

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA NUEVA RADIO BASE GSM
PARA LA CIUDAD DE QUITO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**AGUILAR IZA SANTIAGO FERNANDO
sfaijf@hotmail.com**

**DIRECTOR: MSc. MIGUEL ANGEL HINOJOSA RAZA
miguel.hinojosa@epn.edu.ec**

Quito, Marzo 2014

DECLARACIÓN

Yo, Santiago Fernando Aguilar Iza, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Santiago Fernando Aguilar Iza

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Santiago Fernando Aguilar Iza, bajo mi supervisión.

MSc. Miguel Hinojosa
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por ayudarme en este largo camino para lograr este objetivo, a los seres más especiales que son mis padres los cuales me dieron la vida e inculparon en mí el respeto, la honradez y el deseo de superarme, gracias de todo corazón por ser quiénes son y hacer de mi alguien de bien, también a todos aquellos compañeros que conocí en este largo camino los cuales lo hicieron más placentero y decirles que nuestra meta por fin se cumplió, de igual manera al Ingeniero Miguel Hinojosa por el apoyo brindado para este proyecto de titulación.

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación está dedicado a mis padres, los cuales tenían el sueño de ver a sus 2 hijos como personas de bien, con su respectiva profesión, lo cual lo he logrado querido papi y mami, este deseo fue un motor para lograr este objetivo, de nuevo gracias por siempre estar preocupado por que cumpla este sueño que al principio fue de ustedes y ahora ha dejado de ser un sueño pasando a ser una realidad.

También está dedicado a mis 3 tesoros, mi Abuelita Esther mujer luchadora, Johanna Flores el amor de mi vida y a mi hijo Mathyas, la luz de mi vida y el impulso que me faltaba para culminar esta etapa de mi vida.

Para finalizar también este logro está dedicado a mi hermano Luis Daniel, lo he logrado Ñaño ahora te toca a ti darnos esa alegría y gracias Poli querida, gracias por acogerme en tus aulas todo este tiempo.

Santiago Fernando Aguilar Iza

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	I
ÍNDICE DE TABLAS.	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.	VII
RESUMEN.	X
PRESENTACIÓN.	XI
 CAPÍTULO I	
1. MARCO REGULATORIO	1
1.1 REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR.	1
1.1.1 GENERALIDADES.....	1
1.1.2 DE LAS AUTORIZACIONES DEL USO DE FRECUENCIAS.	2
1.1.3 INFRACCIONES Y SANCIONES.....	6
1.2 REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES.	9
1.2.1 ALCANCE Y DEFINICIONES	9
1.2.2 DEL RÉGIMEN DE LOS SERVICIOS.....	9
1.2.3 DEL RÉGIMEN DEL SERVICIO UNIVERSAL	10
1.2.4 DEL RÉGIMEN DEL OPERADOR DOMINANTE.....	10
1.2.5 DEL RÉGIMEN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	10
1.2.6 DE LAS NORMAS COMUNES PARA EL OTORGAMIENTO DE TÍTULOS HABILITANTES .	14
1.2.7 DE LOS TÍTULOS HABILITANTES EN TELECOMUNICACIONES	15
1.2.7.1 De las concesiones	15
1.2.7.2 De los permisos.....	16
1.2.8 DEL RÉGIMEN DE REGULACIÓN Y CONTROL.....	16
1.2.9 DEL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES	17
1.2.10 DE LA SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES	17
1.3 REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES.....	19
1.3.1 DISPOSICIONES GENERALES.....	19
1.3.2 DE LOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN.	20
1.3.3 DE LAS CONCESIONES.....	20
1.3.4 DE LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN	23
1.3.5 OBLIGACIONES Y PROHIBICIONES DEL CONCESIONARIO O USUARIO	23
1.4 REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO.	24
1.4.1 DEL TÍTULO HABILITANTE PARA PRESTAR EL SMA.....	24

1.4.2	DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES PARA EL SMA.	25
1.5	LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES.	26
1.5.1	DISPOSICIONES FUNDAMENTALES.	26
1.6	PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS Y USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	28
1.6.1	CUADRO DE FRECUENCIA PARA TELEFONÍA CELULAR	29
1.6.2	CUADRO DE FRECUENCIA PARA RADIO ENLACES PDH	29
1.7	REGLAMENTO DE PROTECCIÓN DE EMISIONES DE RADIACIÓN NO IONIZANTE GENERADAS POR USO DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO....	32
1.7.1	OBJETO, TÉRMINOS Y DEFINICIONES.	32
1.7.2	ASPECTOS GENERALES.....	33
1.7.3	RÉGIMEN DE PROTECCIÓN Y LOS LÍMITES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN	33

CAPÍTULO II

2.	PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA NUEVA ZONA DE SERVICIO	35
2.1	PLANIFICACIÓN.....	35
2.1.1	ESTUDIO DE NECESIDADES DE COBERTURA	35
2.1.2	IDENTIFICACIÓN DE ZONA GEOGRÁFICA.....	35
2.1.2	BÚSQUEDA DE EMPLAZAMIENTO.	36
2.1.3	VALIDACIÓN DE NUEVO SITIO O VISITAS CONJUNTAS	37
2.2	ARQUITECTURA GSM.	43
2.2.1	NSS (SUBSISTEMA DE CONMUTACIÓN Y RED)	44
2.2.2	OSS (SUBSISTEMAS DE SOPORTE Y OPERACIÓN)	45
2.2.3	BSS (SUBSISTEMA DE ESTACIÓN BASE).....	45
2.3	DISEÑO DE LA NUEVA ESTACIÓN GSM.....	47
2.3.1	ANTECEDENTES	47
2.3.2	UBICACIÓN DEL SITIO.....	48
2.3.3	FOTOS DE LA UBICACIÓN DEL SITIO	49
2.3.4	FOTOS HACIA LOS OBJETIVOS DE COBERTURA.	49
2.3.5	SUSTENTACIÓN TÉCNICA DE LA OPCIÓN CONTRATADA	50
2.3.5.1	Sub nivel de recepción (<i>rxlevelsub</i>).....	51
2.3.5.2	Tasa de tramas erradas (<i>FER</i>).....	52
2.3.6	TIPO DE SERVICIO A IMPLEMENTAR	53
2.3.7	DISEÑO DE LA ESTACIÓN.....	54
2.3.8	PREDICCIONES DE COBERTURA.	54
2.4	DOCUMENTACIÓN Y PERMISOS.	55
2.4.1	NEGOCIACIÓN.....	56
2.4.2	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.	56

2.4.3	DOCUMENTACIÓN SENATEL.....	57
2.5	IMPLEMENTACIÓN.....	58
2.5.1	PROCESOS DE ACEPTACIÓN DE SITIO PARA INICIAR LA INSTALACIÓN.	58
2.5.1.1	Instalaciones a ser fiscalizados en un LPI.....	58
2.5.2	INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	60
2.5.2.1	Dimensionamiento de equipos de microonda (MW).....	61
2.5.2.2	Instalación de los equipos MW tanto en el lado local y remoto.....	61
2.5.2.3	Instalación mecánica de IDU – DFF.....	64
2.5.2.4	Instalación mecánica de antena, ODU y el acoplador en el enlace de MW.....	65
2.5.2.5	Verificación del campo recibido según estudios de ingeniería.....	72
2.5.2.6	Asignación de la Modulación, Ancho de Banda y Capacidad.....	74
2.5.2.7	Asignación de la potencia transmisión, fijación de umbrales.....	75
2.5.2.8	Selección de frecuencias y configuración de parámetros de transmisión.....	76
2.6	REALIZACIÓN DE LA RUTA FÍSICA DE TRANSMISIÓN.....	78
2.7	CREACIÓN DEL SERVICIO LÓGICO Y ENRUTAMIENTO HACIA LA BSC.....	82
2.8	INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE RF.....	84
2.8.1	UBICACIÓN DE EQUIPOS (RACKS).....	86
2.8.2	ANCLAJE DE EQUIPOS.....	87
2.8.3	ALIMENTACIÓN DE AC, DC DEL SERVICE Y EL BASE RACKS.....	87
2.9	SISTEMA RADIANTE.....	101
2.10	CONFIGURACIÓN DE LA BTS.....	111

CAPÍTULO III

3.	PRUEBAS Y VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS.....	122
3.1	MEDICIONES Y PRUEBAS A SER REALIZADOS EN EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	122
3.1.1	PRUEBAS DE INTERFERENCIA.....	122
3.1.2	VERIFICACIÓN DE NIVELES DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DEL ENLACE.....	122
3.1.3	PRUEBAS DE PRBS DE ODUS SECUNDARIAS Y PRINCIPALES.....	123
3.1.4	PRUEBAS DE CONECTIVIDAD.....	124
3.1.5	MEDICIÓN Y PRUEBAS DE REDUNDANCIA DE VOLTAJE DE PSU QUE ALIMENTAN LA IDU.....	124
3.1.6	PRUEBA DE MÁSCARAS.....	125
3.1.7	REVISIÓN FÍSICA DE INSTALACIÓN.....	126
3.1.8	PRUEBAS DE LA RUTA PDH.....	126
3.1.9	PRUEBAS DE LA RUTA DE TRANSMISIÓN TOTAL.....	127
3.1.10	PRUEBAS DE CORRESPONDENCIA DEL PCMB ASIGNADO.....	127

3.2	MEDICIONES Y PRUEBAS A SER REALIZADOS EN EL SISTEMA DE RADIO FRECUENCIA.....	127
3.2.1	PRUEBAS DE VSWR (VOLTAGE STANDING WAVE RATIO) O ROE (RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA).....	128
3.2.2	PRUEBAS DE DTF (DISTANCE TO FAULT).....	130
3.2.3	CABLE LOSS O INSERTION LOSS (PERDIDAS DE INSERCIÓN).....	131
3.2.4	REVISIÓN FÍSICA DE SISTEMA RADIANTE.....	133
3.2.5	PRUEBAS DE POTENCIA DE PORTADORA.....	134
3.2.6	PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD DE BTS.....	134
3.2.7	VERIFICACIÓN DE NIVELES DE K.P.I, NIVELES EN CAMPO CERCANO Y ÁREA DE COBERTURA.....	136

CAPÍTULO IV

4.	PUESTA EN SERVICIO DE UNA RADIO BASE.....	137
4.1	FISCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	137
4.1.1	PRUEBAS DE INTERFERENCIA.....	137
4.1.2	VERIFICACIÓN DE NIVELES DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DEL ENLACE.....	138
4.1.3	PRUEBAS DE PRBS DE ODUS SECUNDARIAS Y PRINCIPALES.....	139
4.1.4	PRUEBAS DE CONECTIVIDAD.....	141
4.1.5	MEDICIÓN Y PRUEBAS DE REDUNDANCIA DE VOLTAJE DE PSU QUE ALIMENTAN LA IDU.....	142
4.1.6	PRUEBA DE MÁSCARAS.....	143
4.1.7	REVISIÓN FÍSICA DE INSTALACIÓN.....	143
4.1.8	PRUEBAS DE LA RUTA PDH.....	144
4.1.9	PRUEBAS DE LA RUTA DE TRANSMISIÓN TOTAL.....	145
4.1.10	PRUEBAS DE CORRESPONDENCIA DEL PCMB ASIGNADO.....	145
4.2	FISCALIZACIÓN EN EL SISTEMA DE RADIO FRECUENCIA.....	146
4.2.1	PRUEBAS DE VSWR (VOLTAGE STANDING WAVE RATIO) O ROE (RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA).....	146
4.2.2	PRUEBAS DE DTF (DISTANCE TO FAULT).....	148
4.2.3	CABLE LOSS O INSERTION LOSS (PÉRDIDAS DE INSERCIÓN).....	149
4.2.4	REVISIÓN FÍSICA DE SISTEMA RADIANTE.....	151
4.2.5	PRUEBAS DE POTENCIA DE PORTADORA.....	152
4.2.6	PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD DE BTS.....	153
4.3	VERIFICACIÓN DE NIVELES DE K.P.I, NIVELES EN CAMPO CERCANO Y ÁREA DE COBERTURA.....	157
4.3.1	INITIAL TUNING (AJUSTES DE PARÁMETROS).....	157
4.3.2	NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO POR EL MÓVIL "RXLEV SUB".....	161
4.3.3	DISTANCIA ENTRE LA BTS Y EL MÓVIL (TIME ADVANCE).....	163
4.3.4	NIVEL DE CALIDAD DE LA SEÑAL "FER" (FRAME ERROR RATE).....	164
4.3.5	IDENTIFICACIÓN DE CELDAS CELL ID.....	166

4.3.6	LLAMADAS CAÍDAS DENTRO DEL SISTEMA	167
4.3.7	VERIFICACIÓN DE NIVELES DE K.P.I.	168

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	174
5.1 CONCLUSIONES.	174
5.2 RECOMENDACIONES.	176
REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA.	177

ANEXOS

ANEXO 1: LISTA DE ACRÓNIMOS

ANEXO 2: DOCUMENTO DE FISCALIZACIÓN RBS TRANSMISIONES

ANEXO 3: DOCUMENTO DE FISCALIZACIÓN RBS RF

ANEXO 4: FORMULARIO PARA PATRONES DE RADIACIÓN DE ANTENAS

ANEXO 5: FORMULARIO PARA ESTUDIO TÉCNICO DE EMISIONES DE RNI

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO DE TABLAS	PÁGINA
CAPÍTULO I	
TABLA 1.1 CUADRO DE FRECUENCIA PARA TELEFONÍA CELULAR.....	29
TABLA 1.2 CUADRO DE FRECUENCIA PARA RADIO ENLACES PDH PARA LA BANDA DE 7GHz Y 8 GHz	29
TABLA 1.3 CUADRO DE FRECUENCIA PARA RADIO ENLACES PDH PARA LA BANDA DE 14GHz Y 15 GHz	31
TABLA 1.4 CUADRO FRECUENCIA PARA RADIO ENLACES PDH PARA LA BANDA 21,22 Y23 GHz	31
TABLA 1.5 LÍMITES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN DE RNI	34
CAPÍTULO II	
TABLA 2.1 ESTRUCTURAS UTILIZADAS PARA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS RADIO BASES	37
TABLA 2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIÓN SANTA MÓNICA	49
TABLA 2.3 NIVELES ÓPTIMOS PARA UN SERVICIO MÓVIL DE VOZ	53
TABLA 2.4 INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA NUEVA RADIO BASE.....	54
TABLA 2.5 CALIBRE DEL FEEDER SEGÚN LA DISTANCIA	59
TABLA 2.6 MÓDULOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE LA NUEVA RBS.....	99
CAPÍTULO III	
TABLA 3.1 ESPECIFICACIONES PARA 850 MHz	131
TABLA 3.2 ATENUACIÓN PARA 850 MHz	132
TABLA 3.3 ESPECIFICACIONES PARA 1900 MHz.....	132
TABLA 3.4 ATENUACIÓN PARA 1900 MHz.	133
CAPÍTULO IV	
TABLA 4.1 ARFCN 850 MHz / ARFCN 1900 MHz	156
TABLA 4.2 CONFIGURACIÓN DE LA ESTACIÓN SANTA MÓNICA Y LOS SITIOS COLINDANTES DE INFLUENCIA	159
TABLA 4.3 RESUMEN DE CAMBIOS REALIZADOS	159
TABLA 4.4 RESUMEN DE ESTADÍSTICAS DE DRIVE TEST.....	168
TABLA 4.5 ESTADÍSTICAS DE EFICIENCIA DROP CALL.....	169
TABLA 4.6 ESTADÍSTICAS DE EFICIENCIA TCH DROP	170
TABLA 4.7 ESTADÍSTICAS DE TRÁFICO.....	170
TABLA 4.8 ESTADÍSTICAS DE KPIs.....	171
TABLA 4.9 UMBRALES DE SERVICIO DE VOZ	172
TABLA 4.10 KPIs SANTA MÓNICA.....	172

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO DE FIGURAS	PÁGINA
CAPÍTULO II	
FIGURA 2.1 CICLO PARA VALIDACIÓN DE UN NUEVO SITIO	42
FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE LA RED GSM.....	43
FIGURA 2.3 UBICACIÓN DEL NUEVO SITIO Y SUS RESPECTIVAS CELDAS COLINDANTES.....	48
FIGURA 2.4 (A) ACCESO A LA RBS, (B) ESPACIO DONDE SE UBICARÁ LA RBS.....	49
FIGURA 2.5 (A) VISTA SECTOR 1(250º), (B) VISTA SECTOR 2 (310º).....	50
FIGURA 2.6 NIVELES DE SEÑAL OBTENIDOS EN LLAMADA LARGA	51
FIGURA 2.7 DISTRIBUCIÓN DEL FER OBTENIDO EN LLAMADA LARGA.....	52
FIGURA 2.8 PREDICCIONES DE COBERTURA FUTURA.	55
FIGURA 2.9 SIMULACIÓN DE LA LÍNEA DE VISTA A TRAVÉS DEL PATHLOSS	62
FIGURA 2.10 ESTUDIOS DE INGENIERÍA DEL ENLACE A TRAVÉS DEL SOFTWARE PATHLOSS	63
FIGURA 2.11 (A) UBICACIÓN DE IDU EN SANTA MÓNICA, (B) UBICACIÓN IDU EN CONOCOTO SUR	65
FIGURA 2.12 POLARIZACIÓN DE ANTENA MEDIANTE TWIST.....	66
FIGURA 2.13 INSTALACIÓN DE ANILLO DE CENTRADO.	67
FIGURA 2.14 INSTALACIÓN DEL HÍBRIDO SOBRE EL ANILLO DE CENTRADO.....	68
FIGURA 2.15 INSTALACIÓN DE ODUS.....	69
FIGURA 2.16 ESQUEMA DE CONEXIONES AL SISTEMA DE TIERRA DE LOS EQUIPOS. ⁴⁸	69
FIGURA 2.17 LIGHTNING ARRESTER.....	71
FIGURA 2.18 INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE TRANSMISIONES	71
FIGURA 2.19 PANTALLA DE CONFIGURACIÓN DE ENLACE.....	74
FIGURA 2.20 CONFIGURACIÓN DE LA MODULACIÓN, ANCHO DE BANDA Y NÚMERO DE E1	75
FIGURA 2.21 POTENCIA Y UMBRALES DE ALARMAS.....	76
FIGURA 2.22 SELECCIÓN DE FRECUENCIA.....	77
FIGURA 2.23 ESQUEMA PDH RUTA SANTA MÓNICA	79
FIGURA 2.24 CRUZADA DESDE DDF CONOCOTO SUR DIRECCIÓN CONOCOTO CENTRO A DDF CONOCOTO SUR DIRECCIÓN SANTA MÓNICA	80
FIGURA 2.25 PANTALLA DE HABILITACIÓN TRIBUTARIO 10,11	81
FIGURA 2.26 PANTALLA DE HABILITACIÓN TRIBUTARIO 1,2	81
FIGURA 2.27 SERVICIO LÓGICO E1 DE SANTA MÓNICA	83
FIGURA 2.28 ENTORCHADOS EN LA CENTRAL DE OTECEL PARA E1 DE SANTA MÓNICA	83
FIGURA 2.29 PANTALLA DE PCMB DE ESTACIÓN SANTA MÓNICA	84
FIGURA 2.30 CONFIGURACIÓN DE RF DE ESTACIÓN SANTA MÓNICA.	85

FIGURA 2.31 BS241 IIB	86
FIGURA 2.32 ANCLAJE DE RACK NSN	87
FIGURA 2.33 ALIMENTACIÓN PRINCIPAL DE ENERGÍA AC DE 220 V	88
FIGURA 2.34 (A) RECORRIDO DE CABLE DE ENERGÍA DC, (B) PUNTOS DE ALIMENTACIÓN DE DC.....	89
FIGURA 2.35 CABLE PROPIETARIO QUE TRANSPORTE ALARMAS EN BTS NOKIA	90
FIGURA 2.36 BORNERA PARA CABLEADO DE ALARMAS EXTERNAS	91
FIGURA 2.37 BANCO DE BATERÍAS DEL RACK DE SERVICIO	91
FIGURA 2.38 COBA 4P12	93
FIGURA 2.39 CONFIGURACIÓN DE DIPSWITCH PARA LA TARJETA COBA 4P12	94
FIGURA 2.40 COSA 4P12.	95
FIGURA 2.41 ECU	96
FIGURA 2.42 FCU	96
FIGURA 2.43 FDUAMCO.	98
FIGURA 2.44 MFDUANCO -HYDRID4.....	99
FIGURA 2.45 (A) FCU 850 - FCU 1900 – COBA, (B) FDUAMCO 850-MFDUAMCO 1900	100
FIGURA 2.46 ESPECIFICACIONES DE ANTENA DE RF	101
FIGURA 2.47 CORTES DE FEEDER	102
FIGURA 2.48 SUBIDA DE FEEDER	103
FIGURA 2.49 VULCANIZADO, ETIQUETADO DE JUMPER DE ANTENA.....	103
FIGURA 2.50 MONTAJE DE ANTENAS EN MONOPOLO	104
FIGURA 2.51 CLANEADO HORIZONTAL DE FEEDER.....	104
FIGURA 2.52 ATERRAMIENTOS Y VULCANIZADOS	106
FIGURA 2.53 MARQUILLADO SECTOR 1 - SECTOR 2	107
FIGURA 2.54 TILT MECÁNICO.....	108
FIGURA 2.55 TILT ELÉCTRICO	108
FIGURA 2.56 VARIACIÓN DE TILT	109
FIGURA 2.57 PARÁMETROS DE INSTALACIÓN DE SECTOR 1 DE RF.....	110
FIGURA 2.58 PARÁMETROS DE INSTALACIÓN DE SECTOR 2 DE RF.....	111
FIGURA 2.59 PANTALLA DE INICIALIZACIÓN LMT EVOLUTION	114
FIGURA 2.60 PANTALLAS DE ACTUALIZACIÓN DE VERSIÓN SOFTWARE.....	116
FIGURA 2.61 PANTALLAS DE COMISIONAMIENTO BTS FASE II	119
FIGURA 2.62 PANTALLAS DE COMISIONAMIENTO FASE III	120

CAPÍTULO III

FIGURA 3.1 (A) INTERFAZ DIGITAL A 2048 KBIT/S, (B) MÁSCARA PARA EL IMPULSO PARA UNA INTERFAZ A 2048 KBIT/S.....	126
FIGURA 3.2 (A) ONDA INCIDENTE, (B) ONDA REFLEJADA, (C) ONDA ESTACIONARIA	129

CAPÍTULO IV.

FIGURA 4.1 PANTALLAS DE INTERFERENCIA, (A) SANTA MÓNICA, (B) CONOCOTO SUR.....	138
FIGURA 4.2 VALORES DE POTENCIA DE ENLACE EN ENLACE DE MW	139
FIGURA 4.3 RESULTADOS DE PRUEBAS CON PATTERN	140
FIGURA 4.4 ENLACE INTEGRADO A SISTEMA DE GESTIÓN	141
FIGURA 4.5 PRUEBAS DE CONECTIVIDAD LOCAL Y REMOTO DEL ENLACE	142
FIGURA 4.6 MEDICIÓN DE VOLTAJE DE RECTIFICADOR QUE ALIMENTA EL ENLACE	142
FIGURA 4.7 PRUEBAS DE MÁSCARAS EN PATTERN	143
FIGURA 4.8 EJEMPLO DE ETIQUETADO DE IDU.....	144
FIGURA 4.9 PRUEBAS DE PATTERN RUTA TOTAL.....	145
FIGURA 4.10 VALIDACIÓN DE CORRESPONDENCIA DE E1 EN LA PLATAFORMA RADIO COMANDER.....	146
FIGURA 4.11 MEDICIÓN DE VSWR SIN CARGA.....	147
FIGURA 4.12 MEDICIÓN DE VSWR CON CARGA.....	148
FIGURA 4.13 MEDICIÓN DE DTF.....	149
FIGURA 4.14 (A) MEDICIÓN DE CABLE LOSS 850MHz, (B) MEDICIÓN DE CABLE LOSS 1900 MHz	150
FIGURA 4.15 VULCANIZADO EN LA UNIÓN FEEDER – JUMPER.....	151
FIGURA 4.16 (A) EQUIPO DE MEDICIÓN DE POTENCIA, (B) VALOR DE POTENCIA EN UNO DE LOS TRX	152
FIGURA 4.17 CONFIGURACIÓN DE A-BIS.....	154
FIGURA 4.18 MAPA DE COBERTURA DE LA ESTACIÓN SANTA MÓNICA	160
FIGURA 4.19 MAPA DE COBERTURA CON ESTACIONES VECINAS	161
FIGURA 4.20 NIVELES DE SEÑAL OBTENIDOS POR EL ESCÁNER BEST SERVER PARA 850 MHz.....	162
FIGURA 4.21 NIVELES DE SEÑAL OBTENIDOS POR EL ESCÁNER BEST SERVER PARA 1900 MHz.....	162
FIGURA 4.22 DISTRIBUCIÓN DE TIMING ADVANCE LLAMADA LARGA.....	163
FIGURA 4.23 DISTRIBUCIÓN DE TIMING ADVANCE LLAMADA CORTA	164
FIGURA 4.24 DISTRIBUCIÓN DEL FER LLAMADA LARGA	165
FIGURA 4.25 DISTRIBUCIÓN DEL FER LLAMADA CORTA	165
FIGURA 4.26 DISTRIBUCIÓN DE CELL ID LLAMADA LARGA	166
FIGURA 4.27 DISTRIBUCIÓN DE CELL ID LLAMADA CORTA.....	167

RESUMEN

Para cumplir las regulaciones con las cuales se rige la planificación y diseño de nuevas Radio Bases GSM primeramente, se indican las normas, las regulaciones de este sistema de comunicación celular, el cual ha revolucionado el mundo actual al punto de ser la tecnología dominante en el mundo de las telecomunicaciones, por lo tanto será importante analizar los procesos empleados en la instalación con el fin de proporcionar la tan ansiada movilidad y portabilidad a todos los abonados, lo que ha garantizado el éxito y la difusión mundial de este sistema de comunicaciones logrando así que los abonados se puedan comunicar en todos lados, con cualquier usuario en cualquier parte del mundo y sobre todo en cualquier momento.

Además se analiza el procedimiento a seguir para realizar la implementación de una nueva radio base GSM, todo en base al régimen de servicio universal en el cual se debe garantizar el acceso a las nuevas tecnologías dentro del territorio nacional Ecuatoriano y su acceso está garantizado a través de los organismos de control por lo cual se estudiará el ciclo a seguir en cada nueva instalación de una radio base, todo esto basado en la arquitectura de la red GSM y cumpliendo los reglamentos de telecomunicaciones.

Se establecen las pruebas necesarias que deben ser realizados en los sistemas de Radio Frecuencia y Transmisiones en la nueva estación para asegurar un correcto funcionamiento de los mismos. Con lo cual se procede a la verificación de todos los parámetros que se deben tener en cuenta para un óptimo funcionamiento, todo esto se realizará en presencia del personal de fiscalización, el cual validará lo realizado, para al final de la fiscalización poder desbloquear la estación para que comience a irradiar y así continuar con el proceso de "INITIAL TUNING"

PRESENTACIÓN

En este Proyecto se indican los procedimientos a seguir para la implementación de una nueva Radio Base, desde cómo se identifica las zonas muertas o de poca cobertura, posteriormente la realización de la zona de búsqueda, la implementación para el nuevo sitio hasta cuando la estación está lista para ponerla en modo comercial.

Todos los lineamientos para la nueva estación se basan en los protocolos existentes por parte de la operadora, el resultado de este Proyecto se refleja en 2 archivos de sitio que se deberán llenar en la radio base por parte de fiscalización, en los cuales están todos los parámetros necesarios a tomar en cuenta para un posterior buen funcionamiento de la nueva estación.

Otro aspecto importante a destacar en este Proyecto es que los lineamientos establecidos para una radio base GSM, son los mismos a seguir para las nuevas tecnologías como son UMTS, HSPA+ y LTE, con lo cual y en base a lo expuesto en este Proyecto se tendrá la pauta para un despliegue de las futuras radio bases las cuales tienen como base la GSM.

Al final de este Proyecto se puede identificar las diferentes mediciones que se realizan para optimizar una nueva radio base y las celdas colindantes esto con el fin de dar la mejor calidad en el servicio que se está brindando con lo cual se establece las conclusiones, recomendaciones para que el desempeño a lograrse de la estación sea el mejor y satisfaga así lo que la operadora deseaba brindar a sus abonados.

CAPÍTULO I

1. MARCO REGULATORIO

El desarrollo de este Proyecto de titulación estará basados en los reglamentos para el servicio de telefonía móvil celular el cual en su Artículo 2 nos indica que:

La prestación del servicio de telefonía móvil celular se regirá por la Ley Especial de Telecomunicaciones, por la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, por el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, por el Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias, por el Reglamento de Interconexión y Conexión entre Redes y Sistemas de Telecomunicaciones, por las Normas y Regulaciones Expedidas por el CONATEL. Lo no previsto en estos instrumentos se regirá por las disposiciones del derecho común. [1]

En base a los reglamentos mencionados anteriormente, se irá tomando extractos de estas leyes y resoluciones para la elaboración de lo que se debe tener en cuenta para la instalación de una nueva Radio Base.

Así se abordará primeramente el Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil Celular

1.1 REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR

1.1.1 GENERALIDADES [1]

Art.1.- Objetivo.- *El presente Reglamento tiene por objeto regular, normar, supervisar y permitir la explotación de los Servicios de Telefonía Móvil Celular (STMC) a través de Redes Públicas de Telefonía Móvil (RPTM).*

Art.2.- Régimen Legal.- *La prestación del servicio de telefonía móvil celular se regirá por la Ley Especial de Telecomunicaciones, por la Ley Reformatoria a la*

Ley Especial de Telecomunicaciones, por el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, por este Reglamento, por el Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias, por el Reglamento de Interconexión y Conexión entre Redes y Sistemas de Telecomunicaciones, por las Normas y Regulaciones expedidas por el CONATEL. Lo no previsto en estos instrumentos se regirá por las disposiciones del derecho común.

Art. 12.- *El área geográfica de cobertura del servicio será todo el territorio nacional; la Operadora presentará a la SNT un plan de expansión para lograr dicha cobertura. Dicho plan de expansión será preparado de acuerdo a los lineamientos que para el efecto establezca el CONATEL. En el caso de que el Plan no sea aprobado, el CONATEL se reserva el derecho de conceder las áreas geográficas no concesionadas, a otras operadoras. A partir de la aprobación de dicho plan cualquier expansión no tendrá nuevos derechos de concesión. La Operadora tiene la obligación de cumplir con el plan de expansión y de informar de los avances a la Superintendencia de Telecomunicaciones y a la SNT.*

Art. 18.- Planos de instalación.- *La Operadora someterá, para su registro y aprobación, a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones los planos de instalación de las estaciones de telefonía celular, con por lo menos quince (15) días de anticipación al inicio de la obra; una copia de los mismos será enviada a la Superintendencia de Telecomunicaciones para el respectivo control.*

1.1.2 DE LAS AUTORIZACIONES DEL USO DE FRECUENCIAS [1]

Art. 21.- *Corresponde a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la gestión y administración de todo el espectro radioeléctrico ¹que demanden las RPTM para su operación.*

¹ **Espectro Radioeléctrico:** constituye un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial

Todos los aspectos relativos al uso del espectro radioeléctrico por parte de cualquier concesionario se registrarán por el Reglamento de Radiocomunicaciones.

Art. 23.- Procedimiento para la autorización de uso de frecuencias.- *La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, previa aprobación del CONATEL y de conformidad con el Reglamento de Radiocomunicaciones y el Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias otorgará la autorización de uso de las frecuencias integrada a concesión para la prestación del servicio de telefonía móvil celular, para lo cual la Operadora deberá adjuntar la siguiente documentación:*

- a) Ubicación de las centrales de conmutación² del servicio de telefonía móvil celular y de las estaciones bases del sistema de telefonía móvil celular;*
- b) Número de frecuencias requeridas para cada estación base del sistema de telefonía móvil celular, conforme al tráfico esperado;*
- c) Plan de uso de frecuencias radioeléctricas³;*
- d) Cálculos de áreas de cobertura⁴ de las estaciones bases del sistema de telefonía móvil celular; los mapas serán el resultado de la predicción computarizada de coberturas, actualizados con mediciones de campo;*
- e) Características técnicas de las centrales de conmutación del servicio de telefonía móvil celular en las que describa la capacidad del sistema para la conexión a la red pública de telefonía fija y el sistema de control utilizado para manejar las estaciones terminales;*

² **Central de conmutación:** es el lugar (puede ser un edificio, un local, una caseta o un contenedor), utilizado por una empresa operadora de telefonía, donde se albergan los equipos de conmutación y los demás equipos necesarios, para la operación de las llamadas telefónicas

³ **Espectro radioeléctrico:** puede ser entendido como el medio en el que se propagan las ondas electromagnéticas que son empleadas en dicho tipo de comunicaciones para transmitir información (datos, imágenes, voz, sonido, etc.).

⁴ **Área de cobertura:** se refiere al área geográfica en la que se dispone de un servicio de Telefonía Celular

- f) *Características técnicas de las estaciones del sistema de telefonía móvil celular;*
- g) *Características de los enlaces físicos y radioeléctricos necesarios para la interconexión del sistema; y,*
- h) *Número de estaciones del sistema de telefonía móvil celular que integran la red.*

Para la utilización de las frecuencias de las celdas la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones está autorizada por el CONATEL para aprobar de oficio dichas solicitudes en el término de cuarenta y cinco (45) días de la presentación de toda la documentación requerida, las que serán incorporadas como parte del contrato. En caso de no haber respuesta en dicho plazo se dará por autorizada.

Art. 28.- Parámetros mínimos de calidad del servicio.- *La Operadora presentará a la Superintendencia de Telecomunicaciones informes trimestrales sobre los siguientes parámetros mínimos de calidad de servicio:*

- a) *Reutilización de frecuencias con un diseño de cobertura basado en una relación portadora a interferencia mayor o igual que 17dB⁵, para sistemas digitales y mayor o igual a 24dB para sistemas analógicos;*
- b) *Grado de servicio del canal de acceso <UN> 1 % (menor o igual que uno por ciento);*
- c) *Grado de servicio del canal de voz <UN> 2% (menor o igual que dos por ciento), según la Tabla de Erlang B⁶, en la hora cargada de cada estación del sistema.*
- d) *Grado de servicio de las troncales hacia la red telefónica pública <UN> 1% (menor o igual que uno por ciento);*
- e) *Bloqueo de llamadas transferidas (Hand-Off o Handover)⁷ <UN>2% (menor o igual que dos por ciento).*

⁵ **dB:** abreviatura de la unidad decibelio

⁶ **Erlang:** unidad adimensional utilizada en telefonía como una medida estadística del volumen de tráfico

- f) **Caída de llamadas:** Si durante la hora cargada se establecen Q llamadas en una hora y n llamadas se caen, con lo cual Q-n se mantienen, entonces el porcentaje de caída de llamadas es $n \times 100/Q$. Se establece un valor no mayor que 2% para estaciones con celda o celdas adyacentes en todo su perímetro, no mayor que 5% para estaciones con celda o celdas adyacentes, pero que éstas no cubran el perímetro total de la estación, y no mayor que 7% para estaciones sin celdas adyacentes; y,
- g) **Llamadas completadas:** La tasa de compleción de las llamadas, será superior al 60% hacia abonados fijos y superior al 80% hacia abonados celulares.

Art. 37.- Interferencias.- La Operadora será la única responsable por las interferencias radioeléctricas⁸ que las estaciones de su sistema puedan causar a otros sistemas de radiocomunicaciones, previamente autorizados, o por daños que puedan causar sus instalaciones a terceros, y estará obligada a solucionar a su costo y a reconocer daños y perjuicios.

En caso de que las frecuencias asignadas a la Operadora de STMC sufrieren interferencias por terceros, la Superintendencia de Telecomunicaciones procederá, en el término de diez (10) días a determinar la interferencia. El causante de la interferencia se someterá a lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones.

⁷ **Hand Off o Hand Over:** Sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente en una de las estaciones.

⁸ **Interferencias radioeléctricas:** se definen como el efecto de una energía no deseada sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, lo que provoca una degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de información respecto a la que se podría obtener en ausencia de la misma.

1.1.3 INFRACCIONES Y SANCIONES [1]

Art. 41.- *Son infracciones a la prestación del STMC cualquier acción u omisión que conduzca a un deterioro de la calidad del servicio prestado; o que no permita la interconexión con otras redes de telecomunicaciones legalmente autorizadas; o no acatar las disposiciones legales y reglamentarias vigentes, o las que sobre la materia dicte el CONATEL.*

Art. 42.- Infracciones.- *De conformidad a lo estipulado en el artículo 28 de la Ley Especial de Telecomunicaciones, constituyen infracciones a la Ley en la prestación del STMC las siguientes:*

1.- Infracciones de primera clase:

- *No proporcionar información requerida al cliente en los términos establecidos en el Reglamento.*
- *No llevar los registros y estadísticas del control de calidad.*
- *Suspender el servicio en una o más celdas del sistema sin causa justificada por un período mayor a dos días.*
- *No prestar los servicios en los términos y condiciones, establecidos en el contrato de servicio con los abonados.*
- *No implementar un sistema eficiente de recepción y reparación de daños.*

2.- Infracciones de segunda clase:

- *No proveer a los usuarios, que lo soliciten, cualquiera de los servicios autorizados.*
- *No cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en el contrato de concesión o en el presente Reglamento.*
- *No acatar las disposiciones legales y reglamentarias vigentes, o las que dicte el CONATEL.*
- *Cobrar tarifas sobre las máximas permitidas, o tarifas no autorizadas.*
- *Conectar equipos terminales no homologados.*
- *Violación al derecho al secreto de las telecomunicaciones.*

- *No otorgar facilidades para que la Superintendencia de Telecomunicaciones revise e inspeccione las instalaciones de la operadora.*
- *La conducta culposa o negligente que ocasione daños, interferencias o perturbaciones en cualquier red de telecomunicaciones debidamente autorizada.*
- *Incumplir reiteradamente con requerimientos y con la presentación de información que debe proporcionar a la SNT o a la Superintendencia de Telecomunicaciones en los términos especificados en el presente Reglamento y en el contrato de concesión.*

3.- Infracciones de tercera clase:

- *Utilizar frecuencias radioeléctricas no autorizadas.*
- *Utilizar la concesión en una forma distinta a la permitida.*
- *La conexión de otras redes de telecomunicaciones al servicio de telefonía móvil celular sin previa autorización del CONATEL.*
- *La producción deliberada de interferencias definidas como perjudiciales en el Convenio Internacional de Telecomunicaciones.*
- *Prestar el servicio de telefonía móvil celular en áreas no autorizadas a su concesión.*

Art. 43.- Sanciones.- *La operadora de STMC que incurra en cualquiera de las infracciones señaladas en el artículo anterior, sin perjuicio de la reparación de los daños ocasionados, será juzgado y sancionado por la Superintendencia de Telecomunicaciones con una de las siguientes sanciones:*

- a. Amonestación escrita y otorgamiento de un plazo razonable para reparación o corrección de la causa de la infracción;*
- b. Sanción pecuniaria de uno hasta cincuenta salarios mínimos vitales generales, y otorgamiento de un plazo razonable para corregir la causa de la infracción;*
- c. Suspensión temporal de los servicios, y la sanción económica, que le imponga la Superintendencia de Telecomunicaciones;*
- d. Suspensión definitiva de la concesión para operar el STMC; y,*

- e. *Cancelación de la concesión o autorización y negativa al otorgamiento de nuevas.*

La cancelación definitiva sólo se aplicará si la causa de la suspensión temporal no es corregida dentro de un plazo razonable concedido. La Superintendencia de Telecomunicaciones no podrá aplicar por sí sola esta sanción, su aplicación corresponde únicamente al CONATEL, mediante Resolución, y en concordancia con los términos del contrato de concesión, previo informe de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Art. 44.- *Para las infracciones de primera clase se aplicará la sanción dispuesta en el Art. 43 literal a). Si la operadora incumple con lo dispuesto en la sanción en períodos del año, se aplicará la sanción dispuesta en el Art. 43 literal b) hasta por tres veces, luego de lo cual se aplicará la sanción señalada en el Art. 43 literal c).*

Art. 45.- *Para las infracciones de segunda clase se aplicará la sanción dispuesta en el Art. 43 literal c). Si la operadora, luego de cancelar la multa impuesta y transcurrido el plazo razonable concedido no repara la causa de la infracción, se aplicará esta sanción hasta por tres veces luego de lo cual se aplicará lo señalado en el Art. 43 literal d).*

Art. 46.- *Para las infracciones de tercera clase se aplicará la sanción dispuesta en el Art. 43 literal d). Si la operadora incumple con lo dispuesto en la sanción, se aplicará la sanción dispuesta en el Art. 43 literal e), en los términos que allí se indican.*

Art. 47.- *El proceso para la imposición de las sanciones se efectuará en base a lo estipulado en los artículos 30 al 33 de la Ley Especial de Telecomunicaciones.*

Art. 48.- *Las multas que cause la aplicación de este Reglamento se pagarán en la Superintendencia de Telecomunicaciones.*

Art. 49.- *La Superintendencia de Telecomunicaciones cobrará las multas, de ser el caso, por la vía coactiva.*

En este reglamento se identifica las normas para realizar la explotación de los servicios de Telefonía Celular, los cuales deben basarse en un plan de expansión, en el cual se tenga como finalidad brindar un servicio de calidad a todo el Territorio Nacional Ecuatoriano incluyendo a la región Peninsular, todo este plan de expansión de cobertura queda registrado y es aprobado para la posterior implementación de las nuevas radios bases

1.2 REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES

1.2.1 ALCANCE Y DEFINICIONES [2]

Art. 1.- *El presente reglamento tiene como finalidad establecer las normas y procedimientos generales aplicables a las funciones de planificación, regulación, gestión y control de la prestación de servicios de telecomunicaciones y la operación, instalación y explotación de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, datos y sonidos por cualquier medio; y el uso del espectro radioeléctrico.*

1.2.2 DEL RÉGIMEN DE LOS SERVICIOS [2]

Art. 3.- *De conformidad con la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, los servicios de telecomunicaciones se clasifican en servicios finales y portadores.*

Art. 5.- *Para la prestación de un servicio de telecomunicaciones, se requiere un título habilitante, que habilite específicamente la ejecución de la actividad que realice.*

Art. 6.- *Son servicios finales de telecomunicaciones son aquellos que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios, incluidas las funciones de equipo terminal y que generalmente requieren elementos de conmutación.*

1.2.3 DEL RÉGIMEN DEL SERVICIO UNIVERSAL [2]

Art. 22.- *Denominase Servicio Universal a la obligación de extender el acceso de un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones aprobados por el CONATEL a todos los habitantes del territorio nacional, sin perjuicio de su condición económica, social o su localización geográfica, a precio asequible y con la calidad debida.*

La implantación de los proyectos del servicio universal en áreas rurales y urbano-marginales, que no hayan sido contemplados en los planes de expansión de los prestadores de servicios aprobados por el CONATEL ni en los títulos habilitantes, será financiada con recursos provenientes del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Urbano-Marginales FODETEL.

1.2.4 DEL RÉGIMEN DEL OPERADOR DOMINANTE [2]

Art. 27.- *Se considerará como operador dominante al proveedor de servicios de telecomunicaciones que haya tenido, al menos, el treinta por ciento (30%) de los ingresos brutos de un servicio determinado en el ejercicio económico inmediatamente anterior, o que, en forma efectiva, controle, directa o indirectamente, los precios en un mercado o en un segmento de mercado o en una circunscripción geográfica determinados; o, la conexión o interconexión a su red.*

1.2.5 DEL RÉGIMEN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO [2]

Art. 47.- *El espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado perteneciente al dominio público del Estado; en consecuencia es inalienable e imprescriptible.*

La planificación, administración y control de su uso corresponde al Estado a través del CONATEL, la Secretaría y la Superintendencia en los términos de la Ley Especial de Telecomunicaciones, sus reformas y este reglamento y

observando las normas y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Art. 48.- *El uso del espectro deberá observar los siguientes principios:*

- a. *El Estado debe fomentar el uso y explotación del espectro radioeléctrico y de los servicios de radiocomunicación, de una manera racional y eficiente a fin de obtener el máximo provecho;*
- b. *El uso del espectro radioeléctrico es necesario para la provisión de los servicios de Telecomunicaciones y deberá, en todos los casos, ajustarse al Plan Nacional de Frecuencias;*
- c. *Las decisiones sobre las concesiones de uso del espectro deben hacerse en función del interés público, con total transparencia y buscando la mayor eficiencia en su asignación, evitando la especulación y garantizando que no existan interferencias perjudiciales en las asignaciones que corresponda;*
- d. *El título habilitante para la prestación y explotación de los servicios de telecomunicaciones que requieran de espectro deberá obtenerse obligatoriamente, en forma simultánea, con la concesión del uso del espectro;*
- e. *Las frecuencias asignadas no podrán ser utilizadas para fines distintos a los expresamente contemplados en los correspondientes títulos habilitantes. El uso indebido será causa suficiente para que las frecuencias reviertan al Estado, sin que por ello se deba indemnización de ninguna especie;*
- f. *El plazo máximo para que se instalen y entren en operación continua y regular los sistemas de transmisión y recepción radioeléctrica será de un (1) año, contado a partir de la fecha de la aprobación del título habilitante. El título habilitante incluirá una disposición en virtud de la cual la violación de las condiciones aquí establecidas, originará su cancelación; y,*
- g. *En caso necesario, el CONATEL podrá reasignar o reducir una asignación de espectro hecha a favor de un concesionario, lo que le*

dará derecho a una asignación alternativa de espectro y a una justa indemnización, de conformidad con las normas del presente reglamento.

Art. 49.- *El CONATEL establecerá el Plan Nacional de Frecuencias, incluyendo la atribución de bandas a los distintos servicios y su forma de uso, la asignación de frecuencias y el control de su uso. Todos los usuarios del espectro radioeléctrico deberán cooperar para eliminar cualquier interferencia perjudicial.*

La administración del espectro radioeléctrico perseguirá los siguientes objetivos:

- a. Optimizar el uso del espectro radioeléctrico;*
- b. Permitir el desarrollo tecnológico de las telecomunicaciones del Ecuador;*
- c. Garantizar el uso de las frecuencias sin interferencias perjudiciales;*
- d. Evitar la especulación con la asignación de frecuencias;*
- e. Asegurar el acceso igualitario y transparente al recurso; y,*
- f. Reservar los recursos del espectro necesarios para los fines de seguridad nacional y seguridad pública.*

El CONATEL, en nombre del Estado ecuatoriano asignará las bandas de frecuencia que serán administradas por el CONARTEL, el que podrá autorizar su uso, únicamente sobre dichas bandas, aplicando las normas del presente reglamento.

Art. 51.- *El uso del espectro radioeléctrico para telecomunicaciones podrá consistir en uso privativo, uso compartido, uso experimental, o uso reservado y su asignación, siempre requerirá de una concesión.*

Uso privativo es la utilización de una frecuencia o bandas de frecuencias del espectro, para un servicio de telecomunicaciones específico que, por razones técnicas, no puede ser utilizada sino por un solo concesionario. El Estado garantizará que su uso esté libre de interferencias perjudiciales.

Uso compartido es la utilización de una frecuencia o bandas de frecuencias del espectro para un servicio de telecomunicaciones simultáneo por varios concesionarios

Art. 52.- El procedimiento para la asignación de frecuencias de uso privativo distinguirá dos casos:

- a. Las frecuencias esenciales al servicio, es decir aquellas íntimamente vinculadas a los sistemas involucrados en la prestación final del servicio; y,*
- b. Las frecuencias no esenciales usadas como soporte de transmisión entre estaciones.*

En el primer caso, la obtención del título habilitante de las frecuencias esenciales deberá estar integrada al proceso de obtención del título habilitante del servicio correspondiente.

En el segundo caso, la obtención del título habilitante de las frecuencias no esenciales, es un proceso independiente que puede realizarse o no simultáneamente con el proceso de obtención del título habilitante principal.

El título habilitante para frecuencias esenciales tendrá la misma duración que el título habilitante del servicio; el plazo de duración y la forma de renovación de la concesión constarán en su texto.

El título habilitante de frecuencias no esenciales tendrá una duración de 5 años renovables de acuerdo a los procedimientos establecidos por el CONATEL.

El título habilitante de uso de frecuencias compartidas tendrá una duración de 5 años renovables de acuerdo a los procedimientos establecidos por el CONATEL.

El título habilitante de uso de frecuencias experimentales y reservadas tendrá una duración máxima de dos años renovables de acuerdo a los procedimientos establecidos por el CONATEL.

Art. 53.- *Todas las solicitudes de títulos habilitantes de uso del espectro radioeléctrico que presenten los interesados a la Secretaría para obtener su concesión contendrán como mínimo, la siguiente información:*

- a. Identificación del solicitante;*
- b. Estudio de ingeniería correspondiente;*
- c. Servicios que se ofrecerán.*

1.2.6 DE LAS NORMAS COMUNES PARA EL OTORGAMIENTO DE TÍTULOS HABILITANTES [2]

Art. 59.- *La prestación de servicios de telecomunicaciones y el uso de las frecuencias radioeléctricas requerirán de un título habilitante según el tipo de actividad de que se trate.*

Art. 60.- *Previa autorización del CONATEL, la Secretaría otorgará, a personas naturales o jurídicas domiciliadas en el Ecuador que tengan capacidad técnica y financiera, títulos habilitantes que consistirán en concesiones y permisos.*

Concesiones para:

- a. Prestación de servicios finales, las cuales comprenden el establecimiento de las redes necesarias para proveer tales servicios;*
- b. Prestación de servicios portadores, las cuales comprenden el establecimiento de las redes necesarias para proveer tales servicios; y,*
- c. La asignación del espectro radioeléctrico.*

Permisos para:

- a. Prestación de servicios de valor agregado; y,*
- b. Instalación y operación de redes privadas.*

Art. 61.- *La Secretaría en un término máximo de diez (10) días, luego de la presentación de la documentación completa por parte del peticionario, pondrá en conocimiento del público los datos generales de cada petición en su página electrónica.*

1.2.7 DE LOS TÍTULOS HABILITANTES EN TELECOMUNICACIONES [2]

1.2.7.1 De las concesiones [2]

Art. 72.- *La concesión es la delegación del Estado para la instalación, prestación y explotación de los servicios a los cuales se refiere la ley; así como para el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, mediante la suscripción de un contrato autorizado por el CONATEL y ejecutado por el Secretario Nacional de Telecomunicaciones, con una persona natural o jurídica domiciliada en el Ecuador.*

Art. 73.- *El peticionario de una concesión para prestar servicios de telecomunicaciones deberá presentar, ante la Secretaría, una solicitud acompañada de la siguiente información de carácter técnico y económico:*

- a. Identificación y generales de ley del solicitante;*
- b. Una descripción técnica detallada de cada servicio propuesto, incluyendo el alcance geográfico mínimo de éste;*
- c. Un anteproyecto técnico que describa los equipos, redes, la localización geográfica de los mismos y los elementos necesarios para demostrar la viabilidad técnica del proyecto;*
- d. Los requerimientos de conexión e interconexión;*
- e. Análisis general de la demanda de los servicios objeto de la solicitud;*
- f. La identificación de los recursos del espectro radioeléctrico que sean necesarios, si fuere el caso, con precisión de bandas y anchos requeridos;*
- g. Plan tarifario propuesto; y,*
- h. Plan de inversiones mínimo.*

Toda la información anterior, salvo la descrita en las letras a), d) y f) será considerada confidencial.

1.2.7.2 De los permisos [2]

Art. 78.- *El permiso es un título habilitante mediante el cual la Secretaría, previa decisión del CONATEL, autoriza a una persona natural o jurídica para operar una red privada o prestar servicios de valor agregado.*

Art. 79.- *El solicitante de un permiso deberá presentar ante la Secretaría, una solicitud acompañada de la siguiente información de carácter técnico y económico:*

- a. Identificación y aspectos generales de ley del solicitante;*
- b. Descripción técnica detallada de cada servicio propuesto, incluyendo el alcance geográfico de éste;*
- c. Anteproyecto técnico para demostrar la viabilidad de la solicitud;*
- d. Los requerimientos de conexión.*

La información contenida en las letras b) y c) será considerada confidencial.

Para el caso de pedido de ampliación de servicios la Secretaría requerirá del solicitante la información complementaria que sea necesaria a más de los requisitos arriba mencionados.

1.2.8 DEL RÉGIMEN DE REGULACIÓN Y CONTROL [2]

Art. 86.- *La actuación pública en el sector de telecomunicaciones se llevará a cabo por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y la Superintendencia de Telecomunicaciones, de conformidad con las competencias atribuidas por la ley y este reglamento.*

En consecuencia dichos organismos deberán actuar coordinadamente en el desempeño de sus actividades para la consecución de sus fines. Los reglamentos orgánico-funcionales del CONATEL, la Secretaría y la Superintendencia

establecerán disposiciones que permitan una interacción adecuada, fluida y continua.

1.2.9 DEL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES [2]

Art. 87.- *El CONATEL es el ente público encargado de establecer, en representación del Estado, las políticas y normas de regulación de los servicios de telecomunicaciones en el Ecuador. Su organización, estructura y competencias se regirán por la ley, este reglamento y demás normas aplicables.*

Además de las atribuciones previstas en la ley, corresponde al CONATEL:

- a. Aprobar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones y sus modificaciones;*
- b. Regular la prestación de los servicios de telecomunicaciones y el uso del espectro radioeléctrico;*
- c. Dictar las medidas necesarias para que los servicios de telecomunicaciones se presten con niveles apropiados de calidad y eficiencia;*
- d. Dictar normas para la protección de los derechos de los prestadores de servicios de telecomunicaciones y usuarios;*
- e. Aprobar el Plan Nacional de Frecuencias;*
- f. Fijar los estándares necesarios para asegurar el adecuado funcionamiento e interoperabilidad entre redes de telecomunicaciones;*
- g. Crear comisiones especiales para materias específicas vinculadas con su competencia;*

1.2.10 DE LA SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES [2]

Art. 110.- *La Superintendencia de telecomunicaciones es el organismo técnico responsable de ejercer la función de supervisión y control de las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas del sector de las telecomunicaciones a fin de que sus actividades se sujeten a las obligaciones legales reglamentarias y las contenidas en los títulos habilitantes.*

Corresponde a la Superintendencia:

- a. Cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL;*
- b. Controlar y monitorear el uso del espectro radioeléctrico, tomando en cuenta el Plan Nacional de Frecuencias;*
- c. Controlar que las actividades técnicas de los prestadores de servicios de telecomunicaciones se ajusten a las normas contractuales, reglamentarias y legales; y tratados internacionales ratificados por el Ecuador;*
- d. Supervisar el cumplimiento de los títulos habilitantes otorgados válidamente;*
- e. Supervisar el cumplimiento de las normas de homologación⁹ y normalización aprobadas por el CONATEL;*
- f. Controlar la correcta aplicación de los pliegos tarifarios aprobados por el CONATEL;*
- g. Aplicar las normas de protección y estímulo a la libre competencia previstas en la ley y reglamentos;*
- h. Homologar los equipos terminales de telecomunicaciones;*
- i. Fijar los valores que deban cobrarse por concepto de tasa de servicios de control para aquellas prestadoras de servicios que no tienen concesión de frecuencias, para los medios, sistemas y servicios de radiodifusión y televisión, así como para los prestadores de servicios que no aportan para el presupuesto de la Superintendencia fijar los valores por concepto de servicios administrativos; y, efectuar su recaudación.*

El reglamento identifica los servicios que pueden prestar las operadoras, lo que necesitan las mismas para poder brindar dichos servicios. Haciendo énfasis nuevamente en la obligación de las operadoras de brindar el acceso a todas las personas, en todas las áreas geográficas del Ecuador. Para lo cual establece

⁹ **Homologación:** es el término que se usa en varios campos para describir la equiparación de las cosas, ya sean éstas características, especificaciones o documentos.

organismos de control para la regularizar la expansión de los servicios ya sea en áreas Urbanas, Rurales y Urbano Marginales.

Todo esto fundamentado en una explotación eficiente y racional del espectro radioeléctrico, todo en base a los estudios de ingeniería que abalizan los planes de expansión de cobertura de los servicios de Telefonía Celular, lo cual es controlado por los diferentes organismos que intervienen en cada una de las fases de implementación y puesta en marcha de la Radio Base.

1.3 REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES [3]

Art. 1.- Objetivo.- *El presente reglamento tiene por objeto, fomentar el uso y explotación del espectro radioeléctrico y de los servicios de radiocomunicación, de una manera eficaz, eficiente y regulada dentro del territorio nacional, a fin de obtener el máximo provecho de este recurso.*

Art. 2.- Definiciones de Radiocomunicación y Servicio de Radiocomunicación.- *Se definen de la siguiente manera:*

Radiocomunicación.- *Toda telecomunicación transmitida por medio de las ondas radioeléctricas.*

Servicio de Radiocomunicación.- *Servicio que implica la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación.*

Los diferentes servicios de radiocomunicación se definen en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

1.3.1 DISPOSICIONES GENERALES [3]

Art. 4.- Administración y Gestión del Espectro Radioeléctrico.- *La SNT realizará la administración y gestión del espectro radioeléctrico en Ecuador de acuerdo a las políticas dictadas por el CONATEL, mediante la aplicación del Plan Nacional de Frecuencias.*

Todo servicio de radiocomunicación debe tener la autorización correspondiente de la SNT.

El control y monitoreo del espectro y de los sistemas y servicios de radiocomunicación lo realizará la SUPTEL.

Otros aspectos técnicos y administrativos de los servicios y sistemas de radiocomunicación no establecidos en el presente reglamento serán establecidos en las normas específicas de cada servicio o sistema en particular que expedirá el CONATEL.

1.3.2 DE LOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN [3]

Art. 6.- Clasificación.- *Los sistemas de radiocomunicación se clasifican en:*

- a. Sistemas privados; y,*
- b. Sistemas de explotación.*

Art. 8.- Sistemas de Explotación.- *Son aquellos que están destinados a dar servicio al público en régimen de libre competencia. Estos sistemas bajo ningún punto de vista serán tratados como sistemas de radiocomunicación para ayuda a la comunidad.*

Los sistemas de explotación operarán con base en los títulos habilitantes previstos en la Ley Especial de Telecomunicaciones y su Reglamento General, para la prestación de servicios de telecomunicaciones.

1.3.3 DE LAS CONCESIONES [3]

Art. 9.- Las Concesiones.- *Las concesiones de los servicios de radiocomunicación que operan bajo sistemas de explotación, se regirán conforme a lo establecido en el Reglamento de Concesiones de los Servicios de Telecomunicaciones.*

Solicitud para la Autorización.- Para la autorización de uso de frecuencias, el interesado debe presentar a la SNT una solicitud por escrito y cumplir con los requisitos de carácter legal, técnico y económico que establezca el CONATEL para el efecto.

Información Técnica: El estudio técnico del sistema elaborado en formulario disponible en la SNT será suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, inscrito en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado en la SNT. La información técnica y operativa incluirá entre otros los siguientes aspectos:

De los servicios fijo y móvil:

- a. Descripción de los servicios que ofrecerá, con los detalles de las facilidades y limitaciones del sistema;
- b. Rango de frecuencias;
- c. Número de frecuencias requeridas, y la anchura de banda para cada una de ellas;
- d. Modo de operación;
- e. Tipo de emisión;
- f. Ubicación de las estaciones fijas;
- g. Cálculo de propagación del sistema;
- h. Diagramas de perfil, basados en un mapa geográfico 1:50.000;
- i. Cálculo del área de cobertura;
- j. Características técnicas de las antenas y equipos;
- k. Procedimientos de administración, operación, mantenimiento y gestión del sistema que se propone instalar;
- l. Plan de ejecución que describa la implementación del sistema para la provisión de los servicios a partir de la fecha de autorización;
- m. Plan de expansión del sistema; y
- n. Otros documentos que la SNT solicite.

Art. 14.- Contenido del Contrato de Autorización.- El contrato de autorización de uso de frecuencias contendrá los siguientes elementos:

- a. *Período de vigencia de la autorización;*
- b. *Objeto del contrato;*
- c. *Características técnicas;*
- d. *Pago de derechos, tarifas;*
- e. *Cesión de derechos;*
- f. *Obligatoriedad de firmar el acta de puesta en operación del sistema conjuntamente con la SUPTEL;*
- g. *Notificación de modificaciones;*
- h. *Proveedor del segmento espacial si es del caso;*
- i. *Derechos y obligaciones de las partes y las sanciones por incumplimiento del contrato;*
- j. *Adecuaciones técnicas;*
- k. *Terminación del contrato;*
- l. *Cualquier otro que el CONATEL establezca; y,*
- m. *Las demás que se determine en la legislación ecuatoriana.*

Art. 15.- Duración del Contrato de Autorización.- *Los contratos de autorización de uso de frecuencias para los Sistemas de Radiocomunicación tendrán una duración de cinco (5) años.*

El contrato de autorización podrá ser renovado previa solicitud del concesionario o usuario, dentro de los plazos establecidos en los reglamentos de cada servicio y siempre que no contravenga a los intereses del Estado.

Art. 16.- Modificaciones del Contrato de Autorización. *De surgir causas administrativas o legales que modifiquen las condiciones de los contratos de autorización de uso de frecuencias se procederá a la celebración de un addendum¹⁰ al contrato siguiendo el procedimiento establecido en las normas vigentes.*

Art. 17.- Modificaciones Técnicas. *El concesionario o usuario no requiere suscribir un nuevo contrato de autorización en los siguientes casos:*

¹⁰ **Addendum:** es todo aquel añadido que se agrega a un escrito

a. Servicio Fijo y Móvil:

- Cambio de frecuencias.
- Modificación del número de estaciones fijas, móviles y portátiles.
- Reubicación de repetidora, estaciones fijas o móviles (cambio de vehículos). Cambio de Potencia o área de cobertura.
- Renovación de equipos.

b. Servicio Fijo y Móvil por Satélite:

- Cambio de frecuencias.
- Cambio del proveedor satelital.
- Cambio de lugar de la estación terrena o unidad satelital.
- Cambio de velocidad y anchura de banda.
- La SNT autorizará las modificaciones técnicas mediante oficio.

1.3.4 DE LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN [3]

Art. 27.- Plazos.- Los sistemas de radiocomunicación serán instalados y puestos en operación dentro del plazo establecido en las normas técnicas de cada uno de los servicios, prorrogable por el mismo período y por una sola vez, previa solicitud del concesionario o usuario.

Art. 28.- Interferencias.- El concesionario o usuario será el único responsable por las interferencias perjudiciales o por daños que puedan causar sus instalaciones a otros sistemas de radiocomunicación o a terceros, por lo cual está obligado a solucionarlos a su costo y en el tiempo que determine la SUPTEL una vez que los haya comprobado.

1.3.5 OBLIGACIONES Y PROHIBICIONES DEL CONCESIONARIO O USUARIO [3]

Art. 31.- Obligaciones del Concesionario o Usuario.- El concesionario o usuario tiene las siguientes obligaciones:

- a. *Instalar, operar, comercializar y mantener el servicio de radiocomunicación, conforme a lo establecido en los contratos de concesión y de autorización de uso de frecuencias, y en las normas vigentes;*
- b. *Operar el sistema en las frecuencias que la SNT le autorice para tal efecto. Las frecuencias no podrán ser modificadas sin previa autorización de la SNT;*
- c. *Prestar el servicio únicamente en las áreas autorizadas;*
- d. *Solucionar a su costo y responsabilidad problemas de interferencia perjudicial, o daños a terceros que cause su sistema;*
- e. *Notificar el inicio de operación del sistema, mediante la firma de un acta de puesta en operación conjuntamente con la SUPTEL;*
- f. *Solicitar a la SNT la aprobación de cualquier modificación de las características técnicas descritas en el contrato;*

Este reglamento indica todos los estudios que deben ser presentados por la operadora para la aprobación por parte de los organismos de control para la implementación de una nueva Radio Base, todo estos estudios serán adjuntados en la parte de anexos

1.4 REGLAMENTO PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO MÓVIL AVANZADO

1.4.1 DEL TÍTULO HABILITANTE PARA PRESTAR EL SMA [4]

Art.5.- *El título habilitante para la instalación, prestación y explotación del SMA es una concesión otorgada por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, previa autorización del CONATEL. Tendrá una duración de 15 años y podrá ser renovado de conformidad con el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.*

Art.8.- *El espectro radioeléctrico de frecuencias esenciales para el SMA de acuerdo con las recomendaciones del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y el Plan Nacional de Frecuencias, está subdividido en las siguientes bandas:*

- a. 824 MHz¹¹ a 849 MHz;
- b. 869 MHz a 894 MHz;
- c. 1710 MHz a 2025 MHz; y,
- d. 2110 MHz a 2200 MHz;

1.4.2 DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES PARA EL SMA [4]

Art. 12.- *El SMA se prestará a través de redes públicas de telecomunicaciones (RSMA). Los concesionarios del SMA están autorizados a establecer las redes que se requieran para la prestación del servicio.*

Art. 13.- *Las RSMA¹² tenderán a un diseño de red abierta, esto es que no tengan protocolos ni especificaciones de tipo propietario, de tal forma que, se permita la interconexión y conexión y que cumplan con los planes técnicos fundamentales emitidos por el CONATEL.*

Art. 14.- *Los prestadores del SMA no requerirán autorización posterior de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones para la instalación y modificación de las RSMA, siempre que éstas se realicen dentro de la banda de frecuencias esenciales asignada, no se cambie el objeto de la concesión y se notifique previamente a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y a la Superintendencia de Telecomunicaciones.*

Art. 15.- *Los prestadores del SMA en la banda de frecuencias esenciales concesionadas para la prestación del SMA, no requerirán de autorización o de nueva concesión para realizar las actualizaciones tecnológicas correspondientes que les permita evolucionar o converger hacia sistemas más avanzados, que provean mayores facilidades a sus usuarios, siempre y cuando no se cambie el objeto de la concesión.*

¹¹ **MHz:** Mega hertzio, Un hertzio representa un ciclo por cada segundo, entendiendo ciclo como la repetición de un suceso, la M es un múltiplo de 10⁶ Hz

¹² **RSMA:** Redes Públicas De Telecomunicaciones De Servicios Móviles Avanzados

1.5 LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES

1.5.1 DISPOSICIONES FUNDAMENTALES [5]

Art. 1.- *Ámbito de la Ley.*- *La presente Ley Especial de Telecomunicaciones tiene por objeto normar en el territorio nacional la instalación, operación, utilización y desarrollo de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, sonidos e información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.*

Art. 2.- *Espectro radioeléctrico.*- *El espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponde al Estado.*

Art. 3.- *Administración del espectro.*- *Las facultades de gestión, administración y control del espectro radioeléctrico comprenden, entre otras, las actividades de planificación y coordinación, la atribución del cuadro de frecuencias, la asignación y verificación de frecuencias, el otorgamiento de autorizaciones para su utilización, la protección y defensa del espectro, la comprobación técnica de emisiones radioeléctricas, la identificación, localización y eliminación de interferencias perjudiciales, el establecimiento de condiciones técnicas de equipos terminales y redes que utilicen en cualquier forma el espectro, la detección de infracciones, irregularidades y perturbaciones, y la adopción de medidas tendientes a establecer el correcto y racional uso del espectro, y a restablecerlo en caso de perturbación o irregularidades.*

Art. 6.- *Naturaleza del servicio.*- *Las telecomunicaciones constituyen un servicio de necesidad, utilidad y seguridad públicas y son de atribución privativa y de responsabilidad del Estado.*

Art. 7.- *Función básica.*- *Es atribución del Estado dirigir, regular y controlar todas las actividades de telecomunicaciones.*

Art. 8.- Servicios finales y servicios portadores.- Para efectos de la presente Ley, los servicios abiertos a la correspondencia pública se dividen en servicios finales y servicios portadores, los que se definen a continuación y se prestan a los usuarios en las siguientes condiciones:

- a. *Servicios finales de telecomunicaciones son aquellos servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios, incluidas las funciones del equipo terminal y que generalmente requieren elementos de conmutación.*

Forman parte de estos servicios, inicialmente, los siguientes: telefónico rural, urbano, interurbano e internacional; video telefónico; telefax; buro fax; data fax; video tex; telefónico móvil automático, telefónico móvil marítimo o aeronáutico de correspondencia pública; telegráfico; radiotelegráfico; de télex y de teletextos.

También se podrán incluir entre los servicios finales de telecomunicación los que sean definidos por los organismos internacionales competentes, para ser prestados con carácter universal.

El régimen de prestación de servicios finales será:

- *El Reglamento Técnico de cada servicio final de telecomunicación deberá definir los puntos de conexión a los cuales se conecten los equipos terminales del mismo. Esta definición deberá contener las especificaciones completas de las características técnicas y operacionales y las normas de homologación que deberán cumplir los equipos terminales; y,*
- *Los equipos terminales, con certificado de homologación, podrán ser libremente adquiridos a la empresa estatal o a empresas privadas;*

1.6 PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS Y USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO [6]

EL Cuadro de Atribución de Bandas de frecuencias va desde el rango 8.9 kHz – 3000 GHz¹³. La UIT¹⁴ desde el punto de vista de la atribución de bandas, ha dividido al mundo en tres Regiones: Región 1, Región 2 y Región 3., Ecuador pertenece a la Región 2. La presentación del Cuadro contenida en el PNF¹⁵ está clasificada por rangos de frecuencias acorde con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT. El formato de dicha presentación cuenta con tres columnas que contienen la siguiente información:

Primera Columna (Región 2): *Contiene las bandas de frecuencias atribuidas a los servicios de radiocomunicaciones en la Región 2. Se incluyen las notas internacionales de pie de cuadro para los países que pertenecen a esta región.*

Segunda Columna (Ecuador): *Contiene las bandas de frecuencias atribuidas a los servicios de radiocomunicaciones en el Ecuador y las notas internacionales de pie de cuadro en las que está incluido el país.*

Tercera Columna (Notas Nacionales): *Contiene exclusivamente notas de pie de cuadro para el Ecuador.*

¹³ **GHz:** Giga hertzio, Un hertzio representa un ciclo por cada segundo, entendiendo ciclo como la repetición de un suceso, la G es un múltiplo de 10⁹ Hz

¹⁴ **UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones.

¹⁵ **PNF:** Plan Nacional de Frecuencias

1.6.1 CUADRO DE FRECUENCIA PARA TELEFONÍA CELULAR [6]

En la tabla 1.1 se indica las frecuencias asignadas para la Telefonía Celular según Plan Nacional de Frecuencias.

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	Rango MHz Nota EQA(resumen): Servicio (Sistema/Uso)
806 – 890 FIJO MÓVIL MOD 5.317A RADIO DIFUSIÓN 5.317 5.318	806 - 890 FIJO MÓVIL MOD 5.317A	806 - 824; 851 - 869 EQA. 80: FIJO Y MÓVIL(Troncalizados) 824 - 849; 869 – 890 EQA. 80: FIJO Y MÓVIL(IMT)
1710 – 1930 FIJO MÓVIL 5.384A 5.388A MOD 5.388B 5.149 5.341 5.385 5.386 5.388	1710 - 1930 FIJO MÓVIL 5.384A 5.388A 5.149 5.341 5.385 5.386 5.388	1710 - 1930 EQA. 85: FIJO Y MÓVIL(IMT)

Tabla 1.1 Cuadro de frecuencia para Telefonía Celular¹⁶

1.6.2 CUADRO DE FRECUENCIA PARA RADIO ENLACES PDH [6]

En la tabla 1.2 se indica las frecuencias asignadas para los Sistemas de Transmisión en el rango de los 7GHz a los 8GHz.

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	Rango MHz Nota EQA(resumen): Servicio (Sistema/Uso)
7145 - 7235 FIJO MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra - Espacio) 5460 a 5.458	7145 - 7235 FIJO 5.458	7145 - 7235 EQA.50: FIJO
7235 - 7250 FIJO MÓVIL 5.458	7235 - 7250 FIJO 5.458	7235 - 7250 EQA.50: FIJO

Tabla 1.2 Cuadro de frecuencia para radio enlaces PDH para la banda de 7GHz Y 8 GHz¹⁷

¹⁶ Fuente: < <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Plan-Nacional-de-Frecuencias-a-todo-Servicio-de-Telecomunicacines.pdf> , > [Último acceso, Marzo de 2014]

REGIÓN 2		ECUADOR
Banda MHz	Banda MHz	Rango MHz Nota EQA(resumen): Servicio (Sistema/Uso)
7250 - 7300 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL 5.461	7250-7300 FIJO	7250-7300 EQA.50: FIJO
7300 - 7450 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.461	7300-7450 FIJO	7300-7450 EQA.50: FIJO
7450 - 7550 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.461	7450-7550 FIJO	7450-7550 EQA.50: FIJO
7550 - 7750 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7550-7750 FIJO	7550-7750 EQA.50: FIJO
7750 - 7900 FIJO METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MOD 5.461B MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7750-7900 FIJO	7750-7900 EQA.50: FIJO
7900 - 8025 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra- espacio) MÓVIL 5.461	7900 - 8025 FIJO	7900 - 8025 EQA.50: FIJO
8025 - 8175 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL 5.463	8025-8175 FIJO	8025-8175 EQA.50: FIJO
8175 - 8215 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL 5.463	8175-8215 FIJO	8175-8215 EQA.50: FIJO
8215 - 8400 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio-Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL 5.463	8215-8400 FIJO	8215-8400 EQA.50: FIJO
8400 - 8500 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio-Tierra) 5.465	8400-8500 FIJO	8400-8500 EQA.50: FIJO

Tabla 1.3 Cuadro de frecuencia para radio enlaces PDH para la banda de 7GHz Y 8 GHz (Continuación) ¹⁷

¹⁷ Fuente: < <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Plan-Nacional-de-Frecuencias-a-todo-Servicio-de-Telecomunicaciones.pdf> , > [Último acceso, Marzo de 2014]

En la tabla 1.3 se indica las frecuencias asignadas para los Sistemas de Transmisión en el rango de los 14GHz a los 15GHz según el Plan Nacional de Frecuencias.

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	Rango MHz Nota EQA(resumen): Servicio (Sistema/Uso)
14,5 - 14,8 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.510 MÓVIL Investigación espacial	14,5 - 14,8 FIJO	14,5-14,8 EQA.50: FIJO
14,8 - 15,35 FIJO MÓVIL Investigación espacial 5.339	14,8 - 15,35 FIJO	14,8-15,35 EQA.50: FIJO

Tabla 1.4 Cuadro de frecuencia para radio enlaces PDH para la banda de 14GHz Y 15 GHz¹⁸

En la tabla 1.4 se indica las frecuencias asignadas para los Sistemas de Transmisión en el rango de los 21GHz a los 23GHz según el Plan Nacional de Frecuencias.

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	Rango MHz Nota EQA(resumen): Servicio(Sistema/Uso)
21,2 - 21,4 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)	21,2 - 21,4 FIJO	21,2-21,4 EQA.50: FIJO
21,4 - 22 FIJO MÓVIL ADD 5.C113	21,4 - 22 FIJO	21,4-22 EQA.50: FIJO
22 - 22,21 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.149	22 - 22,21 FIJO 5.149	22-22,21 EQA.50: FIJO

Tabla 1.5 Cuadro frecuencia para radio enlaces PDH para la banda 21,22 Y 23 GHz¹⁹

¹⁸ Fuente: < <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Plan-Nacional-de-Frecuencias-a-todo-Servicio-de-Telecomunicacines.pdf> >[Último acceso, Marzo de 2014]

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	Rango MHz Nota EQA(resumen): Servicio(Sistema/Uso)
22,21 - 22,5 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.149 5.532	22,21 - 22,5 FIJO 5.149 5.532	22,21-22,5 EQA.50: FIJO
22,5 - 22,55 FIJO MÓVIL	22,5 - 22,55 FIJO	22,5-22,55 EQA.50: FIJO
22,55 - 23,15 FIJO ENTRE SATÉLITES MOD 5.338A MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra-espacio) ADD 5.A111 5.149	22,55 - 23,15 FIJO 5.149	22,55-23,15 EQA.50: FIJO
23,15 - 23,55 FIJO ENTRE SATÉLITES MOD 5.338A MÓVIL	23,15 - 23,55 FIJO	23,15-23,55 EQA.50: FIJO
23,55 - 23,6 FIJO MÓVIL	23,55 - 23,6 FIJO	23,55-23,6 EQA.50: FIJO

Tabla 1.6 Cuadro frecuencia para radio enlaces PDH para la banda 21,22 Y23 GHz (Continuación)¹⁹

1.7 REGLAMENTO DE PROTECCIÓN DE EMISIONES DE RADIACIÓN NO IONIZANTE GENERADAS POR USO DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOÉLECTRICO

1.7.1 OBJETO, TÉRMINOS Y DEFINICIONES [7]

Artículo 1. Objeto. *El presente Reglamento tiene por objeto establecer los Límites de Protección de Emisiones de Radiación No ionizante²⁰ (RNI), generadas por uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico en Telecomunicaciones, su monitoreo y control para el efectivo cumplimiento de los límites establecidos.*

¹⁹ Fuente: < <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Plan-Nacional-de-Frecuencias-a-todo-Servicio-de-Telecomunicaciones.pdf> >[Último acceso, Marzo de 2014]

²⁰ **Radiación No ionizante** : Se entiende por radiación no ionizante aquella onda o partícula que no es capaz de arrancar electrones de la materia que ilumina produciendo, como mucho, excitaciones electrónicas.

1.7.2 ASPECTOS GENERALES [7]

Artículo 3. Del Ámbito de Aplicación. *Los deberes, derechos y obligaciones establecidos en el presente Reglamento se aplicarán al uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico, en el ámbito de competencia del CONATEL, a nivel nacional.*

Dado que las frecuencias necesarias para el Servicio Móvil Marítimo son prestadas, explotadas y controladas por la Armada Nacional; y que las frecuencias utilizadas para los Sistemas y Servicios de Radiodifusión y Televisión atribuidas a estos, servicios, se rigen por la Ley de Radiodifusión y Televisión y son administradas por el CONARTEL, dichas Instituciones podrán establecer las normas de protección de emisiones de Radiaciones no Ionizantes generadas por el uso de las frecuencias del Espectro Radioeléctrico que se encuentran bajo su responsabilidad.

Para el presente Reglamento no se aplica la exposición producida por el uso de teléfonos móviles u otros dispositivos personales de baja potencia y a la corriente de contacto debida a objetos conductivos irradiados por un campo electromagnético.

1.7.3 RÉGIMEN DE PROTECCIÓN Y LOS LÍMITES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN [7]

Artículo 4. Régimen de Protección. *El Régimen de Protección de emisiones de RNI generadas por uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico, aplica tanto a la exposición ocupacional como a la exposición poblacional por el uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico, contempladas en el presente Reglamento.*

Artículo 5. Límites Máximos de Exposición por Estación Radioeléctrica Fija. *Se establecen los límites máximos de exposición a las emisiones de Radiaciones*

no ionizantes generadas por uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico, de acuerdo a los valores establecidos en la Recomendación UIT -T K.52 de la UIT.

En la Tabla 1.5 se indica los límites máximos de exposición de emisiones radioeléctricas

Tipo de exposición	Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico, E (V/m)	Intensidad de campo magnético, H (A/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente, S (W/m ²)
Ocupacional	3 - 65 kHz	610	24,4	–
	0,065 -1 MHz	610	1,6 /f	–
	1 -10 MHz	610 /f	1,6 /f	–
	10-400 MHz	61	0,16	10
	400-2000 MHz	3f ^{1/2}	0,008f ^{1/2}	f /40
	2-300 GHz	137	0,36	50
Poblacional	3-150 kHz	87	5	–
	0,15-1 MHz	87	0,73 /f	–
	1-10 MHz	87/f ^{1/2}	0,73 /f	–
	10-400 MHz	28	0,073	2
	400-2000 MHz	1,375f ^{1/2}	0,0037f ^{1/2}	f /200
		2-300 GHz	61	0,16

Tabla 1.7 Límites máximos de exposición de RNI²¹

²¹ Fuente: < http://www.supertel.gob.ec/pdf/emisiones_noionizantes/reglamento_rni.pdf>[Último acceso, Marzo de 2014]

CAPÍTULO II

2. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA NUEVA ZONA DE SERVICIO

2.1 PLANIFICACIÓN

2.1.1 ESTUDIO DE NECESIDADES DE COBERTURA

Las nuevas necesidades de cobertura se enfocan en los niveles de recepción en las distintas áreas geográficas del territorio Ecuatoriano, que posee cada empresa de telefonía celular, este es obtenido a través de sus respectivos proveedores, que mediante recorridos de pruebas en todo el territorio Ecuatoriano definen las zonas geográficas en donde existe zonas muertas o de poca cobertura, en donde es necesaria la instalación de una nueva estación.

La identificación de estas zonas muertas o de poca cobertura, también se orientan a las mediciones realizadas en campo por la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones) en los cuales se identifican las zonas con poca o ninguna cobertura, últimamente también se basa en los reclamos que realizan los clientes de Servicios Móviles Celulares, los cuales se amparan en las leyes y reglamentos de telecomunicaciones

Identificada la zona muerta o de poca cobertura, mediante los estudios realizados en campo por la empresa de Telefonía Celular o por los requerimientos impuestos por la SUPERTEL, se debe proceder a identificar la Geografía del lugar, con esto se procede al siguiente punto en nuestra búsqueda del nuevo sitio, para ofrecer la requerida cobertura celular.

2.1.2 IDENTIFICACIÓN DE ZONA GEOGRÁFICA

La identificación de la zona geográfica donde se prevé la nueva prestación del servicio GSM, se establece en el estudio de la futura cobertura a alcanzar y en

base a este estudio se encuentra los diferentes puntos donde es factible la instalación de la nueva Radio Base.

El estudio final de las necesidades de cobertura es entregado por el proveedor, en este estudio consta las diferentes zonas muertas y zonas de pésima cobertura que existen en las diferentes áreas geográficas del territorio Ecuatoriano, este estudio genera los diferentes radios de búsqueda para las diferentes poblaciones que se desea mejorar o brindar cobertura celular.

- **Radio de Búsqueda:** son coordenadas específicas sobre un punto cualesquiera del territorio Ecuatoriano, este punto es el óptimo para lograr cubrir con la construcción de la nueva estación toda la zona de cobertura deseada, en base a estas coordenadas se puede desplazarse en un radio de 20 metros en zonas urbanas y 100 metros en zonas Rurales.

Identificado los puntos óptimos para cubrir una zona de poca cobertura por el área de Radio Frecuencia, se entrega 6 posibles lugares óptimos dentro del radio de búsqueda que a la postre son validados y negociados los accesos por personal de inmobiliaria dando prioridad al que brinde todas las facilidades de construcción de la nueva estación.

2.1.2 BÚSQUEDA DE EMPLAZAMIENTO

La empresa prestadora de servicios celulares con los datos entregados por el proveedor de RF, asigna a un dependiente de inmobiliaria para que realice una pre-visita técnica, teniendo como referencia las coordenadas entregadas por el contratista y los posibles lugares para lograr la cobertura deseada, en esta visita el dependiente de inmobiliaria en campo busca, examina los diferentes lugares escogidos en el radio de búsqueda, si es que puede validar otros sitios contiguos si es que existiera inconvenientes con los validados por personal de RF que realice el radio de búsqueda, el resultado de estas visitas es entregado a la operadora, en este informe consta la identificación de la zona geográfica en que se encuentra estos puntos, las posibles implicaciones o problemas con el sitio o la

comunidad, se identifica el área a ser contratada, en esta pre-visita el personal tiene identificado y negociado 3 sitios o más dentro de nuestro radio de búsqueda, en los cuales se da prioridad a los accesos a dicho sitio y al que tenga los menores problemas con la comunidad para proceder a la posterior implementación de sitio.

2.1.3 VALIDACIÓN DE NUEVO SITIO O VISITAS CONJUNTAS

Las visitas conjuntas consiste en organizar un grupo para la validación de la nueva radio base, este grupo estará conformado por el siguiente personal técnico:

- **Negociador.-** El personal de inmobiliaria asignado a esta visita es el que previamente realizó un acercamiento con los dueños de los predios, encontró los 3 sitios o más dentro del radio de búsqueda, los predios van a ser validados por el resto de personal que lo acompaña, su posterior rol es la contratación y realización de todo lo referente a permisos para la posterior construcción e implementación de la radio base teniendo como prioridad la que el personal identifique como la primera opción, lo cual queda identificado por escrito en un formulario de opciones aprobadas (F.O.A), el cual es firmado por cada integrante.
- **Obra Civil.-** El personal asignado es un Ingeniero Civil, el mismo que analiza el tipo de suelo, la estructura donde se asentaría la radio base, este análisis es necesario en terrazas, también se valida los accesos. Se considera la estructura que se instalará en este nuevo sitio de acuerdo a las necesidades pedidas por las otras áreas que están presentes en la visita, las cuales dependen de la altura necesaria para cubrir la zona y lograr una línea de vista hacia un colateral, en la tabla 2.1 se indica las estructuras utilizadas.

ESTRUCTURA	ALTURA
Torre Auto Soportada	$42\text{ m} \leq h \leq 102\text{m}$
Monopolo	$18\text{ m} \leq h \leq 42\text{m}$
Torre	$6\text{ m} \leq h \leq 12\text{m}$
Mástiles	$0,5\text{ m} \leq h \leq 6\text{ m}$

Tabla 2.1 Estructuras utilizadas para implementación de Nuevas Radio Bases

Identificada la estructura que se va a instalar, el ingeniero civil procede a ubicar donde se encuentra el transformador más cercano, el recorrido desde este hacia la radio base, la capacidad del transformador, con la cual terminaría sus actividades procediendo a realizar un bosquejo de la zona donde se va a implementar la futura radio base, en este bosquejo consta las coordenadas del sitio, el croquis de la radio base, identifica las calles principales cerca de la misma, tipo de acceso, altura y tipo de estructura lo cual queda escrito en la F.O.A.(Formulario de opciones Aceptadas).

- **Radio Frecuencia.-** El Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones debe tener un amplio conocimiento de Radio Frecuencia, el cual en sitio valida cuantos sectores tendrá esta estación para cubrir los zonas de poca cobertura donde se encuentra concentrada la población, a la vez valida el azimut necesario de cada sector, el tipo de antena necesaria para lograr el lóbulo de radiación que cubra la área asignada y la altura mínima de la estructura para cubrir dicha zona.

Posteriormente se válida el área donde deberá ser ubicada la futura BTS (*Base Transceiver Station*), la cual prestará servicio a la zona que se está buscando dar cobertura.

- **Transmisión:** El especialista en Telecomunicaciones debe conocer la arquitectura de la red de la operadora, o previamente se le debe entregar la información necesaria para realizar estos trabajos, con lo cual podrá definir el medio de transmisión para poder así llegar hacia la BSC(*Base Station Controller*), con lo cual las opciones de transmisión que el ingeniero puede validar son:
 - ✓ **Fibra:** Este medio de transmisión principalmente es dado como solución en las grandes ciudades, en donde se encuentra realizado el tendido de fibra, con lo cual se torna fácil la integración de esta nueva estación al anillo de fibra existente, este medio de transmisión es utilizado debido al

gran ancho de banda que nos ofrece principalmente utilizado para ofrecer la transmisión de grandes paquetes datos que ofrecen las nuevas tecnologías como es en la actualidad HSPA+, LTE, además cuando se utiliza este medio se necesita un conversor de fibra a E1 o la instalación de un ADM²³ de baja capacidad.

- ✓ **Microonda:** Es la técnica de transmisión más utilizada, por ser la de más rápido despliegue, fácil implementación, esto se debe a que en su colateral se encuentra toda la infraestructura lista para su implementación, además esta técnica es la predominante en la arquitectura de la red GSM, por su versatilidad, gran capacidad de transmisión. El procedimiento para la implementación de este medio de transmisión es el siguiente:

- **Validación de Línea de vista:** El personal de transmisiones desde cada una de las opciones trata de visualizar alguna de las estaciones cercanas o también llamados colaterales para con esto tener posteriormente una ruta de transmisión que llegue a la BSC. Si es que no se puede validar desde el sitio un posible colateral ya sea por la zona geográfica donde se encuentre la estación o porque en realidad no existiere línea de vista con algún colateral se procede a identificar un punto característico de este sitio para la posterior validación desde algún colateral o se procede a validar un colateral mediante software para con esto saber la altura mínima de la estructura a implementar.

Identificado un colateral o un punto característico de la opción a contratar se procede a solicitar una estructura con una altura específica para lograr nuestra línea de vista todo esto de acuerdo

²³ **ADM:** Multiplexor de Inserción/Extracción. Terminología para borrar (extraer) o añadir (insertar) tráfico en algún punto intermedio de una ruta de transmisión.

a los parámetros dados por infraestructura. Posteriormente se identifica dónde estará la BTS con lo cual se valida la cantidad de cable IF necesario para implementar la Microonda.

- **Validación del Colateral:** Finalizada la visita con el personal de validación, el personal de Transmisiones, procede a dirigirse a la estación o estaciones que pudo visualizar desde la nueva estación donde procede a validar los siguientes requerimientos:
- **Línea de Vista:** consiste en la verificación a través de la vista, binoculares u equipos especiales, esto según la distancia, en el cual nuestro horizonte debe estar libre de obstáculos entre nuestros 2 puntos a ser validados al menos en un 80% de la primera zona de Fresnel²⁴, con lo cual se garantiza un enlace estable con una alta confiabilidad descartando colaterales en los cuales se tenga alta densidad de vegetación que puedan provocar interferencia o desvanecimientos por múltiples trayectorias o que con el tiempo pueda obstruir el enlace esto también dependerá de la altura de la estructura.
- **Capacidad de infraestructura existente:** Se debe inspeccionar en sitio la capacidad para colocar más peso en la infraestructura de esta Radio Base y si se tiene dudas se debe solicitar al personal de infraestructura la validación de este sitio.
- **Espacio disponible para instalación de equipos:** En este punto se valida que dentro del Rack asignado a transmisiones exista por lo menos un espacio libre de 6 unidades de rack (medida utilizada en Telecomunicaciones para identificar el tamaño de un equipo), las 6 unidades de Rack se distribuyen 2

²⁴ **Zona de Fresnel:** es el lóbulo de cobertura de las antenas que ha de estar libre de obstáculo para que la comunicación entre 2 puntos sea correcta.

unidades para la IDU, 2 unidades para el DDF y 2 para separación entre los equipos.

- **Energía:** Se debe validar borneras libres o breaker's disponibles para energizar tanto la fuente principal como la redundante con energía DC con un voltaje de $-48[V_{dc}]$, además se valida el amperaje que se está consumiendo en cada tablero de DC, con lo cual se dimensiona si hay la necesidad de instalar un nuevo rectificador o con lo existente alcanza.

Si es que no se puede validar ningún colateral para este sitio se puede escoger cualquiera de las siguientes opciones:

- ✓ **Repetidores Activos o Pasivos:** Se busca un punto o varios puntos cerca de nuestra radio base para la instalación de repetidores activos o pasivos para llegar hacia el colateral más cercano, si es que no se pudiera implementar esta solución, debido al costo beneficio de la nueva Radio Base se procedería con el siguiente medio de transmisión utilizado que es a través del satélite.
- ✓ **Satelital:** Este medio de transmisión es sugerido en los lugares donde no se puede llegar hacia la BSC ni a través de fibra ni con un radio enlace por ser en su mayoría zonas inhóspitas por lo cual se debe escoger este medio de transmisión para poder dar cobertura a este sitio, en el cual existe asentamientos de pequeños pueblos los cuales tiene derecho al acceso a la tecnología, estos sitios son en la mayoría de difícil acceso, se encuentran en reservas ecológicas y la inversión a realizar para implementar un enlace a través de repetidores no representa factibilidad económica para la operadora a largo plazo por lo cual se implementa un enlace satelital en donde se debe considerar lo siguiente:

- Se debe encontrar un lugar que se encuentre despejado hacia el este, a los 90° para poder enganchar hacia la mancha satelital que se tiene contratada.
- Se debe tener despejado desde el piso a partir de los 70° con lo cual se garantiza poder enganchar la estación terrena con el satélite contratado.

Validado todos los sitios e identificado la prioridad de los mismos el personal de Negociación en base al F.O.A, el cual posteriormente es presentado a la operadora celular que procederá a negociar el sitio validado como primera opción, según los problemas que encuentre se proseguirá con la siguiente opción, pero el negociador tiene como objetivo primordial negociar la primera opción encontrada y validada por todas las áreas.

Negociada la futura área de la BTS este personal procede a realizar todos los tramites, permisos y requerimientos con los municipios para la futura implementación del sitio por lo cual ahora nos enfocaremos en el estudio de la arquitectura GSM para la posterior implementación.

Si es que en algún caso no se pudo contratar ninguno de los sitios visitados todo el ciclo antes descrito, deberá ser repetido.

En la figura 2.1 se indica el ciclo a seguir para la búsqueda del emplazamiento donde ubicara la nueva radio Base.

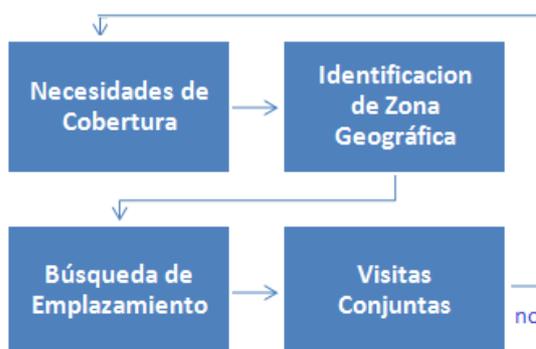


Figura 2.1 Ciclo para validación de un nuevo sitio

2.2 ARQUITECTURA GSM

El Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM) es una tecnología celular, la cual se basa en la transmisión digital de señales, la cual es empleada para proporcionar servicios de voz y datos en movimiento.

En la figura 2.2 se indica la arquitectura de la red y los elementos que la conforman.

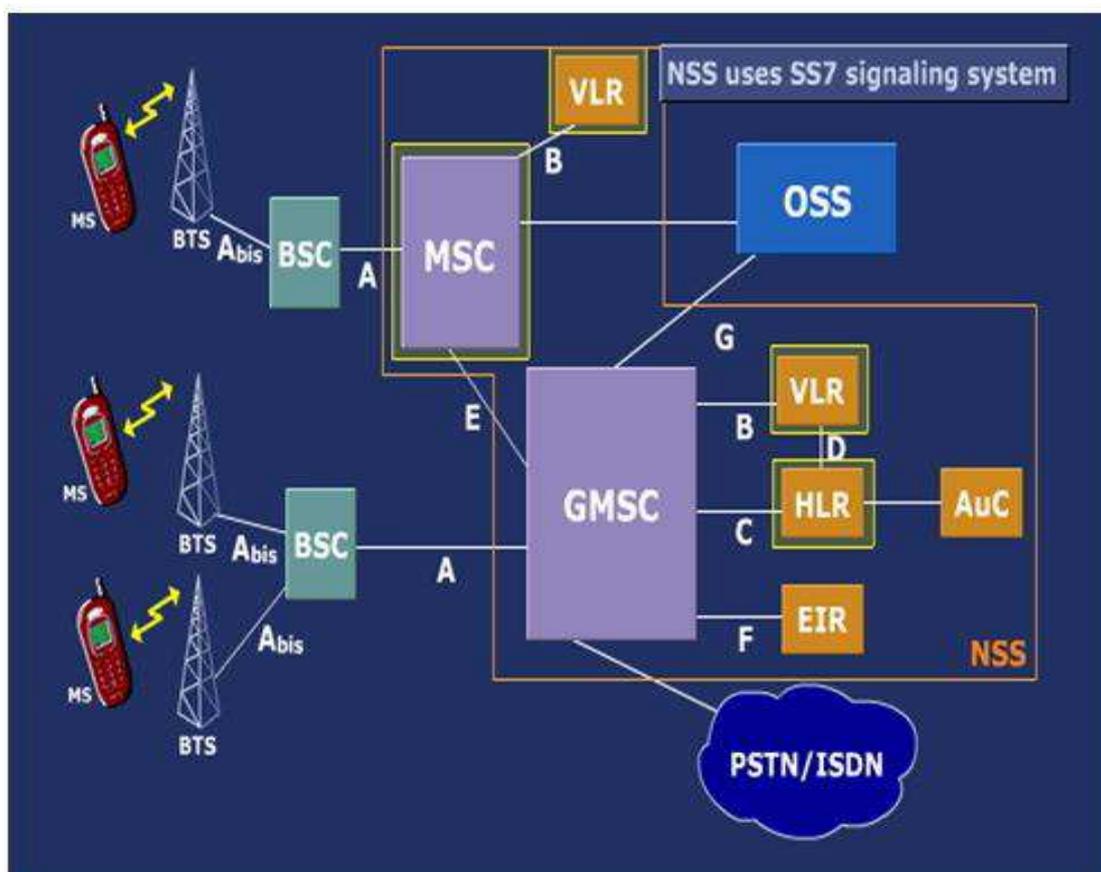


Figura 2.2 Diagrama de la red GSM²⁵

A continuación se procede a describir cada uno de los elementos de la arquitectura GSM la cual se divide en tres subsistemas que son:

²⁵ Fuente: <<http://intercambiotecnologicosdejago.blogspot.com/2010/06/en-la-presente-entrada-se-continua-con.html>>[Último acceso, Marzo de 2014]

2.2.1 NSS (SUBSISTEMA DE CONMUTACIÓN Y RED) [8]

Este sistema se encarga de administrar las comunicaciones que se realizan entre los diferentes usuarios de la red; para poder hacer este trabajo la NSS se divide en siete sistemas diferentes, cada uno con una misión dentro de la red:

- **Central de Conmutación Móvil (MSC):** *Es el componente central de la NSS y se encarga de realizar las labores de conmutación dentro de la red, así como de proporcionar conexión con otras redes. [8]*
- **Puerta de enlace de la Central de Conmutación Móvil (GMSC):** *Una puerta de enlace es un dispositivo traductor (puede ser software o hardware) que se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas redes se entiendan bien, la misión del GMSC es la misma, servir de mediador entre las redes de telefonía fijas y la red GSM. [8]*
- **Registro de Localización (HLR):** *El HLR es una base de datos que contiene información sobre los usuarios conectados a un determinado MSC. Entre la información que almacena el HLR se tiene fundamentalmente la localización del usuario y los servicios a los que tiene acceso. El HLR funciona en unión con el VLR que se verá a continuación. [8]*
- **Registro de Localización de Visitantes (VLR):** *Contiene toda la información necesaria sobre un usuario para que este acceda a los servicios de red. Forma parte del HLR con quien comparte funcionalidad. [8]*
- **Centro de Autenticación (AuC):** *Proporciona los parámetros necesarios para la autenticación de usuarios dentro de la red; también se encarga de soportar funciones de encriptación. [8]*
- **Equipo de Registro de Identidad (EIR):** *También se utiliza para proporcionar seguridad en las redes GSM pero a nivel de equipos válidos. La EIR contiene*

una base de datos con todos los terminales que son válidos para ser usados en la red. Esta base de datos contiene la Identificación Internacional de Equipo Móvil o IMEI de cada terminal, de manera que si un determinado móvil trata de hacer uso de la red y su IMEI no se encuentra localizado en la base de datos del EIR no puede hacer uso de la red. [8]

- **Unidad de inter funcionamiento GSM (GIWU):** Sirve como interfaz de comunicación entre diferentes redes para comunicación de datos. [8]

2.2.2 OSS (SUBSISTEMAS DE SOPORTE Y OPERACIÓN)

Los OSS se conectan a diferentes NSS y MSC para controlar y monitorizar toda la red GSM. La tendencia actual en estos sistemas es que dado el número de BSS se está incrementando se pretender delegar funciones que actualmente se encarga de hacerlas el subsistema OSS en las BTS de manera que se reduzcan los costes de mantenimiento del sistema. [8]

2.2.3 BSS (SUBSISTEMA DE ESTACIÓN BASE)

Sirve para conectar a las estaciones móviles con los NSS (Subsistema de Conmutación de Red), además de ser los encargados de la transmisión y recepción. Como los MS (Estación Móvil) también constan de dos elementos diferenciados: La BTS o estación de transceptor de base y la BSC o Controlador de estación base. [8]

- **Estación de transceptor de base:** La BTS consta de Transceptores y antenas usadas en cada célula de la red y que suelen estar situadas en el centro de la célula, generalmente su potencia de transmisión determina el tamaño de la célula. [8]
- **Controlador de estación base:** Los BSC se utilizan como controladores de las BTS y tienen como funciones principales las de

estar al cargo de los traspasos entre antenas, los saltos de frecuencias y los controles de las frecuencias de radio de las BTS. [8]

- **La Estación Móvil (MS):** *Consta a su vez de dos elementos básicos. Por un lado el terminal o equipo móvil y por otro lado el SIM o Módulo de identidad del abonado. Con respecto a los terminales existe toda una variedad la oferta del mercado es muy amplia, lo que si tenemos que comentar es que la diferencia entre unos y otros radica fundamentalmente en la potencia que tienen que va desde los 20 vatios (generalmente instalados en vehículos) hasta los 2 vatios de nuestros terminales. [8]*

- **El SIM:** *Es una pequeña tarjeta inteligente que sirve para identificar las características del terminal. Esta tarjeta se inserta en el interior del móvil y permite al usuario acceder a todos los servicios que haya disponibles por su operador. Sin la tarjeta SIM el terminal no tiene acceso a la red. El SIM está protegido por un número de cuatro dígitos que recibe el nombre de PIN o Número de Identificación Personal. La mayor ventaja de las tarjetas SIM es que proporcionan movilidad al usuario ya que puede cambiar de terminal y llevarse consigo el SIM. Una vez que se introduce el PIN en el terminal, el terminal va a ponerse a buscar redes GSM que estén disponibles y va a tratar de validarse en ellas, una vez que la red (generalmente la que tenemos contratada) ha validado nuestro terminal el teléfono queda registrado en la célula que lo ha validado. [8]*

Descrito los elementos que conforman la arquitectura GSM y los procesos a seguir para la implementación de un nuevo sitio se comenzará con el desarrollo del Proyecto de Titulación.

2.3 DISEÑO DE LA NUEVA ESTACIÓN GSM

En base a los estudios realizados en campo, las validaciones realizadas por las distintas áreas en las visitas conjuntas y por ultimo acatando los requerimientos impuestos por la SUPERTEL, se define mejorar niveles de recepción en todo el sector de Santa Mónica perteneciente a la provincia de Pichincha, Cantón Quito, se mejorará tanto los Niveles *Indoor*²⁶ como los Niveles *Outdoor*²⁷ en este sector por lo cual comenzaremos con el desarrollo de este proyecto indicando la ubicación de la nueva celda y el dimensionamiento de los equipos a instalar .

2.3.1 ANTECEDENTES

Santa Mónica es un barrio de la ciudad de Quito, ubicada al sur de la misma donde existen zonas con deficiencias en el servicio celular. El objetivo del nuevo sitio, es mejorar los niveles de señal y calidad en el sector de Santa Mónica en la ciudad de Quito. Se Instalara, comisionara y pondrá en operación la CELDA Santa Mónica GSM con tecnología GSM 850, GSM 1900 MHz, luego de obtener la respectiva autorización de la SENATEL. [9]

La Celda a implementar está conformada por una BTS SIEMENS BS241 II B tipo *Outdoor* del proveedor NSN, mientras que el medio de transmisión escogido es por Microonda con equipos SIAE con el modelo de IDU ALC PLUS 2 por la gran capacidad que proporciona este equipo. [9]

²⁶ **Indoor:** Referente al nivel de señal dentro del inmueble, tal como casas, edificios etc.

²⁷ **Outdoor:** Referente al nivel de señal fuera de los inmuebles, tal como parques, carreteras etc.

2.3.2 UBICACIÓN DEL SITIO

En la Figura 2.3 se indica en color azul la ubicación de la estación Santa Mónica, además se puede observar las estaciones colindantes que tendrá la misma.

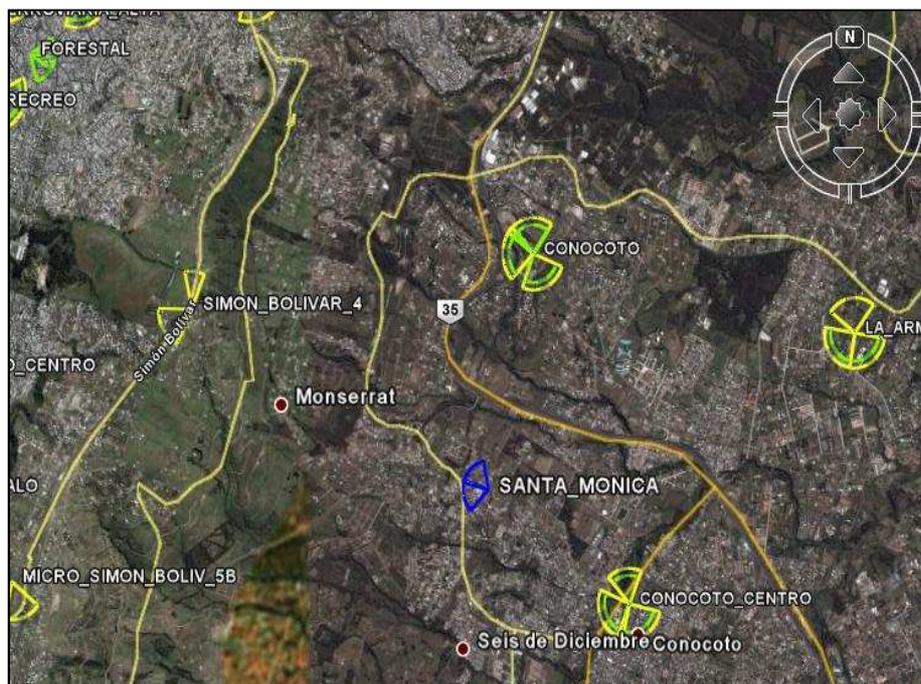


Figura 2.3 Ubicación del nuevo sitio y sus respectivas celdas colindantes²⁸

Luego de realizar los procesos de búsqueda, validación y negociación se logra encontrar el lugar para la implementación del nuevo sitio, el cual está dentro de nuestro Radio de búsqueda.

²⁸ Fuente: <Documento de ingeniería estación Santa Mónica; Otecel S.A, Proyecto: Planeación de sitios, 2012(confidencial) >

En la tabla 2.2 se indica los datos de la ubicación geográfica de la estación Santa Mónica.

CELDA		SANTA_MÓNICA_GSM	
PROVINCIA	Pichincha		
CIUDAD	Quito		
DIRECCIÓN	Calle Bellavista y Calle Pichincha, Lote 5 (Barrio Santa Mónica)		
ALTURA	2644 msnm ²⁹		
LATITUD	00°16'57.00"S	LONGITUD	78°29'15.1"O
TIPO DE ESTRUCTURA	Monopolo de 24 metros		

Tabla 2.2 Ubicación Geográfica de Estación Santa Mónica

2.3.3 FOTOS DE LA UBICACIÓN DEL SITIO

En la figura 2.4 se indica el lugar donde va a ser construida la nueva radio base, la cual está dentro del radio de búsqueda solicitado por RF.



Figura 2.4 (a) Acceso a la RBS, (b) Espacio donde se ubicará la RBS

2.3.4 FOTOS HACIA LOS OBJETIVOS DE COBERTURA

Se procede a identificar mediante un archivo fotográfico los objetivos de cobertura, los cuales son donde se encuentra concentrada la población

²⁹ **msnm:** metros sobre el nivel del mar

En la figura 2.5 se indica los azimut en el que deben ser colocadas las antenas sectoriales para dar cobertura al Barrio Santa Mónica.

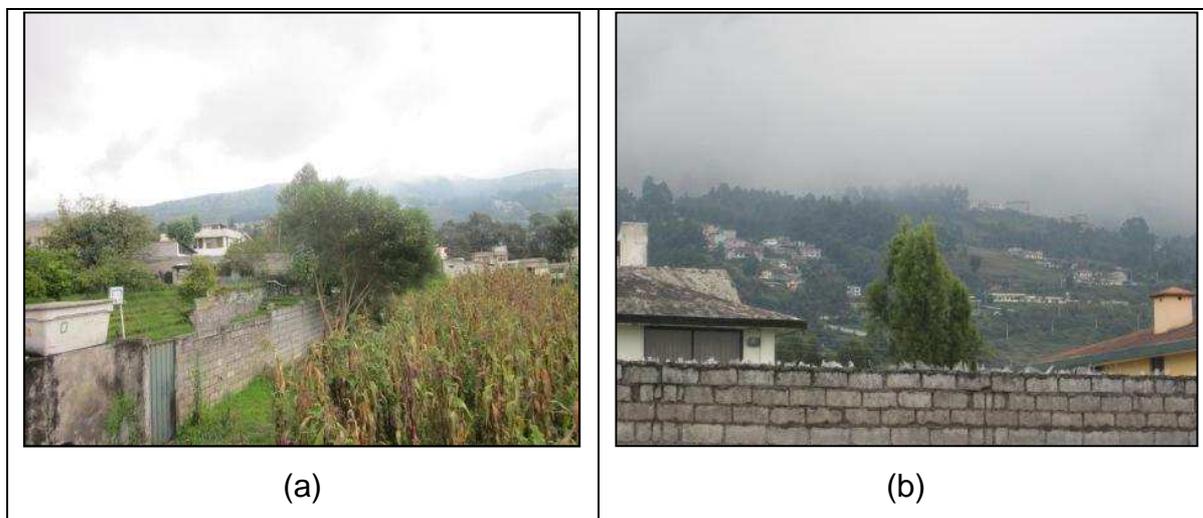


Figura 2.5 (a) Vista sector 1(250º), (b) Vista sector 2 (310º)

2.3.5 SUSTENTACIÓN TÉCNICA DE LA OPCIÓN CONTRATADA

La sustentación técnica se basa en las pruebas de campo realizadas previamente, las cuales son obtenidas con los siguientes equipos de medición:

- Terminal TEMS³⁰, que se trata de un teléfono móvil dual (850 y 1900 MHz) modificado para medir el nivel de potencia de recepción y recibir mensajes de las estaciones base que es capaz de detectar en los recorridos de prueba.
- Un software controlador del TEMS cargado en un ordenador portátil.
- Un equipo de posicionamiento GPS que eventualmente puede ser conectado al TEMS para incorporar información geográfica a los ficheros medidos.

³⁰ **TERMINAL TEMS:** Terminal de pruebas de Sistemas Móviles

A través de los equipos mencionados, se obtiene los siguientes resultados, los cuales primeramente nos indican la mala calidad de servicio en la zona, en base a esto se obtuvo el radio de búsqueda para la estación Santa Mónica.

2.3.5.1 Sub nivel de recepción (*rxlevelsub*)

Indica la potencia promedio recibida en el terminal, en un periodo de tiempo de 480 ms, este parámetro es usado para medir la accesibilidad de la red, determinando un límite de -104 dBm^{31} , para identificar las zonas que no tienen cobertura del servicio, las mediciones que se presentan a continuación en el gráfico de Rx_Level Sub de llamada larga.

En la figura 2.6 se indica los diferentes recorridos realizados con los equipos de medición y los niveles de señal obtenidos.

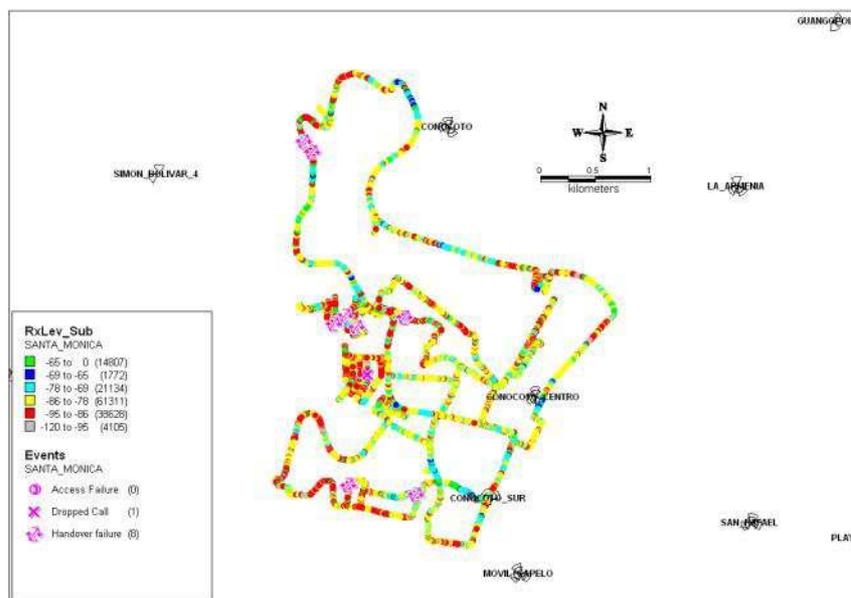


Figura 2.6 Niveles De Señal Obtenidos En Llamada Larga³²

³¹ **DBm**: es una unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un milivatio (mW)

³² Fuente: <Documento De Ingeniería Estación Santa Mónica; Otecel S.A, Proyecto: Planeación De Sitios, 2012(Confidencial)>

Se observa que en la zona donde se realizó la búsqueda se tiene un mayor número de muestras entre -95 dBm a -86 dBm, lo que muestra la mala calidad de niveles de señal recibidos por el móvil.

2.3.5.2 Tasa de tramas erradas (*FER*)

El “*FER*” se define como la razón entre las tramas no recibidas y las tramas totales generadas, donde las tramas no recibidas pueden deberse a dos motivos principales, tramas que exceden un determinado límite de retardo en consecuencia son descartadas y tramas recibidas con número excesivo de errores. Por lo general las tramas no deben sobrepasar un retardo máximo de 250ms con un “*FER*” < 2%. El “*FER*” es un indicador muy importante porque tiene una estrecha relación con la calidad de la voz recibida por los usuarios.

En la figura 2.7 se indica las mediciones de FER obtenidas en los recorridos en el sector de Santa Mónica.



Figura 2.7 Distribución Del FER Obtenido En Llamada Larga³³

³³ Fuente: <Documento De Ingeniería Estación Santa Mónica; Otecel S.A, Proyecto: Planeación De Sitios, 2012(Confidencial)>

Se puede observar un alto número de muestras de buena calidad de llamada en todo el recorrido, pero una baja calidad en el Barrio Santa Mónica, donde se ubicara el nuevo sitio, además existió varios traspasos fallidos entre las celdas aledañas debido la lejanía del móvil a la BTS más próxima.

Con los valores obtenidos de las mediciones en campo se llegó a la conclusión que debe haber una estación de telefonía Móvil Celular en esta sector para así mejorar la cobertura de este sitio.

2.3.6 TIPO DE SERVICIO A IMPLEMENTAR

Fundamentándonos en las mediciones obtenidas en campo, se estable mejorar los servicios de voz en las correspondientes áreas del Barrio Santa Mónica y sus colindantes, esto para teléfonos móviles GSM 850/1900 MHz con los siguientes parámetros.

En la Tabla 2.3 se indican niveles de recepción que debe brindar la operadora y que son solicitados por los organismos de control Ecuatoriano. **[9]**

	$X \geq -75 \text{ dBm}$	Urbano Denso (indoor)
	$-75 \text{ dBm} > x \geq -79 \text{ dBm}$	Urbano (indoor)
	$-79 \text{ dBm} > x \geq -84 \text{ dBm}$	Suburbano (indoor)
	$-84 \text{ dBm} > x \geq -89 \text{ dBm}$	Carretera (incar) & Rural (indoor)
	$-89 \text{ dBm} > x \geq -95 \text{ dBm}$	Rural (outdoor)

Tabla 2.3 Niveles Óptimos para un Servicio Móvil de Voz³⁴

³⁴ Fuente: <Documento De Ingeniería Estación Santa Mónica; Otecel S.A, Proyecto: Planeación De Sitios, 2012(Confidencial)>

2.3.7 DISEÑO DE LA ESTACIÓN

En la tabla 2.4 se indica el diseño en la parte de RF de la nueva estación de Santa Mónica, en donde por el área a cubrir la estación será del tipo Macro celda, siendo esta del tipo sectorizada, contando con 2 sectores los cuales estarán a una altura de 21 metros sobre el nivel del piso para lograr cubrir los objetivos planteados, en los azimut validados en las visitas conjuntas.

TIPO DE ESTACIÓN	MACRO GSM
Configuración	Sectorizada
Tipo	Outdoor
BSC Asignada	BSCQUI05
Número de sectores de Radio Base	2
Ancho de Lóbulos de radiación de antena	65°
Altura de antena	21 metros
Azimut sector 1 (850 MHz / 1900 MHz)	250°
Azimut sector 2 (850 MHz / 1900 MHz)	310°
Cantidad de TRX por sector	4
BCCH 850 MHz	S1: 221, S2: 223
BCCH 1900 MHz	S1: 594, S2: 798
Banda de Frecuencia	850 MHz – 1900 MHz
Tilt Mecánico (850 MHz / 1900 MHz)	S1: -3°, S2: -3°
Tilt Eléctrico 850 MHz	S1: 0°, S2: 0°
Tilt Eléctrico 1900 MHz	S1: 2°, S2: 3°

Tabla 2.4 Información Técnica de la Nueva Radio Base.³⁵

2.3.8 PREDICCIONES DE COBERTURA

De acuerdo a las mediciones realizadas en campo, mediante el procesamiento de los resultados de las mismas, se procede a simular la futura cobertura que se lograría con la implementación de la nueva Radio Base.

³⁵ Fuente: <Documento De Ingeniería Estación Santa Mónica; Otecel S.A, Proyecto: Planeación De Sitios, 2012(Confidencial)>

En la figura 2.8 se indica la futura cobertura a lograr con la Implementación de la Radio Base de Santa Mónica.

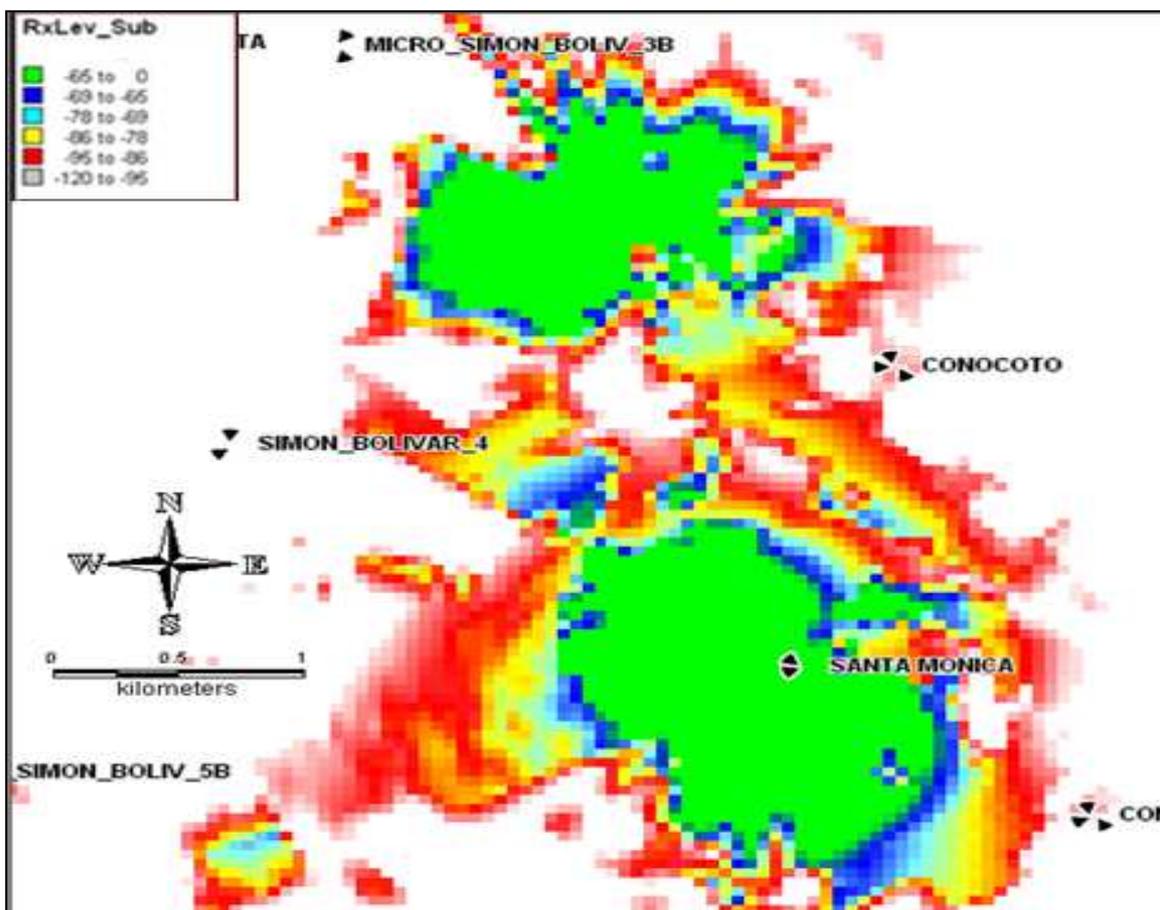


Figura 2.8 Predicciones de Cobertura Futura.³⁶

2.4 DOCUMENTACIÓN Y PERMISOS

De acuerdo al Capítulo I, se presenta a continuación cada uno de los documentos que deben ser presentados por cada una de las áreas, que son necesarias para la posterior implementación de una Radio Base.

³⁶ Fuente: <Documento De Ingeniería Estación Santa Mónica; Otecel S.A, Proyecto: Planeación De Sitios, 2012(Confidencial)>

2.4.1 NEGOCIACIÓN

Realizados los estudios correspondientes de factibilidad de la implementación de la nueva radio base, se procede a la contratación del sitio, por lo cual se necesita los siguientes documentos.

- Autorización Empresa Eléctrica para RBS Santa Mónica.
- Autorización Municipal para RBS Santa Mónica.
- Cedula de propietarios de predio donde se localizara la RBS Santa Mónica.
- Certificado de gravamen de RBS Santa Mónica.
- Realización de un contrato para RBS Santa Mónica.
- Contrato notariado para la RBS Santa Mónica.
- Escritura del predio donde se ubicara la RBS Santa Mónica.
- F.O.A de RBS Santa Mónica.
- Formulario entrega de contrato para la RBS Santa Mónica.
- Pago predial de terreno donde se ubicara la RBS Santa Mónica.
- Reporte de entrega de documentos de RBS Santa Mónica.
- Reporte de inspección de sitios para RBS Santa Mónica.

2.4.2 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

- Información RF.
- Información Técnica SANTA_MÓNICA.
- Información TX.
- Línea de Vista (LOS) Santa Mónica Dirección Conocoto Sur.
- Reporte de levantamiento en Sitio (TSS) Conocoto Sur Dirección Santa Mónica.
- Estudios de Ingeniería Santa Mónica Dirección Conocoto Sur.
- Simulación de Línea de Vista en Software Patloss.
- Orden de servicio infraestructura.

2.4.3 DOCUMENTACIÓN SENATEL

- **Información RF**
 - Cobertura Santa Mónica.
 - Información técnica Santa Mónica.
 - Formulario para estudio técnico de emisiones de RNI (Radiaciones no Ionizantes).
- **Información TX**
 - Formulario para información de la infraestructura del sistema de radiocomunicaciones.
 - Formulario para información de antenas.
 - Formulario para patrones de radiación de antenas.
 - Formulario para información de equipamiento.
 - Formulario para el servicio fijo terrestre (Enlaces punto-punto).
 - Formulario para estudio técnico de emisiones de RNI (Cálculo de la distancia de seguridad).
- **Planos de implantación de infraestructura**
 - Santa Mónica - Antenas Celulares.
 - Santa Mónica - Antenas Microonda.
 - Santa Mónica - Diagrama Unifilar.
 - Santa Mónica - Implantación Con Angulo De Giro.
 - Santa Mónica - Implantación General.
 - Santa Mónica - Rótulos y Alarmas.
 - Santa Mónica - Sistema Eléctrico.
 - Santa Mónica - Sistema Puesta a Tierra.
 - Santa Mónica – Ubicación.
- **Estudio de Factibilidad**
 - Archivo Fotográfico con Fotomontajes del impacto visual de la nueva Estación.
 - Santa Mónica - Cronograma Ejecución.
 - Santa Mónica - Estudio De Factibilidad.
 - Santa Mónica - Informe Mecánica Suelos.
 - Santa Mónica - Plan De Manejo Ambiental De Escombros.
 - Santa Mónica - Plan De Emergencia.

- **Permisos**

- Ambiental.
 - ❖ Cronograma Del Plan De Manejo Ambiental.
 - ❖ Ficha Ambiental y Plan De Manejo Ambiental Para La Implantación de Estaciones Base Celular Del Distrito Metropolitano De Quito.
 - ❖ Licencia Única Metropolitana de Implantación y Operación de estaciones Base Celular.
 - ❖ Valoración Paisajística Santa Mónica.

2.5 IMPLEMENTACIÓN

Por motivos del enfoque del Proyecto, la parte de la construcción de la Radio Base no será analizada, el desarrollo del Proyecto inicia a partir de cuándo Infraestructura entrega el sitio al personal de RF, TRX y Fiscalización, ya que la construcción y procesos previos, que se llevan a cabo en esta parte son ajenos a nuestro Proyecto.

2.5.1 PROCESOS DE ACEPTACIÓN DE SITIO PARA INICIAR LA INSTALACIÓN

La aceptación del sitio para inicios de trabajos, se basa en el documento LPI (Listo para instalar) el cual es llenado por el personal de RF, en presencia del Ingeniero representante del área de infraestructura, el cual es el responsable de la implementación de la infraestructura, todo esto se realiza en conjunto con personal de fiscalización que verifica la recepción del nuevo sitio, este personal es el que reporta y hace cumplir todos los pendientes generados en campo.

2.5.1.1 Instalaciones a ser fiscalizados en un LPI

- **Información General del Sitio:** en este ítem se llena los datos del sitio como nombre del sitio, identificación ante la operadora, facilidad de

accesos y representantes de cada uno de las áreas que están para la aceptación.

- **Verificación de datos con respecto a los planos de implantación:** se corrobora la dirección, coordenadas, tipo de acceso al sitio, si este es *Indoor* u *Outdoor*, si posee cerramiento, si las llaves entregadas por infraestructura abren todas las cerraduras que existen en la estación, tipo de estructura, tipo y cantidad de Feeder³⁷ de acuerdo a la tabla 2.5.

Tipo de Feeder	Longitud
Feeder de 1/2"	Hasta los 20 metros
Feeder de 7/8"	Desde los 20 metros hasta los 60 metros
Feeder de 13/8"	Desde los 60 metros hasta los 120 metros

Tabla 2.5 Calibre Del Feeder según La Distancia

- **Requerimientos especiales para transporte o ingreso de equipos:** aquí se valida si para ingresar los Rack³⁸, equipos de RF (Radio Frecuencia), equipos de TRX (Transmisiones) y banco de baterías es necesario grúa (edificios), Helicóptero (estaciones de difícil acceso), lancha (Islas), etc. Todo esto para garantizar que los equipos lleguen en buen estado y así garantizar su futuro buen funcionamiento.
- **Verificación obra civil:** en base a los planos del sitio entregados por la operadora los cuales están basados en los requerimientos establecidos en la validación del nuevo sitio, los cuales fueron realizadas por las diferentes áreas en la visita conjunta, en esta verificación el Ingeniero responsable valida:

³⁷ **Feeder:** Cables coaxiales que transportan las señales de radiofrecuencia desde la línea troncal en las salidas de amplificadores y las transportan hasta los elementos radiantes(antenas) y viceversa, conocidas también como líneas de transmisión

³⁸ **Rack:** armazón destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones

- Ubicación, sistema de tierras, niveles de energía AC, escalerillas horizontales y nivel de los rieles donde se va a anclar los equipos.
- Altura, Sistema de descarga, escalerillas verticales, barras de tierra, pararrayos, baliza, escalera para acceder a la estructura, línea de seguridad, azimut de soportes de antenas tanto de la MW (Microonda) como de RF en la estructura.
- Verificación de resistencia del suelo de la nueva estación, se debe garantizar un valor menor o igual a 5 ohmios según norma internacional IEEE std 80-2000 recomendada para equipos de Telecomunicaciones.

Al ser revisado todo esto firman las partes identificando si el sitio es aceptado sin pendientes, con pendientes o rechazado lo cual generaría una segunda visita donde se levantara todos los pendientes que se hayan generado, este documento conocido como LPI es propiedad del proveedor NSN.

Fiscalizado el sitio se procede por parte de la operadora a notificar a sus respectivos proveedores, los cuales despachan los equipos necesarios para la implementación de este sitio de acuerdo a lo diseñado en la parte de RF Y TRX los cuales se deben encontrar en sitio máximo en 24 horas luego de realizado el LPI para con esto comenzar con la instalación del mismo.

2.5.2 INSTALACIÓN DE EQUIPOS

En esta fase nos enfocamos en la instalación de los equipos de Transmisión (SIAE) y los de Radio Frecuencia (NSN), los cuales seguirán los respectivos parámetros establecidos por sus fabricantes y a la vez aprobados por la operadora de Telefonía Celular.

2.5.2.1 Dimensionamiento de equipos de microonda (MW)

Para está Radio Base se instala en cada estación una IDU ALC PLUS 2 con las ODU's ASN8, las cuales irradiaran en el rango de los 8 GHz según el estudio de ingeniería, estos equipos son con los que trabaja la opera para el despliegue de sus nuevas Radio bases.

La instalación de equipos de marca SIAE contempla varias fases, el procedimiento a seguir es el mismo para la mayoría de tecnologías de los diferentes proveedores de equipos de transmisión:

- Instalación de Equipos de Transmisión en el colateral en nuestro caso Conocoto Sur.
- Instalación de Equipos de Transmisión en la estación nueva, previo a que este instalado el Rack de servicio que contiene los rectificadores, banco de baterías en nuestro caso sería la estación Santa Mónica.
- Alineamiento del Enlace y verificación del campo recibido según los estudios de Ingeniería.

Identificado los procesos a seguir en una instalación de una MW comenzaremos a describir cada uno de los mismos, cabe mencionar que se trabaja en base a los estudios de ingeniería entregados por la operado, la instalación del local como del remoto siguen los mismos procesos.

2.5.2.2 Instalación de los equipos MW tanto en el lado local y remoto

Para la instalación de los equipos de MW, nos basamos en los estudios de ingeniería realizados por la compañía SIAE, mas los reportes técnicos de LOS de Santa Mónica Dirección Conocoto Sur, TSS Conocoto Sur Dirección Santa Mónica.

En la figura 2.9 se indica la simulación a través del software Pathloss de la línea de vista entre las 2 estaciones.

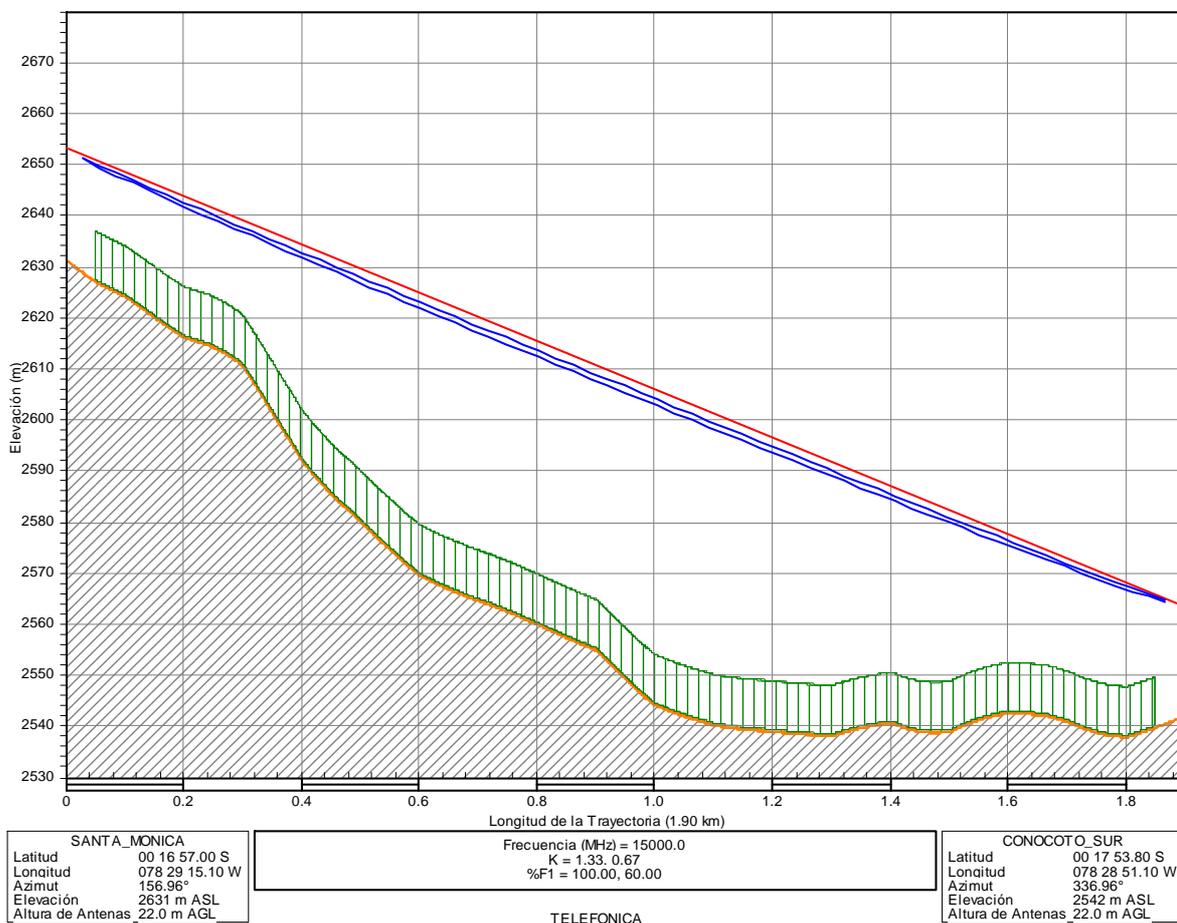


Figura 2.9 Simulación de la Línea de Vista a través del Pathloss³⁹

En la figura 2.10 se indica los estudios de ingeniería para el enlace punto a punto Santa Mónica dirección Conocoto Sur, en este estudio de ingeniería debe identificarse bien los parámetros tales como son:

- Modelo, ganancia y diámetro de la antena de MW.
- Perdidas en el espacio libre.
- Factor Geo-climático.
- Perdidas por Multi-trayectoria.

³⁹ Fuente: < Siae Micoelectronica, "Documentación Técnica- Información De Transmisión", Otecel S.A- Ecuador, Marzo De 2012(Confidencial)>

- Latitud y Longitud de cada estación del enlace.
- Ancho de Banda.
- Modulación.

	SANTA_MONICA	CONOCOTO_SUR
Elevación (m)	2631.17	2541.70
Latitud	00 16 57.00 S	00 17 53.80 S
Longitud	078 29 15.10 W	078 28 51.10 W
Azimuth Verdadero (°)	156.96	336.96
Ángulo Vertical (°)	-2.71	2.70
Modelo de Antena	THP 0.6-144 S	THP 0.6-144 S
Altura de Antena (m)	23.00	23.00
Ganancia de Antena (dBi)	36.60	36.60
Pérdidas Misceláneas (dB)	1.70	1.70
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	15000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	1.90	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	121.55	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.05	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	52.80	52.80
Modelo de Radio	ASN15ALPlus2 86M 256QAM	ASN15ALPlus2 86M 256QAM
Potencia de Transmisión (w)	0.02	0.02
Potencia de Transmisión (dBm)	12.00	12.00
PIRE (dBm)	45.90	45.90
Designador de Emisor	14M00D7WET	14M00D7WET
TX Channels	7h 15019.0000V	7I 14599.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-70.50	-70.50
Señal Recibida (dBm)	-40.80	-40.80
Margen de Desv. - Térmico (dB)	29.70	29.70
Factor Geoclimático	6.32E-06	
Inclinación del Trayecto (mr)	47.15	
Fade occurrence factor (Po)	3.10E-08	
Temperatura Anual Promedio (°C)	28.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	8.74e-05	8.74e-05
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	3.93e-04	3.93e-04
(% - sec)	100.00000 - 0.00	
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	29.70	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	244.86	
Atenuación por Lluvia (dB)	29.70	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	99.99983 - 53.11	
Total Anual (%-seg)	99.99983 - 53.11	

Figura 2.10 Estudios de Ingeniería del Enlace a través Del Software Pathloss⁴⁰

Con los estudios de ingeniería se procede a verificar cada uno de elementos que conforman el sistema de transmisión los cuales son:

- Antenas parabólicas de Tambor.

⁴⁰ Fuente: < Siae Micoelectronica, “Cálculos de Ingeniería- Información De Transmisión”, Otecel S.A- Ecuador, Marzo De 2012 (Confidencial)>

- IDUs (*Indoor Unit*).
- ODUs (*Outdoor Unit*)⁴¹.
- DDF (*Data Distribution Frame*)
- Cable IF (2M RG8 COPPER CLAD ALUMINIUM)
- Cable de Tierra #6AGW Multi-filar
- Cable para energizar Idus según lo solicitado en TSS y LOS
- Conectores de energía, amarras, etc.

En base a la orden de despacho de materiales, se verifica que los mismos sean los necesarios para la implementación del enlace de MW, se identifica a qué lado del enlace corresponde las ODUs de banda baja y de banda alta.

De acuerdo a los estudios de ingeniería, se identifica que las ODUs de banda alta están en el lado de Conocoto Sur, con lo cual se comienza a detallar los procesos a seguir para la correcta instalación de los equipos de MW.

2.5.2.3 Instalación mecánica de IDU – DDF

La instalación de la IDU, DDF en los bastidores o rack están diseñadas para estructuras mecánicas de 19 pulgadas o con platinas de expansión para estructuras de otras dimensiones, la IDU, DDF están provistas de orificios para la fijación en un bastidor, esto se lo realiza con tornillos. Para evitar problemas de sobre temperatura el espacio libre arriba y debajo de una IDU debe ser de 22mm (1/2UR⁴²) mínimo. [11]

Se interconecta la IDU y DDF a través de los cables SCSI, los cuales poseen una impedancia característica de 75[ohmios⁴³]. A continuación se interconecta la IDU

⁴¹ **Unidad ODU:** contiene los circuitos IF y RF que permiten de recibir y transmitir las señales relativas al tráfico del usuario, la gestión y la telemetría.

⁴² **UR:** Unidad de Rack que es igual a 44mm, y que es utilizada para definir el tamaño del equipo

⁴³ **Ohmio:** es la unidad derivada de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades.

hacia el chasis del Rack para con esto lograr la interconexión de la misma al Sistema de Tierra. La IDU se alimenta desde las borneras que posee el rectificador de la BTS con un voltaje DC de -48 [Vdc], antes de encender se debe verificar la interconexión al sistema de tierra respectivo de la IDU.

En la figura 2.11 se indica la instalación de la IDU y DDF en cada una de las estaciones que conforman el enlace.

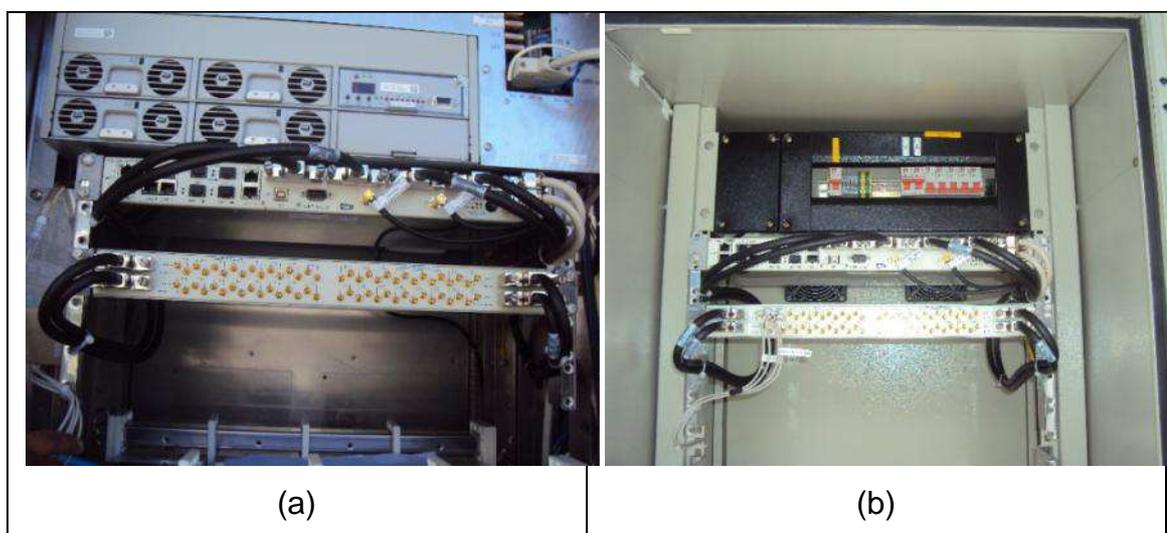


Figura 2.11 (a) Ubicación de IDU en Santa Mónica, (b) Ubicación IDU En Conocoto Sur

2.5.2.4 Instalación mecánica de antena, ODUs y el acoplador en el enlace de MW

Los procesos que se siguen para la instalación de la antena y ODUs es el siguiente:

- **Polarización de antena:** esto se logra a través del twist⁴⁴ el cual sustituye a la guía de onda, este elemento pasivo permite acoplar la antena con las ODUs con la polaridad deseada, el twist para dar la polarización al enlace se ubicada entre el híbrido y el anillo de centrado, su tamaño está relacionado a frecuencia de trabajo, la polarización

⁴⁴ **Twist:** llamado disco de polarización, elemento pasivo que se encarga en de dar la polarización al enlace

dada al enlace depende directamente de los estudios de ingeniería realizados por la compañía SIAE, para este enlace la polarización asignada es polarización Vertical.

En la figura 2.12 se indica los tipos de polarización logrados con el twist y su colocación en la antena.

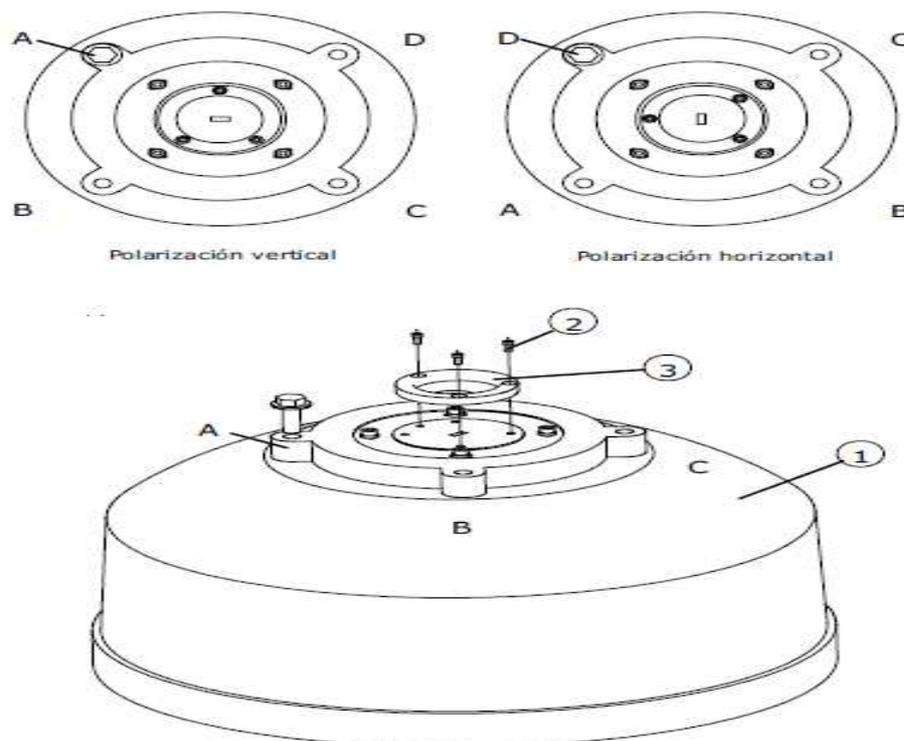
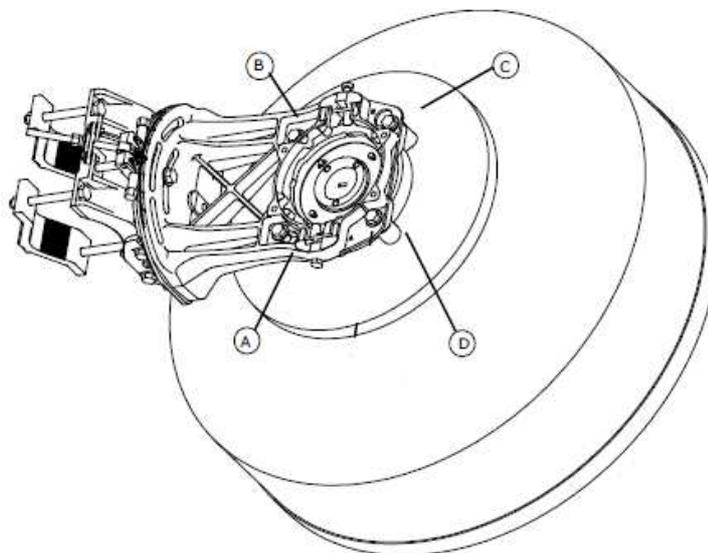


Figura 2.12 Polarización de Antena mediante Twist.⁴⁵

- **Instalación del anillo de centrado en la antena (1+0):** posterior a la polarización de la antena, se instala el anillo de centrado, este sirve para anclar la antena al *Mounting Pool*, además si fuera un enlace (1+0) a este se sujetaría directamente la ODU.

⁴⁵ Fuente : < ALS - ALplus2, ALCplus2(MN.00224.E – 001), Volume 1/1, SIAE MICROELECTRONICA, 2012>

En la figura 2.13 se indica la sujeción del anillo centrado a la antena.



A, B, C, D Posición de los bulones de fijación

Figura 2.13 Instalación de Anillo de Centrado.⁴⁶

- **Instalación del híbrido:** El híbrido también llamado acoplador sirve para anclar las ODUs cuando el enlace es (1+1 HSTBY), en general los acopladores instalados son desbalanceados, ya que estos introducen menores pérdidas al enlace, la ODU secundaria tiene una pérdida de 5dBm con respecto a la ODU principal, la configuración del enlace está dada en los estudios de ingeniería. El acrónimo HSTBY (*hold standby*) en un enlace nos indica que solo una de las ODUs transmite mientras la otra está en espera a que un suceso haga que conmute la transmisión a la secundaria, en este tipo de configuración las 2 ODUs son receptoras, en la figura 2.13 se indica cómo va colocado el acoplador al anillo de

⁴⁶ Fuente : < ALS - ALplus2, ALCplus2(MN.00224.E – 001), Volume 1/1, SIAE MICROELECTRONICA, 2012>

centrado, a la vez se identifica la posición en donde se deben colocar las ODUs, siendo RT1 donde se acoplara la ODU principal.

En la figura 2.14 se indica la sujeción del híbrido donde posteriormente se colocaran las ODUs.

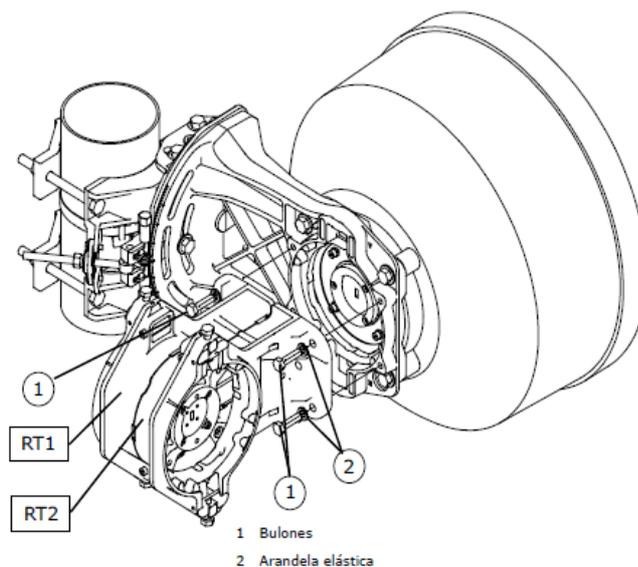


Figura 2.14 Instalación del Híbrido sobre el Anillo de Centrado.⁴⁷

- **Instalación, conexión a tierra de ODUs y posterior orientación de antena:** continuando con la instalación de los equipos de MW, se procede a la sujeción de las ODUs al híbrido descrito en la figura 2.14.

Con todo esto realizado procedemos a anclar la antena con sus componentes en el mounting pool⁴⁸, el cual debe estar colocado por infraestructura a la altura solicitada en TSS y LOS, ya anclada procedemos a apuntar la MW en el azimut indicado en los estudios de ingeniería del enlace, luego se procede a interconectar las ODUs a la barra de tierra más cercana, la distancia entre las ODUs y la barra de tierra no debe superar los 10m.

⁴⁷ Fuente : < ALS - ALplus2, ALCplus2(MN.00224.E – 001), Volume 1/1, SIAE MICROELECTRONICA, 2012>

⁴⁸ **Mounting Pool:** Conocido también como soporte, elemento metálico que sirve para la sujeción de la antena a la estructura de la radio base, tales como puede ser una torre autosoportada, etc.

En la figura 2.15 se indica la parte *outdoor* del sistema de transmisión conocida como ODUs

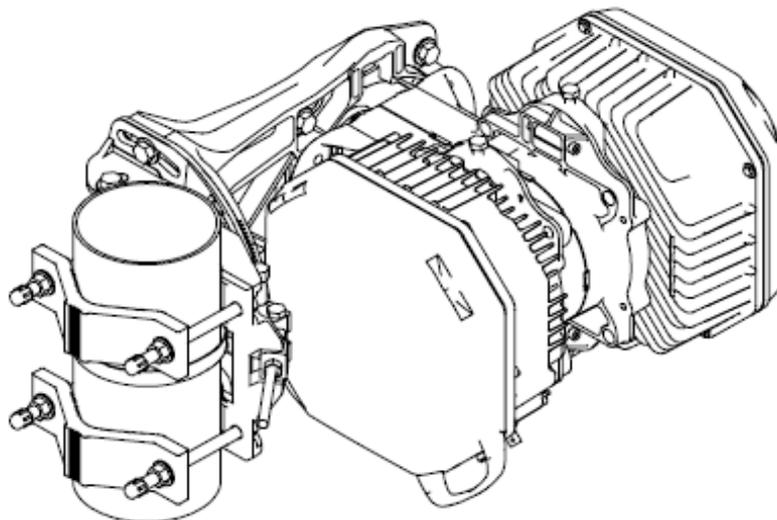


Figura 2.15 Instalación de ODUS.⁴⁹

- **Tendido de cable IF y conexión a Tierra:** anclada la antena se procede a tender el cable IF desde el RACK de servicio de la MW por las escalerillas portadoras de cable tanto horizontales, como verticales, este tendido de cable IF debe seguir y tener las siguientes conexiones a tierra.

En la figura 2.16 se indica las interconexiones a tierra que se deben realizar al sistema de MW.

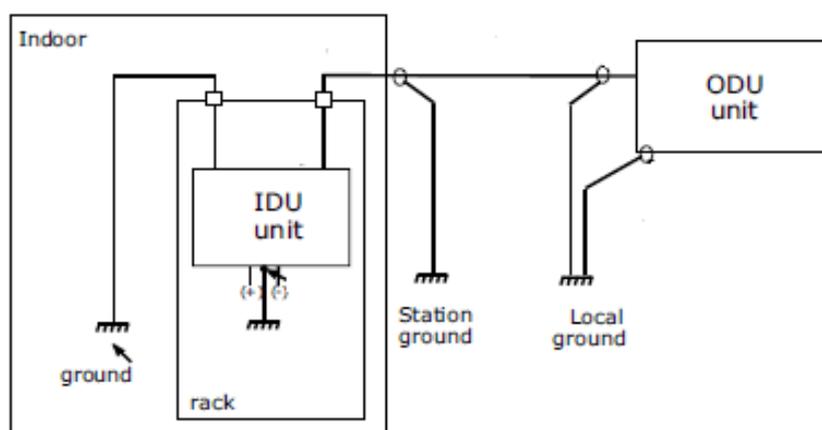


Figura 2.16 Esquema de Conexiones al Sistema de Tierra de los Equipos.⁴⁸

⁴⁹ Fuente : < ALS - Alplus2, ALCplus2(MN.00224.E – 001), Volume 1/1, SIAE MICROELECTRONICA, 2012>

Como se indica en la figura 2.16 del esquema de conexión a tierra de los equipos, se necesita que el rack esté conectado a la barra de tierra más próxima para que la conexión a tierra de la IDU sea válida. El cable IF debe estar interconectado a la barra de tierra ubicada a la salida del rack en un tramo recto lo más próximo al Rack de transmisiones. En la estructura el cable IF deberá estar interconectado a la barra de tierra después de las curvas de goteo donde el cable IF comienza el tramo recto, otra conexión a la barra de tierra es el de las ODU, las cuales deben estar aterradas a la barra de tierra más próxima sin que la distancia del cable de tierra sea mayor a 10 metros.

La dirección de los aterramientos es siempre hacia abajo siguiendo la dirección del cable IF, nunca se debe aterrizar hacia arriba ya que si hubiera una descarga eléctrica los aterramientos realizadas no serían el camino más rápida de descarga.

- ***Lightning arrester***: es un elemento encargado de la protección de descargas eléctricas que se pueden producir a través del cable IF, su funcionamiento se basa en cuanto existe una descarga eléctrica se activa un gas que contiene en su interior, al activarse el gas se cierra el circuito, toda la descarga regresa de nuevo por el cable IF, su salida es el primer punto donde el cable IF se interconecta a la barra de tierra evitando así que la IDU sufra daños.

En la figura 2.17 se indica el *Lightning arrester*, que actúa como supresor de transientes.⁵⁰

⁵⁰ **Supresores de transientes:** están conceptualizados por las normas internacionales como equipos destinados a proteger las instalaciones eléctricas contra aquellas sobretensiones generadas por fenómenos transitorios.



Figura 2.17 Lightning Arrester

En la figura 2.18 se indica como quedo instalado el sistema de Transmisión para este enlace.

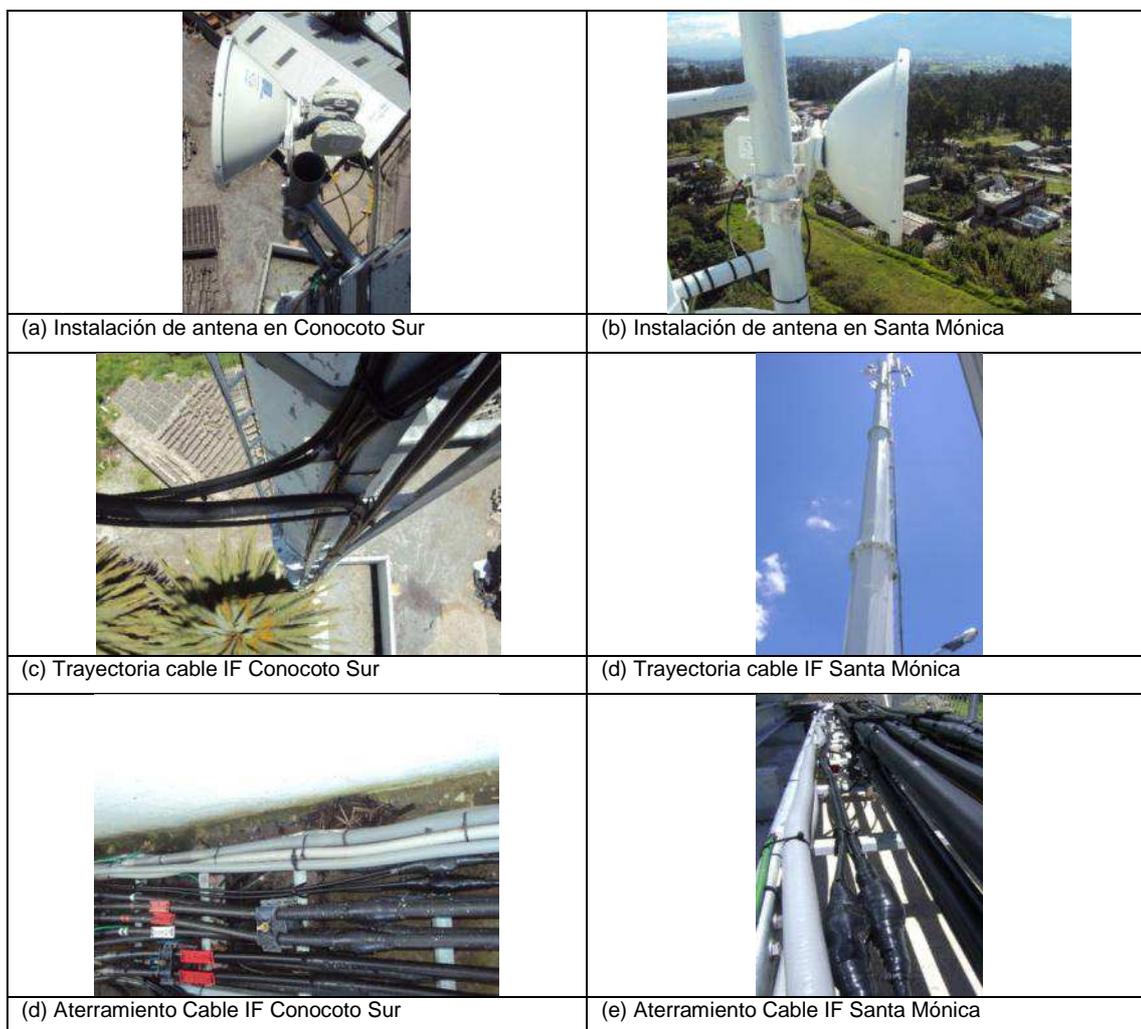


Figura 2.18 Instalación de Equipos de Transmisiones

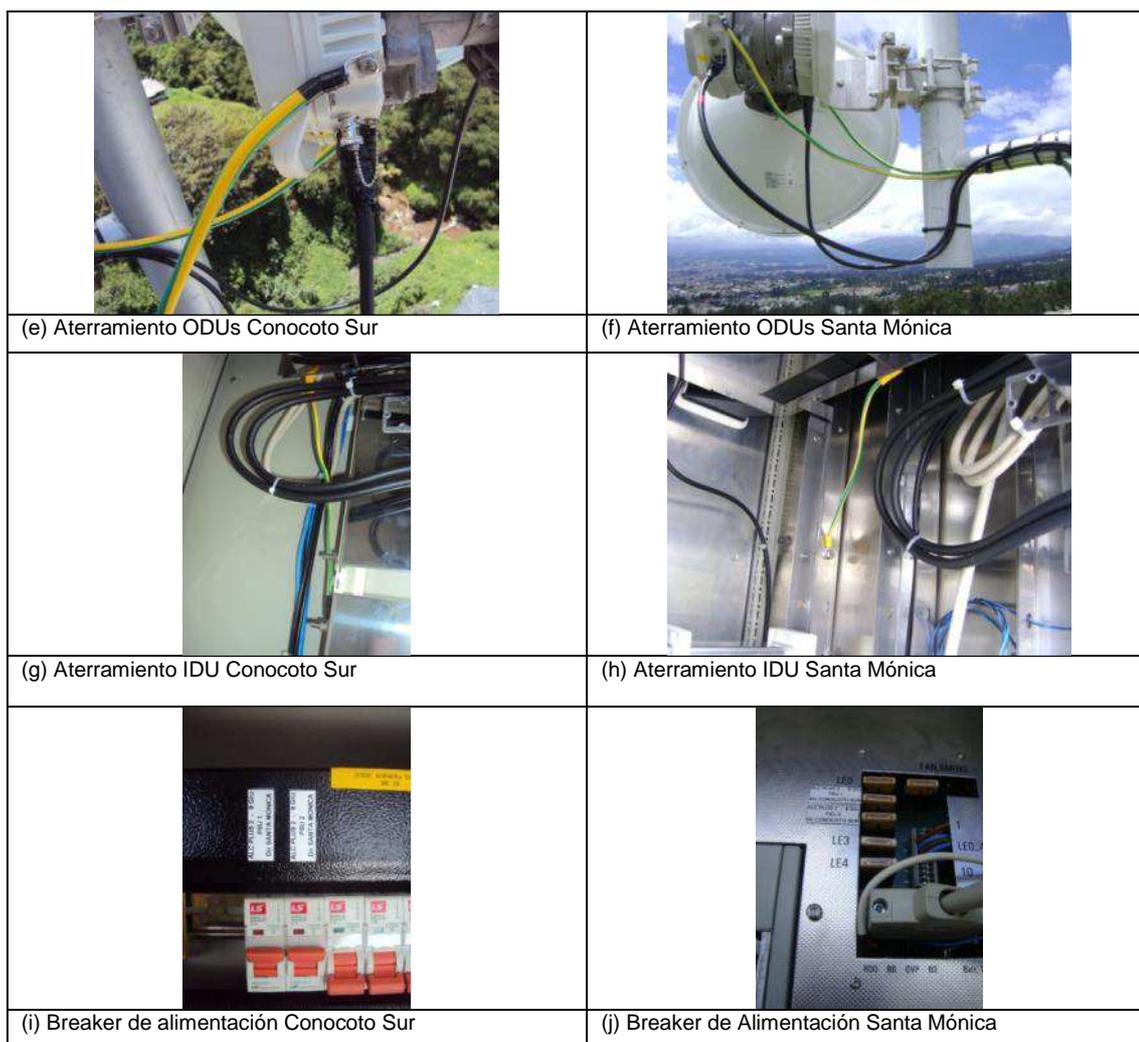


Figura 2.19 Instalación de Equipos de Transmisiones (Continuación)

2.5.2.5 Verificación del campo recibido según estudios de ingeniería

Realizadas todas las conexiones a tierra, lo cual garantiza que los equipos no sean afectados de una posible descarga eléctrica procedemos a configurar el enlace para así proceder a alinear el mismo.

- **Configuración de tipo de enlace**

En esta actividad se configura la IDU de acuerdo a los estudios de ingeniería en los cuales se garantiza una disponibilidad mínima del 99.9995% al año, esto se realiza a través del software SCT (*Subnetwork Craft Terminal*) propietario de los

equipos SIAE, el cual nos permite interactuar con los mismos y así configurar los parámetros.

El software SCT funciona tanto en Windows XP, VISTA y Windows 7, sin ningún problema, las características mínimas de la laptop son:

- Microprocesador Pentium 4 o similar
- Memoria RAM 1GB
- Conexión LAB o USB.

Las pantallas mostradas son las del enlace configurado y alineado, puesto en gestión, además en las microondas SIAE, cuando se encuentran configuradas las frecuencias, potencia, modulación y capacidad del enlace, con un nivel de -70 dBm de campo de RX se puede acceder a su remoto por las propiedades de Telemetría que poseen estos equipos.

Por medio de la interfaz SCT del enlace SIAE se configura los siguientes parámetros:

- **Tipo de Enlace**

- **1+0:** Solo con una ODU acoplada directamente a la antena.
- **1+1 HSTBY:** con 2 ODUs, la ODU principal es la única que transmite a menos que haya una alarma mayor que obligue a conmutar hacia la ODU secundaria. En esta configuración la 2 ODUs son receptoras.
- **1+1 HSTBY (SD):** en la misma configuración HSTBY pero físicamente a cada ODU se le asigna una antena se trabaja con una sola frecuencia para transmisión pero la recepción es por multitrayectorías con lo cual el enlace funciona en modo SD (*space diversity*), todo esto para mejorar el desempeño del enlace.
- **1+1 FD:** la Configuración FD (*frequency diversity*) existen dos portadoras por enlace, las cuales son procesadas al ser recibidas en la IDU y es aceptada la que llega con más potencia.

Los otros parámetros deben estar configurados como se muestran en la figura 2.19, ya que estos parámetros se configuran si se quiere expandir a 64 E1 nuestro enlace por lo cual hay que activar el módulo STM1 que posee esta IDU.

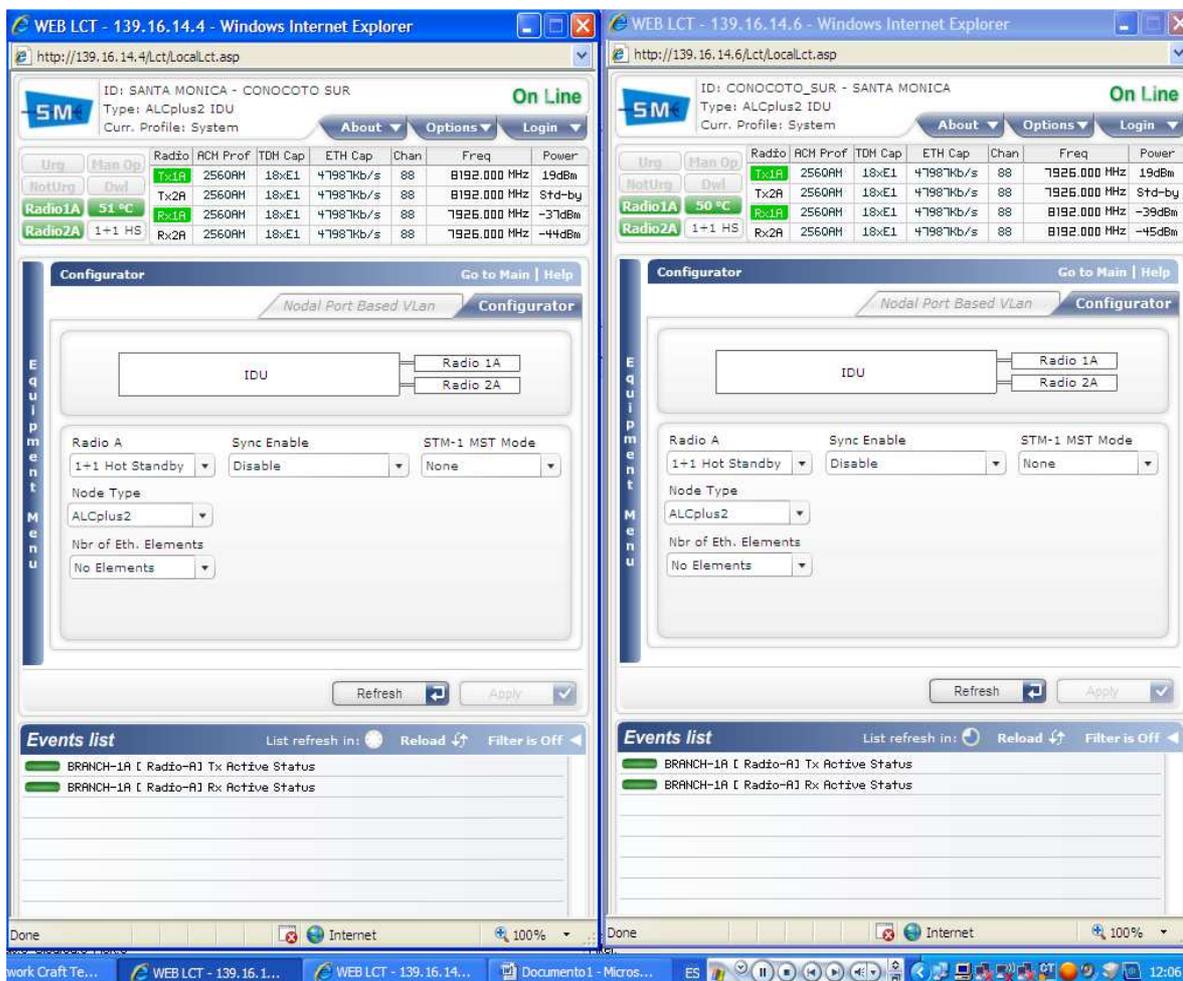


Figura 2.20 Pantalla de Configuración de Enlace

2.5.2.6 Asignación de la Modulación, Ancho de Banda y Capacidad

En esta parte se configura el ancho de banda, la modulación del enlace, número de E1 o tráfico TDM (*Time División Multiplexing*) ya sea permanentes o extras, la diferencia entre la habilitación de E1 permanentes que se manejan con la modulación configurada en el equipo y los extras. Los extras poseen 2 E1 a 120 ohmios, además se los puede configurar con modulación adaptativa la cual dependerá de la disponibilidad del enlace, todo esto basado en los estudios de ingeniería del enlace los cuales se indican en la figura 2.20.

The figure shows two side-by-side screenshots of a web-based configuration interface for a radio system. Both screenshots are viewed in a Windows Internet Explorer browser window.

Left Screenshot (http://139.16.14.4/LocalLct.asp):

- System ID: SANTA MONICA - CONOCOTO SUR
- Type: ALCplus2 IDU
- Temperature: 52 °C
- Radio Parameters Table:

Radio	ACH Prof.	TDM Cap.	ETH Cap.	Chan.	Freq.	Power
Tx1A	2560AH	18xE1	47987Kb/s	88	8192.000 MHz	19dBm
Tx2A	2560AH	18xE1	47987Kb/s	88	8192.000 MHz	Std-by
Rx1A	2560AH	18xE1	47987Kb/s	88	7926.000 MHz	-37dBm
Rx2A	2560AH	18xE1	47987Kb/s	88	7926.000 MHz	-44dBm

Right Screenshot (http://139.16.14.6/LocalLct.asp):

- System ID: CONOCOTO_SUR - SANTA MONICA
- Type: ALCplus2 IDU
- Temperature: 49 °C
- Radio Parameters Table:

Radio	ACH Prof.	TDM Cap.	ETH Cap.	Chan.	Freq.	Power
Tx1A	2560AH	18xE1	47987Kb/s	88	7926.000 MHz	19dBm
Tx2A	2560AH	18xE1	47987Kb/s	88	7926.000 MHz	Std-by
Rx1A	2560AH	18xE1	47987Kb/s	88	8192.000 MHz	-39dBm
Rx2A	2560AH	18xE1	47987Kb/s	88	8192.000 MHz	-45dBm

Both screenshots show configuration options for 'Mod. Cap/Link ID' (Extra TDM Priority, Local Link ID, Modulation & Capacity) and an 'Events list' at the bottom.

Figura 2.21 Configuración de la Modulación, Ancho de Banda y Número de E1

2.5.2.7 Asignación de la potencia transmisión, fijación de umbrales

Se configura el nivel de potencia con el cual va a comenzar a transmitir el enlace, además se configura el umbral mínimo y máximo al cual nuestro radio comenzara a presentar alarmas de degradación, para alertar así al personal de mantenimiento de una posible falla del sistema de transmisiones.

Los umbrales de alerta del enlace dependen de los niveles de recepción logrados, por lo cual los umbrales son configurados cuando existe una pérdida que oscila de 10 dBm a 15 dBm.

En la figura 2.21 se indica la configuración de potencia del enlace.

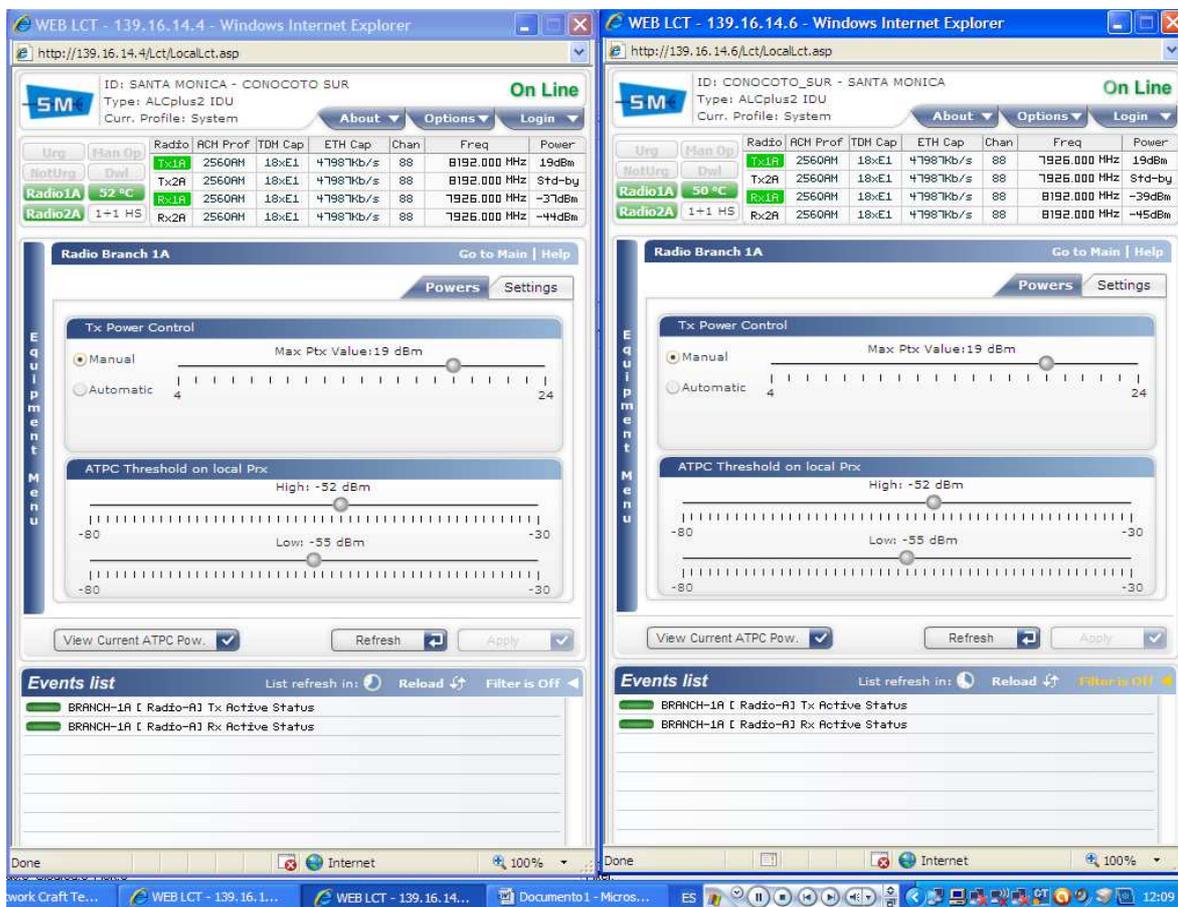


Figura 2.22 Potencia y Umbrales de Alarmas

2.5.2.8 Selección de frecuencias y configuración de parámetros de transmisión

En la figura 2.22 se selecciona los valores de frecuencia de cada lado, cabe resaltar que solamente se configura la frecuencia de TX en cada IDU, la de RX se configura por defecto en el equipo SIAE, además la frecuencia solo se configura en la ODU principal mientras que la ODU secundaria funciona como una esclava y se configura por defecto los parámetros de la ODU principal.

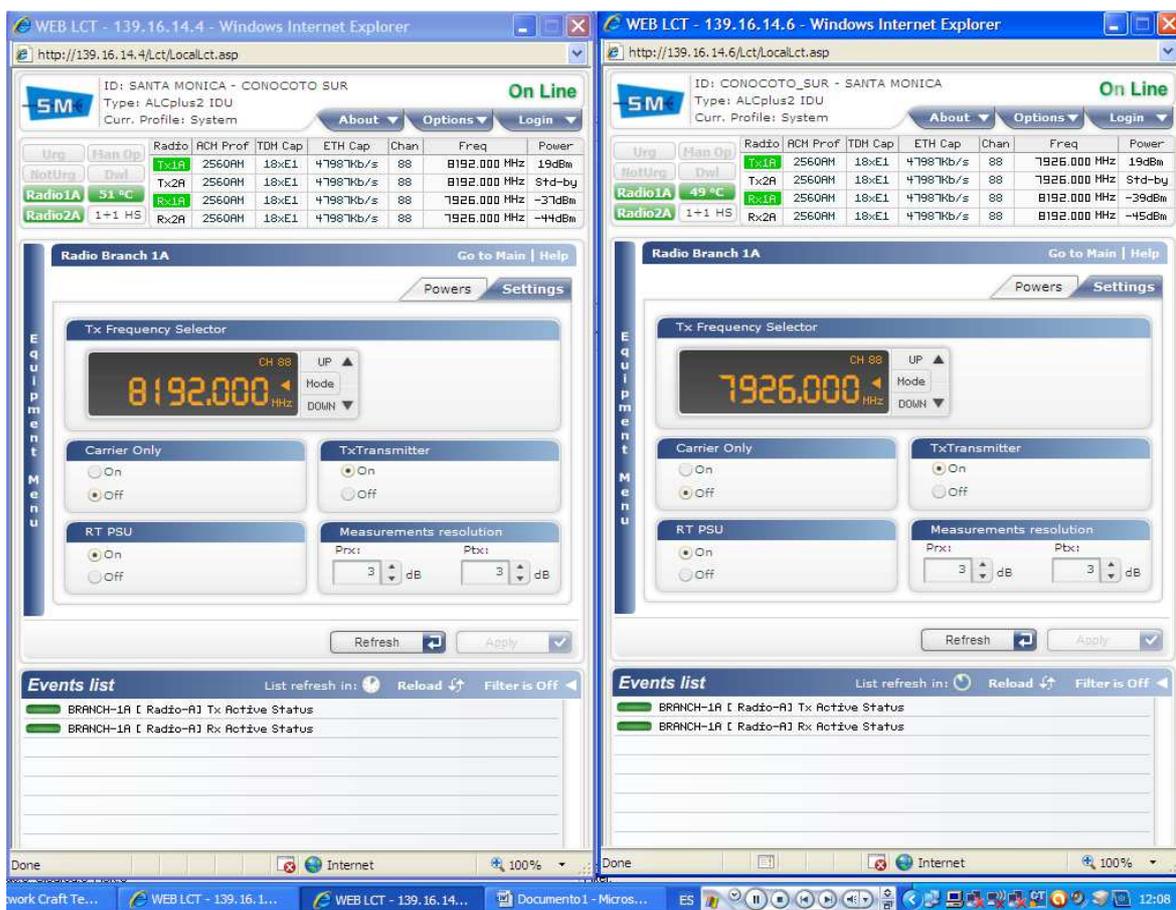


Figura 2.23 Selección de Frecuencia

Como se puede observar en la figura 2.22 existe otros parámetros en esta pantalla los cuales vienen configurados por defecto, de los cuales uno que generalmente lo utilizamos, en especial cuando necesitamos alinear un enlace en la misma frecuencia que está trabajando el enlace existente es el parámetro TX TRANSMITER, este parámetro permite apagar la potencia de transmisión del enlace y solo trabajaríamos con la RX, esto es útil ya que debido al crecimiento progresivo de la red se debe migrar radios antiguos con baja capacidad, pero se debe mantener las frecuencias en los cuales están autorizados estos enlaces por lo cual a los nuevos enlaces se los alinea con la transmisión apagada y en corte programado se migra el tráfico que cursa por este radio.

Con estos parámetros configurados se procede a verificar los niveles de campo de RX (Recepción) del enlace, con lo cual el siguiente paso a realizar es lo que se conoce en campo como darle el fino, todo esto asumiendo que se apuntó correctamente el enlace en ambos lados. El alineamiento consiste en darles suaves movimientos ya sea vertical u horizontal a la antena hasta lograr el pico más alto en la medición tomado con un multímetro en el punto de prueba que posee la ODU. Para este proceso siempre se comienza con el remoto ya encontrado el punto más alto en el colateral se procede a seguir el mismo procedimientos en el sitio nuevo, todo este proceso se repite hasta tener los niveles de recepción indicados en los estudios de ingeniería con un margen de ± 3 dBm que es lo permitido por la operadora.

Una vez alineado se procede al etiquetado de la IDU, DDF, ODU, etc. Con lo cual nuestro enlace está listo para ser entregado a personal de fiscalización.

2.6 REALIZACIÓN DE LA RUTA FÍSICA DE TRANSMISIÓN

En base a las ingenierías PDH(Jerarquía Digital Plesiócrona), las cuales son realizadas por el área de ingeniería de transmisiones de OTECEL S.A, se procede a ir de estación en estación interconectando físicamente a través de cable micro coaxial, que posee una impedancia característica de 75[ohmios], estos cableados interconectan los tributarios asignados en el DDF de cada enlace, con lo cual al final se tiene los E1 solicitados para nuestro estación, esta actividad se realiza en paralelo a la instalación del enlace.

En la figura 2.23 se indican los esquemas PDH, necesarios para la realización de la ruta física de transmisión.

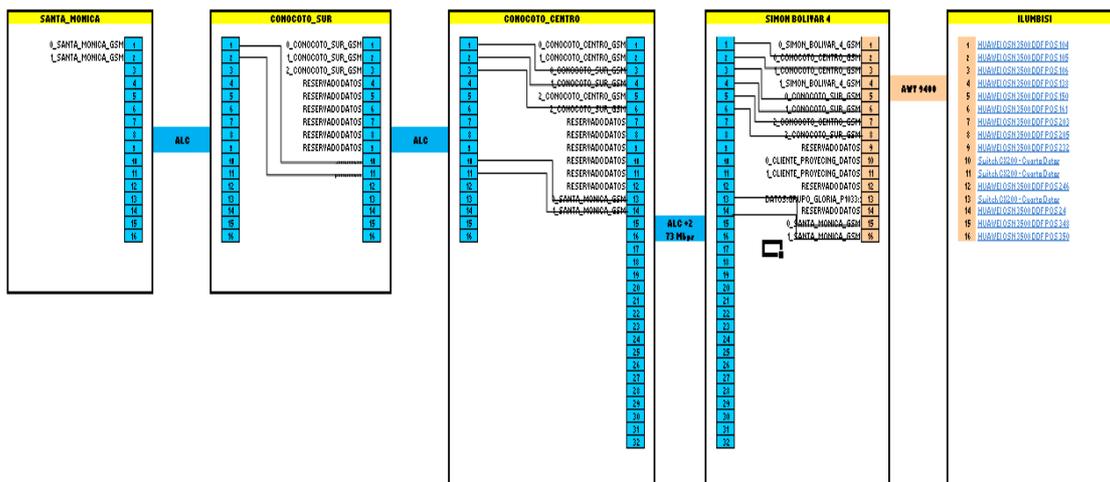


Figura 2.24 Esquema PDH Ruta Santa Mónica⁵¹

En la figura 2.23 de la estación Santa Mónica se aprecia las diferentes estaciones que se debe interconectar para llegar desde la estación en mención hasta el Multiplexor que se encuentra en Ilumbisí, ya que desde ahí se crea un servicio Lógico a través de la red de Multiplexores de la operadora hasta llegar a la BSC ubica en la estación Carretas II.

A continuación se indica cómo se lee el esquema PDH entregado por el área de Ingeniería.

En la estación Ilumbisí, según el esquema PDH el primer E1 debe estar conectado en la posición 348 del Huawei OSN 3500, desde aquí se debe interconectar hacia el radio Alcatel 9500 donde debe ser conectado al Tributario 15, de esta manera se debe ir interconectando en los diferentes saltos.

En la figura 2.24 se indica la cruzada física entre el radio de Conocoto Sur y el de Santa Mónica.

⁵¹ Fuente: <Otecel S.A, “Esquema Pdh Ruta Nodo Ilumbisí – E1s Sierra”, Otecel S.A-Ecuador, Marzo De 2012>



Figura 2.25 Cruzada desde DDF Conocoto Sur Dirección Conocoto Centro a DDF Conocoto Sur Dirección Santa Mónica

A través de Figura 2.24 se procede a describir como se realiza la parte de conexión entre DDFs.

Se procede a tender el cable micro coaxial desde el DDF del Radio de Conocoto Sur en dirección a Conocoto Centro hasta el DDF del Radio de Conocoto Sur en dirección a Santa Mónica, como se visualiza en las líneas de color Azul sobre la figura 2.24, luego se realiza los conectores correspondientes en cada uno de los extremos del cable micro coaxial, para este salto, en dirección a Santa Mónica se realiza con conectores Micro Siemens, mientras en dirección a Santa Mónica se realiza en los extremos conectores Siemens, realizado ya los conectores se conecta el par de cables que conforman el E1 correspondiente en cada DDF, siempre tomando en cuenta que el tributario identificado con TRX en el DDF debe llegar al RX al otro DDF. A continuación se realiza la habilitación Lógica en las IDUs de este salto con lo cual quedaría finalizada la interconexión en esta estación.

En la figura 2.25 se indica la habilitación de la MW ALC Conocoto Sur Dirección Conocoto Centro.

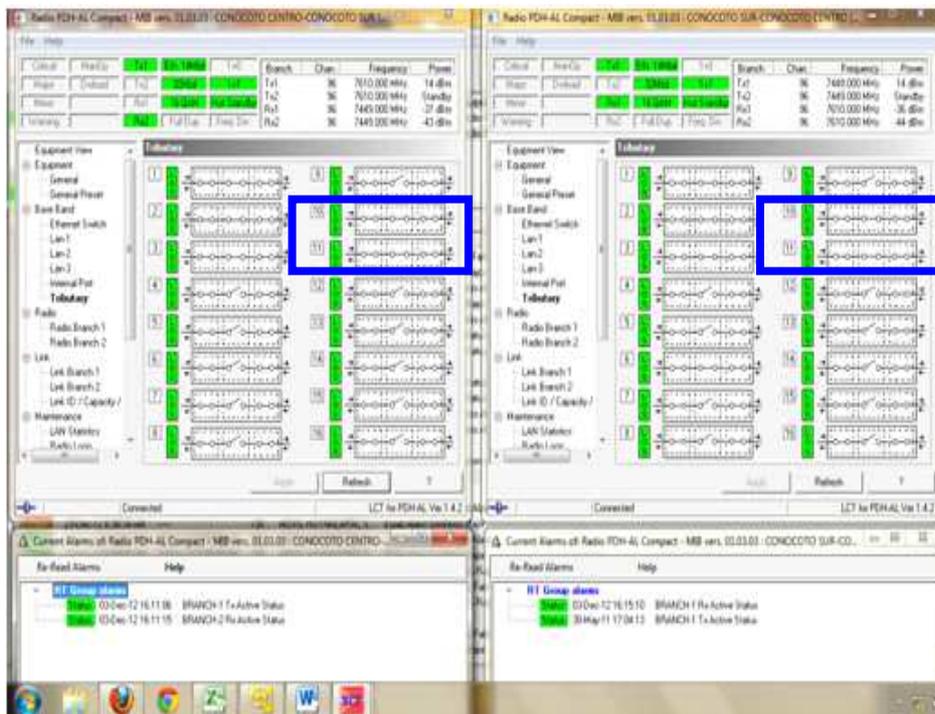


Figura 2.26 Pantalla de Habilitación Tributario 10,11

En la figura 2.26 se indica la habilitación de la MW ALC PLUS 2 Conocoto Sur Dirección Santa Mónica

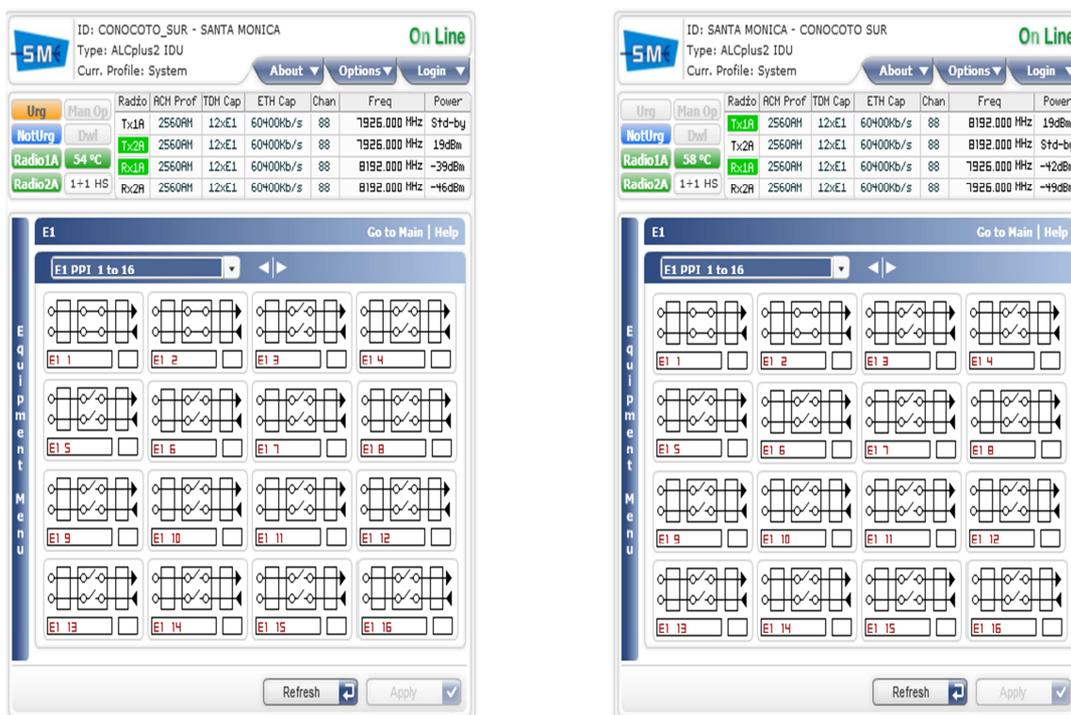


Figura 2.27 Pantalla De Habilitación Tributario 1,2

En las pantallas de la Figura 2.25 y 2.26 se observa las habilitaciones que se realiza en cada radio de la estación Conocoto Sur en sus diferentes direcciones según esquemas PDH dados por Telefónica, estas habilitaciones se las realiza en cada uno de los saltos indicados en el esquema PDH.

2.7 CREACIÓN DEL SERVICIO LÓGICO Y ENRUTAMIENTO HACIA LA BSC

La creación de las rutas lógicas de los E1s para la estación Santa Mónica, los cuales según ingenierías serán llamados VOZ:0,1_SANTA_MÓNICA_GSM⁵², consiste en unir a través de un servicio dos multiplexores(ADM), esto a través de la plataforma U2000 de HUAWEI, con esta plataforma se crea un servicio lógico entre los multiplexores, de los cuales uno de ellos es al que llega nuestra cruzada PDH, el multiplexor destino es el que está ubicado donde se encuentra nuestra BSC o también hay E1 que llegan a través de un servicio lógico hacia una EBSC. La diferencia principal entre una BSC y una EBSC es que hacia la BSC el o los E1 se *cross* conectan físicamente a través de entorchados a nivel de 120 Ohmios entre la BSC y el multiplexor de destino, mientras que hacia la EBSC el o los E1 se los *cross* conectan lógicamente entre el multiplexor origen y un elemento virtual que es la EBSC, esto se logra seleccionando el VC4, VC12 correspondiente con lo cual el E1 se enruta hacia la EBSC correspondiente.

En la Figura 2.27 se indica que los E1s van desde el Multiplexor origen que es Ilumbisí, mientras que el multiplexor destino es Carretas II, este multiplexor está ubicado en una central de Otecel S.A donde existe una BSC, se crea tanto una ruta principal, como su respectiva protección, esto en caso que ocurra un incidente en la ruta principal con lo cual se evita que la estación salga fuera de servicio.

⁵² Fuente: <Otecel S.A, "Crosconexiones Multiplexores Huawei", Otecel S.A-Ecuador, Marzo De 2012>

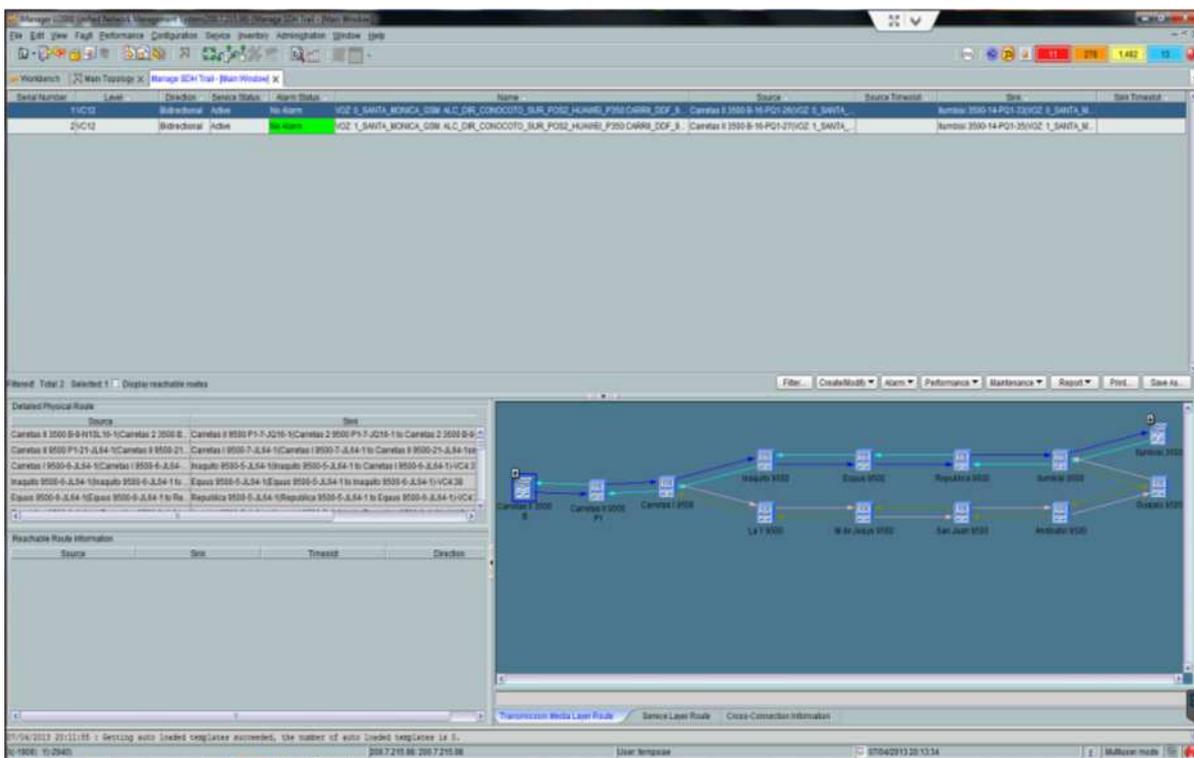


Figura 2.28 Servicio Lógico E1 De Santa Mónica

Los E1 están llegando a un Multiplexor por lo cual es necesario realizar los correspondientes entorchados entre el DDF de transmisiones y el DDF de la BSC.

En la figura 2.28 se indica los DDF de la central Carretas II, en donde se realizan los entorchados para los E1s de Santa Mónica.



Figura 2.29 Entorchados en la Central De Otecel para E1 de Santa Mónica

Realizado los entorchados se procede a través del gestor *Radio Comander* a verificar los PCMB⁵³ asignados, para lo cual primero se identifica la BSC asignada y posteriormente los PCMB correspondientes, los cuales deben encontrarse sin alarmas ya que en la estación nueva se encuentra con un lazo físico en los E1 que se conectan al BPORT⁵⁴ de la BTS.

En la figura 2.29 se indica que los E1s de Santa Mónica, están dentro de la BSC QUITO 5, los PCMB asignados a esta estación son el número 23 y 25.

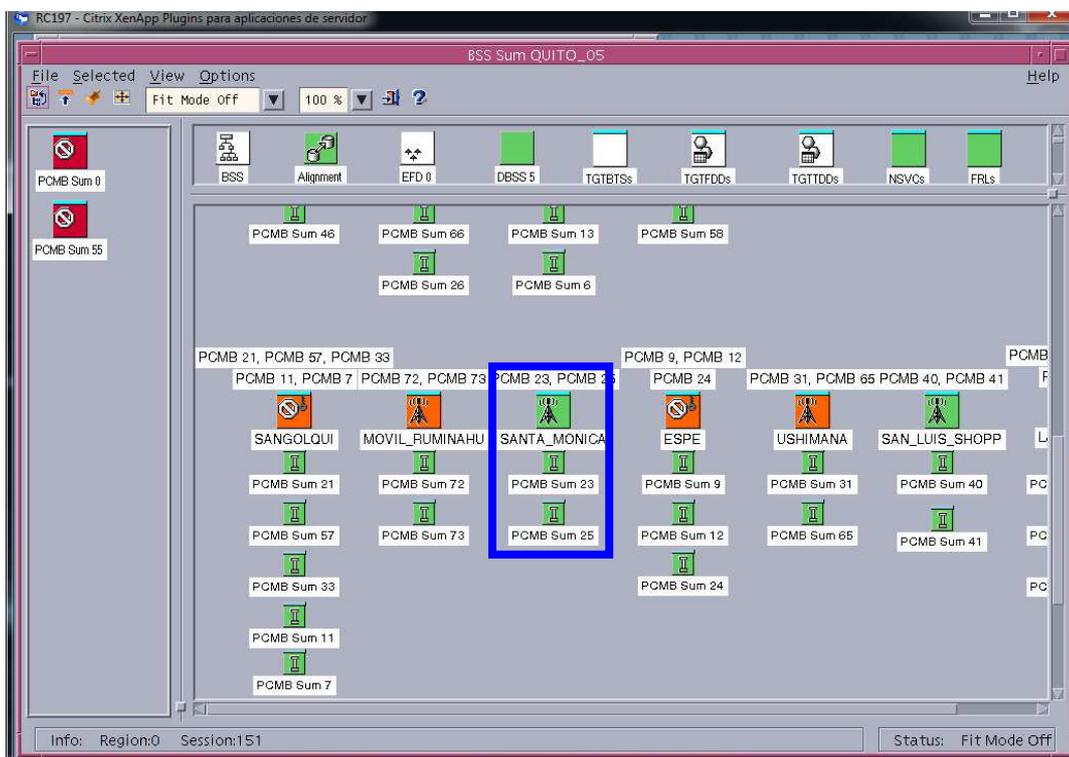


Figura 2.30 Pantalla de PCMB de Estación Santa Mónica

2.8 INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE RF

El proceso de instalación de los equipos de RF, comienza con la recepción de los equipos, donde el Técnico debe verificar que los equipos entregados deben ser

⁵³ **PCMB**: En la BSC cada línea de 2 Mbps (E1) conectada a la BTS se identifica como PCMB.

⁵⁴ **BPORT**: puertos físicos de la BTS, donde se interconectan los E1

los necesarios para la configuración del sitio, esto se verifica a través del documento de información técnica.

- **Información Técnica:** en el documento consta el diseño de la estación Santa Mónica, está basado en las necesidades de cobertura en el Barrio de Santa Mónica, los cuales son resultado de los estudios realizados y que se indican en la Figura 2.30.

INFORMACION TECNICA			
SANTA MONICA			
Nombre:	SANTA MONICA		Sigla: STN
Ubicación:	Latitud : 0° 16' 57" S Longitud: 78° 29' 15.1" W ASNM : 2644 m Población/Cantón: QUITO Provincia: PICHINCHA Dirección: Calle Bellavista y Calle Pichincha, Lote 5 (Barrio Santa Monica)		
Conectado a:	MGW	BSC	
Tipo de Estación:	<input type="checkbox"/> BTS CDMA <input checked="" type="checkbox"/> Macro GSM	<input type="checkbox"/> E-Micro GSM BS82	O/I/M: OUTDOOR
Configuración:	<input type="checkbox"/> Omnidireccional <input checked="" type="checkbox"/> Sectorizada	Número de Sectores	2
Sector #	1	2	0
Tipo de Antena: (modelo #)	DBXLH6565B-VTM	DBXLH6565B-VTM	0
Ganancia de Antena (dBi)	15,5	0	0
Ancho de Lóbulo	65	65	0
Altura de la antena (m) (a la parte baja de la antena)	21	21	0
Azmut: (°)	310	250	0
TRX 850 / sector	4	4	0
TRX 1900 / sector	4	4	0
Banda de Frec: 850/1900			
BCCH			
EIRP: (número)	54,9	39,4	0
Tilt Mecánico:	-3	-3	0
Tilt Eléctrico 850:	0	0	0
Tilt Eléctrico 1900:	3	2	0
Longitud del Cable (m)	31	31	0
Tipo de Combinador:	FDUAMCO 4:2	FDUAMCO 4:2	0
Tamaño de la Antena:(LxAxA) (m)	1935x266x139	1935x266x139	0
Peso de la Antena	19 Kg	19 Kg	0

Figura 2.31 Configuración de RF de Estación Santa Mónica.⁵⁵

⁵⁵ Fuente: <Otecel S.A, "Información Técnica Santa_Mónica- Informacion Rf", Otecel S.A-Ecuador, Marzo De 2012 >

- **Planos de Implantación:** estos fueron realizados en las visitas conjuntas, el cual debe de ser entregado al contratista que va a ejecutar la instalación de la BTS.
- **Archivo de Materialización:** este archivo es corroborado en el LPI, en el cual se valida la cantidad de feeder, tipo de antenas, tarjetas de TRX necesarias, número de combinadores, tarjetas controladoras, Kit para realizar interconexión a la barra de tierra del cable de RF, etc.

2.8.1 UBICACIÓN DE EQUIPOS (RACKS)

La distribución de los racks se da de la siguiente manera, según se indica en la figura 2.31 para la BS241 IIB que es la BTS que se procederá a instalar en este sitio.



Figura 2.32 BS241 IIB

En la Figura 2.31 se indica los Racks anclados con todos sus elementos, cabe indicar que el rack donde se encuentra las baterías es conocido como Rack de servicio, mientras que el otro Rack es conocido como Base y es donde se encuentra todos los elementos que conforman la BTS. Además es conveniente mencionar que si se desea más rack de servicio se los coloca hacia la izquierda,

mientras que si necesitamos ampliar más sectores se instala los Rack hacia la derecha.

2.8.2 ANCLAJE DE EQUIPOS

El anclaje tanto del Rack de servicio, como el Base se los realiza de acuerdo a los estándares de NSN como se indica en la figura 2.32, para esto la empresa encargada de infraestructura instala en una base de hormigón rieles en las cuales posteriormente se anclaran los Rack, esto para instalaciones de estaciones *Outdoor*, el técnico instalador de RF que realiza el LPI constata que la separación entre orificios sea la indicada, para la sujeción de los rack a la riel se utiliza tornillos de acero inoxidable de cabeza hexagonal, posterior a esto se lleva a través de un cable de energía de calibre 10 AGW color verde hacia la barra de tierra más cercana.



Figura 2.33 Anclaje de Rack NSN

2.8.3 ALIMENTACIÓN DE AC, DC DEL SERVICE Y EL BASE RACKS

La alimentación de AC se realiza en el Rack de Servicio, se toma la energía del cableado realizado por infraestructura, el cual va desde la energía pública hacia

un tablero de distribución principal, desde el tablero de AC mediante manguera BX⁵⁶ se lleva la alimentación al Rack de Servicio, los voltajes entre Líneas y el de las líneas con el neutro son validados en LPI, estos voltajes deben estar dentro de los valores permitidos, la acometida es ingresada al Rack por la parte inferior del mismo y posteriormente se conecta en una bornera que viene en la parte inferior del rack BS241 IIB, en la figura 2.33 se indica la acometida mencionada.

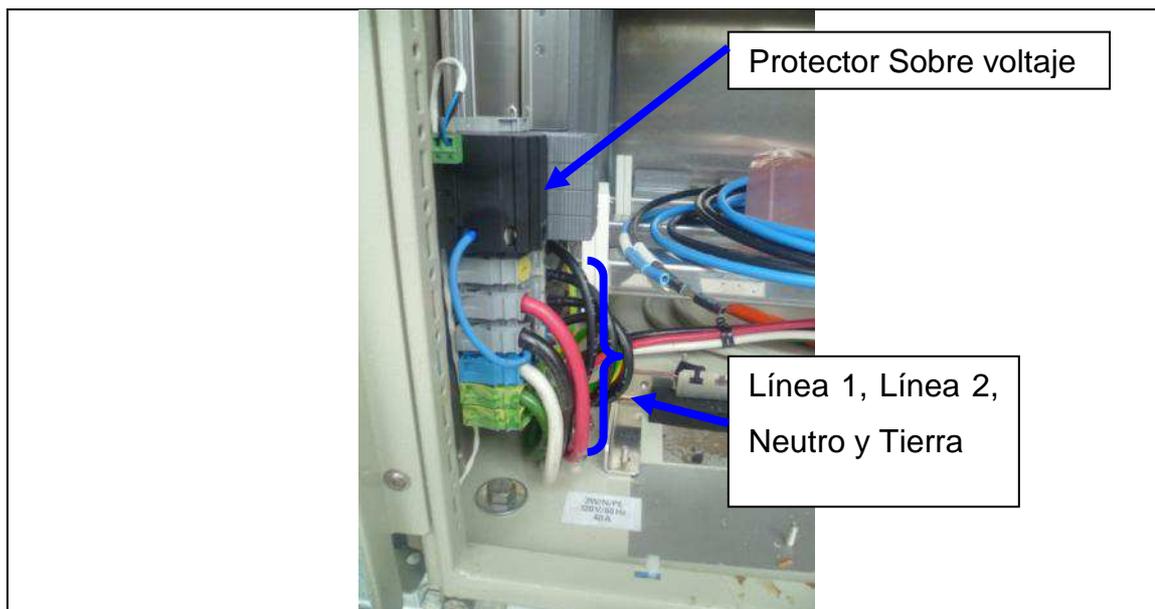


Figura 2.34 Alimentación Principal de energía AC de 220 V

Posterior a la alimentación de AC se procede a interconectar la energía DC desde las borneras del Rack de Servicio hasta el Base Rack, con el recorrido que se indica en la figura 2.34(a) con un par de cable numero 2 AWG propietario de Nokia.

⁵⁶ **MANGUERA BX:** Manguera flexible con dos recubrimiento, la parte interna de aluminio y la parte externa de Polietileno

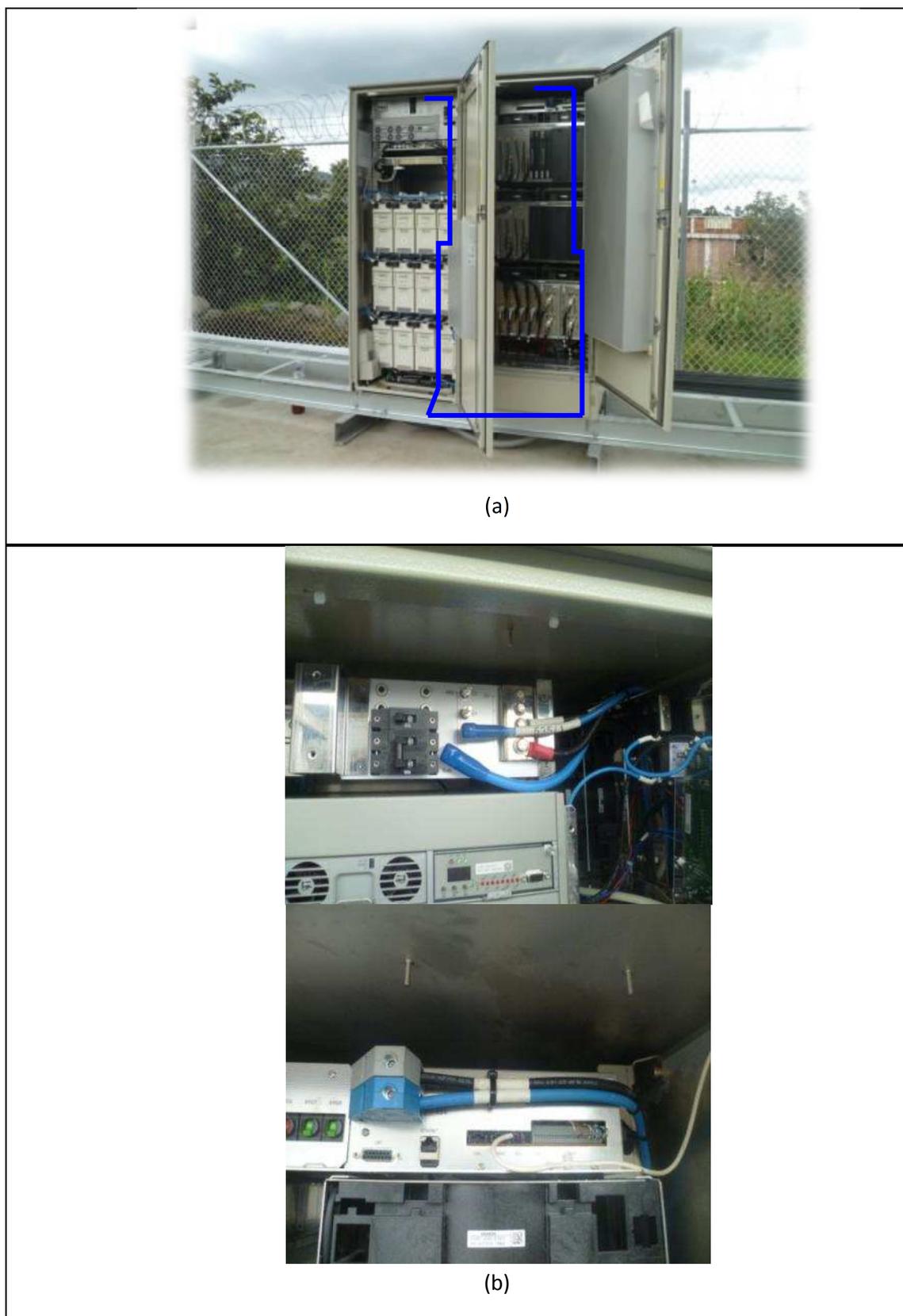


FIGURA 2.35 (a) Recorrido De Cable De Energía DC, (b) Puntos de alimentación de DC

Posteriormente se prosigue con el cableado de alarmas internas de la BTS, el cual consiste en interconectar el CAMBUS OUT⁵⁷, que se encuentra en el Rack de Servicio al CAMBUS IN⁵⁸ que se encuentra en la Base RACK, estas alarmas estarán encargadas de transportar o alertar en caso de una degradación de cualquier elemento de la BTS a través del sistema de gestión, el cableado se indica en la figura 2.35.



Figura 2.36 Cable propietario que transporte Alarmas en BTS Nokia

Adicional al cableado de alarmas propietario de NSN, se realiza un cableado adicional para transportar alarmas de los elementos externos a la BTS, que posteriormente son configurados en el puerto de alarmas externas que existe en la BTS, las alarmas externas que se configuran son:

- Puerta Abierta.
- Falla de AC.
- Falla de rectificador.
- Banco de Baterías.

⁵⁷ **CAMBUS OUT:** Puerto en el Rack de Servicio en donde se concentran todas las alarmas que se desean transportar al Base Rack, las cuales se mostraran en el sistema de gestión

⁵⁸ **CAMBUS IN:** Puerto en el Base Rack a donde se interconectan las alarmas externas a este RACK

Los cableados van desde cada uno de estos elementos externos a la bornera que posee la BTS, la cual transportará estas alarmas.

En la figura 2.36 se indica la bornera de alarmas externas de la BTS



Figura 2.37 Bornera para Cableado de Alarmas Externas

Realizado todos los cableados necesarios se procede a colocar las baterías en el Rack de servicio, la forma de colocación de las mismas es ordenar por número de serie y comenzar a colocarlas desde la de menor en forma ascendente, para luego a través de puentes interconectar las baterías para que funcionen como una sola que nos proporcionen un voltaje en DC de aproximadamente de - 54 VDC sin carga.

En la figura 2.37 se indica un banco de baterías de respaldo.



Figura 2.38 Banco de Baterías del Rack de Servicio

Continuando con los trabajos de instalación de los equipos de RF, se procede con la colocación de los módulos en el Base Rack, el cual estará conformado por varios elementos, los cuales son los requeridos para obtener el diseño que es mostrada en la información técnica de la estación

Los elementos que conformaran la BTS son:

- **COBA (Core Base)**

Es la tarjeta controladora o la tarjeta central de control de la BTS. Las tareas prioritarias del módulo son el control local del BTS, además la tarjeta controla los relojes del sistema, realiza los enrutamientos de datos para la C.U⁵⁹ y a través de esta controladora se realiza manipulación remota de los elementos para operación y mantenimiento. [12]

Existen en diferentes versiones, las cuales se relación directamente con la capacidad de E1 para lo cual primero cabe indicar su terminología:

COBAXPZ: en donde la X nos indica cuantos PCMB tiene de capacidad, Z cuantos CU (CARRIER UNIT) soporta. [12]

Por tanto según la terminología mencionada existen los siguientes modelos de COBA

- **COBA2P8:** 2 PCMB Y 8 CU
- **COBA4P6:** 4 PCMB Y 6 CU
- **COBA4P12:** 4 PCMB Y 12 CU

⁵⁹ **C.U:** Carrier Unit

En la figura 2.38 se indica la tarjeta controlado COBA



Figura 2.39 COBA 4P12⁶⁰

La tarjeta a instalar depende de la capacidad que queremos darle a la BTS, en esta tarjeta se debe saber la impedancia del medio de transmisión, la cual puede ser de 120 [ohmios] o 75 [ohmios], ya validado esto se debe configurar si fuera el caso si es un PCM 30⁶¹ o PCM 24⁶², esto se logra a través de un DIPSWITCH que posee la tarjeta.

Para OTECEL S.A, las tarjetas por defecto vienen configuradas para una impedancia característica de 75 [ohmios] y PCMB 30, pero al instalarse las mismas son revisadas de acuerdo a la tabla descrita en el ATMN BTS (Documento de aceptación ante el fiscalizador).

⁶⁰ Fuente: <NSN, "ATMN BTS Santa Mónica", Proyecto Telefónica Ecuador, Revisión N°9, 2012>

⁶¹ **PCM 30:** Modulación por impulsos codificados es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits, se caracteriza por tener 30 canales de voz de 64 Kbps cada uno conocido como E1.

⁶² **PCM 24:** Modulación por impulsos codificados es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits, se caracteriza por tener 24 canales de voz conocido como T1.

En la figura 2.39 se indica las configuraciones que a través del DIPSWITCH se logra en la tarjeta controladora.

Impedance	Switch 1	Switch 2	Switch 3	Switch 4	Switch 5	Switch 6	Switch 7	Switch 8
75 Ω coaxial pair	on	off	off	on	on	on	off	off
100 Ω balanced twisted pair	off	on	off	off	on	on	off	off
120 Ω balanced twisted pair	off	off	on	off	on	on	off	off
high (TTL) $f < 100$ kHz	off	off	off	on	off	off	off	off
high (TTL) $f > 100$ kHz	off	off	off	on	on	on	off	off

Figura 2.40 Configuración de DIPSWITCH Para La Tarjeta COBA 4P12⁶³

- **COSA: (Core Satellite)**

La principal función de esta tarjeta controladora es expandir el número de interfaces A-bis (medio de comunicación entre BTS y BSC), o sea aumentar el número de E1 que soporta la misma, esto se logra a través del cable CC-links (cable propietario que ayuda a interconectar al *Base Rack* con *Extension Rack*), con lo cual se logra darle más capacidad a la BTS, la tarjeta COSA es controlada por la COBA. [12]

⁶³ Fuente: <NSN, "ATMN BTS Santa Mónica", Proyecto Telefónica Ecuador, Revisión N°9, 2012>

En la figura 2.40 se indica la tarjeta COSA.



Figura 2.41 COSA 4P12.⁶⁴

- **CU (Carrier Unit)**

La función principal de este módulo es de proveer un procesamiento de señal analógico y digital para trabajar con dos portadoras una de Up link y la de Down link. [12]

Esta unidad está compuesta de 4 bloques o módulos principales:

- Módulo transmisor- receptor.
- Sintetizador de salto de frecuencia (FHS).
- Amplificador de potencia.
- Fuente de poder.

Para la BTS que se está implementando se tiene dos tipos de estos módulos los cuales son:

⁶⁴ Fuente: <NSN, "ATMN BTS Santa Mónica", Proyecto Telefónica Ecuador, Revisión N°9, 2012>

- **ECU (*Edge Carrier Unit*)**

Provee las misma funciones que una CU además soporta la funcionalidad de EDGE (Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM). [12]

En la figura 2.41 se indica la tarjeta ECU.



Figura 2.42 ECU ⁶⁵

- **FCU (*Flex Carrier Unit*)**

FCU es igual a 2 ECU por lo cual conserva las características de una CU, pero es utilizada para otorgar mayor capacidad a una BTS. [12]

En la figura 2.42 se indica la tarjeta FCU.



Figura 2.43 FCU ⁶⁴

⁶⁵ Fuente: <NSN, "ATMN BTS Santa Mónica", Proyecto Telefónica Ecuador, Revisión N°9, 2012>

- **DUAMCO (*Duplexer Amplifier Multicoupler*)**

El DUAMCO consiste en 2 módulos de iguales características, cada módulo contiene un filtro dúplex que combina la portadora de transmisión y recepción en un camino común hacia la antena. [12]

Las combinaciones que se puede realizar son:

DUAMCO 2: 2.- se utilizada para una sola portadora por antena.

DUAMCO 4:2.- se utiliza para combinar dos portadoras por antena.

DUAMCO 8:2.- se utiliza para combinar hasta cuatro portadoras por antena.

De lo indicado el primer número nos indica el numero de TRX que puede manejar este modulo, mientras que el segundo numero nos indica el numero de antenas por donde irradiaran estos TRX

- **FDUAMCO (*Flexible Duplexer And Multicoupler*)**

Tiene la misma funcionalidad que el módulo DUAMCO en las configuraciones 2:2 y 4:2. [12]

La configuración de 2:2 o 4:2 se puede seleccionar mediante la aplicación de los cables de puente. [12]

Para proporcionar la funcionalidad de un DUAMCO en la configuración 8:2, se requiere un elemento externo conocido como COAMCO8 además del FDUAMCO. [12]

En la figura 2.43 se indica el modulo FDUAMCO.



Figura 2.44 FDUAMCO.⁶⁶

- **COAMCO8 (Combiner And Multicoupler Extension)**

El COAMCO8 es utilizado conjuntamente con un FDUAMCO para proporcionar una configuración 8:2. [12]

- **MFDUAMCO (Multi-Standard Fduamco)**

Es el sucesor del DUAMCO y FDUAMCO, ofrece un modo flexible para combinar elementos adicionales tales como módulos HYbrid4 y COAMCO8 con lo cual se incrementa al máximo el número de TRXs a conectar: [12]

- 2 de TRX con un MFDUAMCO.
- 4 de TRX con un MFDUAMCO en combinación con un HYbrid4
- 8 TRXs con un MFDUAMCO en combinación con un HYbrid4 y COAMCO.

La banda de frecuencia de la MFDUAMCO debe corresponder a la banda de frecuencia de la relación celda para ser servida, así un ejemplo deberán haber módulos para 850 MHz y 1900 MHz.

⁶⁶ Fuente: <NSN, "ATMN BTS Santa Mónica", Proyecto Telefónica Ecuador, Revisión N°9, 2012>

En la figura 2.44 se indica un modulo MFDUAMCO con su respectivo tarjeta HydrId4, esta tarjeta es la parte activa de este módulo, por lo tanto es la que establece el camino de comunicación entre el Módulo MFDUAMCO y la BTS.

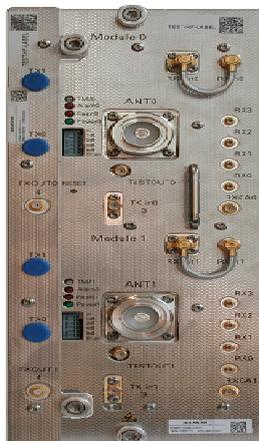


Figura 2.45 MFDUAMCO -HYDRID4⁶⁷

Enumerado los elementos que conforman el BASE Rack, procederemos a listar los elementos que conformaran la configuración pedida según los estudios de ingeniería por telefónica la cual según la Información técnica de la Figura 2.30 son:

En la tabla 2.6 se indica los elementos necesarios para la implementar la cobertura deseada en los estudios de ingeniería:

Banda	Elemento	Cantidad
850 MHz	FDUAMCO	2
	FCU	4
1900 MHz	MFDUAMCO	2
	FCU	4
	HYBRID	2
N/A	COBA	2

Tabla 2.6 Módulos necesarios para La Instalación de La Nueva RBS

Estos módulos se proceden a instalar en el Base Rack, para la comunicación e interacción de los mismos, se interconectan estos elementos a través de los FlexiCables.

⁶⁷ Fuente: <NSN, "ATMN BTS Santa Mónica", Proyecto Telefónica Ecuador, Revisión N°9, 2012>

En la figura 2.45 se indica los módulos y las interconexiones entre ellos en la BTS

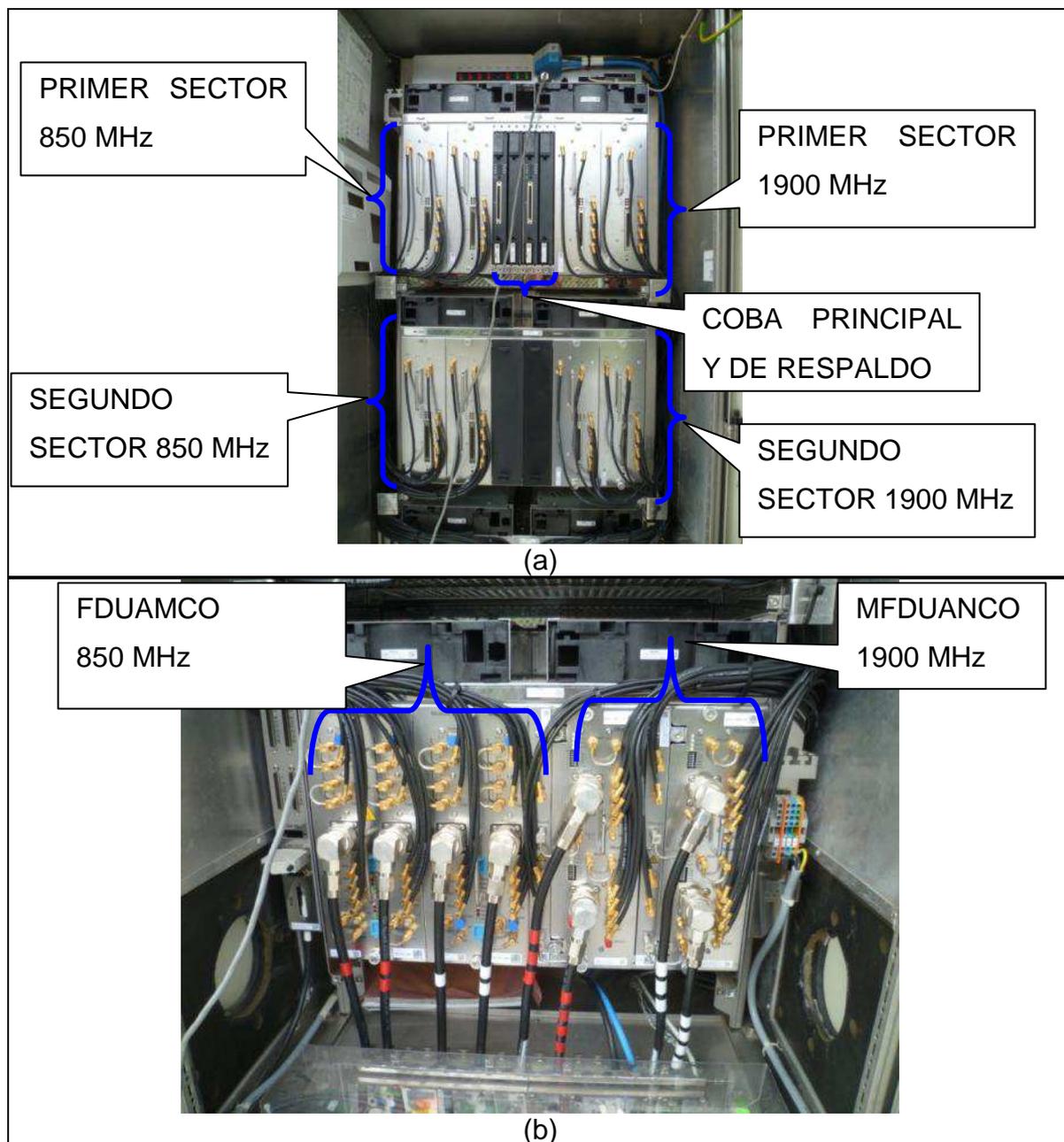


Figura 2.46 (a) FCU 850 - FCU 1900 – COBA, (b) FDUAMCO 850-MFDUANCO 1900

Como se observa en la figura 2.45 desde los FDUAMCO y MFDUANCO salen los Jumper (Feeder de $\frac{1}{2}$ pulgada con conector acodado para el lado de la BTS y recto para la conexión al feeder de $\frac{7}{8}$ pulgadas) hacia el feeder que se dirige hacia el sistema radiante, además se debe etiquetar los Jumper de la siguiente

manera: Primer sector con taípe rojo, el segundo sector con taípe blanco y el tercer sector con taípe azul y así también se procede con lo que es 1900 MHz.

Completados los trabajos de instalación de la BTS, se procede con la instalación del sistema radiante.

2.9 SISTEMA RADIANTE

Un sistema radiante está compuesto por el conjunto de elementos que transmiten y/o reciben las señales electromagnéticas, comúnmente denominadas antenas.

Existen diversos tipos de antenas dependiendo de la banda de frecuencias.

En nuestro caso para la estación a implementar se utilizara:

Antenas Dual Band con un lóbulo de radiación de 65°, en la figura 2.46 se presenta sus características:

Frequency Band, MHz	824–896	870–960	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain, dBi	15.0	16.2	18.0	18.2	18.3
Beamwidth, Horizontal, degrees	68	67	67	64	60
Beamwidth, Vertical, degrees	11.0	10.0	4.8	4.6	4.4
Beam Tilt, degrees	0–10	0–10	0–6	0–6	0–6
USLS, typical, dB	16	15	15	15	15
Front-to-Back Ratio at 180°, dB	30	30	32	32	32
Isolation, dB	30	30	30	30	30
VSWR Return Loss, dB	1.4 15.6	1.5 14.0	1.5 14.0	1.4 15.6	1.5 14.0
PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-150	-150	-150	-150	-150
Input Power per Port, maximum, watts	350	350	350	350	350
Polarization	±45°	±45°	±45°	±45°	±45°
Impedance	50 ohm				

Figura 2.47 Especificaciones de antena de RF⁶⁸

⁶⁸Fuente: <http://www.commscope.com/catalog/andrew/product_details.aspx?id=15599>[Último acceso, Marzo de 2014]

Indicadas las especificaciones técnicas de las antenas se procede a revisar la otra parte del sistema radiante que es el feeder, en este caso para nuestra estación se utilizará el de 7/8" (FXL-780)

Revisados los elementos que conforman el sistema radiante se procede a describir el armado del mismo:

1. Se procede a medir la cantidad necesaria de feeder para cada corrida de los sectores que conforman la Radio Base.
2. Con la medida específica de cada corrida se las procede a cortar con una sierra de diente fino en un Angulo de 90°, a la vez se las va etiquetando según el número de sectores, se debe cuidar que el feeder no se golpee o se moje ya que se degradaría el mismo.

En la figura 2.47 se indica los cortes de feeder que se va realizando para cada Sector.



Figura 2.48 Cortes de Feeder

3. Con las corridas de feeder cortadas se las procede a subir a la estructura donde van a estar colocadas las antenas, se las va sujetando con *clamps* (mordazas que sujetan el feeder a la estructura) en el recorrido y subiéndolas con cuidado para que no se dañen.

En la figura 2.48 se indica el proceso de tendido del feeder para el sistema radiante.



Figura 2.49 Subida de Feeder

4. Con el feeder tendido en la estructura de la radio base, se procede a colocar los Jumper en cada antena, se los vulcaniza y se los etiqueta de acuerdo al sector que pertenece.

- a. **Vulcanizado:** es un proceso en el cual a través de materiales como cintas fundentes, masas fundentes y taipes se impermeabiliza la zona donde se unen los conectores del sistema radiante para evitar degradación del feeder por filtración de agua u oxidación de los conectores.

En la figura 2.49 se indica los vulcanizados de los *jumpers*.



Figura 2.50 Vulcanizado, Etiquetado de Jumper de Antena

Como se indica en la figura 2. 49, las partes de los jumper o feeder que no estén vulcanizadas se las deja resguardadas de las inclemencias climáticas con elementos como fundas plásticas, las cuales impiden que ingrese agua y dañen los jumper o el feeder.

- 5. Sujeción de antenas:** se sube y se ancla las antenas en sus soportes correspondientes, ya colocadas las antenas en los soportes se verifica el azimut asignado a cada sector, los soportes instalados en los sitios son soportes tipo H los cuales se los instala con la proyección de que en la otra parte del soporte se instalara una nueva tecnología que es UMTS.

En la figura 2.50 se indica cuando están ancladas las antenas sectoriales en los soportes tipo H.



Figura 2.51 Montaje de Antenas en Monopolo

- 6.** El siguiente paso es la sujeción de feeder en la escalerilla horizontal a través de clamps desde la estructura hasta la parte posterior de la BTS, como se indica en la Figura 2.51



Figura 2.52 Claneado Horizontal de Feeder

7. Luego se continúa con la realización de los conectores en los extremos del feeder de acuerdo a los estándares de Andrew, posteriormente se realiza un pre-vulcanizado solo con taípe en la parte del *feeder* hacia el *jumper* de la antena y del feeder a la parte posterior de la BTS donde salen los *jumper* del MFDUAMCO y FDUAMCO.

8. A continuación se procede con la conexión del feeder a la barra de tierra más cercana de acuerdo al siguiente proceso:
 - Conexión del feeder a una barra de tierra secundaria por medio de un Kit de tierra, la barra de tierra secundaria se encuentra detrás de la BTS, la conexión del kit de tierra siempre es en sentido a la BTS, seguidamente se realiza el vulcanizado en el lugar donde se colocó el kit de tierra.

 - Conexión del feeder a una barra de tierra secundaria por medio de un Kit de tierra, la barra de tierra secundaria se encuentra ubicada en el tramo inicial de la estructura, consecutivamente se realiza el vulcanizado del kit de tierra.

 - Conexión del feeder a una barra de tierra secundaria por medio de un Kit de tierra, la barra de tierra secundaria se encuentra ubicada a la salida del Monopolo, consecutivamente se realiza el vulcanizado del kit de tierra.

En la figura 2.52 se indica las diferentes conexiones a tierra.



Figura 2.53 Aterramientos y Vulcanizados

El criterio de conexiones a tierra en estructuras que son extremadamente altas, es un kit de tierra cada 30 metros.

Con todas las conexiones a tierra realizadas se seguirá con el peinado, etiquetado del feeder tanto en la parte superior del Monopolo hacia las antenas y el etiquetado horizontal del feeder.

En la figura 2.53 se indica los etiquetados tanto en la parte horizontal como vertical de la Radio Base.

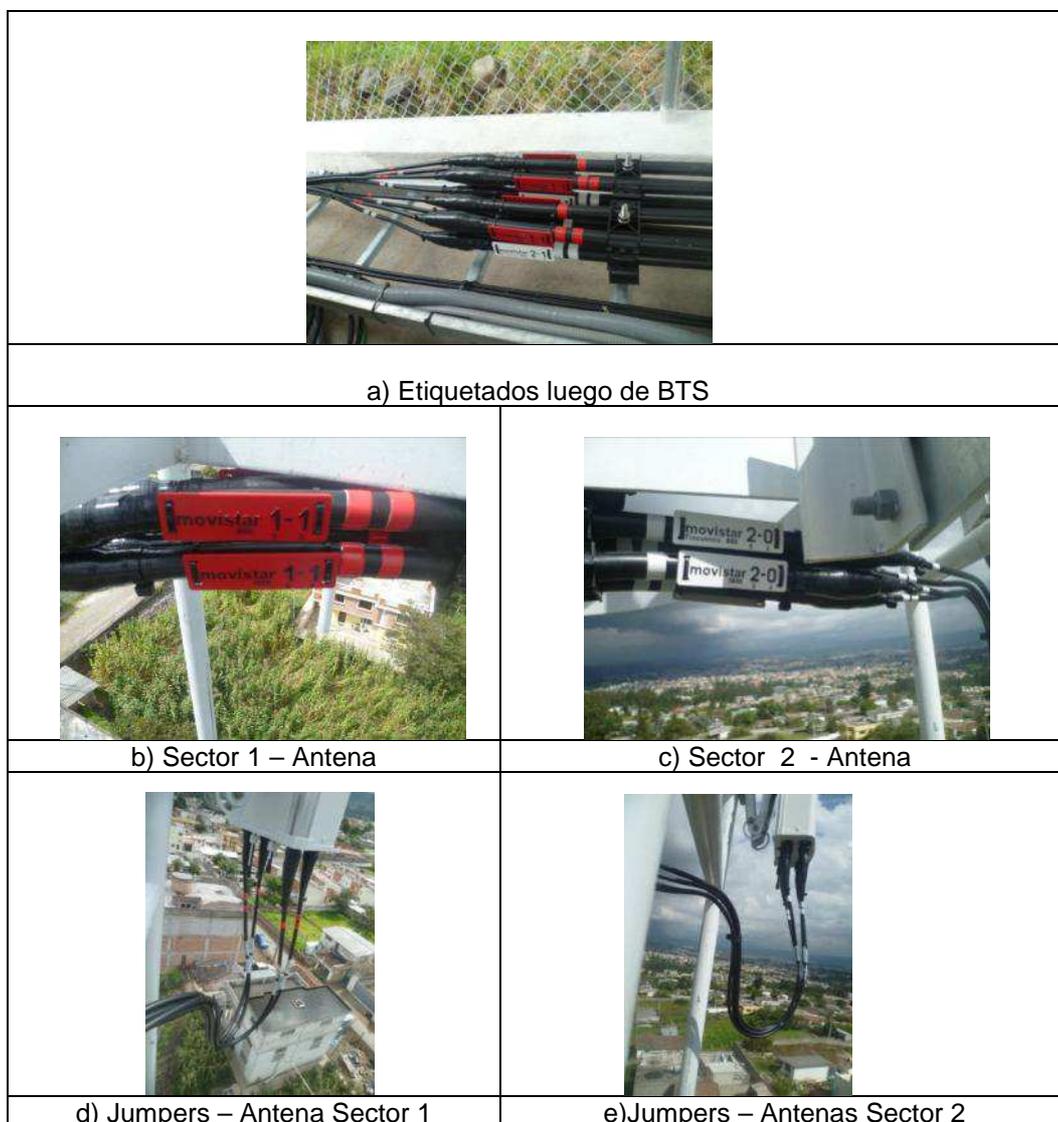


Figura 2.54 Marquillado Sector 1 - Sector 2

9. La siguiente actividad a realizar consiste en asignar el tilf mecánico, tilf eléctrico y el azimut a cada sector, esto se realiza según lo indicado en la información técnica, para lo cual brevemente se describirá sobre la definición de tilt.
- **TILT:** Es la inclinación con la que se instala una antena. El tilt es hacia abajo prácticamente en todas las aplicaciones. Tiene como objetivo LIMITAR la cobertura en modo controlado y lo más abruptamente posible [13]

- **TILT MECÁNICO:** es la inclinación de la antena, a través de accesorios específicos en la misma, sin cambiar la fase de la señal de entrada, se modifica el diagrama (en consecuencia, las direcciones de propagación de la señal). [13]

En la figura 2.54 se indica cómo actúa el tilt mecánico.

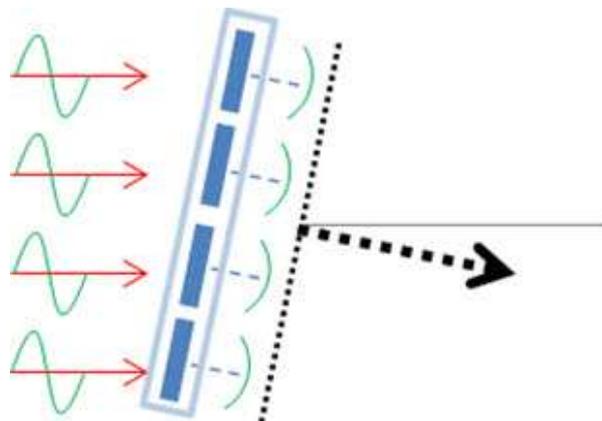


Figura 2.55 Tilt Mecánico⁶⁹

- **TILT ELÉCTRICO:** es la modificación del diagrama se obtiene de la modificación de las características de la fase de señal de cada elemento de la antena, como se ve a continuación. [13]

En la figura 2.54 se indica cómo actúa el tilt eléctrico.

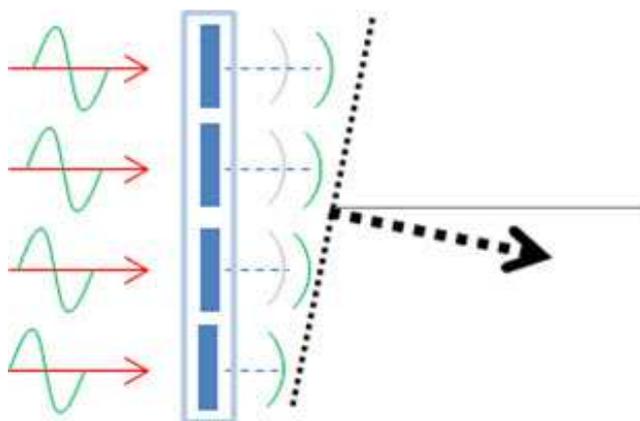


Figura 2.56 Tilt Eléctrico⁶⁹

⁶⁹ Fuente: < <http://www.telecomhall.com/es/que-es-tilt-electrico-y-mecanico-de-la-antena-y-como-lo-usa.aspx> >[Último acceso, Marzo de 2014]

En la figura 2.56 se indica las afectaciones que sufre el lóbulo en base a los 2 tipos de tilt revisados.

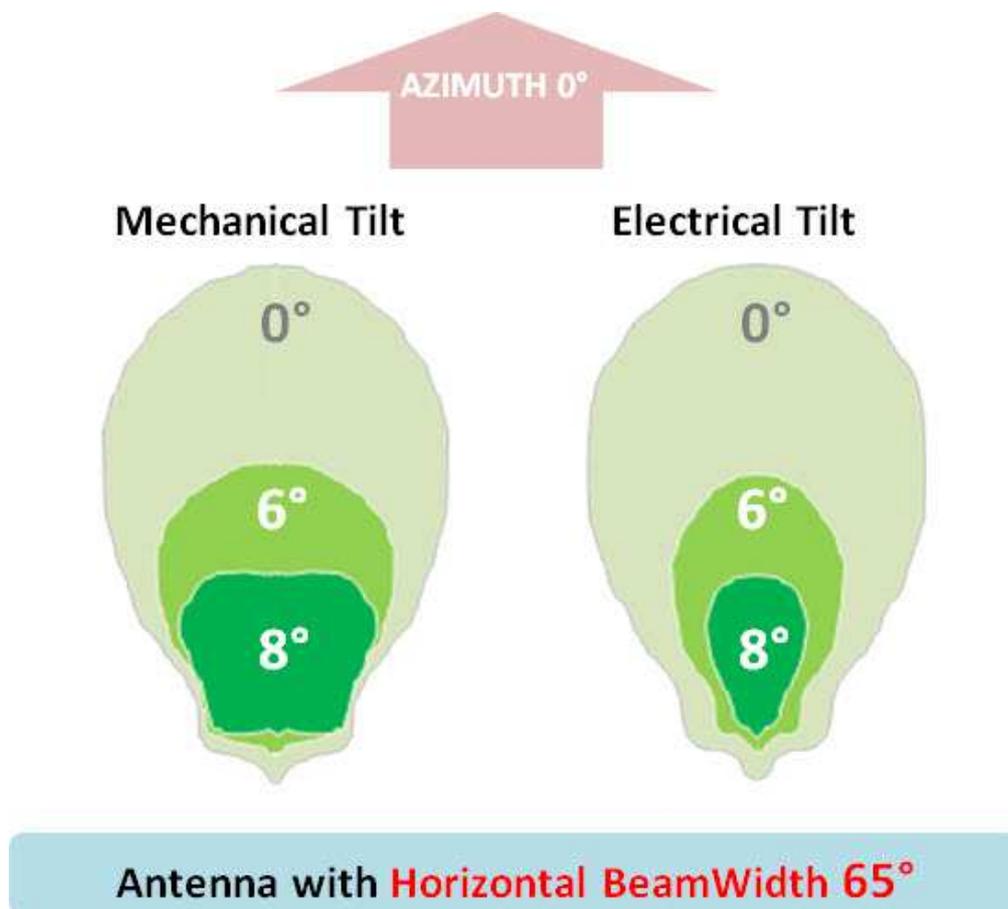


Figura 2.57 Variación de Tilt⁷⁰

- **Con tilt mecánico**, se reduce el área de cobertura en dirección central, pero el área de cobertura en las direcciones laterales son mayores. [13]
- **Con tilt eléctrico**, el área de cobertura sufre una reducción uniforme en la dirección del azimut de la antena, es decir la ganancia se reduce uniformemente. [13]

⁷⁰ Fuente: < <http://www.telecomhall.com/es/que-es-tilt-electrico-y-mecanico-de-la-antena-y-como-lo-usa.aspx> >[Último acceso, Marzo de 2014]

○ **SECTOR 1**

En la figura 2.57 se indica los parámetros con los cuales se instaló el primer sector, esto de acuerdo a la información técnica remitida por la operadora.

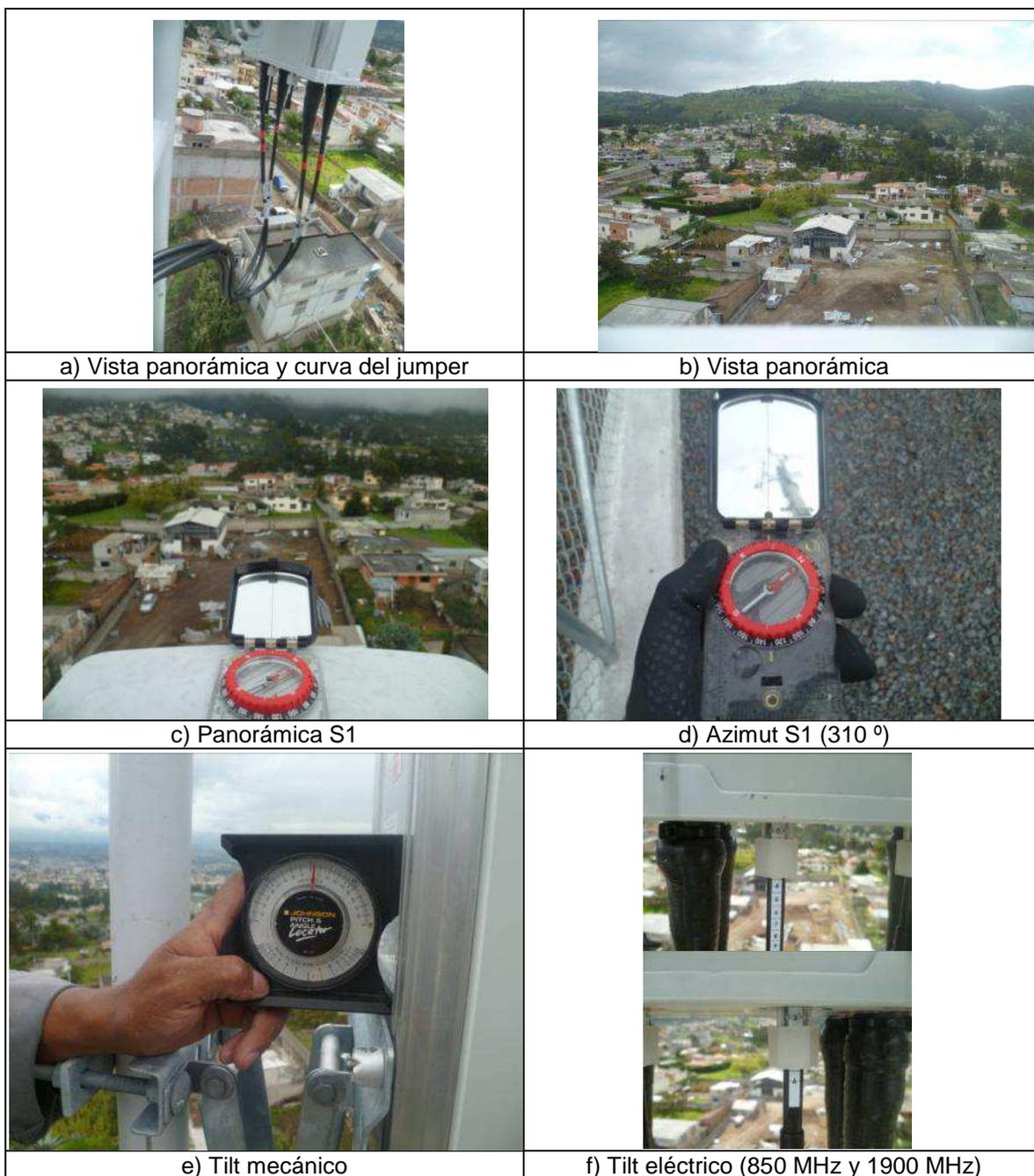


Figura 2.58 Parámetros de instalación de Sector 1 de RF

○ **SECTOR 2**

En la figura 2.58 se indica los parámetros con los cuales se instaló el segundo sector, esto de acuerdo a la información técnica remitida por la operadora.

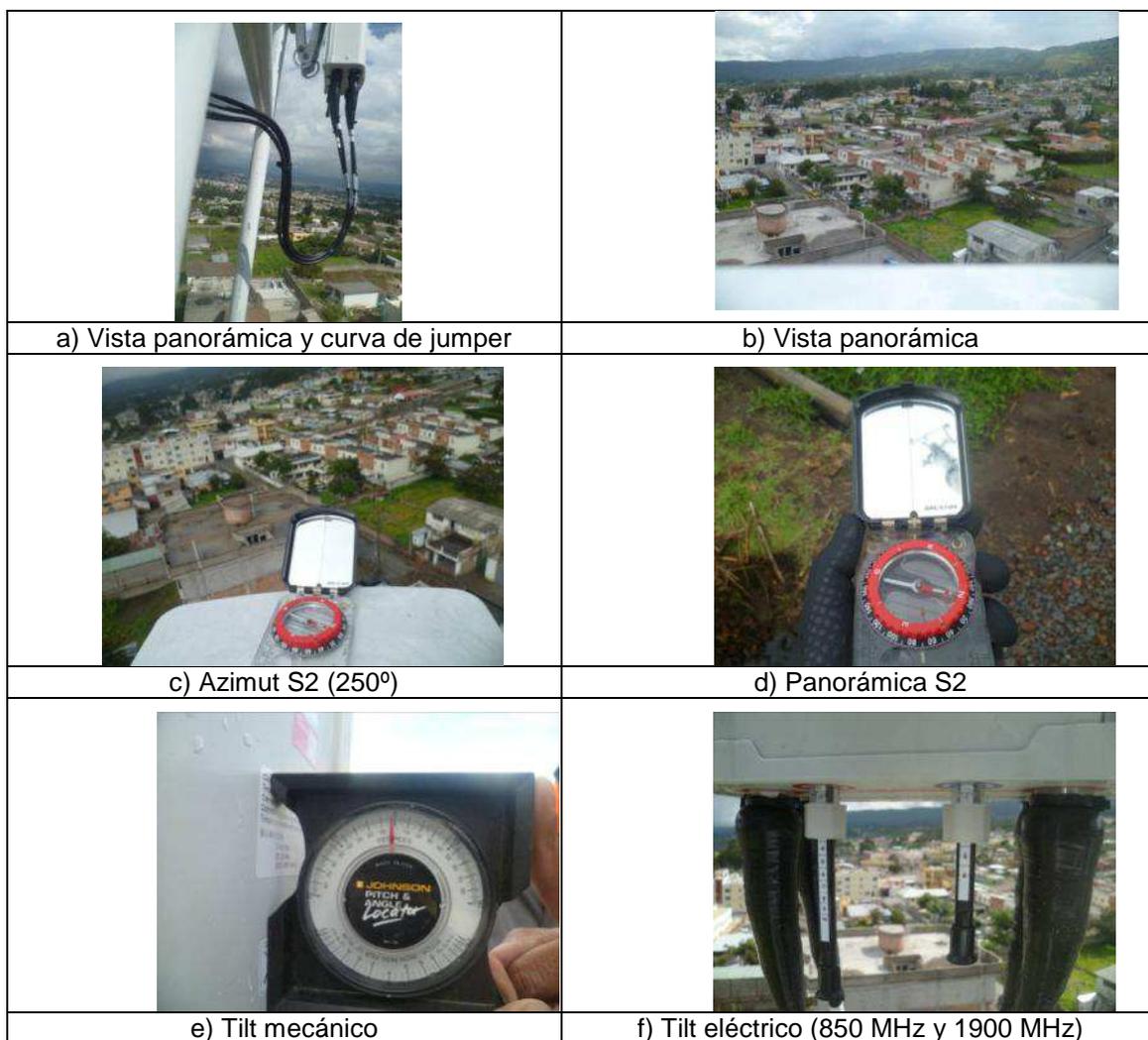


Figura 2.59 Parámetros de instalación de Sector 2 de RF

Con el sistema radiante instalado de acuerdo a la información Técnica remitida por la operadora se procede a configurar la estación.

2.10 CONFIGURACIÓN DE LA BTS

Se verifica la instalación de la BTS en la parte de la alimentación, se comienza por la parte eléctrica en AC, posteriormente la alimentación en DC, las interconexiones de los bancos de baterías, rectificadores y por último se revisa el

Base Rack, la instalación de los módulos que la conforman, los cuales son Plug and Play.

Verificada las conexiones se inicia con el comisionamiento (configuración) de la BTS, para lo cual va cambiando de estado todos los breaker en el siguiente orden:

- Breaker de AC.
- Breaker de rectificadores.
- Breaker de Baterías.
- Breaker de alimentación del Base Rack.

En cada cambio de estado de los breaker, se debe observar el comportamiento de cada elemento, verificando que el elemento en mención funcione correctamente.

El comisionamiento se lo realiza en base al diseño presentado por la operadora, el cual se indica en la información técnica expuesta en figura 2.30 y a los parámetros asignado a dicha estación en la base de datos(*DATA BASE*) (Información confidencial de la radio base).

Los principales parámetros de Data Base (Base de datos) son explicados a continuación:

- **Nombre de la BSC.-** es la BSC a la que estará asociada la radio Base, aproximadamente cada BSC maneja 100 BTS, otra forma de dimensionar las BSC es por los TRX que manejan las mismas llegando algunas a manejar hasta 1000 TRX.
- **Cluster.-** Es al grupo de radio Bases a la que pertenecerá la nueva BTS, según su ubicación en el *cluster* dependerá las frecuencias que se le asignen a la misma.
- **Nombre del sitio.-** es la nomenclatura con la cual es identificada la Radio Base en la BSC.

- **PCMB.-** la cantidad de E1 asignados a la radio base, los cuales son representados por un número arábigo, según la figura 2.29 los PCMB asignados a Santa Mónica son el número 23 y 25.
- **Versión de Software BTS.-** se debe cargar la versión de software indicada en la Base de Datos, esta versión de software es la que está cargada en las BTS colindantes y con la cual debe funcionar la nueva BTS, se debe cargar la misma versión de software en todas las Radio Bases debido a que a través de esta versión está controlando la BSS a todas las BTS.
- **Celdas.-** se indica el número de celdas que tendrá la estación y respectiva identificación.

Para el comisionamiento se necesita una portátil que posea las siguientes características: [14]

1. Procesador.

- CPU Intel Pentium 3 o 4 (CPU frecuencia recomendada > 1 GHz).
- Windows Vista: Pentium IV (o superior) 1 GHz mínimo.

2. Disco Duro

- Capacidad: Mínimo 650MB de espacio libre (sugerido 850 MB).
- Windows Vista: 1GB de espacio libre

3. RAM

- Windows XP: Recomendado 384MB o superior
- Windows VISTA: Recomendado 1GB

4. Periféricos, Puertos y Slot

- *Floppy disk* 31/2
- 1 Puerto paralelo

- 1 Puerto ps/2
- PCMCIA ⁷¹ slot para PC card type II

Con lo cual se procede al inicio de la aplicación del software LMT *Evolution* en el cual se configura los parámetros de la Base de Datos para esta estación, la cual se indica en la figura 2.59.

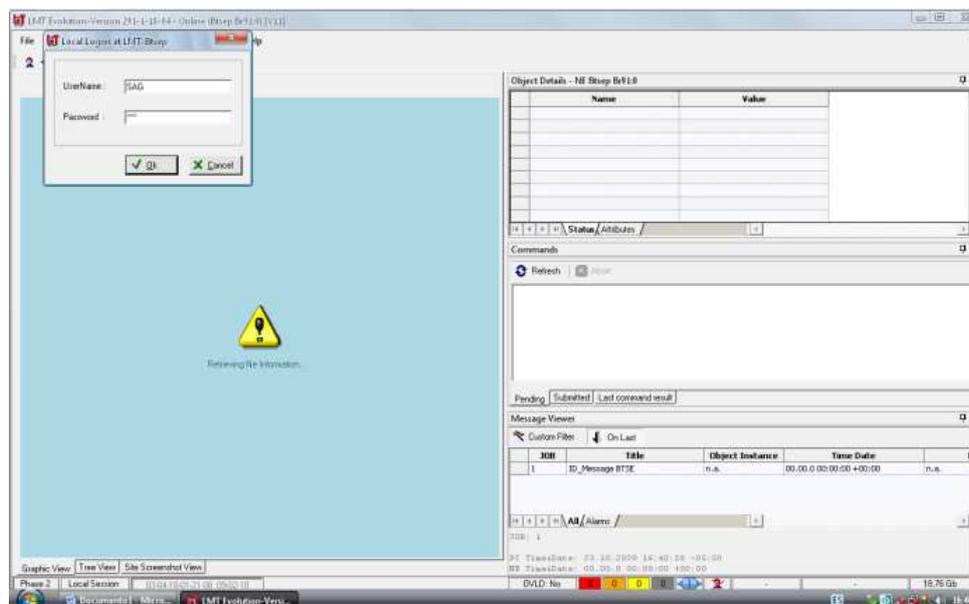
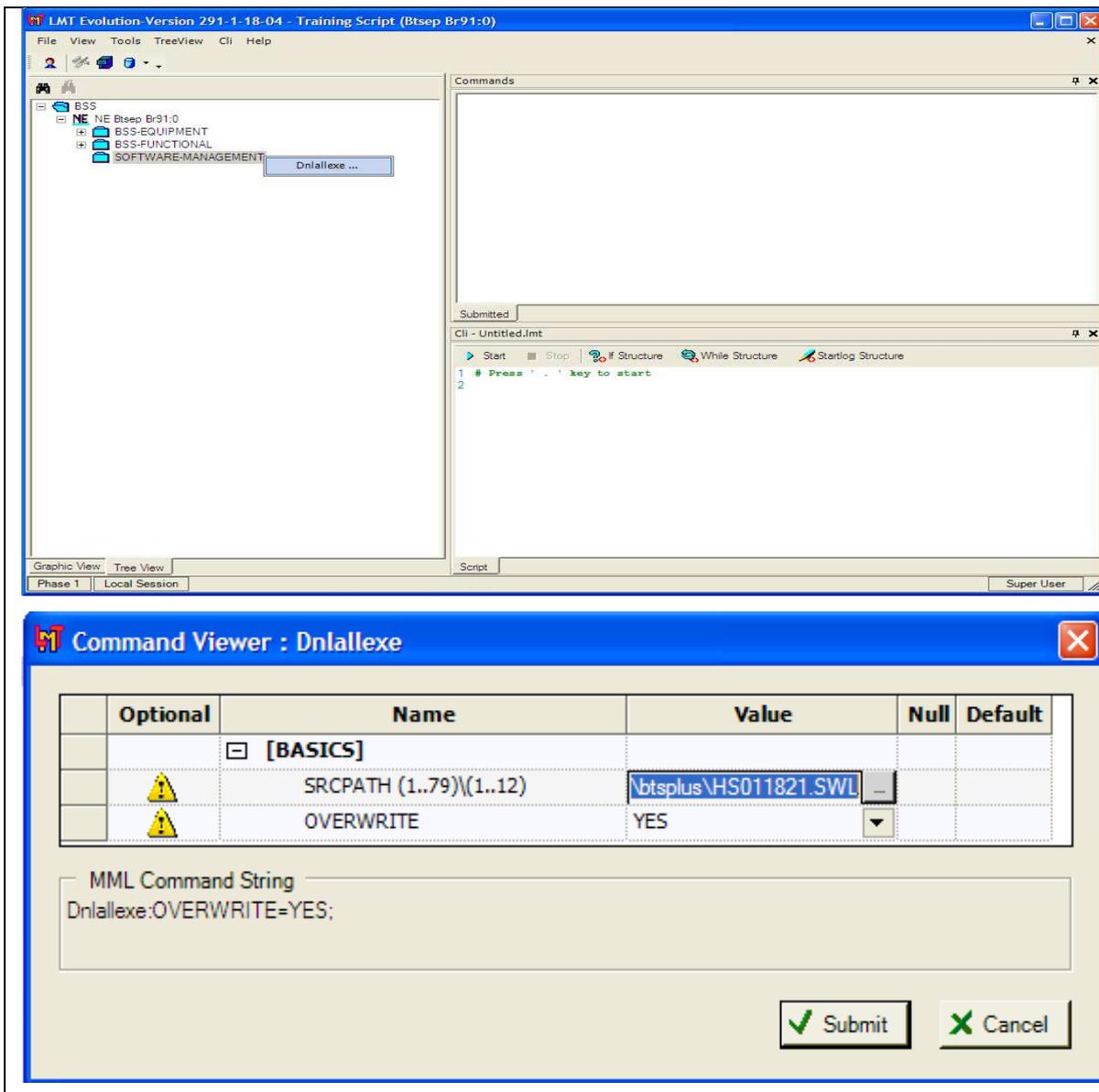


Figura 2.60 Pantalla De Inicialización LMT EVOLUTION

Inicializada la aplicación comenzara la fase I del comisionamiento en el cual se debe cargar la versión de software que tendrá la nueva BTS, esta como se menciono depende y debe ser igual a la que está cargada en las BTS colindantes.

⁷¹ Puerto PCMCIA donde se conecta un adaptador HALCA (Adaptador propietario de NSN) el cual nos proporcionara la interfaz entre la portátil y la BTS.

En la figura 2.60 se indica cómo se instala la versión del software en la BTS.



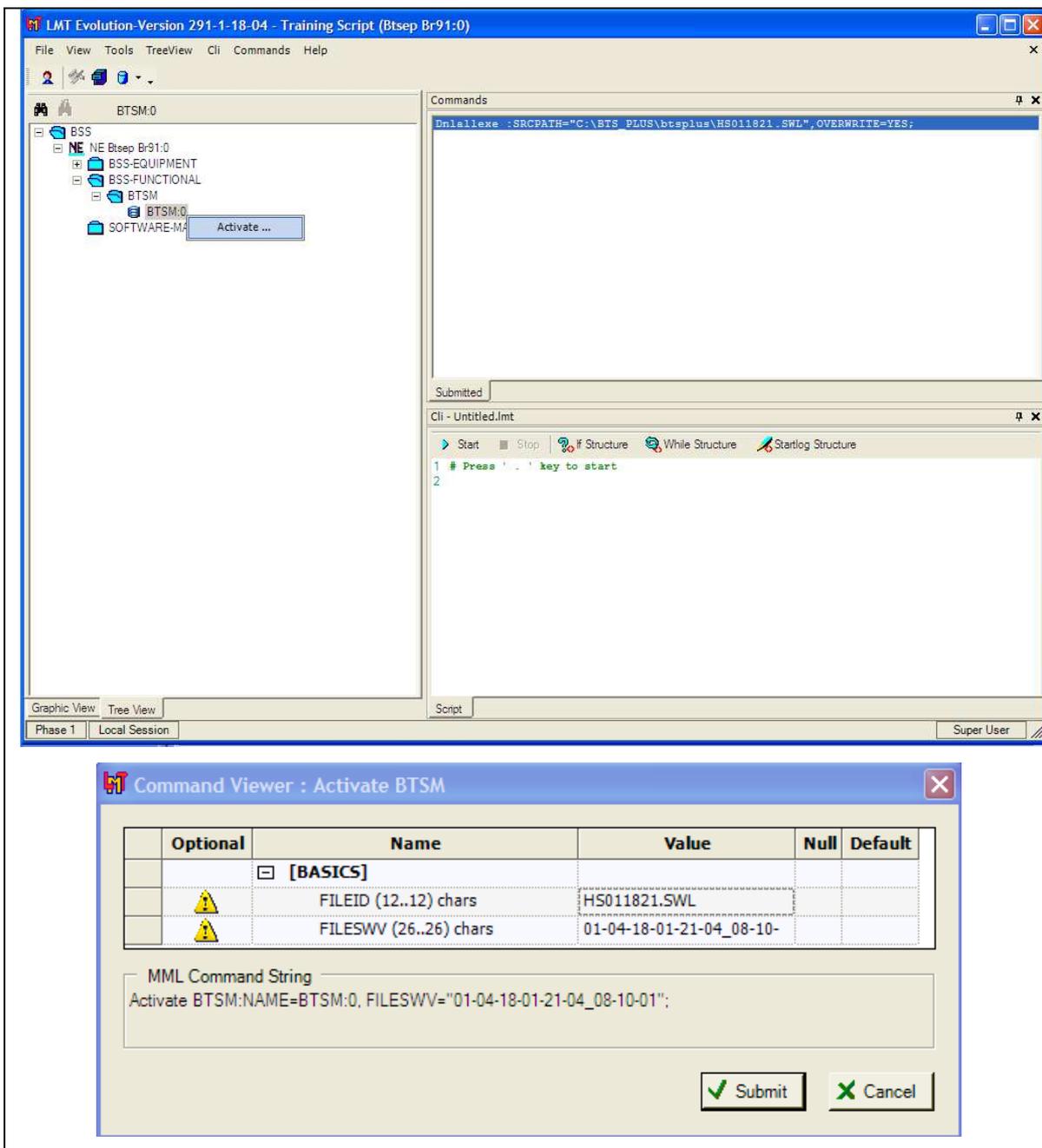


Figura 2.61 Pantallas de Actualización de Versión Software

Con el software actualizado en la nueva BTS, comienza la fase II del comisionamiento, en la cual con el software cargado en la BTS, la misma reconoce todos los elementos que están conectados al BASE RACK.

En la figura 2.61 se indica los pasos del comisionamiento en la fase II.

The figure illustrates the configuration steps for a BTSEP object in phase II, shown in six sequential screenshots:

- BTSEP Object Details:** Shows the configuration table for the BTSEP object.

Name	Value
[BASICS]	
ALGICOBNA	
CHIDT	
EAUTOREC	
EQUIPOS (6,6) chars	
LOCNAME	
OVPTINS	
RXDIVS	
SALUNAME	
VENDNA	
[ALARMSEV]	
ALRMSEVACDP	
ALRMSEVACT	
ALRMSEVBATTERY	
ALRMSEVBCOMP	
- Tree View Selection:** Shows the object tree with **BTSEP:0** selected under **BSS-EQUIPMENT**.
- Context Menu:** A right-click context menu is shown over **BTSEP:0**, with the **Set ...** option highlighted.
- Command Viewer: Set BTSEP:** A dialog box for setting parameters.

Optional	Name	Value	Null	Default
	[BASICS]			
	ALGICOBNA			
	CHIDT			
	EAUTOREC			
	EQUIPOS (6,6) chars			
	LOCNAME (1..37) chars	SANTA_MONICA		
	OVPTINS			
	RXDIVS			
	SALUNAME (11..11) chars	TM07510000X		
	VENDNA (1..37) chars	NOKIASIEMENSNETWORK		
	[ALARMSEV]			
	ALRMSEVACDP			
	ALRMSEVACT			
	ALRMSEVBATTERY			
	ALRMSEVBCOMP			
- Command Viewer: Create BPORT:** A dialog box for creating a BPORT object.

Optional	Name	Value	Null	Default
	[BASICS]			
	NAME (0..7)	BPORT0		
	BERT			
	lowerThreshold	E10_5		
	upperThreshold	E10_3		
	[L1CTRLTS]			
	TSL (0..31)	0		
	SSL (0..3)	0		
	L1PT	pon3lnc4		
	L1RAT	ProtocolSignaling		
	L1COMP	star		
	L1MP	Imp750m		
- Command Viewer: Create LAPDLE:** A dialog box for creating a LAPDLE object.

Optional	Name	Value	Null	Default
	[BASICS]			
	NAME (0..10)	LAPDLE0		
	LAPDCH			
	BPORT	BPORT0		
	TSL (1..31)	31		
	SSL	FULL_4KB		

The image displays a series of screenshots from a network configuration software, showing the creation and configuration of various components. Each screenshot includes a tree view on the left and a 'Command Viewer' dialog with a table of parameters.

Command Viewer: Create RACK

Optional	Name	Value	Null	Default
[BASICS]	NAME(0..7)	RACK0		
	TYPACK	RS241		

MML Command String
Create RACK/NAME=RACK0

Command Viewer: Create RACK

Optional	Name	Value	Null	Default
[BASICS]	NAME(0..7)	RACK4		
	TYPACK	RS241SR		

MML Command String
Create RACK/NAME=RACK0, TYPACK=RS241SR

Command Viewer: Create ACT

Optional	Name	Value	Null	Default
[BASICS]	NAME(0..0)	ACT0		

MML Command String
Create ACT/NAME=RACK0/ACT0

Command Viewer: Create COSA

Optional	Name	Value	Null	Default
[BASICS]	NAME(0..0)	COA0		

MML Command String
Create COSA/NAME=RACK0/COA0

Command Viewer: Create FANP

Optional	Name	Value	Null	Default
[BASICS]	NAME(0..7)	FANP0		

MML Command String
Create FANP/NAME=RACK0/FANP0

Command Viewer: Create CU

Optional	Name	Value	Null	Default
[BASICS]	NAME(0..11)	CU0		
	adjustValue (-24.0..24.0 step)			
	adjustDivValue (-24.0..24.0 s)			
	TXLEVAD3 (-63.0..63.0 step 1.0)			

MML Command String
Create CU/NAME=RACK0/CU0

Command Viewer: Create FCUMAIN

Optional	Name	Value	Null	Default
[BASICS]	NAME(0..11)	FCUMAIN0		
	FCUMODE	doubleCUMode		
	adjustValue (-24.0..24.0 step)			
	adjustDivValue (-24.0..24.0 s)			
	TXLEVAD3/ID1			
	adjustValue#1 (-24.0..24.0 st)			
	adjustDivValue#1 (-24.0..24.0 s)			

MML Command String
Create FCUMAIN/NAME=RACK0/FCUMAIN0

Command Viewer: Create DULNA

Optional	Name	Value	Null	Default
[BASICS]	NAME(0..11)	DULNA1		
	CELLNO(0..11)	0		
	COMBRD	FourToTwo		
	LNAPRD			
	predType			
	predRack			
	predNo			
	SCELLNO			
	WDLNA			

MML Command String
Create DULNA/NAME=RACK0/DULNA1, CELLNO=0, COMBRD=FourToTwo, WDLNA=CUID&CUID

Command Viewer: Create DU/SWR

Optional	Name	Value	Null	Default
[BASICS]	NAME(0..11)	DU/SWR0		
	CELLNO(0..11)	0		
	COMBRD	FourToTwo		
	WOOD/SWR			
	CU0			
	CU1			
	CU2			
	CU3			
	CU4			
	CU5			

MML Command String
Create DU/SWR/NAME=RACK0/DU/SWR0, CELLNO=0, COMBRD=FourToTwo, WOOD/SWR=CU0

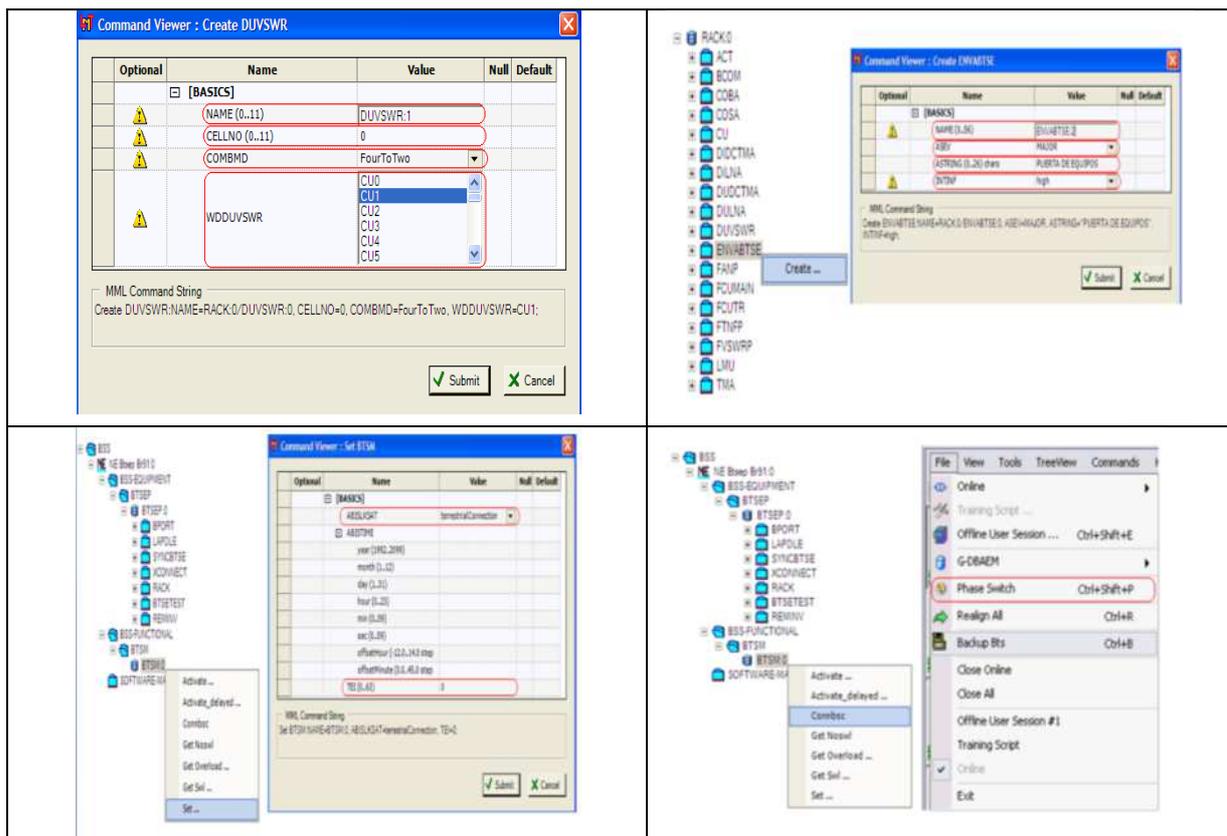


Figura 2.62 Pantallas de Comisionamiento BTS Fase II

Las pantallas capturadas mostradas en la figura 2.61 son las correspondientes a la fase II del comisionamiento, en donde se configura todos los elementos que componen la BTS, se los va asociando a sus respectivos elementos lógicos, otro aspecto importante de esta fase es el ingreso de los datos de la BTS, en donde se ingresa el SALUNAME de esta estación, el cual es un código único de identificación dentro de la BSC, también se establece si la transmisión es por un E1 o T1, la impedancia característica de la capa física, si la misma llega por un medio terrestre o satelital, con la configuración de estos parámetros, los cuales están en la Base de Datos para dicha estación se procede a pasar a la fase III de comisionamiento.

Se logra llegar a la fase III con la conmutación mediante software de la fase II a la fase III, para lo cual previamente la BTS en fase II no debe presentar ninguna alarma que afecte el buen funcionamiento de la BTS, en fase III y desbloqueada

la BTS en su respectiva BSC, la misma comienza a irradiar en modo prueba si se tiene el medio de transmisión conectado a la BTS.

En la figura 2.62 se indica los pasos a seguir para la conmutación entre la fase II y la fase III en un BTS 241 IIB

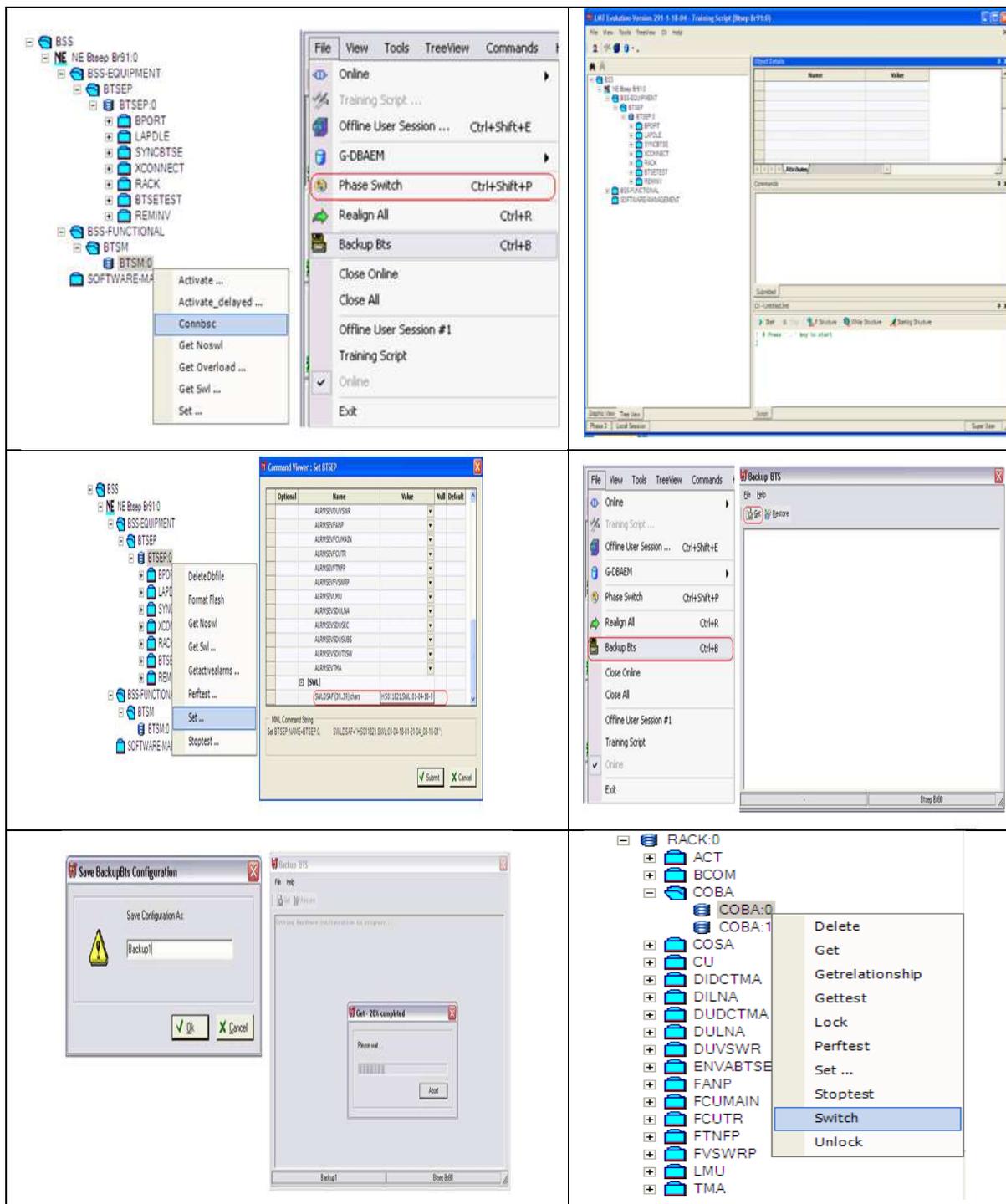


Figura 2.63 Pantallas De Comisionamiento Fase III

Con la BTS en fase III y la respectiva verificación de la correspondencia de los E1, esto para no tener sectores cruzados, la BSC verifica que la configuración en la BTS es la misma de la que está configurada en la BSC, así la Radio Base procede a levantar (irradiar), posteriormente y verificado que no exista ninguna alarma que cause un mal funcionamiento de la BTS, la misma se integra a su BSC, estando la misma lista para pasar a modo comercial.

CAPÍTULO III

3. PRUEBAS Y VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS

3.1 MEDICIONES Y PRUEBAS A SER REALIZADOS EN EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Las mediciones, las pruebas realizadas en el nuevo enlace, las cuales se deben considerar en la verificación de parámetros, para un posterior buen funcionamiento del mismo son:

3.1.1 PRUEBAS DE INTERFERENCIA

Procedimiento.- con el enlace encendido, configuradas las frecuencia de TX y RX pedidas en los estudios de ingeniería, se procede a apagar el colateral del enlace, al realizar esto a través de la interfaz LCT de SIAE, se verifica el nivel de RX en ese lado, posteriormente se realiza lo mismo en la otra parte del enlace.

La prueba se basa en la diferencia de potencia que se debe alcanzar entre la señal recibida y el ruido (ruido térmico, ruido industrial y ruido debido a otra microonda en la misma banda de frecuencias) y debe ser menor a los -92 dBm en los 2 lados para garantizar que el enlace no esté interferido esto se genera cuando existen otros enlaces en la misma banda de frecuencia.

3.1.2 VERIFICACIÓN DE NIVELES DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DEL ENLACE

Procedimiento.- con todos los parámetros configurados según los estudios de ingeniería, se verifica los niveles de RX en el enlace (Local y Remoto).

La verificación se realiza a través del software LCT de SIAE, el enlace debe estar de acuerdo a los estudios de ingeniería tanto en los campos de TX y RX, el campo de recepción puede diferir en ± 3 dBm al calculado en las mismas, esto se

puede dar debido a pérdidas por absorción, reflexión, refracción, difracción, pérdidas en espacio libre, que por la área geográfica no son tomadas en consideración con exactitud por el software de simulación, por lo cual se podrían presentar estas pérdidas y diferir con lo calculado en la ingeniería.

3.1.3 PRUEBAS DE PRBS DE ODUS SECUNDARIAS Y PRINCIPALES

Procedimiento: con un equipo externo de pruebas, se procede a monitorear el enlace instalado, esto a través de la habilitación de un E1 cualesquiera, de entre los 32 E1 que posee el equipo SIAE. Poniendo un lazo físico en un lado, mientras en el otro lado se coloca el equipo externo para monitorear que en el mismo no ingrese errores, el proceso que realiza el equipo es el siguiente:

PRBS (*Pseudo-Random Binary Sequence*): es una secuencia periódica, aleatoria y con propiedades similares a la del ruido blanco con la finalidad de producir una señal sin un patrón establecido. Es generada con N bits de un registro de desplazamiento y una función lógica X-OR en la retroalimentación que toma el dato de salida y algún otro anterior de tal manera que sea muy difícil de predecir una secuencia constante.

Según se indicó en los estudios de ingeniería el enlace implementado es un enlace 1+1 HSTBY por lo cual en cada lado se posee 2 ODUs, las pruebas a realizarse son:

- **Prueba de PRBS en ODUs secundarias por 12 Horas**

Procedimiento: se monitorea el enlace instalado con un equipo externo, forzando a través de la interfaz LCT SIAE que el mismo solamente funcione por las ODUs secundarias, esta prueba se debe realizar por mínimo 12 horas.

- **Prueba de PRBS en ODU's principales por 1 hora**

Procedimiento: se monitorea el enlace instalado con un equipo externo, forzando a través de la interfaz LCT SIAE que el mismo solamente funcione por las ODU's principales, esta prueba se debe realizar por mínimo 1 hora.

3.1.4 PRUEBAS DE CONECTIVIDAD

Procedimiento: se debe configurar las IPs (Dirección IP, Máscara de Red, Puerta de Enlace Predeterminada, Modo de configuración de IDU), entregadas por parte del área de Ingeniería de Transmisiones en las IDUs de este enlace, posterior a esto se debe interconectar la IDU del remoto con el puerto asignado para que la misma se incorpore a la red de Gestión de la operadora.

De acuerdo al plan de IP para sitios nuevos se logra interconectar al nuevo enlace al sistema de gestión, esto se certifica con una prueba de ping hacia el gestor de la operadora desde el nuevo sitio, posteriormente se verifica la interacción desde el sistema de gestión con nuestro enlace.

3.1.5 MEDICIÓN Y PRUEBAS DE REDUNDANCIA DE VOLTAJE DE PSU QUE ALIMENTAN LA IDU

Procedimiento: para esta prueba se desconecta la PSU principal o secundaria, estableciendo un punto de prueba, se procede a medir el voltaje en el conector de energía, esta medición debe estar entre los -54.6 VDC a -52 VDC, al mismo tiempo se verifica que el enlace no salga de funcionamiento a través del software de interacción LCT de SIAE.

Finalizada con la PSU escogida como punto de prueba se sigue el procedimiento con la PSU faltante, para lo cual primeramente se debe normalizar la PSU que se procedió a desconectar.

3.1.6 PRUEBA DE MÁSCARAS

Procedimiento: se procede a interconectar de tributario en tributario al equipo externo el cual compara los patrones físicos y eléctricos establecidos en la normativa G703 de la ITU con los que posee cada tributario.

La normativa G703 de la ITU se describe a continuación:

G.703: es una norma de la ITU que describe un nivel físico, es decir características físicas y eléctricas de la señal que se transmite entre los dos extremos de la comunicación. En dicho interfaz se suelen emplear dos pares de cables: uno para transmitir los datos y otro para recibirlos, que generalmente son de tipo coaxial o par trenzado. **[15]**

La norma define tres métodos para transmitir el sincronismo entre extremos:

- **Codireccional:** Es el más extendido. Consiste en enviar los relojes en el mismo sentido de los datos. Por ello, se recupera la información de reloj de los datos recibidos y se envía la de los enviados. Al incluirse dicha información junto a la señal de los datos, no es necesario ningún cable adicional. Es el empleado por el equipo. **[15]**
- **Contradireccional:** El sentido de la información de reloj es el contrario al de los datos. Ello implica dos pares adicionales para transmitir los relojes independientemente de los datos. **[15]**
- **Reloj centralizado:** El reloj, tanto de transmisión como de recepción en ambos extremos se recibe de un generador de relojes central. Al igual que el caso anterior implica dos pares adicionales para transmitir los relojes independientemente de los datos. **[15]**

Características generales de la interfaz son.

- Velocidad binaria nominal: 2048 kbit/s.

Huawei, mientras que en la estación nueva se coloca un equipo medición para comprobar que la ruta está libre de errores (cableados físicos mal realizados), esto a través de un Pather el cual envía secuencias binarias pseudo-aleatorias las cuales son comparadas verificando así que la ruta está libre de errores.

3.1.9 PRUEBAS DE LA RUTA DE TRANSMISIÓN TOTAL

Procedimiento: al encontrarse interconectada la ruta PDH y SDH en todo su trayecto, se realiza un lazo lógico hacia la estación nueva en el Multiplexor Huawei que se encuentra instalado físicamente en la BSC, en la estación nueva se coloca un equipo medición para comprobar que la ruta está libre de errores (cableados físicos mal realizados, ruta lógica mal creada), esto a través de un Pather el cual envía secuencias binarias pseudo-aleatorias las cuales son comparadas verificando así que la ruta está libre de errores.

3.1.10 PRUEBAS DE CORRESPONDENCIA DEL PCMB ASIGNADO

Procedimiento: la prueba se realiza cuando la ruta está concluida en su totalidad, incluido los entorchados a nivel de 120 Ω , para esta prueba es necesario una persona en gestión y otro en la estación nueva. La prueba consiste en colocar un lazo E1 por E1 e ir verificando que el E1 en el cual se coloque el lazo corresponda al PCMB (número de E1 lógico asignado en la BSC) asignado.

3.2 MEDICIONES Y PRUEBAS A SER REALIZADOS EN EL SISTEMA DE RADIO FRECUENCIA

Las pruebas en el sistema de Radio Frecuencia, se enfocan en la parte pasiva de la BTS, que es el sistema radiante de la misma, el cual si es realizado con malas prácticas de instalación, en un corto tiempo el mismo se degrada con mayor rapidez lo cual determina un mal rendimiento de la Radio Base.

3.2.1 PRUEBAS DE VSWR (VOLTAGE STANDING WAVE RATIO) O ROE (RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA)

Procedimiento: con un equipo de pruebas conocido como “Site Master”, se procede a monitorear cada Feeder que conforma los sectores de la Radio Base, al final de la medición se obtiene valores que deben encontrarse dentro de los valores establecidos por la operadora, las pruebas realizadas son:

○ MEDICIÓN DE VSWR SIN CARGA

La medición se realiza interconectando el equipo de pruebas a la parte del Feeder que se encuentra al ingreso de la BTS, en el otro extremo del feeder se coloca una carga patrón que es propia del equipo, la medición realizada debe indicar un valor de VSWR SIN CARGA menor o igual a los 1.13 en el pico más alto de la misma.

○ MEDICIÓN DE VSWR CON CARGA

La medición se realiza interconectando el equipo de pruebas a la parte del Feeder que se encuentra al ingreso de la BTS, en el otro extremo del feeder se interconecta la antena sectorial, la medición realizada debe indicar un valor de VSWR CON CARGA menor o igual a los 1.30 en el pico más alto de la misma.

Con procedimientos definidos se procede a describir cada elemento y prueba que se realizan a este sistema.

Una línea de transmisión ordinaria es bidireccional; la potencia puede propagarse, en ambas direcciones. Llamaremos voltaje incidente al voltaje que se propaga desde la fuente hacia la carga y voltaje reflejado al que va desde la carga hasta la fuente. [16]

En términos de potencia, la potencia reflejada es la porción de potencia incidente que no fue absorbida por la carga. Por lo tanto, la potencia reflejada nunca puede exceder a la potencia incidente. Estas dos ondas viajeras (potencia incidente y reflejada) están presentes en la línea de transmisión todo el tiempo y ambas, en

conjunto, establecen un patrón de interferencia conocido como onda estacionaria. A estas ondas se les llama así porque parece que permanecen en una posición fija en la línea, variando solamente en amplitud. [16]

En la figura 3.2 se indica las diferentes ondas que se propagan en el Feeder

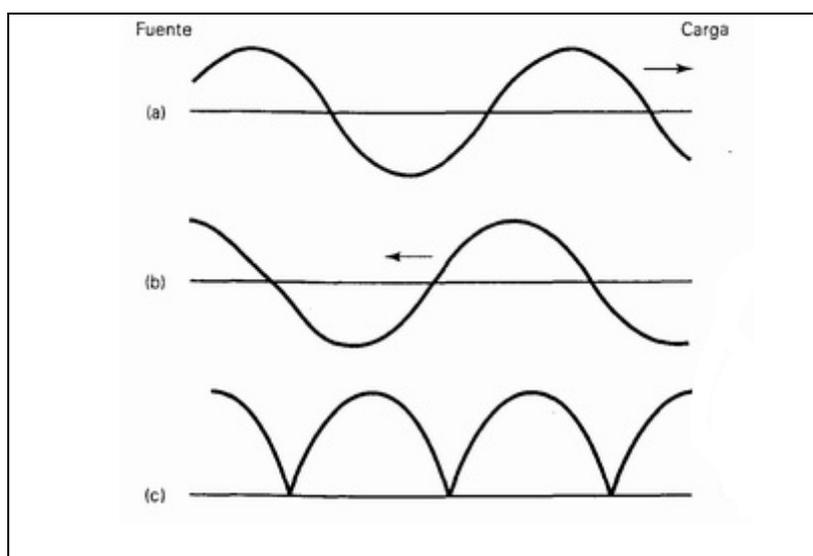


Figura 3.2 (a) Onda Incidente, (b) Onda Reflejada, (c) Onda Estacionaria⁷³

La relación de onda estacionaria (VSWR) se define como la relación del voltaje máximo con el voltaje mínimo de una onda estacionaria en una línea de transmisión, por lo tanto, no tiene unidades. En términos de voltaje, es la división de la suma del voltaje incidente más el voltaje reflejado entre la diferencia del voltaje incidente menos el voltaje reflejado. Esencialmente, el VSWR es una medida del desacoplamiento de todas las cargas en el sistema radiante (feeders, jumpers, conectores, antenas, y otros dispositivos que formen parte del sistema radiante). [16]

La variación del VSWR depende mucho de la variación de las ondas existentes en una línea de transmisión, pero principalmente, de la onda reflejada. En términos

⁷³ Fuente: < <http://blogcomunicacionesmoviles.blogspot.com/2012/11/vswr-voltage-standing-wave-ratio-y-dtf.html>>[Último acceso, Marzo de 2014]

prácticos, un feeder golpeado, un conector mal hecho, un mal ajuste en el empalme de dos conectores o un puerto de antena oxidado hacen que la impedancia de la línea de transmisión varíe en toda su longitud y a su vez hará que la onda reflejada incremente, por lo que, en consecuencia, el valor de VSWR se elevará. [16]

El VSWR se define como:

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{(1+|\rho|)}{(1-|\rho|)} \quad [16]$$

Donde:

V_{max} = Máximo de voltaje en la línea de transmisión.

V_{min} = Mínimo voltaje en el línea de transmisión.

$|\rho|$ = Magnitud de voltaje del coeficiente de reflexión.

3.2.2 PRUEBAS DE DTF (*DISTANCE TO FAULT*)

Procedimiento: con un equipo de pruebas conocido como “*Site Master*”, se procede a monitorear cada Feeder que conforma los sectores de la Radio Base, se coloca el equipo de pruebas al ingreso de la BTS, en el otro extremo una carga de prueba, al final de la medición se obtiene la distancia en donde el feeder posee la mayor degradación.

El DTF es otro de los parámetros de calidad de instalación del sistema radiante. Su propósito es verificar que no haya malas conexiones u otras fallas (conectores mal hechos, cables golpeados, conectores oxidados, antenas en mal estado, etc) en el sistema radiante. [16]

Básicamente es una gráfica de VSWR vs distancia, es decir, indica la distribución del VSWR por toda la longitud de la línea de transmisión, incluso hasta llegar a la antena. [16]

Este es un parámetro clave en la determinación de fallas, ya que nos permite la detección de errores para su posterior corrección.

3.2.3 CABLE LOSS O INSERTION LOSS (PERDIDAS DE INSERCIÓN)

Procedimiento: con un equipo de pruebas conocido como “*Site Master*”, se procede a monitorear cada feeder que conforma los sectores de la Radio Base, se coloca el equipo de pruebas al ingreso de la BTS, en el otro extremo una carga de prueba, al final de la medición se obtiene los valores de pérdidas de inserción que deben estar de acuerdo a la tablas del fabricante.

La pérdida de inserción es la medida de la cantidad de energía que se pierde cuando las señales eléctricas circulan por el cable. Con esta medida cuantificamos la resistencia que opone el medio físico del enlace ante las transmisiones eléctricas. [16]

Podemos decir también que la perdida de inserción aumenta en forma considerable y lineal, a medida que aumenta la longitud del enlace. Este parámetro se mide en decibelios (dB). [16]

Los valores medidos con el equipo de prueba, como se indico se compara con las tablas proporcionadas por el fabricante, para nuestro caso es ANDREW, los valores se indican en la Tabla 3.1 y tabla 3.2 para una frecuencia de 850 MHz.

Fabricante	Atenuación 7/8 por 100 metros a 1000 MHz FXL-780	Conector para cable alimentador @1GHz ,(Por cada adaptador 0,08 dB)
Andrew	3.677 dB/100m	0.05 dB

Tabla 3.1 Especificaciones para 850 MHz⁷⁴

Esta atenuación se incrementa con la temperatura, de acuerdo al fabricante Andrew, para una temperatura ambiente de 40° C, la atenuación se incrementada en un 4%. [17]

⁷⁴ Fuente: <NSN, “ATMN Antena NSN Santa Mónica”, Proyecto Telefónica Ecuador, Revisión N°9, 2013>

En la Tabla 3.2 se indica la atenuación máxima esperada a 20° C. [17]

Longitud Cable 7/8	Atenuación (dB)	Longitud Cable 7/8	Atenuación (dB)
0-5 metros	0.26	76-80 metros	2.94
6-10 metros	0.44	81-85 metros	3.12
11-15 metros	0.62	86-90 metros	3.29
16-20 metros	0.80	91-95 metros	3.47
21-25 metros	0.98	96-100 metros	3.65
26-30 metros	1.15	101-105 metros	3.83
31-35 metros	1.33	106-110 metros	3.98
36-40 metros	1.51	111-115 metros	4.19
41-45 metros	1.69	116-120 metros	4.36
46-50 metros	1.87	121-125 metros	4.54
51-55 metros	2.05	126-130 metros	4.72
56-60 metros	2.22	131-135 metros	4.90
61-65 metros	2.37	136-140 metros	5.08
66-70 metros	2.58	141-145 metros	5.25
71-75 metros	2.76		

Tabla 3.2 Atenuación para 850 MHz⁷⁵

En la Tabla 3.3 se indica los valores de atenuación para una frecuencia de 1900 MHz.

Fabricante	Atenuación 7/8 por 100 metros a 2000 MHz FXL-780	Conector para cable alimentador @1GHz ,(Por cada adaptador 0,08 dB)
Andrew	5.752 dB/100m	0.05 dB

Tabla 3.3 Especificaciones para 1900 MHz⁷⁴

Esta atenuación se incrementa con la temperatura, de acuerdo al fabricante Andrew para una temperatura ambiente de 40° C, la atenuación se incrementada en un 4%. [17]

⁷⁵ Fuente: <NSN, "ATMN Antena NSN Santa Mónica", Proyecto Telefónica Ecuador, Revisión N°9, 2013>

En la Tabla 3.4 se indica atenuación máxima esperada a 20°C. [17]

Longitud Cable 7/8	Atenuación (dB)	Longitud Cable 7/8	Atenuación(dB)
0-5 metros	0.40	76-80 metros	4.58
6-10 metros	0.68	81-85 metros	4.85
11-15 metros	0.96	86-90 metros	5.13
16-20 metros	1.24	91-95 metros	5.41
21-25 metros	1.51	96-100 metros	5.69
26-30 metros	1.79	101-105 metros	5.97
31-35 metros	2.07	106-110 metros	6.21
36-40 metros	2.35	111-115 metros	6.52
41-45 metros	2.63	116-120 metros	6.80
46-50 metros	2.91	121-125 metros	7.08
51-55 metros	3.18	126-130 metros	7.36
56-60 metros	3.46	131-135 metros	7.64
61-65 metros	3.70	136-140 metros	7.91
66-70 metros	4.02	141-145 metros	8.19
71-75 metros	4.30		

Tabla 3.4 Atenuación para 1900 MHz.⁷⁶

En base a los valores indicados por el fabricante se verifica que el valor monitoreado este dentro del límite, Andrew considera admisible una desviación de +5% sobre el valor medido a 20° C como dentro del rango, si la temperatura es mayor se deberá introducir también esa corrección al porcentaje de desviación permitida (ej: a 40° C la desviación máxima posible seria de +9%). La precisión de la medida también depende de la precisión de la medida de longitud del cable.

[17]

3.2.4 REVISIÓN FÍSICA DE SISTEMA RADIANTE

Procedimiento: se realiza una inspección física de la instalación, se revisa el anclaje del Rack, conectores de RF, vulcanizados en jumpers y feeder, radio de

⁷⁶ Fuente: <NSN, "ATMN Antena NSN Santa Mónica", Proyecto Telefónica Ecuador, Revisión N°9, 2013>

Curvatura de feeder, vulcanizado e interconexión del sistema radiante al sistema de tierra de la estación.

3.2.5 PRUEBAS DE POTENCIA DE PORTADORA

Procedimiento: con un medidor de potencia debidamente calibrado, se mide la potencia que irradia cada puerto de RF de los combinadores del Base Rack.

3.2.6 PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD DE BTS

Se procede a probar la funcionalidad de la BTS, para lo cual se realiza las siguientes pruebas:

- **Funcionamiento de BTS únicamente con el sistema de respaldo**

Procedimiento: se debe desconectar el sistema de energía de AC y la BTS debe funcionar con normalidad, a través del sistema de respaldo de la estación.

- **Pruebas de integración automática de BTS a la BSC al quedarse la estación sin transmisión o por falla de sistema de energía y respaldo**

Procedimiento: se debe apagar la BTS tanto del sistema de energía AC y DC, cuando la misma se reinicie esta deberá establecer inmediatamente la comunicación con su respectiva BSS, con esto la misma deberá comenzar a irradiar nuevamente.

- **Pruebas en los canales de control y tráfico de la BTS**

Procedimiento: se debe simular un bloqueo o degradación de cada TRX que conforman la BTS, esto a través del software *LMT Evolution*, el cual permite la interacción con cada elemento que posee la BTS, con lo cual los canales de

control y tráfico deben pasar al siguiente TRX, así se garantiza que el tráfico sea fluido, este traspaso de tráfico entre TRX se conoce como *Inter-Cell Handover*⁷⁷

- **Pruebas de HandOver**

Procedimiento: Se debe simular un traspaso de sector, para lo cual se bloquea lógicamente un sector, con lo cual el móvil deberá recibir y transmitir por el sector que no se encuentra bloqueado, este traspaso es conocido como *Hard-Handover*⁷⁸.

- **Pruebas de conmutación de tarjeta controladora**

Procedimiento: En toda Radio Base se debe garantizar, que cada elemento que conforma la BTS tenga su respaldo, para lo cual se instala una tarjeta controladora de respaldo en la misma, la prueba consiste en apagar la tarjeta principal y que la tarjeta secundaria comience su funcionamiento, así se garantiza que la estación brinde la cobertura planificada en caso de degradación de este elemento tan importante.

⁷⁷ **Inter-Cell Handover:** Se realiza cuando la señal de la conexión de un canal físico es baja. Para evaluar la calidad de la conexión, el móvil constantemente transmite los valores de las medidas RXLev (nivel recibido medido por el teléfono) y las RXQual (el radio del error de bit determinado) a la BTS. Si la BTS quiere entregar el teléfono a otro canal, lo que necesita es informar al teléfono sobre el número del nuevo canal y su nueva configuración. El teléfono cambia directamente al nuevo canal y puede mantener ambas configuraciones para la sincronización de la BTS. El proceso de Intra cell handover es posible realizarlo entre diferentes bandas de GSM.

⁷⁸ **Hard-Handover:** el móvil está conectado a su estación base origen. Durante el proceso de Handover, se desconecta de ésta y durante un tiempo (del orden de milisegundos) no está conectado a ninguna otra BTS. Mediante este procedimiento, de éste modo la conexión con el sector original se corta antes de realizar la nueva conexión al nuevo sector.

3.2.7 VERIFICACIÓN DE NIVELES DE K.P.I, NIVELES EN CAMPO CERCANO Y ÁREA DE COBERTURA

Todas estas mediciones se indica en el siguiente capítulo, debido a que estas mediciones se la realiza posterior a la entrega a fiscalización, la Radio Base para estas mediciones debe encontrarse en Modo Comercial, para lo cual existe un proceso de “*Inicial tuning*”⁷⁹, en el cual se ajustan varios parámetros como son:

- Tilt mecánico
- Tilt eléctrico
- Orientación de las antenas sectoriales de RF

El resultado de este conjunto de pruebas que son relajadas antes de optimización, son la base de lo que el fiscalizar debe revisar y debe plasmar en una acta de aceptación, tanto para el sistema Radiante como el de Microonda lo cual se incluye en la parte de anexos.

⁷⁹ **INITIAL TUNING:** proceso en el que se realiza varios ajustes de parámetros, el cual es realizada después de la planeación de la red y la posterior implantación de la Radio Base, realizado para corregir parámetros del planeamiento del sistema de RF

CAPÍTULO IV

4. PUESTA EN SERVICIO DE UNA RADIO BASE

4.1 FISCALIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

En base a lo analizado anteriormente se indica paso a paso los resultados de las pruebas realizadas en campo por parte de los contratistas, en presencia del personal de fiscalización, la realización de estas pruebas asegura un buen desempeño de la estación.

4.1.1 PRUEBAS DE INTERFERENCIA

En base a lo indicado en los anteriores capítulos, procedemos a verificar a través del software LCT que permite la interacción con los equipos de microonda SIAE, que el campo del enlace sea menor a los -92dBm en los 2 lados(local y remoto) de acuerdo al procedimiento establecido en el capítulo anterior, si es que no se obtiene un campo con un nivel que garantice que no exista interferencia en el enlace, se debe buscar una nueva frecuencia dentro del rango que nos permita nuestras ODU, en base al cuadro de frecuencia canalizadas aprobado por la SUPERTEL.

En la figura 4.1 se indica los niveles de recepción que se observan a través del software LCT de SIAE

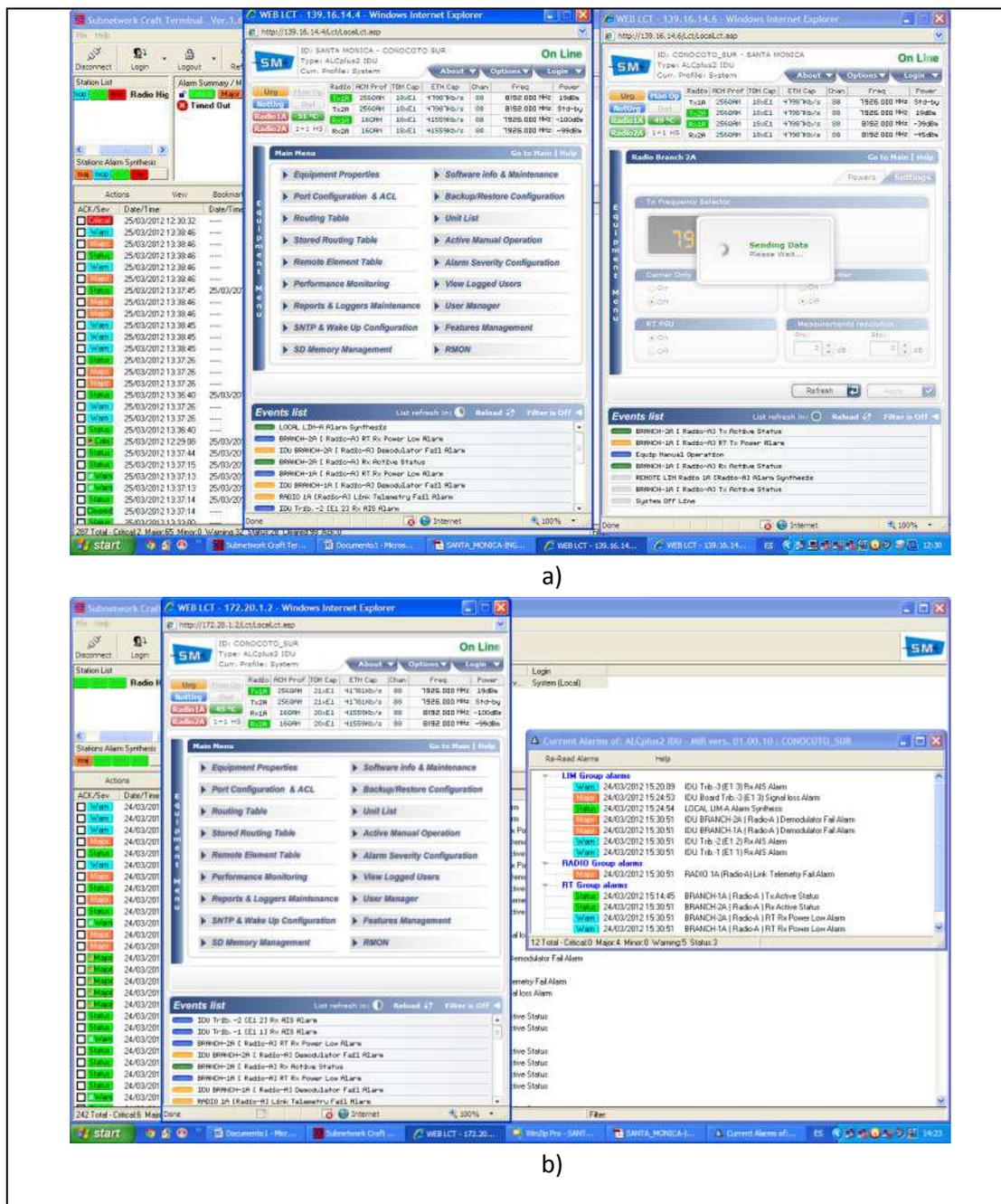


Figura 4.1 Pantallas de Interferencia, (a) Santa Mónica, (b) Conocoto Sur

4.1.2 VERIFICACIÓN DE NIVELES DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DEL ENLACE

De acuerdo a los estudios de ingenierías realizadas por la operadora, se verifica que el campo de transmisión como el campo de recepción del enlace estén dentro de los límites establecidos, si no se lograra el campo de recepción indicado en la figura 2.10, se debe revisar la alineación del enlace, polaridad de la antena,

modulación, posibles obstrucciones en la línea de vista y si todo lo anterior se encuentra sin novedad se procede a revisar los estudios de ingeniería del enlace, la desviación aceptada por fiscalización es de $\pm 3\text{dBm}$ con referencia al campo de recepción, con el nivel de potencia establecido en los estudios de ingeniería.

En la figura 4.2 se indica los Niveles en las de transmisión y recepción que se obtuvo en el nuevo enlace, las cuales están de acuerdo a los de estudios de ingeniería de la figura 2.10

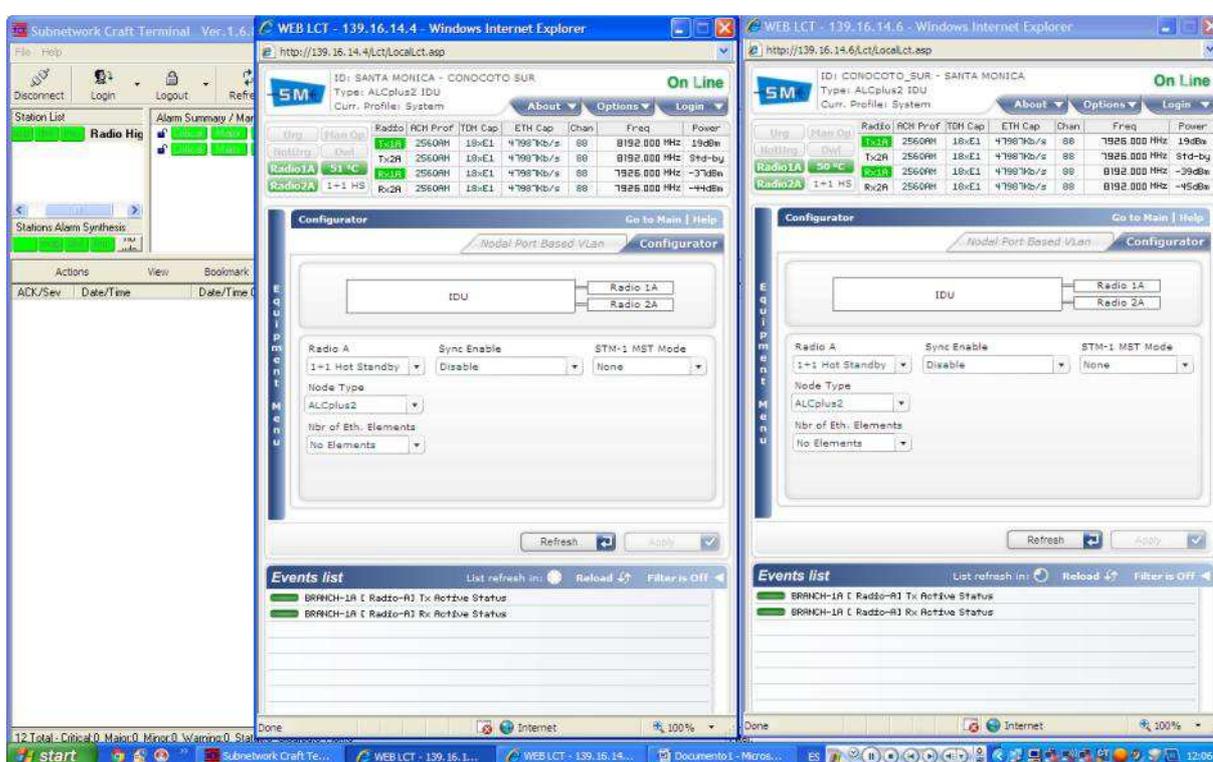


Figura 4.2 Valores de Potencia de Enlace en enlace de MW

4.1.3 PRUEBAS DE PRBS DE ODUS SECUNDARIAS Y PRINCIPALES

o PRUEBA DE 12 HORAS

Para la prueba de las 12 horas, se obliga al enlace para que funcione por las ODUs secundarias, con esto se procede a monitorear el mismo con un equipo externo, previa a la entrega del enlace, en este caso el equipo externo utilizado se llama patter, este debe tener vigente sus respectivos certificados de calibración, el

resultado de esta prueba debe reflejar que el enlace debe estar libre de errores, esto garantiza una buena confiabilidad y disponibilidad.

○ PRUEBA DE 1 HORA

Esta prueba es similar a la prueba de 12 horas, con la diferencia que esta prueba se la realiza forzando que el enlace transmita por las ODU's principales, esta prueba se la realiza en presencia del personal de fiscalización el cual supervisa la prueba.

En la figura 4.3 se indica las mediciones realizadas con el equipo de externo, en las cuales se aprecian que durante 16 Horas 04 Minutos 16 Segundos el enlace tuvo cero errores.

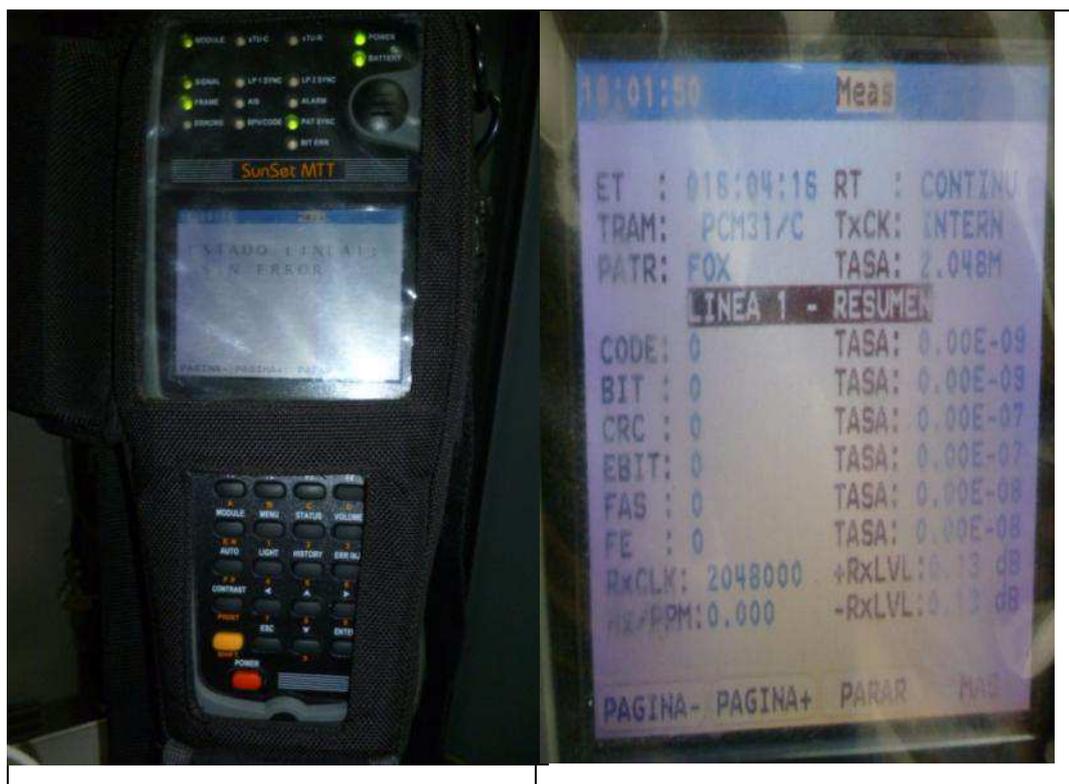


Figura 4.3 Resultados de pruebas con PATTERN

4.1.4 PRUEBAS DE CONECTIVIDAD

Comisionado el enlace y configurado las IP asignadas para cada IDU, se procede a revisar si desde cualquiera de las partes que conforman el enlace, se puede interactuar con su remoto y viceversa, para luego realizar una prueba de ping⁸⁰ hacia el servidor desde el nuevo sitio, al resultar esta prueba exitosa se garantiza la integración del enlace al sistema de gestión.

En la figura 4.4 se indica los elementos virtuales con los cuales son representados el enlace en el sistema de gestión, además las IPs configuradas en las IDUs y la prueba de ping realizada.

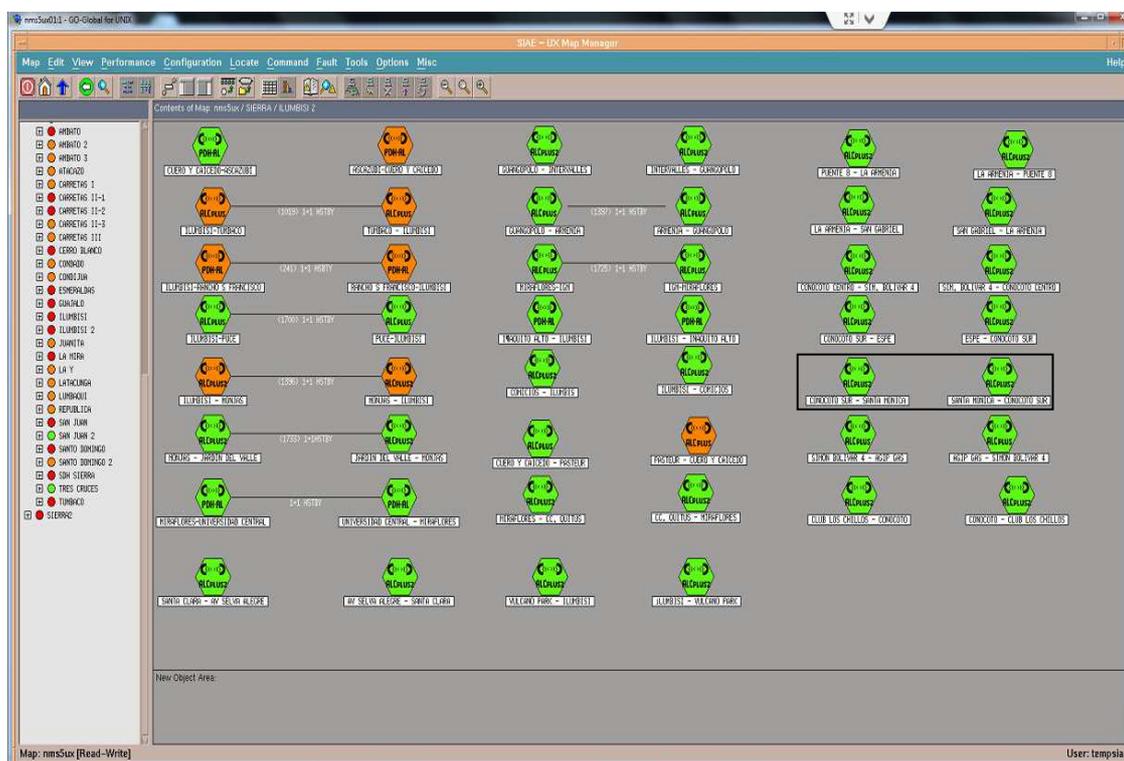


Figura 4.4 Enlace Integrado a Sistema de Gestión

⁸⁰ **Ping:** (Packet Internet Groper) es una utilidad que diagnostica en redes de computadoras, el estado de la comunicación con el host local con uno o varios equipos remotos de una red TCP/IP por medio del envío de paquetes ICMP de solicitud y de respuesta

En la figura 4.5 se indica la IP en cada IDU y la prueba de ping al servidor.

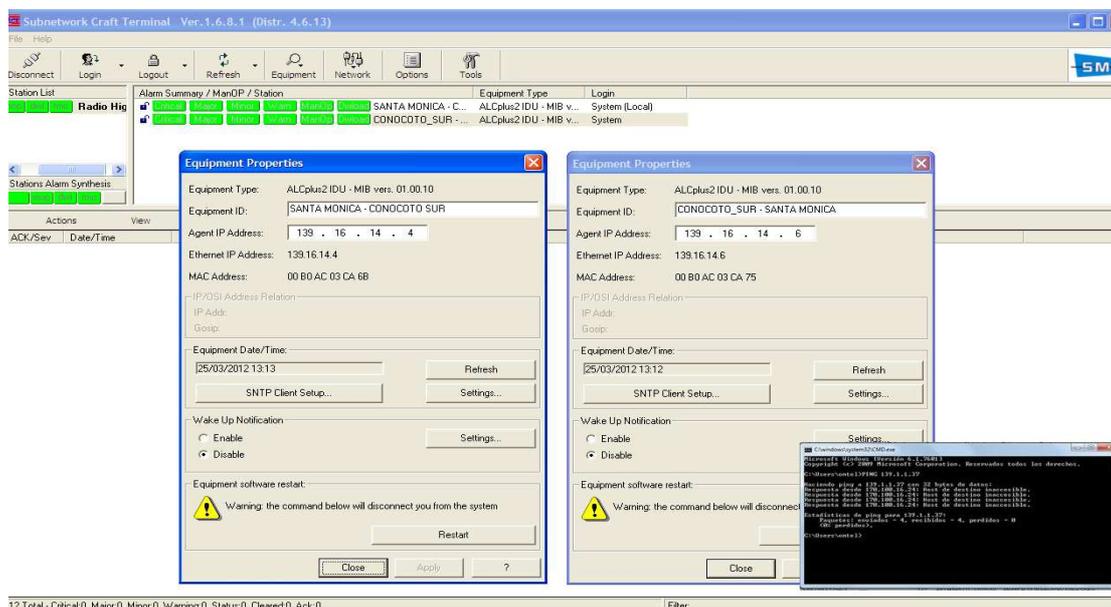


Figura 4.5 Pruebas de Conectividad Local y Remoto del Enlace

4.1.5 MEDICIÓN Y PRUEBAS DE REDUNDANCIA DE VOLTAJE DE PSU QUE ALIMENTAN LA IDU

En esta prueba se realiza la medición del voltaje, el mismo se debe encontrar dentro de los rangos establecidos por la operadora.

En la figura 4.6 se indica la medición de voltaje, que entrega los rectificadores a la BTS, la medición obtenida es de -53.8 Vdc, este voltaje esta dentro de lo recomendado en los estándares de instalación.



Figura 4.6 Medición de Voltaje de Rectificador que Alimenta el Enlace

4.1.6 PRUEBA DE MÁSCARAS

Fundamentados en protocolo de pruebas G703, se procede a probar todos los tributarios que se encuentren habilitados en la IDU, se compara los niveles eléctricos en cada tributario con un patrón que es proporcionado por un equipo de pruebas externo en este caso el Patter, si es que en alguno de los tributarios no fuera exitoso esta prueba el procedimiento a seguir es revisar los pines del cable SCCI que es el que interconecta la IDU y el DDF.

En la figura 4.7 se indica el resultado de las prueba de mascarar en uno de los tributarios del DDF.

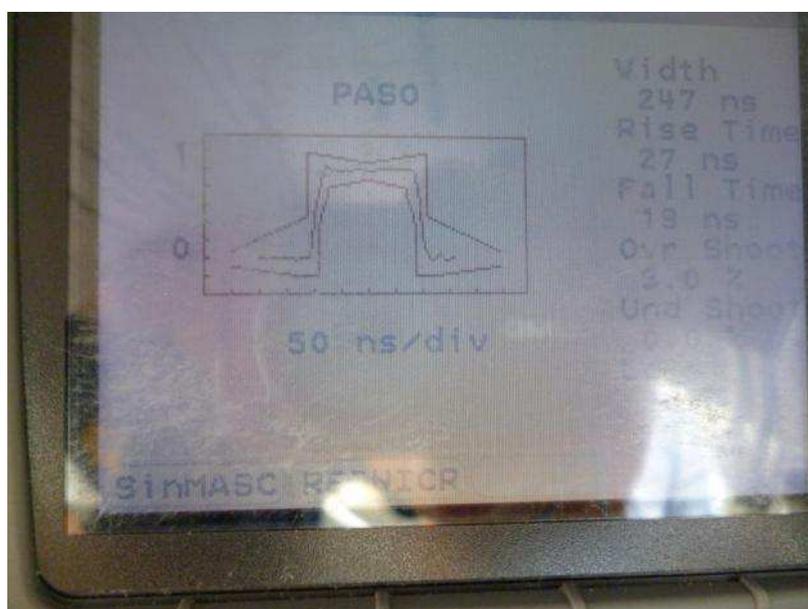


Figura 4.7 Pruebas De máscaras En Patter

4.1.7 REVISIÓN FÍSICA DE INSTALACIÓN

Se procede a verificar visualmente la correcta sujeción en todo el recorrido del cable IF, las interconexiones del los kit de tierra a las barras de descarga, se revisa que exista una buena sujeción de la Microonda al soporte de anclaje en la infraestructura, la interconexión de las ODU's e IDU a una barra de descarga, el correcto etiquetado de los elementos que conforman la microonda de acuerdo a los estándares dados por la operadora.

En la figura 4.8 se indica los etiquetados de la IDU, en la cual debe estar claramente las frecuencias en las que trabaja la microonda, su polarización y el modelo del radio SIAE que se implemento.

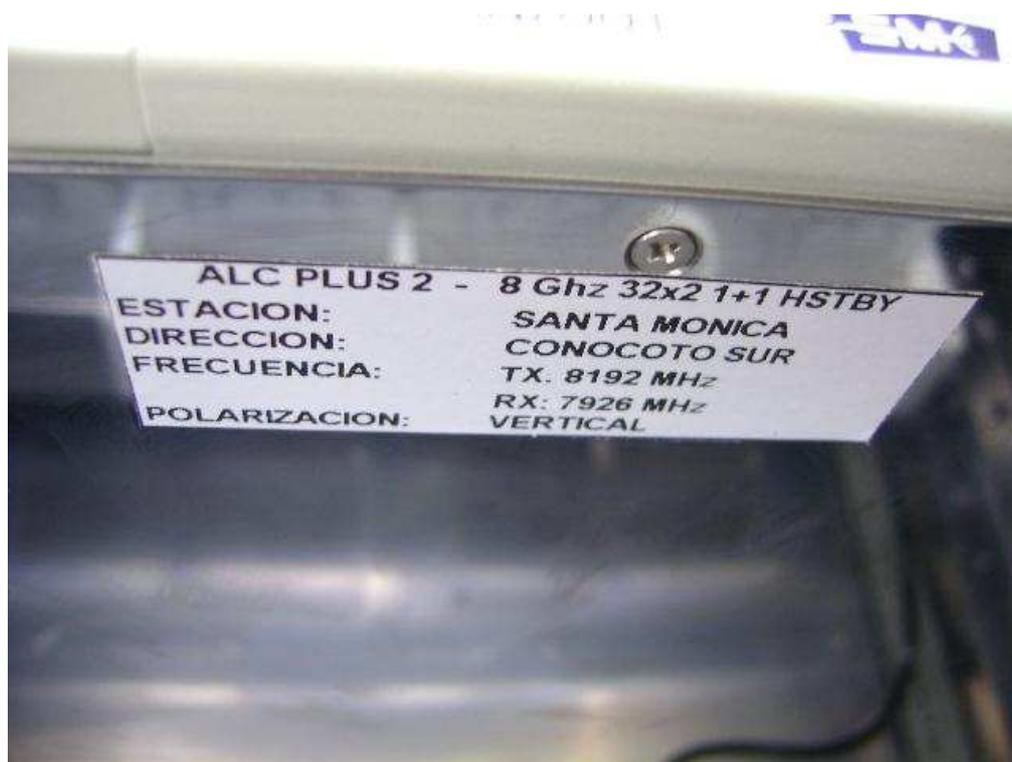


Figura 4.8 Ejemplo de Etiquetado de IDU

4.1.8 PRUEBAS DE LA RUTA PDH

Encontrándose habilitada toda la ruta PDH, creado el servicio lógico para cada E1 de la ruta GSM de Santa Mónica, se procede a monitorizar los E1 de acuerdo al procedimiento establecido en el capítulo anterior, esta prueba debe ser realizada por el lapso de una hora en cada E1 que tenga la nueva BTS, la prueba se la realiza cuando la ruta PDH llega directamente a la BSC o cuando se necesita descartar problemas en la ruta física, la prueba es realiza con la Ruta de transmisión total que es el siguiente punto a revisar.

4.1.9 PRUEBAS DE LA RUTA DE TRANSMISIÓN TOTAL

Como se mencionó en el ítem anterior esta prueba es la realizada para la mayoría de las estaciones GSM, a través de esta prueba se verifica que tanto la ruta física como lógica se encuentren sin problemas (conectores mal realizados, ruta lógica mal creada), si existiera algún error en la ruta se deberá dividir la prueba, primero monitorear la ruta lógica y posteriormente la ruta física.

En la figura 4.9 se indica el resultado de uno de los E1 GSM de la estación Santa Mónica.



Figura 4.9 Pruebas de Patter Ruta Total

4.1.10 PRUEBAS DE CORRESPONDENCIA DEL PCMB ASIGNADO

Como se indico en el capítulo anterior, se monitorea los PCMB asignados a través de la plataforma del "Radio Comander" de Nokia, la prueba es realizada con personal de fiscalización en la estación a ser implementada y consiste en llamar a al centro de gestión de Telefónica, se indica a este personal el PCMB y la BSC a la pertenece la estación, se quita el lazo físico en cada E1 de la estación, con esto cada PCMB debe irse alarmando de acuerdo al e1 que se está verificando.

En la figura 4.10 se indica la prueba de correspondencia de E1, en el cual se puede observar que se encuentra alarmado el segundo E1, esto al ser retirado el lazo físico en la estación Santa Mónica.

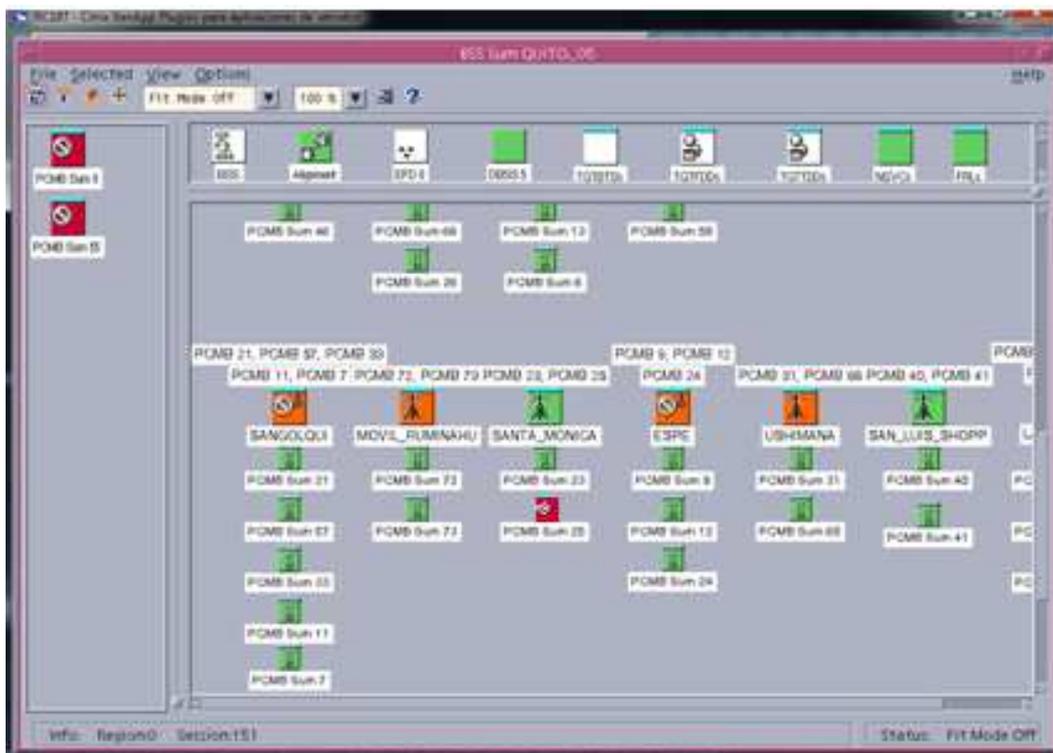


Figura 4.10 Validación de Correspondencia de E1 en la Plataforma Radio Comander

4.2 FISCALIZACIÓN EN EL SISTEMA DE RADIO FRECUENCIA

Fiscalizado el sistema de transmisión y al encontrarse sin ningún pendiente que afecte a la integración del sitio se procede a la fiscalización del sistema radiante de acuerdo a lo establecido en el capítulo anterior.

4.2.1 PRUEBAS DE VSWR (*VOLTAGE STANDING WAVE RATIO*) O ROE (*RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA*)

El fiscalizador se asegura que el equipo de medición tenga vigente los certificados de calibración, previamente se procede a calibrar el equipo de acuerdo a la frecuencia en que va a irradiar el sistema radiante ya sea en la banda 850 MHz o en la de 1900MHz con lo cual se procede a realizar las pruebas ya definidas.

Por lo tanto el VSWR es una medida de impedancia que indica el desajuste entre la línea de transmisión y de su carga. Cuanto más alto sea el VSWR, mayor es el desfase.

El mejor VSWR es aquel que tiende a la unidad es decir, que corresponde a una perfecta coincidencia de impedancia en la línea de transmisión.

o **Medición de VSWR sin carga**

Al realizar la medición nos debe dar un valor menor o igual a los 1.13 en el pico más alto, esto garantiza un buen acople de impedancias entre la línea de transmisión (feeder) y los conectores de los extremos de esta línea de transmisión.

En la figura 4.11 se indica la medición de VSWR sin la antena de irradiación, esta medición es realizada en la línea de transmisión del primer sector en la frecuencia de 850 MHz.

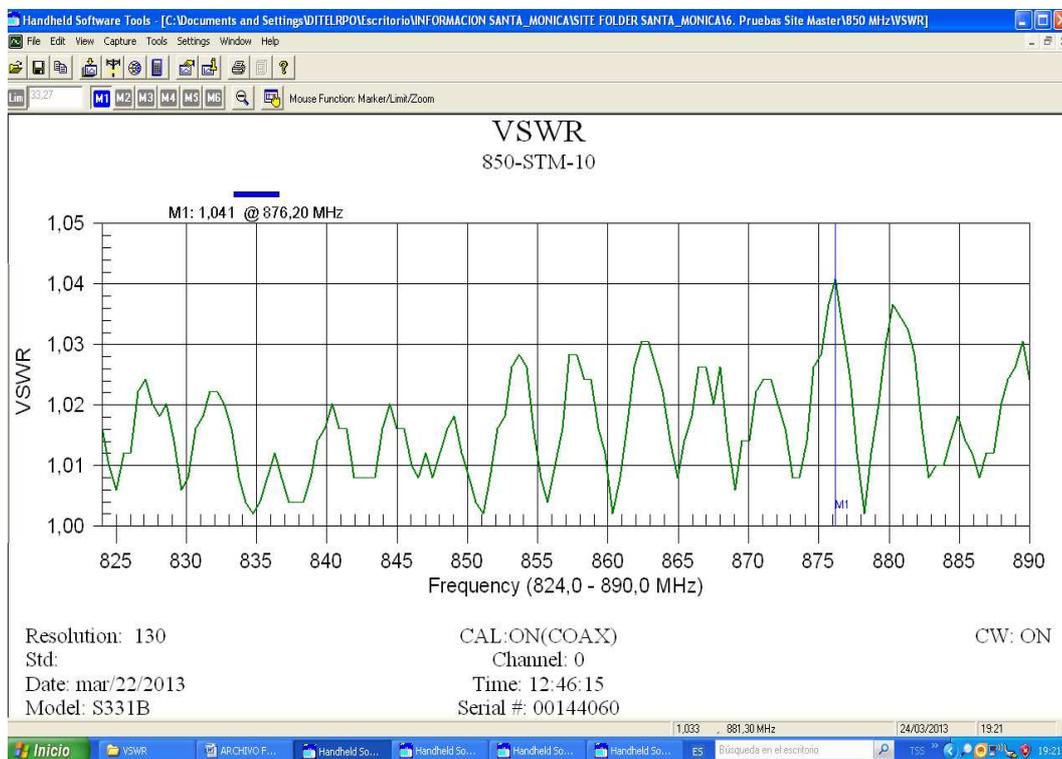


Figura 4.11 Medición De VSWR Sin Carga

○ Medición de VSWR con carga

Esta medición se realiza integrando a la línea de transmisión la antena que va a esparcir la radiación en la estación, el resultado de esta medida debe ser menor o igual a 1.3, si esta medida no fuera lograda se deberá realizar una medición de VSWR directamente a la antena, esta medición debe ser menor o igual a 1.1, si es que la medida fuese mayor se debe reportar la misma como defectuosa solicitando una nueva, para realizar de nuevo este proceso para así tener la línea de transmisión dentro de los parámetros solicitados por la operadora.

En la figura 4.12 se indica la medición de VSWR con la antena de irradiación, esta medición es realizada en la línea de transmisión del primer sector en la frecuencia de 850 MHz.

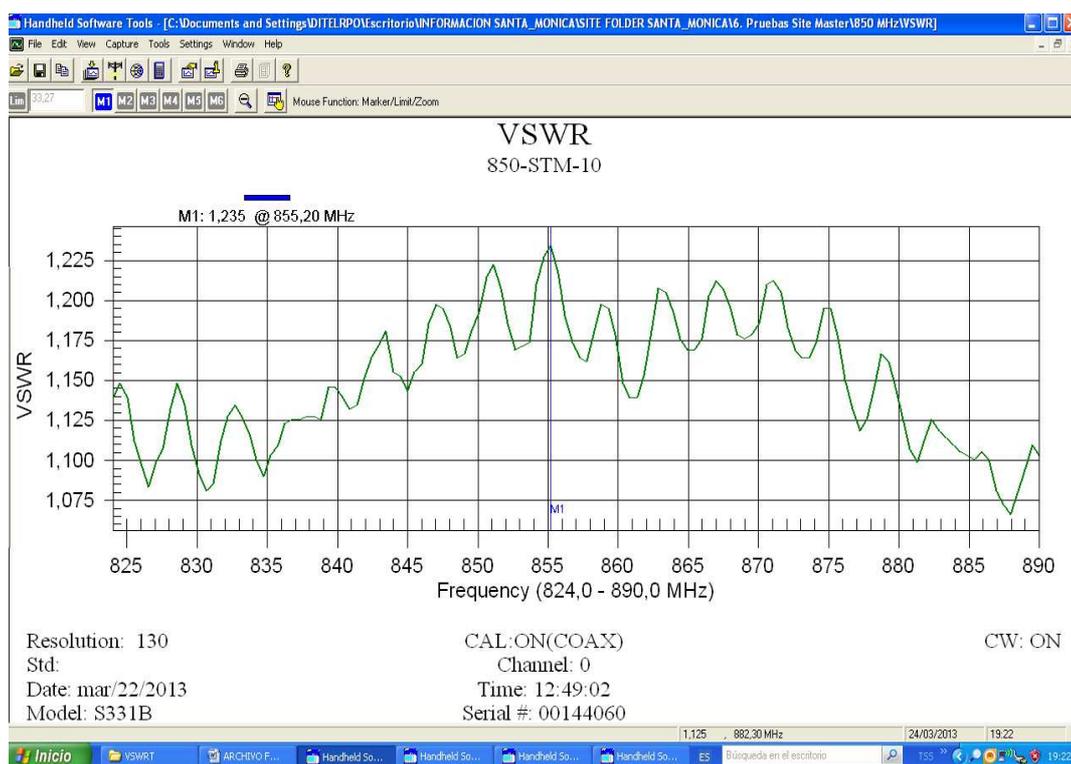


Figura 4.12 Medición de VSWR con Carga

4.2.2 PRUEBAS DE DTF (*DISTANCE TO FAULT*)

Al ser un parámetro de calidad en líneas de transmisión, se identifica la distancia en la que existe la mayor pérdida en la misma, con esto se determina si los

conectores están bien realizados o si existe un golpe o curvatura muy pronunciada que degrade el feeder, esta prueba se realiza previamente a la entrega del sistema radiante, para con esto asegurarse de no tener ningún problema en la línea de transmisión.

En la figura 4.13 se indica que la máxima atenuación en la línea de transmisión se presenta a los 29.30 metros, con un valor de 1.016.

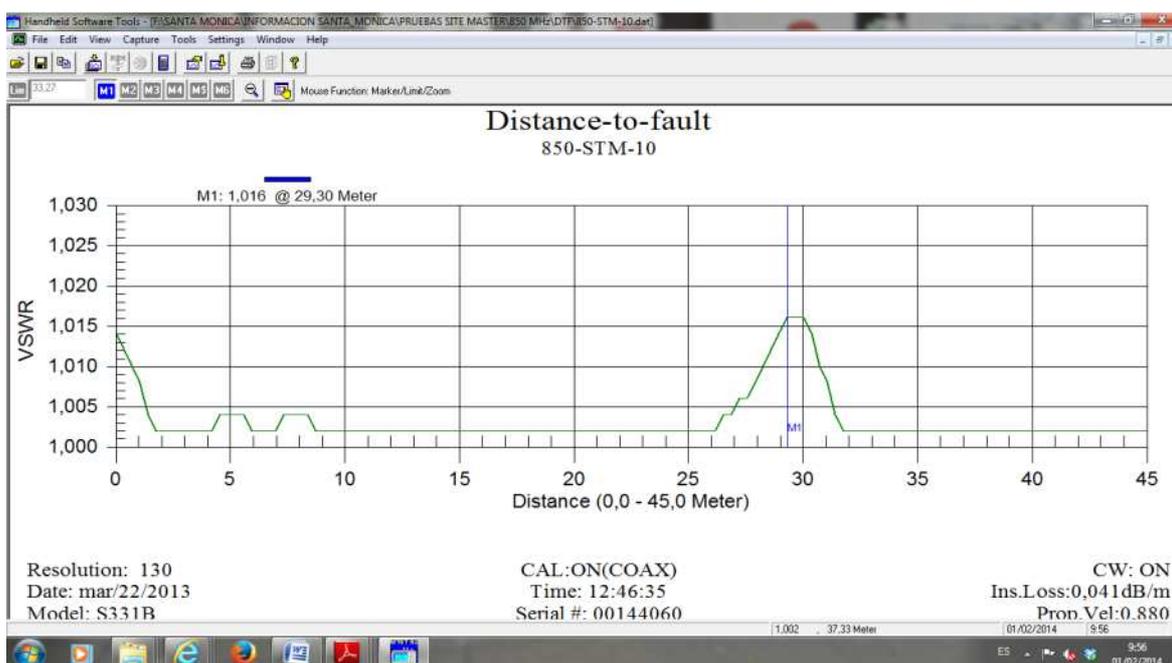


Figura 4.13 Medición de DTF

4.2.3 CABLE LOSS O INSERTION LOSS (PÉRDIDAS DE INSERCIÓN)

Como se indico en el capítulo anterior, la referencia para validar los resultados de esta prueba se fundamenta en las tablas proporcionadas por el fabricante del feeder, está tabla relaciona la distancia del feeder y la frecuencia en la que trabajan los mismos.

La longitud del feeder es de 30 metros con lo cual los valores a obtener deberían ser menores a:

- Para 850MHz ≤ 1.15 [17]
- Para 1900 MHz ≤ 1.79 [17]

En la figura 4.14 (a) se indica la medición de “Cable Loss” para el primer sector en la frecuencia de 850MHz, mientras que en la figura 4.14 (b) se encuentra la medición de “Cable Loss” para el primer sector en la frecuencia de 1900MHz.

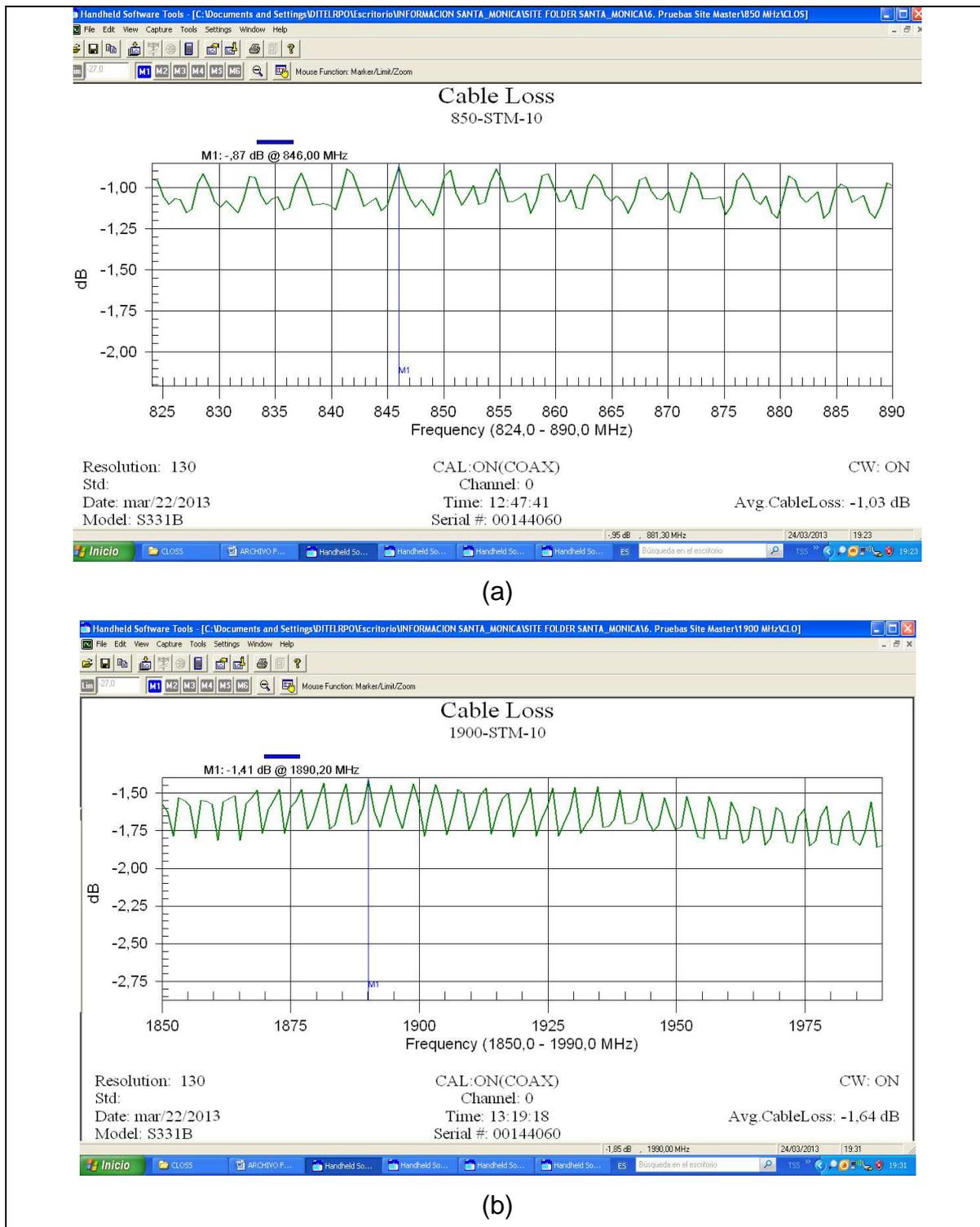


FIGURA 4.14 (a) Medición de CABLE LOSS 850MHz, (b) Medición de CABLE LOSS 1900 MHz

4.2.4 REVISIÓN FÍSICA DE SISTEMA RADIANTE

El fiscalizador revisa el anclaje de los Rack que conforman la BTS, los vulcanizados de las interconexiones a la barra de tierra del feeder, los mismos deben estar realizados a la salida del RACK, a la entrada de la infraestructura y en la parte superior de la estructura todo esto dependerá de la distancia del feeder y de la altura de la estructura con lo cual variara el número de interconexiones a la barra de tierra. También se revisa los vulcanizados en las uniones entre el jumper y el feeder, en general la estética de la instalación.

En la figura 4.14 se indica el vulcanizado entre los jumper de la antena sectorial y el cable feeder que llega desde la BTS.



Figura 4.15 Vulcanizado en la unión Feeder – Jumper

4.2.5 PRUEBAS DE POTENCIA DE PORTADORA

Con un medidor de potencia se procede a monitorear cada salida de los DUAMCOS, la potencia irradiada por la BTS al feeder debe de estar de acuerdo a los valores establecidos por la empresa fabricante de equipos en este caso NSN.

Se bloquea lógicamente todos los TRX de cada DUAMCO, a excepción del que desea monitorear la potencia de irradiación, el valor referencial que se debe obtener se da por el tipo de combinador utilizado.

Para un combinador de: 2 a 2 la potencia oscila por los 44dBm. **[18]**

Para un combinador de: 4 a 2 la potencia oscila por los 41dBm. **[18]**

Para un combinador de: 8 a 2 la potencia oscila por los 38dBm. **[18]**

En la figura 4.16 se indica la medición de potencia obtenida con un atenuador de 30 dB, por lo cual la medida apreciada en el equipo de medición es de 11.23 dBm, lo cual está de acuerdo a los valores dados por el fabricante para un combinador 4:2, siendo la medida obtenida de 41.23 dBm en este TRX.

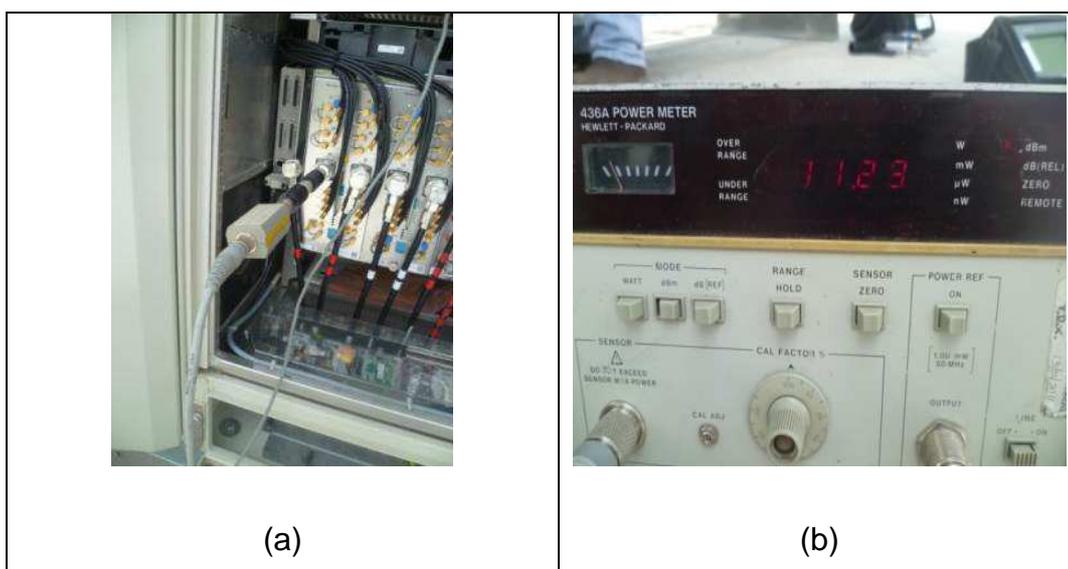


Figura 4.16 (a) Equipo de Medición de Potencia, (b) Valor De Potencia en uno de los TRX

4.2.6 PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD DE BTS

De acuerdo a lo analizado en el anterior capítulo las pruebas a realizar son las siguientes:

- **Funcionamiento de BTS únicamente con el sistema de respaldo**

La prueba aparenta un corte de energía AC, esta prueba es realizada para garantizar una correcta conexión del sistema de respaldo de la BTS, garantizando que la Radio base no salga de servicio durante los cortes de energía que se presentan en la red pública de energía.

- **Pruebas de integración automática de BTS a la BSC al quedarse ya sea sin transmisión o por falla de sistema de energía y respaldo**

Al existir un corte de energía AC, el cual dure un tiempo mayor al tiempo de respaldo que ofrecen las Baterías, o que exista un corte de fibra en la ruta de TRX, en cualquiera de las dos eventualidades la BTS va a quedar fuera de servicio con esto la misma regresara a fase II, el software de la BTS le permite conmutar automáticamente a fase III sin necesidad de una persona que reconfigure dicha estación al restablecerse la energía o la transmisión.

- **Pruebas en los canales de control y tráfico de la BTS**

El sistema de transmisión digital conocido como E1, está formado por 32 canales, con 8 ranuras de tiempo por cada canal de lo cual 30 canales son dedicados para tráfico de voz, datos y 2 canales para señalización y sincronismo, su tasa de transmisión es de 2048kbps.

Al poseer 32 canales cada E1, el establecimiento de la comunicación entre la BSC y la BTS se la realiza a través de la interfaz A-bis⁸¹, la cual está estructurada

⁸¹ **A-bis:** Interfaz utilizada en el sistema GSM de telefonía móvil que funciona a la velocidad de 2 Mbps, según la recomendación G.703 del ITU-T y a través del cual se comunican las estaciones transceptoras (BTS) con las estaciones controladoras (BSC).

dentro del E1, cada TRX está asociado a un ARFCN⁸²(Número absoluto de canal de radio frecuencia), que es un código que identifica a un par de portadoras del sistema de RF, una portadora en enlace de señal ascendente y otra en enlace de señal descendente.

En la figura 4.17 se indica la configuración del A-bis, la cual debe ser la misma tanto en la BTS como en la BSC para que establezca la comunicación entre ellos, siendo esta la siguiente:

Para 850 MHz se tiene una configuración 4+4+0.

Para 1900 MHz se tiene una configuración 4+4+0.

Esto está de acuerdo a la información técnica proporcionada por la operadora

0	1	2	3	4	5	6	7			
LINK MANAGEMENT										
1	TCH-1/1	TCH-1/2	TCH-1/3	TCH-1/4				BTS1 / TRX1		SECTOR X
2	TCH-1/5	TCH-1/6	TCH-1/7	TCH-1/8				BTS1 / TRX2		
3	TCH-2/1	TCH-2/2	TCH-2/3	TCH-2/4				BTS1 / TRX3		
4	TCH-2/5	TCH-2/6	TCH-2/7	TCH-2/8				BTS1 / TRX4		
5	TCH-3/1	TCH-3/2	TCH-3/3	TCH-3/4				BTS1 / TRX5		
6	TCH-3/5	TCH-3/6	TCH-3/7	TCH-3/8				BTS1 / TRX6		
7	TCH-4/1	TCH-4/2	TCH-4/3	TCH-4/4				BTS1 / TRX7		
8	TCH-4/5	TCH-4/6	TCH-4/7	TCH-4/8				BTS1 / TRX8		
9	TCH-5/1	TCH-5/2	TCH-5/3	TCH-5/4						SECTOR Y
10	TCH-5/5	TCH-5/6	TCH-5/7	TCH-5/8						
11	TCH-6/1	TCH-6/2	TCH-6/3	TCH-6/4						
12	TCH-6/5	TCH-6/6	TCH-6/7	TCH-6/8						
13	TCH-7/1	TCH-7/2	TCH-7/3	TCH-7/4						
14	TCH-7/5	TCH-7/6	TCH-7/7	TCH-7/8						
15	TCH-8/1	TCH-8/2	TCH-8/3	TCH-8/4						
16	TCH-8/5	TCH-8/6	TCH-8/7	TCH-8/8						
17										
18										
19	DYNAMIC ABIS POOL									
20	EDAP ID 1414; TRX:1,2,3,4,5,6,7,8									
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27		T 0581			T 0582					
28		T 0583			T 0584					
29		T 0585			T 0586					
30		T 0587			T 0588					
31		OMU058								

0	1	2	3	4	5	6	7			
LINK MANAGEMENT										
1	TCH-9/1	TCH-9/2	TCH-9/3	TCH-9/4				BTS1 / TRX9		SECTOR X
2	TCH-9/5	TCH-9/6	TCH-9/7	TCH-9/8				BTS1 / TRX10		
3	TCH-10/1	TCH-10/2	TCH-10/3	TCH-10/4				BTS1 / TRX11		
4	TCH-10/5	TCH-10/6	TCH-10/7	TCH-10/8				BTS1 / TRX12		
5	TCH-11/1	TCH-11/2	TCH-11/3	TCH-11/4				BTS1 / TRX13		
6	TCH-11/5	TCH-11/6	TCH-11/7	TCH-11/8				BTS1 / TRX14		
7	TCH-12/1	TCH-12/2	TCH-12/3	TCH-12/4				BTS1 / TRX15		
8	TCH-12/5	TCH-12/6	TCH-12/7	TCH-12/8				BTS1 / TRX16		
9	TCH-13/1	TCH-13/2	TCH-13/3	TCH-13/4						SECTOR Y
10	TCH-13/5	TCH-13/6	TCH-13/7	TCH-13/8						
11	TCH-14/1	TCH-14/2	TCH-14/3	TCH-14/4						
12	TCH-14/5	TCH-14/6	TCH-14/7	TCH-14/8						
13	TCH-15/1	TCH-15/2	TCH-15/3	TCH-15/4						
14	TCH-15/5	TCH-15/6	TCH-15/7	TCH-15/8						
15	TCH-16/1	TCH-16/2	TCH-16/3	TCH-16/4						
16	TCH-16/5	TCH-16/6	TCH-16/7	TCH-16/8						
17										
18										
19	DYNAMIC ABIS POOL									
20	EDAP ID 1415; TRX: 9,10,11,12,13,14,15,16									
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27		T 0589			T 058A					
28		T 058B			T 058C					
29		T 058D			T 058E					
30		T 058F			T 058G					
31										

Figura 4.17 Configuración de A-BIS

En referencia a la portadora de cada TRX se según los códigos establecidos por el sistema de numeración ARFCN se tendría:

⁸² **ARFCN**: sistema de numeración que identifica canales específicos de radio en un sistema de radio móvil celular

Para GSM 850 MHz el ARFCN va desde 128 al 251. **[18]**

Para GSM 1900 MHz el ARFCN va desde 512 al 810. **[18]**

Las portadoras para cada frecuencia se la determinan de la siguiente manera:

Para 850MHz

Enlace ascendente:

$$f_{UL} = 824,2 + 0,2(n - 128) \text{ [19]}$$

Donde n es el número de ARFCN que se le asigna a cada TRX.

Enlace descendente:

$$f_{DL} = f_{UL} + 45 \text{ [19]}$$

Para 1900MHz

Enlace ascendente:

$$f_{UL} = 1850,2 + 0,2(n - 512) \text{ [19]}$$

Donde n es el número de ARFCN que se le asigna a cada TRX.

Enlace descendente:

$$f_{DL} = f_{UL} + 80 \text{ [19]}$$

En la tabla 4.1 se indica los ARFCN obtenidos para la estación Santa Mónica a través del software "Field Test"⁸³ de Nokia, lo cual se logra con el bloqueo secuencial de cada TRX:

TRX	ARFCN 850 MHz	ARFCN 1900MHz
0	221	594
1	191	806
2	228	807
3	186	605
4	223	798
5	189	609
6	231	788
7	184	587

Tabla 4.1 ARFCN 850 MHz / ARFCN 1900 MHz ⁸⁴

o Pruebas de *HandOver*

Se denomina handover o traspaso (también handoff o transferencia) al sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente en una de las estaciones. Este mecanismo garantiza la realización del servicio cuando un móvil se traslada a lo largo de su zona de cobertura. [20]

Según la definición de *HandOver* se debe garantizar el traspaso de una celda a otra, para nuestro caso es el traspaso de un sector a otro, todo esto dentro de la misma área de cobertura, esto se monitorea a través del software *Field Test* con el cual nos desplazamos alrededor de la radio base y forzamos a través de este software que cambie para entre el primer y segundo sector, todo esto es verificado por personal de fiscalización.

⁸³ **Field Test** : Programa que poseen algunos dispositivos móviles, al ser el móvil un receptor / transmisor que "se comunica" con las Estaciones de Radio Base (BTS), a través de mensajería. Recibe y decodifica mensajes como El nivel de señal recibida, control de canales, las células vecinas, etc

⁸⁴ Fuente: <NSN, "ATMN BTS NSN", Revisión N°9.4, Proyecto Telefónica Ecuador,2013>

- **Pruebas de conmutación de tarjeta controladora**

Al obligar a conmutar la tarjeta controladora a su respaldo, se pierden todas las llamadas hasta que la tarjeta controladora de respaldo se sincronice, posteriormente se debe realizar una llamada de prueba para verificar que la tarjeta controladora de respaldo ofrece el soporte necesario en un caso que fallara la tarjeta principal.

Fiscalizado tanto el sistema de transmisión como el sistema radiante y con todos los permisos por parte de la operadora ya autorizados, se procede a desbloquearla y ponerla en modo de prueba, esto da comienzo a las pruebas de optimización de la radio base.

4.3 VERIFICACIÓN DE NIVELES DE K.P.I, NIVELES EN CAMPO CERCANO Y ÁREA DE COBERTURA

Estas medidas son realizadas para optimizar los niveles de recepción, transmisión, interferencias entre las diferentes radio bases y celdas colindantes, por lo cual se realiza un “*Initial Tuning*” (ajustes de ubicación y de orientación de antenas) con el criterio de optimizar la nueva celda con respecto a la expectativa generada con la implementación de la misma.

La optimización la realiza la operadora a través de sus contratistas, los cuales realizan cambios en los parámetros de la red mediante las mediciones obtenidas en recorridos de prueba alrededor de la nueva BTS, de tal manera que el rendimiento mejore. También se puede realizar cambios con el fin de que los recursos sean mejor explotados.

4.3.1 INITIAL TUNING (AJUSTES DE PARÁMETROS)

El ajuste de parámetros “*Initial Tuning*” es un proceso que se realiza después de la implementación de la nueva estación celular, esto es para corregir parámetros

del proceso de Radio Planning, este proceso se lo realiza a través de un “*drive test*”⁸⁵ de las mismas características del mencionado en el capítulo II.

Dentro del estudio del proceso de “Initial Tuning” existen algunos parámetros que se deben considerar dentro de la red del operador. Estos nos ayudarán a comprender y analizar mejor, el estado de la red e identificar los posibles problemas que impiden el buen funcionamiento de la nueva Radio Base. Para esto, se debe comenzar con el estudio de los parámetros más significativos obtenidos en el “drive test” como son:

- Nivel de señal recibido por el móvil (*RXLEV SUB*)
- Distancia entre la BTS y el móvil (*Time Advance*)
- Nivel de calidad de la señal “FER” (*Frame Error Rate*)
- Identificación de celdas CELL ID
- Llamadas caídas dentro del sistema

En base a las estadísticas arrojadas en el drive test se realiza varios cambios tanto en la estación Santa Mónica, como en las estaciones colindantes.

Estos cambios son realizados con el fin de tener el mejor desempeño tanto de la nueva radio base, como de las estaciones vecinas. Los cambios son en hardware (parte física), modificando los Azimut y los tilt.

⁸⁵ **DRIVE TEST:** es una prueba que se realiza para determinar fallas de cobertura y desempeño de redes celulares GSM, UMTS, en zonas urbanas, rurales e incluso perimetral entre edificios

En la tabla 4.2 se indica los cambios que se deben realizar en la estación Santa Mónica y sus colindantes, en base a los resultados obtenidos en los recorridos de prueba.

Site_Name	Sector	CI	LATWGS84	LONWGS84	ALTURA	Tilt Mec	Tilt Elect 850	Tilt Elect 1900	AZIMUTH	*TRX 850	*TRX 1900	Modelo Antena	Combinador
SANTA_MONICA	TMO751:1	10751	-0,2825	-78,48752778	21	-3	5		310	4	0	DBXLH6565B-VTM	FDUAMCO 4:2
SANTA_MONICA	TMO751:2	11751	-0,2825	-78,48752778	21	-3	7		240	4	0	DBXLH6565B-VTM	FDUAMCO 4:2
SANTA_MONICA	TMO751:4	13751	-0,2825	-78,48752778	21	-3		5	310	0	4	DBXLH6565B-VTM	FDUAMCO 4:2
SANTA_MONICA	TMO751:5	14751	-0,2825	-78,48752778	21	-3		4	240	0	4	DBXLH6565B-VTM	FDUAMCO 4:2
CONOCOTO	CNC019:1	10019	-0,2676389	-78,48425	20,50	0	5		0	4	0	DBXLH9090B-VTM	
CONOCOTO	CNC019:2	11019	-0,2676389	-78,48425	19	4	10		155	5	0	DBXLH9090B-VTM	
CONOCOTO	CNC019:3	12019	-0,2676389	-78,48425	24,80	-2	7		265	4	0	DBXLH9090B-VTM	
CONOCOTO	CNC019:4	13019	-0,2676389	-78,48425	20,50	0		0	0	0	4	DBXLH9090B-VTM	
CONOCOTO	CNC019:5	14019	-0,2676389	-78,48425	19	4		7	155	0	6	DBXLH9090B-VTM	
CONOCOTO	CNC019:6	15019	-0,2676389	-78,48425	24,80	-2		2	265	0	4	DBXLH9090B-VTM	
CONOCOTO_CENTRO	CNT308:1	10308	-0,2898889	-78,47713889	24,2	0	6		350	4	0	742265	
CONOCOTO_CENTRO	CNT308:2	11308	-0,2898889	-78,47713889	24,2	0	3		148	4	0	DBXLH9090B-VTM	
CONOCOTO_CENTRO	CNT308:3	12308	-0,2898889	-78,47713889	24,2	-1	3		270	4	0	DBXLH9090B-VTM	
CONOCOTO_CENTRO	CNT308:4	13308	-0,2898889	-78,47713889	24,2	0		5	350	0	4	742265	
CONOCOTO_CENTRO	CNT308:5	14308	-0,2898889	-78,47713889	24,2	0		4	148	0	4	DBXLH9090B-VTM	
CONOCOTO_CENTRO	CNT308:6	15308	-0,2898889	-78,47713889	24,2	-1		4	270	0	4	DBXLH9090B-VTM	
CONOCOTO_SUR	COU282:1	10282	-0,2982778	-78,48086111	36	0	0		315	4	0	C-BXD-65606580-M	
CONOCOTO_SUR	COU282:2	11282	-0,2982778	-78,48086111	36	0	4		60	4	0	C-BXD-65606580-M	
CONOCOTO_SUR	COU282:3	12282	-0,2982778	-78,48086111	36	0	4		225	3	0	C-BXD-65606580-M	
CONOCOTO_SUR	COU282:4	13282	-0,2982778	-78,48086111	36	0		0	315	0	6	C-BXD-65606580-M	
CONOCOTO_SUR	COU282:5	14282	-0,2982778	-78,48086111	36	0		0	60	0	4	C-BXD-65606580-M	
CONOCOTO_SUR	COU282:6	15282	-0,2982778	-78,48086111	36	0		0	225	0	4	C-BXD-65606580-M	
PUENTE_8	PU0727:4	13727	-0,2809167	-78,47063889	13	0	0	3	5	0	4	DBXLH6565B-VTM	
PUENTE_8	PU0727:5	14727	-0,2809167	-78,47063889	13	0	0	4	85	0	4	DBXLH6565B-VTM	
PUENTE_8	PU0727:6	15727	-0,2809167	-78,47063889	13	-3	0	2	295	0	4	DBXLH6565B-VTM	
SIMON_BOLIVAR_4	SIB521:1	10521	-0,2715278	-78,508	9,30	0	N/A		0	4	0	80010302	
SIMON_BOLIVAR_4	SIB521:3	12521	-0,2715278	-78,508	9,20	0	N/A		240	4	0	742266	

Tabla 4.2 Configuración de la Estación Santa Mónica y los sitios colindantes de Influencia⁸⁶

En base a la información de la tabla 4.2 se obtiene los siguientes resultados los cuales se indican en la tabla 4.3 y que corresponde a la Estación de Santa Mónica.

Parámetro	Sector X – 850 MHz		Sector y – 850 MHz		Sector X – 1900 MHz		Sector X – 1900 MHz	
	Planing	I.Tuning	Planing	I.Tuning	Planing	I.Tuning	Planing	I.Tuning
Tilt Eléctrico	0°	5°	0°	7°	3°	5°	2°	4°
Azimut	310°	310°	250°	310°	250°	240°	250°	240°
Tilt mecánico	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3

Tabla 4.3 Resumen de cambios realizados

En base a los resultados finales, se modificó el tilt Eléctrico y el azimut de la estación Santa Mónica, la primera modificación a razón de aumentar el largo del lóbulo de radiación en los 2 sectores, mientras el segundo cambio para reorientar

⁸⁶ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

el objetivo de cobertura, con estos cambios más los realizados en las celdas colindantes se tienen los siguientes niveles de recepción. [21]

En la figura 4.18 se indica los lóbulos de radiación de la radio base Santa Mónica y los niveles de potencia de la misma a sus alrededores

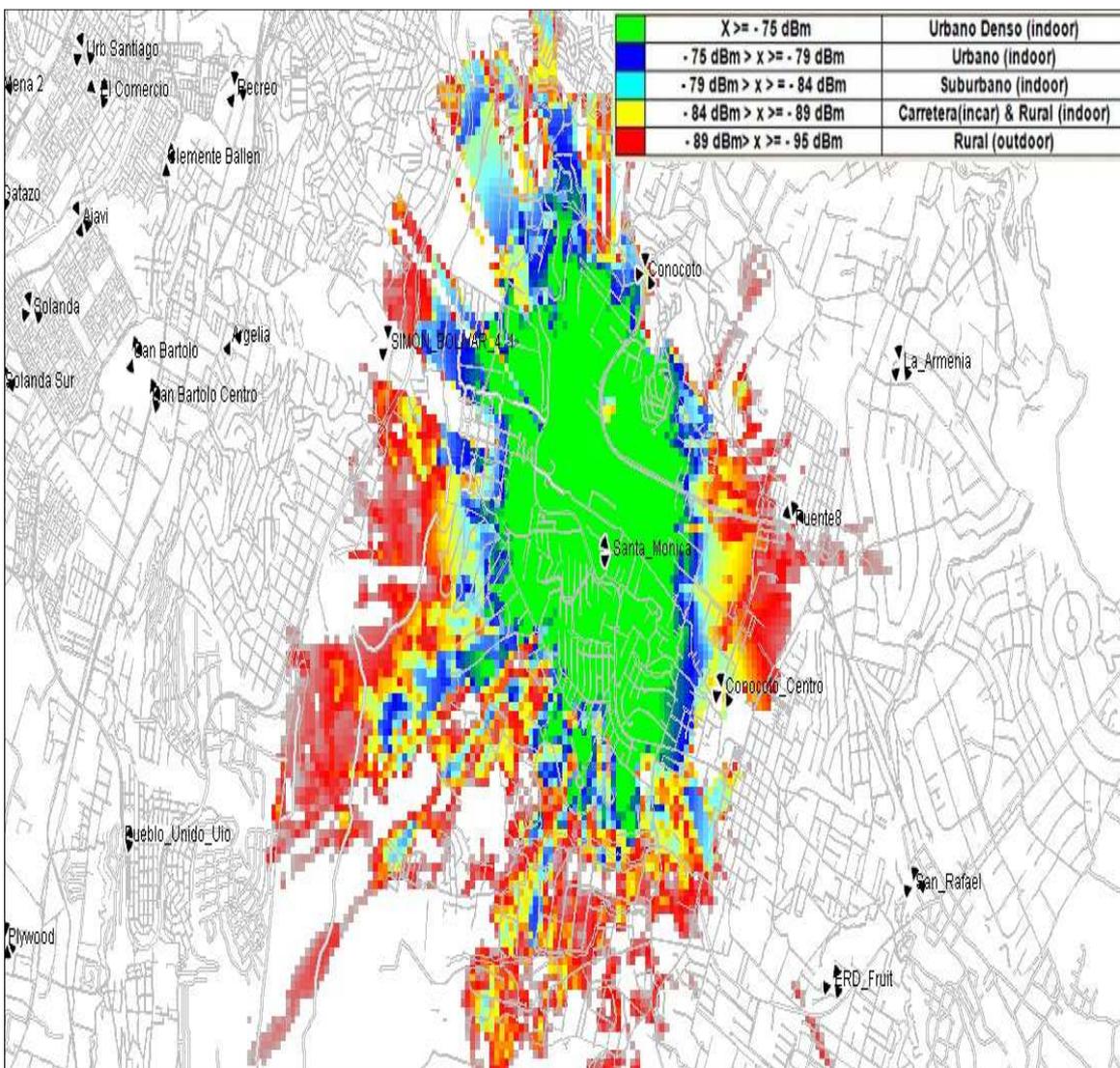


Figura 4.18 Mapa de Cobertura de la Estación Santa Mónica⁸⁷

⁸⁷ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

En la figura 4.19 se indica el nuevo mapa de cobertura logrado para la zona geográfica con la inserción de la nueva radio base de Santa Mónica

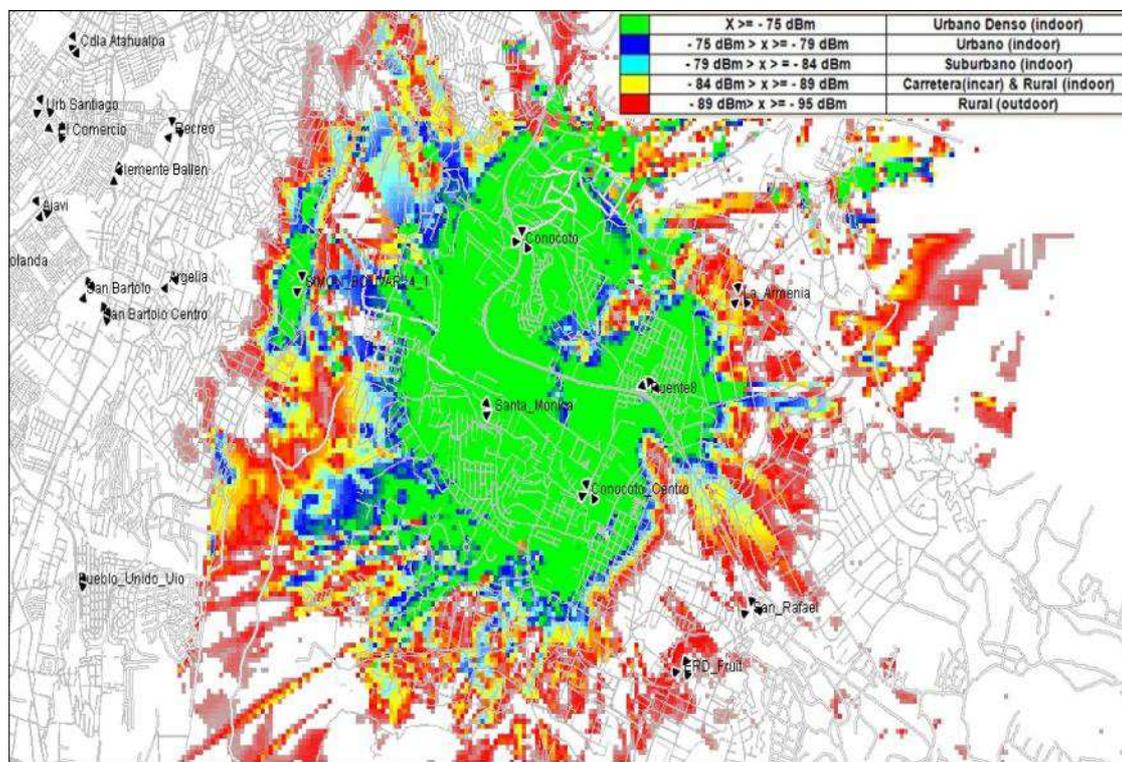


Figura 4.19 Mapa de Cobertura con Estaciones Vecinas⁸⁸

De acuerdo a la optimización de parámetros realizados en la estación Santa Mónica y sus colindantes se obtiene los siguientes patrones de irradiación que son verificados a través de los respectivos recorridos de pruebas.

4.3.2 NIVEL DE SEÑAL RECIBIDO POR EL MÓVIL “RXLEV SUB”

Es un parámetro muy importante en la red, es la calidad de señal recibida por el móvil “RXLEV SUB”. Un bajo nivel de señal “RXLEV SUB” en la red, es causante de provocar llamadas caídas en el sistema y por lo tanto inducirá a una menor calidad del nivel de señal. [22]

⁸⁸ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

En la figura 4.20 se indica los niveles de señal obtenidos en los recorridos de prueba en la frecuencia de 850 MHz.

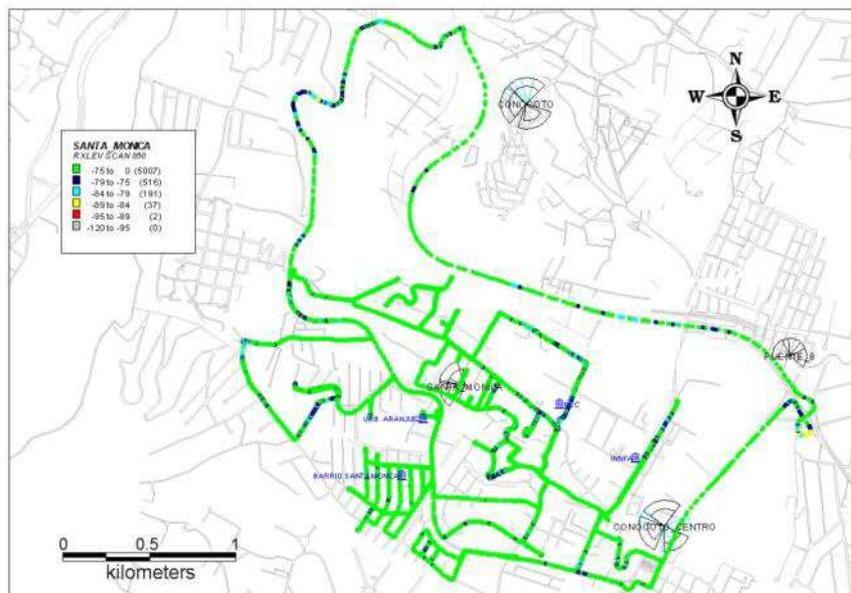


Figura 4.20 Niveles de señal obtenidos por el escáner Best Server para 850 MHz⁸⁹

En la figura 4.20 se indica los niveles de señal obtenidos en los recorridos de prueba en la frecuencia de 850 MHz.

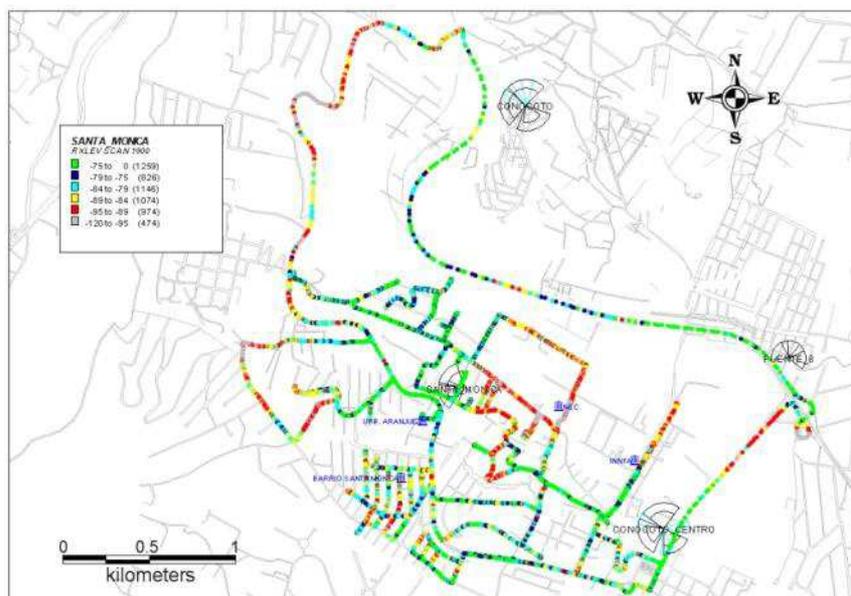


Figura 4.21 Niveles de señal obtenidos por el escáner Best Server para 1900 MHz⁷⁸

⁸⁹ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

En base a las mediciones obtenidas en campo por el “*Scanner Best Server*”⁹⁰ se puede ver claramente, que zona de cobertura asignada a la nueva estación de Santa Mónica está dentro de lo establecido, como se observa la mayoría de las mediciones en la ruta se tiene un nivel -75dBm que es un valor óptimo para un tipo de escenario Urbano Denso.

4.3.3 DISTANCIA ENTRE LA BTS Y EL MÓVIL (*TIME ADVANCE*)

El “*Time Advance*” es el tiempo, entre el BTS y el móvil, en que se demora una trama en ir y volver. Este parámetro solo puede ser medido cuando el móvil esta encendido y efectuando en llamada, no cuando el móvil se encuentra apagado. El “*Time Advance*” es una medida de voz. [22]

En la figura 4.22 se indica la mediciones de *Time Advance* en una llamada realizada en el recorrido por un tiempo mayor a los 90 segundos

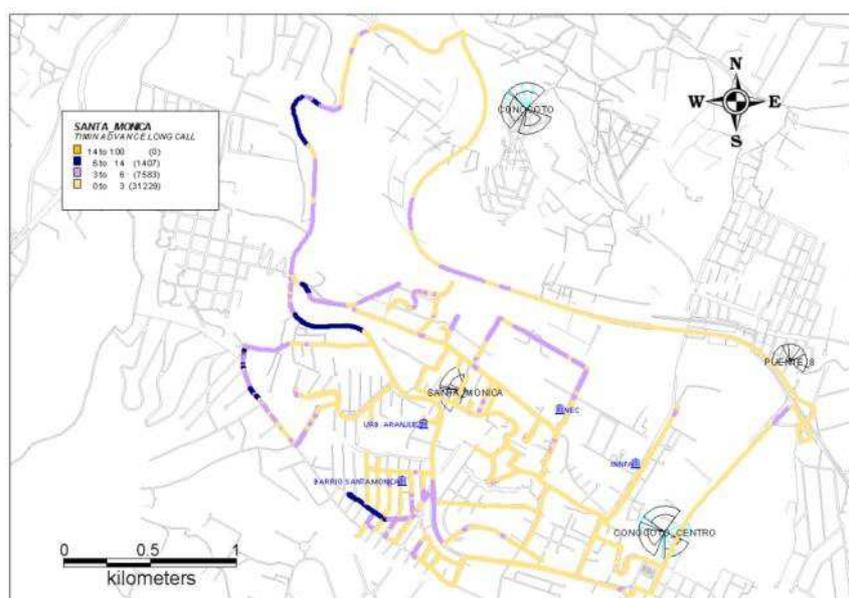


Figura 4.22 Distribución de Timing Advance llamada larga⁹¹

⁹⁰ **SCANNER BEST SERVER:** Dispositivo utilizado para medir los campos de radiación en los recorridos de prueba alrededor de la radio base

⁹¹ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

En la figura 4.23 se indica las mediciones de “*Time Advance*” en una llamada realizada en el recorrido por un tiempo menor a los 90 segundos.

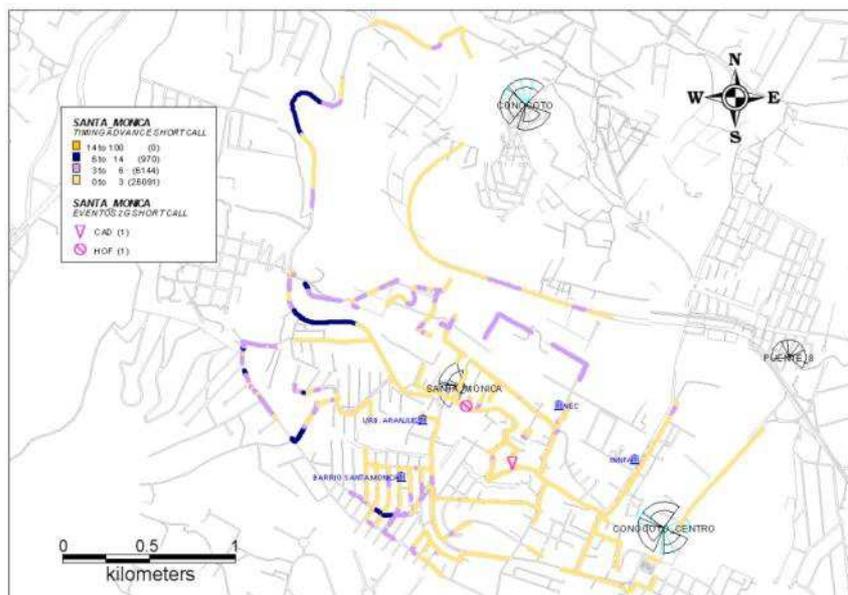


Figura 4.23 Distribución de Timing Advance llamada Corta⁹²

Los valores referenciales para establecer unos buenos parámetros de calidad son:

- 0 – 4% calidad de señal Muy Buena [22]
- 4 – 6 % calidad de señal Buena [22]
- 6 – 10 % calidad de señal Mala [22]
- 10 – 100 % la calidad de señal No sirve[22]

4.3.4 NIVEL DE CALIDAD DE LA SEÑAL “FER” (FRAME ERROR RATE)

El “FER” (*Frame Error Rate*) es el nivel de calidad de señal que percibe o refleja el usuario. Este indicador se lo mide en porcentaje. Los valores con los cuales se trabaja para el estudio del nivel de calidad de la señal los mismos vistos para el “*Time Advance*” [22]

⁹² Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

En la figura 4.24 se indica las mediciones de “FER” en una llamada realizada en el recorrido por un tiempo mayor a los 90 segundos.

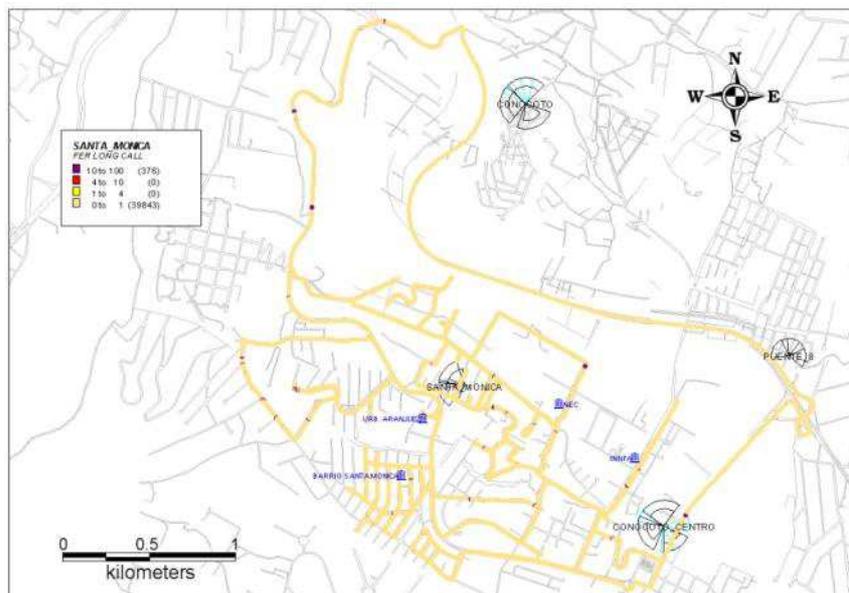


Figura 4.24 Distribución del FER llamada larga⁹³

En la figura 4.25 se indica las mediciones de “FER” en una llamada realizada en el recorrido por un tiempo menor a los 90 segundos.

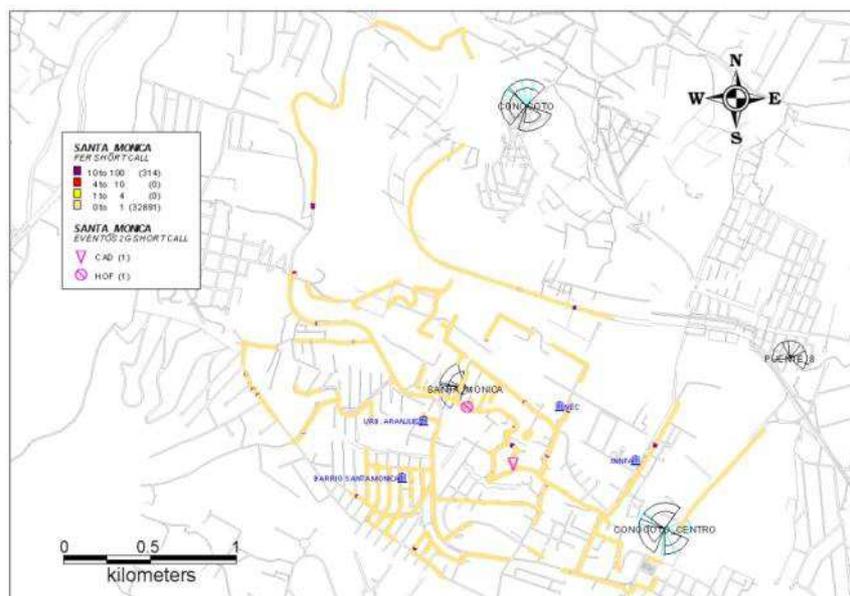


Figura 4.25 Distribución del FER llamada corta⁸⁹

⁹³ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

La medición para que este parámetro se considere óptimo, debe ser un valor de FER menor al 2%, en la figuras indicadas de esta mediciones se observa que se cumple en todo el trayecto esta medida.

4.3.5 IDENTIFICACIÓN DE CELDAS CELL ID

El “CELL ID” es la identificación de las celdas servidoras asignadas a los sectores de una estación base. Cada celda se encuentra representada por un color, ayudándonos así, a verificar que celdas son las asignadas e identificar si existen interferencias entre celdas vecinas. [22]

En la figura 4.26 se indica las mediciones de “CELL ID” en una llamada realizada en el recorrido por un tiempo mayor a los 90 segundos.

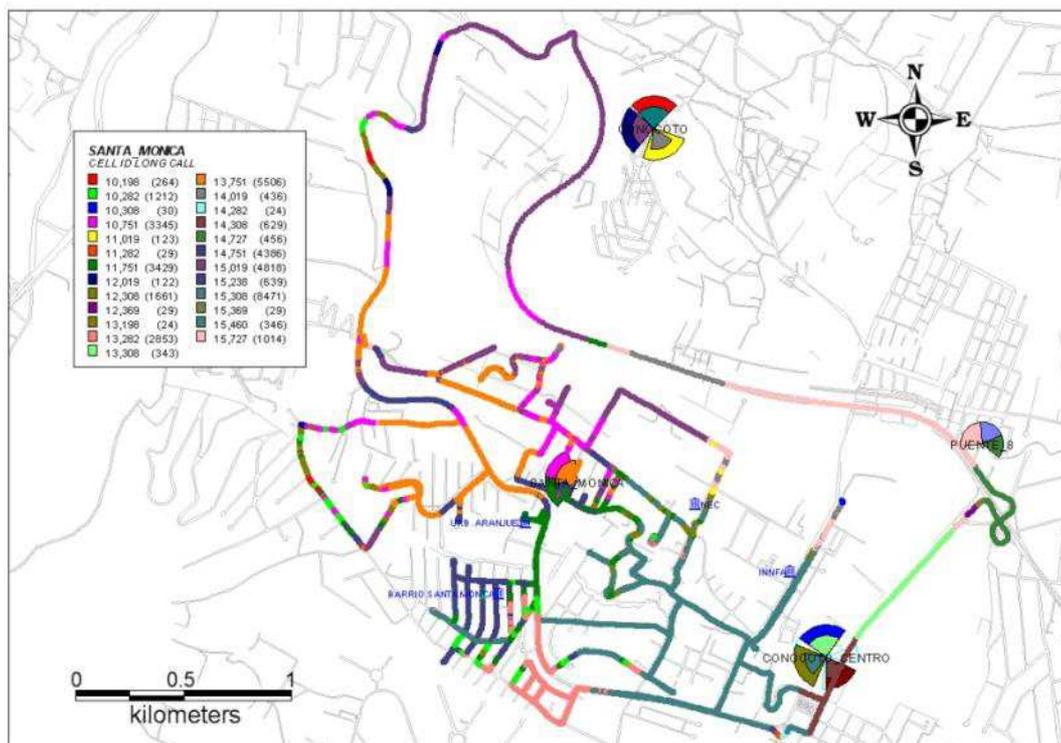


Figura 4.26 Distribución de CELL ID llamada larga⁹⁴

⁹⁴ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

En la figura 4.27 se indica las mediciones de “CELL ID” en una llamada realizada en el recorrido por un tiempo menor a los 90 segundos.

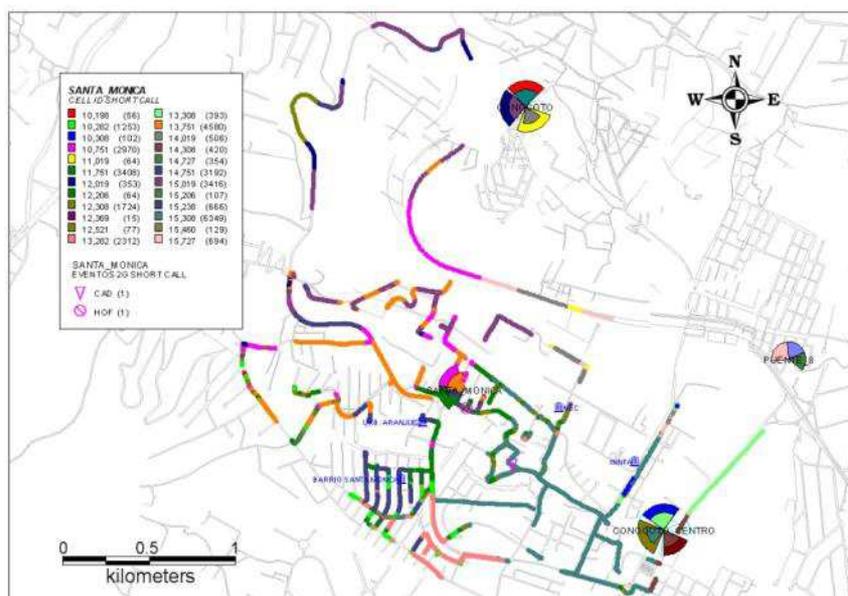


Figura 4.27 Distribución de CELL ID llamada corta⁹⁵

Los resultados de estas mediciones indican con diferentes colores las celdas que conforman el clúster al cual se está integrando la Radio Base de Santa Mónica.

4.3.6 LLAMADAS CAÍDAS DENTRO DEL SISTEMA

La estación móvil “MS” puede decodificar el mensaje del Canal de Control Asociado Lento “SACCH”⁹⁶ (*Slow Alone Dedicated Control Channel*) correctamente hasta el máximo del tiempo muerto de enlace de radio “RLT” (*Radio Link Timeout*), pero cuando el nivel de calidad de señal “FER” no es bueno

⁹⁵Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

⁹⁶ **SACCH:** En el sistema GSM de telefonía móvil, es un canal que se asocia a un canal de tráfico o a un canal de control aislado y dedicado. Es un canal continuo de datos que transporta informaciones tales como: los informes de la potencia de la señal recibida en la estación móvil, procedente de la celda en que se encuentra y de las adyacentes, etc. También es necesario para la función de transferencia de llamadas, el control de la potencia de la estación móvil y para la alineación temporal.

y la estación móvil “MS” no puede decodificar el mensaje del canal dedicado lentamente asociado “SACCH”, el “RLT” comienza a decrecer hasta llegar a cero. En este momento una causa de llamada caída “*Drop Call*” ocurre. [22]

En la tabla 4.4 se indica un resumen de los eventos presentados en los recorridos de pruebas, tales como accesos fallidos, llamadas establecidas, solicitudes de “*Handover*”, etc.

Indicador Drive Test	Llamada Larga	Llamada Corta	Global
Muestras menor a 1%	39.843	32.891	72.734
Total de muestras	40.219	33.205	73.424
FER DL (% FER<1%)	99,07%	99,05%	99,06%
Solicitudes de Acceso	1	57	58
Accesos Fallidos	0	0	0
Accesos Fallidos zona de exclusión	0	0	0
% Acceso Fallido (% A.F<3%)	0,00%	0,00%	0,00%
Llamadas Establecidas	1	57	58
Llamadas Caídas	0	0	0
Llamadas Caídas zona de exclusión	0	1	1
% Llamadas Caídas (% L.C<3%)	0,00%	0,00%	0,00%
Solicitudes de Handover	383	323	706
Handover Completados	383	322	705
Handover fallidos zona de exclusión	0	0	0
% Handovers Exitosos (% H.O<10%)	100,00%	99,69%	99,98%

Tabla 4.4 Resumen de Estadísticas de Drive Test⁹⁷

De los valores obtenidos y tabulados en la tabla anterior, se observa que los resultados están de acuerdo a los parámetros establecidos por los organismos de regularización Ecuatorianos los cuales quedaron establecidos en el primer capítulo.

4.3.7 VERIFICACIÓN DE NIVELES DE K.P.I

Los **KPI** (*Key Performance Indicators* o *Indicadores Clave de Desempeño*) miden el nivel del desempeño de un proceso determinado, enfocándose en el “cómo” e

⁹⁷ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

indicando que tan efectivos son los procesos, de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado.

Todo esto se realiza para obtener un balance entre capacidad, calidad y cobertura tanto en la nueva radio base como en las radio bases colindantes, con lo cual luego del proceso de *Initial Tuning* se obtiene los siguientes indicadores de desempeño.

- EFICIENCIA DROP CALL
- EFICIENCIA TCH DROP
- TRÁFICO
- KPIS

En la tabla 4.5 se indica los niveles de eficiencia de “*DROP CALL*” para la estación Santa Mónica.

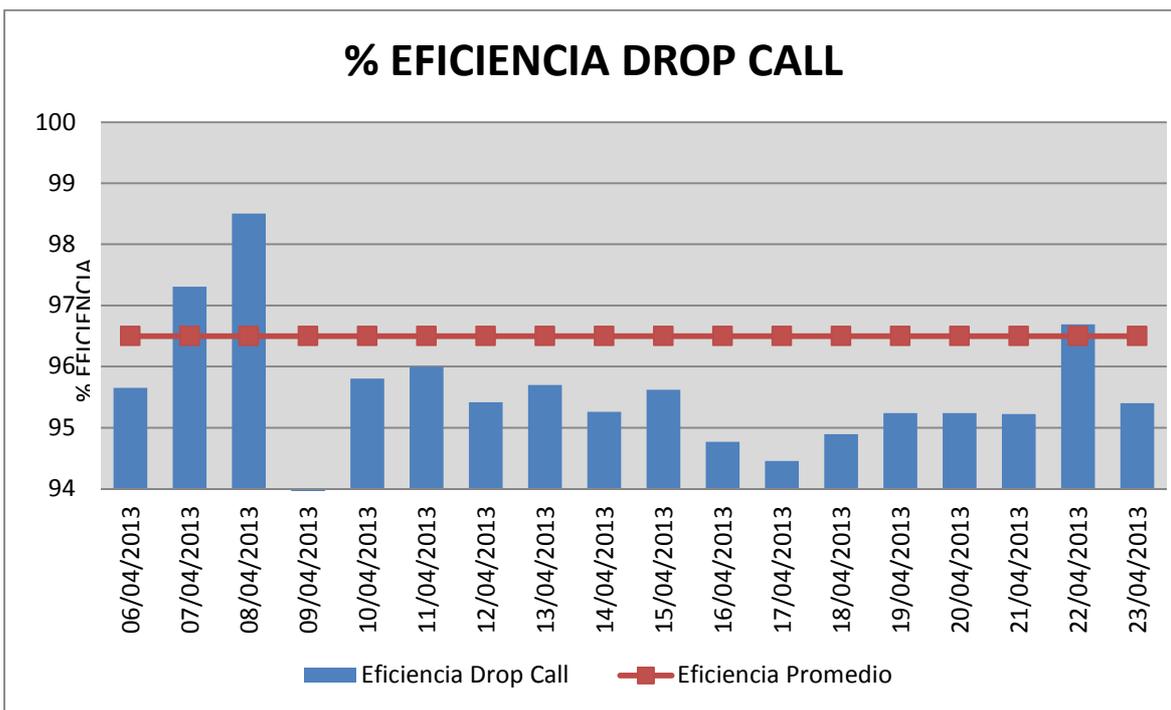


Tabla 4.5 Estadísticas de Eficiencia DROP CALL⁹⁸

⁹⁸ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

En la tabla 4.6 se indica los niveles de eficiencia “TCH DROP” para la estación Santa Mónica.

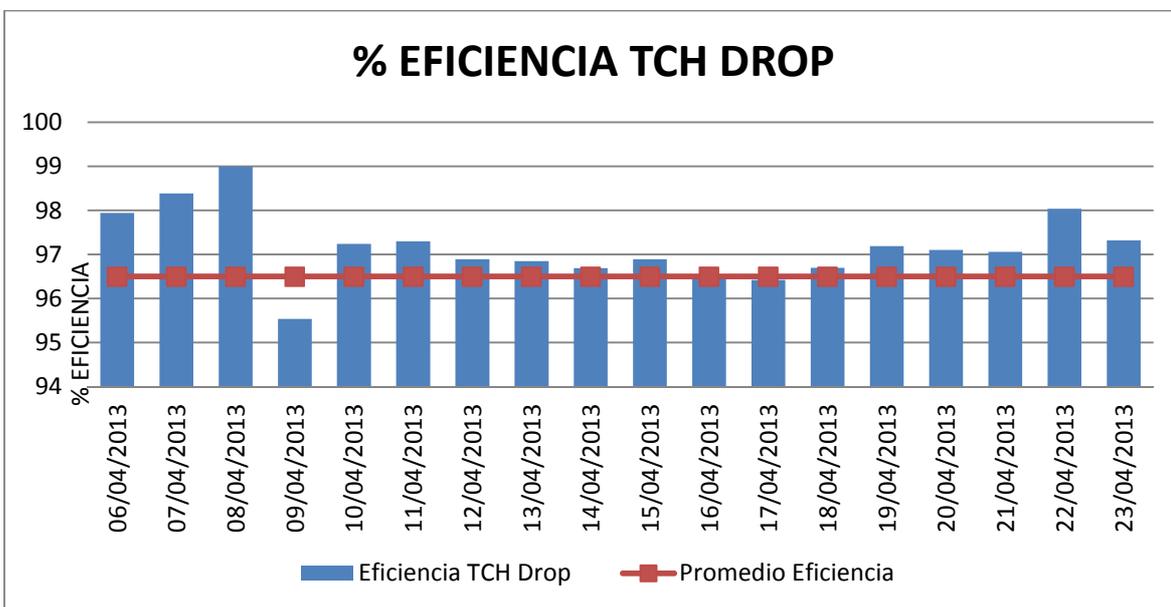


Tabla 4.6 Estadísticas de Eficiencia TCH DROP⁹⁹

En la tabla 4.6 se indica los niveles de “TRÁFICO” para la estación Santa Mónica.

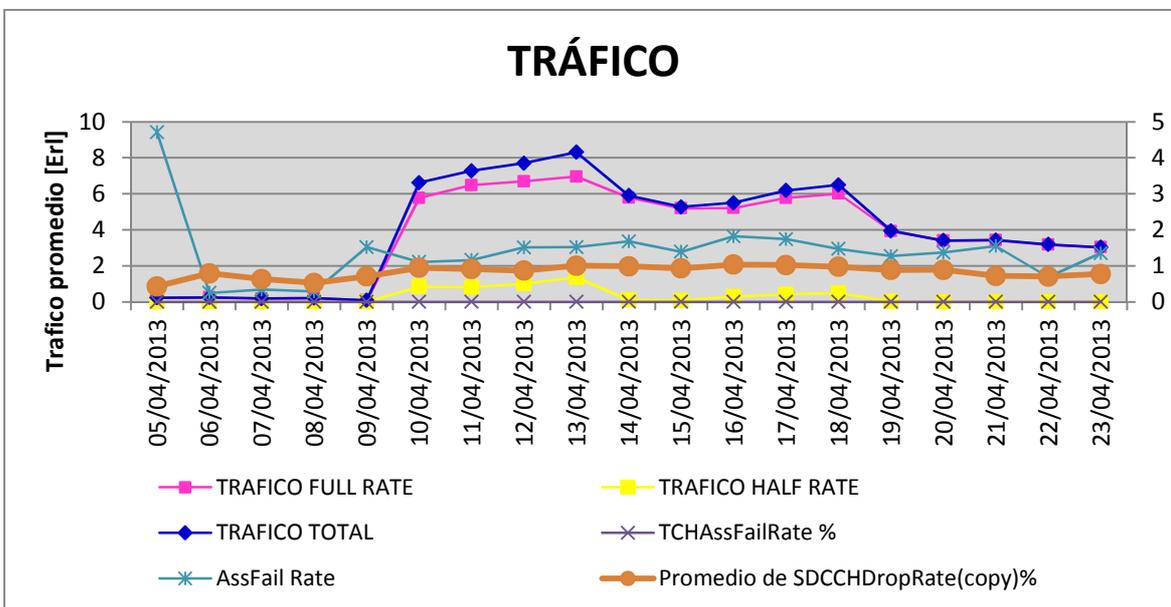


Tabla 4.7 Estadísticas de Tráfico⁹⁹

⁹⁹ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

En la tabla 4.8 se indica los niveles de “KPIs” para la estación Santa Mónica, donde se presentan estadísticas como el tráfico promedio cursado en la estación durante los días de recorridos de prueba.

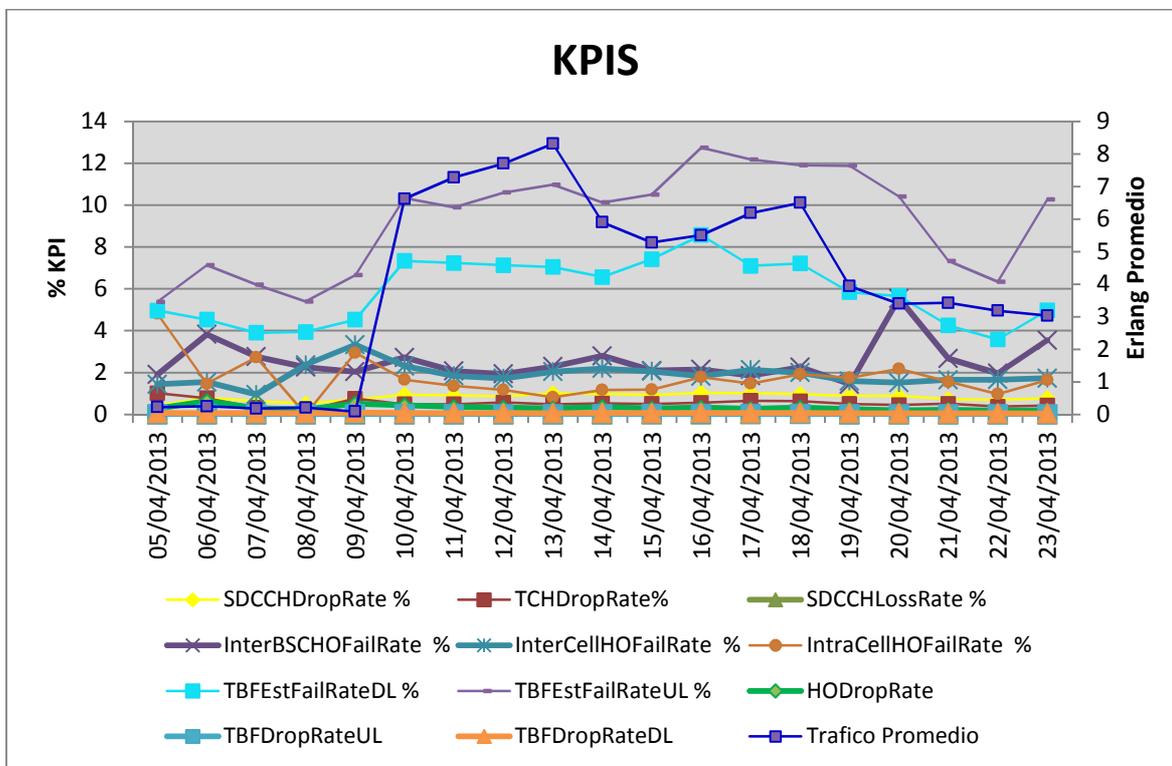


Tabla 4.8 Estadísticas de KPIs¹⁰⁰

Los resultados obtenidos en las tablas anteriores, muestra que luego de la optimización se mejoro los umbrales de calidad, disponibilidad dentro de la nueva celda con lo cual se logra llegar a los estándares establecidos para niveles de VOZ.

¹⁰⁰ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>to Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013.

En la tabla 4.9 se indica los umbrales para el servicio de voz que se deben alcanzar en la estación Santa Mónica luego de los recorridos de prueba y el posterior ajuste de parámetros deberían ser:

KPI	Urbano	Suburbano	Rural
TCH Drop Rate	≤2%	≤3%	≤5%
SDCCH Drop Rate	≤3%	≤3%	≤3%
IntraCellHOSuccessRate	≥96%	≥92%	≥90%
InterCellHOSuccessRate	≥94%	≥90%	≥80%
InterBSCHOSuccessRate	≥90%	≥85%	≥75%
Drop Handover Rate	≤2%	≤5%	≤7%
TCH Assignment Failure Rate	≤2%	≤2%	≤2%
SDCCH loss rate	≤1%	≤1%	≤1%
FE UL(% FER<1%)	≥90%	≥88%	≥85%
CSSuccRateBSS	≥97%	≥97%	≥97%
TCH Blocking	0%	0%	0%

Tabla 4.9 Umbrales de Servicio de Voz¹⁰¹

En la tabla 4.10 se indica los resultados tabulados de la estación Santa Mónica con los siguientes resultados:

KPI del sistema	TM0751:1 SUBURBANO	TM0751:2 SUBURBANO	TM0751:4 SUBURBANO	TM0751:5 SUBURBANO	Cumple / No cumple
TCH Drop Rate	0,45%	0,32%	0,30%	0,15%	Si cumplen todos
SDCCH Drop Rate	0,89%	2,08%	0,32%	0,26%	Si cumplen todos
IntraCellHOSuccessRate	97,82%	99,34%	99,10%	99,50%	Si cumplen todos
InterCellHOSuccessRate	98,48%	97,82%	99,16%	98,62%	Si cumplen todos
InterBSCHOSuccessRate	94,46%	90,67%	89,47%	96,67%	Si cumplen todos
Drop Handover Rate	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	Si cumplen todos
FER UL (% FER<1%)	97,80%	95,92%	98,96%	99,00%	Si cumplen todos
CSSuccRateBSS	97,54%	96,80%	99,50%	99,67%	Si cumple sector 1, 4 y 5
TCH Assignment failure Rate	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	Si cumplen todos
SDCCH Loss rate	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	Si cumplen todos
TBFDropRate UL	0,01%	0,02%	0,01%	0,02%	Si cumplen todos
TBFEstSuccRate UL	89,59%	89,41%	89,55%	90,60%	No cumple ningún sector
TBFDropRate DL	0,06%	0,07%	0,04%	0,06%	Si cumplen todos
TBFEstSuccRate DL	94,34%	93,34%	95,26%	93,21%	Si cumplen todos
TCH Blocking	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	Si cumplen todos

Tabla 4.10 KPIs Santa Mónica¹⁰¹

¹⁰¹ Fuente: <Documento de verificación de objetivos; Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013. (Confidencial)>

Realizada la optimización se compara los valores entre la tabla 4.9 y la tabla 4.10 de lo cual se verifica que los parámetros se cumplen a excepción de los KPI's de CSSuccRateBSS y TBFEstSuccRate UL se encuentran ligeramente fuera del umbral requerido pero que no generan ninguna degradación en la red [21].

De los parámetros que mejoraron luego de la optimización y que se refleja los resultados en estadísticas son:

- *Los porcentajes de muestras de “FER” son menores al 1% para llamada corta, larga y el global de ambas llamadas superan el 99% en todos los casos indicados. Por ende se cumple con el requerimiento de que el porcentaje de muestras de “FER” en enlace descendente sea menor al 1% y sean mayores al 88% como se indica en los casos de sitios suburbanos [21].*
- *La tasa de llamadas caídas no podrá estar por encima del 3% en todas las áreas de cobertura donde se garantiza servicio. Así en la tabla 4.4 se observa que para todos los casos, el porcentaje de Llamadas Caídas total es del 0% para las rutas de “drive test” [21].*
- *El porcentaje de “Handover” completados con éxito total fue del 99.98% en el global para las rutas de “drive test”, lo cual está de acuerdo a los umbrales establecidos [21].*

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de “Drive Test”, en base a las estadísticas indicadas en el proceso de optimización entregado por el contratista a la operadora, se verifica que se cumple con objetivos de diseño y con los umbrales de aceptación de una Radio Base GSM, por tal motivo el sitio está listo para pasar a modo comercial con lo cual se procederá a entregar la misma a la operadora, que a través del área de operación y mantenimiento estará encargado de la monitorización de la misma.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La implementación y diseño de nuevas Radio Bases debe regirse a los reglamentos establecidos por el estado Ecuatoriano para los servicios de Telecomunicaciones móviles.
- Las pruebas de interferencia en los sistemas de Microonda son primordiales debido a la gran cantidad de enlaces implementados por las operadoras, esto debido a que existe una pequeña cantidad de enlaces no autorizados o que se encuentran trabajando con frecuencias no canalizadas¹⁰², lo cual provoca intermitencias en los sistemas de transmisión y hasta que la Radio Base salga de cobertura.
- En el proceso para la implementación de una nueva Radio Base, intervienen varios proveedores, los cuales son especialistas en cada una de las áreas que comprenden el diseño y la implementación de la misma, estos deben dejar claro los objetivos a lograr en cada intervención que realizan para la nueva Radio Base, con lo cual al final del proyecto se logrará que la misma se ajuste a los parámetros requeridos por la operadora.
- El sistema de Radio frecuencia depende directamente de que exista la menor atenuación de las ondas electromagnéticas, esta atenuación se presenta comúnmente en las corridas de feeder, las cuales al no ser

¹⁰² **Frecuencias Canalizadas:** Rango de frecuencias establecidas por la SUPERTEL para enlaces punto – punto para sistemas de transmisión de sistemas móviles celulares

realizadas de acuerdo a los parámetros que exige el fabricante y con herramientas no apropiadas para este fin, sino que lo realizan artesanalmente, especialmente la realización de los conectores en los terminales del feeder y los sistemas de conexión a tierra, con lo cual al principio las líneas de transmisión(feeder) funcionan correctamente, pasan las pruebas pero que al final su vida útil no es dada por el fabricante, al contrario se degradan muy rápido, ya que no están hecho de acuerdo a lo estipulado por el fabricante, causando una vida corta de la corrida de feeder ya sea por la degradación del conector o por daños imperceptibles que sucedieron en el feeder en el momento de la realización de los respectivos conectores, tales como inserción de saliva al soplar para que se caigan las alimañas en el proceso de la realización de conectores.

- El sistema de puesta a tierra de una Radio Base, debe ser el establecido para equipos de Telecomunicaciones, garantizando una resistividad muy baja, que presente la menor oposición al paso de la corriente producidas descargas eléctricas o electrostáticas, esto debido a que la mayoría de tarjetas o módulos en los sistemas de telecomunicaciones son muy sensibles a cualquier tipo de descarga eléctrica o electrostática, así al tener un buen sistema de tierra no se reducirá la vida útil de los elementos electrónicos que conforman la Radio base en su parte de Transmisiones y Radio Frecuencia.
- Antes de la integración de la Radio Base a la red de la operadora es primordial realizar un proceso de optimización de la nueva celda y sus celdas colindantes, este proceso debe comenzar apenas se notifique por parte de fiscalización que la misma queda en modo de prueba, esto para tener los mejores resultados de la misma cuando entre en modo comercial, siempre garantizando el mejor desempeño y ajustándose a los parámetros que pide los organismo reguladores.
- Otro aspecto primordial de la optimización es que a través de esta se evita las interferencias co-canal con otras Radio Bases cercanas, con lo cual se

evita la degradación en la calidad de los servicios de voz en las estaciones que ya están en modo comercial.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para evitar interferencias en los sistemas de microonda especialmente en los sitios Nodales¹⁰³ es que la SUPERTEL lleve un control más exhaustivo de los enlaces que se encuentran operando a través de barridos de frecuencias regulares e inspecciones más regulares a estos sitios.
- En los sistemas de Transmisiones por microonda es primordial una buena validación de la Línea de vista, siempre con el criterio de encontrar el mejor colateral el cual garantice a nuestro nuevo enlace la mayor confiabilidad y desempeño, lo cual asegura una alta disponibilidad de la nueva Radio Base, ya sea que esta se implemente con tecnologías GSM, UMTS, HSPA+ o posteriormente LTE.
- La manipulación los módulos de Radio Frecuencia se los debe realizar con la respectiva manilla antiestática, ya que al producirse una descarga electrostática en cualquiera de estos módulos los degradara o hasta los dejará fuera de servicio.
- Tanto los equipos de RF como los de MW deben estar debidamente conectados al sistema de conexión a tierra de la Radio Base, para así evitar que se dañen por descargas eléctricas o cortocircuitos.
- Se recomienda que todas las pruebas en la parte de transmisiones o Radio Frecuencia, que validan la calidad de la instalación se las realice en presencia de los fiscalizadores, ya que estos garantizaran que las mismas se realicen de acuerdo a lo establecido y que las mismas no sean simuladas.

¹⁰³ Sitios Nodales: Denominadas así por las operadoras a las Radio Bases donde confluyen más de 10 enlaces de microonda, donde generalmente están ubicados los ADM

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

- [1] (2014) Sitio Web del Ministerios de Telecomunicaciones. [Online]. Disponible: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Reglamento-para-el-Servicio-de-Telefonia-Movil-Celular.pdf>; [Último acceso, Marzo de 2014]
- [2] (2014) Sitio Web del Ministerios de Telecomunicaciones. [Online]. Disponible: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/REGLAMENTO-GENERAL-A-LA-LEY-ESPECIAL-DE-TELECOMUNICACIONES1.pdf>; [Último acceso, Marzo de 2014]
- [3] (2014) Sitio Web del Ministerios de Telecomunicaciones. [Online]. Disponible: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Reglamento-de-Radiocomunicaciones.pdf>; [Último acceso, Marzo de 2014]
- [4] (2014) Sitio Web del Ministerios de Telecomunicaciones. [Online]. Disponible: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Reglamento-del-Servicio-Movil-Avanzado.pdf>; [Último acceso, Marzo de 2014]
- [5] (2014) Sitio Web del Ministerios de Telecomunicaciones. [Online]. Disponible: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Ley-Especial-de-Telecomunicaciones.pdf>; [Último acceso, Marzo de 2014]
- [6] (2014) Sitio Web del Ministerios de Telecomunicaciones. [Online]. Disponible: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Plan-Nacional-de-Frecuencias-a-todo-Servicio-de-Telecomunicacines.pdf>; [Último acceso, Marzo de 2014]

- [7] (2014) Sitio Web de la Superintendencia de Telecomunicaciones. [Online]. Disponible:
http://www.supertel.gob.ec/pdf/emisiones_noionizantes/reglamento_rni.pdf;
[Último acceso, Marzo de 2014]
- [8] (2014) Sitio Web de Ecured. [Online]. Disponible:
<http://www.ecured.cu/index.php/GSM>; [Último acceso, Marzo de 2014]
- [9] Documento de ingeniería estación Santa Mónica; Otecel S.A, Proyecto: Planeación de sitios, 2013 (Confidencial).
- [10] Siae Microelectrónica, “Documentación Técnica- Información de Transmisión”, Otecel S.A - Ecuador, Marzo de 2012 (Confidencial)
- [11] ALS - ALplus2, ALCplus2(MN.00224.E – 001), Volume 1/1, SIAE MICROELECTRONICA, 2012(Confidencial)
- [12] NSN, “Installing for BS24x”, Proyecto Telefónica Ecuador, Manuales de instalación equipos NSN, 2009(Confidencial)
- [13] (2014) Sitio Web telecomhall [Online]. Disponible:
<http://www.telecomhall.com/es/que-es-tilt-electrico-y-mecanico-de-la-antena-y-como-lo-usa.aspx>; [Último acceso, Marzo de 2014]
- [14] NSN, “Documento de comisionamiento e integración”, Proyecto Telefónica Ecuador, 2013(Confidencial)
- [15] (2013) Sitio Web de la ITU. [Online]. Disponible:
http://www.it.uc3m.es/~teldat/TeldatC/castellano/interfaces/Dm746v10-11_Interfaz_G703.PDF; [Último acceso, Marzo de 2014]

- [16] **(2013) Sitio Web de blogcomunicacionesmoviles. [Online]. Disponible:**
<http://blogcomunicacionesmoviles.blogspot.com/2012/11/vswr-voltage-standing-wave-ratio-y-dtf.html>; [Último acceso, Marzo de 2014]
- [17] **NSN, “ATMN ANTENA”,** Revisión N°9, Proyecto Telefónica Ecuador, 2013.
(Confidencial)
- [18] **NSN, “ATMN BTS NSN”,** Revisión N°9.4, Proyecto Telefónica Ecuador, 2013.(Confidencial)
- [19] **(2014) Sitio Web de wikipedia. [Online]. Disponible:**
http://en.wikipedia.org/wiki/Absolute_radio-frequency_channel_number; [Último acceso, Marzo de 2014]
- [20] **(2013) Sitio Web de wikipedia. [Online]. Disponible:**
<http://es.wikipedia.org/wiki/Handover>; [Último acceso, Marzo de 2014]
- [21] **Documento de verificación de objetivos;** Otecel S.A , Proyecto Initial Tuning – Rbs Santa Mónica, 2013 (Confidencial).
- [22] **Aguirre Lydy, “Planificación y diseño de la ampliación de cobertura de la red celular GSM y ajustes de parámetros (Initial Tuning) mediante un repetidor activo para la zona norte de la provincia de Napo para una empresa de telefonía celular”,** Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero en electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, Junio de 2010

ANEXOS

ANEXO 1

LISTA DE ACRÓNIMOS

AGW	American Wire Gauge
ARFCN	Absolute Radio-Frequency Channel Number
Auc	Authentication Center
BCCH	Broadcast Control Channel
BSC	Base Station Controller
BSS	Subsistema de Estación Base
BTS	Base Transceiver Station
CAN	Comunidad Andina de Naciones
CELL ID	Identificación de celdas
COAMCO	Combiner and Multicoupler Extension
COBA	Core Base
CONARTEL	Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión
CONATEL	Consejo Nacional de Telecomunicaciones.
COSA	Core Satellite
CU	Carrier Unit
DDF	Data Distribution Frame
DTF	Distance To Fault
DUAMCO	Duplexer Amplifier Multicoupler
EBSC	Enhanced Base Station Controller
ECU	Edge Carrier Unit
EIR	Equipment Identity Register
F.O.A	Formulario de Opciones Aprobadas
FCU	Flex Carrier Unit
FEEDER	
FD	Frecuency Diversity
FDUAMCO	Flexible Duplexer and Multicoupler
FER	Frame Error Rate
FODETEL	Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Urbano-Marginales.
GIWU	GSM Interworking Unit

GMSC	Gateway Mobile Services Switching Center
GPS	Sistema de posicionamiento global
GSM	Global System for Mobile communications
HLR	Home Location Register
HSPA+	High-Speed Packet Access Evolved
HSTBY	Hold Standby
IDU	Indoor Unit
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IMEI	International Mobile Equipment Identity
K.P.I	key performance indicator
LOS	Line of Sight
LPI	Listo para instalar
LTE	Long Term Evolution
MFDUAMCO	Multi-Standard FDUAMCO
MS	Estación Móvil o Mobile Station
MSC	Mobile Services Switching Center
MW	Microonda
NSN	Nokia Network Solutions
NSS	Subsistema de Conmutación y Red
ODU	Outdoor Unit
OSS	Subsistemas De Soporte y Operación
PDH	Jerarquía Digital Plesiócrona
PIN	Personal Identification Number
PNF	Plan Nacional de Frecuencias.
PRBS	Pseudo-Random Binary Sequence
PSU	Power Supply Unit
RBS	Estación Radio Base
RF	Radio frecuencia
RLT	Radio Link Timeout
RNI	Emisiones de Radiación No ionizante
ROE	Relación de Onda Estacionaria
RPTM	Redes Públicas de Telefonía Móvil
RX	Recepción

RXLEV SUB	Nivel de señal recibido por el móvil
SACCH	Slow Alone Dedicated Control Channel
SCSI	Small Computer System Interface
SD	Space Diversity
SENATEL	Secretaria Nacional de Telecomunicaciones
SIM	Módulo De Identificación De Abonado
SMA	Servicio Móvil Avanzado
SNT	Secretaria Nacional de Telecomunicaciones
STMC	Servicios de Telefonía Móvil Celular
SUPERTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones
SUPTTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones
TCH	Traffic Chanel
TDM	Time Division Multiplexing
TSS	Technical Site Survey
TX	Transmisión
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UR	Unidades de Rack
VC12	Contenedor Virtual Nivel 12
VC4	Contenedor Virtual Nivel 4
VLR	Visitor Location Register
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio

ANEXO 2

DOCUMENTO DE FISCALIZACIÓN RBS TRANSMISIONES

DOCUMENTO DE FISCALIZACIÓN RBS:				TRANSMISIONES			
INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO							
PROVINCIA:				CANTÓN:			
DIRECCIÓN:							
LONGITUD:				LATITUD:			
DATOS GENERALES DE PERSONAL DE FISCALIZACIÓN/TRANSMISIONES							
FISCALIZACIÓN				TRANSMISIONES			
REPRESENTANTE				REPRESENTANTE			
NÚMERO DE CONTACTO				NÚMERO DE CONTACTO			
FECHA DE VISITA				EMPRESA CONTRATISTA			

FISCALIZACIÓN SISTEMA DE MW							
PARÁMETROS DE LA ESTACIÓN				DIR			
EQUIPO INSTALADO							
AZIMUT(°)				ALTURA ANTENA(m)			
FRECUENCIA DE TX(MHz)				FRECUENCIA DE RX(MHz)			
POTENCIA DE TX	INGENIERÍA	REAL	ACEPTADO	POTENCIA DE TX	INGENIERÍA	REAL	ACEPTADO
NIVEL dBm				NIVEL dBm			
POLARIZACIÓN ENLACE				CAPACIDAD ENLACE		MODULACIÓN	
VISUALIZACIÓN DE COLATERAL POR SOFTWARE				LOCAL IP			
NIVEL DE RX CON TX EN REMOTO EN OFF(dBm)				CONFIGURACIÓN DEL ENLACE			

PRUEBAS CON EQUIPOS EXTERNOS																	
SERIE DE PATTERN						FECHA DE EXPIRACIÓN DE CALIBRACIÓN											
PRUEBA			DURACIÓN			ACEPTADO			PRUEBA			DURACIÓN			ACEPTADO		
ODUs SECUNDARIAS						ACEPTADO						ODUs PRINCIPALES					
PRUEBAS DE MÁSCARA						ACEPTADO						NUMERO DE E1 HABILITADOS					
TRIBUTARIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
ACEPTADO																	
TRIBUTARIO	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
ACEPTADO																	
MEDICIÓN DE VOLTAJE PSU 1(VDC)				ACEPTADO				MEDICIÓN DE VOLTAJE PSU 2(VDC)				ACEPTADO					

INSPECCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE LA MW				
ITEM	DESCRIPCIÓN	SI	NO	N/A
1	SE ENCUENTRA ATERRIZADA LA IDU			
2	SE ENCUENTRA ETIQUETADA LA IDU			
3	SE ENCUENTRA REALIZADO EL ATERRAMIENTO DEL CABLE IF ATRÁS DEL RACK			
4	SE ENCUENTRA REALIZADO EL ATERRAMIENTO DEL CABLE IF EN LA ESTRUCTURA			
5	SE ENCUENTRA REALIZADO EL ATERRAMIENTOS DE LAS ODU			
6	SE ENCUENTRA ETIQUETADO LA MW Y SUS COMPONENTES			
7	LA MW SE ENCUENTRA BIEN SUJETADA A LA ESTRUCTURA			
OBSERVACIONES DE INSTALACIÓN:				

PRUEBAS DE RUTA DE TRANSMISIÓN					
DATOS GENERALES					
BSC		NUMERO DE E1 DE LA NUEVA RBS			
PRIMER E1	PCMB	CORRESPONDENCIA	SEGUNDO E1	PCMB	CORRESPONDENCIA
TERCER E1	PCMB	CORRESPONDENCIA	CUARTO E1	PCMB	CORRESPONDENCIA
NOMBRE DE PERSONA DEL N.O.C				FECHA	

.....

Fiscalizador:

C.I:

.....

TX:

C.I:

ANEXO 3

DOCUMENTO DE FISCALIZACIÓN RBS RF

DOCUMENTO DE FISCALIZACIÓN RBS:										RF		
INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO												
SALUNAME:		CONFIGURACIÓN BTS			SECTOR 1		SECTOR 2		SECTOR 3			
PROVINCIA:					CANTÓN:							
DIRECCIÓN:												
LONGITUD:					LATITUD:							
DATOS GENERALES DE PERSONAL DE FISCALIZACIÓN/RF												
FISCALIZACIÓN					TRANSMISIONES							
REPRESENTANTE					REPRESENTANTE							
NÚMERO DE CONTACTO					NÚMERO DE CONTACTO							
FECHA DE VISITA					EMPRESA CONTRATISTA							
FISCALIZACIÓN SISTEMA RADIANTE												
SERIE DE SITE MASTER					FECHA DE EXPIRACIÓN DE CALIBRACIÓN							
AZIMUT S1(°)			AZIMUT S2(°)			AZIMUT S3(°)						
TILT ELÉCTRICO		850 MHz(S1)		1900 MHz(S1)		850 MHz (S2)		1900 MHz(S2)		850 MHz (S3)		1900 MHz(S3)
TILT MECÁNICO		850 MHz(S1)		1900 MHz(S1)		850 MHz (S2)		1900 MHz(S2)		850 MHz (S3)		1900 MHz(S3)
MEDICIÓN DE VSWR SIN ANTENA(CARGA DE PRUEBA)					ACEPTADO			VALOR MÁXIMO PERMITIDO 1.13				
850 MHz		FEEDER 1-0	FEEDER 1-1	FEEDER 2-0		FEEDER 2-1		FEEDER 3-0		FEEDER 3-1		
VALOR												
1900 MHz		FEEDER 1-0	FEEDER 1-1	FEEDER 2-0		FEEDER 2-1		FEEDER 3-0		FEEDER 3-1		
VALOR												
MEDICIÓN DE VSWR CON ANTENA(SISTEMA TOTAL)					ACEPTADO			VALOR MÁXIMO PERMITIDO 1.3				
850 MHz		FEEDER 1-0	FEEDER 1-1	FEEDER 2-0		FEEDER 2-1		FEEDER 3-0		FEEDER 3-1		
VALOR												
1900 MHz		FEEDER 1-0	FEEDER 1-1	FEEDER 2-0		FEEDER 2-1		FEEDER 3-0		FEEDER 3-1		
VALOR												
MEDICIÓN DE CABLE LOSS					ACEPTADO			VALOR REFERENCIAL REVISAR EN TABLA 1(850MHz) Y TABLA 2(1900MHz)				
850 MHz		FEEDER 1-0	FEEDER 1-1	FEEDER 2-0		FEEDER 2-1		FEEDER 3-0		FEEDER 3-1		
VALOR												
1900 MHz		FEEDER 1-0	FEEDER 1-1	FEEDER 2-0		FEEDER 2-1		FEEDER 3-0		FEEDER 3-1		
VALOR												
MEDICIÓN DE POTENCIA					ACEPTADO			VALOR REFERENCIAL REVISAR EN TABLA 3 Y TABLA 4(atenuación)				
SECTOR 1(850MHz)		TRX 0	TRX 1	TRX 2	TRX 3	TRX 4	TRX 5	TRX 6	TRX 7			
VALOR(dBm)												
SECTOR 2(850MHz)		TRX 0	TRX 1	TRX 2	TRX 3	TRX 4	TRX 5	TRX 6	TRX 7			
VALOR(dBm)												
SECTOR 3(850MHz)		TRX 0	TRX 1	TRX 2	TRX 3	TRX 4	TRX 5	TRX 6	TRX 7			
VALOR(dBm)												
SECTOR 1(1900MHz)		TRX 0	TRX 1	TRX 2	TRX 3	TRX 4	TRX 5	TRX 6	TRX 7			
VALOR(dBm)												
SECTOR 2(1900MHz)		TRX 0	TRX 1	TRX 2	TRX 3	TRX 4	TRX 5	TRX 6	TRX 7			
VALOR(dBm)												
SECTOR 3(1900MHz)		TRX 0	TRX 1	TRX 2	TRX 3	TRX 4	TRX 5	TRX 6	TRX 7			
VALOR(dBm)												
OBSERVACIONES:												

PRUEBAS DE FUNCIONALIDAD DE BTS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	SI	NO	N/A
1	SE VALIDÓ FUNCIONALIDAD DE BTS ÚNICAMENTE CON EL SISTEMA DE RESPALDO			
2	SE REALIZÓ PRUEBAS DE INTEGRACIÓN AUTOMÁTICA DE BTS A LA BSC			
3	SE REALIZÓ PRUEBAS EN LOS CANALES DE CONTROL Y TRÁFICO DE LA BTS			
4	SE REALIZÓ LAS RESPECTIVAS PRUEBAS DE HANDOVER.			
5	SE REALIZÓ PRUEBAS DE CONMUTACIÓN DE TARJETA CONTROLADORA			
OBSERVACIONES:				

INSPECCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RF				
ITEM	DESCRIPCIÓN	SI	NO	N/A
1	SE ENCUENTRA ATERRIZADO EL SERVICE RACK Y BASE RACK			
2	LOS NIVELES DE ENERGÍA AC ESTA DENTRO DE LOS PARÁMETROS			
3	SE ENCUENTRA REALIZADO EL ATERRAMIENTO DEL CABLE RF ATRÁS DEL RACK			
4	SE ENCUENTRA REALIZADO EL ATERRAMIENTO DEL CABLE RF EN LA ESTRUCTURA			
5	SE ENCUENTRAN MARQUILLADOS E IDENTIFICADOS LOS SECTORES			
6	LOS AZIMUT CORRESPONDEN A LOS ENTREGADOS EN LA INFORMACIÓN TÉCNICA			
7	LA ALTURA DE LA ANTENAS DE RF CORRESPONDEN A LOS ENTREGADOS EN LA INFORMACIÓN TÉCNICA			
8	LOS TILT ELÉCTRICOS CORRESPONDEN A LOS ENTREGADOS EN LA INFORMACIÓN TÉCNICA			
9	LOS TILT MECÁNICOS CORRESPONDEN A LOS ENTREGADOS EN LA INFORMACIÓN TÉCNICA			
OBSERVACIONES DE INSTALACIÓN:				

.....

Fiscalizador:

C.I:

.....

RF:

C.I:

TABLA 1:

Longitud	Atenuación	Longitud	Atenuación
Cable 7/8		Cable 7/8	
0-5 metros	0.26	76-80 metros	2.94
6-10 metros	0.44	81-85 metros	3.12
11-15 metros	0.62	86-90 metros	3.29
16-20 metros	0.80	91-95 metros	3.47
21-25 metros	0.98	96-100 metros	3.65
26-30 metros	1.15	101-105 metros	3.83
31-35 metros	1.33	106-110 metros	3.98
36-40 metros	1.51	111-115 metros	4.19
41-45 metros	1.69	116-120 metros	4.36
46-50 metros	1.87	121-125 metros	4.54
51-55 metros	2.05	126-130 metros	4.72
56-60 metros	2.22	131-135 metros	4.90
61-65 metros	2.37	136-140 metros	5.08
66-70 metros	2.58	141-145 metros	5.25
71-75 metros	2.76		

TABLA 2:

Longitud	Atenuación	Longitud	Atenuación
Cable 7/8		Cable 7/8	
0-5 metros	0.40	76-80 metros	4.58
6-10 metros	0.68	81-85 metros	4.85
11-15 metros	0.96	86-90 metros	5.13
16-20 metros	1.24	91-95 metros	5.41
21-25 metros	1.51	96-100 metros	5.69
26-30 metros	1.79	101-105 metros	5.97
31-35 metros	2.07	106-110 metros	6.21
36-40 metros	2.35	111-115 metros	6.52
41-45 metros	2.63	116-120 metros	6.80
46-50 metros	2.91	121-125 metros	7.08
51-55 metros	3.18	126-130 metros	7.36
56-60 metros	3.46	131-135 metros	7.64
61-65 metros	3.70	136-140 metros	7.91
66-70 metros	4.02	141-145 metros	8.19
71-75 metros	4.30		

TABLA 3:

	Frequency Band	Carrier Unit Type	Typical RF Output Power				Guaranteed RF Output Power				
			GMSK		8PSK		GMSK		8PSK		
			dBm	Watt	dBm	Watt	dBm	Watt	dBm	Watt	
CU/GCU	GSM 900	CUGV3 / V4	47.3	54	--	--	47.0	50	--	--	
		GCUGV2	47.3	54	--	--	47.0	50	--	--	
	GSM 1800	CUDV3 / V4	45.7	37	--	--	45.4	35	--	--	
		GCUDV2	47.3	54	--	--	47.0	50	--	--	
GSM 1900	CUPV4	45.7	37	--	--	45.4	35	--	--		
ECU	GSM 850	ECU850HPV2	48.3	68	46.3	43	48.0	63	46.0	40	
		ECU850V3 / V3A	48.3	68	46.3	43	48.0	63	46.0	40	
	GSM 900	ECUGV3 / V3A	48.3	68	46.3	43	48.0	63	46.0	40	
		ECUDV2	47.3	54	45.3	34	47.0	50	45.0	32	
	GSM 1800	ECUDHPV3 / V3A	48.3	68	45.3	34	48.0	63	45.0	32	
		GSM 1900	ECUPV2	47.3	54	45.3	34	47.0	50	45.0	32
			ECUPHPV2	48.3	68	45.3	34	48.0	63	45.0	32
ECUPHPV3 / V3A	48.3	68	45.3	34	48.0	63	45.0	32			
FlexCU	GSM 850	FCU850V1	47.0	50	44.0	25	46.7	47	43.7	23	
	GSM 900	FCUGV1	47.0	50	44.0	25	46.7	47	43.7	23	
	GSM 1800	FCUDV1	47.0	50	44.0	25	46.7	47	43.7	23	
	GSM 1900	FCUPV1	47.0	50	44.0	25	46.7	47	43.7	23	

TABLA 4:

FDUAMCO Type	GSM 850		GSM 900		GSM 1800, GSM 1900	
	Typical	Guar.	Typical	Guar.	Typical	Guar.
in 2:2 mode	1.1 dB	2.4 dB	1.1 dB	2.2 dB	1.2 dB	2.2 dB
in 4:2 mode	4.3 dB	5.6 dB	4.3 dB	5.4 dB	4.4 dB	5.4 dB
in 8:2 mode (+ COAMCO8)	7.8 dB	9.4 dB	7.8 dB	9.2 dB	8.0 dB	9.4 dB

ANEXO 5

FORMULARIO PARA ESTUDIO TÉCNICO DE EMISIONES DE RNI

	FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RNI		RC-15A
	(CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)		RNI-T1
			Fecha: 19-jul-12
1) USUARIO :			
NOMBRE DE LA EMPRESA:		OTECEL S.A	
DIRECCIÓN:		Av. República y Pradera esq.	
2) UBICACION DEL SITIO : BTS SANTA_MONICA- Sector A			
PROVINCIA :	CIUDAD / CANTON :	LOCALIDAD :	LATITUD (°) (') (")
PICHINCHA	QUITO	Calle Bellavista y Calle Pichincha, Lote 5 (Barrio Santa Monica)	0° 16' 57" S
			LONGITUD (°) (') (")
			78° 29' 15,1" W
3) S_{lim} A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO) :			
FRECUENCIAS (MHz)		S _{lim} OCUPACIONAL (W/m ²)	S _{lim} POBLACIONAL (W/m ²)
946,60		48,67	9,73
4) CALCULO DE R² :			
Altura h (m) :	21	$R = \sqrt{X^2 + (h - d)^2}$	
DISTANCIA X		VALOR CALCULADO PARA R (m)	
2 m		19,6023	
5 m		20,1308	
10 m		21,9146	
20 m		27,9330	
50 m		53,6680	
5) CALCULO DEL PIRE :			
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)		GANANCIA MAXIMA DE LA ANTENA	VALOR DE PIRE (W)
62,0000		15,5000	2199,8430
6) CALCULO DEL S_{lim} TEORICO :			
$S_{lim} = PIRE / (\pi * R^2)$			
DISTANCIA	VALOR DE $(\pi * R^2)$		VALOR DE S _{lim} (W/m ²)
2 m	1206,5450		1,8233
5 m	1272,4850		1,7288
10 m	1507,9850		1,4588
20 m	2449,9850		0,8979
50 m	9043,9850		0,2432
7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:
MONJARET	-	OLIVIER ALEXIS CONSTANT	03-17-2719 CIEEPI
e-mail:	CASILLA:		TELEFONO / FAX:
Olivier.Monjaret@telefonica.com.ec	1717792 - QUITO		02-2227700
DIRECCION:		FECHA:	FIRMA
Av. República y Pradera esq.		19-jul-12	
8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación			
NOMBRE:		FECHA:	FIRMA
Fernando Ferro Alborno Gerente Regulatorio OTECEL S.A		19-jul-12	