servicios de llamadas de voz en la red sino también, los llamados servicios de valor agregado como la navegación en internet, mensajes multimedia y plataforma de correo electrónico móvil por mencionar algunos. Es por esto que los servicios se clasifican en dos modalidades globales que son los servicios de voz y los de datos.

Dicha clasificación se toma en cuenta para el proceso de homologación debido a que, conforme las pruebas van en desarrollo por un operador las anomalías encontradas no se reportan al fabricante como una terminal con anomalías, sino que se clasifican las anomalías según el servicio de la red. Es en este momento que se hará la descripción de cada servicio con el objetivo de finalizar el entendimiento de todos los parámetros a considerar para dar inicio al proceso de homologación en su totalidad.

1.4.1. Servicios de voz

El servicio de voz en la tecnología móvil provee servicio básico de telefonía, haciendo uso de la red celular GSM de manera dependiente. Dicho servicio se adecua en entornos donde no llega la telefonía convencional fija. Adicionalmente permite la conexión de un teléfono analógico a un enlace de la estación base que ya se conoce, proporcionando de esta forma el encaminamiento de las llamadas a teléfonos móviles desde dicha estación. Dicho servicio es básicamente un acceso que se realiza por medio de un canal específico de la terminal a la estación base.

El canal mencionado, también es capaz de enviar otro tipo de información como los mensajes de búsqueda para detectar la ubicación de la terminal, es decir que en GSM es considerado un canal común dado que lleva información de forma bidireccional hacia la terminal y desde la misma de forma simultánea. Los canales que la red asigna durante un período determinado a una terminal se les denominan canales dedicados, en donde establecen dos estados que son el canal desocupado y el dedicado. En el primero la terminal es detectada por la red pero no tiene asignado un canal propio, mientras que la segunda es el estado donde ya tiene un canal bidireccional asignado.

La forma en que se transmite una señal de voz es relativamente simple, se hace gracias a lo que se conoce como modulación, donde cierto dispositivo transforma la voz en una señal digital de datos que puede ser transmitido a través de la interfaz de radio y genera una representación analógica y que es posible escuchar los datos recibidos. Dicho dispositivo es conocido como codificador y la forma en que realiza su función es que cada estación móvil, es decir la terminal, está diseñado para la extracción de información en la modulación en la señal de voz y es capaz de filtrar diferentes tipos de sonidos y su correspondiente frecuencia original.

La señal de voz durante la modulación de una llamada telefónica, tiene la característica de poseer un alto nivel de redundancia. Dicha redundancia puede ser eliminada, por medio de un análisis de la señal que permita identificar bloques previos de señal de gran similitud con la señal actual y de esta forma poder suprimir esta parte común, de manera que lo que realmente sea transmitido sea el residuo a largo plazo de la señal de voz y a este proceso se le conoce como la excitación residual por medio de una serie de pulsos. Dentro de los servicios de voz, los operadores ofrecen una clasificación específica que se detalla en la tabla VII.

Tabla VII. **Servicios de voz**

| Servicio | Descripción |
|---------------------|------------------------------|
| Terminal a terminal | Llamada en espera |
| | Desvío de llamada |
| | Bloqueo de llamada |
| | Identificador de llamada |
| | Buzón de voz |
| Grupo de terminales | Charlas de voz |
| | Conferencia múltiple |
| Información por voz | IVR |
| | Atención por el operador |
| Transacciones | Asignación de audio en tonos |
| | Compra de servicios por voz |

Fuente: elaboración propia.

Como se puede visualizar la tabla, los servicios de voz de terminal a terminal, implica el desvío, bloqueo y espera en llamadas los cuales son considerados servicios suplementarios. En GSM, así como en otros sistemas de telefonía celular, la terminal que está en espera ya sea por falta de cobertura o señal, está apagada o tiene bloqueo, se queda pendiente a las posibles llamadas que se puedan producir donde la red asigna cierto canal específico. Luego de esto, el canal traslada notificaciones llamadas mensajes de búsqueda y su función principal es en avisar anticipadamente a cierta terminal móvil que está siendo llamado por otra. El canal se emite a todas las celdas disponibles en ese momento y la red debe determinar a qué celda se debe establecer conexión una vez esté disponible y es aquí donde sí es efectiva la conexión se

produce un cambio de información llamado señalización, caso contrario es cuando se habilita el desvío de llamada hacia el buzón de voz.

El funcionamiento de la plataforma del buzón de voz es por medio de un acceso que el operador brinda a los usuarios, un acceso para recolectar las llamadas entrantes en un dispositivo conmutador que se habilita para generar locuciones grabadas. La interacción con el buzón de voz se realiza a través del sistema Dual-Tone Multi-Frequency (Frecuencia Múltiple de Doble Tono), que consiste en tonos que genera la terminal por medio del teclado enviando dos tonos de diferente frecuencia y la red móvil logra decodificar y distinguir la tecla presionada para dar la instrucción al buzón de voz. Las charlas por voz y conferencias múltiples simplemente consisten en que la red logra establecer interconexión entre más de dos terminales, una única llamada de voz también por medio de señalización en tiempo real.

En los servicios de información por voz, el sistema utilizado por los operadores, adicional al personal de atención al usuario, es el sistema Interactive Voice Response (Respuesta de Voz Interactiva) que consiste en equipos basados en computadoras, que disponen tarjetas de locución de voz, y son conectadas a la base de datos de la red móvil. El servicio de un IVR es brindar a los usuarios información a través de la terminal, y al igual que el buzón de voz, se interactúa también por DTMF ingresados por el usuario, realizan consultas a bases de datos remotamente y sintetizan respuestas. La tecnología móvil, como ya se sabe, tiene un avance rápido y la rentabilidad y funcionalidad de la red se está priorizando a los datos, sin embargo los servicios de voz siguen siendo un negocio factible para los operadores y es por esto que las pruebas de homologación por voz siguen siendo prioridad y se mantiene su proceso de aprobación en los prototipos a homologar.

1.4.2. Servicios de datos

Los servicios de la tecnología móvil pública convergen a los datos inevitablemente. Originalmente los servicios de datos fueron desarrollados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en los sistemas inalámbricos.

Los servicios de datos pueden ser ofrecidos gracias a la tecnología UMTS que ya se explicó anteriormente, sin embargo en GSM la transmisión de datos fue posible por el sistema GPRS, que ahora se explicará a detalle en qué consiste, es una tecnología que extiende la arquitectura del GSM para permitir la transferencia de datos del paquete con una tasa de datos teóricos de alrededor de 171,2 hasta 114 kilobits por segundo en una transferencia real. Gracias a su modo de transferencia en paquetes, las transmisiones de datos sólo usan la red cuando es necesario.

La arquitectura GPRS incluye ciertos elementos en la red GSM para poder integrarse y ofrecer los servicios de datos. Los elementos que utiliza son en primer lugar el enrutador de soporte de servicio GPRS, que es el encargado de gestionar las direcciones de las terminales de la celda y proporciona la transferencia de la interfaz de paquetes, y el segundo es el canal o pasarela de soporte GPRS que realiza la interconexión con otras redes de datos como el internet. En esencia esta pasarela debe proporcionar una dirección específica a las terminales móviles durante toda la conexión. Esta dirección es conocida como Access Point Name (Nombre del Punto de Acceso) o APN siendo una palabra clave que le indica a la red GPRS a qué otra red debe enviar paquetes de datos. Se considera como internet, pero es posible tener un APN privado sólo para un usuario y el servicio operaría internamente.

La evolución del GPRS también se dio con la implementación de Enhanced Data Rates for GSM of evolution (Tasas de datos mejoradas para la evolución de GSM) y tiene la característica que funciona en medio de las tecnología GSM y la UMTS y también por medio de paquetes de datos pero con una mejor velocidad ya con datos multimedia de alta capacidad como un video. La tecnología EDGE no necesita cambios a nivel de software o en hardware que se hizo en las redes GSM básicos. EDGE debe estar instalado y el subsistema de estación base tiene que ser actualizado para lograr soportarlo y esto se hace a nivel software.

Tabla VIII. **Evolución de los servicios de datos**

| Red utilizada | Tecnología | Velocidad bajada/Subida |
|----------------------|-------------------|--------------------------------|
| GSM | GPRS | 171/9,6 Kbps |
| UMTS | UMTS | 384/64 Kbps |
| | HSDPA | 3,6 Mbps/384 Kbps |
| | HSUPA | 3,6/1,5 Mbps |

Fuente: elaboración propia.

La tecnología GSM en los servicios de datos también ha tenido su evolución siempre en UMTS, precisamente en dichos servicios y a partir de aquí donde GSM termina su desarrollo pasando a la llamada tecnología de tercera generación así como se muestra en la tabla VIII. La tecnología de tercera generación es el resultado de la necesidad inevitable de las redes de comunicaciones móviles con un aumento en su velocidad y más variedad de servicios. Es aquí donde nace el concepto de ancho de banda móvil que es el rango de velocidad para poder acceder a internet y es mucho mayor al de GSM.

Esto significa que no sólo se tiene acceso a portales específicos para teléfonos móviles, sino desde una computadora mediante el módem USB o enrutador móvil que ya se conoce. Esta tecnología utiliza una red completamente independiente de la red GSM, donde en las estaciones se ubican las antenas y se denominan nodos B, en vez de estación base.

Los servicios de datos de esta red implican ancho de banda que al inicio eran 384 kilobits por segundo, mientras que en GPRS es de 48 kilobits por segundo, pero en la actualidad la red ha evolucionado a velocidades muy superiores mediante técnicas complementarias de hasta 3,6 megabits por segundo. Otra implicación que tiene esta tecnología es la videollamada que consiste en establecer una llamada a un usuario y además de hablar con este por medio de voz, es posible verlo mediante la cámara de un teléfono celular (siendo esta una característica de los teléfonos celulares de gama alta o elite).

Aún así, se debe saber que la etapa más fuerte de la tecnología UMTS para datos no se ha mencionado, y es aquí donde se da a conocer siendo la plataforma High Speed Packet Access (Acceso a paquetes de alta velocidad) o HSPA que es considerado como la optimización de UMTS, y consiste en una combinación considerable de eficiencia espectral, de cuatro a cinco veces más que en UMTS, también provee la transmisión de datos a alta velocidad y bajo retardo en menos de 100 ms, habilitando así la verdadera banda ancha móvil para el mercado masivo.

HSPA además baja el costo por bit, permitiendo la prestación de servicios efectivos y óptimos a nivel multimedia. Adicionalmente a nivel comercial en todos los operadores, se llama tecnología móvil de 3.5 generación o 3.5G.

Tal como se muestra en la tabla VIII, el HSPA se clasifica en dos principios siendo High Speed Downlink y Uplink Packet Access (Acceso de Paquetes por enlaces de bajada y subida a alta velocidad) abreviados HSDPA y HSUPA respectivamente donde también son mejoras incorporadas en las redes y dispositivos para permitir más ancho de banda en la conexión.

El HSDPA fue lanzado en marzo de 2002 aproximadamente y es considerado un protocolo con velocidades estimadas de hasta 14,4 Megabits por segundo en el canal *downlink* (enlace descendente). La realidad marcará una velocidad de aproximadamente dos o tres Megabits por segundo por usuario final, dato que contrasta con los pocos 384 Kilobits por segundo actuales en el primer UMTS de la tabla. El HSUPA por su lado fue lanzado en el 2005 y este consiste en que sus velocidades estimadas en el canal *uplink* (enlace ascendente) al utilizar dicho protocolo se sitúan en torno a los 5.76 Megabits por segundo, tomando en cuenta que tiene mejoras donde se podrían conseguir velocidades de hasta 11,5 Megabits por segundo.

Los protocolos HSDPA así como HSUPA, al ser aplicados a la red UMTS, consiguen mejoras considerables tanto para el usuario final como para los operadores en lo que respecta a la transferencia de datos. Las mejoras más significativas en primera instancia son que la velocidad de acceso es diez veces mayor a las establecidas en las tecnologías anteriores, se obtiene un aumento de la capacidad cinco veces mayor en el ancho de banda y la reducción significativa de la latencia, esto favorece la aparición de nuevos servicios y la mejora de los establecidos en la tecnología GSM. Las mejoras mencionadas se consiguen gracias a mejoras técnicas introducidas tanto en el desarrollo y despliegue del estándar HSDPA como del HSUPA.

2. ASPECTOS TÉCNICOS EN EL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN

Uno de los parámetros a considerar dentro del proceso de homologación es la tecnología de red con todos los conceptos y funcionamientos explicados en el capítulo anterior.

2.1. Tecnología de red

Gracias a que los operadores tienen la ventaja de administrar su red y optimizarla, también tienen la opción para establecer, analizar y definir las pruebas que se harán en los prototipos. Para dar inicio al establecimiento de las pruebas, cada operador (a nivel mundial) tiene el permiso de irradiar la señal de su red en cierto rango de frecuencia asignado llamado banda de frecuencia GSM, en donde cada banda depende de qué país este asignado. La banda GSM es en realidad la frecuencia en la que opera una red con dicha tecnología y para su operación se dieron catorce bandas originalmente, sin embargo son cuatro bandas o frecuencias las que se utilizan por la mayoría de operadores siendo las de 850, 900, 1800 y 1900 expresadas en mega *hertz* (hercios) o su abreviado en MHz.

Este rango de frecuencias es utilizado de forma versátil en distintas regiones a nivel mundial y se priorizó su uso únicamente por la disponibilidad que tuviera, es decir que si un rango ya fue asignado a cierto operador, este ya no podía ser reasignado dentro del mismo país.

Tabla IX. **Bandas GSM utilizadas por región**

| Rango de frecuencia (MHz) | Comentario |
|----------------------------------|--|
| 850 | Utilizada en América y Asia |
| 900 | Fue creada y tiene prioridad en Europa |
| 1800 | Pocos operadores la utilizan en Europa |
| 1900 | Utilizada en América |

Fuente: elaboración propia.

Estos rangos de frecuencia parecen ser una limitante para un usuario final, debido a que las terminales móviles por ser consideradas estaciones móviles, también tienen asignado un rango de operación en la red. Sin embargo la mayoría de terminales utilizadas soportan múltiples bandas en diferentes países y es aquí donde se les denomina como terminales de banda múltiple, dejando de ser una limitante no solo para usuarios finales con dispositivos comerciales, sino que también deja de serlo para los prototipos de homologación siendo un requerimiento poco exigente por la misma razón. Esta opción dio inicio con las terminales de banda doble, que pueden operar redes GSM en pares como por ejemplo los rangos 900 y 1800 MHz siendo un estándar en Asia, Australia, Europa y Brasil, o los rangos 850 y 1900 para Brasil y Norteamérica. Las terminales europeas de banda triple, normalmente pueden operar para las bandas 900, 1800 y 1900 proporcionando señal óptima en la región de Europa mientras que los diseñados para Norteamérica utilizan las 850, 1800 y 1900 para el servicio teniendo el uso global con limitantes. Los teléfonos cuatri-banda o banda cuádruple son capaces de soportar las cuatro bandas GSM, permitiendo su uso en las regiones que soporten la tecnología GSM y sus posteriores. Los escenarios a considerar se muestran en la tabla X.

Tabla X. **Regionalización de pruebas en prototipos de banda múltiple**

| Tipo de prueba en prototipos de banda múltiple | Análisis por tecnología | |
|--|-------------------------|-----------------|
| | GSM | UMTS |
| Respuesta de señal en bandas | Prueba local | Prueba regional |
| Servicios de voz/datos | Prueba local | Prueba regional |
| Funcionalidades | Prueba local | Prueba local |
| Personalización por operador | Prueba local | Prueba local |

Fuente: elaboración propia.

Los operadores realizan las pruebas de las terminales de banda múltiple en dos modalidades, siendo de forma local o regional. En lo que respecta a las pruebas de los prototipos en su personalización y funcionalidades de hardware y software, se realizan de forma local ya que no forman parte de las pruebas de bandas. Por otra parte, las pruebas de su rendimiento de señal en diferentes bandas son vitales debido a que, por ejemplo, algún país tenga como prioridad la banda de 850 y en otro sea la de 1900 y por ende esto afecta directamente en el rendimiento de los servicios de voz y datos en el prototipo a probar. Esto significa que si un prototipo es aprobado y adquirido por el operador, debe certificar que funciona correctamente en las diferentes bandas disponibles por la sencilla razón que una terminal ya comercial puede ser utilizado por un usuario fuera del país donde se encuentra el operador que la aprobó.

Del cambio de región de las terminales para validar su funcionamiento, surge un nuevo concepto en este capítulo pero conocido por los operadores llamado *roaming* (rondar) que consiste en la capacidad de una terminal en poder cambiar de una región de cobertura a otra sin que se interrumpa el servicio o pierda su conectividad.

Esto permite al usuario seguir utilizando sus servicios de la red móvil fuera de la región geográfica en la que contrataron el servicio, con la ventaja que no es necesario cambiar el número telefónico que tenga asignado en la SIM del operador. Esto en concreto viene siendo un acuerdo que se establece entre operadores de diferentes países según la banda principal que tengan.

Dichos acuerdos entre operadores para homologar prototipos es importante por la obvia razón que todos los servicios, tanto de voz como de datos, deben ser funcionales y compatibles entre sí, no importando la banda o tecnología utilizada en donde a este convenio o acuerdo se le llama interconexión. La interconexión es la conexión física que los operadores realizan con sus equipos y dispositivos que proveen sus redes bajo convenios técnicos, para que los usuarios finales puedan tener acceso a todos los servicios de otros operadores. Este tipo de interconexión entre dos redes se logra establecer con las funciones mostradas en la siguiente tabla:

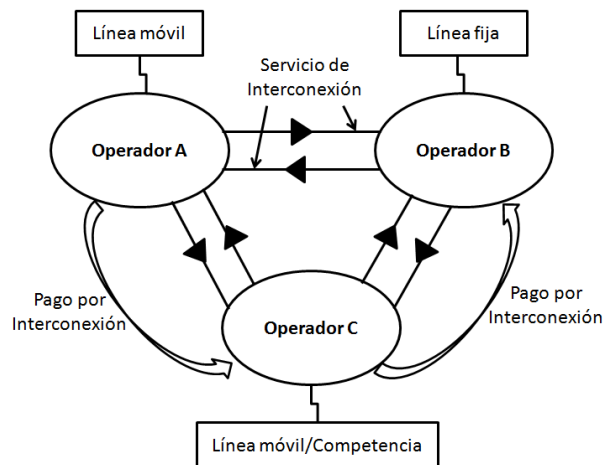
Tabla XI. **Funciones para la interconexión**

| Función | Descripción |
|----------------|--|
| Rastreo | Realiza una búsqueda del número telefónico en una base de datos registrada en la red destino |
| Señalización | Asigna un canal a la red destino que hay una conexión en espera |
| Transferencia | Se establece la conexión por medio de una entrega por medio de una codificación de la información de voz y/o datos |

Fuente: elaboración propia.

Estas tres funciones son las que se ejercen de forma elemental en la interconexión. Sin embargo este proceso conlleva funciones adicionales y más específicas para que pueda ejecutarse entre los operadores, incluyendo los de telefonía fija. El área de la interconexión de redes de telecomunicación es muy amplia, conlleva una disciplina interna, debido a que internamente se deben tomar en consideración elementos económicos y regulatorios que determinan la viabilidad y rentabilidad del servicio, así como los elementos técnicos ya descritos en conjunto con la seguridad y calidad. Dichos elementos han de configurarse con base a los principios de las tres funciones básicas, que conforman la interconexión de redes de telecomunicación y así como su topología.

Figura 14. **Estructura de interconexión entre redes**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

La estructura de la interconexión funciona en forma bidireccional para todos los servicios voz y datos, tomando en cuenta que existe un pago adicional dentro de los acuerdos entre operadores móviles y de línea fija aunque sean competencia directa.

Cuando un operador utiliza el servicio de voz (por ejemplo) que tiene como destino la red de su competencia, debe pagar un precio de interconexión. El resultado de esto, es que ningún operador tiene algún tipo de control definido de la estructura y a nivel comercial las tarifas y costos del servicio está distribuido entre todos los operadores y dentro de esta estructura hasta los operadores de menor participación tienen participación de costo para negociar los precios de interconexión. Aunque en realidad este último dato es tomado en cuenta para las terminales comerciales y no como parte del proceso de homologación. En concreto, se puede determinar que los aspectos técnicos a considerar en la homologación de prototipos móviles es la tecnología de red con los lineamientos mostrados a continuación:

Tabla XII. **Lineamientos de la tecnología de red para la homologación**

| Lineamiento de la tecnología de red | Tipo de prueba |
|--|---|
| Bandas de red | Rendimiento de señal a prototipos en redes a nivel regional |
| Roaming | Pruebas de servicios de voz y datos a prototipos a nivel local y regional |
| Interconexión | Pruebas de servicios de voz y datos a prototipos a nivel local y regional |

Fuente: elaboración propia.

Estos tres lineamientos son la base para el barrido de pruebas de los prototipos y es aquí donde se desglosa la clasificación de dichas pruebas. Sin embargo todavía no ha sido tomado en cuenta un detalle que se encuentra implícito dentro de estos tres lineamientos.

Es muy importante dentro de estas pruebas, debido a que el factor de consumo de energía y/o potencia de los prototipos respecto de la red y viceversa, no están fuera de los aspectos de la tecnología de red y que sin duda se detallará sin preámbulo en este capítulo.

2.2. Rendimiento de potencia

Todo dispositivo electrónico tiene un propósito específico en cualquier ámbito de la tecnología y son diseñados para cumplir con un objetivo específico, y las terminales móviles no son la excepción. Esto es algo obvio, y para lograr cumplir su objetivo como dispositivo electrónico y al hacerlo, al igual que cualquier materia en el universo, sufre de un consumo de energía y/o potencia como resultado de su trabajo realizado, en este caso el rendimiento de los prototipos en la red se encuentra registrado al igual que su consumo de potencia. Es aquí donde se encuentra otro factor importante que no puede ser descartado para validar el prototipo a homologar, y a dicha validación se define como su rendimiento de potencia.

Tal y como se mencionó en la definición de los prototipos, la intensidad de señal en las terminales se expresa en dBm, y se conoce como el nivel de potencia en decibelios en relación a un nivel de referencia. Tanto el nivel de cobertura como la propia terminal, el encargado de la homologación mide el consumo de potencia con la misma dimensional. Al obtener el valor dBm en el modo de ingeniería en los prototipos, se puede obtener la potencia total que consume expresada en Watts por medio de:

$$P = [10]^{(dbm/10)}$$

Los operadores determinan el rendimiento de potencia de los prototipos con un término simple llamado *power class* (clase de potencia). Esto se define como la cantidad de potencia en transmisión que es capaz de producir al momento de entrar en un radio de una célula de la red móvil en específico. Como ya se conoce del capítulo 1, cada área de cobertura en la red se divide en celdas (células) hexagonales que estando juntas forman un patrón de panal para cubrir una región determinada y es en cada una donde se determina el rendimiento de potencia en las terminales. Hay que recordar que las terminales son consideradas estaciones móviles de la red, tal y como se explica en la naturaleza de la telefonía celular en el capítulo 1, y de esta forma las terminales tienen su clasificación según la clase de potencia.

Tabla XIII. **Clases de potencia en terminales**

| Clase de potencia | Máxima potencia (Watts) | Tipo de terminal |
|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Clase 1 | 20 | Vehiculares |
| Clase 2 | 8 | Plantas móviles GSM |
| Clase 3 | 5 | Terminales GSM/UMTS |
| Clase 4 | 2 | Terminales GSM/UMTS |
| Clase 5 | 0.8 | Terminales GSM/UMTS |

Fuente: elaboración propia.

Esta clasificación se basa en la misma potencia con la que son capaces de transmitir sobre el canal asignado. La clase 1 son las que irradian mayor cantidad de potencia y son conocidas como terminales vehiculares (montables en automóviles o radiotransmisores), las transportables (plantas telefónicas GSM) de clase 2 y terminales móviles (módems, teléfonos celulares GSM) de clase 3. Estas últimas tienen la capacidad de salida de potencia más baja.

Un aspecto peculiar de las terminales es que tienen la capacidad de variar la potencia de transmisión de la señal sobre su canal asignado en dieciocho niveles, teniendo como objetivo optimizar dicha transmisión y evitar posibles interferencias inducidas sobre las celdas adyacentes. El resultado de esto minimiza el consumo de potencia de las terminales.

El análisis acerca de la clase de potencia y a cual se apegan las terminales para lograr obtener un mínimo consumo, tal y como recién se detalló, es tomado en cuenta en los prototipos a homologar como aspecto técnico y es incluido en el barrido de pruebas a realizar por el operador, ya que estos deben cumplir con los requerimientos del consumo de potencia mínimo en la red, por la obvia razón que en la misma se encuentran registrados cantidades considerables de terminales que también provocan un consumo de la potencia en la red y al sumar sus potencias, el total es considerable para el rendimiento de dicha red.

A nivel técnico, estas pruebas de rendimiento de potencia se realizan en dos modalidades, por un lado utilizando la misma red tomando en cuenta que sus parámetros son muy variables y es un tanto difícil dar un valor instantáneo de su rendimiento. Y por otro lado el área de homologación utiliza un dispositivo que simula estos parámetros de red llamado analizador, su funcionamiento será detallado en el siguiente capítulo donde se describen estas pruebas explícitamente.

2.3. Descripción de pruebas en la red

Todo lo que respecta a la naturaleza de la red, su funcionamiento así como sus parámetros, han sido descritos y comprendidos con un enfoque hacia la homologación en los operadores.

Esto se analizó tomando en cuenta los lineamientos de dichos operadores siendo la esencia y el origen para el análisis y la creación del barrido de pruebas para la certificación de los prototipos de su rendimiento en la red, en donde prácticamente dichas pruebas son de campo por obvias razones. Sin mayor preámbulo se dará inicio a la descripción y características de las pruebas de homologación que los operadores desarrollan y realizan actualmente haciendo la observación que algunos aspectos mencionados pueden variar dependiendo de las políticas de algunos de ellos. No hay que olvidar que la prioridad en dichas pruebas es el rendimiento del prototipo, no de la red aunque esta última debe estar en óptimo funcionamiento para evitar diagnósticos erróneos.

2.3.1. Pruebas de servicio de voz

La mayoría de homologaciones dan inicio a partir de las pruebas de los servicios de voz para validarlos siendo el servicio más práctico y en menor tiempo de ejecución. El objetivo principal de estas pruebas iniciales es validar que el prototipo móvil logra establecer las llamadas de voz sin que se presenten o existan fallos de conexión en la red. Los operadores establecen las pruebas en el simple hecho que estas son llamadas telefónicas a final de cuentas, pero tomando en cuenta que se pueden llevar a cabo en diferentes escenarios y bajo ciertas condiciones de la red ya que tienen el acceso a esta última y tienen visibilidad que si alguna prueba llegara a ser insatisfactoria, puede ser por algún inconveniente o falla del servicio en ese momento.

Nuevamente se hace hincapié que a pesar que los servicios móviles migrarán a los servicios de datos, estas pruebas de voz se siguen realizando, siendo todavía un negocio factible dentro de los operadores.

Tabla XIV. **Pruebas generales del servicio de voz en prototipos**

| Prueba | Requerimiento |
|----------------------------------|---|
| Registro en la red | Verificar que el prototipo se encuentre registrado en la red con un rango de señal aceptable |
| Generación de llamada saliente | Capaz de generar llamadas a números telefónicos existentes siendo efectiva la confirmación del tono de llamada activa |
| Confirmación de llamada entrante | Capaz de establecer conexión con una llamada telefónica entrante por medio del identificador de llamada en el menor desfase de tiempo posible respecto la respuesta del número origen |
| Conexión de llamada | Confirmar la llamada establecida al aceptarla en tiempo real |
| Finalización de llamada | Realizar el corte de llamada sin experimentar ningún tipo de congelamiento o retardo a nivel software respecto la marcación de la tecla de finalización de llamada |

Fuente: elaboración propia.

Las pruebas descritas en la tabla XIV se deben realizar en dos modalidades siendo el prototipo un transmisor y receptor del canal para la señal de voz.

Adicionalmente se deben especificar las modalidades de una llamada en un usuario final, porque no solamente se usa la red entre dispositivos, también su rendimiento aplica para establecer conexión con otros servicios de telefonía.

Tabla XV. **Barrido de pruebas en servicios de voz a otros servicios**

| Modalidad | Prueba | Requerimiento |
|------------------|---|---|
| Transmisor | Prototipo a terminal del mismo operador | Llamada efectiva con terminales del mismo operador |
| Receptor | Terminal del mismo operador a prototipo | Llamada efectiva con terminales del mismo operador |
| Transmisor | Prototipo a línea fija | Llamada efectiva a líneas de operadores de telefonía fija |
| Receptor | Línea fija a prototipo | Llamada efectiva de una terminal fija al prototipo |
| Transmisor | Prototipo a terminal diferente operador | Llamada efectiva entre el operador en proceso de homologación y una terminal de otro operador |
| Receptor | Terminal diferente operador a prototipo | Interconexión efectiva entre operadores en competencia |
| Transmisor | Prototipo a línea internacional | Interconexión efectiva sin importar banda y tecnología |
| Receptor | Línea internacional a prototipo | Interconexión efectiva sin importar banda y tecnología |
| Transmisor | Prototipo a llamadas de emergencia | Llamadas efectivas a líneas de marcación rápida de emergencia a nivel local |

Fuente: elaboración propia.

El barrido de pruebas globalizado se describe en la tabla XV. Dentro de estas pruebas para validar la conexión efectiva de llamada de voz en estos diferentes escenarios, no solamente se dictamina como aprobadas con una simple llamada.

Tabla XVI. **Parámetros para la aprobación de las pruebas de voz**

| Parámetro | Tipo de aprobación |
|---------------------------|---|
| Calidad de voz | En transmisión como en recepción |
| Señal | En alta y baja cobertura de señal de red |
| Conferencia múltiple | En diferentes servicios de voz |
| Desvío de llamadas | A cualquier línea destino si no hay respuesta |
| Llamadas en espera | Retención efectiva de llamada sin corte |
| Identificador de llamadas | Visualización efectiva de llamadas recibidas |
| Buzón de voz | En los sistemas DTMF é IVR |
| Servicios de voz | En todas las tecnologías GSM/UMTS |

Fuente: elaboración propia.

Según la descripción de la tabla XVI, uno de los parámetros a tener en consideración para establecer las diferencias entre un sistema de voz y el rendimiento del prototipo, es la medida de calidad del servicio de voz. Las consideraciones que la persona encargada de la homologación debe tener en cuenta a la hora de registrarse al servicio de telefonía móvil tienen que ver con ciertas características de operación del dispositivo.

Dichas características son la disponibilidad del canal donde se hará la conexión, la cobertura geográfica y la posibilidad de percibir el servicio en áreas diferentes a la que está registrada, así como la certeza en transmisión de voz.

Esto de forma breve significa que la validación de voz del prototipo, tanto en su modalidad de transmisor como receptor, sea inteligible inclusive en circunstancias de aislamiento de señal o baja cobertura.

2.3.2. Pruebas de servicio de datos

Se ha logrado visualizar que conforme aumenta la complejidad del diseño de las terminales móviles por parte de los fabricantes, es cada vez más importante que los encargados de las homologaciones comprueben el rendimiento de cada aspecto de la transferencia de datos.

Existen una serie de consideraciones que son críticas y a su vez relativas a las pruebas para la aprobación del rendimiento de los servicios de datos, los fabricantes de terminales y sus prototipos de prueba se han visto presionados a desarrollar métodos de prueba prácticos y fiables, manteniéndose actualizados de las novedades a medida que las normas de la tecnología de red van evolucionando.

Finalmente se sabe que los servicios de datos son protocolos de paquetes dentro de la red de los operadores, en donde este principio introduce muchos requisitos nuevos en el panorama de los prototipos móviles, los cuales son tomados en cuenta para el barrido de pruebas.

Las pruebas a realizar en los prototipos, tomando en cuenta que abarca todos los tipos de terminales (teléfonos celulares, módems y enrutadores), son descritas en la tabla XVII de forma definida.

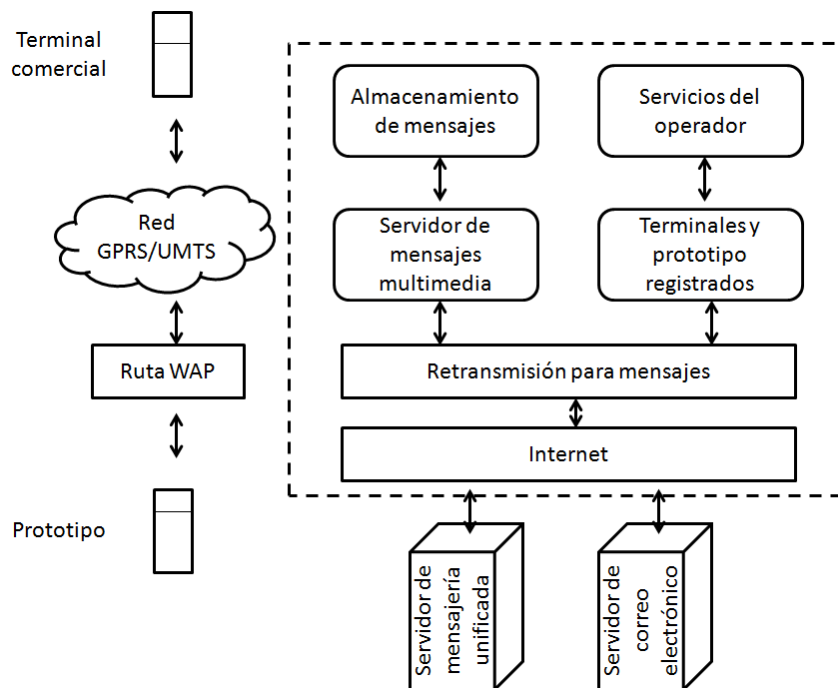
Tabla XVII. **Pruebas generales del servicio de datos en los prototipos**

| Prueba | Requerimiento |
|----------------------------------|--|
| SMS | Verificar que la plataforma de servicios de mensaje corto funcione correctamente tanto de transmisor como receptor |
| MMS | Verificar que el prototipo logre la transferencia diferentes archivos multimedia tanto de transmisor como receptor dentro del rango permitido por el operador |
| WAP | Verificar la conexión y navegación correcta en páginas WAP |
| Internet | Verificar la conexión y navegación correcta en páginas Web |
| Correos electrónicos | Verificar que los prototipos que soporten configuración de correo electrónico, tenga una configuración explícita y conexión efectiva en la transferencia de correos electrónicos |
| Conexión con sistemas operativos | Verificar que el prototipo al experimentar una sincronización con diferentes sistemas operativos sea compatible y funcione automáticamente |
| Transferencia de datos sin red | Verificar que el prototipo transfiera archivos multimedia que no requieren el registro en la red o conexión inalámbrica (<i>Bluetooth</i> , <i>infrarrojo</i> , etcétera) |

Fuente: elaboración propia.

Las pruebas en las plataformas de mensajería tanto en SMS y MMS se establecen sólo en los siguientes lineamientos: introducir el número telefónico al cual se hará la transferencia como transmisor, redactar el mensaje como tal, validar el envío tanto con o y sin archivo multimedia adjunto, realizar el envío y la terminal debe notificar el envío o recepción en la pantalla en todo momento y en tiempo real. Para el caso de los mensajes multimedia, la persona encargada de la homologación debe tener presente que los paquetes MMS son transmitidos por medio de WAP en tramas de datos binarios y la misma red proporciona una capacidad limitada para la transferencia siendo entre el rango de los 200 a 300 megabits por segundo, por lo que no puede esperar que los resultados sean en el tiempo que los SMS lo harían. Para que las pruebas de datos en la mensajería sean satisfactorias, debe cumplir en el esquema de la figura 15.

Figura 15. **Esquema a cumplir en las pruebas de datos**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

En este esquema, es necesario que la red del operador en proceso de homologación, pueda tener los elementos necesarios de GPRS o UMTS para ofrecer este servicio y solo aplica para los prototipos móviles con capacidad de MMS y datos. Para soportar la tecnología MMS, las redes GPRS actualmente existentes necesitan un centro de servicio de mensajería multimedia móvil o Multimedia Messaging Service Center también abreviado MMS-C. El MMS-C es el responsable de la transmisión, almacenamiento, envío y notificación de recepción de mensajes multimedia entre los terminales móviles o entre un terminal móvil y cualquier dispositivo que soporte MMS. Este sistema también es el encargado de generar los datos de facturación de los mensajes y de convertir o adaptar los mensajes a las capacidades del terminal receptor; es decir, si por ejemplo al realizar la prueba de homologación de una terminal MMS con pantalla que posee una alta resolución y a color, se envía una imagen o fotografía en color al prototipo dicho MMS con pantalla en blanco y negro de baja resolución, debería convertir la imagen a blanco y negro clasificando esta prueba como satisfactoria.

De igual forma, no es un requerimiento que el prototipo como receptor de un mensaje MMS sea compatible con esta tecnología; el MMS-C detectará este hecho y le enviará, en vez del mensaje multimedia, un mensaje de texto normal donde se le indica una dirección de internet en la que será almacenado el mensaje, el cual podrá descargar mediante WAP, es decir que esta prueba no se puede tomar como insatisfactoria. Esta capacidad de identificar las posibilidades del dispositivo MMS receptor, es nueva respecto a las pruebas de mensaje de texto pudiendo de este modo resolver en MMS los problemas de compatibilidad que existen en estos momentos en SMS reportando estos resultados al fabricante. Por otro lado, la navegación en páginas web debe ser efectiva media vez sea un prototipo que lo soporte siempre tomando como referencia el esquema, así como la configuración de correo electrónico.

Al momento de homologar este último, se debe validar un aspecto importante llamado *push mail* (empujar correo) en el cual cada nuevo mensaje es enviado a la terminal de forma instantánea y en tiempo real al momento de ser recibido en el servidor de correo tal y como lo plantea el esquema en la figura 15. El funcionamiento de este servicio consiste en que el Mail Delivery Agent (agente activo de entrega de correo), que es el servidor de correo, o abreviado como MDA, realiza la transferencia del mensaje al Mail User Agent (agente usuario de correo) o MUA dispositivo del destinatario, tan pronto como es recibido siendo esta una operación hecha implícitamente en el esquema para validar estas pruebas.

Para que sea aprobada esta prueba en la homologación es necesario lograr resolver la conexión en ambos puntos, tanto en el MDA como el MUA. El primero debe tener la capacidad de establecer la comunicación tan pronto recibe un nuevo correo electrónico, mientras que el segundo debe ser capaz de atender y negociar la comunicación para recibir dicho correo electrónico. Dado que los estándares iniciales de correo electrónico no contemplaban este modo de trabajo, cada fabricante tiene el interés para solventarlo de forma particular antes que venza el tiempo de realización de las pruebas, modificando alguno de los parámetros a nivel software donde dicha resolución se detallará en la tecnificación y optimización en el siguiente capítulo.

Siempre tomando de referencia el esquema de aprobación, el sistema de mensajería electrónico cuenta con que el servidor de correo es un elemento que se encuentra activo todo el tiempo, tanto que el usuario o MUA, no necesariamente está disponible en todo momento.

Tabla XVIII. **Pruebas de correo electrónico según protocolo**

| Protocolo | Prueba en prototipo | | |
|-----------|--|--|---|
| | Teléfono | Módem | Enrutador |
| POP3 | Configuración y conexión efectiva en <i>Pull</i> | Sincronización y conexión efectiva en ordenadores en <i>Pull</i> | Sincronización y conexión efectiva en ordenadores en modem y Wi-Fi en <i>Pull</i> |
| IMAP | Configuración y conexión efectiva | Sincronización y conexión efectiva en ordenadores | Sincronización y conexión efectiva en ordenadores en modem y Wi-Fi |

Fuente: elaboración propia.

El servidor de correo está de forma permanente en funcionamiento, mientras que el usuario receptor debe iniciar la consulta cuando esté en condiciones de conectarse con dicho servidor. El Post Office Protocol (Protocolo Post oficina), es un sistema de correo *pull* (jalar), que tiene como base la extracción de mensajes. Durante las pruebas de usuario con el prototipo, se debe validar en qué momento se desea el mensaje, generalmente con una cobertura de datos óptima, y se verifica que el servidor responda con la entrega de los mensajes almacenados. El siguiente protocolo conocido como Internet Message Access Protocol (Protocolo de acceso a mensaje de Internet) o IMAP tiene admisión de ambos tipos de funcionamiento *push* y *pull*; adicionalmente dispone de un monitor de notificaciones, para transferir avisos cuando se recibe un nuevo mensaje. El protocolo IMAP puede ser empleado para simular correo *push*.

Lo que se requiere del prototipo en esta prueba con la función IMAP, aprovechando su capacidad para generar notificaciones, es que el sistema realice la consulta periódicamente al servidor de correo y, en caso de encontrar un nuevo mensaje, verificar que se realice la descarga del mismo en el sistema de correo electrónico configurado en el prototipo.

Explícitamente se solicita que la configuración y funcionamiento de estos sistemas de correo sean efectivos en los prototipos y en todas las conexiones de datos, es decir con el servicio de datos de la red, como módem y con una conexión Wi-Fi disponible, pero sobre todo que cualquier cuenta de correo de cualquier servidor a nivel público y si en dado caso alguna cuenta de correo privada de empresas no funciona en la configuración del prototipo, es necesario revisar dicho servidor antes que la prueba se declare como insatisfactoria.

Por otra parte dentro del barrido de pruebas de la tabla XVII, la homologación solicita la sincronización con los sistemas operativos de computadoras y dispositivos con los prototipos. Las pruebas a realizar se enfocan en los aspectos técnicos de las siguientes funciones:

Tabla XIX. **Pruebas de sincronización y compatibilidad en prototipos**

| Función | Requerimiento técnico |
|----------------------|--|
| Sincronización | Lograr sincronizar prototipo y ordenador |
| Control de acceso | Obtener el acceso al ordenador |
| Intercambio de datos | Intercambiar los datos sin interrupción |
| Conexión | Registro efectivo del prototipo a la red móvil |
| Detección de errores | Lograr detectar errores de sincronización |

Fuente: elaboración propia.

La prueba de sincronización del prototipo con un ordenador implica la existencia de un medio propicio para la comunicación, técnicamente este medio debe ser el puerto USB tal y como se describió en los módems y enrutadores de tal forma que para lograr la comunicación es evidente que deba existir una sincronización. El principal objetivo de este protocolo es precisamente la conversión de transmisión de los datos en comunicación, por medio de la adquisición y mantenimiento del sincronismo entre el prototipo a comunicar de tal manera que se logre establecer y mantener un estado conocido en el ordenador, y es aquí donde se formaliza la funcionalidad *plug and play* explicada en la descripción de los módems inalámbricos.

La forma más simple de validar el control de acceso en los prototipos es manteniéndolo en contención, lo que significa que las terminales conectadas a un puerto USB compiten por su acceso de tal forma que si el prototipo tiene el mensaje de envío, hace una solicitud de acceso, pero si el puerto se encuentra desocupado el ordenador hace uso de él de otra manera, el prototipo debe esperar, lo cual no debe ser un motivo para indicar un error del prototipo en prueba. Para este tipo de control el programa de comunicaciones del ordenador almacena la solicitud del prototipo y se atiende algún otro tipo de manejo de colas, en donde esta alternativa de contención tiene desventajas, ya que no es controlable el tiempo de acceso al puerto USB de comunicación, lo cual no es recomendable en ordenadores que tengan algún dispositivo o terminal que ya se encuentre conectado en algún otro puerto, por lo que los procedimientos de contención son ideales en los sistemas donde la utilización del puerto es baja (tal es el caso de los módems).

Todos estos aspectos técnicos en el barrido de pruebas de los servicios de datos son desarrollados con los parámetros y servicios de red en óptimas condiciones y de forma estática.

Esto significa que dichas pruebas de homologación se validan en un lugar o espacio fijo en la misma celda y no se ha tomado en consideración dichas pruebas en diferentes celdas y en un escenario en movimiento o en constante cambio de celdas donde el operador irradia su red.

2.3.3. Inter-rat y *handover*

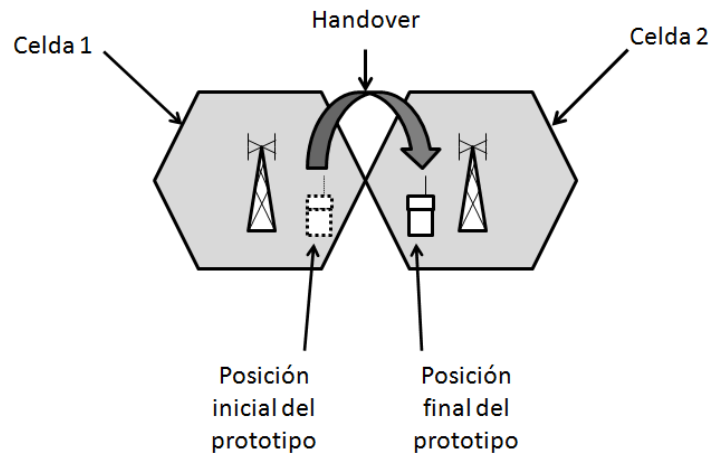
Las pruebas para los servicios de voz y datos tienen una alta probabilidad de ser satisfactorias en los prototipos, si se realizan en alguna celda específica donde el operador la administre para que los servicios sean óptimos.

Sin embargo ¿Qué sucedería si el prototipo es aprobado bajo estas circunstancias y ya con una terminal comercial presente irregularidades como: caída en llamadas y desconexión de internet (al viajar en un automóvil por ejemplo)? Es obvio que al registrarse en otras celdas no se registra correctamente, definitivamente son escenarios que no pueden descartarse del proceso de homologación.

Anteriormente en la descripción de los servicios de voz, se mencionó que este se provee por el acceso que se realiza a través de un canal específico de la terminal a la estación base y viceversa. Es aquí donde surge otro aspecto técnico muy conocido pero indispensable en las pruebas de homologación llamado *handover* (traspaso).

El *handover* es el proceso por el cual se transfiere una comunicación de un canal de una célula a un nuevo canal, en la misma célula o en otra. Por obvias razones se hace por medio de la terminal la cual a nivel red se ha llamado anteriormente como estación móvil.

Figura 16. **Funcionamiento de *handover***



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

El funcionamiento básico del *handover* tal y como se muestra en la figura 16, es cuando cierta celda no tiene la capacidad de recibir los servicios de voz en curso debido a que ha su agotamiento, se realiza el traspaso de dichos servicios a celdas adyacentes que tengan al prototipo en prueba dentro de su área de cobertura para aliviar al canal asignado y dar la oportunidad a otras terminales que puedan hacer uso de la red.

La consideración principal en este traspaso, es precisamente realizar el barrido total de pruebas tanto de los servicios de voz como los de datos teniendo su enfoque en la calidad y rendimiento del prototipo. La forma en que se aprueba es al momento que el prototipo se va alejando de cierta estación base, experimenta una degradación de cobertura, la red se encarga de realizar la conexión inmediata con la estación base más cercana, y si la red es capaz de realizar este principio, el prototipo en óptimo funcionamiento no experimenta cortes de llamadas y la conexión a los servicios de datos, se mantiene independientemente de la velocidad de transferencia.

En definitiva, este traspaso debe ser transparente para la persona que realiza la homologación ya que, como recién se mencionó, sabe que los parámetros de la red se encuentran óptimos.

Una vez se tiene visibilidad de cómo se comporta la red por medio del *handover*, este último se puede presentar de diferentes formas que definitivamente influirán en el rendimiento del prototipo, y es aquí donde nuevamente debe tener cuidado de reprobarlo debido a que una celda es muy improbable que se encuentre en las mismas condiciones que otra. Para desarrollar las pruebas en este tipo de situación, los operadores establecen las pruebas de homologación de los prototipos tomando como base los siguientes escenarios:

Tabla XX. **Tipos de *handover* durante las pruebas de homologación**

| Tipo | Requerimiento en las pruebas |
|----------------------|--|
| <i>Soft-Handover</i> | Traspaso efectivo entre celdas de la misma tecnología (GSM y/o UMTS) |
| <i>Hard-Handover</i> | Conexión y desconexión del canal efectivas entre celdas con tecnología GSM sin cortar los servicios de voz y datos |
| Inter-rat | Traspaso efectivo entre celdas de diferente tecnología (GSM y UMTS) |

Fuente: elaboración propia.

Durante el *soft-handover* (traspaso suave) el prototipo está conectado por medio de cierto canal a la estación base de origen y por otro canal a la de destino durante la duración de este traspaso.

La transmisión se hace de manera simétrica por los dos canales hasta que se realiza dicho traspaso completamente, por lo que el prototipo nunca debería de romper este enlace durante el desarrollo de las pruebas.

Para el caso del *hard-handover* (traspaso fuerte) el prototipo experimenta la desconexión de la estación base original donde permanece desconectado durante unos milisegundos, y debe ser capaz de conectarse a otra estación base sin padecer de ningún corte de servicios. Una de las ventajas en este tipo de traspaso es que, al establecer las llamadas en el servicio de voz, se utiliza un solo canal en GSM y si a pesar de esto, el traspaso falla en el prototipo, los servicios de voz pueden verse interrumpidos por cierto período o inclusive puede experimentar un corte de forma inesperada, aunque comúnmente este traspaso suele durar muy poco tiempo y sea transparente al usuario con el prototipo. Es aquí donde el personal de homologación debe cerciorarse si esta falla fue ocasionada por la misma y dentro de las pruebas que este traspaso debe validarse más de una vez antes de rechazar al prototipo.

Así como la red es muy variable en sus parámetros, también lo es la tecnología utilizada en todas las celdas de una región específica. Para el caso de las pruebas también se toma en consideración un escenario que actualmente tiene una gran demanda, y es el traspaso entre celdas con diferente tecnología llamado Inter-radio access technology (Tecnología de Acceso al Radio) o conocido como Inter-rat. Esto significa que por ejemplo, los servicios de voz pueden transferirse de una tecnología GSM a UMTS. El Inter-rat es un punto fuerte en las pruebas debido a que los operadores lo consideran como un traspaso vertical, es decir que para el barrido de pruebas se gestiona la validación entre tecnologías en diferentes modalidades.

Tabla XXI. **Modalidades a considerar en el traspaso Inter-rat**

| Tipo de traspaso Inter-rat | Pruebas a realizar |
|----------------------------|--------------------------------------|
| GSM a UMTS | Servicios de voz en banda múltiple |
| | Servicios de datos en banda múltiple |
| | Rendimiento de potencia |
| | Demanda de carga de batería |
| UMTS a GSM | Servicios de voz en banda múltiple |
| | Servicios de datos en banda múltiple |
| | Rendimiento de potencia |
| | Traspaso de módems y enrutadores |

Fuente: elaboración propia.

El barrido de pruebas global es de vital importancia retomarlo en el traspaso de Inter-rat ya que, como bien se sabe, los protocolos y las velocidades de respuesta de la red son diferentes variando el rendimiento de potencia y del tiempo de carga de los prototipos. La razón por la que se da prioridad a la demanda de carga a la batería en el traspaso de GSM a UMTS se debe a que esta última por poseer velocidades mayores como por ejemplo mantener la conexión en EDGE a GPRS, es aquí donde ambas celdas solicitan mayor demanda de carga a la terminal, sin olvidar que desde el punto de vista de la red es considerada como una estación móvil. Aunque el hecho que se le de prioridad no significa que solo en esa circunstancia se valide su rendimiento, ya que la prueba de batería se hace en varios ámbitos de la homologación incluyendo en modo descanso, es decir sin hacer uso de los servicios estando registrado en la red. Bajo estas modalidades, los aspectos técnicos a los que se resumen y concretizan en la tabla XXII con las pruebas de traspaso.

Tabla XXII. **Parámetros de validación en Inter-rat y *handover***

| Parámetro | Descripción |
|---------------------|---|
| Potencia de señal | Rendimiento en alejamiento de celdas |
| Tasa de error | Tasa de desconexión por estar fuera de cobertura sin realizar <i>handover</i> |
| Tiempo muerto | Periodo donde se ha perdido conexión |
| Movimiento previsto | Prever el recorrido del prototipo |

Fuente: elaboración propia.

Dentro de las consideraciones de la potencia de la señal es que si en el modo de ingeniería del prototipo la potencia de señal se va reduciendo es debido a que el prototipo está alejándose de la estación base. En este caso el operador lo que hace es utilizar la potencia de la señal recibida como indicador para realizar un traspaso cuando esta potencia se debilita y se encuentre por debajo de su valor umbral. Por otro lado la tasa de error es utilizada para poder determinar si el prototipo debe realizar un traspaso para poder obtener una mejor calidad en las pruebas, ya que una tasa de error muy alta se debe a que el de igual forma dicho prototipo tuvo un alejamiento del área de cobertura. El tiempo muerto se toma como referencia para determinar cuándo se ha perdido la conexión y por medio del modo de ingeniería.

El último parámetro llamado por los operadores como movimiento previsto, tiene el enfoque de prever hacia donde se moverá el prototipo tomando como base las limitantes del terreno donde se realizan las pruebas y en el historial de desconexión, adicionalmente se planifica de manera anticipada los traspasos usando toda esta información y finalmente dictaminar el rendimiento del prototipo.

2.4. Restricciones de red

A lo largo del desarrollo de todas las pruebas bajo los parámetros mencionados, el operador debe estar consciente en todo momento que en escenarios reales, la red no siempre se encuentra en funcionamiento apropiado y más allá de esto, al igual que otros sistemas de comunicaciones, tiene sus propias restricciones o limitantes que definitivamente influirán en el resultado final de las pruebas y por lo tanto no pueden declararse como reprobados.

Es debido a esto que dentro del análisis y descripción de las pruebas, se toma en consideración uno de los mayores inconvenientes dentro de la homologación en la etapa de los servicios de voz específicamente, y es el tráfico en la red.

El tráfico de red es por definición la falta de capacidad que tiene cierta red móvil o de los elementos que lo conforman para lograr atender los servicios de voz y/o datos en un momento determinado. Un equipo en tráfico se percibe como una falla de comunicación de terminales; lo cual significa que el tráfico se presenta entonces cuando existe una alta cantidad de ocupaciones simultáneas como por ejemplo, una saturación de llamadas telefónicas. Para controlar esta limitante en la red durante las pruebas de homologación y no sea motivo de pruebas fallidas, el operador mide la intensidad de tráfico en la red tomando como referencia los servicios de voz de la siguiente forma:

$$\text{Intensidad de tráfico} = (\text{número de llamadas}) * (\text{unidad de tiempo})$$

Dicha fórmula se define como el número de llamadas establecidas por medio del servicio de voz por unidad de tiempo o grado de utilización del canal, en donde este último se expresa en minutos.

El tráfico de red, tiene como origen dos parámetros que son aleatorios en todo momento, siendo la solicitud o conexión de una llamada y la unidad de tiempo de retención. Cuando una terminal en particular realiza su registro en la red, es un acontecimiento aleatorio y es totalmente independiente de la presencia del resto de terminales en ese instante, por lo tanto el número de registros durante cierto período nunca es posible determinarlo. Al igual que la conexión de llamada, la unidad de tiempo de retención también se desarrolla y distribuye aleatoriamente.

Durante la homologación, se realiza el cálculo de la intensidad del tráfico de la red por intervalos de tiempo, por lo que se proceden a desarrollar las pruebas documentando los horarios en que se realizaron para la posterior comparación con la intensidad de tráfico y dictaminar finalmente si las anomalías corresponden a la terminal en prueba o a dicho tráfico.

Por otra parte, otra de las restricciones de red que también influye y limita el rendimiento de los prototipos a prueba es la interferencia en la red. La interferencia en cierta red puede ser ocasionada por otras terminales registradas en la misma celda donde se encuentra el prototipo a probar, o por cualquier otro sistema de comunicaciones que no sea celular o móvil, en donde estos introducen cierto consumo de energía dentro de la celda donde inclusive el rendimiento de potencia del prototipo se ve afectado.

Estas interferencias se presentan en los canales que se encuentren en uso causando una anomalía llamada *cross-talk* (cruce de habla), el cual consiste en que en cierta terminal se presentan en el audio receptor (auricular y/o altavoz) de fondo que son causadas por transmisiones de señales no deseadas.

Esencialmente, cuando el operador desea controlar los canales en uso, una interferencia ocasiona que las llamadas se muestren con bloqueo o como perdidas, específicamente durante la señalización de voz cuando esta ya se encuentra digitalizada. El nivel de las interferencias es mucho mayor en áreas urbanas debido al excesivo ruido de radio frecuencias y obviamente a la cantidad grande de radio bases, sin mencionar la cantidad de terminales registradas.

Existen dos tipos de interferencias siendo la generada entre canales adyacentes y las llamadas co-canal. La que se presenta entre canales adyacentes se genera por medio de un canal que está realizando una transmisión en un rango muy cercano al canal de la terminal en ese momento y logra capturar o establecer conexión con la misma. La interferencia co-canal se presenta cuando varias celdas utilizan el mismo conjunto de frecuencias. Para este tipo de interferencia se debe considerar un dato importante, y es el hecho que para todas las pruebas y en cualquier parámetro de red, las dimensiones o tamaños de las celdas es aproximadamente el mismo, con una variación de su radio inversamente proporcional al tráfico de la red. Esto significa que la interferencia que se pueda presentar durante las pruebas del prototipo, en realidad no depende de la potencia que la celda tenga, sino que depende del radio y de la distancia a partir del centro de la celda de co-canal que se encuentre más cerca.

Para lograr calcular este inconveniente, en comparativa con los resultados de las pruebas, se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{Nivel de interferencia co-canal} = \frac{\text{Distancia al centro de celda co-canal}}{\text{Radio de la celda}}$$

Lo cual se define abreviadamente como:

$$\text{Nivel de interferencia co-canal} = d/r$$

Siendo un resultado con valor sin dimensional. Si este valor es muy bajo (cercano a uno), el operador se encarga de aumentarlo para incrementar y alejar la separación que exista entre la celda donde se realizan las pruebas y la celda co-canal más próxima.

Dentro de estas restricciones de red ya descritas, se toman en consideración otros parámetros implícitos en lo que respecta a ruidos, interferencias dentro de traspasos, limitantes dentro de los puntos de accesos de datos, etcétera y serán tomados en consideración como parte de la tecnificación y mejora del proceso de homologación en el siguiente capítulo.

2.5. Predicción y revisión de prototipos

La visibilidad que se tiene respecto a los aspectos técnicos del proceso de homologación es más amplia, y debido a que ya existe el conocimiento de dichos aspectos, el operador en el proceso no puede justificar y/o determinar que los prototipos en pruebas presenten anomalías cuando todos estos aspectos no fueron tomados en cuenta. Es a estas alturas donde el operador, al igual que el fabricante, deben tomar medidas preventivas con base a dos lineamientos técnicos que deben estar presentes en el proceso de homologación previo al inicio del barrido de pruebas y durante el mismo. Estos lineamientos son la predicción y la revisión puntual de prototipos antes que sean registrados por primera vez en la red del operador que certificará los mismos.

Dentro de la predicción para el prototipo, se establecen ciertas consideraciones que debe tener tanto la red del operador que realizará la homologación y los fabricantes como medidas predictivas para evitar errores críticos y minimizar incertezas que aparentemente sean atribuidos al prototipo. Dichas medidas son las siguientes:

Tabla XXIII. **Medidas predictivas para prototipos**

| Tipo de medida | Objetivo |
|---------------------------|--|
| Especificaciones técnicas | Determinar limitantes del prototipo |
| Potencia celular | Configurar la potencia de las celdas |
| Modo de ingeniería | Validar parámetros de red en el prototipo |
| Versión de software | Definir el sistema operativo apropiado con los parámetros que el operador solicita por medio de su versión de software |

Fuente: elaboración propia.

Dentro de las medidas de predicción para los prototipos de la tabla XXIII, el fabricante hace entrega al operador los prototipos que servirán para certificar, pero al mismo tiempo también debe hacer entrega de los documentos con las especificaciones técnicas del prototipo. Dichas especificaciones debe abarcar información desde que funcionalidades y aplicaciones soporta hasta los parámetros de hardware que tiene de fábrica (ganancia de antena, tipo de memoria interna, interfaces mecánicas, etcétera) y su rendimiento respecto a las redes móviles. Esto con el objetivo de prever que características y funcionalidades no aplican respecto a los parámetros de la red antes de dictaminar como anomalías.

El segundo lineamiento está directamente relacionado con el rendimiento de potencia, donde los operadores evalúan previamente la potencia conocida por los operadores como *cell power* (potencia celular) y proceden a configurar la potencia de las celdas donde se realizarán las pruebas tanto en un lugar específico como las de Inter-rat y *handover* en varias celdas estando en movimiento. Esta configuración determinará la cobertura de potencia que irradiará hacia el móvil. Los rangos donde se debe configurar la potencia celular se pueden definir de la siguiente forma:

Tabla XXIV. **Rangos requeridos de potencia celular**

| Rango mínimo (dBm) | Rango por defecto (dBm) | Rango máximo (dBm) |
|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| -165 a -160 | -90 a -85 | 35 a 40 |

Fuente: elaboración propia.

Esta potencia celular de la ubicación del prototipo a probar ya que si se encuentra ubicado entre el rango de cobertura mínimo de igual forma experimentará un rendimiento defectuoso y es por esto que se debe prever dicho rango. Caso contrario si se encuentra dentro de un rango de cobertura amplio, se minimiza el porcentaje de pruebas fallidas.

Desde el punto de vista de usuario que realizará la homologación, estos rangos los puede detectar si verifica de forma predictiva gracias al modo de ingeniería, pero para poder hacerlo, tanto el fabricante como el operador deben realizar pruebas predictivas para validar que el modo de ingeniería funciona correctamente tanto en tiempo de respuesta como rango de incerteza en los datos que mostrará.

La versión de software es sumamente importante ya que hasta este momento está prediciendo el rendimiento de los prototipos con una revisión previa a nivel hardware.

Sin embargo, se debe recordar que dentro de la descripción del proceso de homologación y los requerimientos del sistema operativo de terminales, se debe revisar cómo se describe la versión del software que los fabricantes cargan a la tarjeta principal del prototipo (en la memoria de solo lectura específicamente), ya que en la mayoría de casos se identifican con un código o serie de números y si las pruebas son exitosas en el prototipo con cierta versión, la misma no debe variar en una terminal ya comercial.

Adicionalmente el área de servicios de valor agregado realiza la revisión previa que los prototipos incluyan todos los puntos de acceso para los servicios de datos que funcionan solo con el operador en proceso y el área de mercadeo valida la personalización de forma visual, siendo algo que implícitamente se incluye en los protocolos de homologación descritos en el primer capítulo, aunque como se enfatiza, son medidas predictivas y preventivas a nivel software que el fabricante debe cumplir.

3. DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS Y RESULTADOS EN EL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN

Todo lo referente al proceso actual de una homologación desde sus protocolos hasta los aspectos técnicos, ha tenido buenos resultados, pero existe cierta incertidumbre en los resultados.

3.1. Barrido de pruebas

Actualmente cuando las terminales móviles son comercializadas (posteriores a la aprobación de prototipos), presentan inconvenientes de funcionalidad o mal rendimiento respecto a los servicios de la red. Es aquí donde los operadores y los mismos usuarios finales cuestionan el procedimiento de una homologación, donde la principal consecuencia es la saturación del servicio posventa por ingresos masivos de terminales con fallas mecánicas y/o de funcionalidad por no haberse detectado en dicha homologación como por ejemplo, una terminal con ganancia de antena inapropiada en áreas de buena cobertura de red causando constante corte de llamadas de voz por mencionar un caso puntual.

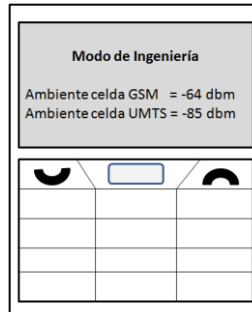
Lo que abarca el siguiente capítulo es precisamente la descripción de las pruebas que se realizan en los prototipos, pero se describen ciertas modificaciones para la innovación y mejora de ciertos aspectos que tiene como meta la optimización y filtración de cuales prototipos serán comercializados, garantizando su funcionamiento apropiado que a su vez, minimiza los ingresos en la parte posventa.

Ahora bien, en términos de tecnología móvil, la incidencia es la cantidad de casos nuevos por comportamientos inesperados en terminales móviles de ciertos fabricantes en un período determinado afectan la calidad del servicio de la red. La minimización de estas incidencias de terminales móviles con el nuevo barrido de pruebas en la homologación es la esencia de este capítulo, donde se da a conocer las nuevas e innovadas pruebas con el respectivo análisis de los resultados, para el dictamen final ante los fabricantes que desean la aprobación.

3.1.1. Pruebas de potencia

Tal y como se indica en la parte de las pruebas donde se valida el rendimiento de potencia, el objetivo original consiste en analizar el consumo de potencia que las terminales tendrán en conjunto con una gran cantidad de dispositivos registrados en la red móvil, tomando como referencia el nivel de clase que tendrán. El inconveniente aquí es que los niveles de potencia variarán en todo momento independientemente del tráfico en las celdas donde se harán las pruebas, debido a que el prototipo reacciona de forma variable bajo diferentes escenarios, ya que si por ejemplo, se realizan las pruebas en un lugar sin cobertura no existirá servicio y por ende el rendimiento de potencia es nulo, por otro lado si se encuentra en un lugar donde esté lloviendo la potencia a transmitir y para recibir se mostrará con valores muy bajos, y si el prototipo se encuentra en proceso de *handover*, la potencia en teoría se debe restituir al momento que se realiza el traspaso para que los servicios de voz y datos sigan estables continuamente sin corte de llamadas o de navegación. Para tomar en consideración estos inconvenientes, se procede a activar el modo de ingeniería del prototipo (en las especificaciones técnicas dadas por el fabricante debe ir indicado el código para ingresar) y se valida el rendimiento de potencia de transmisión simplificado como Tx y recepción como Rx.

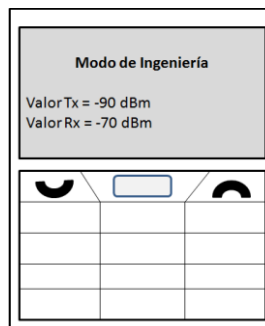
Figura 17. **Modo de ingeniería activo para rendimiento de potencia**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Como primera verificación, se debe ingresar primero al nivel de potencia que tiene la celda para validar que el nivel de potencia de la red es apropiado y se puede visualizar sus variaciones en tiempo real. En el ejemplo de la figura 17, se muestra que el nivel de la red UMTS es relativamente bajo a -85 dBm por lo que se debe tener cuidado por el resultado de la potencia del propio prototipo. Una vez validado el nivel de potencia y cobertura de la red, se procede a validar los valores de transmisión y recepción del prototipo ingresando al menú como lo especifica la figura 18.

Figura 18. **Nivel de potencia Tx y Rx en modo de ingeniería**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Según la figura el rango o nivel de recepción Rx es considerado el nivel de potencia que genera cierta celda en decibeles y se debe mantener en el rango de los -40 a los -107 dBm para confirmar que habrá recepción de los servicios en el prototipo. Lo que también significa que si el nivel de recepción se encuentra fuera de este rango no se garantiza ningún tipo de recepción. Si el nivel de recepción está fuera del rango, y la potencia GSM se encuentra en un nivel aceptable (es decir entre los -60 dBm a los -90 dBm siendo el rango aceptable en GSM) se declara que el prototipo que el rendimiento de potencia no es óptimo en la red. Por otra parte, la potencia de transmisión del prototipo entrará en funcionamiento solo si envía datos, caso contrario no debe haber ningún valor representativo que indique la transmisión, si el prototipo requiere transmitir con mayor potencia de la normal, los niveles de potencia Tx se incrementan tal y como se muestra en la figura 18. Una vez se tengan registrados los rangos de potencia descritos, se toma la fórmula para calcular la intensidad de la potencia:

$$P = [10]^{(dbm/10)}$$

Por cada valor obtenido se diagnostican las pruebas de potencia:

Tabla XXV. **Pruebas de potencia del prototipo**

| Rango (dBm) | Intensidad (micro Watts o μW) | Diagnóstico |
|--------------------|---|--------------------|
| GSM = -64 | 0,3981 | Buena cobertura |
| Rx = -70 | 0,01 | Prototipo clase 5 |
| Tx = -90 | 0,001 | Prototipo clase 5 |

Fuente: elaboración propia.

Hay que recordar que estos datos varían en todo momento en el modo de ingeniería pero en este ejemplo se diagnostica que este prototipo se

encuentra en el nivel de potencia clase 5, teniendo un consumo bajo de potencia en la red de operador que realizó estas pruebas. La recomendación es realizar las pruebas de la tabla XXV con las siguientes cantidades de intentos según el estado de las potencias:

Tabla XXVI. **Barrido de pruebas según la potencia**

| Nivel de potencia | Número de pruebas por servicio | |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| | Servicios de voz | Servicios de datos |
| Baja cobertura | De 30 a 50 llamadas de voz | 40 conexiones de datos |
| Cobertura promedio | De 20 a 30 llamadas de voz | 20 conexiones de datos |
| Buena cobertura | De 10 a 20 llamadas de voz | 10 conexiones de datos |

Fuente: elaboración propia.

Al realizar dichas pruebas se tiene un registro histórico y consecutivo del rendimiento de potencia en la red teniendo mayor visibilidad si el prototipo tiene rangos de potencia apropiados en la red. Sin embargo estas pruebas simples y concretas no tendrán sentido si no se evalúan los rangos de radiofrecuencia, según la banda en que funcione la red y es aquí donde esta innovación en la homologación también tiene contemplado realizar estas pruebas a nivel radiofrecuencia.

3.1.2. Pruebas de radiofrecuencia

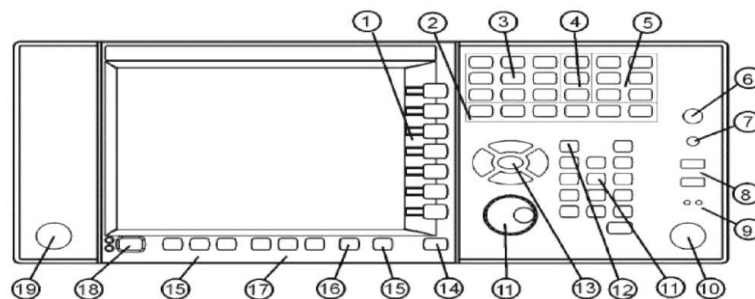
Como parte de la naturaleza de la telefonía celular, se sabe que la comunicación de una estación base con una terminal en la estructura GSM es por medio de radiofrecuencia.

Adicionalmente se sabe que los parámetros de red son muy inestables por lo que es muy difícil obtener resultados totalmente certeros. Es por estas dos razones que los operadores actualmente hacen uso de un artefacto llamado analizador de espectro.

El analizador de espectro es un equipo de medición que da la oportunidad de visualizar señales presentes en la terminal o prototipo, conectado en su entrada en forma espectral, es decir el comportamiento de la misma en función de la frecuencia, por lo general son fabricados por Agilent quienes se han caracterizado por el buen funcionamiento de dichos equipos.

La forma de interpretar los datos y gráficas mostradas en la pantalla del analizador (como se observa en la parte izquierda de la figura 19), es que en el eje de ordenadas se muestra el nivel de potencias en forma de escala logarítmica del contenido espectral de la señal, y en el eje absceso se representa las frecuencias de operación, en una escala que es función de la separación temporal. Dicho analizador tiene su estructura de manejo por una configuración peculiar de botones en la parte frontal como se muestra en la figura 19.

Figura 19. **Analizador de espectro para pruebas de radiofrecuencia**



Fuente: <http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/12222793/Analizador-de-espectros-Agilent---Introduccion.html>. Consulta: 01 de noviembre de 2012.

Las teclas y funciones que posee un analizador se describen en la tabla XXVII.

Tabla XXVII. **Componentes de la parte frontal del analizador**

| Número | Nombre | Descripción |
|---------------|-------------------------------------|--|
| 1 | Botones de ajuste | Identifican las funciones a utilizar por medio de un menú al lado izquierdo de cada botón. |
| 2 | Botones para medición | Utilizados para escoger y establecer modos de medición a partir del modo original. |
| 3 | Botones para ajustes del analizador | Seleccionan los parámetros requeridos para realizar las mediciones. Estos ajustes tendrán impacto en las mediciones en todos los modos. |
| 4 | Botones marcadores | Establecen y habilitan marcadores para conseguir información puntual de las mediciones en pantalla. |
| 5 | Botones de utilidad | Funciones diversas con todos los modos del analizador para restablecerlo, acceder al sistema que afecta su estado, y poder guardar la muestra en pantalla para usos posteriores. |
| 6 | Prueba de poder | Brinda voltaje para poder realizar pruebas en algún dispositivo externo de alta frecuencia. |
| 7 | Conector de auricular | Habilitado para conectar un auricular de forma externa. |
| 8 | Conectores USB | Habilitados para conectar dispositivos USB como módems inalámbricos. |

Continuación de la tabla XXVII.

| | | |
|----|----------------------------|--|
| 9 | Indicadores de batería | Son diodos emisores de luz que indican el estado de baterías. |
| 10 | Entrada de radiofrecuencia | Entrada para inyectar la señal a medir sin exceder los 33 dBm de potencia. |
| 11 | Controles de datos | Utilizado para variar el valor numérico de cierta función y aparecen en la parte de la función activa en pantalla. |
| 12 | Cancelar | Establecerá al analizador a modo local |
| 13 | Navegación | Utilizados para variar los valores de cierta función activa como cursor. |
| 14 | Botón de regreso | Para salir de algún menú en específico. |
| 15 | Controles de volumen | Permite controlar el nivel de volumen en modo altavoz o en el auricular |
| 16 | Botón de ayuda | Utilizado para acceder a el menú de ayuda incorporado en el analizador. |
| 17 | Botón de ventana | No incorporado en el analizador. |
| 18 | Botón de encendido | Enciende y apaga al analizador. También utilizado para dejarlo en modo de descanso. |
| 19 | Salida de señal | Funciona como una señal de salida. |

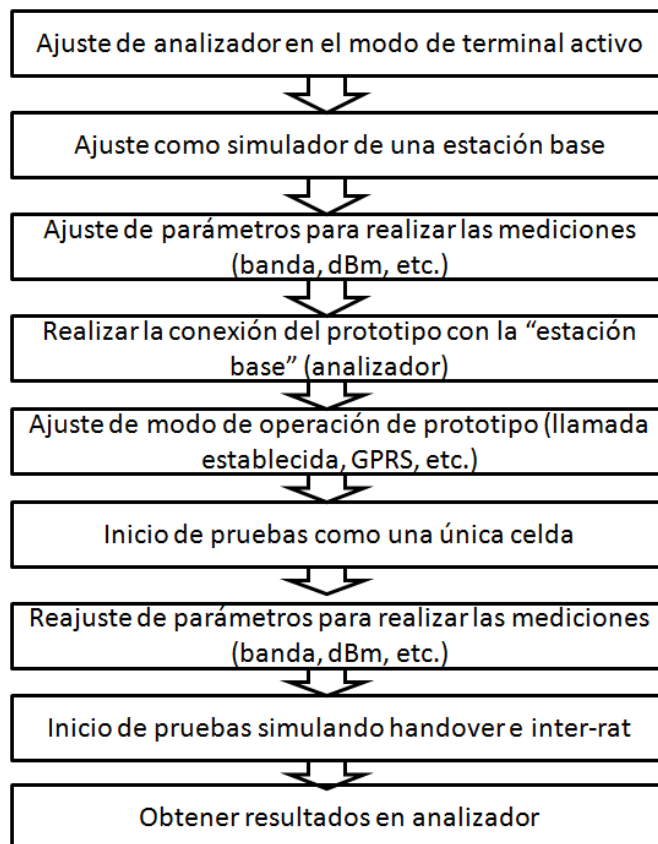
Fuente: <http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/12222793/Analizador-de-espectros-Agilent---Introduccion.html>. Consulta: 01 de noviembre de 2012.

Con estos componentes que conforman al analizador, el personal encargado de la homologación tiene la capacidad de simular una red móvil con los parámetros de la misma. Toda la configuración de botones del analizador ayudará a establecer todos los parámetros simulando una red móvil, como los niveles de potencia en un rango de -127 dBm hasta -10 dBm en su salida, así

como tener los ajustes de banda de operación desde 800 hasta los 1900 MHz (según especificaciones técnicas del analizador) lo cual depende qué banda utilice el operador que está realizando la homologación.

Adicional para las pruebas de datos, se debe contar con los conectores USB para la realización de pruebas de módems inalámbricos y enrutadores. Ya conociendo dichos componentes y los parámetros a considerar en el analizador, el personal encargado de la homologación se prepara para realizar las pruebas de radiofrecuencia en el analizador bajo el siguiente esquema:

Figura 20. **Esquema de pruebas en analizador**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Según el esquema descrito, durante las pruebas de radiofrecuencia se establecen diferentes escenarios con la ventaja que se puede ajustar los parámetros de una estación base como una única celda, y posteriormente reajustar los niveles de potencia, el rango de banda de operación, así como los parámetros de llamadas y datos con los botones para ajustes teniendo al prototipo conectado al analizador en modo activo. Esta ventaja sería una simulación de *handover* o traspaso con valores ajustados de forma estable sin perturbaciones en su radiofrecuencia, como lo haría la red móvil real obteniendo resultados precisos. Dichos resultados deben ser registrados en una base de datos para obtener el posterior análisis de las pruebas.

A pesar de la eficiencia de realizar las pruebas en el analizador, el operador en ningún momento debe descartar realizar dichas pruebas en la red móvil real, siendo esta una parte más tecnicada y profesional de dictaminar los prototipos realizando una comparativa de las pruebas de analizador versus la red real clasificándolas como pruebas de voz, datos, Inter-rat y *handover*. Estas últimas pruebas de traspaso se deben hacer por separado debido a que la conexión de radiofrecuencia se realiza en dos tecnologías diferentes y en dos celdas con diferentes parámetros, máxime en las pruebas sobre la red real.

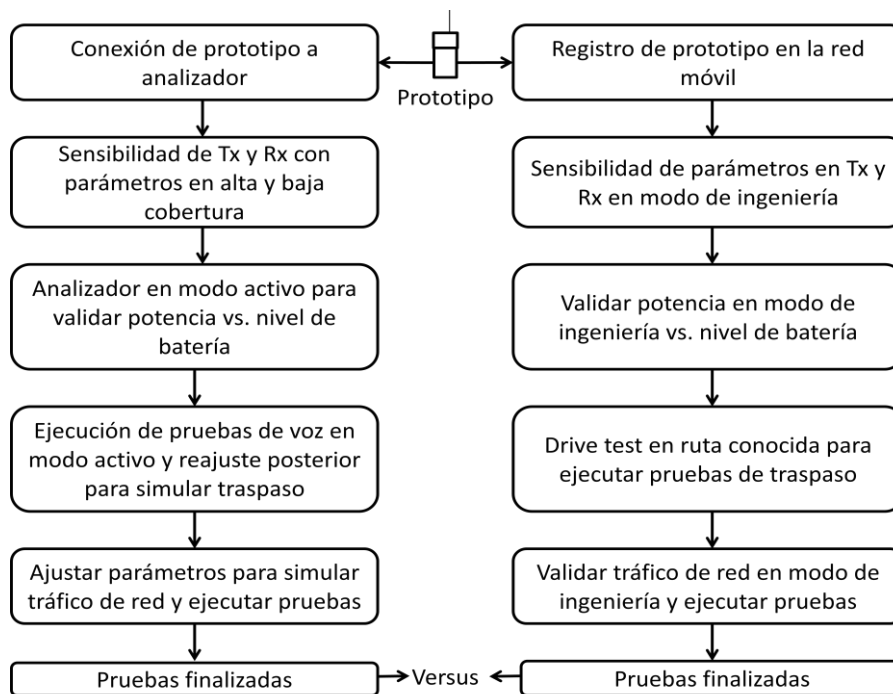
3.1.3. Pruebas de voz

Según está descrito en el capítulo 2, las pruebas de los servicios de voz actuales tienen como objetivo la aprobación de los prototipos, si logran funcionar como dispositivos transmisores y receptores en todas las plataformas (desvío de llamadas, IVR, etcétera) estableciendo las pruebas en varias ocasiones. Estas pruebas al final tienden a ser simples y ambiguas ya que por ejemplo, dentro de las llamadas como receptor, pueden resultar efectivas en condiciones de buena y mala cobertura.

Pero en realidad no se tiene visibilidad si la potencia recibida y la antena interna del prototipo cumple con la sensibilidad de la radiofrecuencia, pero sobre todo con un traspaso entre celdas efectivo.

Es debido a lo anterior que la tecnificación e innovación de las pruebas de los servicios de voz se propone un nuevo barrido de dichas pruebas tomando como base, el rendimiento en el analizador versus la red real con la siguiente estructura:

Figura 21. **Nuevo esquema para pruebas de voz**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Este nuevo esquema incluye nuevas pruebas pero se debe de mantener el barrido de pruebas establecidos en la tabla XV y realizar la validación de los parámetros de la tabla XVI (calidad de voz, interconexión, etcétera).

Cuando se da inicio a las pruebas de voz, el personal de homologación debe considerar las especificaciones técnicas del prototipo que los fabricantes proporcionan, para validar todos los parámetros y escenarios del prototipo cuando sea conectado al analizador así como su registro en la red. Las pruebas específicas se deben detallar en un listado de pruebas como lo muestra la tabla XXVIII.

La cantidad de llamadas de voz establecidas con base al nuevo esquema, se deben registrar en un listado mostrando la comparativa de las pruebas del analizador versus el rendimiento en la red.

Tabla XXVIII. **Listado propuesto para pruebas de voz**

| Pruebas | Llamadas efectivas | Llamadas fallidas | Aprobación | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|------------|-------|
| | | | Analizador | Red |
| GSM a GSM | # | # | Si/No | Si/No |
| GSM a UMTS | # | # | Si/No | Si/No |
| UMTS a GSM | # | # | Si/No | Si/No |
| De línea fija | # | # | Si/No | Si/No |
| Hacia línea fija | # | # | Si/No | Si/No |
| De línea internacional | # | # | Si/No | Si/No |
| Hacia línea internacional | # | # | Si/No | Si/No |
| De otros operadores | # | # | Si/No | Si/No |
| Hacia otros operadores | # | # | Si/No | Si/No |
| Llamadas de emergencia | # | # | Si/No | Si/No |
| Buzón de voz | # | # | Si/No | Si/No |
| Llamadas en espera | # | # | Si/No | Si/No |
| Conferencia múltiple | # | # | Si/No | Si/No |

Continuación de la tabla XXVIII.

| | | | | |
|-------------------|---|---|-------|-------|
| Calidad de voz Tx | # | # | Si/No | Si/No |
| Calidad de voz Rx | # | # | Si/No | Si/No |
| Power Class | # | # | Si/No | Si/No |
| Sensibilidad Tx | # | # | Si/No | Si/No |
| Sensibilidad Rx | # | # | Si/No | Si/No |

Fuente: elaboración propia.

Para que todos los parámetros de las pruebas realizadas sean favorables, debe cumplir con cierto porcentaje de cumplimiento donde los operadores a nivel mundial varían su porcentaje entre el 90% y el 95%; posteriormente para considerar una llamada efectiva, debe tardar un rango de 10 a 15 segundos y la cantidad de llamadas a efectuar por prueba entre 20 a 30 llamadas. Para el cumplimiento de las nuevas pruebas se tomará como referencia los valores más altos para declarar un buen porcentaje de cumplimiento. El porcentaje de cumplimiento para las nuevas pruebas de voz se calcula de la siguiente forma:

$$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\text{Total de llamadas efectivas}}{\text{Total de llamadas efectuadas}} \times (100)$$

Donde este cálculo se debe realizar dos veces, después de obtener los datos del analizador, y posteriormente los obtenidos de la red por prueba realizada y posteriormente la sumatoria total. Por ejemplo, si para las pruebas de llamadas hacia otros operadores se realizaron 30, donde solamente 22 fueron efectivas en el analizador en una única celda en simulación, el cálculo sería:

$$\begin{aligned} \% \text{ Cumplimiento (analizador)} &= (22/30) \times (100) \\ \% \text{ Cumplimiento (analizador)} &= 73\% \end{aligned}$$

Si en las pruebas con registro en la red, se realizaron 30 llamadas de prueba y 28 fueron efectivas, el cálculo sería:

$$\% \text{ Cumplimiento (red)} = (28/30) \times (100)$$

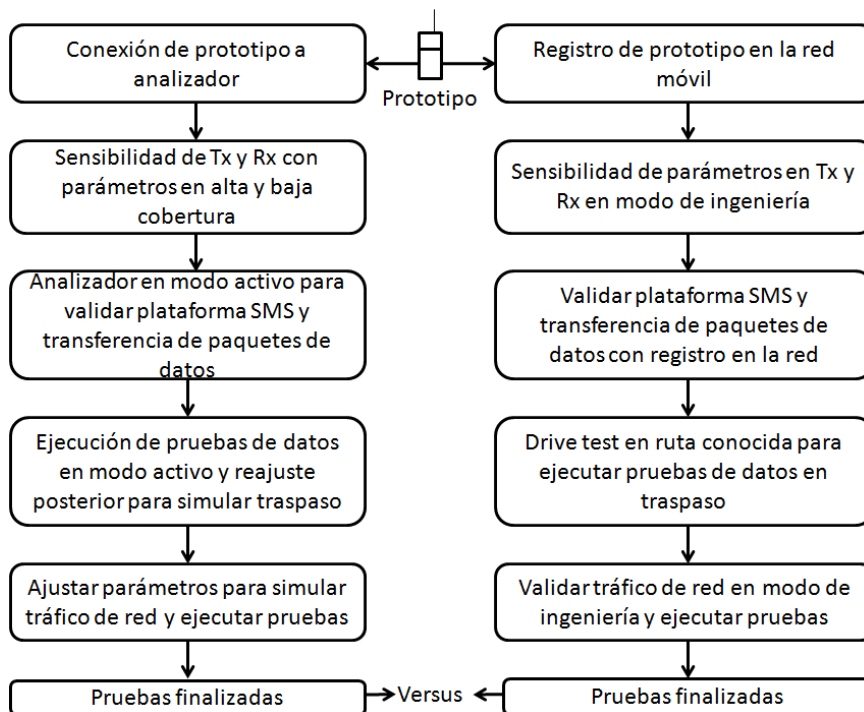
$$\% \text{ Cumplimiento (red)} = 93\%$$

Los resultados son simples para entender que el prototipo obtuvo mal rendimiento en las pruebas del analizador. Sin embargo, parte de la innovación y prevención en las pruebas es verificar que los parámetros en modo activo del analizador estén en un escenario de buena cobertura. Por ejemplo, si durante la sensibilidad de Tx y Rx estaba configurada a -95 dBm no se puede declarar como falla imputable al prototipo, al contrario se requiere reajuste del analizador desconectando y reconectando el prototipo al analizador.

3.1.4. Pruebas de datos

Al igual que las pruebas de voz, la validación del rendimiento de los servicios de datos en los prototipos actuales se desarrolla con el esquema descrito en la figura 15 técnicamente hablando. Sin embargo, con la misma analogía de innovación en las pruebas de voz, el nuevo esquema propuesto para la homologación de datos en los prototipos involucra la analogía de la comparativa en todas las plataformas de los servicios de datos donde se involucra el registro en la red en todo momento, como si se tratara de una situación real de una conexión a internet, envío de mensajes multimedia por mencionar algunas pruebas. No olvidar que dichas pruebas tienen vitalidad en la migración, en donde todos los servicios dependerán de dichos datos con la particularidad que cualquier reclamo en el futuro será a través de estos sin duda alguna.

Figura 22. Nuevo esquema para pruebas de datos



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Al realizar esta comparativa del rendimiento de analizador versus la red, el operador debe considerar el hecho que gran parte de los servicios de datos y sus aplicaciones: mensajes multimedia, video juegos en línea, *Streaming* (en serie) de audio y video, localización automática, videoconferencia, servicios de voz por medio de datos exigen grandes anchos de banda, alta velocidad, y alta eficiencia espectral por lo que el analizador debe ser ajustado bajo estas condiciones. Además, se necesita altas prestaciones en las pruebas en la red real, no solo en el enlace de bajada HSDPA, sino también en el canal de subida HSUPA. Para tomar en cuenta estas consideraciones y la comparativa en las dos modalidades (analizador y red), se propone el barrido de pruebas que abarca no solo la existencia de conexión de datos y navegación, sino también los parámetros y limitantes del prototipo.

Tabla XXIX. **Listado propuesto para pruebas de datos**

| Pruebas | Transferencias | | Aprobación | |
|------------------|----------------|----------|------------|-------|
| | Efectivas | Fallidas | Analizador | Red |
| EDGE a EDGE | # | # | Si/No | Si/No |
| EDGE a GPRS | # | # | Si/No | Si/No |
| GPRS a EDGE | # | # | Si/No | Si/No |
| EDGE a HSPA | # | # | Si/No | Si/No |
| HSPA a GPRS | # | # | Si/No | Si/No |
| HSPA a EDGE | # | # | Si/No | Si/No |
| Módem a EDGE | # | # | Si/No | Si/No |
| EDGE a módem | # | # | Si/No | Si/No |
| Módem a GPRS | # | # | Si/No | Si/No |
| GPRS a módem | # | # | Si/No | Si/No |
| Módem a HSPA | # | # | Si/No | Si/No |
| HSPA a modem | # | # | Si/No | Si/No |
| Enrutador a EDGE | # | # | Si/No | Si/No |
| EDGE a enrutador | # | # | Si/No | Si/No |
| Enrutador a GPRS | # | # | Si/No | Si/No |
| GPRS a enrutador | # | # | Si/No | Si/No |
| Enrutador a HSPA | # | # | Si/No | Si/No |
| HSPA a enrutador | # | # | Si/No | Si/No |

Fuente: elaboración propia.

Cada una de las pruebas de la tabla XXIX según la transferencia de datos por tecnología, debe incluir los servicios de valor agregado.

Tabla XXX. **Servicios de valor agregado en pruebas de datos**

| Servicio | Tipo de aprobación |
|--------------------------------------|--|
| Transferencia SMS | Confirmación de envío y recepción legible en prototipo |
| Transferencia MMS | Confirmación de envío y recepción legible en prototipo |
| Videoconferencia | Conexión efectiva con terminales del mismo operador (si lo soporta) |
| Sincronización de correo electrónico | Conexión efectiva con servidores POP3 e IMAP tanto en el navegador del prototipo como en ordenadores |
| Velocidad de subida | Velocidad razonable como módem y enrutador (si lo soporta) en kilobits por segundo |
| Velocidad de descarga | Velocidad razonable como módem y enrutador (si lo soporta) en kilobits por segundo |
| Servicios de seguridad de SIM | Bloqueo de SIM efectivo para los servicios de datos |

Fuente: elaboración propia.

Si se revisa el barrido de las nuevas pruebas, estas involucran la presencia de la red y los servicios de datos también involucran la transferencia efectiva de información entre terminales sin que la red intervenga. Estos protocolos de transferencia se incluyen en un segundo listado de prueba que el operador debe establecer por aparte, para evitar confusiones de las pruebas posteriormente así como el llevar una descripción de pruebas apropiada.

Tabla XXXI. Pruebas de datos sin la presencia de red

| Protocolo de transferencia | Transferencias | | Tipo de aprobación |
|----------------------------|----------------|----------|--|
| | Efectivas | Fallidas | |
| Bluetooth | # | # | Transferencias efectivas y bidireccionales |
| Wi-Fi | # | # | Registro efectivo sin experimentar desconexión |
| IrDA | # | # | Transferencias efectivas y bidireccionales |
| Plug and Play | # | # | Sincronización automática del prototipo en cualquier sistema operativo vigente |
| Almacenamiento masivo | # | # | Transferencia efectiva de archivos multimedia como memoria externa |

Fuente: elaboración propia.

Los protocolos *bluetooth* e IrDA centran su comunicación en un medio no guiado, es decir que como ya fue mencionado, no requiere intermediarios para realizar transferencias y el consumo de batería así como la potencia del mismo prototipo debería ser mínimo.

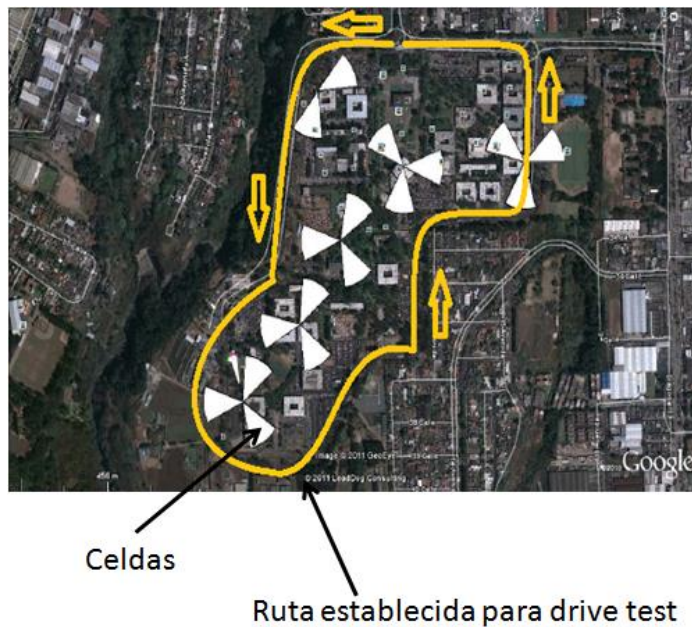
Durante las nuevas pruebas de transferencia, el personal de homologación debe realizar comparaciones entre dispositivos con *bluetooth* e IrDA, ya que se asemejan en cuanto a transferencias lineales (sin obstáculos) que hacen a ambas similares para el fin de una comunicación efectiva. IrDA se debe probar en puertos para las computadoras, tomando en cuenta que es muy limitado por la distancia corta de conexión de 1m y por la alineación requerida para la comunicación. El registro en la conexión Wi-Fi no se debe considerar efectivo solo con la confirmación que realiza navegación, ya que el prototipo debe validar que el campo de compatibilidad se ve afectado a la calidad y frecuencia con que opere la antena o módulo de Wi-Fi que posea el prototipo. La sincronización automática *Plug and Play* y almacenamiento masivo como memoria por medio de USB se aprueban sí y solo sí el prototipo presenta compatibilidad en todos los sistemas operativos de diferentes computadoras (Microsoft Windows, Linux, Macintosh, etcétera).

3.1.5. Inter-rat

Durante los nuevos esquemas de las figuras 21 y 22 en el desarrollo de las pruebas en la red real, se mencionará una etapa donde se debe realizar trasposos efectivos por medio de la prueba llamada *drive test* (prueba de manejo). Esta prueba originalmente se implementó para que el operador pueda validar el rendimiento de las celdas y detectar parámetros anómalos como estaciones base con saturación de canales en uso, bajos niveles de potencia, etcétera, por medio de un recorrido en automóvil por dichas celdas realizando trasposos. En el caso de homologación se propone realizar lo contrario, es decir implementar el *drive test* para que en vez de validar el rendimiento de la red, se valide el rendimiento de los prototipos priorizando los niveles de potencia, rendimiento de batería y sensibilidad de antena.

Para el caso de Inter-rat, se establece una ruta donde el operador verifica que las celdas a recorrer posean la tecnología UMTS, ya que celdas con tecnología GSM se encontrarán por defecto. La recomendación es establecer la ruta en área urbana debido a que ahí se encuentra la mayoría de celdas soportadas con UMTS. Se debe definir la ruta y enmarcar las celdas en forma de mapa antes de realizar el recorrido.

Figura 23. **Mapa para realizar *drive test***



Fuente: Google Earth. Consulta: 4 de noviembre de 2012.

La figura 23, corresponde a la ruta establecida en el perímetro de la Universidad San Carlos de Guatemala ubicada en la zona 12 de la capital. En este ejemplo el operador define que celdas hay disponibles con tecnología UMTS, realizando ajustes en las estaciones base para que algunas de ellas únicamente posean GSM y de esta forma se puedan efectuar las pruebas de Inter-rat. El objetivo de realizar *drive test* en dicha ruta es detectar todas interrupciones palpables durante las comunicaciones de voz y datos.

La clave para descartar que dichas fallas sean ocasionadas por las celdas, el prototipo está respaldado por múltiples repetidoras de las estaciones base, incluyendo múltiples antenas y múltiples receptores. Esto permite que las conexiones a la red durante el *drive test* continúen en un receptor, adaptándose a una primera celda de acceso en todo momento, mientras que la búsqueda de las siguientes celdas se realiza al mismo tiempo utilizando otro receptor, adaptándose a esta última.

Finalmente el personal de homologación espera que la complejidad de las operaciones Inter-rat sea mucho más grande, debido a la posibilidad de transferencias de otros operadores en las mismas frecuencias o adyacentes con diferentes anchos de banda. En las nuevas pruebas de Inter-rat en esta ruta, a diferencia de las pruebas actuales, se toma en consideración un parámetro que puede afectar el traspaso siendo *Signal to Noise Ratio* (Relación Señal a Ruido) o SNR. Esta relación se da por interferencias a lo largo de las celdas debido a otras frecuencias y señales que no forman parte de la red y el ya mencionado efecto co-canal. Esta relación se calcula como:

$$SNR = (Pr)/(KT \times F \times B)$$

Donde Pr es el nivel de potencia recibido en watts, KT es la constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ Joule/Kelvin), F es la figura de ruido de recepción (valor de 10000 como constante) y B es el ancho de banda donde opera el canal asignado y en uso. En la ruta de la figura 23, el *drive test* consiste en el recorrido del prototipo en seis celdas, las cuales cada una tiene ajustados sus parámetros como lo muestra la tabla XXXII con su respectivo orden según el prototipo va avanzando en dicho recorrido y en el orden establecido en las celdas para distinguir los resultados posteriormente.

Tabla XXXII. **Parámetros de celdas promedio en *drive test* de Inter-rat**

| Celda | Nivel de potencia (dBm) | Tecnología | Banda (MHz) | SNR |
|--------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|-------------|
| 1 | -95 a -90 | UMTS/HSPA | 850 | 3 a 9 |
| 2 | -75 a -70 | GSM/EDGE | 850 | 852 a 583 |
| 3 | -90 a -85 | UMTS/GPRS | 850 | 9 a 27 |
| 4 | -65 a -60 | GSM/EDGE | 850 | 2696 a 8525 |
| 5 | -90 a -80 | UMTS/HSPA | 850 | 9 a 85 |
| 6 | -95 a -90 | GSM/EDGE | 850 | 3 a 9 |

Fuente: elaboración propia.

Para que el prototipo pueda ser aprobado en su rendimiento de inter-rat, se deben considerar dos condiciones: la primera en que el prototipo soporte tecnología UMTS y posteriores; segundo que en este tipo de traspaso la relación señal a ruido presente valores numéricos muy grandes. En los resultados de las pruebas realizadas en la ruta de la Universidad San Carlos, se puede apreciar en que las celdas que presentan buen nivel de cobertura, dicha relación presentan números muy grandes teniendo como interpretación que presenta excelente rendimiento.

Por el contrario en las celdas que tienen baja cobertura, los valores son considerablemente bajos pero durante su traspaso a las siguientes celdas con buena cobertura se incremento esta relación sin descartar la cantidad de pruebas fallidas de los servicios de voz y datos.

Se considerará rechazo si en esta última descripción la relación mantuviera valores bajos durante toda la ruta.

3.1.6. Handover

Para las pruebas de handover con tecnologías similares, se consideró la ruta establecida previamente en la figura 23. Posteriormente el operador realiza nuevamente el ajuste de parámetros en las seis celdas asignadas en la ruta para que el traspaso del prototipo sea en la misma tecnología GSM y UMTS por separado para lograr efectuar *soft-handover* y *hard-handover*.

La ventaja en este escenario es que se valida el rendimiento de cualquier prototipo, es decir que se diagnostican dispositivos de todas las gamas que soportan GSM. Ahora bien, para la ruta mencionada, los parámetros y pruebas se ajustan según los parámetros de red real y no a conveniencia por el operador.

Tabla XXXIII. Parámetros de red para *soft-handover* y *hard-handover*

| Celda | Nivel de potencia (dBm) | Banda (MHz) | SNR en GSM y UMTS |
|-------|-------------------------|-------------|-------------------|
| 1 | -92 a -90 | 850 | 5 a 9 |
| 2 | -77 a -75 | 850 | 170 a 269 |
| 3 | -96 a -94 | 850 | 2 a 3 |
| 4 | -65 a -63 | 850 | 2696 a 4273 |
| 5 | -90 a -88 | 850 | 9 a 14 |
| 6 | -70 a -68 | 850 | 853 a 499 |

Fuente: elaboración propia.

En este ejemplo, el nivel de potencia de cada celda fue muy escaso, lo cual nuevamente indica que la relación de señal a ruido demuestra una proporcionalidad correcta durante todos los traspasos entre las seis celdas.

Sin embargo, durante el traspaso entre la celda 5 y la celda 6, el prototipo experimentó dos caídas de llamada y tres desconexiones de datos mientras se realizaba navegación en un lapso de dos recorridos de *drive test*. Esto ya representa posibles anomalías con la sensibilidad de la antena del prototipo y los parámetros de llamadas y punto de acceso de datos en dicho prototipo. Es en este tipo de anomalías que el operador retroalimenta al fabricante para su posterior seguimiento y solución a las anomalías detectadas en este *drive test* en modalidad *soft-handover* y *hard-handover*.

3.2. Análisis de pruebas realizadas

En el momento que el nuevo barrido de pruebas de homologación ha finalizado, haciendo hincapié que se hizo la implementación de la comparativa del comportamiento del analizador versus el registro en la red administrada por el operador, se establece de igual forma un nuevo análisis tomando como prioridad los parámetros de red y la interpretación de los resultados previo a notificar a los fabricantes las posible anomalías encontradas.

3.2.1. Parámetros de la red

El procedimiento para analizar las pruebas realizadas en todos los servicios (voz y datos), se establece por medio de la consolidación de los parámetros de red tomando como referencia los valores que fueron ajustados en el analizador y los mostrados en el modo de ingeniería del prototipo probado.

El encargado de la homologación debe establecer dicho consolidado como se muestra en la tabla XXXIV, teniendo el panorama global del rendimiento en base a cantidad de pruebas efectivas contra el total de pruebas realizadas según todos los parámetros de red.

Tabla XXXIV. **Resultado de pruebas según parámetros de red**

| Parámetro | Resultado efectivo/realizado | |
|--------------------------------------|------------------------------|-------|
| | Analizador | Red |
| Clase de potencia | 8/10 | 12/15 |
| Capacidad de batería | 25/40 | 23/50 |
| Sensibilidad | 12/25 | 17/40 |
| Cumplimiento en llamadas de voz | 17/30 | 21/40 |
| Transferencias efectivas de SMS | 21/25 | 26/30 |
| Transferencias efectivas de MMS | 8/25 | 2/30 |
| Transferencia efectiva datos con red | 10/15 | 11/20 |
| Transferencia efectiva datos sin red | 9/10 | 18/20 |
| Interconexión en voz | 30/30 | 23/40 |
| Interconexión en datos | 27/30 | 22/40 |
| SNR en Inter-rat | 5/10 | 9/20 |
| SNR en Handover | 6/8 | 8/15 |

Fuente: elaboración propia.

Los resultados mostrados en la tabla XXXIV fueron obtenidos del prototipo que soporta UMTS y de gama alta probado durante la homologación de pruebas en una sola celda y durante las rutas de traspaso, como *drive test* priorizando los resultados en parámetros de red en baja cobertura únicamente. Todas las pruebas en cualquier rango de cobertura son importantes, sin embargo la razón de dar prioridad y seguimiento a las pruebas de baja cobertura es debido a que es el escenario que tiene mayor impacto cuando el dispositivo es aprobado y comercializado para descartar que las anomalías sean imputables a la red donde se registrará.

La globalización de todas las pruebas implica la razón de cambio de la suma total de todas las pruebas efectivas en sus diferentes escenarios sobre el total de pruebas realizadas para dictaminar el rendimiento del prototipo. Estos resultados estadísticos serán de utilidad para la interpretación de resultados, que conlleva a cálculos más complejos comparados con esta sencilla razón de cambio y respaldará el futuro reporte con posibles anomalías que será reportado al fabricante. Aunque este reporte forma parte del protocolo de homologación actual, el nuevo análisis en base a los parámetros de red tiene como logro reforzar los argumentos de fallas ante el fabricante teniendo los dos escenarios de rendimiento, el del analizador de espectro y la inevitable variabilidad de la red en un ámbito real.

3.2.2. Interpretación de resultados

Antes de obtener un reporte válido y fundamentado para notificar a los fabricantes las anomalías encontradas en sus prototipos en la homologación finalizada, dicho reporte debe ser explícito, simple de visualizar y la interpretación de las pruebas debe tomarse en base a porcentajes.

La implicación que tiene la interpretación de los resultados de las pruebas es: el cociente de las pruebas efectivas sobre el total de pruebas por parámetro en un 50 por ciento como rango menor, con una tolerancia superior e inferior al 10 por ciento para establecer anomalías graves, intermedias y buen rendimiento, teniendo como prioridad el porcentaje obtenido en el analizador por ser resultados sin variantes en la red que fue simulada, sin descartar los porcentajes de los parámetros de la red real que de igual forma son reportados a los fabricantes.

Tabla XXXV. **Porcentaje de rendimiento según parámetros de red**

| Parámetro | Resultado efectivo/realizado | | Interpretación/ Anomalía |
|--------------------------------------|------------------------------|-----|-----------------------------|
| | Analizador | Red | |
| Clase de potencia | 80% | 80% | Buen rendimiento |
| Capacidad de batería | 63% | 46% | Intermedia |
| Sensibilidad | 48% | 43% | Grave |
| Cumplimiento en llamadas de voz | 57% | 53% | Intermedia |
| Transferencias efectivas de SMS | 84% | 87% | Buen rendimiento |
| Transferencias efectivas de MMS | 32% | 7% | Grave |
| Transferencia efectiva datos con red | 67% | 55% | Intermedia |
| Transferencia efectiva datos sin red | 90% | 90% | Buen rendimiento |
| Interconexión en voz | 100% | 58% | Intermedia |
| Interconexión en datos | 90% | 55% | Intermedia |
| SNR en Inter-rat | 50% | 45% | Grave |
| SNR en Handover | 75% | 53% | Intermedia |

Fuente: elaboración propia.

La forma de interpretar los porcentajes de los resultados es tal y como fue mencionado anteriormente. Se da prioridad a los porcentajes del analizador pero adicionalmente se complementa con la interpretación de los obtenidos en la red móvil real para degradar el rendimiento de cada parámetro. Es decir, por ejemplo en el parámetro de interconexión de voz en el analizador se obtuvo el 100% de efectividad, que en teoría se define este parámetro como buen rendimiento, sin embargo en la red mostró un rendimiento del 58% estando por debajo de 60% requerido. En base a este último resultado, el operador debe reportar el inconveniente al fabricante como una anomalía intermedia.

La tabla de resultados comparables finalmente se interpreta como el resumen del rendimiento promedio del rendimiento de los prototipos, sin embargo, se debe recordar que parte de la propuesta de las nuevas pruebas, implica que el personal de homologación tiene el respaldo y la documentación de los parámetros de red con base a los valores puntuales mostrados por el analizador de espectro y la referencia del modo de ingeniería, derivado de los esquemas de voz y datos de las figuras 21 y 22 respectivamente.

3.3. Soporte de los proveedores

Al lograr establecer que la homologación con el nuevo barrido de pruebas, el análisis comparativo de los nuevos esquemas y los resultados obtenidos se finalicen, el protocolo de dicha homologación establece que el operador debe reportar estos resultados a los proveedores o fabricantes sin resguardar ningún dato obtenido. El detalle de las anomalías se debe reportar al fabricante evidenciando la comparativa del analizador contra la red, el barrido de pruebas total bajo los parámetros de red ajustados y la imagen del mapa donde se realizaron las pruebas de traspaso por medio de *drive test*, teniendo visibilidad de las celdas utilizadas. Al ser entregado este reporte a los proveedores, es donde da inicio el proceso de detección y provisionar soluciones a las anomalías detectadas en la homologación.

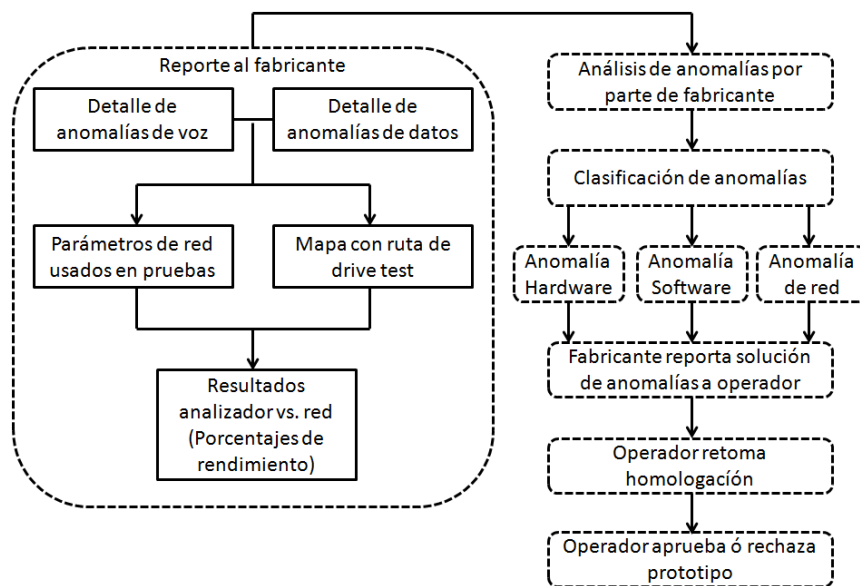
3.3.1. Detección y resolución de anomalías

El reporte de homologación no solo debe ser el consolidado mencionado anteriormente, debido a que el fabricante debe identificar y clasificar si las fallas encontradas corresponden a anomalías de hardware, software y/o de la red propiamente.

Esta clasificación también la realiza el operador sin ser imperativo, es decir que el hecho que se clasifiquen de esta forma no significa que así sea, y es en esta etapa donde los fabricantes tienen participación en la homologación para la resolución de fallas.

Tanto el operador como los fabricantes deben estar en sintonía que existen diferentes factores que no son considerados como anomalías, como un mal registro de la terminal en la red debido a que no soporta su frecuencia de operación de fábrica por ser gama baja (por citar un ejemplo puntual). Esto debido que a nivel internacional, los protocolos de homologación pueden variar así como la interpretación del rendimiento de terminales y el fabricante definitivamente ejecutará un análisis para reforzar aún más algunas de las anomalías encontradas en un único operador y su criterio propio para aprobar o rechazar el prototipo como producto comercial.

Figura 24. **Esquema de reporte de anomalías a proveedores o fabricantes**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

El operador asigna al fabricante un período prudencial de tiempo para analizar las anomalías y clasificarlas como anomalía de hardware, software y/o de la red. El fabricante debe reportar las propuestas al operador de las anomalías encontradas justificando si estas son posibles de corregir, se toman como excepción o si definitivamente es naturaleza del prototipo ya sea como falla técnica de su hardware o de software. El operador retoma la homologación con el nuevo barrido de pruebas, pero únicamente realiza las pruebas de las anomalías encontradas y finalmente dictamina si el rendimiento del prototipo es aceptable en la red de tecnología móvil pública o si inevitablemente se rechaza para su comercialización, habiendo una notificación formal al fabricante por medio del certificado de conformidad ya descrito en el capítulo 1.

3.3.1.1. Resolución de fallas técnicas

Ciertas fallas reportadas por el operador suelen ser fallas técnicas que los prototipos presentan por defecto. Tal y como se muestra en el esquema de la figura 24, el fabricante tiene la obligación de realizar el análisis de las fallas o anomalías en el prototipo realizando la clasificación de dicho esquema ya como un nuevo protocolo de homologación.

Cuando el fabricante dictamina que ciertas anomalías son técnicas, en su mayoría determina que son por desperfectos mecánicos o de hardware, y como parte de la tecnificación y mejora del proceso de homologación, el fabricante también innova la resolución de dichas fallas técnicas.

La propuesta consiste en que el fabricante clasifique y de razonamiento específico de las fallas técnicas, su posible causa y la propuesta de resolución al operador estandarizando en una tabla general y a su vez puntual.

Tabla XXXVI. **Propuesta de resolución de fallas técnicas en prototipo**

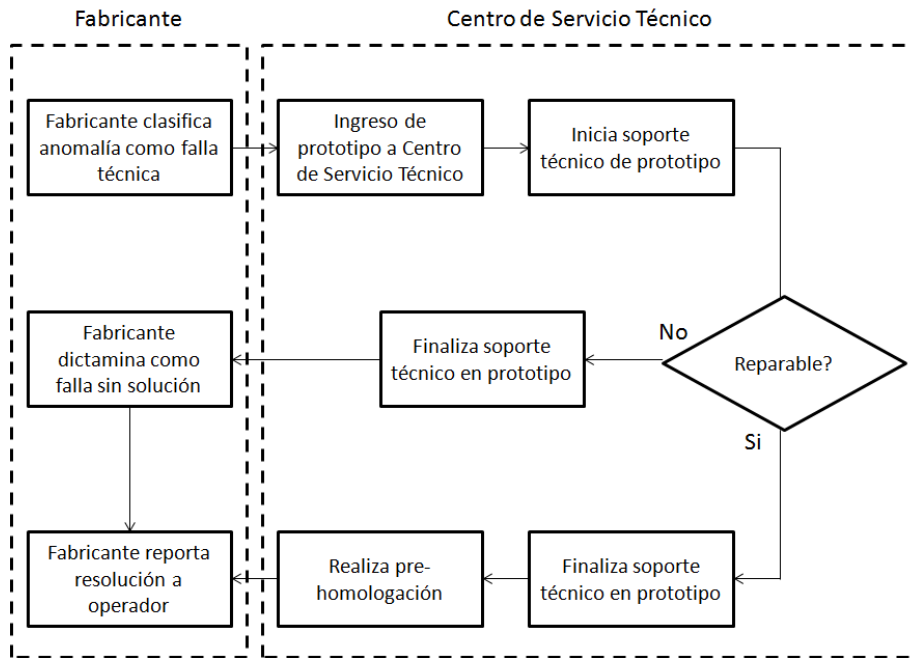
| Falla técnica | Posibles causas | Resolución |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|
| Sistema de audio | De fabricación/Humedad | Cambio de pieza |
| Sistema de RF | De fabricación/Humedad | Ajuste de antena |
| Circuito de encendido | De fabricación/Humedad | Cambio de prototipo |
| Circuito de carga | De fabricación/Humedad | Cambio de batería/pieza |
| Sistema de interfaces | De fabricación/Humedad | Cambio de pieza |
| Falla lógica o de proceso | De fabricación/Humedad | Cambio de prototipo |
| Lectura de SIM | De fabricación/Humedad | Cambio de conector |

Fuente: elaboración propia.

Para que el fabricante de solución a las fallas reportadas según la tabla XXXVI, deben incluir: la resolución técnica según el reporte del operador que viene avalado por algún Centro de Servicio autorizado que el mismo fabricante certifica. Por ejemplo, si el operador reporta que no lee la SIM, (falla muy recurrente en terminales móviles) y se presenta cuando lo dejan caer y la batería deja de hacer contacto con el borne central de la batería, el fabricante debe indicar que se realizó el reajuste o cambio de dicho borne en este conector para que la batería haga buen contacto (en otras circunstancias) es un cristal interno que se daña y toca cambiarlo. Dichos centros de servicio técnico adicionalmente a la certificación de brindar soporte a los fabricantes, también cuenta con un laboratorio especializado para cumplir con los estándares de reparación y soporte de terminales móviles.

En este ejemplo, la solución a la falla de SIM debe cumplir con el flujo establecido en la figura 25.

Figura 25. Flujo de resolución de fallas técnicas en los prototipos



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Conceptualmente hablando en las homologaciones actuales, cuando un prototipo presenta desperfectos técnicos o mecánicos y estos son detectados por el operador, este simplemente es cambiado por un prototipo nuevo y se retoma la homologación. Este procedimiento conlleva dos grandes desventajas: en primer lugar la solicitud de un prototipo nuevo conlleva períodos largos de tiempo y en segundo lugar es posible que las fallas reportadas sean naturaleza del mismo.

Por el contrario, la nueva resolución de fallas técnicas tiene dos importantes ventajas: la primera es que debido al soporte técnico para la corrección de fallas mecánicas, se logra tener visibilidad puntual de las causas de las fallas evitando su desconocimiento si llegaran a ser anomalías recurrentes siendo terminales comerciales.

La segunda ventaja es que implícitamente este soporte muestra cómo será la respuesta de los fabricantes cuando sus terminales presenten anomalías al momento que usuarios finales reclamen fallas en sus dispositivos, que es a lo que se define como incidencia, siendo el objetivo primordial la minimización de estas.

3.3.1.2. Actualización de software

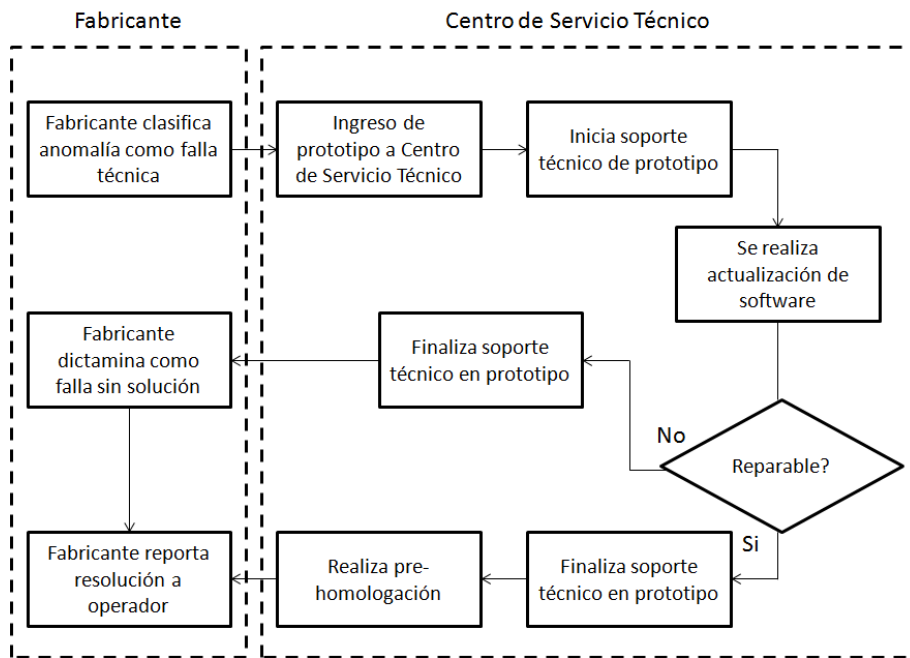
Durante la etapa de la clasificación de anomalías en el esquema de la figura 24, se sabe que el fabricante debe lograr identificar si las anomalías detectadas en la homologación son de hardware o software. Cuando las fallas reportadas por el operador son a nivel software, el fabricante de igual forma solicita soporte al centro de servicio técnico certificado por ellos, con la diferencia que para este caso las resoluciones se realizan por medio de una actualización de software. La actualización de software es sustitución total del software incorporado en el prototipo que en otros términos denominado *firmware*.

A su vez el *firmware* es un programa que se queda grabado en una memoria *read only memory* (memoria de solo lectura) y establece el sistema lógico que tiene bajo nivel para que controle los circuitos electrónicos del prototipo.

También se toma como parte del hardware debido a que se encuentra integrado en la tarjeta principal del prototipo, pero sigue siendo considerado software, pues proporciona la parte lógica de los procesos del prototipo y está programado cierto tipo de lenguaje de programación. El *firmware* tiene la característica que recibe órdenes externas y responde operando dicho prototipo.

Con el soporte de dicha actualización de software, se propone otro flujo de soporte análogo al de fallas técnicas de hardware descrito anteriormente.

Figura 26. **Flujo de resolución de fallas de software en los prototipos**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

A diferencia del soporte a nivel hardware, la actualización de software como corrección de fallas en el prototipo presenta, tiempos de soporte considerablemente menores en vez del cambio de prototipo completo por las razones ya mencionadas en la parte de fallas técnicas.

Esto tiene como ventaja la rentabilidad del proceso ya que no se hace ningún tipo de inversión en piezas mecánicas y el operador puede retomar la homologación rápidamente cuando dicho soporte es efectivo.

Si la actualización de software no es efectiva debido a algún tipo de falla lógica en el prototipo, sí se hace necesario el cambio de dispositivo para verificar que dicha falla no sea por defecto en el dispositivo mencionado.

3.4. Incidencias en homologaciones

Dentro del avance del nuevo proceso de homologación, se hace la suposición que las anomalías por fallas técnicas de hardware y software ya tienen solución por parte de cierto proveedor o fabricante a través de la nueva modalidad del soporte de los centros de servicio técnico; el operador retoma la homologación y en cierto momento de su desarrollo comprueba que el prototipo nuevamente presenta alguna anomalía o más de una que fueron reportadas en las primeras pruebas. Estos inconvenientes se consideran como anomalías inesperadas ya que no deberían haberse presentado a nivel técnico, siendo esto lo que se conceptualiza como incidencia en las homologaciones.

Por ejemplo, si el prototipo como transmisor presenta falla de registro en la red debido al error que su antena interna no tiene la sensibilidad requerida, se incrementará la probabilidad de la tasa de error de canal al momento de realizar Inter-rat y/o *handover* disminuyendo la cobertura de la radio base.

En este caso el centro de servicio tuvo que haber realizado el reajuste o cambio de antena interna del prototipo, con el propósito de exponer de mejor manera dicha pieza y el registro en regiones de baja cobertura sea efectivo para el prototipo como transmisor.

Si el centro de servicio técnico no logra corregir dicha falla se declara como incidencia habiendo un rechazo irrevocable del prototipo.

3.4.1. Método normalizar pruebas

Debido a las incidencias que se dan en las homologaciones actuales y el riesgo que también se puedan presentar en la nueva tecnificación e innovación de dicha homologación, se propone un método que se llamará normalizar pruebas que se realizan en los prototipos. Normalizar es un procedimiento que permite la transformación de datos complejos y repetidos, en un conjunto de datos más reducido, simple y práctico en donde dichos datos presentan estabilidad evitando la redundancia o recurrencia de los mismos.

El barrido de pruebas de homologación ya realizadas representa una base de datos indiscutiblemente, en donde los valores de dichas pruebas pueden llegar a ser redundantes y crean problemas de estabilidad, por ejemplo: de treinta llamadas voz como transmisor, veinte son efectivas teniendo como redundancia el valor llamadas efectivas que se describe en la tabla XXVIII. Si hay que cambiar datos que existen en más de un lugar, se deben cambiar de la misma forma exactamente en todas las ubicaciones del listado en el barrido de pruebas. Un cambio en la cantidad de llamadas efectivas conlleva a una implementación más práctica si los datos sólo quedan registrados en la tabla de llamadas efectivas y no en una ubicación diferente dentro de la base de datos.

En niveles generales existen diversas formas de normalizar datos, sin embargo en este caso se propone la normalización de los resultados de las pruebas de homologación por medio de tres reglas: la primera es la eliminación de grupos de valores repetidos de tablas que son individuales, la segunda es la creación de tablas de las pruebas realizadas independientes para cada conjunto de valores o datos que se relacionan, y la tercera consiste en identificar cada conjunto de valores con una descripción principal. Por ejemplo, si se realiza la homologación de los servicios de voz haciendo referencia a la tabla XXXVII.

Tabla XXXVII. **Pruebas de voz sin normalizar**

| Pruebas | Llamadas efectivas | Llamadas fallidas | Aprobación | |
|------------------|--------------------|-------------------|------------|-------|
| | | | Analizador | Red |
| GSM a GSM | 18 | 5 | Si/No | Si/No |
| GSM a UMTS | 15 | 7 | Si/No | Si/No |
| UMTS a GSM | 12 | 10 | Si/No | Si/No |
| De línea fija | 24 | 12 | Si/No | Si/No |
| Hacia línea fija | 20 | 14 | Si/No | Si/No |

Fuente: elaboración propia.

Se propone que dicho barrido de pruebas sólo pueden tener dos dimensiones, es decir que un prototipo tiene varias clases de pruebas ejecutadas, estas clases deben aparecer en una tabla independiente. Los campos con la descripción de cada prueba de los registros anteriores son indicativos de fallas promedio, con simples sumatorias como único medio para diagnosticar el rendimiento del prototipo en este ejemplo. Otra forma de considerar ese inconveniente es con una relación de uno a varios y poner el lado de uno y el lado de varios en tablas distintas.

Lo que significa esto es que con realizar esta relación se simplifican datos repetitivos, donde se globalizarán los datos de las llamadas efectivas así como las llamadas fallidas.

Para esta innovación, se crea otra tabla en la primera forma normal clasificando el grupo repetido (GSM a GSM, GSM a UMTS, etcétera), según se muestra en la nueva tabla XXXVIII.

Tabla XXXVIII. **Pruebas de voz normalizadas**

| Indicadores de llamadas | Pruebas | Cantidad | Aprobación |
|--------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| Llamadas efectivas | GSM a GSM | 18 | Analizador/Red |
| | GSM a UMTS | 15 | Analizador/Red |
| | UMTS a GSM | 12 | Analizador/Red |
| | De línea fija | 24 | Analizador/Red |
| | Hacia línea fija | 20 | Analizador/Red |
| Llamadas fallidas | GSM a GSM | 5 | Analizador/Red |
| | GSM a UMTS | 7 | Analizador/Red |
| | UMTS a GSM | 10 | Analizador/Red |
| | De línea fija | 12 | Analizador/Red |
| | Hacia línea fija | 14 | Analizador/Red |

Fuente: elaboración propia.

Con el barrido de pruebas normalizadas, es posible la detección puntual del rendimiento del prototipo al estar conectado en el analizador, o su registro en la red móvil, minimizando los errores en la interpretación de resultados cuando se presentan las incidencias. Esto conlleva a que la interpretación de resultados explicada anteriormente, pueda dictaminar si el prototipo presenta un buen rendimiento, anomalías intermedias o graves de manera fundamentada gracias a la normalización de pruebas.

3.5. Aprobación de prototipos

Todas las propuestas y/o métodos para realizar una homologación, interpretar y dictaminar los resultados convergen hacia un criterio más técnico así como profesional, que a su vez lleva a una meta específica, siendo esta la

aprobación final de los prototipos. Ya con toda la información obtenida el operador debe estandarizarla para lograr definir los parámetros técnicos que establecen si cierto prototipo es aprobado o rechazado ante los fabricantes y que recomendaciones podrían hacer llegar a estos según los lineamientos que el operador maneja tanto de la red como a nivel posventa.

3.5.1. Descripción de formatos

El operador genera la documentación requerida por los fabricantes evidenciando el detalle del rendimiento específico del prototipo en la red del primero por medio de ciertos formatos estandarizados, que deben mostrar a detalle el rendimiento de cada anomalía encontrada por medio del cincuenta por ciento de su rendimiento, sin olvidar el rango de tolerancia del 10 por ciento. Las anomalías en los formatos se agrupan, y para fines internos del operador a continuación se enumeran asignándoles el porcentaje de rendimiento. Sabiendo pues que estos porcentajes varían de acuerdo a que fabricante se le reporta.

Tabla XXXIX. **Formato final de la homologación a prototipos**

| Rendimiento en la red | Anomalía |
|---------------------------------|--|
| Corregido | No recibe llamadas |
| Corregido | No realiza llamadas |
| Irreparable | Llamada se corta |
| Irreparable | Busca servicio siempre |
| Irreparable | Baja recepción/intermitente busca servicio |
| Irreparable | Transmisión deficiente/ruidos, interferencia |
| Corregido | No transmite datos |
| Rendimiento de encendido | Anomalía |
| Sin falla | No enciende |

Continuación de la tabla XXXIX.

| | |
|------------------------------------|---|
| Corregido | Se apaga |
| Sin falla | Mensaje error al encender |
| Sin falla | Teléfono se bloquea/no responde |
| Sin falla | Se reinicia |
| Rendimiento de conectividad | Anomalía |
| Corregido | No hay conexión <i>bluetooth</i> |
| Sin falla | Conexión <i>bluetooth</i> se interrumpe |
| No aplica | No hay conexión IR (infrarrojo) |
| No aplica | Conexión IR se interrumpe |
| Sin falla | No hay conexión por cable USB |
| Sin falla | Conexión por cable USB se interrumpe |
| Sin falla | No hay conexión WLAN |
| Sin falla | Conexión WLAN se interrumpe |
| Sin falla | No sincroniza |
| Sin falla | Sincronización se interrumpe |
| No aplica | No capta datos GPS |
| Rendimiento de audio | Anomalía |
| Sin falla | No hay audio saliente, micrófono |
| Sin falla | No hay audio entrante/auricular |
| Irreparable | Audio entrante auricular defectuoso |
| Sin falla | No hay tono de timbre |
| Sin falla | Tono de timbre defectuoso |
| Sin falla | No vibra |
| Sin falla | No funciona altavoz |
| Sin falla | Audio altavoz defectuoso |

Continuación de la tabla XXXIX.

| Rendimiento de software | Anomalía |
|--------------------------------|---|
| Sin falla | Actualización de software o firmware |
| Corregido | Personalización de software |
| Sin falla | Perdida de datos de usuario |
| Sin falla | Problema aplicación de terceros |
| Corregido | Por causa de aplicación se reinicia |
| Sin falla | Aplicación falla de rendimiento/utilización |
| Corregido | Aplicación se bloquea/muestra error |

Fuente: elaboración propia.

El formato presentado abarca el resumen de todas las pruebas realizadas a los prototipos, el soporte técnico y las pruebas posteriores al retomar la homologación, con la descripción de las anomalías que pueden presentarse en cualquier terminal móvil. Dicho formato es el que el operador utiliza para dictaminar finalmente el comportamiento que tendrá el prototipo en la red posteriormente como terminal de los usuarios de la red y que parámetros son aprobados o rechazados del mismo.

3.5.2. Comportamiento final de prototipo en la red

La aprobación o rechazo del prototipo se sabe que es con base al formato anteriormente descrito y obviamente por los porcentajes de todas las pruebas realizadas. De toda la homologación el operador utiliza otro término más técnico en sustitución de los términos rechazo, aprobación o un simple comentario como decir buen rendimiento.

El operador lo define como el comportamiento final que tuvo el dispositivo homologado en la red, tomando como buen o mal comportamiento los niveles de potencia y la relación señal a ruido durante cada prueba.

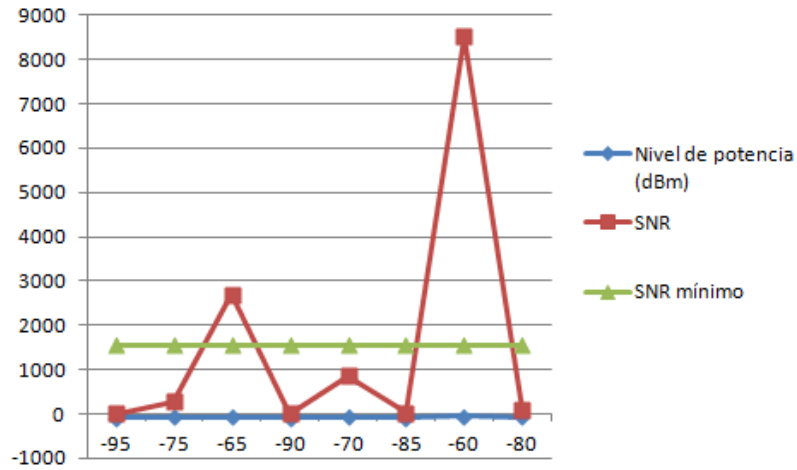
Por ejemplo, si los niveles de potencia de transmisión del prototipo únicamente se activan cuando se generaron llamadas salientes de voz, no existe ningún valor representativo ya que el mismo se encuentra en constante consumo de potencia con el simple hecho que se encuentre registrado en alguna celda, por otro lado cuando el prototipo homologado requirió transmitir con más potencia de la necesaria, los niveles de potencia de Tx según la información que muestra el modo de ingeniería, se incrementa como es el caso de la prueba de *drive test*.

Lo que justifica este comportamiento es que a causa que la prueba se realizó con el prototipo desplazándose requirió aumentar la potencia para no perder la comunicación, ahora bien los otros niveles como el caso de las 6 celdas en la prueba de *drive test* mantuvieron niveles de potencia normales sin tener la necesidad de demandar más potencia para la transmisión. Este comportamiento es el que muchos operadores esperan de cualquier terminal móvil ya ellos tendrían un mayor control y balance en cualquier celda que pudiera presentar tráfico.

Por otra parte hay que recordar que la misma red no mantiene una estabilidad como para que dicho balance suceda.

El comportamiento final se mide en base al análisis de la ruta indicada en la figura 23 de las pruebas de *drive test*, cuando se realizaron los traspasos entre celdas de diferente tecnología que ya se conoce como Inter-rat (ver apéndice 1).

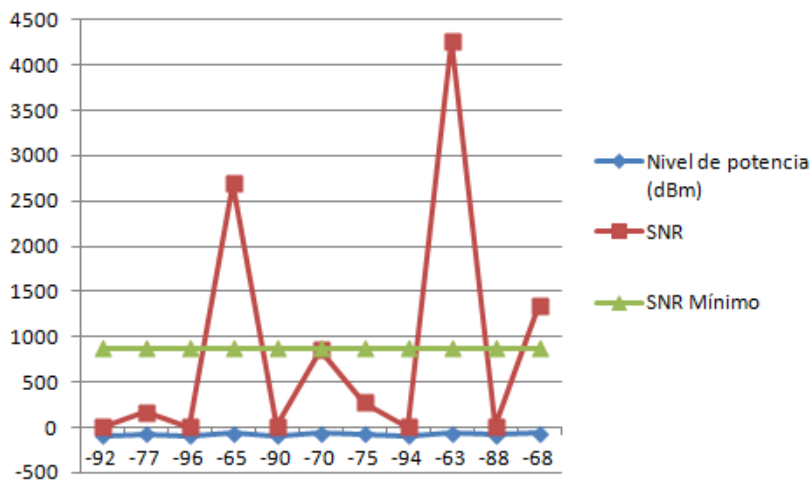
Figura 27. **Comportamiento final de prototipo en Inter-rat**



Fuente: elaboración propia.

Dichas pruebas se realizaron de igual forma entre celdas de la misma tecnología como *soft-handover* (ver apéndice 2).

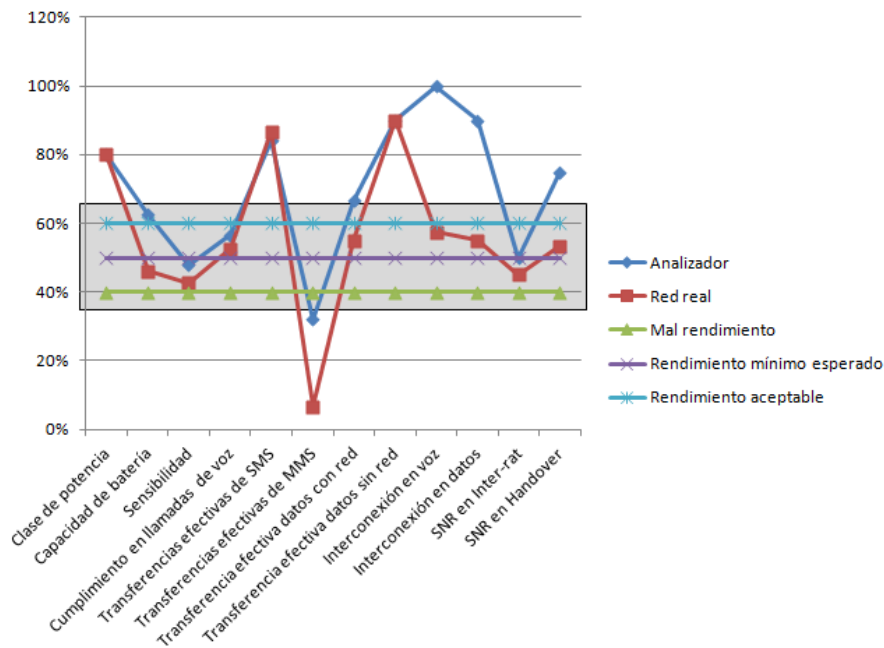
Figura 28. **Comportamiento final de prototipo en *Soft-handover***



Fuente: elaboración propia.

Las figuras 27 y 28 corresponden al comportamiento del prototipo homologado según el barrido pruebas y los resultados de las tablas XXXII y XXXIII respectivamente. La forma en que se obtiene el comportamiento es consolidar todos los valores suprimiendo los niveles de potencia repetidos y tomando como referencia el promedio de todos los valores de la relación señal a ruido o SNR como valor mínimo validando su rendimiento en la red. Como se visualiza en dichas gráficas, es evidente que el prototipo tiene un mal rendimiento en áreas de baja cobertura, debido a que la antena interna no se encuentra ajustada debidamente y es aquí donde el fabricante tuvo que haber coordinado con su centro de servicio certificado el reajuste de dicha pieza, para solucionar esta anomalía que definitivamente es a nivel hardware. Por último el comportamiento final del prototipo también se dictamina por los porcentajes de rendimiento de los parámetros de red obtenidos en la tabla XXXV.

Figura 29. **Comportamiento final en parámetros de red estáticos**



Fuente: elaboración propia.

El rango de porcentajes requeridos para la aprobación de su rendimiento se encuentra desde el 40 por ciento hasta el 60 por ciento, teniendo como rendimiento mínimo requerido en medio con un 50 por ciento. En las pruebas realizadas de la tabla XXXV, por ejemplo se logra visualizar fácilmente que en la red real el prototipo presenta un mal rendimiento en las transferencias de mensajes multimedia. Esto se dictamina como falla sin solución en la plataforma de servicios multimedia por parte del fabricante, siendo algo que definitivamente influirá en el posible rechazo del prototipo como terminal comercial.

3.5.3. Parámetros para rechazar prototipos

Todos los nuevos procesos de homologación del operador de la red de telefonía móvil pública visualizan que todo el barrido de pruebas se desarrolla con base al comportamiento y rendimiento en los parámetros técnicos de la red, que fueron tomados en cuenta para los cálculos y los valores obtenidos en cada parámetro.

Posterior a la homologación así como la creación del formato de pruebas puntuales, los parámetros que el operador resume y establece para rechazar un prototipo de su comercialización irrevocablemente son:

Tabla XL. **Parámetros para rechazo de prototipos**

| Parámetro | Motivo de rechazo |
|-------------------------|---|
| Rendimiento de potencia | Alto consumo de potencia en la red |
| Sensibilidad de señal | Registro en red ineficiente en alta cobertura |

Continuación de la tabla XL.

| | |
|--|---|
| Rendimiento de voz y datos en analizador | Rendimiento abajo del 50% |
| Rendimiento de voz y datos en red | Rendimiento abajo del 50% |
| Inter-rat y handover | Traspasos ineficientes abajo del 50% |
| SNR | Saturación de ruido en alta cobertura |
| Fallas técnicas mecánicas | Irreparables en cambio de pieza |
| Fallas de software | Irreparable después de la actualización de software |

Fuente: elaboración propia.

El operador debe dejar claro al fabricante que la prioridad que tienen estos parámetros es de vital importancia, debido a que la mayoría de fallas a nivel posventa son causadas por el mal funcionamiento de dichos parámetros con la diferencia que la nueva modalidad de homologación previa tiene aún mayores fundamentos técnicos como por ejemplo las gráficas mostradas en las figuras 28 y 29 por mencionar algunos resultados.

3.5.4. Parámetros para aprobar prototipos

El término aprobación de prototipos tiene implícitamente muchas consideraciones que el operador tomó en cuenta a diferencia de un rechazo, que se manejan con base al resumen y la sumatoria de los porcentajes de rendimiento y los promedios de los formatos utilizados para esta aprobación mencionada. Desde el punto de vista comercial, la aprobación también implica los tiempos de respuesta y el nivel de soporte que los fabricantes o proveedores ofrecieron durante el nuevo proceso de homologación.

Tabla XLI. **Parámetros para aprobación de prototipos**

| Parámetro | Motivo de rechazo |
|--|--|
| Rendimiento de potencia | Power class bajo en la red |
| Sensibilidad de señal | Registro en red eficiente en baja cobertura |
| Rendimiento de voz y datos en analizador | Rendimiento arriba del 60% |
| Rendimiento de voz y datos en red | Rendimiento arriba del 60% |
| Inter-rat y handover | Trasposos eficientes arriba del 60% sin solo corte de servicio en alta cobertura |
| SNR | SNR con valores altos en baja cobertura |
| Fallas técnicas mecánicas | Reparables en cambio de pieza |
| Fallas de software | Reparable después de la actualización de software con misma versión de software homologada |

Fuente: elaboración propia.

Todos estos parámetros en la tabla XXXVI indican que todos los datos obtenidos en las pruebas de homologación fueron exitosos en todos los casos, el analizador y el modo de ingeniería mostraron datos aceptables en los parámetros en baja cobertura. Como efecto de comprobar dicho proceso de homologación se comparó con los parámetros definidos dentro de la red que el operador ajustó en las estaciones base como un servicio de cobertura tomándose como una aceptación del prototipo de forma adicional (por ejemplo el ajuste de las 6 celdas comentadas durante la prueba de *drive test*).

3.5.5. Recomendaciones a los proveedores

Dentro de la nueva modalidad de homologación, se dictamina de forma estricta si un prototipo es aprobado o rechazado bajo el ya mencionado certificado de conformidad. Sin embargo, aquí no termina el proceso por completo debido a que parte del beneficio del proveedor como el operador, este último implementa recomendaciones posteriores resguardando futuros procesos de homologación y al momento de la comercialización masiva de terminales. Estas recomendaciones implementadas consisten en que los prototipos proporcionados antes y después de ser homologados por el operador, deben iniciar un proceso de validación en una fase conceptual por parte de los proveedores o fabricantes.

Esta propuesta consiste en que se deben crear varias muestras o bocetos utilizando diferentes diseños, características y opciones de interfaz, respetando la naturaleza del hardware. Estas muestras establecen el peso, el tamaño y la facilidad para su movilidad. Como el objetivo de mayoría de los terminales móviles es ser compactos por defecto y ser prácticos de transportar, es la parte más crítica de esta recomendación para el proveedor.

Durante este proceso, el proveedor o fabricante decide qué diseños se convertirán en prototipos. Al momento que la muestra esté terminada, se crearán varios prototipos. Estos modelos normalmente son no funcionales y son solo para fines visuales. Una vez que el diseño se ha finalizado, se procede a analizar la ingeniería de los prototipos, donde se debe analizar que tipo de hardware y software necesita. La parte fundamental en los prototipos que fueron homologados es su estructura electrónica y sus componentes. Esta estructura absorbe todo desde la manera en que el teléfono muestra la información, establece las llamadas, envía la información de localización,

etcétera. Según las características establecidas durante la fase conceptual, se pueden usar diferentes estructuras, pero es en esta parte donde el operador respeta la naturaleza de fabricación pero realiza las recomendaciones de la fase conceptual para que el proveedor tome en cuenta minimizando un posible rechazo de dispositivos por facilidad de reajuste de piezas, facilidad de reparación si llegarán a haber anomalías y la adaptación del software conforme los parámetros y requerimientos de las redes donde posiblemente operen a nivel masivo y comercial.

3.6. Validación de prototipo contra terminal comercial

El proceso de homologación finaliza por completo cuando ciertos dispositivos son rechazados según los resultados de rendimiento grave y en la interpretación de resultados. En teoría también es así cuando son aprobados, y se asume que la terminal ya como un producto comercial tendrá el mismo rendimiento que durante la homologación. Sin embargo, ¿Qué sucede si a nivel posventa las terminales presentan anomalías recurrentes y no fueron detectadas en la homologación? Es debido a estos inconvenientes (que si ocurre en la actualidad) donde también se propone la tecnificación y profesionalización para reducir dichos inconvenientes a los que se llamará incidencias posventa.

3.6.1. Proceso de muestreo en terminales comerciales

Una simple definición de muestreo es la siguiente: “Se toma una muestra y el lote se acepta o se rechaza con base en la calidad de la muestra”.³

³ BOWKER, Albert H. Estadística para Ingenieros. Capítulo 13. Página 516. Primera edición. Prentice Hall, 1984.

En el caso de terminales móviles ya comerciales el muestreo es una herramienta donde con base a la investigación científica de dispositivos comerciales, se detecta que es una función básica para determinar que parte de una población de cierto lote de terminales móviles debe examinarse, con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

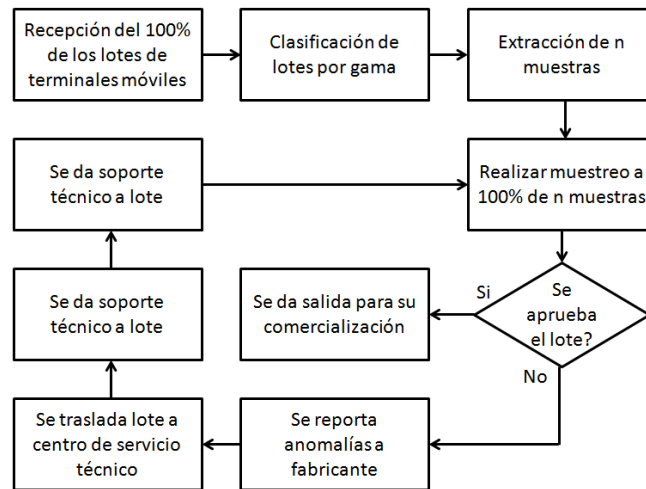
La muestra debe lograr una representación adecuada de cualquier lote de terminales, en la que se reproduzca de la mejor manera los rasgos esenciales de dicho lote que son importantes para la investigación.

Para que cierta muestra sea representativa, y por lo tanto de utilidad, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en el lote, lo que significa que pueda ejemplificar sus características de funcionalidad como las anomalías.

Para llevar a cabo esta propuesta de muestreo en terminales como producto comercial, se puede tomar como referencia cualquiera de los métodos de muestreo que existen a nivel estadístico, sin embargo, en este capítulo se hace la propuesta con base al método de muestreo probabilístico.

Este método implementado en el muestro de terminales comerciales es aquel que se basa en el principio de probabilidad equivalente. Esto significa que todos los dispositivos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y por lo consiguiente, todas las posibles muestras de tamaño n tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas. Durante el proceso de muestreo hay que tener presente que es indispensable la clasificación por gama, ya que la revisión de una terminal de gama baja es relativamente más rápida y sencilla comparado con una de gama alta.

Figura 30. **Flujo de muestreo probabilístico en terminales móviles**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Para esta etapa se debe asignar un porcentaje del 10 por ciento como muestra inicial para las terminales de gama baja, 20 por ciento para gama media y 30 por ciento para gama alta con el objetivo de aumentar el barrido de pruebas según la funcionalidad de cada uno.

A diferencia de la homologación, para los dispositivos comerciales se deben realizar las pruebas de las tablas XXVIII y XXIX únicamente por medio de la red móvil real sin analizador debido a que el registro masivo de estos dispositivos obviamente será donde se aprobó el prototipo original. Si por ejemplo, en una muestra de 10 dispositivos, el 50 por ciento de estos presentan anomalías similares o diferentes al prototipo, se hace una retención y se debe reportar al fabricante para su posterior soporte técnico del centro de servicio certificado, caso contrario solo se extraen las terminales con falla y se debe hacer la solicitud de nuevas terminales a dicho fabricante.

3.6.2. Homologación de terminales comerciales

Con base a la tecnificación del proceso de homologación se sabe que se realizan una serie de pruebas nuevas y se analizan diversos escenarios para minimizar incidencias que el dispositivo terminal como producto comercial pueda presentar a nivel posventa.

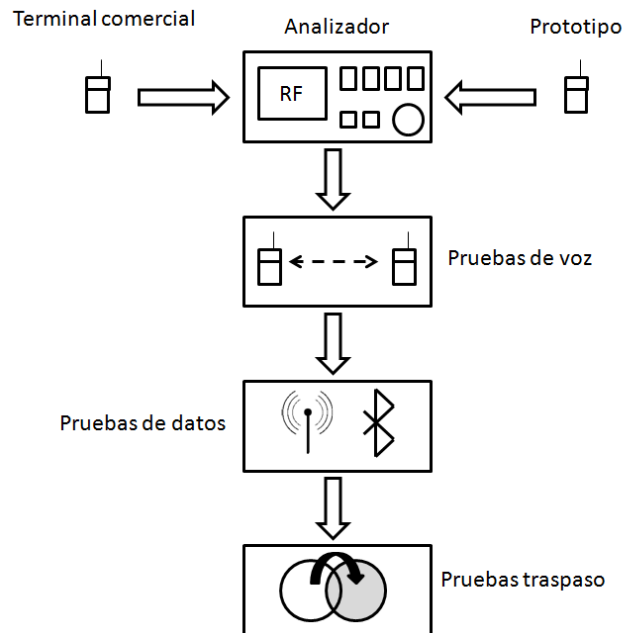
Sin embargo el operador debe cuestionar si dichos dispositivos tendrán el comportamiento esperado que la primera muestra o prototipo tuvo, si la personalización solicitada fue instalada por el fabricante, si los niveles de potencia o el rendimiento a nivel radiofrecuencia será el mismo entre otros requerimientos.

Para poder respaldar el rendimiento de un dispositivo comercial, se propone la homologación del mismo con la salvedad que en este proceso el tiempo de desarrollo debe ser mucho menor debido a la demanda que pueda tener durante su distribución a los usuarios finales.

La modalidad de homologación para poder comprobar que tendrá el mismo rendimiento que el prototipo aprobado debe ser a través de un flujo técnico de pruebas.

Dicha modalidad se basa en un flujo de todas las pruebas técnicas ya mencionadas en este capítulo con la diferencia que se realiza únicamente en el analizador debido a que todos los parámetros de red, niveles de potencia entre otras pruebas son parámetros constantes en el analizador, para realizar una homologación mucho más rápida tomando como referencia el formato de pruebas que se ejecutaron en el prototipo original.

Figura 31. **Flujo técnico de pruebas para terminales comerciales versus prototipo**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Todo el desarrollo de la homologación de terminales comerciales se reduce a un único lineamiento el cual se propone bajo la siguiente descripción: si una muestra de 1 del lote adquirido por el operador presenta un comportamiento diferente en 2 pruebas de la homologación similar a la realizada en el primer prototipo, el lote se retiene en un 100 por ciento hasta que el fabricante corrija las anomalías de rendimiento encontradas en dicha homologación antes de su comercialización. Si el proveedor o fabricante no logra realizar las correcciones al lote después de un primer intento, el operador cancela su comercialización notificando al área de cadena de suministros (área descrita en el capítulo 1).

3.6.3. Comportamiento en la red

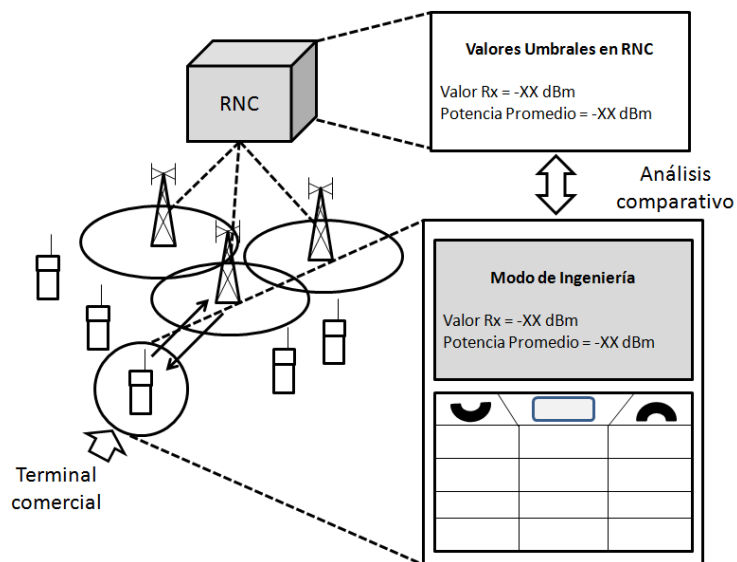
Suponiendo que la terminal comercial obtuvo un rendimiento efectivo en el analizador de espectro y en comparación con el prototipo, por lo que ahora procede la comercialización de las terminales a los usuarios finales de la red móvil ya como un servicio posventa. Es aquí donde el operador tiene un panorama preciso si la tecnificación del proceso de homologación y muestreo fue funcional con base al comportamiento de la terminal en la red.

La forma de validar su comportamiento en la red es a través de un método conocido como *trace* (traza) de terminales móviles, en el cual se realiza las trazas de los enlaces de radio de los usuarios finales a nivel de lo que los operadores conocen como Radio Network Controller (Controlador de radio de la red) que al igual que otros términos técnicos se le abrevia como RNC. La forma en que se implementa funciona RNC es que al momento que se define el *handover* se ejecutan estrategias que dependen si el terminal del usuario final se le indica que compruebe la potencia promedio de la señal recibida por medio de la RNC que, a diferencia del prototipo, solo el operador debe tener conocimiento del código para poder ingresar a dicho modo. La segunda estrategia consiste en comprobar si la relación señal a ruido del producto interfiere, siendo esta la forma cómo se evalúa la calidad, y la tercera si se debe tener en cuenta ambos parámetros al mismo tiempo, es decir la potencia promedio recibida y la relación señal a ruido.

La RNC manda a la terminal un listado de celdas vecinas a medir así como los valores umbrales de la potencia Rx y la relación señal a ruido que ha de comprobar para determinar el comportamiento. Si se supera alguno de esos valores la terminal transfiere la información a la RNC ambos valores de las celdas donde se midió dicha terminal de forma remota.

La idea es detectar la relación entre calidad y nivel de estos valores en escenarios con diferente densidad de tráfico. Y finalmente se deben proponer valores para los umbrales mencionados. Con estos métodos para validar el comportamiento de terminales comerciales en la red queda accesible la posibilidad de aplicar el mismo método para que el operador pueda medir y monitorear la red misma con otros propósitos diferentes a una homologación.

Figura 32. **Método de validación para comportamiento en la red por RNC**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Como debe ser de conocimiento el RNC es un sistema remoto instalado en las estaciones bases y que forma parte del monitoreo de la red móvil que analiza.

Por otro lado es relevante aclarar que si el operador realiza un trace solo se realiza a nivel de la red, sin tener acceso a la información de la terminal por restricción de seguridad y respeto a la confidencialidad del usuario final.

3.6.4. Prevención de anomalías en terminales comerciales

La tecnificación de pruebas de homologación y el proceso de muestreo implícitamente convergen en la detección de anomalías en los dispositivos móviles. Derivado de esto, se sabe que una terminal móvil sin anomalías es un argumento prácticamente imposible para que sea real, sin embargo si es posible prevenir la distribución de terminales con rendimiento grave (abajo del 50 por ciento según la interpretación de los resultados de la homologación). Esta prevención toma como prioridad las fallas técnicas mecánicas, lo cual implica que si durante el proceso de muestreo alguna muestra de n terminales presenta dichas anomalías, se procede a retenerlas o a descartarlas y se notifica al fabricante bajo los siguientes lineamientos:

Tabla XLII. **Lineamientos de prevención de anomalías**

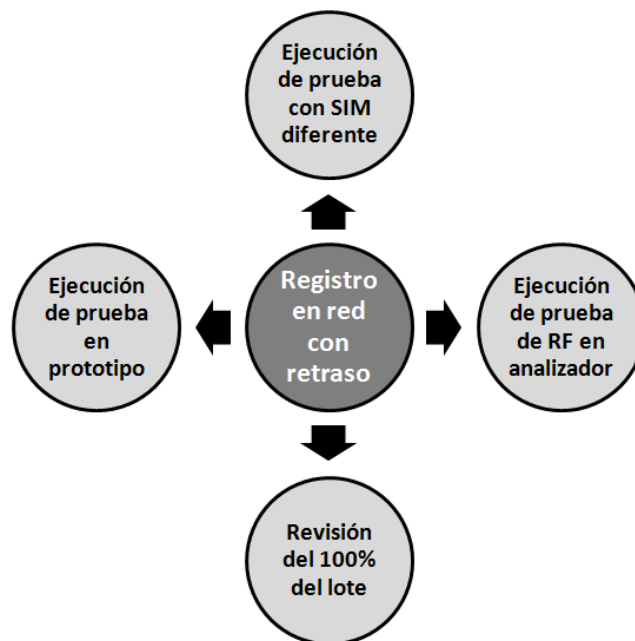
| Lineamiento | Rendimiento | Medida preventiva |
|----------------------------|--------------------|--------------------------|
| Falla técnica continua | Grave | Descartado |
| Falla técnica intermitente | Intermedio | Retención |
| Falla técnica ocasionada | Grave | Retención |
| Falla técnica en RF | Intermedio | Retención |

Fuente: elaboración propia.

Cuando se detecta una falla técnica continua de cierta muestra automáticamente se descarta y el fabricante tiene la obligación de gestionar el cambio completo de terminal, teniendo prohibido solicitar soporte técnico a algún centro de servicio certificado por la obvia razón que son terminales nuevas para su venta formal a los usuarios finales que utilizan los servicios de la red móvil.

Para el resto de lineamientos se gestiona la retención de la muestra, si por ejemplo, la muestra refleja que las terminales muestran un retraso en el registro a la red con el uso de la misma SIM, se retienen para realizar el agotamiento de las posibles causas en paralelo como sigue:

Figura 33. **Propuesta de muestreo total en retención por fallas técnicas**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

Esta propuesta de muestreo total de la figura 32, debe ser ejecutada por el personal de homologación en conjunto con el personal directo del fabricante, para asegurar la calidad de la etapa de revisión del 100 por ciento del lote, en esta modalidad no interviene ningún centro de servicio técnico. Si la SIM presenta la anomalía, el operador debe gestionar el cambio de SIM para su posterior distribución, si es el circuito de la antena en la muestra únicamente, el fabricante gestiona el cambio completo de las terminales.

Y por último, si la falla se presenta nuevamente en el prototipo ya homologado, se debe realizar nuevamente las pruebas en el analizador de espectro para descartar por completo la compatibilidad con alguna estación base en particular.

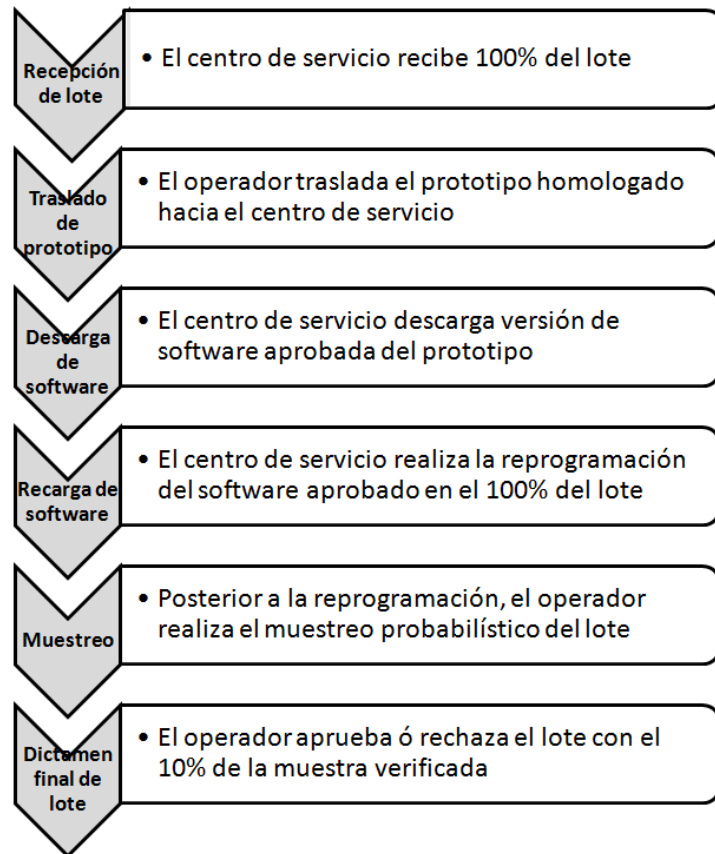
3.6.5. Reprogramación óptima a nivel software

Al igual de la detección y prevención de fallas técnicas a nivel mecánico, también existe cierta probabilidad que las terminales comerciales presenten algún tipo de anomalía a nivel software por cualquier motivo como una versión de software no homologada por el operador, las terminales aceptan SIM de otros operadores, no incluye la personalización del sistema operativo entre otros. Si alguna de estas anomalías se presenta, puede ser que el muestreo del lote de terminales tome aún más tiempo del solicitado por el mismo operador, debido a que se suma a la detección de fallas técnicas mecánicas sin mencionar que una revisión a nivel software requiere un período de revisión similar a un proceso de homologación formal.

Para optimizar esta parte, se debe ejecutar un proceso de reprogramación óptima del lote de terminales móviles donde, a diferencia de método de prevención de fallas mecánicas, si interviene el soporte de los centros de servicio técnico certificados por los fabricantes. Este proceso se rige bajo un flujo de etapas que tiene como objetivo minimizar la revisión durante el muestreo probabilístico, teniendo la certeza que el sistema operativo homologado es que se cargó por defecto en las terminales.

El flujo mencionado debe cumplir con etapas que involucran el soporte técnico de los centros de servicio y al prototipo homologado que se desarrollan como un proceso serial.

Figura 34. **Flujo de reprogramación óptima de terminales comerciales**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

La ventaja principal de este flujo es que el operador tiene la seguridad de que todas las terminales móviles del lote a distribuir, cuenta con la versión de software y personalización aprobada que originalmente fueron homologadas en el prototipo y el flujo mencionado se debe realizar antes de realizar cualquier muestreo probabilístico incluyendo la revisión de fallas mecánicas del lote. El operador debe ser estricto en la ejecución de este flujo ya que, si la reprogramación fue realizada y la muestra n presenta anomalías reincidentes, dictamina el rechazo total del lote y solicitando el cambio de terminales evitando el aumento de incidencias después de su comercialización a nivel posventa.

3.6.6. Análisis de resultados contra prototipos

Realizando una descripción global de la tecnificación del nuevo proceso de homologación, se sabe que se desglosa en tres procedimientos que son los pilares del mismo siendo estos la tecnificación de pruebas en los prototipos, implementación de la homologación y el muestreo probabilístico del lote de terminales comerciales previo a su comercialización.

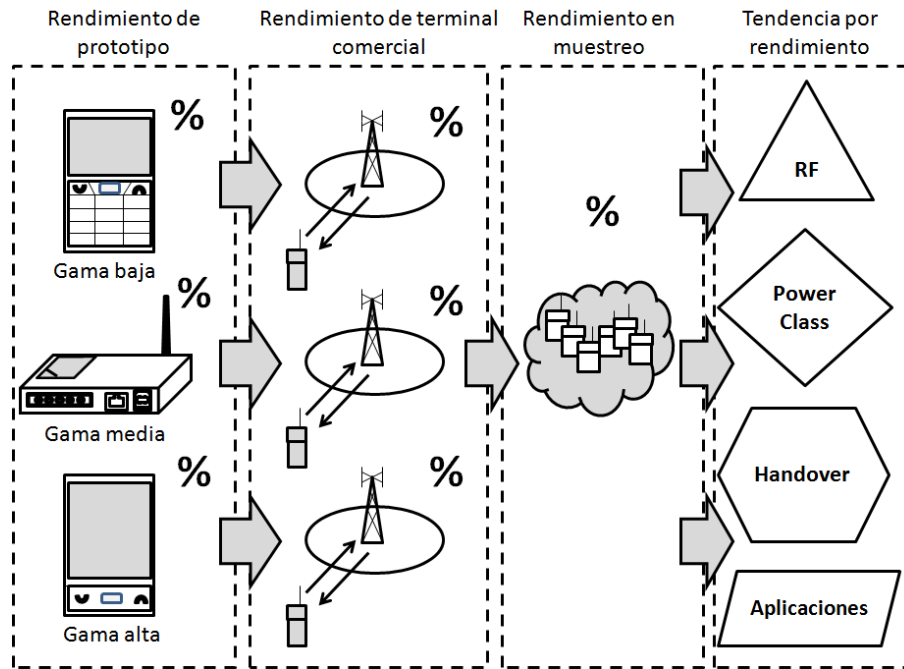
Un razonamiento lógico y obvio de los tres resultados es analizarlos y con base a los porcentajes de rendimiento diagnosticar si es considerado buen o mal dispositivo móvil.

En realidad el análisis de estos tres métodos propuestos incluye un trasfondo preventivo para futuros procesos de homologación, es decir que la tendencia de los prototipos se puede prever con base a dichos métodos y proporciona visibilidad para determinar que terminales son recomendables comercializar y cuáles definitivamente no lo son.

Esto básicamente tiene como objetivo una crucial e indispensable proyección de futuras homologaciones que conlleva implícitamente muchas ventajas de prevención, como por ejemplo tener conocimiento previo de cómo ajustar los parámetros de red en el analizador de espectro, en que ruta se puede realizar las pruebas de traspaso, un estimado de la personalización que tendrá la terminal para el operador, solo por mencionar algunas de ellas.

Este análisis debe ser explícito y el hecho que sea un refuerzo a nivel técnico, no significa que tiene que caer en un error de tecnicismo que posiblemente no se pueda comprender posteriormente.

Figura 35. **Análisis de rendimiento y funcionalidad**



Fuente: elaboración propia, con programa Powerpoint.

El análisis se basa en tendencias de rendimiento y funcionalidad según la clasificación de la terminal por gama y por el fabricante que lo desarrolló. Dicho análisis se propone que el operador pueda sacar una tendencia de aprobación predicha del 100 por ciento en las terminales de gama baja, 80 por ciento en las terminales de gama media y 60 por ciento en las terminales de gama alta. Esta última gama se determina con ese porcentaje debido a que es la más propensa a cambios radicales en las aplicaciones y funcionalidades en los servicios de datos desde una mejora en su sistema operativo como cambios en los aprovisionamientos en los servicios de datos, como por ejemplo la migración de las terminales para soportar la siguiente tecnología a la UMTS que presenta mejoras considerables en la velocidad de carga y descarga, si así lo soporta el operador en su red de tecnología móvil tomando en cuenta la mencionada evolución de las tecnologías móviles.

Es debido a esto que el operador debe ser más accesible a la tendencia de las terminales móviles de gama alta y para el resto de gamas se debe mantener la tendencia del análisis, para minimizar la mala experiencia de anomalías que los mismos usuarios finales puedan detectar involuntariamente.

CONCLUSIONES

1. La descripción y comprensión de las definiciones, así como los procedimientos de un proceso de homologación en las telecomunicaciones móviles, son fundamentales para su ejecución debido a que ya se tiene el conocimiento específico de las terminales según el comportamiento en una red de telefonía móvil.

2. Al considerar los aspectos técnicos de las redes móviles, se define que las pruebas de homologación realizadas actualmente no son del todo adecuadas por los siguientes aspectos:
 - 2.1. Desarrollo de pruebas muy ambiguas en las terminales.
 - 2.2. Falta de consideración del estado de la red para realizar las pruebas dictaminando diagnósticos erróneos.
 - 2.3. Al tener desconocimiento de los aspectos técnicos de una red móvil así como de la terminal, influye en el análisis final de la homologación con resultados erróneos.

En definitiva, lo anterior se puede solucionar con la reestructuración e innovación de algunas pruebas teniendo un respaldo más preciso del rendimiento de las terminales, y con esto lograr decidir qué productos serán comercializados a largo plazo.

3. La comparativa y análisis estadístico de las nuevas pruebas entre los prototipos con terminales comerciales proporciona un panorama más convergente y preciso de su rendimiento en la red móvil a nivel técnico.

RECOMENDACIONES

1. A los operadores de redes en telefonía móvil pública se les insta que previo al inicio de un nuevo proceso de homologación, se debe tomar en consideración las especificaciones técnicas de funcionamiento que los fabricantes proporcionan para evitar limitantes como anomalías, adicional a las definiciones propias de dicho proceso.
2. Durante el análisis de los aspectos técnicos de la homologación, es apropiado iniciar las pruebas con los servicios de voz debido a que son simples y se puede prever si la red tiene inconvenientes como cortes de llamada que no sean imputables al prototipo para el correspondiente reajuste de la red móvil y por ende fortalecer el conocimiento de dichos aspectos.
3. Posterior la comparativa en el analizador respecto la red y el análisis estadístico de los muestreos, el operador debe hacer entrega de un certificado de aprobación o rechazo del prototipo al fabricante por medio de una carta personalizada y adjuntar el detalle de todas las pruebas realizadas como respaldo de una homologación transparente e imparcial. Esto debe aplicar tanto a un prototipo como a las terminales comerciales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Antel de Uruguay. *Condiciones técnicas para la homologación de aparatos telefónicos inalámbricos*. [en línea]. <www.antel.com.uy>. [Consulta: 3 de mayo de 2012].
2. BOWKER, Albert H. *Estadística para ingenieros*. México: Prentice Hall, 1984. 657 p. ISBN: 9688800023.
3. CONTRERAS, Felipe; GONZÁLEZ, Andrea. *El router inalámbrico: estado de arte*. [en línea]. <<http://www2.udec.cl/~pablmora/psi/psi-final-g02.pdf>>. [Consulta: 13 de agosto de 2012].
4. FLORES GALEA, Antonio Luis. *Evolución de las redes de telefonía móvil*. [en línea]. <www.consultateleco.es/periodistas>. [Consulta: 26 de agosto de 2012].
5. FREEMAN, Roger L. *Telecommunications Transmission Handbook*. 4a ed. USA: Wiley Interscience, 1998. 1204 p. ISBN: 0471240184.
6. GÓMEZ AMOR, Antonio José. *Evaluación de traspasos de comunicaciones inalámbricas en teléfonos celulares de altas prestaciones*. [en línea]. <<http://webpersonal.uma.es/~ECASILARI/Docencia>>. [Consulta: 17 de septiembre de 2012].

7. MINANGO NEGRETE, Juan Carlos. *Análisis y monitorización de la interfaz aire de las operadoras celulares en el campus de la e.s.p.e para determinar la calidad del servicio*. [en línea]. <<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/3180>>. [Consulta: 17 de agosto de 2012].
8. PANKO, Raymond R. *Business Data Networks and Telecommunications*. 8a ed. USA: Prentice Hall, 2010. 528 p. ISBN: 0136100120.
9. ROCA BALSELLES, Jordi. *Diseño de una infraestructura para dar cobertura de telefonía móvil 2G y 3G en el interior de una línea de metro*. España: Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, Universidad Politécnica de Catalunya, 2010. 155p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Cálculo del comportamiento final de prototipo en Inter-rat

| dBm1 | SNR | SNR Mínimo |
|-------------|-------------|-------------------|
| -95 | 2,69589 | 1 558,32166 |
| -75 | 269,58889 | 1 558,32166 |
| -65 | 2 695,88888 | 1 558,32166 |
| -90 | 8,52515 | 1 558,32166 |
| -70 | 852,51492 | 1 558,32166 |
| -85 | 26,95889 | 1 558,32166 |
| -60 | 8 525,14919 | 1 558,32166 |
| -80 | 85,25149 | 1 558,32166 |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Cálculo del comportamiento final de prototipo en *soft-handover*

| dBm | SNR | SNR Mínimo |
|------------|-------------|-------------------|
| -92 | 5,37901 | 876,80761 |
| -77 | 170,09909 | 876,80761 |
| -96 | 2,14142 | 876,80761 |
| -65 | 2 695,88888 | 876,80761 |
| -90 | 8,52515 | 876,80761 |
| -70 | 852,51492 | 876,80761 |
| -75 | 269,58889 | 876,80761 |
| -94 | 3,39392 | 876,80761 |
| -63 | 4 272,69594 | 876,80761 |
| -88 | 13,51145 | 876,80761 |
| -68 | 1 351,14509 | 876,80761 |

Fuente: elaboración propia.