

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE TECNOLOGIA**  
**CARRERA: ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**



**MEMORIA TECNICA**  
**NIVEL LICENCIATURA**

**OPTIMIZACION EN RF DE UN SITIO NUEVO GSM**  
**“EL TEJAR”**

**POSTULANTE: JUAN CARLOS GUTIERREZ YUJRA**

**TUTOR: LIC. JAVIER YUJRA TARQUI**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2012**

## **AGRADECIMIENTO**

**Mi Agradecimiento a todos los Docentes que nos han acompañado y guiado durante los años de estudios, a la empresa que me acoge donde pude plasmar lo aprendido, un agradecimiento extensivo a mis compañeros de estudio y trabajo por el apoyo y orientación que me brindaron.**

## **DEDICATORIA**

**A mi querida Madre, Esposa y a mis hijos Jhonatan Henry y Carlos Fernando gracias, cuyo amor y apoyo han hecho de mi una persona de bien y me han permitido lograr la culminación de mi carrera**

**Juan Carlos Gutierrez**

## **RESUMEN**

### **CAPITULO I**

En este capítulo se realiza una descripción de la institución donde se implemento el presente trabajo y una breve exposición de los cargos y trabajos desarrollados en esta empresa.

### **CAPITULO II**

Se plasma esencialmente la justificación y los objetivos perseguidos en el presente trabajo, adicional esta el marco teórico relacionado con el tema.

### **CAPITULO III**

Se describe los procesos y el análisis exhaustivo del comportamiento de la parte de radio o RF de un sitio GSM, para luego, mediante modificaciones de parámetros propios del estándar GSM y/o de movimientos físicos en los sistemas radiantes, mejorar la calidad en las comunicaciones con la optimización de recursos.

### **CAPITULO IV**

Se detalla las conclusiones y recomendaciones a realizar fruto del análisis realizado.

### **CAPITULO V**

Se describe los aportes realizados a la empresa sobre el área administrativa y de procesos con diferentes proveedores o departamentos.

### **CAPITULO VI**

Se detalla los manuales, libros, página web consultada para el desarrollo del presente trabajo.

## INDICE GENERAL

	Pagina
<b>CAPITULO I</b>	
<b>DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD LABORAL</b>	14
1.1 DESCRIPCION DE LA INSTITUCION DONDE REALIZO LA ACTIVIDAD	14
1.2 NUEVATEL PCS DE BOLIVIA S.A.	14
1.2.1 RESEÑA HISTORICA	14
1.2.2 RECONOCIMIENTOS DE LA EMPRESA	15
1.3 CARGOS DESEMPEÑADOS	16
1.4 RELACIONES DE SUBORDINACION Y SUPERORDENACION	17
<b>CAPITULO II</b>	
<b>DESCRIPCION Y MARCO TEORICO DE LA ACTIVIDAD REALIZADA</b>	18
2.1 INTRODUCCION	18
2.2 ANTECEDENTES	18
2.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2.4 JUSTIFICACION	19
2.4.1 JUSTIFICACION TECNICA	19
2.4.2 JUSTIFICACION ECONOMICA	19
2.5 OBJETIVOS	19
2.5.1 OBJETIVO GENERAL	19
2.5.2 OBJETIVO ESPECIFICO	20
2.6 MARCO TEORICO	20
2.6.1 REDES CELULARES Y EL USO DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO	20
2.6.2 PROPAGACION DE RF	25
2.6.3 ESTRUCTURA Y TOPOLOGIA DE UNA RED GSM	27
2.6.4 SIGNIFICADO DE OPTIMIZACION EN COMUNICACIONES MOVILES	31
2.6.5 EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE LA RED	31
2.6.5.1 INDICADORES DE RENDIMIENTO (KPI)	31
2.6.6 DRIVE TEST	33
2.6.6.1 SOFTWARE AGILENT	33
2.6.6.2 COMPUTADORA PARA DRIVE TEST	33
2.6.6.3 EQUIPO CELULAR	34
2.6.6.4 GPS	34
2.6.6.5 PROCEDIMIENTO DE LA PUESTA EN MARCHA	35
<b>CAPITULO III</b>	
<b>CASO DE ESTUDIO Y ANALISIS</b>	38
3.1 ANALISIS NUEVO SITIO	38
3.2 INSTALACION NUEVO SITIO	41

3.3	ENCENDIDO DE BTS	44
3.4	PRUEBAS MINIMAS EN CAMPO	45
3.5	DRIVE TEST EN LA ZONA	45
3.5.1	ANALISIS DE COBERTURA	46
3.5.2	PROPAGACION PRIMER SECTOR	46
3.5.3	PROPAGACION SEGUNDO SECTOR	48
3.5.4	PROPAGACION TERCER SECTOR	49
3.5.5	ANALISIS DE EVENTOS	50
3.5.5.1	ANALISIS DE DROP CALL	51
3.6	ANALISIS ESTADISTICO (KPIs) EL TEJAR	52
3.6.1	KPIs PRIMER SECTOR EL TEJAR	54
3.6.2	KPIs SEGUNDO SECTOR EL TEJAR	54
3.6.3	KPIs TERCER SECTOR EL TEJAR	55
3.6.4	ANALISIS ESTADISTICO DE CELDAS VECINAS	56
CAPITULO IV		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		57
4.1	MODIFICACIONES FISICAS	57
4.2	MODIFICACIONES LOGICAS	58
CAPITULO V		
APORTE ACADEMICO		59
5.1	PROCESO DE OPTIMIZACION DE UN SITIO NUEVO	59
5.2	PROCESO DE ATENCION A ODECOS	60
CAPITULO VI		
BIBLIOGRAFIA		63
6.1	MANUALES DE LA EMPRESA CONSULTADOS	63
6.2	LIBROS CONSULTADOS	63
6.3	PAGINAS DE INTERNET CONSULTADAS	63

## INDICE DE FIGURAS

	Pagina
Fig. 1 ESPECTRO RADIOELECTRICO	20
Fig. 2 ASIGNACION DE LA BANDA PCS EN BOLIVIA	21
Fig. 3 DUPLEXAJE FDD PARA UNA COMUNICACIÓN CELULAR	22
Fig. 4 TDMA - TIMESLOTS EN CADA CANAL DE FRECUENCIA	23
Fig. 5 CLUSTER FORMADO POR 7 CELDAS	23
Fig. 6 DIAGRAMA DE RADIACION DE UNA ANTENA DE RF	25
Fig. 7 REPRESENTACION DE TILT	26
Fig. 8 TILT MECANICO Y ELECTRICO	26
Fig. 9 PROPAGACION CON TILT MECANICO Y ELECTRICO	27
Fig. 10 ESTRUCTURA DE UNA RED GSM	27
Fig. 11 INTERFACES DE UNA RED GSM	28
Fig. 12 EQUIPO PARA DRIVE TEST AGILENT	35
Fig. 13 CAPTURA DE PANTALLA DE LA HERRAMIENTA AGILENT	37
Fig. 14 IMAGEN DE LA ZONA DEL NUEVO SITIO "EL TEJAR"	39
Fig. 15 SIMULACION DE COBERTURA "EL TEJAR"	40
Fig. 16 NIVEL DE SEÑAL ANTES DEL NUEVO SITIO " EL TEJAR"	41
Fig. 17 PLANO DE LA TERRAZA CON EQUIPAMIENTO "EL TEJAR"	42
Fig. 18 FOTOS DEL EQUIPAMIENTO INSTALADO "EL TEJAR"	42
Fig. 19 VISTA GENERAL DEL SITIO "EL TEJAR"	43
Fig. 20 FOTOGRAFIAS DE LOS TRES SECTORES "EL TEJAR"	43
Fig. 21 ESTADO DEL NUEVO SITIO POR COMANDOS MML	44
Fig. 22 ALARMAS ACTIVAS DEL SITIO POR COMANDOS MML	45
Fig. 23 NETMONITOR, CELL TRACK PARA PRUEBAS MINIMAS	45
Fig. 24 NIVEL DE SEÑAL DESPUES DE PUESTA EN SERVICIO "EL TEJAR"	46
Fig. 25 NIVEL DE SEÑAL PRIMER SECTOR "EL TEJAR"	47
Fig. 26 REHUSO DE BCCH PRIMER SECTOR "EL TEJAR"	47
Fig. 27 NIVEL DE SEÑAL SEGUNDO SECTOR "EL TEJAR"	48
Fig. 28 REHUSO DE BCCH SEGUNDO SECTOR "EL TEJAR"	48
Fig. 29 NIVEL DE SEÑAL TERCER SECTOR "EL TEJAR"	49
Fig. 30 REHUSO DE BCCH TERCER SECTOR "EL TEJAR"	49
Fig. 31 EVENTOS DENTRO DEL RECORRIDO REALIZADO	50
Fig. 32 EVENTO DE DROP CALL	51
Fig. 33 KPIs PRIMER SECTOR "EL TEJAR"	54
Fig. 34 KPIs SEGUNDO SECTOR "EL TEJAR"	55
Fig. 35 KPIs TERCER SECTOR "EL TEJAR"	55
Fig. 36 ESTADISTICA DE HO FAILURE REGISTRADO EN CELDAS VECINAS	56
Fig. 37 PROCESO DE OPTIMIZACION DE UN SITIO NUEVO POR AREAS	59
Fig. 38 FLUJO DE INTERACCION CON OTRAS AREAS AL OPTIMIZAR UN SITIO NUEVO	60
Fig. 39 PROCESO DE ATENCION DE ODECOS POR AREAS	61
Fig. 40 FLUJO DE INTERACCION CON OTRAS AREAS EN ATENCION DE ODECOS	62

## INDICE DE TABLAS

	Pagina
Tabla. 1 RELACION DE DEPENDENCIA EN NUEVATEL	17
Tabla. 2 BANDA A (1900 MHz) ASIGNADA AL OPERADOR NUEVATEL	24
Tabla. 3 DISTRIBUCION DEL ESPECTRO ASIGNADO A NUEVATEL	24
Tabla. 4 REPRESENTACION EN COLORES DE NIVEL DE SEÑAL	40
Tabla. 5 DATOS INICIALES DE RF "EL TEJAR"	44
Tabla. 6 TARGET DE KPIs MAS INPORTANTES	52
Tabla. 7 KPIs MAS INPORTANTES "EL TEJAR"	53
Tabla. 8 CAMBIOS FISICOS PROPUESTOS EN LA ZONA DEL NUEVO SITIO	57
Tabla. 9 ADYACENCIAS FALTANTES PARA SU ADICION	58

## GLOSARIO

**Abonados Móviles:** Usuarios o clientes que hacen uso de la red móvil.

**AGCH:** Access Grant Channel, Canal de asistencia para acceso, se utiliza para asignar dispositivo móvil a un canal en el que puede comenzar a comunicarse con el sistema.

**Agilent:** Empresa extranjera dedicada a instrumentos en Telecomunicaciones.

**AMR:** Adaptive multi-rate. Codificador utilizado en GSM.

**ARFCN:** Absolute Radio Frequency Channel Number. Número que se le da a un canal de frecuencia para identificarlo en la red.

**ATT:** Autoridad de Transportes y Telecomunicaciones en Bolivia.

**AUC:** Authentication Center (Centro de autenticación). Valida a los usuarios por parte de la red.

**BCCH:** Broadcast Control Channel, Canal de control transmitido, utilizado por la estación base en una red GSM para enviar información acerca de la identidad de la red.

**Billing:** Sistema de tarificación.

**Blocked:** Obstruido, Bloqueado.

**BSC:** Base Station Controller (Controlador de estación base). Parte de la red de acceso que se comunica con la central o switch.

**BSS:** Base Station Sub-System. Conformado por BTS's y BSC's. Red de acceso.

**BTS:** Base Transceiver Station. Parte de radio de una red GSM que se comunica con los móviles.

**Call:** Llamada

**Celda:** Otra forma de decir BTS.

**CEPT:** Conférence Européenne des Postes et Télécommunications, Conferencia Europea de postes en Telecomunicaciones.

**Cluster:** Grupo de celdas que utilizan todas las frecuencias disponibles que tiene el operador.

**Cobertura:** Área geográfica en la que un terminal móvil puede acceder a la red.

**COMTECO:** Corporación telefónica de Cochabamba es una Corporación Privada orientada a la prestación de servicios integrales de telecomunicación

**Downlink:** Canal de bajada. Canal para que la BTS envíe mensajes al terminal móvil.

**Downtilt Kit:** Equipo que es usado para ajustar el grado de inclinación de la antena.

**Downtilt:** Generalmente usado para determinar el grado de inclinación de una antena.

**Drive Test:** Método en el cual se recorre una determinada zona, midiendo niveles y calidad de la señal de la red en cada punto del recorrido.

**Drop:** Soltar, Caída

**EDGE:** Enhanced Data rate for GSM/global Evolution. Tasas mejoradas de datos para la Evolución Global de GSM.

**Efecto ping pong:** Efecto causado por realizar demasiados Handover entre dos estaciones.

**EGNOS:** (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) es un Sistema de Aumentación Basado en Satélites desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA), la Comisión Europea (institución de la Unión Europea) y Eurocontrol. Está ideado como un complemento para las redes GPS y GLONASS para proporcionar una mayor precisión y seguridad en las señales, permitiendo una precisión inferior a dos metros.

**EIR:** Equipment Identification Register. Contiene identidades de los equipos móviles para evitar robos.

**Erlang (Erl):** Unidad para medir el tráfico.

**ERTIC:** Proyecto Energía y Tecnologías de Información y Comunicación para la Transformación del área Rural de Bolivia.

**Espectro radioeléctrico:** Recurso natural formado por ondas electromagnéticas. Pertenece al patrimonio nacional.

**ETSI:** European Telecommunications Standards Institute o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial.

**FDD:** Frequency Division Duplexing. Duplexación por división de frecuencia.

**Full-Duplex:** Canal en el cual se puede transmitir y recibir simultáneamente.

**GoS:** Grade of Service. Grado de servicio.

**GPS:** Global Positioning System, Sistema de Posicionamiento Global

**GPRS:** *General Packet Radio Service* o servicio general de paquetes vía radio es una extensión de

GSM para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes.

**GSM:** Global System Mobile. Sistema global para las comunicaciones móviles. Tecnología móvil.

**Half-Duplex:** Canal en el cual se puede transmitir y recibir pero no de manera simultánea.

**Handover:** Cambio de BTS que realiza el terminal móvil (de la señal con la que habla) al moverse de un lugar a otro para que continúe la comunicación y no se corte la llamada.

**Histéresis:** Método utilizado para darle mayor prioridad a una celda y así evitar el efecto ping pong.

**HLR:** Home Location Register (Registro de Localización de usuarios domésticos). Base de datos que contiene de manera estática los datos de cada usuario.

**Hopping:** Salto en frecuencia. Método utilizado en el cual mediante un algoritmo van cambiando las frecuencias, lo cual permite el uso de un espectro limitado sin que haya interferencias.

**Hora cargada:** Hora del día en que se tiene mayor tráfico, también llamado Hora Pico.

**Idle Mode:** Estado del teléfono cuando está en espera (no en llamada).

**IMEI:** International Mobile Equipment Identity. Identificador internacional de equipos GSM.

**Interferencia adyacente:** Interferencia presentada en redes GSM por haber dos frecuencias adyacentes en áreas cercanas.

**Interferencia co-canal:** Interferencia presentada en redes GSM por haber dos frecuencias iguales en áreas cercanas.

**KPI:** Key Performance Indicators. Indicadores de performance de la red.

**Location Area (LAC):** Áreas dentro de un MSC, creadas para ubicar a un móvil más rápido.

**MML:** Machine Language, Lenguaje de máquina es el sistema de códigos directamente interpretable por un circuito microprogramable. Este lenguaje está compuesto por un conjunto de instrucciones que determinan acciones a ser tomadas por la máquina.

**MSC:** Mobile Switching Center (Centro de conmutación móvil). Central o cerebro de la red.

**MS:** Mobile Station, Equipo móvil o comúnmente llamado Teléfono Celular.

**MW:** Microwave, Transporte de microondas.

**NMC:** Network Management Center (Centro de gestión de la red).

**NPO:** Network Planing & Optimization, Optimización y Planificación de Red.

**ODECO:** Oficina del Consumidor, instancia donde se realiza reclamos por algún servicio público.

**OMC:** Operation and Maintenance Center, Centro de Operacion y Mantenimiento

**OSS:** Operation Support Subsystem, Sistema de Operación y Soporte.

**O&M:** Operación y mantenimiento.

**Paging:** Mensaje enviado por la red al terminal móvil para saber dónde está ubicado.

**PCH:** Paging Channel, Canal de aviso de llamadas, permite a la BTS avisar al móvil de que hay una llamada entrante hacia el terminal.

**PCS:** Personal Communication Service, Servicio de Comunicación Personal, Es el nombre dado para los servicios de telefonía móvil digital en varios países y que operan en las bandas de radio de 1800 o 1900 MHz.

**PDH:** Plesiochronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Plesiocrona, Es una tecnología usada en las redes de telecomunicaciones para transportar grandes cantidades de datos a través de equipos de transporte digital tales como fibra óptica y sistemas de radio de microondas

**PIN:** Es la contraseña que permite acceso a la información de la tarjeta SIM de un teléfono celular

**PMS:** Performance Measurement System, Sistema de Medidas de Rendimiento.

**Pricewaterhouse Coopers:** Es la firma de servicios profesionales más importante del mundo.

**PSTN:** Public Switching Telephone Network (Red de telefonía pública conmutada). Red de telefonía fija.

**PUK:** PIN Unlocked Key, Número de desbloqueo personal

**QoS:** Quality of Service. Calidad de servicio.

**RACH:** Random Access Channel, Canal de acceso aleatorio, Se utiliza para obtener la atención de una estación de base con el fin de sincronizar el dispositivo móvil a la red.

**RAN:** Radio Access Network, Red de acceso de radio, conformada por las BTS's y BSC's.

**RF:** Radio Frequency, Radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia.

**Rx Level:** Nivel de señal recibida.

**Rx Qual:** Nivel de calidad recibida

**SACCH:** Slow Associated Control Channel.

**SCH:** Synchronization Channel.

**SDCCH:** Stand Alone Dedicated Control Channel.

**SDH:** Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Síncrona, se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión de mayor capacidad.

**Sector:** Parte de las BTS en el cual están colocadas antenas sectoriales (cubren un sector). Las celdas están divididas normalmente en 3 sectores.

**SIM:** Subscriber Identity Module. Tarjeta que se inserta en el equipo la cual identifica al usuario.

**SMS:** Short Message Service, servicio de mensajería.

**TCH:** Traffic Channel. Canal de tráfico por donde pasa la voz al conversar.

**TDD:** Time Division Duplexing. Duplexación por división de tiempo.

**TDMA:** Time Division Multiple Access, Multiplexación por división de tiempo, es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal (normalmente de gran capacidad) de transmisión a partir de distintas fuentes, de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del medio de transmisión

**Terminal Móvil:** Equipo que utiliza un usuario para comunicarse con la facilidad de la movilidad.

**Time Slot:** Ranura de tiempo. La trama GSM se divide en 8 time slots. En cada uno puede haber una conversación.

**Tráfico:** Medición que indica cuán cargada está la red, cuya unidad es el Erlang.

**TRX:** Transceptor para sistemas radiantes de comunicación móvil GSM.

**UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System, Sistema universal de telecomunicaciones móviles, es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación, sucesora de GSM.

**Uplink:** Canal de subida. Canal para que el terminal móvil envíe sus mensajes a la BTS.

**Uptilt:** Inclinación negativa.

**VLR:** Visitor Location Register. Base de datos temporal para los usuarios visitantes.

**WAP:** Wireless Application Protocol. Protocolo de aplicaciones inalámbricas, es un estándar abierto internacional para aplicaciones que utilizan las comunicaciones inalámbricas, p.ej. acceso a servicios de Internet desde un teléfono móvil.

**WAAS:** (*Wide Area Augmentation System*) es un Sistema de Aumentación Basado en Satélites desarrollado por Estados Unidos. Está ideado como un complemento para la red GPS para proporcionar una mayor precisión y seguridad en las señales, permitiendo una precisión en la posición menor de dos metros.

# CAPITULO I

## DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD LABORAL

---

### 1.1.-DESCRIPCION DE LA INSTITUCION DONDE SE REALIZO LA ACTIVIDAD

#### 1.2.-NUEVATEL PCS DE BOLIVIA S.A.

Nuevatel PCS de Bolivia S.A. es una empresa privada dedicada a las telecomunicaciones en Bolivia, la telefonía móvil está relacionada más con las siglas VIVA.

##### 1.2.1.-RESEÑA HISTORICA

Con el propósito de promover el desarrollo de las telecomunicaciones en Bolivia, Nuevatel PCS de Bolivia (VIVA) inició operaciones a fines de 1999, nace con el respaldo y la experiencia de la transnacional americana **Western Wireless International** y la Cooperativa Telefónica de Cochabamba (COMTECO) como accionistas mayoritarios, trayendo por primera vez al país la tecnología GSM, destinada a entregarle a los Bolivianos la posibilidad de comunicarse, como nunca antes, con la plataforma tecnológica más avanzada y poderosa del mundo. Toda una revolución en el mercado que definió nuestra cultura corporativa: eficiente, transparente y comprometida con nuestros clientes.

Desde entonces, VIVA se ha convertido en la empresa de mayor y más rápido desarrollo del sector, consolidando la red de telefonía móvil (GSM) más importante del país, con más de 1 millón abonados activos; y la red de telefonía pública más amplia y de mayor impacto social de Bolivia. Nuestros 45 mil Puntos VIVA (puntos de telefonía pública) no sólo llegan donde nadie puede hacerlo, en el área rural y urbana de todo el territorio nacional, sino que incentivan la generación de más de 60 mil empleos directos y una cantidad similar de indirectos. VIVA también compite en el mercado de larga distancia con su código 14. VIVA es una empresa que cree en Bolivia por lo que la totalidad de sus empleados son bolivianos, ha reducido sistemáticamente sus tarifas incrementando la calidad del servicio y, desde sus inicios hasta ahora ha realizado periódicamente grandes inversiones en el país. Estas acciones y sus resultados nos ubican, sin lugar a dudas como el segundo operador de telecomunicaciones más importante del país y nos comprometen a seguir trabajando

incansablemente hacia nuestra próxima meta: SER LOS PRIMEROS, democratizando el acceso a las telecomunicaciones, porque sabemos que la comunicación es un importante factor de desarrollo para los bolivianos y estamos dispuestos a seguir trabajando por Bolivia.

### **1.2.2.-RECONOCIMIENTOS DE LA EMPRESA:**

La telefónica VIVA recibió el galardón “Ranking de Marcas Bolivian Business 2011” a Mejor empresa en telefonía móvil de Cochabamba, así como al Mejor servicio de calidad y Mejor empresa en innovación de esta ciudad. Asimismo, recibió el premio a Mejor empresa en telefonía móvil de Santa Cruz.

La investigación en que se basó la selección de las empresas galardonadas fue elaborada por Pricewaterhouse Coopers, que identificó a las 150 marcas más poderosas de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz.

La entrega de los premios a la mejor empresa en telefonía móvil de Cochabamba; Mejor servicio de calidad de Cochabamba y Mejor empresa en innovación de dicha ciudad se realizó este viernes 2 de diciembre en el Hotel Radisson de La Paz. Nadia Diab, Sub Gerente de Agencia y Medios, y René Bascopé, Gerente Regional de VIVA en Cochabamba, recibieron los reconocimientos.

En la oportunidad, Bascopé destacó que los premios recibidos por VIVA como empresa más innovadora y con mayor calidad de servicio en la capital del valle tienen un especial valor, puesto que en estas categorías la telefónica compitió con empresas de diversos rubros y no solamente con las del sector.

“El competir con empresas de otras ramas y obtener estos galardones nos llena de satisfacción pues son una señal de que los esfuerzos e inversiones que realizamos a favor de la democratización de las telecomunicaciones, enfatizando valores como la calidad y la innovación, tienen eco en nuestros clientes, quienes son nuestra más importante razón de ser” indicó el ejecutivo.

Bascopé destacó que los premios recibidos por VIVA como Mejor empresa en telefonía móvil de Cochabamba y también en Santa Cruz confirman el liderazgo de VIVA en telefonía móvil en dos de las principales ciudades del país, “demostrando el acierto de nuestra estrategia empresarial, que concibe a la telefonía móvil como una plataforma múltiple, que integra la comunicación, el trabajo y el entretenimiento, poniendo a disposición de nuestros clientes la

más avanzada tecnología en telefonía móvil, con una amplia variedad de teléfonos inteligentes, de paquetes de voz y datos ajustados a sus necesidades”. “En VIVA consideramos que las telecomunicaciones son una herramienta para promover el desarrollo nacional. Por ello, nos hemos propuesto llevar las ventajas de la tecnología a más bolivianos y hacer cada día más accesibles nuestros servicios”.

### **1.3.- CARGOS DESEMPEÑADOS**

Los cargos que se desempeñaron en NuevaTel PCS de Bolivia S.A. fueron los siguientes:

- 1. Técnico en Radio Frecuencia**
- 2. Técnico de Radiobases y Transmisión**
- 3. Ingeniero en Optimización de Red**
- 4. Especialista en Análisis de Red de Acceso**

Las actividades desarrolladas en los distintos cargos fueron las siguientes:

- Simulación y propagación en RF para la validación de nuevos sitios GSM.
- Pruebas de cobertura de una estación base GSM o Clúster (Drive Test).
- Post-Procesamiento de la data colectada en el Drive Test.
- Realizar mantenimiento Preventivo y Correctivo del subsistema BSC, BTS y MW.
- Monitoreo y supervisión de alarmas de la red GSM y transmisión.
- Supervisión, ampliación y puesta en servicio de equipos de transporte SDH y PDH.
- Instalación, Supervisión e integración de nuevos sitios.
- Designación prospección proyecto ERTIC.
- Revisión y Análisis de los KPIs de la red.
- Elaboración y ejecución de planes de frecuencia.
- Evaluación sobre el dimensionamiento y ampliación de capacidades de Red.
- Análisis de reclamos de atención al cliente.
- Analizar y evaluar parámetros para mejorar el performance de la red.
- Encargado de realizar rutas y cronogramas para la realización de Drive Test
- Administración del sistema de datos de BTSs.
- Supervisión de modificaciones físicas en RF.

- Modificación de parámetros en BSC y BTSs.
- Supervisión de la optimización de la red GSM y UMTS.
- Revisión y análisis de alarmas de la red GSM y UMTS.
- Análisis y revisión de odecos en coordinación con atención al cliente.
- Evaluar y supervisar la optimización de sitios nuevos.
- Soporte en el sistema satelital.

#### 1.4.- RELACIONES DE SUBORDINACION Y SUPERORDENACION

En la empresa dentro el área de Operaciones e Ingeniería se tiene el siguiente cuadro de dependencia:

Vicepresidente de Operaciones e Ingeniería CTO	Gerente de O y M Red de Acceso	Jefe de Red de Acceso LP	Especialista en Análisis de Red de Acceso
			Especialista en Análisis de Red de Acceso
			Especialista en Red de Acceso
			Especialista en Red de Acceso
			Especialista en Red de Acceso
			Especialista en Red de Acceso
			Ingeniero en Red de Acceso
		Especialista en Energía y Climatización	
		Jefe de Red de Acceso CBBA	
		Jefe de Red de Acceso SCZ	
		Jefe de Red de Acceso Ciudades Capitales	
		Jefe de Red de Transmisión	
		Gerente de Planificación de Red	
	Gerente de Calidad de Red		
	Gerente de Planta Externa y Logística		
	Gerente de Infraestructura		
	Gerente de O y M de Redes de Núcleo		

**Tabla 1: Relación de dependencia en Nuevatel.**

Se tuvo como subordinados a las empresas quienes prestan servicios como por ejemplo:

- NOKIA SIEMENS NETWORK, Personal de Optimización de Red.
- HUAWEI TECHNOLOGIES, Personal de Optimización de Red.
- HUAWEI TECHNOLOGIES, Personal de Mantenimiento.
- HANSA, Personal de instalación de Fibra Óptica.
- TELFO, Personal de mantenimiento de Fibra Óptica.
- SEITEL, Personal de mantenimiento de estaciones satelitales.
- CONSULTORIAS, Relacionadas con el área.
- Contratistas temporales.

## CAPITULO II

# DESCRIPCION Y MARCO TEORICO DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

---

### 2.1.- INTRODUCCION

El presente trabajo trata sobre el análisis de la parte de radio o RF de un sitio GSM y procedimientos realizados para la optimización en la etapa inicial, al hablar de optimización, nos referimos por ejemplo, a modificar algo que ya está implementado o realizar cambios sobre algún procedimiento que ya está en marcha todo con el fin de mejorar su desempeño.

Se tendrá como referencia manuales, libros y presentaciones hechas por los principales proveedores de los equipos que conforman la red GSM. Se utilizará la estación El Tejar del operador móvil Nuevatel para realizar los análisis y estudios.

### 2.2.- ANTECEDENTES

La CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications) es un foro de estandarización que, en los primeros años 80, incluía a las Administraciones europeas de Correos y Telecomunicaciones de más de 20 países, la CEPT cuya labor consistía en especificar un sistema único de telecomunicaciones para Europa, en 900 MHz

La elaboración del estándar GSM llevó casi una década a continuación indicaremos algunos hitos importantes del proceso.

- 1982, Se crea el "Groupe Spécial Mobile" en la CEPT
- 1986, Se establece un núcleo permanente
- 1987, Se eligen las técnicas básicas de transmisión por radio, basadas en la evaluación de prototipos (1986).
- 1989, El GSM se convierte en un comité técnico de ETSI.
- 1990, Se congelan las especificaciones técnicas fase 1 del GSM900 (escritas entre 1987 y 1990).
- 1991, Funcionan los primeros sistemas (exposición Telecom 1991) Se congelan las especificaciones DCS1800.

- 1992, Los principales operadores GSM900 europeos inician la operación comercial del servicio.
- 1995, GSM fase II, PCS 1900 en USA.
- 1997, GSM fase II+, permite nuevos servicios GSM.

### **2.3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Como operador de Telefonía Celular, se requiere una red de comunicación para los teléfonos móviles, esta red representa una interfaz con la central de conmutación móvil y son las llamadas **RADIO BASES**, por lo cual se implementó una red de Radio Bases distribuida por toda la ciudad, pero el crecimiento constante de abonados y tráfico, obliga al crecimiento y ampliación constante de esta Red, la cual es desarrollada con especial detalle de estudios y planificación, con especial énfasis en el rehusó de frecuencias ya que este aspecto es fundamental para la calidad del servicio.

### **2.4.- JUSTIFICACION**

#### **2.4.1.- JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

Realizar una adecuada optimización de una red GSM nos permite una mejor calidad de transmisión de datos y de voz.

Inmerso a este está el adecuado uso del campo electromagnético asignado.

#### **2.4.2.- JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

El Tener una red fiable de alta calidad es una forma de captación de nuevos usuarios a la red, el cual se traduce en ingresos económicos para la empresa.

### **2.5.- OBJETIVOS**

#### **2.5.1.- OBJETIVO GENERAL**

Establecer una red de telefonía celular estable de alta calidad y fiabilidad.

## 2.5.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICO

La experiencia ha demostrado que el principal problema en la calidad de la red apunta a realizar un adecuado procedimiento de optimización y que sea de forma constante pero la optimización a la salida de un nuevo sitio es la más importante y traumática por lo cual nos enfocaremos en la misma.

## 2.6.- MARCO TEORICO

El caso del presente trabajo, es poder explicar los procesos y análisis realizados en esta primera optimización a la salida o puesta en servicio de un nuevo sitio GSM, para lo cual es necesario antes realizar un marco teórico desde los inicios de dicha red estructural y topológicamente, así como los parámetros técnicos de la interfaz de aire propios de la tecnología como entender desde la planificación, puesta en servicio y su optimización hasta su integración en forma optima a la red,

### 2.6.1.- REDES CELULARES Y EL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

La telefonía móvil es un servicio público de telecomunicaciones basado en el uso del espectro radioeléctrico como medio de acceso a una red, el cual permite a los usuarios o abonados la capacidad de comunicarse con movilidad, este servicio se da a través de redes celulares.

A continuación en la figura 1 podemos observar cómo está dividido dicho espectro en forma general:

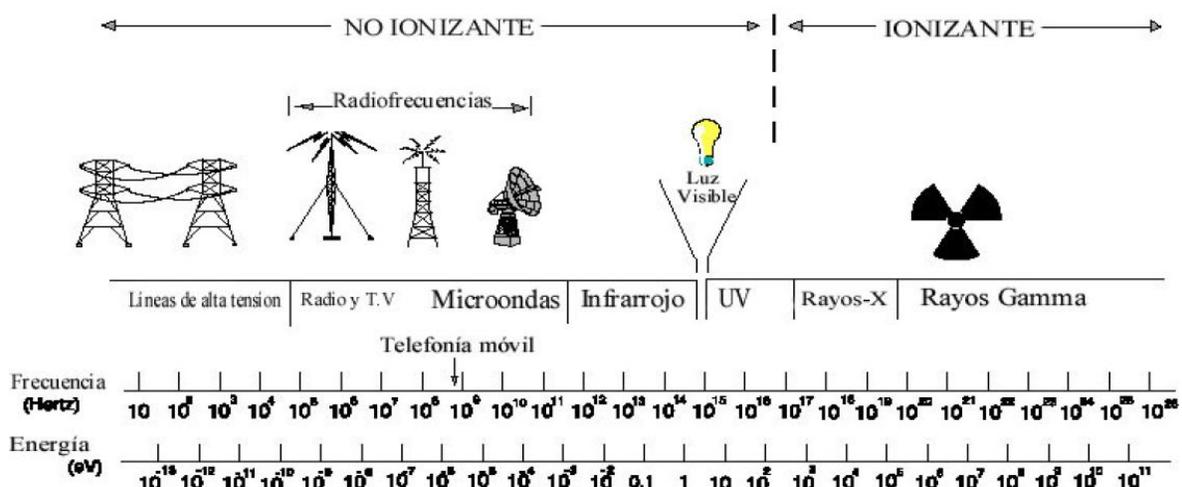
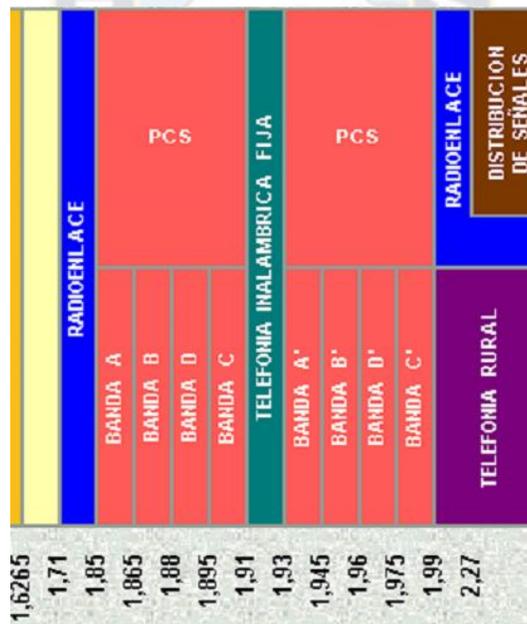


Figura 1: Espectro Radioeléctrico

La telefonía celular está formada básicamente por dos partes: la red celular y los terminales o celulares que son los que acceden a esta red en forma inalámbrica. Una de las partes importantes que conforma la red celular es el alcance o área de cobertura el cual dependerá de la cantidad de Estaciones Base y su distribución geográfica así como la configuración de esta, las Estaciones Base proporcionan la interfaz de aire necesaria para la comunicación hacia o desde el móvil. La palabra “celular” proviene precisamente de la distribución geográfica de estas estaciones bases como celdas imaginarias (hexágonos).

El espectro radioeléctrico es un recurso natural formado por ondas electromagnéticas y pertenece al patrimonio de la Nación. En Bolivia, la ATT es la Autoridad de Telecomunicaciones y Transporte la encargada de su gestión, administración y control.

Actualmente en Bolivia la banda PCS se encuentra asignada para dos empresas de telecomunicaciones, Nuevatel la banda “A” y Entel la banda “B” como podrán ver en el siguiente grafico:



**Figura 2: Asignación de la Banda PCS en Bolivia.**

El espectro que utilizamos para la comunicación celular es limitado y por ello, el diseño del plan de frecuencias a utilizar por las estaciones base debe ser elaborado con mucho análisis y cuidado de tal manera que se asegure máxima capacidad con alta calidad.

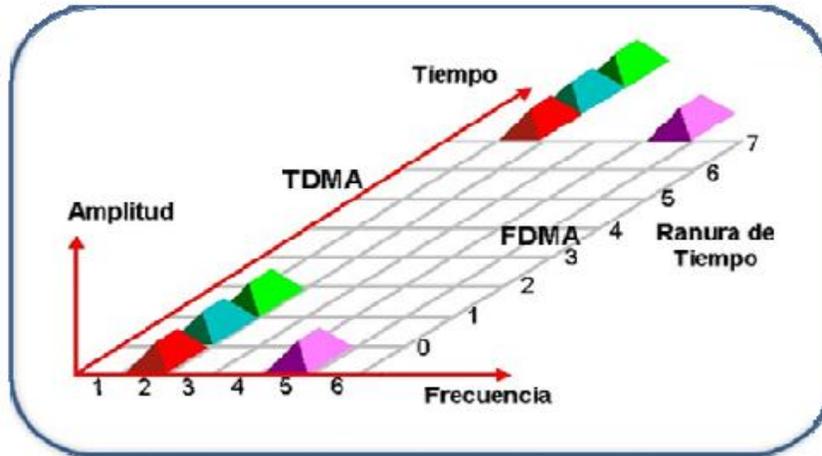
Ahora, el sistema de transmisión de la interface de aire en telefonía celular es clasificado como Full-Dúplex, el cual permite la transmisión y recepción de radio simultánea entre un usuario y la estación base (se llama también duplexaje). El duplexaje se hace usando técnicas de dominio de frecuencia (Frequency Division Duplex - FDD) o técnicas de dominio de tiempo (Time Division Duplex – TDD). En la mayoría de los sistemas celulares es usado el FDD por lo que nos enfocaremos en este.

Para realizar el duplexaje en FDD se necesitan dos canales de frecuencia debidamente separadas, uno de subida (uplink) que lleva el tráfico del móvil a la estación base, y uno de bajada (downlink) que lleva el tráfico de la estación base al móvil. En la figura 3 se observa gráficamente cómo funciona el duplexaje en FDD:



**Figura 3: Duplexaje FDD para una comunicación celular**

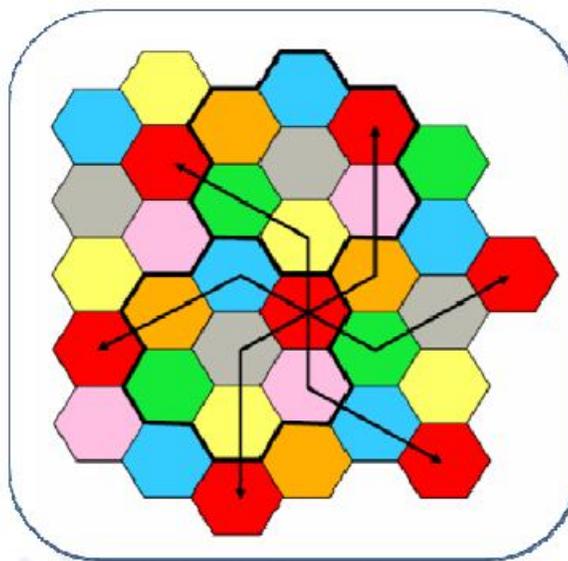
Para que muchos usuarios puedan comunicarse a la vez se usa una técnica de acceso múltiple. Este es TDMA (Time Division Multiple Access). Lo que hace el TDMA es dividir un único canal de frecuencia en slots de tiempo. En el caso de GSM, cada canal se divide en 8 time slots. Esto permite que más usuarios puedan comunicarse usando la misma cantidad de recurso (espectro). En la figura 4 se presenta una imagen del funcionamiento del TDMA:



**Figura 4: TDMA – Timeslots en cada canal de frecuencia**

Para lograr esto, y de acuerdo a un plan diseñado con las frecuencias disponibles del espectro, a cada estación base, también llamada celda, se le asigna un número fijo de dichas frecuencias o canales (grupo), para dar servicio a cierta cantidad de usuarios. Un “clúster” está formado por un conjunto de celdas que pueden contener todos los grupos de frecuencias del plan diseñado sin repetirse.

Finalmente, con una correcta distribución de estos grupos de frecuencias dentro un clúster, el reusó de los mismos en clusters adyacentes se hace posible incrementando así indefinidamente la cobertura con un espectro limitado.



**Figura 5: Clúster formado por 7 celdas**

En la figura anterior se diferencian por colores los grupos de frecuencias. Podemos observar que dichos grupos de frecuencias o canales se rehúsan a una distancia clara para evitar la interferencia co-canal.

La banda celular de PCS 1900MHz como dijimos anteriormente está dividida en 2 sub-bandas “A” y “B”, el Operador Nuevatel tiene asignada la banda “A”, a continuación se muestra una tabla que describe la distribución y uso actual por parte del operador móvil de los canales de frecuencias de la banda A.

<i>CH (ARFCN)</i>	512 .....	586
<i>Freq. DOWNLINK</i>	1930.2 MHz .....	1945 MHz
<i>Freq. UPLINK</i>	1850.2 MHz .....	1865 MHz

**Tabla 2: Banda A (1900MHz) asignada al operador Nuevatel.**

A continuación se muestra una tabla con el uso más detallado el cual se encuentra organizado en subbandas de la banda principal asignada al operador de Nuevatel.

CARACTERISTICAS	GUARDA	WCDMA (3G)			GUARDA	TCH (2G)			GUARDA	BCCH (2G)			GUARDA
		INICIAL	...	FINAL		INICIAL	...	FINAL		INICIAL	...	FINAL	
CH (ARFCN)	512	513	...	533	534	535	...	561	562	563	...	585	586
Freq. DOWNLINK	1930.2 MHz	1930.4 MHz	...	1934.4 MHz	1934.6 MHz	1934.8 MHz	...	1940 MHz	1940.2 MHz	1940.4 MHz	...	1944.8 MHz	1945 MHz
Freq. UPLINK	1850.2 MHz	1850.4 MHz	...	1854.4 MHz	1854.6 MHz	1854.8 MHz	...	1860 MHz	1860.2 MHz	1860.4 MHz	...	1864.8 MHz	1865 MHz

**Tabla 3: Distribución del Espectro asignado a Nuevatel.**

De la tablas 1 y 2, el término “ARFCN” significa Absolute Radio Frequency Channel Number. Dicho término es utilizado para “enumerar” los canales de frecuencia. Cada ARFCN denota un par de canales (uplink y downlink) separados por 80 MHz, Cada canal (frecuencia central) está separado de su adyacente en 200KHz.

Dentro del actual plan de frecuencias que viene usando el operador Nuevatel en su red, se distinguen (de la tabla anterior) dos tipos de canales: BCCH y TCH los cuales detallaremos a continuación.

Un canal BCCH (Broadcast Control Channel) es aquel que contiene la información de señalización necesaria para que un móvil entienda que se encuentra en una red GSM (información del sistema, identificador de la celda, configuración del canal, frecuencias de la celda, paging de terminación, entre otras). Esta información de señalización sólo se encuentra en el primer “time slot” de los ocho que posee cada canal en GSM. Los siete restantes pueden ser usados para tráfico de voz o datos. Por lo tanto este canal es el más importante en el

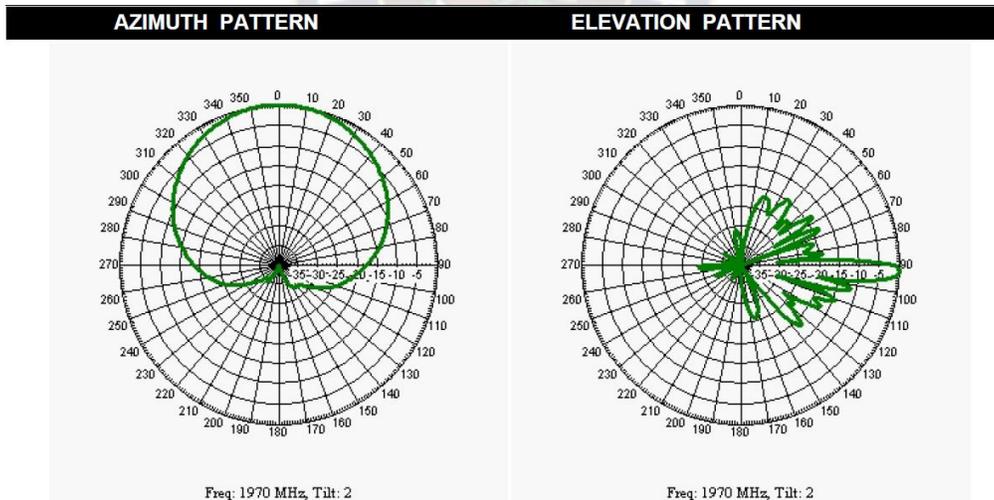
rehusó de frecuencias, existen según el plan de la operadora 23 canales BCCH los cuales deben ser asignados necesariamente a cada sector de una celda GSM.

Por otro lado, dentro del plan de frecuencias se encuentran los canales denominados TCH (Traffic Channel), conocido también como Canal de Voz, es el encargado de conducir el tráfico (voz y datos) entre la estación base y el portátil cuando se está en un proceso de llamada.

### 2.6.2.- PROPAGACION DE RF

La eficacia de una red celular depende directamente de una correcta configuración y adaptación de sistemas radiantes, especialmente sus antenas para la interface de aire (RF), La Antena es aquel dispositivo que permite la recepción y el envío de ondas electromagnéticas hacia un espacio libre.

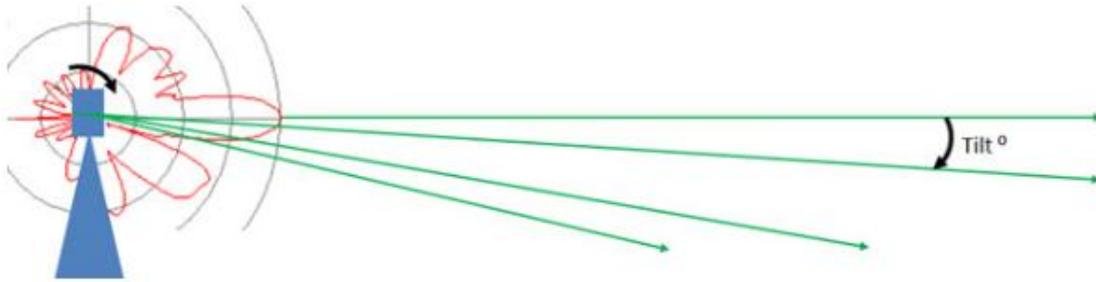
En la figura 6 podemos observar como ejemplo la forma de radiación o propagación de una antena panel usado en la red GSM de la marca ANDREW modelo 932DG65T2E-M con apertura de 65 grados, 2 grados de tilt eléctrico y 18 dbi de ganancia:



**Figura 6: Diagrama de Radiación de una antena de RF.**

Una de los principales procesos de optimización del sistema se basa en el ajuste correcto de la báscula o pendiente de la antena con relación a un eje. Esta báscula es más conocida con el nombre de “Downtilt Kit”, el cual nos permite dirigir la irradiación hacia abajo o arriba, concentrando la energía en una nueva dirección que se desee.

Cuando la antena está inclinada hacia abajo, lo llamamos 'downtilt', que es el uso más común. Si la inclinación es hacia arriba (casos muy raros y extremos) lo llamamos 'uptilt'. Ahora, podemos hablar específicamente acerca de tilt que representa la inclinación, o ángulo da antena en relación con el eje, la cual es usada para el control de propagación sobre una determinada zona y no causar problemas con celdas vecinas como la interferencia debido al rehusó de frecuencias.

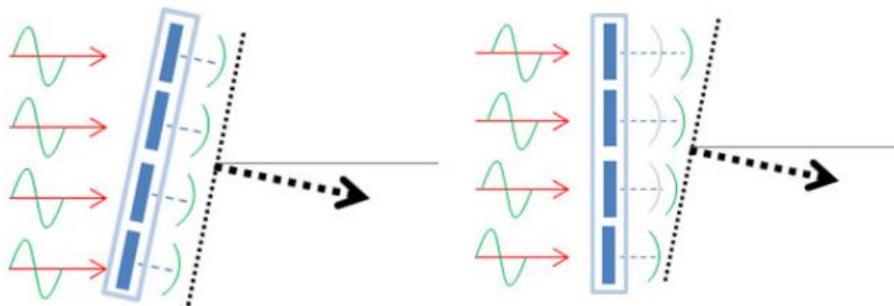


**Figura 7: Representación del tilt.**

Hay dos tipos de tilt (que pueden aplicarse juntos): El tilt eléctrico y el tilt mecánico.

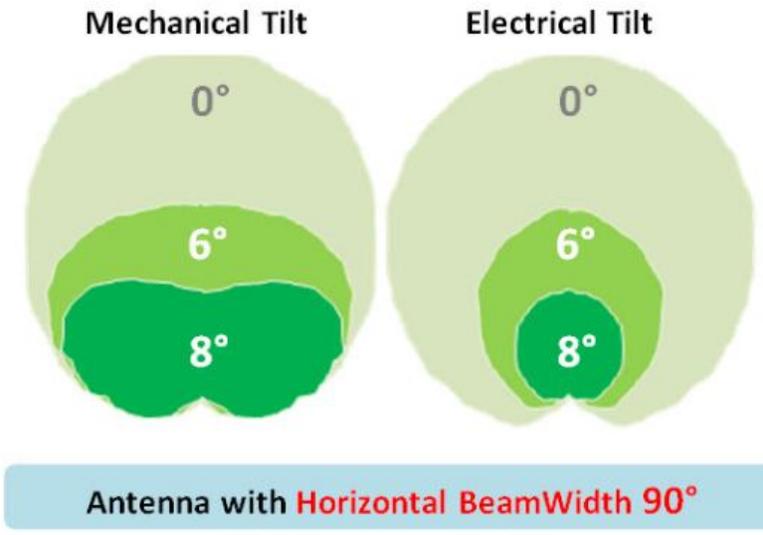
El tilt mecánico es muy fácil ser entendido, es la inclinación de la antena, a través de accesorios específicos (Downtilt Kit), sin cambiar la fase de la señal de entrada, el cual nos sirve para controlar la propagación de la señal similar a la figura 9.

En el caso de tilt eléctrico, es la modificación del diagrama de propagación el cual se obtiene de la modificación de las características de la fase de señal de cada elemento de la antena o dipolos.



**Figura 8: Tilt Mecánico y Eléctrico.**

Estos movimientos tanto mecánicos como eléctricos como dijimos nos ayudan a controlar la propagación de la señal, en los diagramas siguientes podemos observar cómo resulta el diagrama de irradiación Horizontal a una antena con apertura de 90 grados.

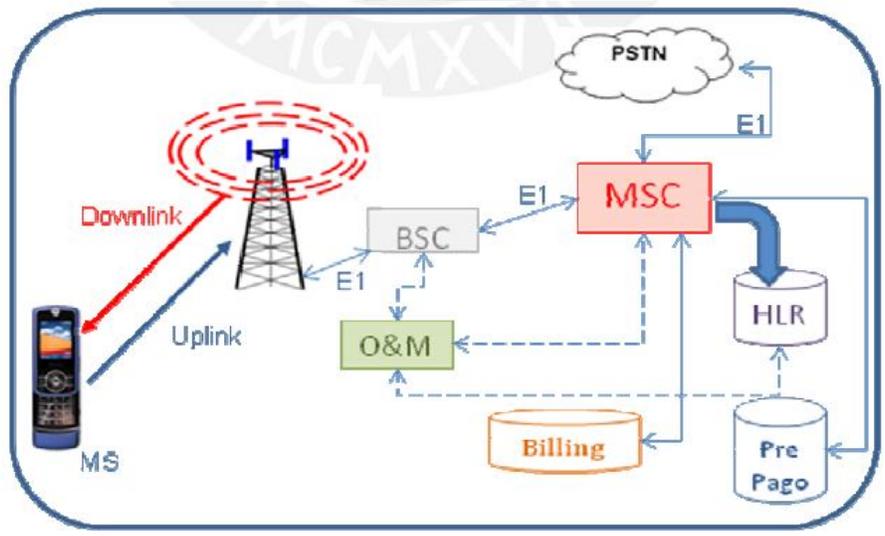


*Figura 9: Propagación con tilt mecánico y eléctrico.*

**2.6.3.- ESTRUCTURA Y TOPOLOGIA DE UNA RED GSM**

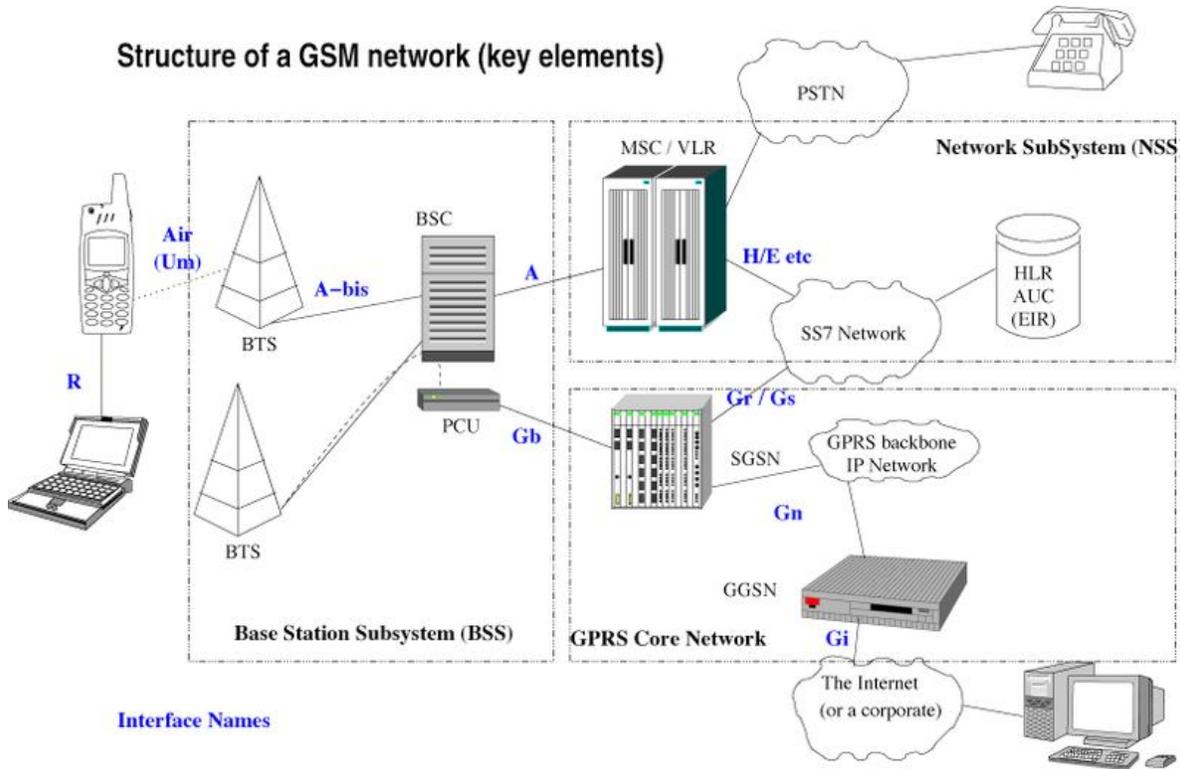
GSM (Global System Mobile Communications) es una tecnología creada en Europa y que en la actualidad abarca el 80% de suscriptores móviles del mundo.

Ahora, entrando directamente a lo que es la estructura de la red GSM en sí, es de real importancia mencionar las diferentes partes de ella. A continuación mostraremos en la figura 10 y 11 imágenes de la estructura de una red GSM y luego se explicarán debidamente sus partes:



**Figura 10: Estructura de una red GSM**

Otra manera de ver la red GSM y tomando en cuenta la interface entre sus elementos de red la podemos observar en la figura 11:



**Figura 11: Interfaces de una red GSM**

Ahora se explicará cada parte de la red:

- MS (Mobile Station):** Celular o Estación Móvil. Es el equipo físico utilizado por el usuario de GSM. Se identifica por su IMEI (International Mobile Equipment Identity – Identificación internacional del equipo móvil). Proporciona la plataforma física pero no funciona con la red hasta que se personaliza mediante la inserción de una SIM (Subscriber Identity Module – Módulo de identificador del suscriptor). La SIM contiene parámetros que identifican al abonado en la red, algoritmos de autenticación para acceder al terminal como el PIN y el PUK (Personal Identification Number – Número de Identificación Personal, Personal Unblocking Key – Llave de desbloqueo personal). Contiene a su vez información del usuario como la agenda, SMS recibidos y enviados, servicios GSM, etc.

- **BTS (Base Transceiver Station):** Estación radio base de transmisión y recepción. Están constituidas por equipos transmisores y receptores de radio como elementos de conexión al sistema radiante, las antenas, instalaciones y accesorios como torres, pararrayos, sistemas a tierra, sistemas de ventilación, grupo electrógeno o baterías de reserva. Normalmente están ubicadas en lugares donde no hay mantenimiento, por lo que sus equipos deben ser sencillos, fiables, duraderos y de coste moderado.
- **BSC (Base Station Controller):** Controlador de radio base. Este es el elemento que se encarga de la gestión de varias BTS es lo relativo a recursos de radio: asignación, utilización y liberación de las frecuencias, ciertos tipos de trasposos, control de potencia, entre otros. También puede realizar ciertas funciones de conmutación. Se interacciona con él a través del OMC para labores de operación y mantenimiento. También recoge todo tipo de estadísticas y alarmas tanto de su propio funcionamiento como de las BTS que controla para detectar posibles problemas en la red de radio. Sirve como interfaz entre la BTS y el MSC.
- **BSS (Base Station Subsystem):** Sistema conformado por BSCs y varias BTSs.
- **MSC (Mobile Switch Center):** Centro de Conmutación Móvil. Es en esencia, una central telefónica que realiza las funciones de encaminamiento y conmutación de llamadas. Además, proporciona las funciones adicionales necesarias para sustentar la movilidad y organizar la asignación de los recursos radioeléctricos y realizar los trasposos de llamadas entre BTS controladas por distintas MSCs.
- **HLR (Home Location Register):** Registro de Ubicación Local. Es una base de datos donde están inscritos todos los clientes del operador que se utiliza para la gestión de los abonados móviles. El HLR contiene toda la información administrativa de cada abonado (parámetros de identificación, servicios contratados, limitaciones de servicio) junto con los datos de localización del mismo; información como: direcciones del VLR y del MSC e identidad temporal de la Móvil).
- **VLR (Visitor Location Register):** Registro de ubicación de visitantes. Base de datos, asociada a un MSC, donde se almacena información dinámica (temporal) sobre los usuarios transeúntes en el área geográfica cubierta por la MSC. Cuando un Móvil entra en una zona de MSC, éste lo notifica al VLR asociado. El Móvil recibe una dirección de visitante que sirve para encaminar las llamadas destinadas a ese móvil. El

VLR contiene otros datos necesarios para el tratamiento de las llamadas desde/hacia el móvil como los datos de los servicios contratados por el usuario, identificación completa del cliente, estado del terminal (apagado, registrado), restricciones, etc.

- **AUC (Authetication Center):** Centro de Autenticación. Base de datos en donde se guardan las identidades IMSI de los clientes junto con la clave secreta de identificación de cada usuario, el cual tiene almacenada en la tarjeta SIM de su teléfono móvil una copia . El AuC está asociado al HLR y proporciona la información necesaria para la validación de los usuarios por parte de la red.
- **EIR (Equipment Identification Register):** Registro de identidad de equipos. Base de datos que contiene las identidades de los equipos móviles, IMEI (International Mobile Equipment Identity). El IMEI permite identificar cada terminal internacionalmente de forma unívoca. Incluye, junto a otra información, el código del fabricante y el número de serie del equipo. También se almacena en la memoria del terminal. Cuando un MS trata de realizar una llamada, el MSC consulta al EIR la validez del IMEI de ese equipo. Contiene tres tipos de listas:
  - Lista blanca: terminales autorizados para el acceso a la red.
  - Lista gris: terminales en observación (fallos, irregularidades).
  - Lista negra: terminales que tienen prohibido el acceso a la red (por ejemplo por haber sido robados).
- **OMC o O&M:** Centro de Operación y mantenimiento. Desde él se realizan y supervisan las funciones de control y gestión de la red de carácter técnico y/o administrativo.
- **NMC (Network Manager Center):** Centro de Administración de la red.
- **Billing System:** Sistema de facturación.
- **Prepaid System:** Sistema Prepago. Modalidad de contratación en la que el cliente desembolsa una cierta cantidad (saldo) antes de acceder a los servicios de la red. Además de esto, existen otras plataformas en la red que brindan servicios de valor añadido:
- **WAP (Wireless Application Protocol):** Este servicio te permite navegar con tu celular en noticias internacionales y locales, finanzas, deportes, entretenimiento y mucho más.

#### **2.6.4.- SIGNIFICADO DE OPTIMIZACION EN COMUNICACIONES MOVILES**

Primeramente tenemos que dejar en claro el significado de “optimizar”, el cual significa mejorar algo que ya existe y está funcionando.

En comunicaciones móviles la optimización lleva a mejorar la calidad de la red. Hay dos puntos de vista para mejorar u optimizar la red:

- Desde el punto de vista de los suscriptores o clientes: Se hacen pruebas diversas y al notar vulnerabilidades en diferentes zonas se realizan diversos cambios para eliminarlos. También se toman en cuenta reclamos que se reciban de los clientes para verificar la zona y realizar los cambios respectivos.
- Desde el punto de vista del propio operador: Muchas veces el operador (sus trabajadores) realizan cambios en los parámetros de la red porque se dan cuenta que de esa manera el funcionamiento va a ser mejor. También se pueden hacer cambios que hagan que los recursos sean mejor explotados.

#### **2.6.5.- EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE LA RED**

La red está en un constante cambio por lo cual se debe detectar los problemas inherentes a estas modificaciones, y si es posible, predecirlos antes de que los clientes realicen reclamos. Para esto se revisan diariamente los contadores, se realizan periódicamente pruebas de campo y se verifican alarmas que se generan cuando hay algún problema en alguna parte o elemento de red, como por ejemplo alguna tarjeta, trx, bts, etc.

##### **2.6.5.1.- INDICADORES DE RENDIMIENTO (KPI)**

Los KPI (Key Performance Indicators) describen el performance de la red, definir y seguir estos indicadores que traduzcan los objetivos estratégicos da Empresa, apuntando la dirección en el corto, medio y largo plazo, estos indicadores son como ejemplo Drop Call Rate DCR (tasa de caída de llamadas), el Tráfico y la Congestión. Los KPI se obtienen del sistema a través de contadores y medidores de performance (PMS – Performance Measurement System). El análisis de estos resultados nos ayuda a detectar y mejorar, por ejemplo, problemas de diseño y configuración e identificar las zonas afectadas.

La data se obtiene del Controlador (BSC) los cuales son obtenidos en intervalos de 60 minutos dependiendo de la configuración. Estos pueden ser visualizados por unidad de red como por ejemplo MSC, BSC, BTS, TRX, normalmente se verifica a nivel de celda, ya que si lo vemos por regiones es posible que no notemos si hay alguna falla al promediar por la cantidad de BTS.

Se tiene como datos el nombre de la celda y cuántos radios o TRX se tienen por celda, y más específicamente, por sector. Para analizar el performance de una celda se tienen los siguientes KPI's:

- Número de Canales TCH.
- Tráfico TCH en Erlang.
- Porcentaje de Congestión de Tráfico TCH.
- Porcentaje de Disponibilidad de Canales TCH.
- Número de Drop Calls (Caída de llamadas).
- Porcentaje de Tasa de Caída de Llamadas (TCH Drop Call Rate).
- Número de Canales SDCCH.
- Porcentaje de Congestión SDCCH.
- Tráfico SDCCH en Erlang.
- Porcentaje de Disponibilidad de SDCCH.
- Porcentaje de Tasa de Caídas SDCCH (SDCCH Drop Rate).
- Porcentaje de Tasa de Handovers Exitosos (Handover Success Rate).
- Calidad Promedio en el Downlink.
- Calidad Promedio en el Uplink.

En los KPI's negativos como Drop Calls o Congestión se debe mantener que la incidencia no sea mayor al 2% (en el peor de los casos un 4%). Cuando vemos en una celda un valor por ejemplo del 10% o más es que efectivamente hay un problema, como por ejemplo en el caso de los drop calls alguna interferencia por algún cambio de BCCH recientemente realizado, o en el caso de problemas de congestión, algún problema de funcionamiento con alguna TRX o tal vez tráfico excesivo por algún evento especial en la zona de cobertura, entre otros motivos.

Si se habla de los KPI's positivos como los Handover exitosos o Calidad se debe mantener mayor al 98% y como límite 95%.

#### **2.6.6.- DRIVE TEST**

El drive test es un prueba de campo realizada en una determinada zona o clúster en forma periódica o donde se han generado varios reclamos, con el fin de monitoreo, solución de fallas, revisión de pérdida de cobertura, determinar zonas negras de baja cobertura con el fin de velar el correcto funcionamiento de la red.

Para entender este proceso explicaremos inicialmente las partes que comprenden esta herramienta:

##### **2.6.6.1.- SOFTWARE AGILENT:**

El sistema Agilent E6474A es un sistema modular esencialmente consta de los siguientes componentes:

- Licencia generalmente para puerto USB.
- CD de instalación del software.
- Documentación y manuales sobre el software y la licencia.

Adicional se encuentra el equipamiento externo dependiendo de la habilitación de la licencia, para NUEVATEL se tiene la disponibilidad de las siguientes licencias.

- Medidas GPRS y EDGE.
- Múltiples teléfonos.
- GPS.
- Mapas Indoor.
- ESCANER GSM 1900 MHz.

##### **2.6.6.2.- COMPUTADORA PARA DRIVE TEST:**

Para arrancar el software se tiene el siguiente Requerimiento para la PC en Hardware y software:

- 600 MHz Pentium III o superior
- 256 MB de RAM o más
- 2 puertos USB

- 1 puerto RS-232 puerto serie DB9
- 2 ranuras PCMCIA
- 10 Gigabyte de disco duro o superior
- 1024 x 768 resoluciones de pantalla.

#### **2.6.6.3.- EQUIPO CELULAR:**

El Equipo o teléfono celular usado para las pruebas es el Nokia 6230, móvil lanzado en el primer trimestre de 2004, cuenta con una pantalla de 16-bit color TFT con una resolución de 128 × 128 píxeles, También es EGPRS (EDGE), capaz de velocidades de hasta 220 kbit / s. Utiliza una Capacidad Li-Ion de 850 mAh. El 6230 acepta tarjetas de memoria MMC de hasta 4 GB. Funciona en ambos MHz GSM 900/1800/1900 (Nokia 6230 RH-12), o GSM 850/1800/1900 MHz (Nokia 6230b RH-28) para el mercado norteamericano.

#### **2.6.6.4.- GPS:**

EL receptor usado forma parte de la gama X-treme de GARMIN que se caracteriza por disponer de una ranura de expansión de memoria microSD, el cual tiene las siguientes características:

- SiRF Star III, chipset de alta sensibilidad que soporta WAAS/EGNOS.
- Antena integrada de gran capacidad, tipo cuadrifilar helicoidal, con opción de antena externa tipo MCX.
- Con altímetro barométrico y compás electrónico.
- Diseño de gran robustez (cumple la norma de estanqueidad IPX7).
- Gran display de color TFT de 256 colores (160 x 240 pixels).
- Ranura de expansión microSD que te permite descargar la información a máximo detalle de callejeros y puntos de interés del City Navigator para navegación terrestre y/o BlueChart para navegación marítima (ambos opcionales). Con esta cartografía detallada opcional, el receptor se convierte en navegador GPS, pudiendo generar rutas puerta a puerta aportando instrucciones de giro (visuales), haciéndolo ideal para vehículos.

#### **2.6.6.5.- PROCEDIMIENTO DE LA PUESTA EN MARCHA.**

Una vez descritas las unidades que comprende nuestra herramienta podemos enfocarnos al trabajo que se realiza con esta.

La red se divide en zonas o clúster por los cuales se programan los recorridos estas pruebas se hacen con este equipo (DRIVE TEST).

Para poder iniciar el drive test los equipos descritos debe conectarse y configurarse de la siguiente manera:

Se conecta la antena al scanner. Tanto el scanner, los celulares y el GPS se conectan a la laptop. Se enciende todo y luego se inicia el programa el cual es activado generalmente con una llave física. Se deben configurar los puertos donde están conectados el scanner y los terminales. Una vez todo esté listo se inicia el recorrido del drive test.



*Figura 12: Equipo para Drive Test Agilent.*

En el software Agilent se programa uno de los terminales para realiza llamadas largas y el otro terminal para llamadas cortas. Las llamadas largas se suponen no deben colgarse intencionalmente, y las llamadas cortas duran 30 segundos cada una, con 20 segundos de intervalo. Así se pueden verificar todos los eventos que pueden ocurrir durante el recorrido. Lo mencionado anteriormente depende del análisis que se quiera realizar pero esta configuración es la más común.

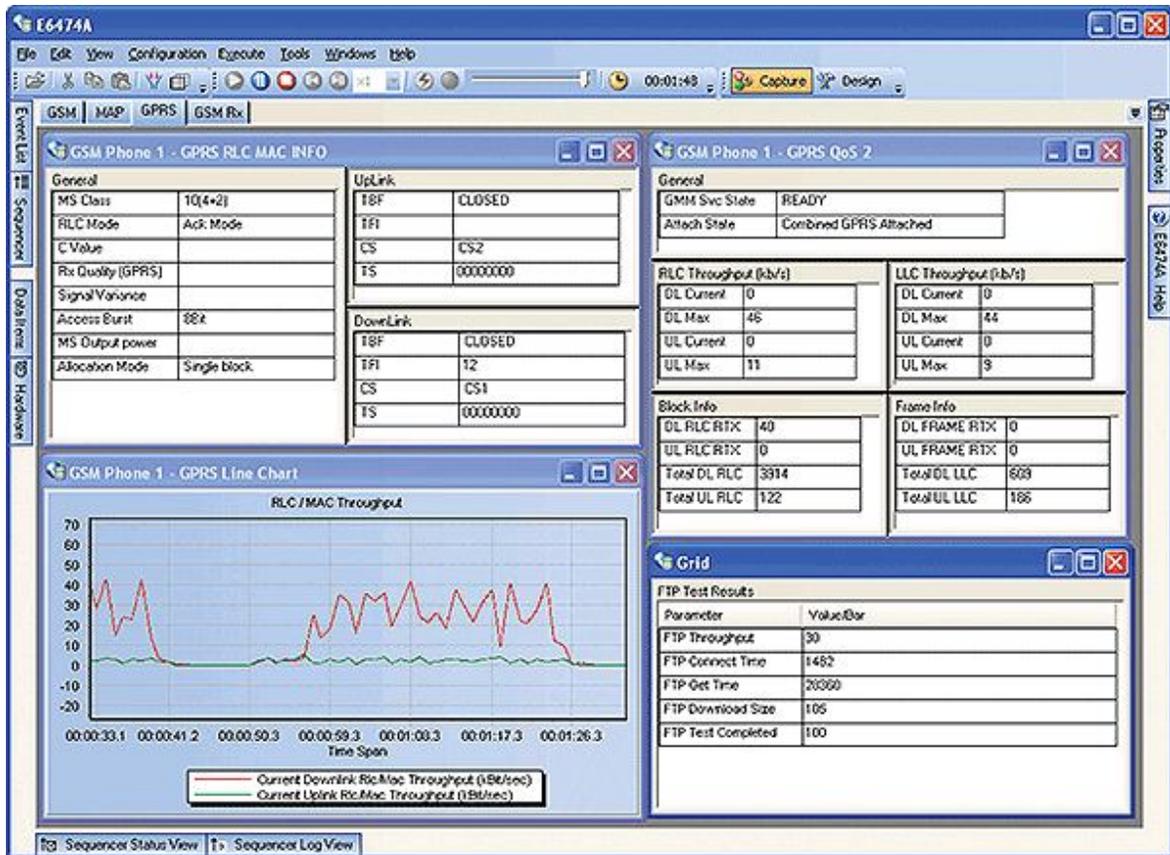
Estos recorridos se realizan dentro de un vehículo correctamente equipado para soportar todos estos componentes, el equipo recopila los datos como nivel de señal, calidad, Handover, etc. Estos datos son guardados junto a las coordenadas del GPS en un log.

Luego de haber realizado todo el recorrido el archivo almacenado (Log), es procesado y visualizado dentro un mapa, también puede ser reproducido para su respectivo análisis con el fin de corregir los errores que se observan en la red.

Al realizar el análisis se deben tener los datos de la zona a la mano como: frecuencias, vecindades, cobertura, entre otros. Así, de acuerdo a un resultado esperado, se analizan los eventos ocurridos.

Los puntos críticos que pueden ser capturados en el recorrido de Drive Test son los siguientes:

- Fallas de acceso.
- Caídas de llamadas (Dropped Calls).
- Llamadas bloqueadas (Blocked Calls): Que la BTS ya no tiene recursos para servir a esa llamada.
- Handover fallidos.
- Handover Realizados.
- Lugares cobertura es diferente a la esperada.
- Áreas con baja calidad (bajo RXQUAL): Esto puede suceder por interferencia co-canal o adyacente.
- Áreas con baja intensidad de señal (bajo RXLEV).
- Zonas donde están sirviendo las celdas distantes en vez de las cercanas.
- Vecindades que faltantes.
- Vecindades no necesarias para eliminarse.
- Áreas donde no haya un servidor dominante, lo que ocasiona el efecto Ping-Pong (realiza HO constantemente).
- Lugares donde no se pudo establecer llamadas.
- Interferencia de otro operador.
- Velocidad de transmisión de datos GPRS.



*Figura 13: Captura de Pantalla de la Herramienta Agilent.*

## CAPITULO III

### CASO DE ESTUDIO Y ANALISIS

---

#### 3.1.- ANALISIS NUEVO SITIO

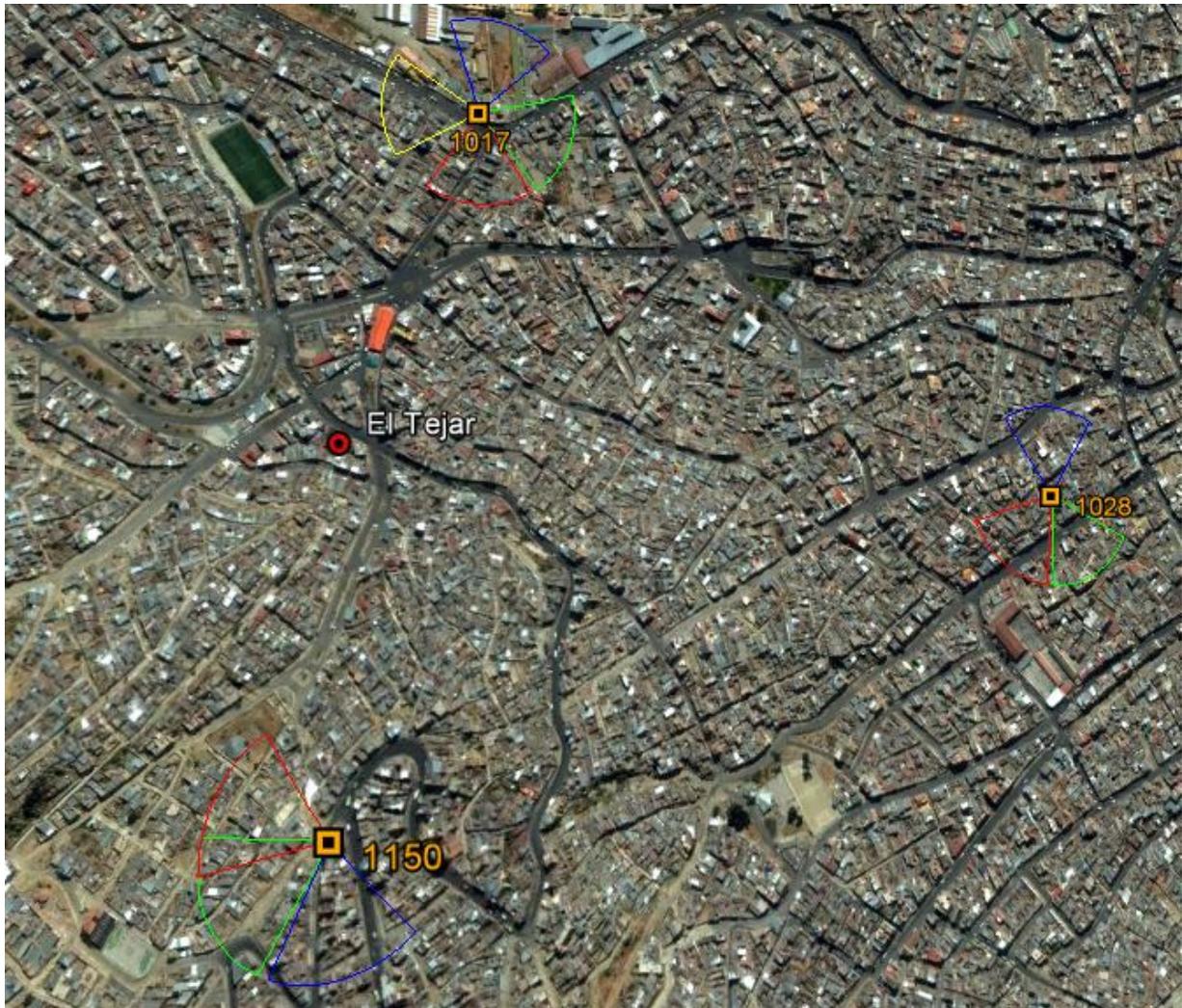
Para colocar una nueva BTS se toma la decisión en base a las siguientes tareas:

- Analizando las estadísticas de las BTS's (KPIs) como: congestión, bloqueo en TCH, bloqueo en SDCCH.
- Por reclamos realizados por usuarios de la red.
- Revisión de los Drive Test periódicos.
- Solicitudes del área comercial.

Una vez se tiene la zona de atención se realiza un polígono de búsqueda del nuevo sitio, al tener los candidatos estos son revisados y validados por el departamento de Legal de acuerdo a requerimientos específicos, una vez pasada esta fase los candidatos son evaluados por el departamento de Planificación quienes validan el sitio con simulaciones y se selecciona el que mejor cumple con los requerimientos de RF, terminando esta etapa se pasa a la construcción del sitio de acuerdo a la planificación requerida.

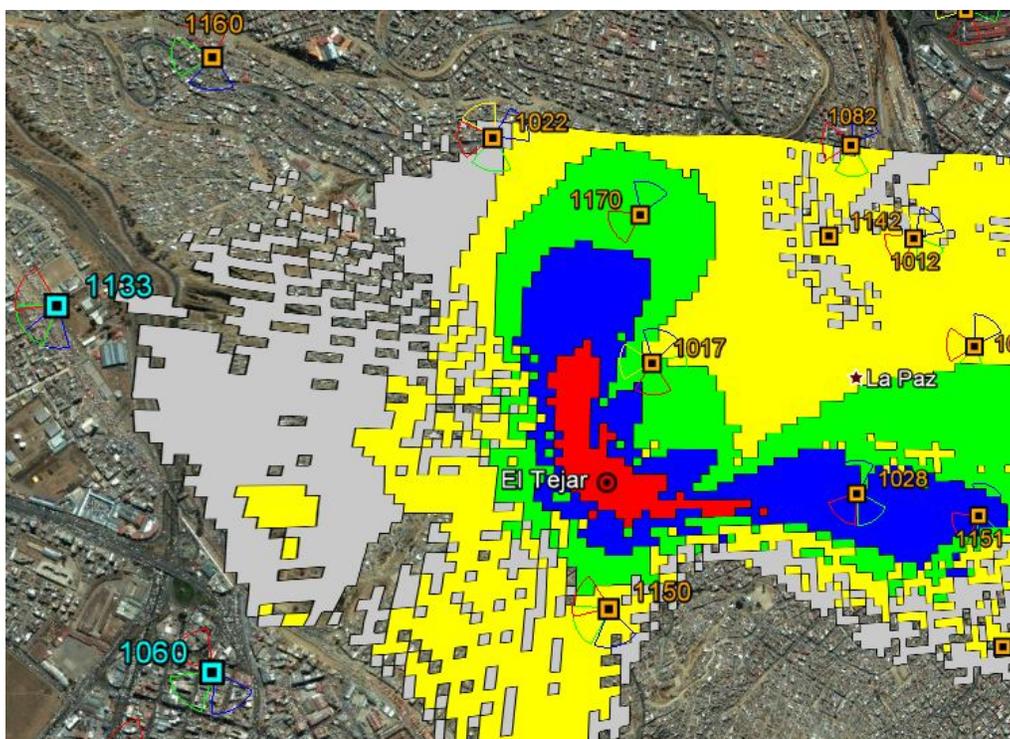
Esta nueva estación a instalar es EL TEJAR que se encuentra en la zona del mismo nombre empezando la avenida 9 de Abril, esta zona estaba cubierta parcialmente por las estaciones Entre Ríos, Kollasuyo y 9 de Abril.

En la siguiente figura podemos observar el área donde se ubicara la nueva estación junto a las estaciones vecinas, el punto rojo representa la ubicación del nuevo sitio y los puntos naranja los sitios actuales en la zona con su respectiva sectorización.



*Figura 14: Imagen de la Zona del Nuevo sitio “El Tejar”*

A continuación podemos ver sobre la ubicación del nuevo sitio la simulación de cobertura realizada por el Departamento de Planificación para la validación de su instalación y datos iniciales de RF del nuevo sitio, cada color representa un rango de niveles de potencia.



**Figura 15: Simulación de cobertura “El Tejar”**

La cobertura de una celda depende del nivel de señal en el exterior, a mayor nivel, mayor cobertura, así mismo, para estimar su alcance es necesario determinar dicho parámetro.

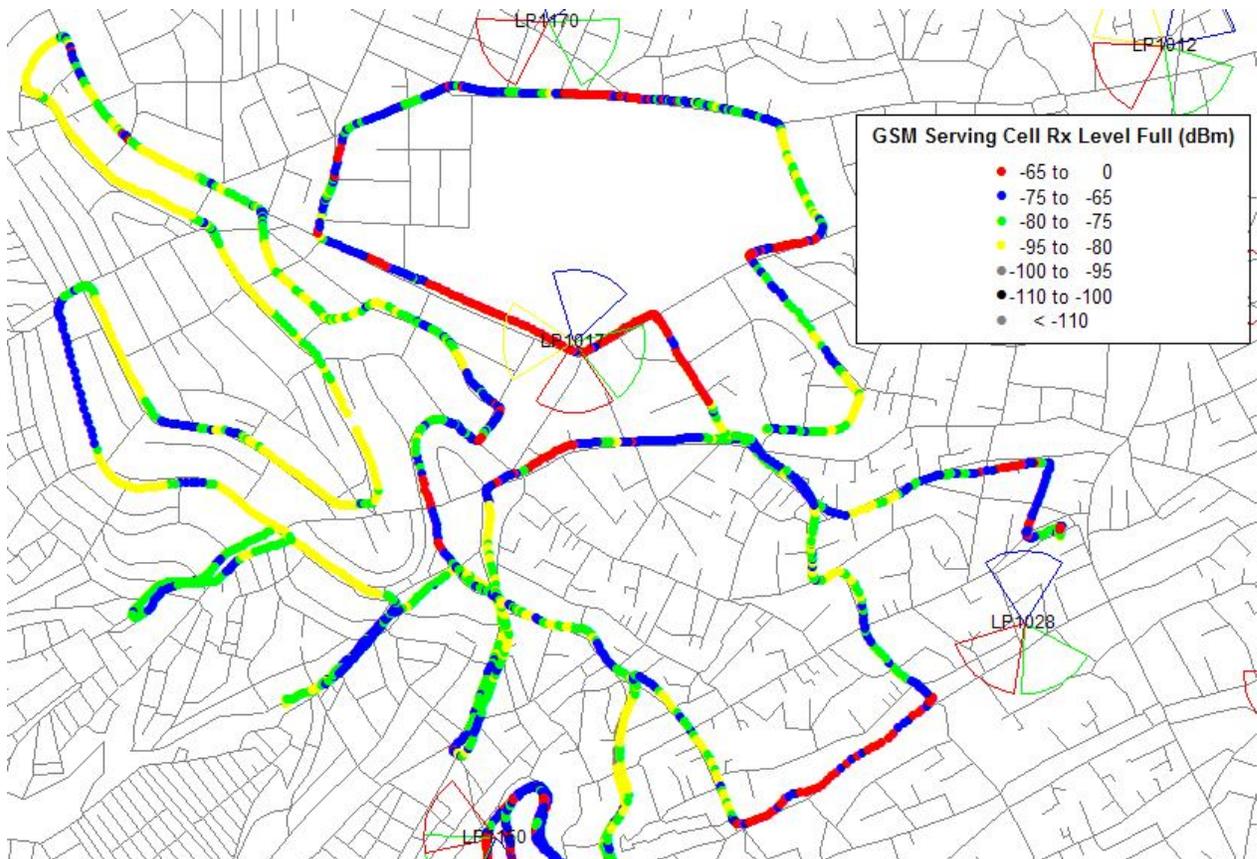
La intensidad de señal se expresa en dBm y su valor es negativo, al ser un valor negativo, entre más se acerca a 0, la intensidad es mayor (por ej.: -60 dBm es superior a -65 dBm).

Se realiza la revisión de la zona en base a los recorridos de Drive Test periódicos realizados en cada clúster, definiendo colores para un rango de niveles en recepción de acuerdo a la tabla siguiente:

GSM		COMENTARIOS
	<b>RX Level (dbm)</b>	
	( $\geq -65$ )	Nivel muy bueno
	( $\geq -75$ y $< -65$ )	Nivel bueno
	( $\geq -80$ y $< -75$ )	Nivel aceptable para cobertura Indoor
	( $\geq -95$ y $< -80$ )	Nivel solo cobertura outdoor
	( $\geq -100$ y $< -95$ )	Nivel Malo
	( $< -100$ )	Sin Cobertura

**Tabla 4: Representación en colores de Nivel de Señal.**

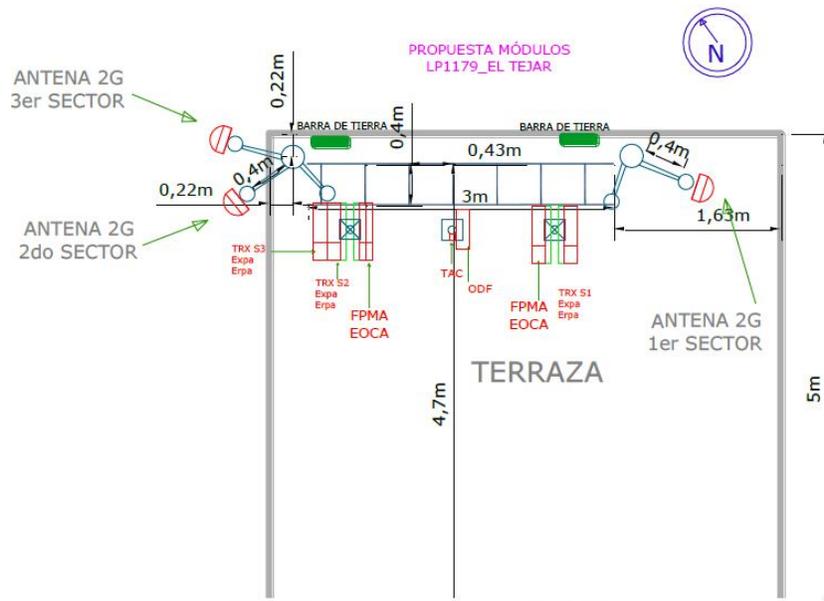
En el grafico 16 sobre el recorrido realizado en la zona podemos evidenciar que no se tienen buenos niveles de recepción sobre la zona validada para el nuevo sitio, lo cual se estima solucionar, este recorrido está marcado por varios puntos de diferentes colores y cada color representa un rango de nivel de señal en dbm de acuerdo al cuadro de información adicionada.



*Figura 16: Nivel de Señal antes del nuevo sitio “El Tejar”*

### 3.2.- INSTALACION NUEVO SITIO

Teniendo el candidato validado se realiza la instalación de ambientes y equipamiento del nuevo sitio de acuerdo a los documentos de ingeniería y cumpliendo normas, estándares específicos.



**Figura 17: Plano de la Terraza con Equipamiento “El Tejar”**

MÓDULO ESMB VISTA DE FRENTE

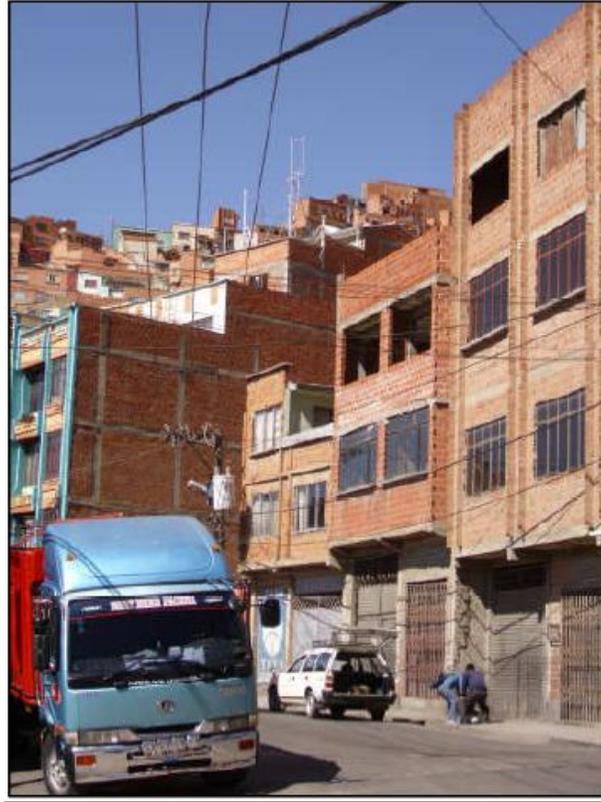


MÓDULO ESMB VISTA SIN TAPA

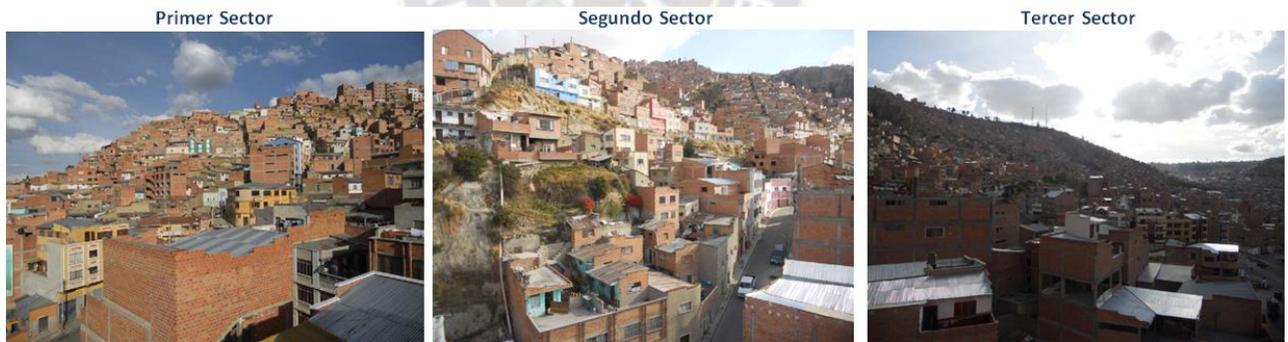


**Figura 18: Fotos del Equipamiento instalado “El Tejar”**

Se realiza el levantamiento fotográfico de la ubicación del nuevo sitio y el área de cobertura de las antenas de RF sectoriales esto con el fin de un análisis futuro y de referencia en cuanto a la propagación del nuevo sitio.



**Figura 19: Vista general del Sitio “El Tejar”**



**Figura 20: Fotografía de los tres Sectores “El Tejar”**

En la tabla siguiente se encuentra los datos de RF detallados por el departamento de Planificación el cual es revisado y validado antes de la puesta en servicio del nuevo sitio:

Call Off		DAS 2G				
ANTENNA CONFIGURATION		Antennas	Azimuth	Elec Tilt	Mec Tilt	Height
1900	Antenna Code	#	[ ° ]	[ ° ]	[ ° ]	[m]
Sector 1	TDJ-182015DE-65F	1	140	2	0	15.5
Sector 2	TDJ-182015DE-65F	1	220	0	-1	17.5
Sector 3	TDJ-182015DE-65F	1	300	6	0	17.5

*Tabla 5: Datos iniciales de RF “El Tejar”*

### 3.3.- ENCENDIDO DE BTS

Una vez terminada la instalación se realiza la revisión del nuevo sitio en base a protocolos de encendido, con la verificación de cada una de las unidades.

A continuación se extracta por comandos MML (Machine Lenguaje) de la BSC el estado sectorizado del nuevo sitio y básicamente nos indica que todas las unidades transceptoras y controladoras del sitio se encuentran activas y trabajando correctamente:

```

BSC31 LPZBSC11 2012-10-12 14:34:07
RADIO NETWORK CONFIGURATION IN BSC:

```

LAC	CI	HOP	AD OP	ST	STATE	FREQ	F R	ET- BCCH/CBCH/PCM	ERACH	TR	C	D-CHANNEL	S O&M LINK	X F	U NAME	ST	HR	FR	GP
<b>SECTOR 1</b>																			
BCF-0151	FLEXI	EDGE	U	WO								0	B0151 WO				0	3	
00100	11791	BTS-0187	U	WO															
LP11791		RF/-																	
		TRX-017	U	WO		585	0	947	MBCCH	P	3								
		TRX-018	U	WO		500	0	947		P	3								
<b>SECTOR 2</b>																			
00100	11792	BTS-0188	U	WO															
LP11792		RF/-																	
		TRX-019	U	WO		578	0	947	MBCCH	P	3								
		TRX-020	U	WO		563	0	947		P	0								
<b>SECTOR 3</b>																			
00100	11793	BTS-0189	U	WO															
LP11793		RF/-																	
		TRX-021	U	WO		567	0	947	MBCCH	P	5								
		TRX-022	U	WO		553	0	947		P	1								

*Figura 21: Estado del nuevo sitio por comandos MML.*

Una vez encendido después de pasar los protocolos de prueba del equipamiento se realiza la revisión de alarmas del sitio, donde no debiera existir ninguna que afecte el servicio, a

continuación en la figura 22 podemos observar las alarmas activas del nuevo sitio El Tejar donde solo tenemos la de puerta abierta:

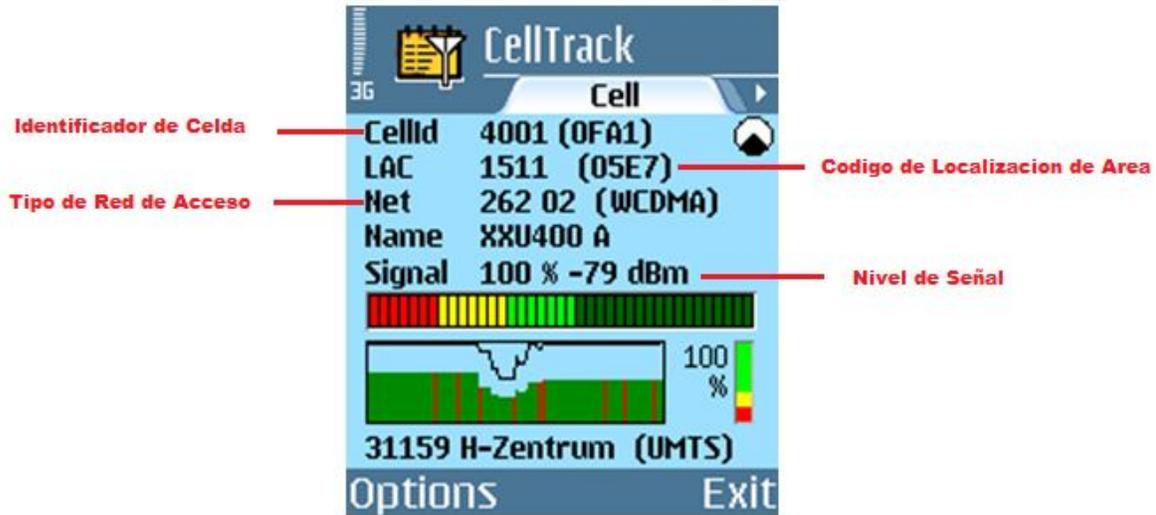
```
ZEOL:151;
BTS ALARM LISTING

*** ALARM LPZBSC11 BCF-0151 ENVIR 2012-10-14 14:00:05.23
(47291) 7410 EXTERNAL AL 10
          PUERTA ABIERTA
```

*Figura 22: Alarmas activas del sitio por comandos MML.*

### 3.4.- PRUEBAS MINIMAS EN CAMPO

Inicialmente al prender la nueva estación se realizan protocolos de funcionamiento y aceptación del sitio donde se realizan las primeras pruebas de llamadas con todos los TRX y todos los Timeslots, también se realizan pruebas de Handovers entre sus sectores con una herramienta sencilla llamada Net Monitor o CellTrack



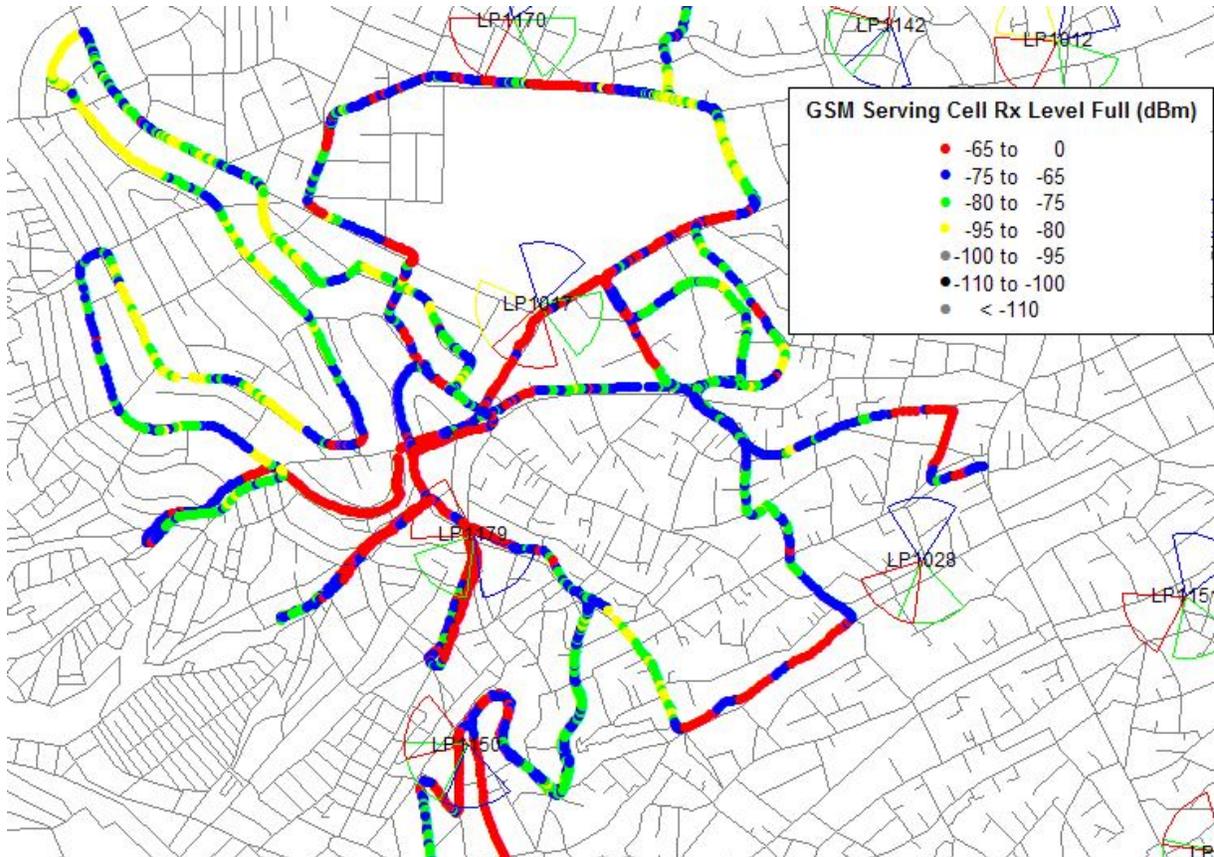
*Figura 23: Net Monitor, Cell Track para pruebas mínimas*

### 3.5.- DRIVE TEST EN LA ZONA

Pasadas las primeras pruebas se programa y realiza el recorrido de Drive Test sobre la cobertura del nuevo sitio tomando en cuenta las estaciones vecinas para un mejor análisis.

### 3.5.1.- ANALISIS DE COBERTURA

Con la herramienta Windcatcher capaz de procesar el recorrido de Drive Test se realiza el análisis, en la figura siguiente podemos apreciar la nueva cobertura sobre la zona del nuevo sitio “El Tejar” el cual es comparado con un recorrido anterior para observar la mejoría del nivel de señal (Rx Lev) y la calidad en la zona.

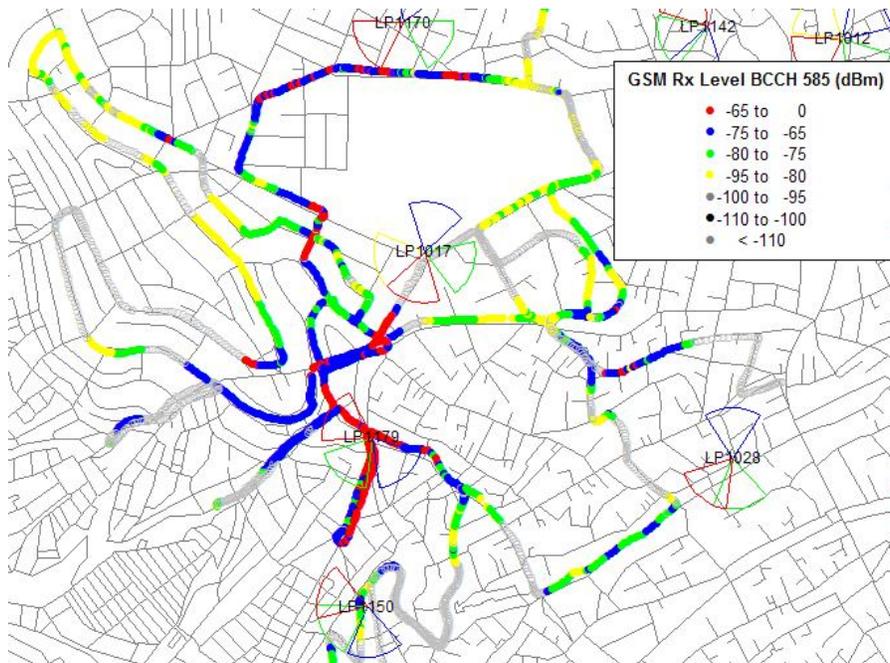


*Figura 24: Nivel de señal después de puesta en servicio “El Tejar”*

Al evaluar la nueva cobertura se verifica que no exista sobre propagación de los nuevos sectores del Tejar, si es así es controlado por movimientos de tilt tanto eléctricos como mecánicos y movimientos de azimut.

### 3.5.2.- PROPAGACION PRIMER SECTOR

En la figura siguiente podemos apreciar la propagación del primer sector en base a su BCCH asignado, para mejorar la cobertura sobre la avenida 9 de Abril se incrementara un grado de downtilt a este sector.



**Figura 25: Nivel de Señal Primer Sector “El Tejar”**

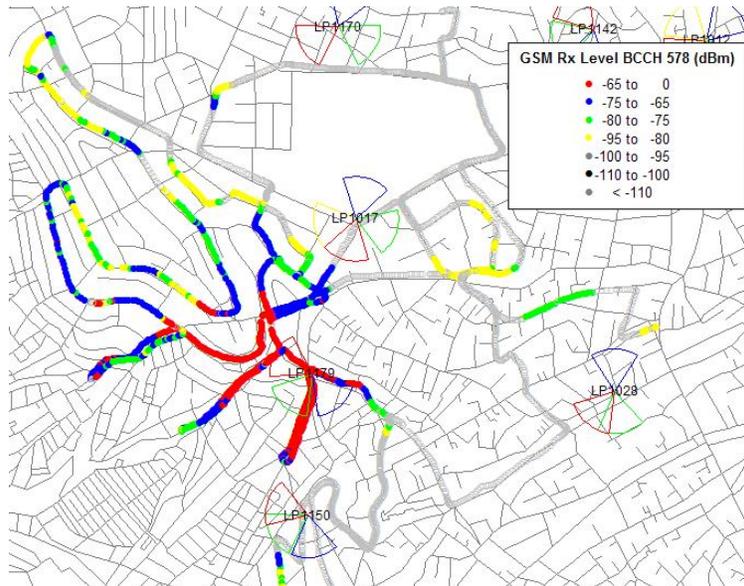
La siguiente figura nos muestra el rehusó de frecuencias del BCCH “585” en la zona de cobertura del primer sector del nuevo sitio:



**Figura 26: Rehusó de BCCH primer sector “El Tejar”**

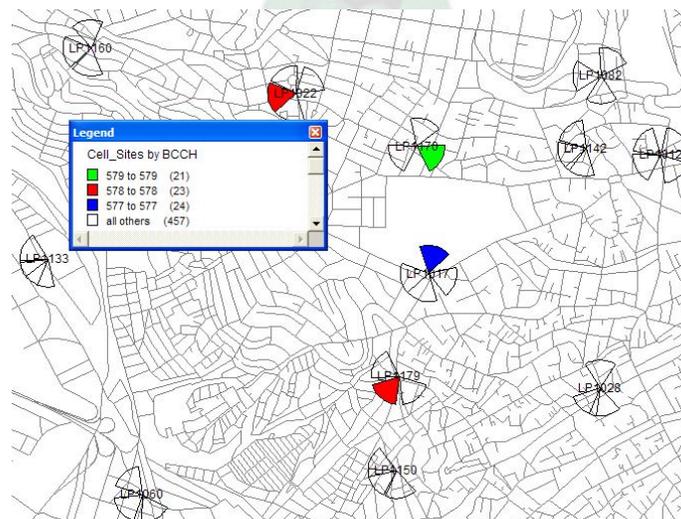
### 3.5.3.- PROPAGACION SEGUNDO SECTOR

De la misma forma en la figura siguiente podemos apreciar la propagación del segundo sector en base a su BCCH asignado, también se controlara su propagación adicionando un grado de downtilt eléctrico en la antena.



**Figura 27: Nivel de Señal Segundo Sector “El Tejar”**

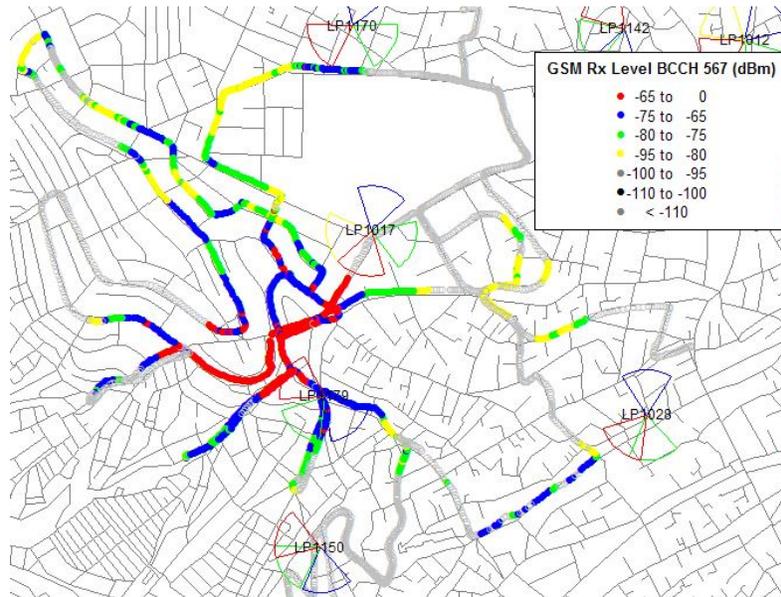
La figura siguiente nos muestra el rehusó del BCCH 578 del segundo sector “El Tejar” sobre la zona de análisis:



**Figura 28: Rehusó de BCCH segundo sector de “El Tejar”**

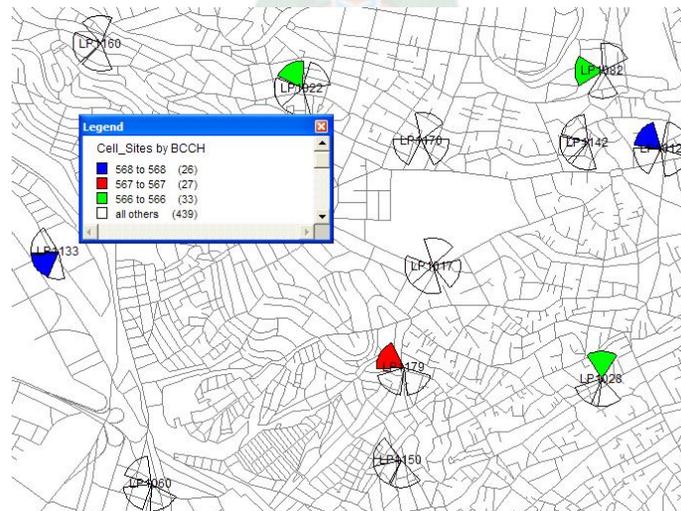
### 3.5.4.- PROPAGACION TERCER SECTOR

Así como en los dos casos anteriores se realiza el análisis de cobertura del tercer sector en base al BCCH 567 asignado, este sector requiere mayor control por lo cual se adicionara dos grados de downtilt.



**Figura 29: Nivel de Señal Tercer Sector “El Tejar”**

La figura siguiente nos muestra el rehusó del BCCH asignado al tercer sector del nuevo sitio en la zona de análisis:



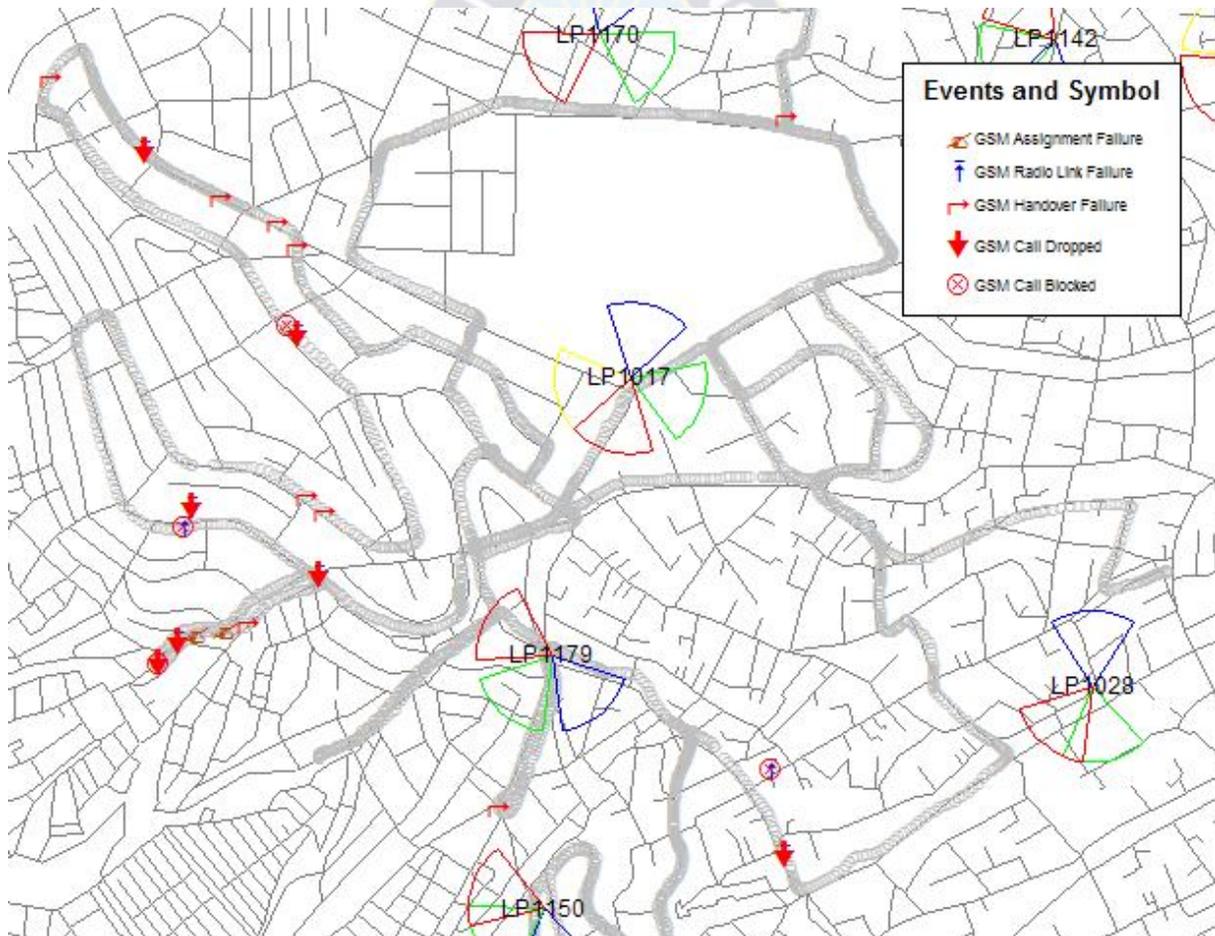
**Figura 30: Rehusó de BCCH tercer sector “El Tejar”**

### 3.5.5.- ANALISIS DE EVENTOS

Aparte del análisis de cobertura existe otro tipo de análisis como el de eventos ocurridos en el recorrido de Drive Test como:

- Se analiza los Drop Call, si hubieren en el recorrido para su solución final.
- Revisión de HO, se realiza el análisis de los handover fallidos y de los exitosos del recorrido para su adición o borrado si fuese necesario.
- Revisión de descarga de datos, si la estación está bien configurado los parámetros de GPRS.

En el siguiente grafico podemos apreciar los eventos sucedidos dentro el recorrido realizado.

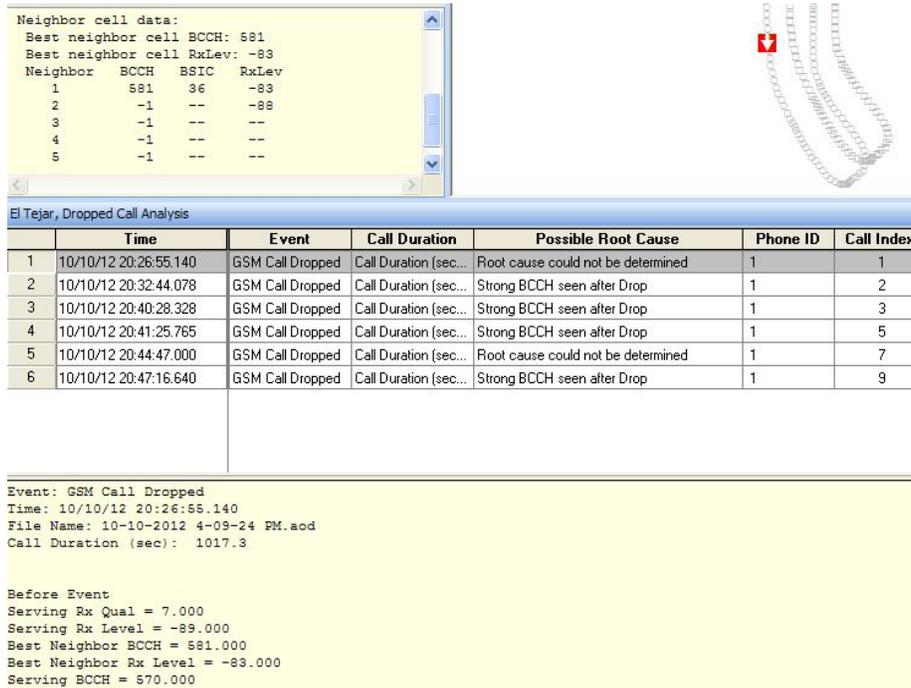


*Figura 31: Eventos dentro del recorrido realizado*

#### 3.5.5.1.- ANALISIS DE DROP CALL

Dentro de estos eventos el más importante es la caída de llamada (Drop Call), donde nos enfocaremos para el análisis para su solución.

Una llamada que acaba prematuramente se conoce como llamada caída. Es considerada activa sólo cuando ambos lados de la conexión la consideren activa, por lo tanto una llamada es considerada caída si cualquier lado la detecta como caída.



**Figura 32: Evento de Drop Call**

**Caso 1:** La figura nos muestra que la caída fue debido a la falta de adyacencia del sector LP11502 hacia el sector LP10283, la cual será agregada dentro la tabla de modificaciones.

**Caso 2:** El programa no puede identificar la posible causa, es probable que se deba a temas de interferencia por el rechazo de frecuencias y la topografía de la zona.

**Caso 3:** Causa de la caída, nivel bajo de señal, Planificado nuevo sitio en la zona.

**Caso 4:** Causa de la caída, nivel bajo de señal, Planificado nuevo sitio en la zona.

**Caso 5:** La figura nos muestra que la caída fue debido a la falta de adyacencia del sector LP10223 hacia el sector LP10793, la cual será agregada dentro la tabla de modificaciones.

**Caso 6:** La figura nos muestra que la caída fue debido a la falta de adyacencia del sector LP11793 hacia el sector LP11703, la cual será agregada dentro la tabla de modificaciones.

**3.7.- ANALISIS ESTADISTICO (KPIs) “EL TEJAR”**

La nueva BTS se puso en servicio el día 19 de Septiembre de 2012. Lo cual puede ser evidenciado claramente en las estadísticas de tráfico mostradas a partir de esta fecha. Abajo en la tabla 4 se encuentra los valores objetivos a alcanzarse (Target) por Nuevatel de los indicadores de performance llamados KPIs, seleccionamos los más importantes para esta evaluación:

Detalle	KPIs	Target
Handover Fallado	HO_FAIL(%)	5%
Calidad de Recepción DL	RX_QUAL_DL(%)	90%
Calidad de Recepción UL	RX_QUAL_UL(%)	90%
Llamadas Bloqueadas en SDCCH	SDCCH_BLOCK_CALL(%)	1%
Llamadas Bloqueadas en TCH	TCH_BLOCK_CALL(%)	2%
Llamadas Caídas en TCH	TCH_DROP_CALL(%)	2%

*Tabla 6: Target de KPIs más importantes*

En la tabla siguiente se encuentra estos indicadores tomados de los tres sectores del nuevo sitio “El Tejar” los cuales fueron extraídos del sistema para el análisis correspondiente.

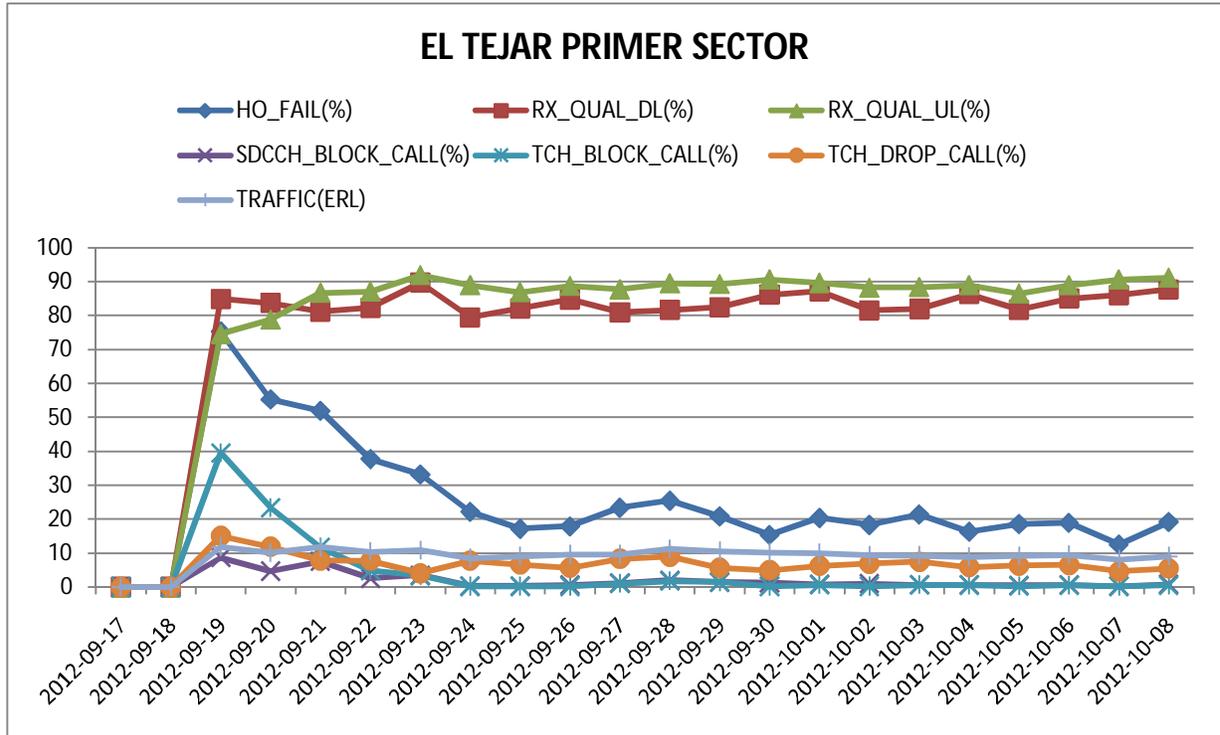
DATE	CODE	NAME	HO_FAIL(%)	RX_QUAL_DL(%)	RX_QUAL_UL(%)	SDCCH_BLOCK_CALL(%)	TCH_BLOCK_CALL(%)	TCH_DROP_CALL(%)	TRAFFIC(ERL)
9/18/2012	LP1179	EL TEJAR 1				0			0
9/19/2012	LP1179	EL TEJAR 1	75.2	84.87	74.54	8.64	39.51	15.04	11.79
9/20/2012	LP1179	EL TEJAR 1	55.26	83.65	78.76	4.67	23.35	11.82	10.03
9/21/2012	LP1179	EL TEJAR 1	51.89	81.11	86.72	7.57	11.64	7.83	11.74
9/22/2012	LP1179	EL TEJAR 1	37.71	82.3	87.07	2.57	4.85	7.75	10.38
9/23/2012	LP1179	EL TEJAR 1	33.15	89.71	91.92	3.52	3.33	4.05	10.84
9/24/2012	LP1179	EL TEJAR 1	22.18	79.47	88.91	0.3	0.19	7.74	8.51
9/25/2012	LP1179	EL TEJAR 1	17.2	82.1	86.87	0.28	0.17	6.61	9.03
9/26/2012	LP1179	EL TEJAR 1	17.91	84.75	88.68	0.59	0.16	5.69	9.56
9/27/2012	LP1179	EL TEJAR 1	23.38	80.95	87.68	1.2	0.99	8.31	9.54
9/28/2012	LP1179	EL TEJAR 1	25.44	81.61	89.43	1.99	1.74	8.98	11.19
9/29/2012	LP1179	EL TEJAR 1	20.85	82.48	89.28	1.42	1.48	5.66	10.57
9/30/2012	LP1179	EL TEJAR 1	15.36	86.11	90.56	1.22	0.18	4.93	10.14
10/1/2012	LP1179	EL TEJAR 1	20.41	87.17	89.58	0.82	0.62	6.22	9.94
10/2/2012	LP1179	EL TEJAR 1	18.35	81.54	88.23	1.01	0.17	6.84	9.29
10/3/2012	LP1179	EL TEJAR 1	21.4	81.96	88.36	0.62	0.6	7.42	9.24
10/4/2012	LP1179	EL TEJAR 1	16.34	86.28	88.92	0.59	0.55	5.84	8.87
10/5/2012	LP1179	EL TEJAR 1	18.61	81.68	86.52	0.47	0.24	6.31	9.13
10/6/2012	LP1179	EL TEJAR 1	18.93	84.98	88.92	0.59	0.49	6.46	9.45
10/7/2012	LP1179	EL TEJAR 1	12.56	85.99	90.56	0.23	0.19	4.65	8.07
10/8/2012	LP1179	EL TEJAR 1	19.2	87.71	91.15	0.8	0.5	5.52	9.03

9/19/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2					0			0
9/20/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	32.22	84.55	92.88		1.19	6.16	6.09	10.57
9/21/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	31.21	86.52	91.01		0.06	0	5.29	7.58
9/22/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	30.19	84.32	90.75		0	0	5.13	5.88
9/23/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	26.31	89.95	92.58		0	0	3.79	5.52
9/24/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	27.73	84.66	93.37		0	0	4.76	5.04
9/25/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	11.18	87.14	92.61		0	0	5.64	5.94
9/26/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	10.12	85.39	93.52		0	0	5.46	5.69
9/27/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	10.06	88.47	94.32		0	0	4.82	5
9/28/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	14.73	83.84	91.96		0	0	7.35	5.75
9/29/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	9.52	86.31	93.22		0	0	4.6	5.46
9/30/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	9.95	87.17	92.29		0	0	5.93	4.57
10/1/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	9.86	87.89	94.76		0	0	4.5	5.28
10/2/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	12.76	87.94	93.61		0	0	5.1	5.46
10/3/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	12.08	84.92	90.01		0	0	6.13	5.02
10/4/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	10.58	83.82	92.25		0	0	4.52	4.45
10/5/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	13.77	82.89	89.09		0	0	5.59	4.33
10/6/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	14.29	84.71	91.86		0	0	5.04	4.83
10/7/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	13.16	85.12	94.37		0	0	5.47	4.19
10/8/2012	LP1179 2	EL TEJAR 2	10.85	86.45	93.41		0	0	4.35	4.69
9/19/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3					0			0
9/20/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	60.08	93.14	92.1		18.26	15.04	2.84	16.84
9/21/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	54.6	92.4	92.32		12.81	13.24	3.09	16.68
9/22/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	59.93	92.56	92.43		18.17	15	2.14	17.26
9/23/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	56.86	93.45	92.09		13.21	13.37	3.08	17.02
9/24/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	46.91	92.59	93.75		7.31	8.55	3.43	18.32
9/25/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	30.62	92.11	93.39		3.84	3.74	3.41	16.14
9/26/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	8.38	91.34	96.01		0.12	0.17	2.36	9.1
9/27/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	9.16	91.32	95.82		0.04	0	1.99	7.82
9/28/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	7.81	89.3	94.76		0	0	2.77	9.02
9/29/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	10.5	91.14	95.31		0.03	0.07	2.67	10.85
9/30/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	7.26	93.11	96.27		0.17	0	2.18	9.79
10/1/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	10.81	92.13	95.93		0.04	0	2.12	8.14
10/2/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	9.51	91.54	95.4		0.19	0.09	2.9	10.21
10/3/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	7.73	92.68	94.04		0.03	0	2.73	10.19
10/4/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	8.05	91.83	96.24		0.09	0	2.58	10.28
10/5/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	9.45	91.46	95.09		0.23	0.23	3	10.27
10/6/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	8.55	91.23	95.83		0.06	-0.07	2.34	10.09
10/7/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	6.19	92.93	95.98		0.44	0.17	1.95	9.82
10/8/2012	LP1179 3	EL TEJAR 3	7.7	91.25	95.24		0	0	2.75	8.69

**Tabla 7: KPIs más importantes “El Tejar”**

### 3.7.1.- KPIs PRIMER SECTOR EL TEJAR

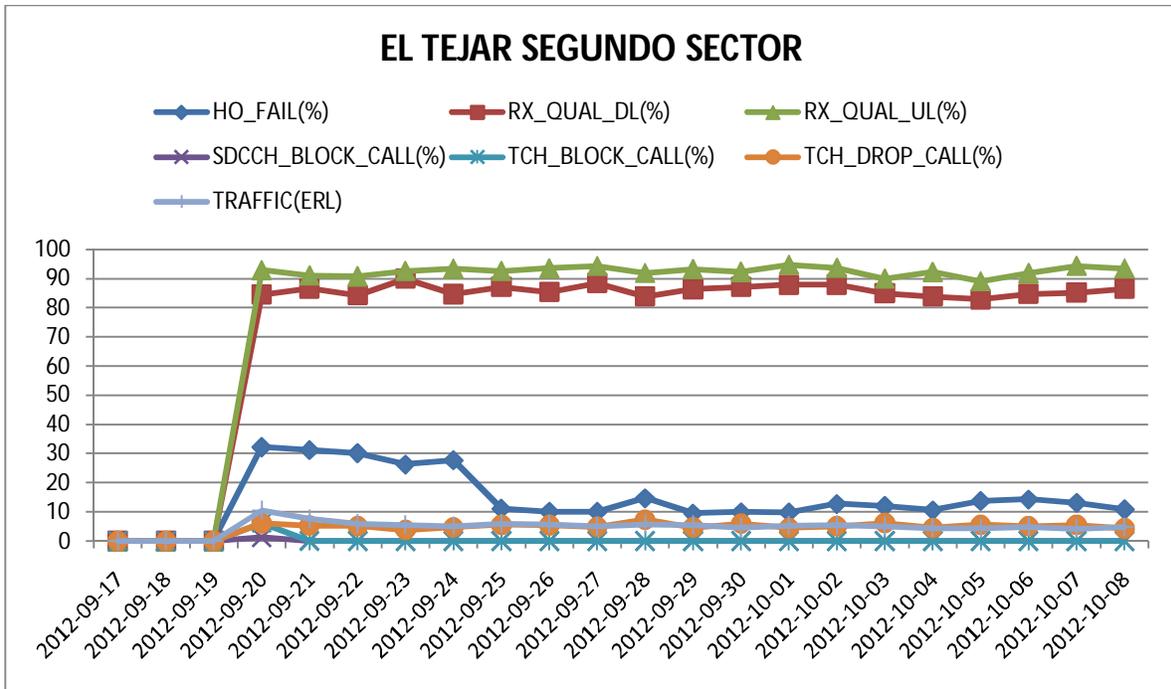
En la figura 35 podemos apreciar gráficamente que el Rx Qual va mejorando paulatinamente con la optimización del sitio, el Ho Failure estuvo degradado la primera semana el cual fue controlándose con movimientos de tilt y la adición de adyacencias en el sector, así también el bloqueo en TCH y SDCCH fueron controlados.



**Figura 33: KPIs Primer Sector “El Tejar”**

**3.7.2.- KPIs SEGUNDO SECTOR EL TEJAR**

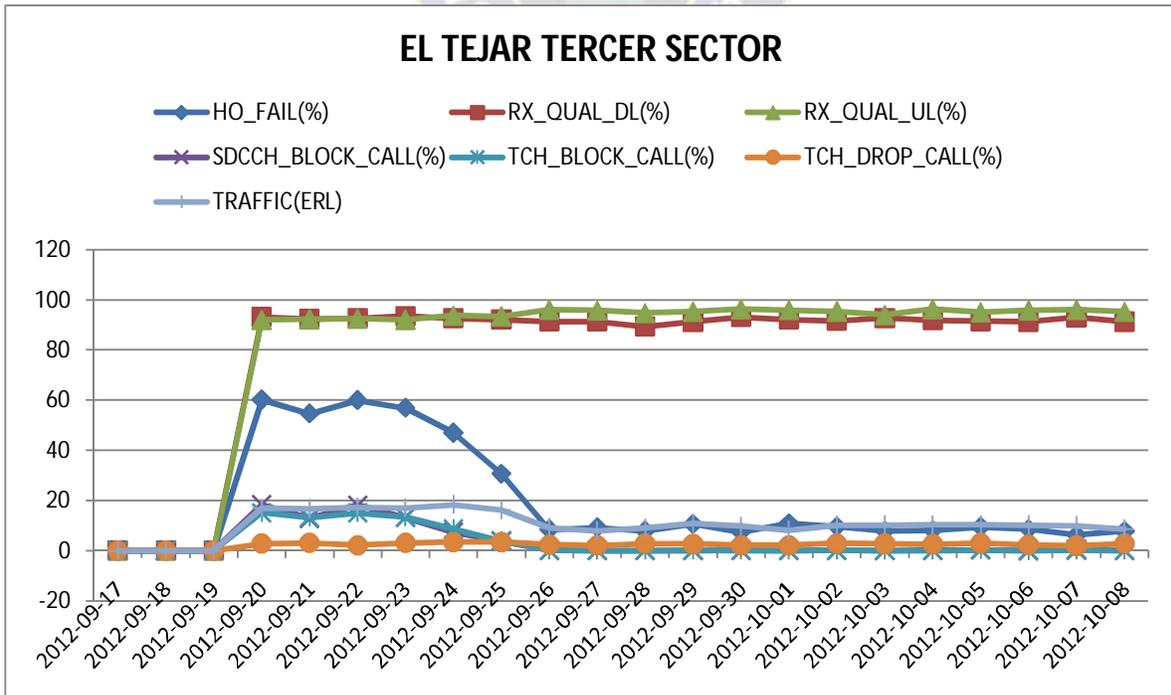
El segundo sector estuvo más controlado pero de igual manera mejoró la primera semana después de los ajustes realizados como se muestra en la figura 36.



**Figura 34: KPIs Segundo Sector “El Tejar”**

**3.7.3.- KPIs TERCER SECTOR EL TEJAR**

El tercer sector está mucho mejor que los anteriores en sus estadísticas, también mejor después de la optimización realizada la primera semana.



**Figura 35: KPIs Tercer Sector “El Tejar”**

### 3.7.4.- ANALISIS ESTADISTICO DE CELDAS VECINAS

En las estadísticas de HO Failure obtenidas del sistema el mes de Septiembre se puede apreciar la degradación sufrida por las celdas vecinas a causa del ingreso del nuevo sitio el cual necesita ser analizado con los recorridos de Drive Test realizados.

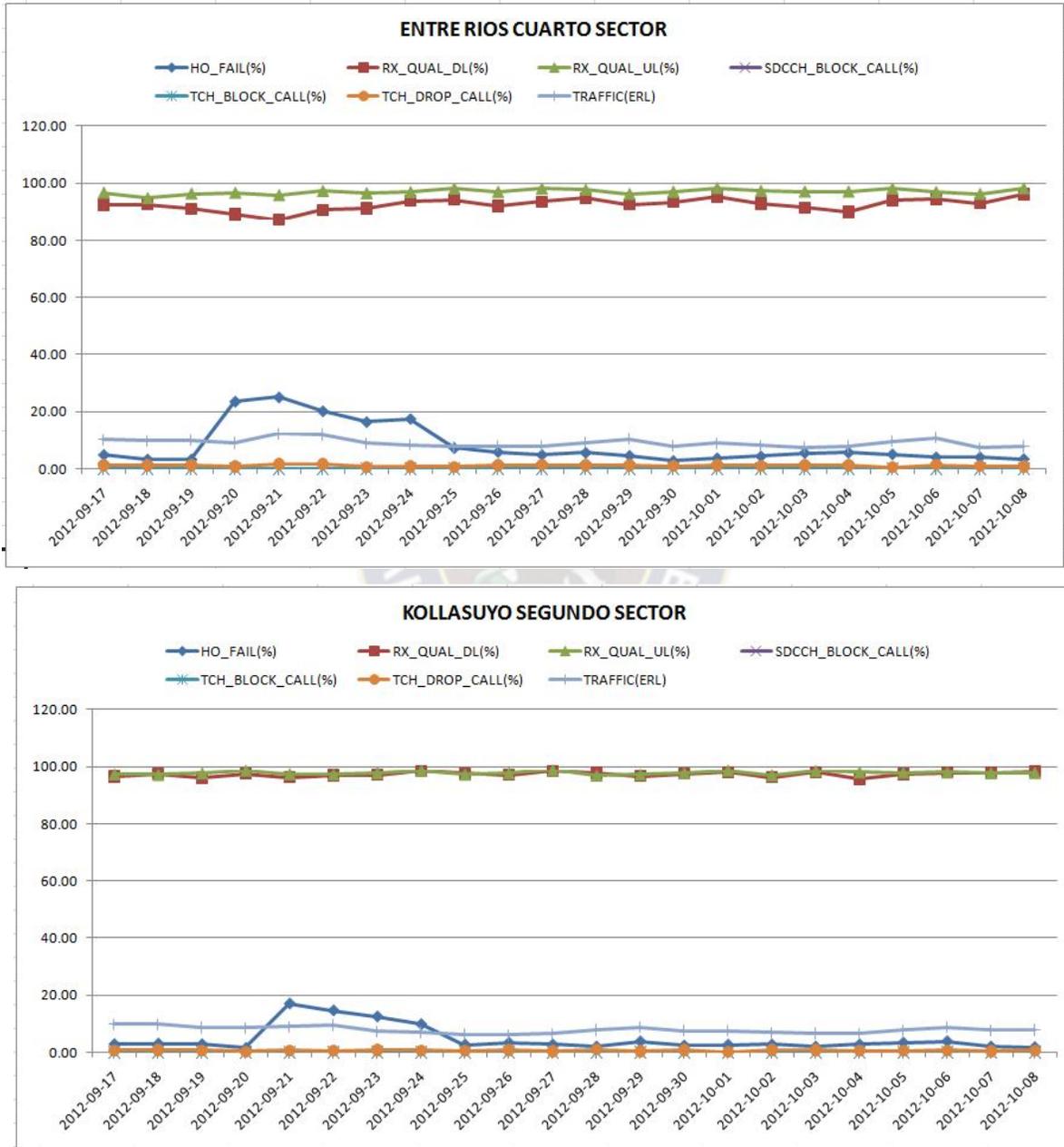


Figura 36: Estadística del HO Failure registrado en celdas vecinas

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez terminado el análisis se realiza las recomendaciones en un plan de modificaciones el cual puede implicar desde modificaciones físicas hasta lógicas para su aprobación y ejecución:

#### 4.1.- MODIFICACIONES FISICAS.

A continuación el detalle de modificaciones físicas detallada donde se tiene el parámetro actual y la modificación a realizarse este es entregado al departamento de implementaciones para su ejecución:

Ciudad	Sector	Valores Base de Datos			Valores finales			Observaciones
		Az	Te	Tm	Az	Te	Tm	
La Paz	LP11791	140	2	0	140	3	0	Optimización por entrada LP1179
La Paz	LP11792	220	0	-1	220	0	0	Optimización por entrada LP1179
La Paz	LP11793	300	6	0	300	8	0	Optimización por entrada LP1179
La Paz	LP10173	195	2	-1	195	2	0	Optimización por entrada LP1179
La Paz	LP11503	290	0	-2	290	0	0	Optimización por entrada LP1179

*Tabla 8: Cambios físicos propuestos en la zona del nuevo sitio*

#### 4.2.- MODIFICACIONES LOGICAS.

De este análisis si corresponde también se realiza el plan de modificaciones lógicas dirigido al encargado de las BSCs para su ejecución.

En nuestro caso se deben realizar las siguientes modificaciones:

- Restringir la originacion de llamadas de los tres sectores a 1.1km.
- Penetración HR modificada de 20-30 a 40-50.
- Adición de adyacencias de acuerdo a la siguiente tabla:

CREAR ADYACENCIAS	
LP11703	LP11793
LP11793	LP11703
LP11793	LP10223
LP10223	LP11793
LP11502	LP10283
LP10283	LP11502

*Tabla 9: Adyacencias faltantes para su adición*

## CAPITULO V

### APORTE ACADEMICO

El objetivo de esta sección es describir los aportes realizados a la empresa desde los cargos desempeñados:

#### 5.1.- PROCESO DE OPTIMIZACION DE UN SITIO NUEVO.

El objetivo general de este documento es determinar el proceso para la primera optimización antes de la integración de un nuevo sitio a la red comercial.

El presente proceso es aplicable para la puesta en servicio de estaciones GSM y UMTS en coordinación con proveedores NSN y Huawei para asegurar la correcta integración y por ende una mejor calidad en la red.

Estos procesos son aplicados para el análisis del performance y su optimización en la puesta en servicio de un nuevo sitio 2G y 3G en la empresa Nuevatel.

En base a las experiencias anteriores, a los criterios de los ingenieros de optimización y a los criterios de los fabricantes se plantea un procedimiento de escalamiento general para el proceso de optimización de la red radio, a través de un diagrama de flujo.

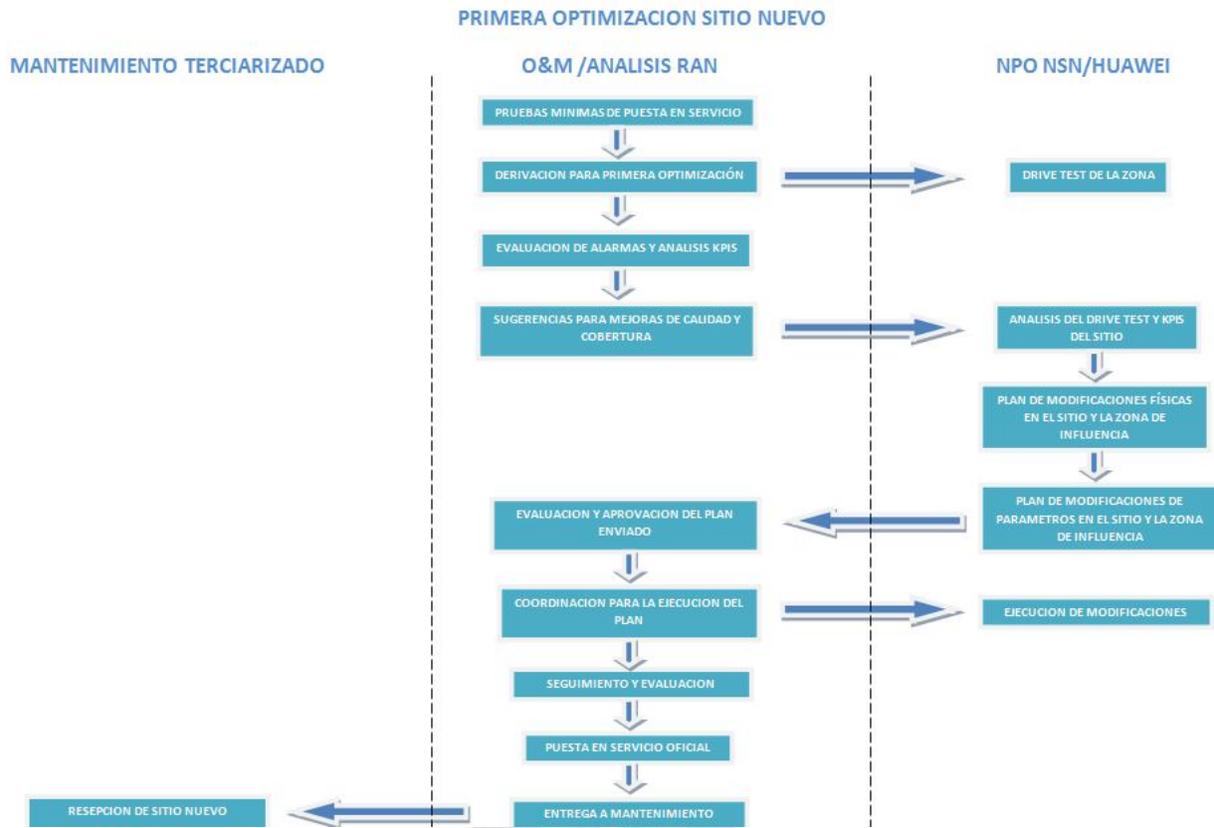
En primer lugar se describe mediante la Figura 42, los procesos necesarios para la puesta en servicio y los departamentos de la Vicepresidencia Técnica involucrados en los mismos, con el objeto de entender la organización de la división de tareas y responsabilidades concernientes al respecto.



*Figura 37: Proceso de optimización de un sitio nuevo por áreas.*

Después de la puesta en servicio, deben realizarse la revisión del performance. Estas revisiones comprenden la evaluación de los datos estadísticos, la atención a las quejas de los clientes y las medidas por medio de Drive Test para explorar eventos especiales.

Una evaluación cuidadosa de los datos medidos ayudara a optimizar el performance del sitio como de la red por la modificación de los parámetros del sistema. Por ello se plantea un procedimiento general para la optimización inicial de un nuevo sitio GSM de Nuevatel.



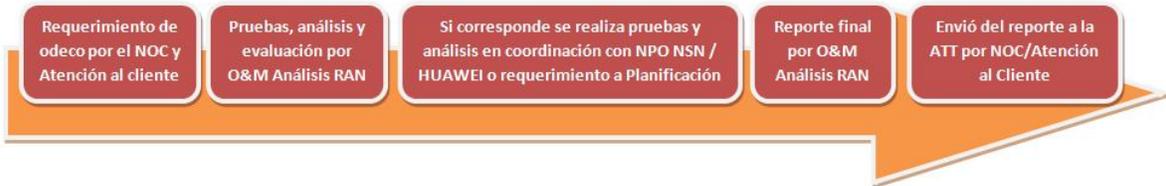
*Figura 38: Flujo de interacción con otras áreas al optimizar un sitio nuevo.*

## 5.2.- PROCESO DE ATENCION A ODECOS.

El objetivo de este documento es el de determinar el proceso de atención a odecos generados por clientes de la red Nuevatel (VIVA) que permitan mejoras en la calidad de red y por ende satisfacer el servicio y necesidades del usuario.

El presente procedimiento es aplicable a la atención de odecos de la red GSM y UMTS para asegurar la calidad a través de planes y modificaciones en coordinación con los proveedores (NSN / HUAWEI) y el departamento de Planificación.

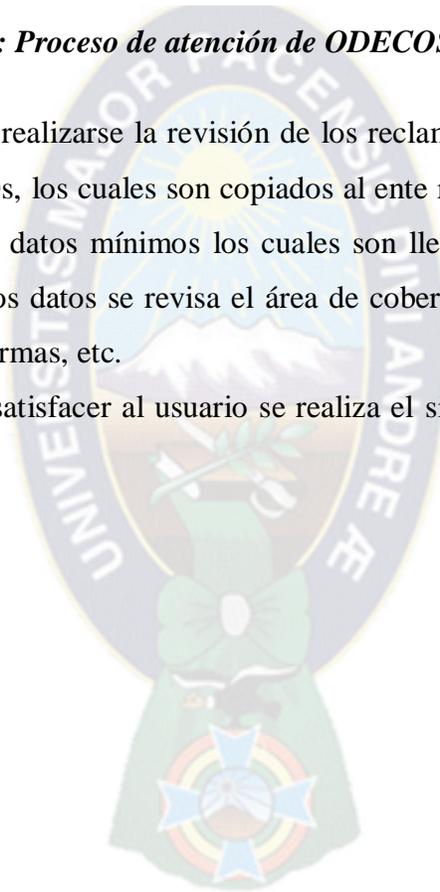
En primer lugar se describe mediante la Figura 43, el proceso seguido por departamentos del caso de atención a odecos con el fin de delimitar las tareas y responsabilidades concernientes al respecto.



**Figura 39: Proceso de atención de ODECOS por áreas.**

En el análisis rutinario debe realizarse la revisión de los reclamos de usuarios especialmente los generados como ODECOS, los cuales son copiados al ente regulador (ATT). Para realizar estas revisiones se necesitan datos mínimos los cuales son llenados por el departamento de Atención al Cliente, con estos datos se revisa el área de cobertura, las alarmas de las celdas servidoras, el histórico de alarmas, etc.

Para cumplir el objetivo de satisfacer al usuario se realiza el siguiente diagrama de procesos de esta actividad:



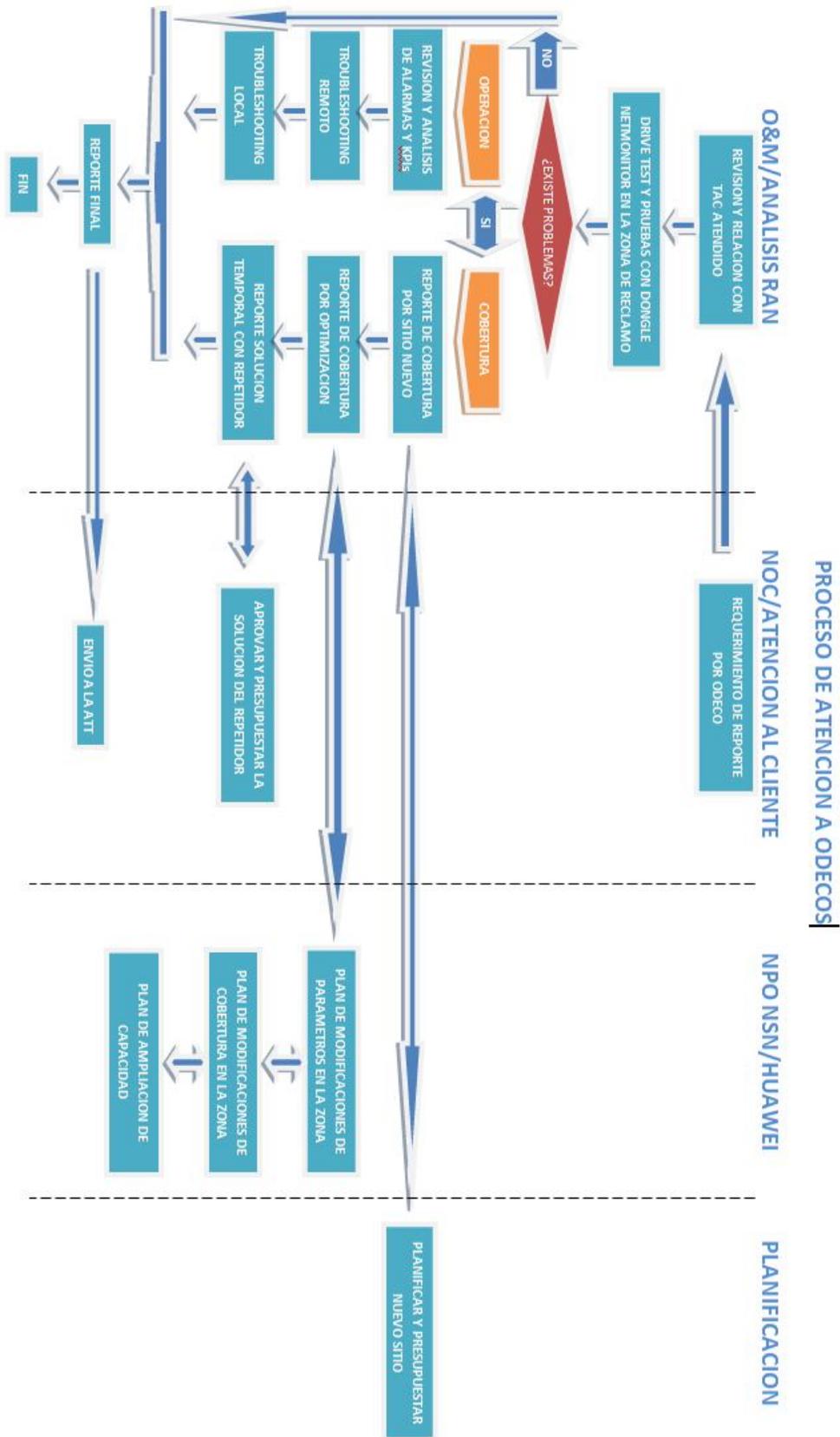


Figura 40: Flujo de interacción con otras áreas en atención de ODECOS.

## CAPITULO VI

### BIBLIOGRAFIA

---

#### 6.1.- MANUALES DE LA EMPRESA CONSULTADOS:

- SYSTRA (System Training) for GSM, NOKIA.
- BSSPAR (Base Estation Subsystem Parameters), NOKIA.
- Wireless Network Optimization Platform, AGILENT.
- Network Optimization, NEMO.

#### 6.2.- LIBROS CONSULTADOS:

- GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation, Gunnar Heine.
- Mejorando los Servicios Básicos, Por Carlos Usbeck W.
- Antenas, Ángel Cardama Aznar
- Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Wayne Tomasi

#### 6.2.- PAGINAS DE INTERNET CONSULTADAS:

- <http://www.bnamericas.com/news/telecomunicaciones/>
- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11744/fichero/Capitulo2%252Fcapitulo2.pdf>
- <http://atc.ugr.es/jtag2011/ponencias/JTAG2011%20LACROIX%20Sofrel.pdf>
- <http://www.scribd.com/doc/52561319/Proceso-Optimizacion-GSM>
- <http://es.wikipedia.org/>