

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**AMPLIACION DE CAPACIDAD DE TRX DE LAS ESTACIONES
BASE CELULAR (BTS) EN LA RED GSM**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADO POR:

GUSTAVO OMAR VALDIVIA POMA

PROMOCIÓN

2006-II

LIMA – PERU

2010

**AMPLIACION DE CAPACIDAD DE TRX DE LAS ESTACIONES
BASE CELULAR (BTS) EN LA RED GSM**

**Agradezco a los seres que amo:
Mis padres, mis hermanas y mi abuelita
por su paciencia y sacrificio durante
los años de mi formación profesional y personal**

SUMARIO

Este proyecto esta basado en la experiencia obtenida en la implementación de la 2da red GSM en el Perú, pero la 1ra para el operador Telefónica Móvil del Perú; desde el año 2005 se comenzó a implementar las BSS SIEMENS hasta el 2008, donde se realizaba las ampliaciones de sites como también ampliaciones de sectores (TRX). Este proyecto fue realizado en la región Lima.

Los problemas encontrados en el transcurso de la implementación, eran debido a la existencia de hueco de cobertura, problemas de capacidad como al incremento de tráfico debido al aumento de usuarios de telefonía celular o a eventos inusuales (conciertos, conferencias o eventos internacionales) donde debían tener una cantidad de canales necesarios para que no existiera caídas de llamadas o mala accesibilidad a la red ocasionando drop TCH.

INDICE

INTRODUCCION

Introducción	1
--------------	---

CAPITULO I

PRINCIPIO BASICO DEL FUNCIONAMIENTO GSM

1.1	Arquitectura Genérica del sistema celular	3
1.1.1	Capas de GSM	5
1.1.2	Antecedentes de GSM	5
1.1.3	Técnicas de Duplexaje	6
1.2	Red GSM	6
1.2.1	Definiciones del lenguaje de redes celulares	7

CAPITULO II

PLANTEAMIENTOS DEL PROBLEMA ENCONTRADO EN EL PROYECTO

2.1	Ampliación de capacidad de TRX (UPGRADES) de las radiobases GSM	14
2.2	Tipos de celdas	18
2.3	Métodos del análisis de las soluciones GSM	20
2.4	Problemas encontrados en el transcurso del proyecto	20

CAPITULO III

SOLUCIONES IMPLEMENTADAS A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS EN EL PROYECTO OVERLAY GSM.

3.1	Repetidores	23
3.2	Análisis de cobertura en niveles altos	24
3.3	Consideraciones para implementar REPEATERS	26
3.4	Ventajas y Desventajas de utilizar Repetidores	29
3.5	Soluciones posibles y tecnología disponible	29
3.6	MicroBTS	30
3.6.1	Hardware y arquitectura	30
3.6.2	Diagrama de bloques de BS-82 II	31
3.7	Sistemas de antenas indoor distribuidas	32
3.7.1	Balance	34
3.7.2	Particularidades	35
3.8	Detalles que requerimos	36

3.9	Ampliación de TRX en BTS OUTDOOR Y/O INDOOR	36
3.9.1	BTS INDOOR	38
3.9.2	BTS OUTDOOR	41
3.9.3	Módulos TRX	44
3.9.4	Ampliación del sistema radiante	45
3.9.5	Ampliación del sistema de Energía	46
3.9.6	Ampliación del medio de Transmisión (AUMENTO DE E1)	48

CAPITULO IV

ANALISIS DEL COSTO Y TIEMPO DE EJECUCION.

4.1	Estimación de costos y tiempo de implementación	49
4.2	Tiempo establecido para realizar los trabajos	53

CONCLUSIONES	54
---------------------	-----------

GLOSARIO	55
-----------------	-----------

BIBLIOGRAFIA	56
---------------------	-----------

INTRODUCCION

El presente informe presenta las necesidades y los tipos de secuencia a desarrollar para efectuar la ampliación de capacidad en TRX y/o en nuevas BTS de la red GSM, la utilización de las bandas 850 MHz y 1900 MHz dependiendo que se desea, mejorar la señal indoor o mejorar la señal outdoor; siguiendo las recomendaciones de las normas internacionales de implementación. El proyecto GSM del operador Telefónica del Perú, constaba de una red GSM de configuración básica, es decir una configuración 4+4+4 en la banda 850 MHz. y 2+2+2 en la banda 1900 MHz esta fue la red implementada el 2005; en el transcurso del desarrollo del proyecto se requería la necesidad de ampliar la capacidad de TRX en los sitios existentes por problemas de accesibilidad y en otros casos la necesidad de ampliar la red nuevos lugares (sites) por el problema de huecos de cobertura.

El informe se desarrolla en cinco capítulos, que presenta lo siguiente:

Capítulo I, Antecedentes, alcances y metodología.

Capítulo II, Exposición general básica del principio de funcionamientos de Global System for Mobile communications: originally from Groupe Spécial Mobile (Capas de radio y control de radio, handover, hopping, cobertura, reutilización de frecuencia, tipo de celda), se describe las soluciones hechas en el transcurso del proyecto.

Capítulo III, Describe los problemas encontrados en el desarrollo del proyecto.

Capítulo IV, Describe las soluciones realizadas para el aumento de capacidad de la red GSM.

Capítulo V, Describe la estimación de tiempo y costos para la ejecución del proyecto.

En forma especial agradezco al Ingeniero Mauricio Taffur Project Manager de Siemens Regional; por su apoyo, por su enseñanza en las normas y manuales que forman parte del cuerpo del informe.

a Antecedentes

Telefónica del Perú, implementó su red GSM con una configuración básica, dependiendo de las zonas que necesitan ampliar su capacidad por cobertura indoor u outdoor, se instalaron más TRX en distintas bandas (850 – 1900).

b Justificación

Debido al aumento de usuarios y/o terminales, en esa etapa la red existente se encontraba con problemas de calidad, accesibilidad y “retenibilidad” de llamadas.

Malas coberturas indoor y outdoor, en otros casos la existencia de huecos de cobertura.

c Planteamiento del problema

Se evaluó de acuerdo a las necesidades ampliar TRX dependiendo estas TRX de que banda se iban a instalar. En otros casos se propuso nuevos sitios.

d Objetivo

Determinar los niveles de señal, para determinar si el problema era de señal indoor o señal outdoor.

e Metodología de trabajo

- Determinar los niveles de recepción de las señales.
- Identificar la factibilidad de utilizar TRX 850 o 1900 MHz.
- Determinar los tipos de soluciones cuando son problemas indoor: ampliar TRX, instalación de repetidores o instalación de microceldas.

f Alcances

Determinar los tipos de bandas a utilizar, dependiendo de los requerimientos de la red y los problemas de los usuarios se evalúa la posibilidad de ampliar TRX en un site existente o la posibilidad de instalar un nuevo site.

g Limitaciones

El tiempo para realizar los upgrades de TRX en los sites. El acceso y permisos a los sites. Determinar el tipo de solución, si es con un repetidor o una microcelda, si fuese un repetidor tenemos que cambiar la antena por una antena de mayor ganancia; si fuese una microcelda los permisos y el medio de transmisión para la instalación de dicho equipo.

CAPITULO I

PRINCIPIO BASICO DEL FUNCIONAMIENTO GSM

1.1 Arquitectura Genérica del sistema celular

Lo primero a lo que nos enfrentamos al diseñar la estructura de red para un sistema de telefonía móvil es la limitación en el rango de frecuencias disponibles. Cada "conversación" (o cada cliente de tráfico de datos) requiere un ancho de banda mínimo para que pueda transmitirse correctamente. A cada operador en el mercado se le asigna cierto ancho de banda, en ciertas frecuencias delimitadas, que debe repartir para el envío y la recepción del tráfico a y desde los distintos usuarios (que por una parte, reciben la señal del otro extremo, y por otra envían su parte de la "conversación"). Por tanto, no puede emplearse una sola antena para recibir la señal de todos los usuarios a la vez, ya que el ancho de banda no sería suficiente; y además, deben separarse los rangos en que emiten unos y otros usuarios para evitar interferencias entre sus envíos. A este, se le suele referir como reparto del espectro o división del acceso al canal.

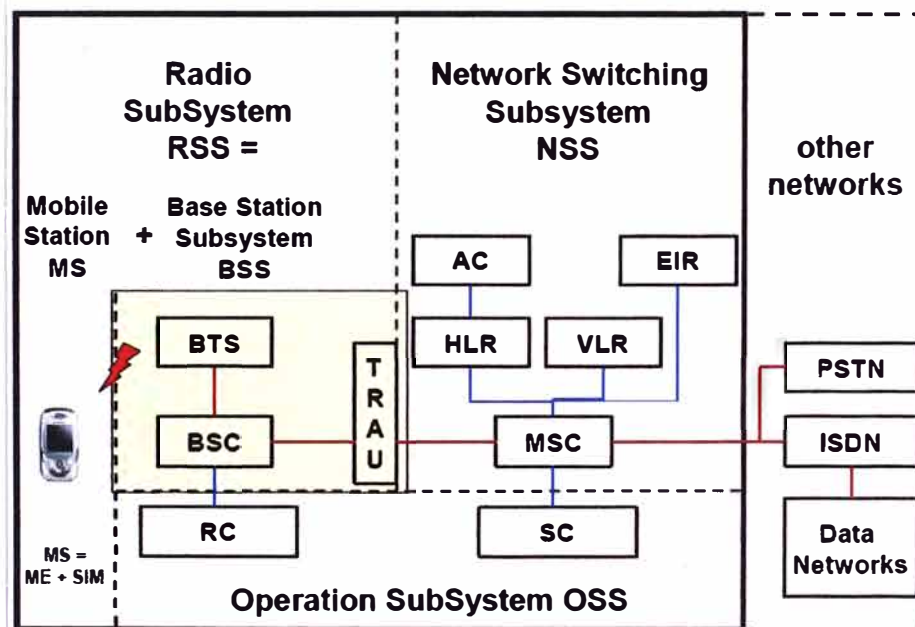


Figura 1. Estructura BSS

La figura 2 muestra la estructura de la red GSM, el sistema GSM basa su división de acceso al canal en combinar los siguientes modelos de reparto del espectro disponible. El primero es determinante a la hora de especificar la arquitectura de red, mientras que el resto se resuelve con circuitería en los terminales y antenas del operador:

- ❖ Empleo de celdas contiguas a distintas frecuencias para repartir mejor las frecuencias (SDMA, Space Division Multiple Access o acceso múltiple por división del espacio); reutilización de frecuencias en celdas no contiguas;
- ❖ División del tiempo en emisión y recepción mediante TDMA (Time Division Multiple Access, o acceso múltiple por división del tiempo);
- ❖ Separación de bandas para emisión, recepción y subdivisión en canales radioeléctricos (protocolo FDMA, Frequency Division Multiple Access o acceso múltiple por división de la frecuencia);
- ❖ Variación pseudoaleatoria de la frecuencia portadora de envío de terminal a red (FHMA, Frequency Hops Multiple Access o acceso múltiple por saltos de frecuencia).

La BSS figura 1, capa inferior de la arquitectura (terminal de usuario – BS – BSC), resuelve el problema del acceso del terminal al canal. La siguiente capa (NSS) se encargará, por un lado, del enrutamiento (MSC) y por otro de la identificación del abonado, tarificación y control de acceso (HLR, VLR y demás bases de datos del operador). Este párrafo con tantas siglas se explica a continuación con más detalle, pero sirve de resumen general de la arquitectura de la red empleada.

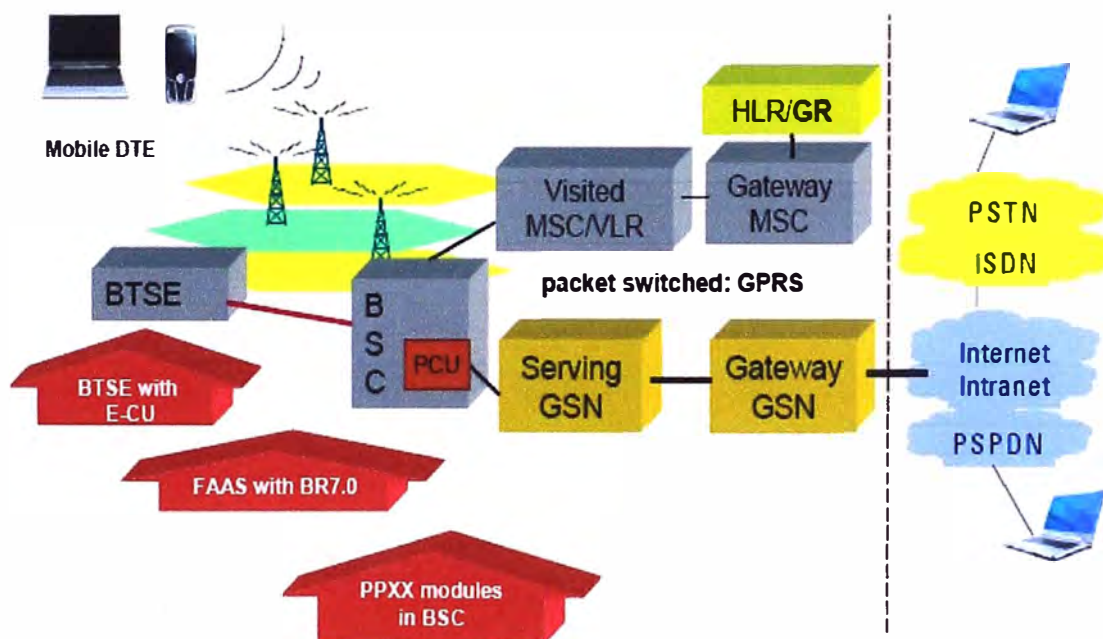


Figura 2. Estructura de Red GSM

Por otra parte, las comunicaciones que se establezcan viajarán a través de distintos sistemas. Para simplificar, se denomina canal de comunicaciones a una comunicación establecida entre un sistema y otro, independientemente del método que realmente se emplee para establecer la conexión. En GSM hay definidos una serie de canales lógicos para el tráfico de llamadas, datos, señalización y demás propósitos.

1.1.1 Capas de GSM

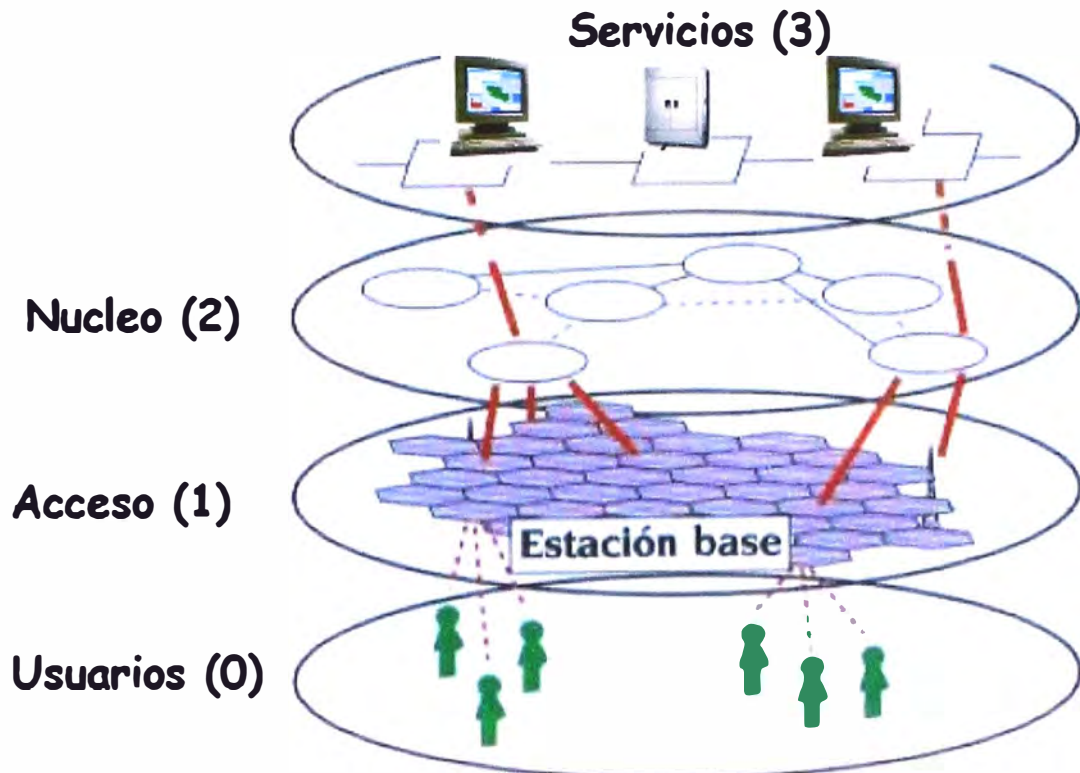


Figura 3. Capas GSM

Capa de Usuario.

Se encuentra los teléfonos u otros dispositivos de usuario.

Capa de Acceso.

Son las estaciones celulares y controladores de las mismas que gestionan el acceso y supervisan la comunicación y administración de movilidad en el entorno de radio.

Capa de Núcleo.

Compuesta por centrales de conmutación y bases de datos que gestionan el acceso, encaminan las llamadas hacia dentro y fuera de la red; en esta capa también se tiene la función de tasación de llamadas.

Capa de Servicio.

Compuesta por servidores de servicios que brindan estas funcionalidades a los usuarios.

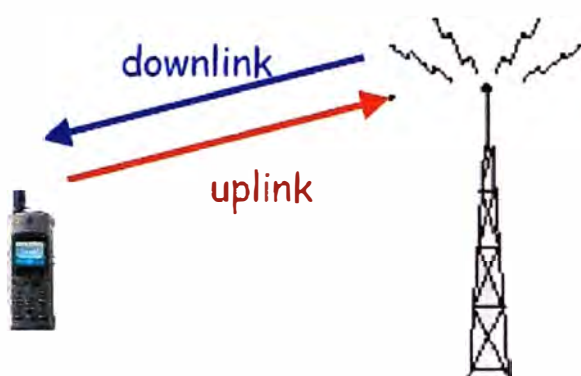
1.1.2 Antecedentes de GSM

El sistema GSM se diseñó bajo las siguientes premisas:

- ❖ Podrían haber varios operadores de red GSM en un mismo país. Esto permitirá la competencia en tarifas y provisión de servicios.
- ❖ GSM deberá ser un sistema abierto, significa que debería poseer interfaces bien definidas entre las partes del sistema. Esto permite que el equipamiento de diferentes fabricantes coexistan y bajar para el operador los costos de infraestructura del sistema.

- ❖ Las redes GSM deberían ser construidas sin causar cambios mayores a las redes fijas ya existentes (PSTN).
- ❖ Debe mantener una buena calidad de voz (speech, quality).
- ❖ Debe tener una alta eficiencia de reuso de frecuencia.
- ❖ Debe poseer alta capacidad.
- ❖ Debe brindar seguridad al usuario para sus comunicaciones.

1.1.3 Técnicas de Duplexaje



Dado que las comunicaciones en las redes telefónicas inalámbricas es Full Duplex, se requiere canalizar las señales hacia y desde el usuario a la vez en forma simultánea.

Se requiere el uso de dos canales uno ascendente (Uplink) y otro descendente (Downlink)

1.2 Red GSM

GSM ("Global System for Mobile Communications ") es el Sistema Global para las Comunicaciones Móviles es un sistema estándar, completamente definido, para la comunicación mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digitales.

GSM es una tecnología de comunicaciones móviles, diseñada para servicios de voz y datos que usa una arquitectura específica de red sobre la cual soporta técnicas y protocolos especificados desde el Terminal usuarios hasta la central de conmutación y nodos de interfaces a otras redes y servicios.

Para la red GSM con los equipos siemens:

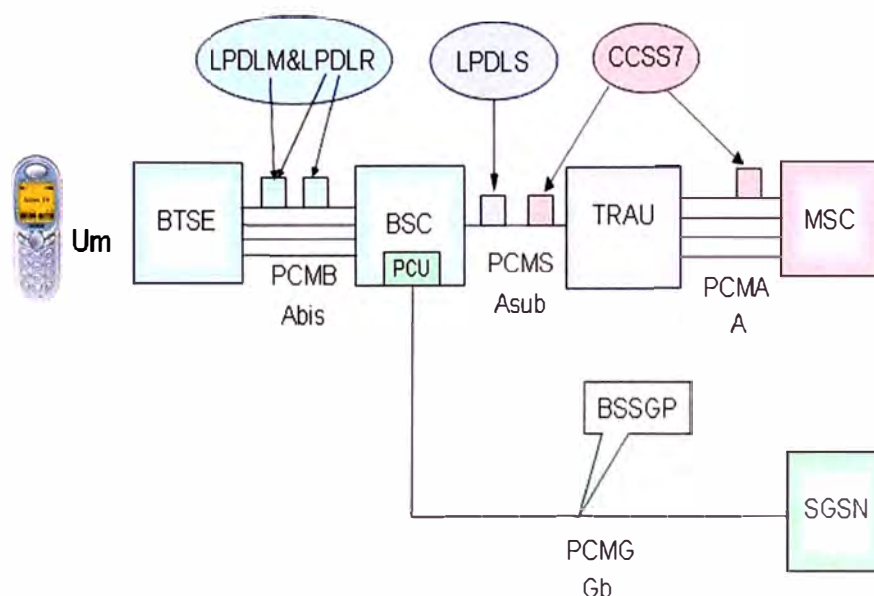


Figura 4. Interfaces GSM

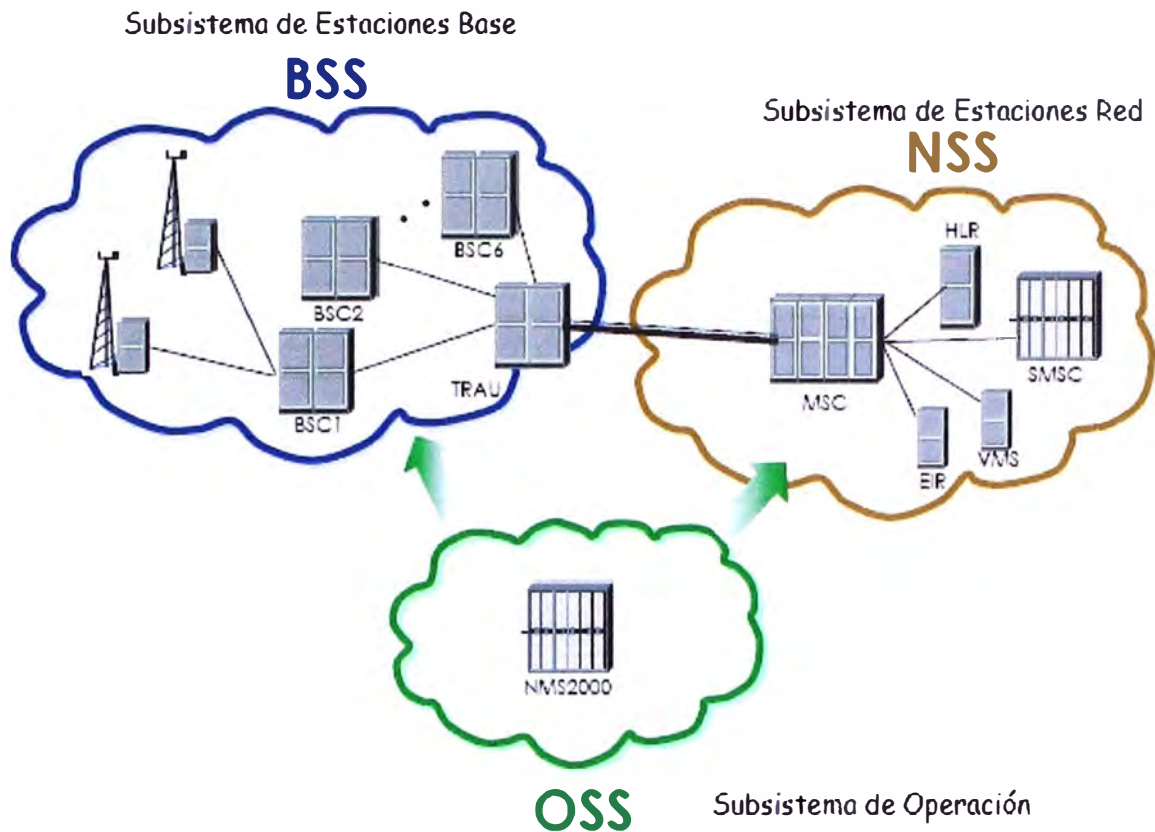


Figura 5. Red GSM

1.2.1 Definiciones del lenguaje de redes celulares

a) HandOver

Handover, handoff o traspaso de un proceso interno de la red celular que permite el cambio de conexión de una llamada de una estación a otra estación o de un canal a otro canal. Existen diferentes tipos de handovers: intracell, intercell, interBSC, interSystem.

Las diferentes causas que originan o disparan un handover como nivel de señal, calidad de la llamada, trafico, rapid field drop, power budget, distancia, etc.

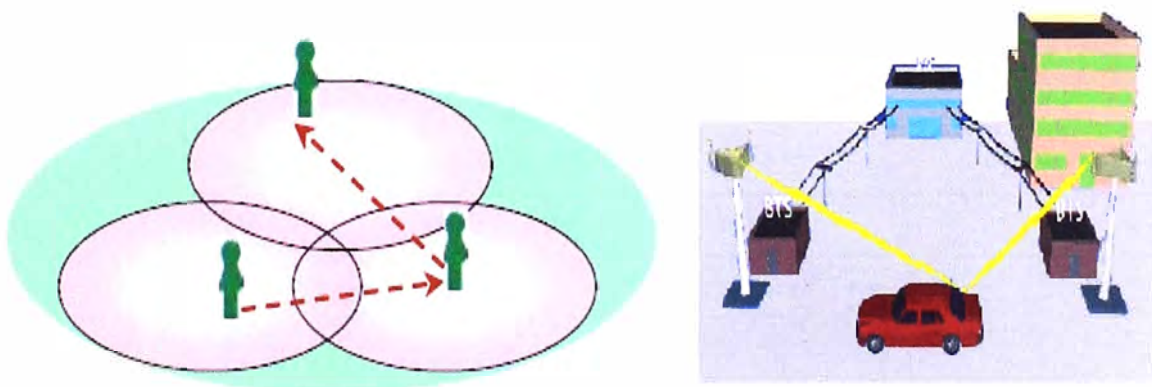


Figura 6. HandOver

El handover es un procedimiento fundamental en el sistema celular pues permite mantener la comunicación cuando el usuario se encuentra en movilidad en la zona de cobertura de una red celular.

El diseño óptimo del proceso handover es de importancia en cualquier sistema celular; porque el móvil se comunica con la celda errónea, no solamente sufrirá de mala calidad, interferencia, sino que también se incrementara el reuso de celdas.

a.1) Tipos de HandOver

Intra-Cell Handover. En un sistema normal, con varias redes. Sólo se realiza intra-cell handover cuando la calidad de conexión de un canal físico (que ha sido medido por la misma BS) está por encima del nivel deseado. De tal manera que intra-cell handover puede realizar un cambio de slot en la misma frecuencia (TDMA), un cambio de frecuencia (FDMA) o un cambio de frecuencia y tiempo simultaneo. Sin embargo, no existe actualmente ningún criterio para realizar intra-cell handover cuando los límites de la conexión de salida están por debajo del nivel deseado por la BS, cuando las conexiones colindantes están también por debajo del nivel deseado (por ejemplo cuando un inter-cell handover no proporciona ninguna salida que mejore la calidad).

Inter-Cell Handover. Este es el tipo de handover más simple. Será necesario cuando la señal de la conexión de un canal físico sea 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 BS. Si la BS 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 BS. El proceso de Intra cell handover es posible realizarlo entre diferentes bandas de GSM.

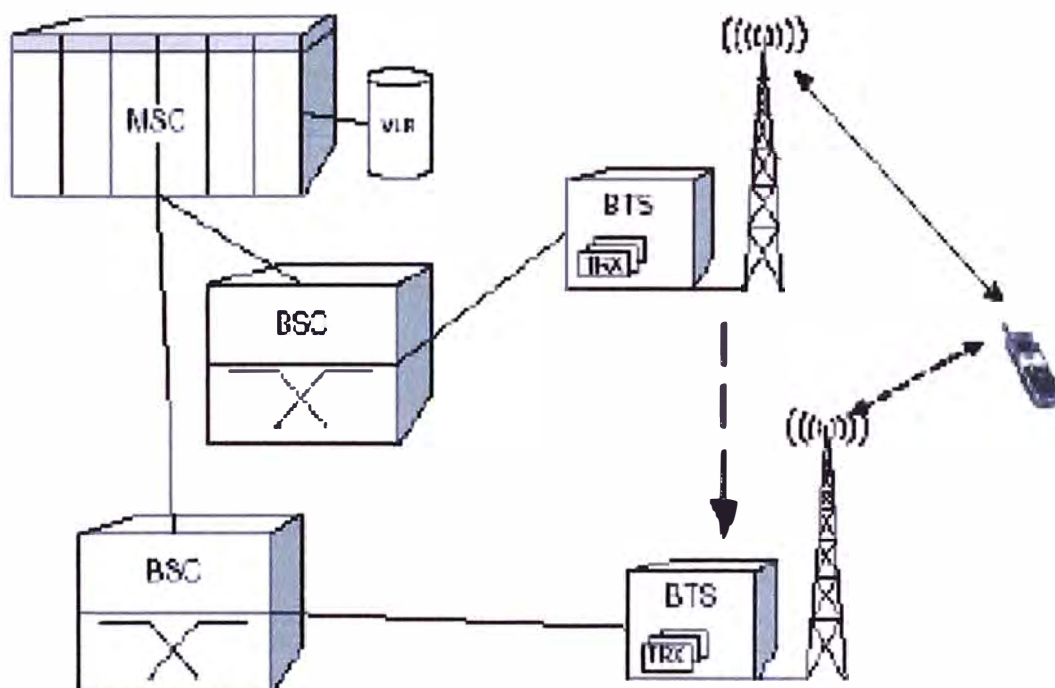


Figura 7. Intra-MSC HandOver

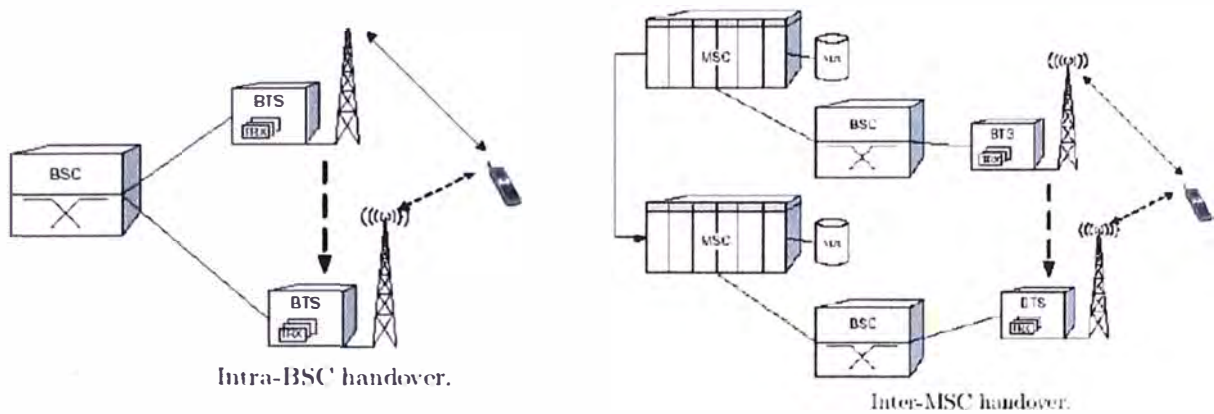


Figura 8. Intra y Inter HandOver

a.2) Criterios para ejecutar un HandOver

Para llevar a cabo la elección del umbral óptimo, el **Handover** basado en RSSI debe realizar un promediado de los ecos que se producen en el entorno móvil, evitando así los efectos indeseados de cambio de estación bases innecesarias (*efecto ping-pong*).



Figura 9. Esquema del procedimiento de Hard handover

En este caso se genera un hopping (pinponeo) el móvil se registra una bts después en otra pero en tiempos muy cortos cuando la BSC envía un paging no sabe a q bts enviar por que donde se registro el móvil ya no se encuentra.

El efecto más destacable que introduce el promediado de los ecos es un retardo adicional en la realización del **Handover**. La elección del tamaño de la ventana de promediado condicionará, por tanto, dicho retardo así como la probabilidad de que se produzca un **Handover** indeseado. En la elección del tamaño de la ventana existirá un compromiso entre ambos parámetros, de modo que, si el tamaño de la ventana es muy elevado, la probabilidad de que se lleve a cabo un **Handover** intermedio será pequeña siendo el retardo en iniciarlo mayor, y viceversa.

b) Cobertura

La cobertura de una red celular es la región geográfica bajo la cual es posible la comunicación de determinado servicio de la red celular bajo ciertos criterios niveles de calidad especificados por el operador celular.

Para la definición de los niveles de calidad se usa parámetros como coverage probability, niveles señal/ruido, etc.

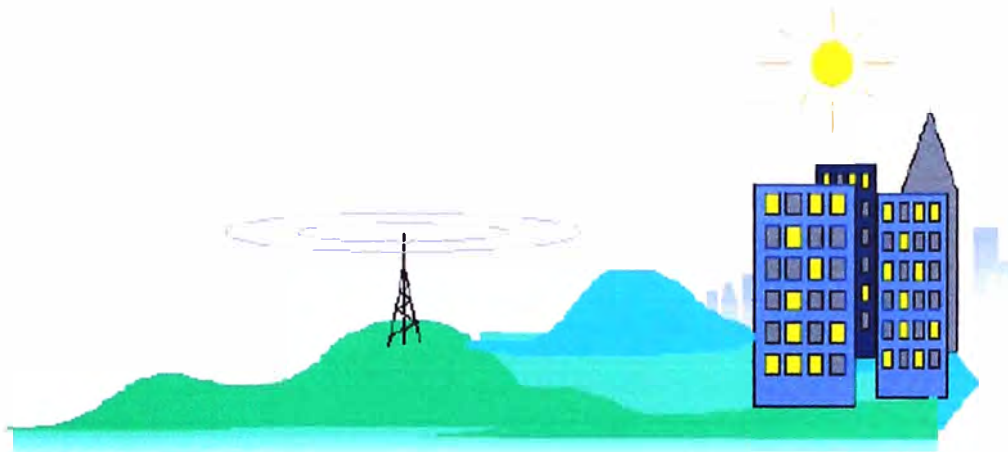


Figura 10. Cobertura de un site

c) Interfaces

Es una conexión física o lógica entre dos sistemas en una red de comunicación, esta definida por especificaciones técnicas (potencia, impedancia, conexiones, etc.); así mismo esta asociada generalmente a determinados protocolos que pasan a través de ella.

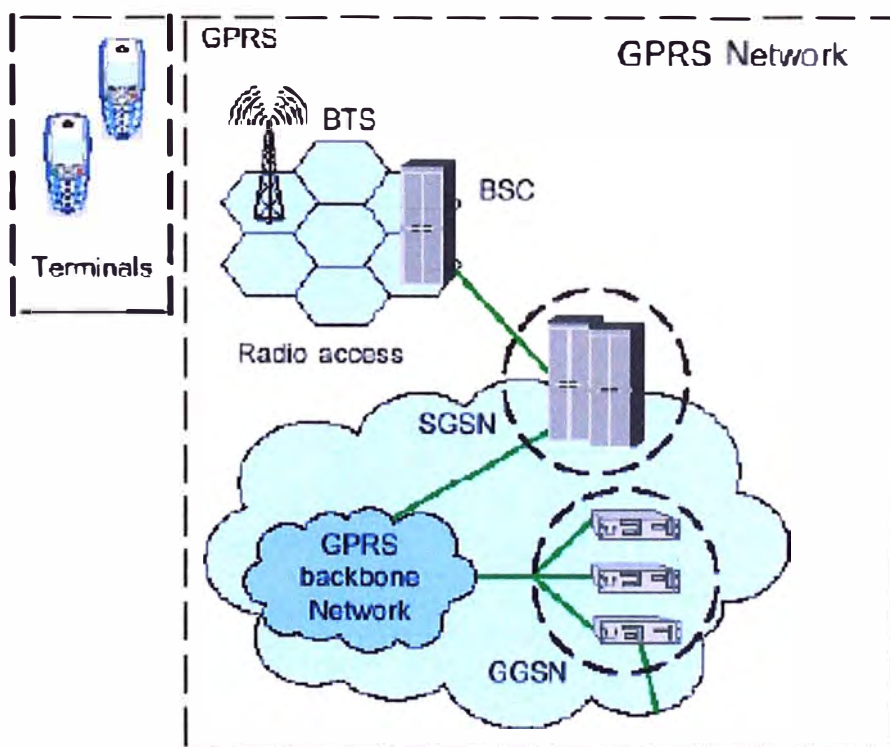


Figura 11. GPRS Network

El sistema de estación base donde el BSC es una entidad distinta de las estaciones base, a las que se conecta mediante una interfaz normalizada, denominado interfase A-bis. El transcodificador es un elemento que pertenece funcionalmente al BSS pero que puede estar situado físicamente en el BTS, en el BSC o externo al BSS. La función de transcodificador es convertir la velocidad neta utilizada en los canales radio (inferior a 16 kb/s) a la velocidad normalmente utilizada en la red fija (que es de 64 kbit/s). El que esta conversión no se realice hasta el final posibilita que se puedan multiplexar 4 canales de 16 kbit/s en uno de 64 kbit/s ahorrando capacidad de transmisión, en el interfaz entre el BTS y el BSC y entre el BSC y la central de conmutación (interfase A).

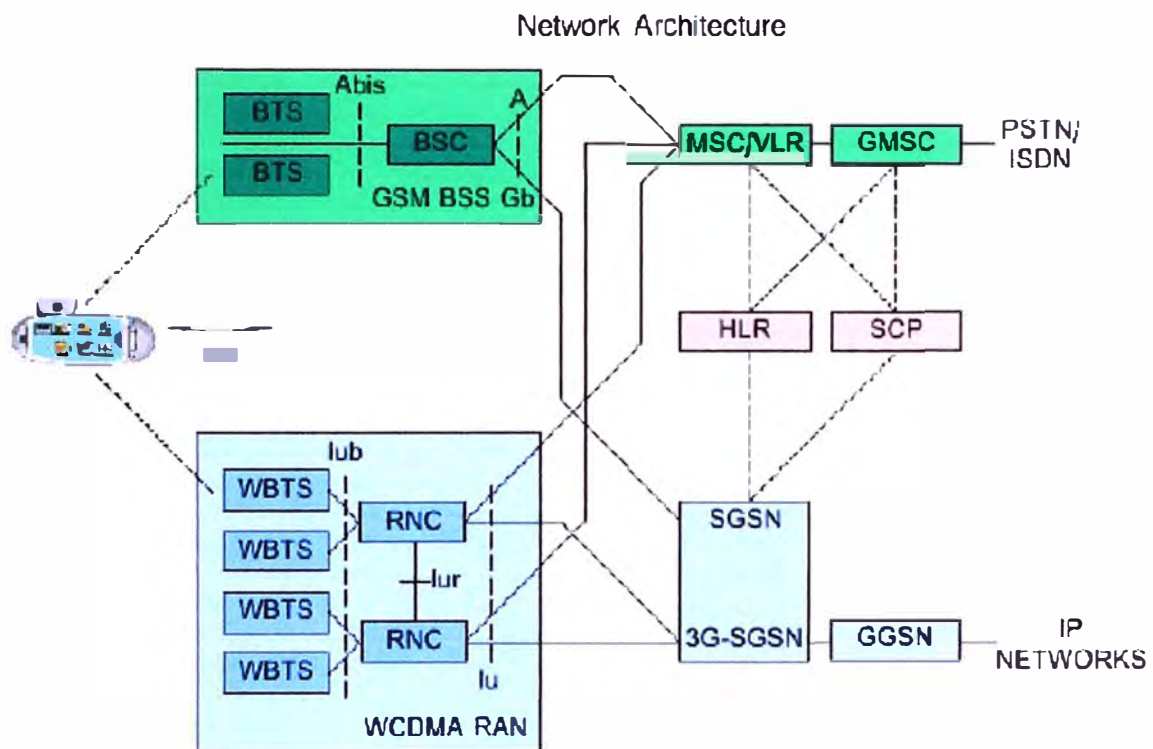


Figura 12. Esquema general de una red 2G y 3G.

d) Reutilización de frecuencias

En la realidad las celdas no son exactamente hexagonales como en el modelo lo cual empeora la situación. La idea fundamental en que se basan los sistemas móviles celulares es la reutilización de los canales mediante la división del terreno en celdas continuas que se iluminan desde una estación base con unos determinados canales. Como muestra la figura 13, la reutilización de frecuencias no es posible en celdas contiguas, pero si en otras más alejadas. El número de veces que un canal puede ser reutilizado es mayor cuanto más pequeña sean las celdas. La red celular se compone así de un conjunto de estaciones base desplegadas por el territorio a cubrir por el servicio y que están conectadas entre sí o con centro de conmutación con acceso a la red telefónica pública, a la RDSI o a otra red celular móvil.

La estación base que recibe al móvil con un mayor nivel de potencia es la que queda asignada al mismo. Si por la movilidad del terminal, otra estación base recibe la señal procedente de la estación móvil con un nivel de potencia superior a **3 decibelios** al que está recibiendo la estación que lo está controlando se produce la conmutación del canal y de la estación base a la que está conectada el terminal móvil.

Este procedimiento se llama "Handover" DE POTENCIA. Asimismo existe un handover de calidad que se realiza de manera similar al anterior pero que en vez de considerar el nivel de señal para decidir sobre la conmutación de la estación base a la que está conectado un terminal móvil considera la calidad de la señal radioeléctrica.

El reuso de las frecuencias introduce interferencia que puede ser:

- ❖ Cocanal.
- ❖ Canal adyacente.

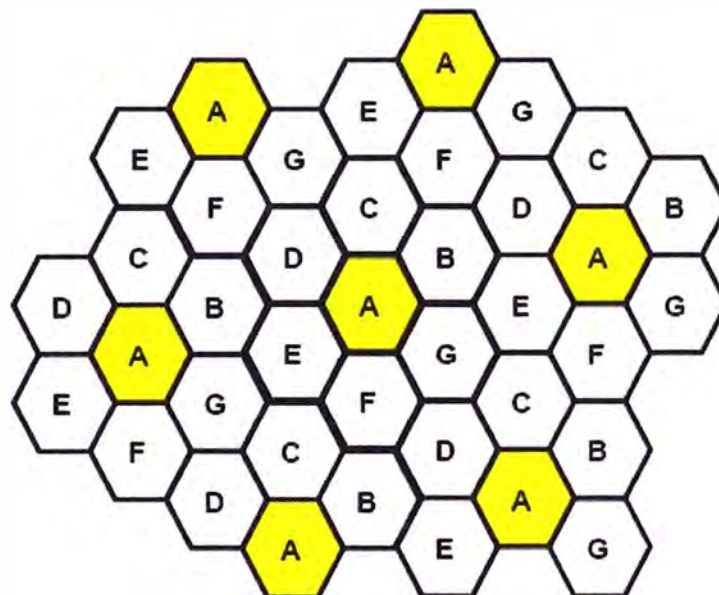


Figura 13. Reutilización de frecuencias.

e) Performance Management

Algunos indicadores de performance voz son:

- ❖ Tasa de caída de llamadas (Drop Call Rate)
- ❖ Tasa de llamadas exitosas.
- ❖ Calidad de la comunicación.
- ❖ Tasa de falla de traspaso.
- ❖ Disponibilidad.

Algunos indicadores de performance datos son:

- ❖ Throughput por conexión.
- ❖ Tasa de conexión exitosa.
- ❖ Tasa de caída de conexión
- ❖ BLER.

f) Tipos de Celdas

En GSM se distinguen cuatro tipos diferentes de células, son las siguientes:

- f.1) Macrocélulas (Macrocells):** Son células de gran tamaño (amplia cobertura) utilizadas en áreas de terreno muy grandes donde la distancia entre áreas pobladas es grande.
- f.2) Microcélulas (Microcells):** Son células de escasa extensión de cobertura que se utilizan en áreas donde hay una gran densidad de población. A mayor número de células mayor número de canales disponibles, que pueden ser utilizados por más usuarios simultáneamente.
- f.3) Células selectivas (Selectived Cells):** En muchas ocasiones no interesa que una célula tenga una cobertura de 360 grados, sino que interesa que tenga un alcance y un radio de acción determinado. En estos casos es cuando se usan las células selectivas. El caso más típico de uso de células de este tipo son aquellas que se disponen en las entradas de los túneles, en los cuales no tiene sentido que la célula tenga un radio de acción total (360 grados) sino un radio de acción que vaya a lo largo del túnel.
- f.4) Células Sombrilla (Umbrella Cells):** Este tipo de células se utilizan en aquellos casos en los que tenemos un elevado número de células de tamaño pequeño y continuamente se están produciendo cambios (handovers) del terminal de una célula a otra. Para evitar que suceda esto lo que hacemos es agrupar conjuntos de microcélulas, de modo que aumentamos la potencia de la nueva célula formada y podemos reducir el número de handovers que se producen.

CAPITULO II PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA ENCONTRADOS EN EL PROYECTO

2.1 Ampliación de capacidad de TRX (UPGRADES) de las radiobases GSM

En nuestro país se utiliza GSM en la banda de 850 MHz y 1900 MHz.

Debido al crecimiento de los usuarios (terminales) de la red GSM, se presenta un crecimiento de tráfico de voz o de datos, generando en algunos sites la saturación de los canales dedicados de voz o de datos respectivamente. Por lo que en estos casos no se puede realizar una llamada ya que no hay canales disponibles.

Tenemos que tener presente la cobertura de la señal de cada site, existen lugares que se denominan “huecos de cobertura” es decir que la potencia es muy baja. En este caso se presenta de la siguiente manera; uno tiene la llamada, te estas comunicando pero al desplazarte se corta la comunicación.

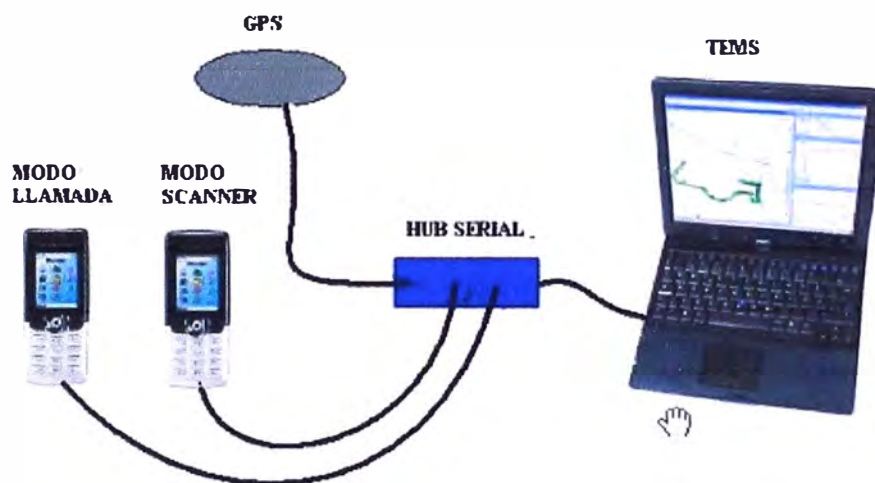


Figura 1. Drive Test

Entonces las celdas existentes y las nuevas celdas a instalarse deben brindar los servicios de datos, voz, videos y comunicaciones con una eficiencia del 99%, con una alta velocidad y calidad, además, con una mayor capacidad para el beneficio de los usuarios por consiguiente se procede a ampliar la capacidad en algunos sitios existentes y/o a instalar nuevas BTS para poder así tener la posibilidad de ampliar mas los TRX. Una implementado las nuevas BTS es necesario realiza un drive Test para verificar los niveles de potencia, figura 1. El nivel de intensidad de señal mínimo para cobertura OUTDOOR (equipo de BTS exterior) medida en la calle de las áreas de alto tráfico

deberá ser de -70 dBm o mejor y el resto del área de cobertura será de -85dBm o mejor con una probabilidad de cumplimiento del 95% en ambas áreas.

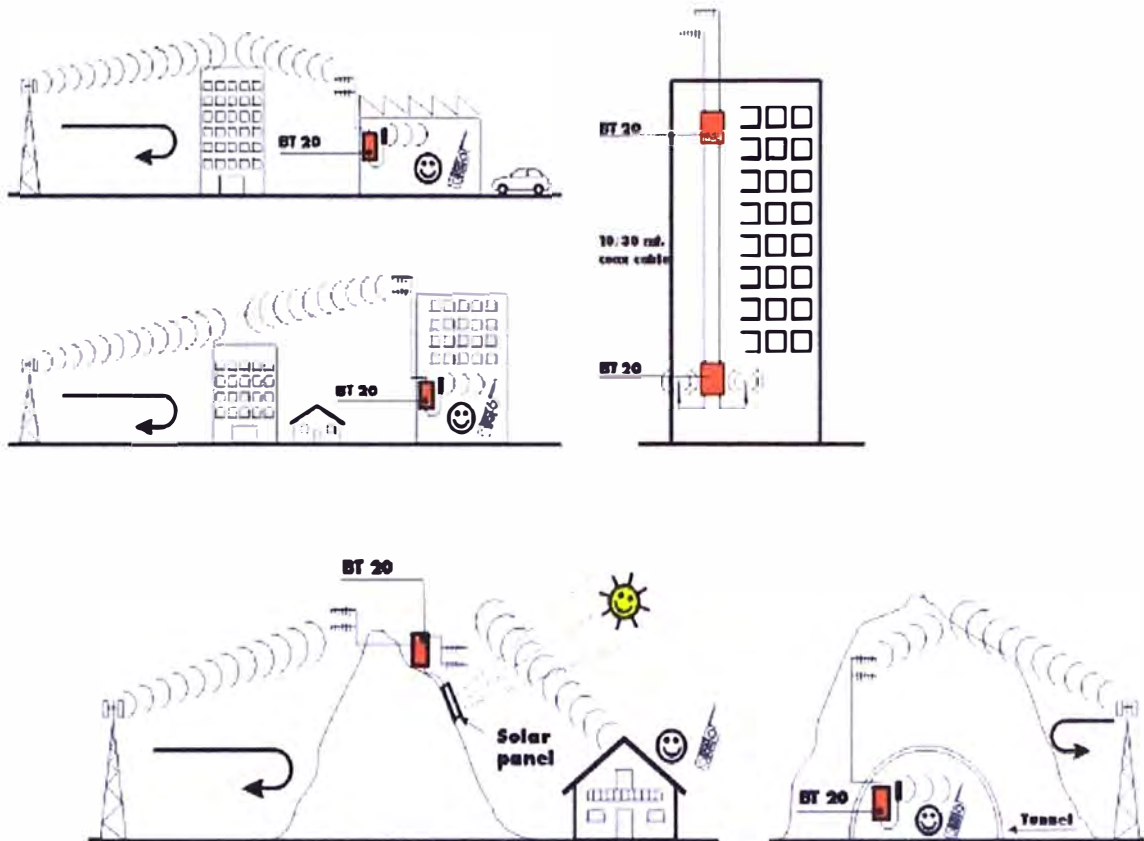


Figura 2. Escenario de repetidores

Por medio de un equipo llamado TEMS como muestra la figura 1, podemos saber a través de que celda estamos conectados, que frecuencia estamos utilizando y saber el nivel de potencia que llega al equipo entre otros parámetros.



Existe buena señal

El nivel de potencia es -69 dB, BUENO.

La frecuencia utilizada para realizar la llamada es 237 Hz.

Identificador del site al cual esta conectado.

Se puede realizar una llamada sin problemas.



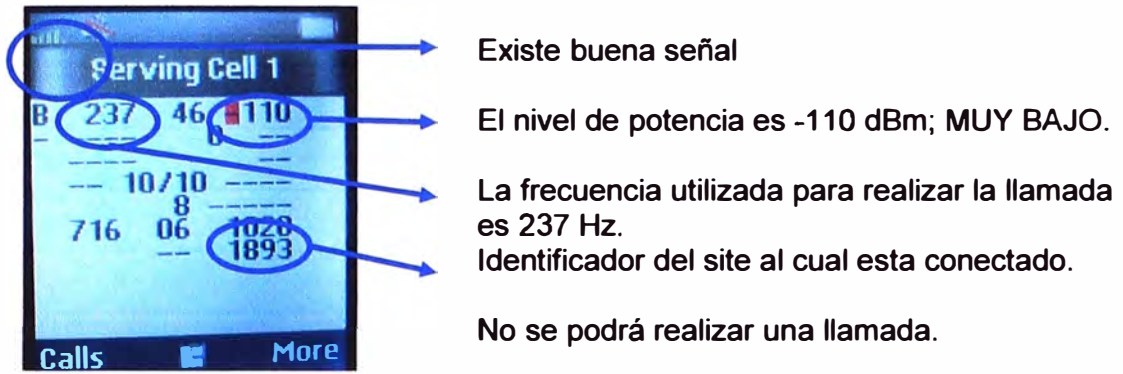
Existe baja señal

El nivel de potencia es -87 dBm, BAJO.

La frecuencia utilizada para realizar la llamada es 512 Hz.

Identificador del site al cual esta conectado.

No es muy confiable poder hacer una llamada sin problemas.



Una vez encontrado estos valores para saber si es necesaria una solución indoor o una posible instalación de un nuevo gabinete se realiza Drive Test o Walk Test, para verificar los niveles de potencia.

La congestión de canales es una de las principales razones de llamadas infructuosas. La probabilidad para esos casos se llama probabilidad de bloqueo. Desde el punto de vista del tráfico, los objetivos de calidad se definen como el grado de servicio (GoS) en diferentes interfaces entre nodos de la red.

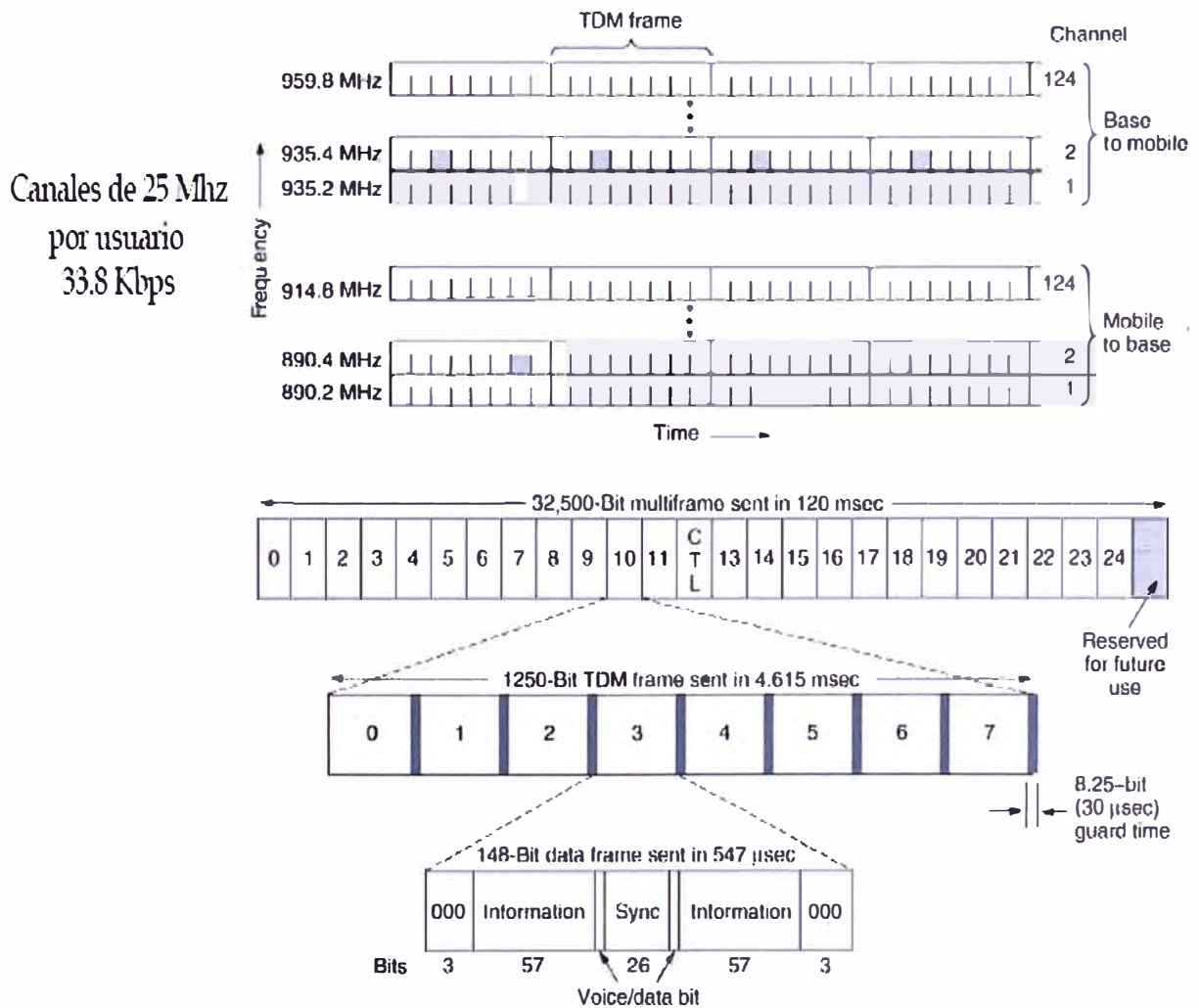


Figura 3. Distribución de canales GSM

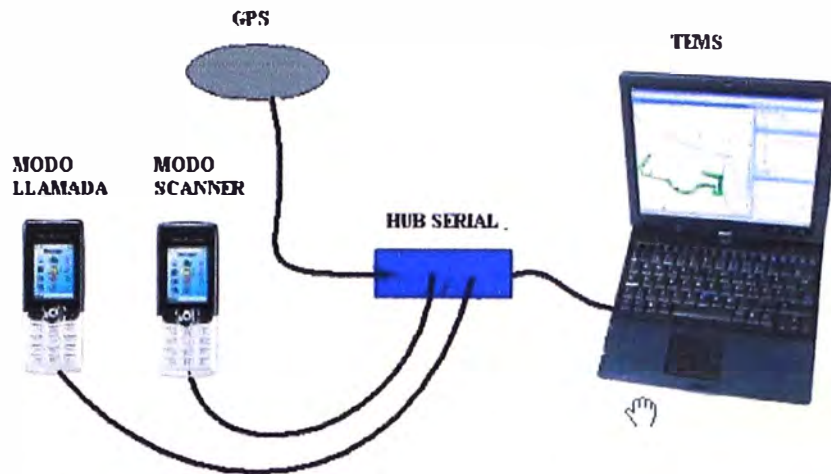


Figura 4. Tems Ericsson 9.0. Equipo de Drive Test.

La capacidad de tráfico GSM depende del número de canales de radio equipados en cada sitio. Cada canal de radio utiliza una frecuencia en determinado momento en el tiempo; como muestra la figura 5 y 6. La frecuencia que es utilizada por los canales de radio debe ser re-usada siguiendo un algoritmo específico a fin de garantizar un nivel de interferencia seguro. El número máximo de frecuencias que pueden ser utilizadas dependerá del ancho de banda de frecuencias asignadas a Red GSM, además del Plan de Re-uso de Frecuencia.

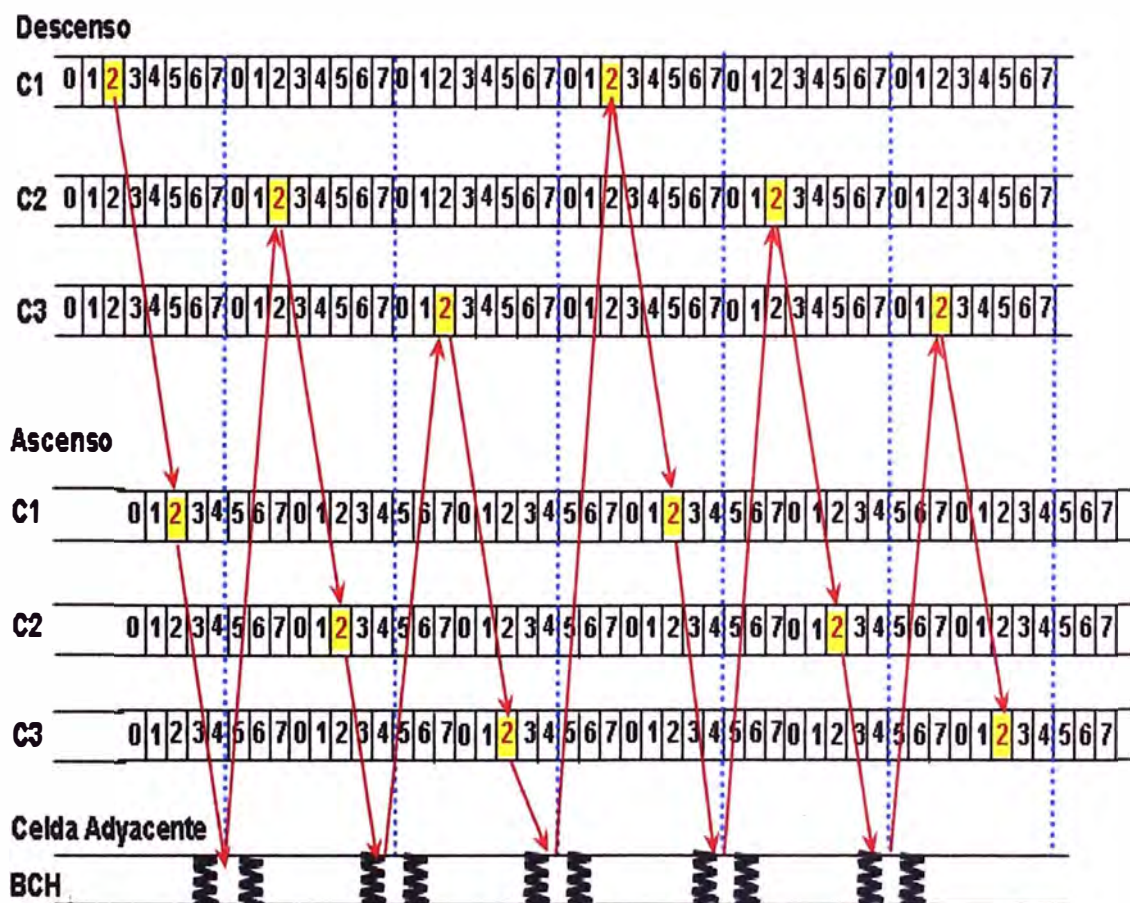


Figura 5. Capacidad para alternar frecuencia (hopping)

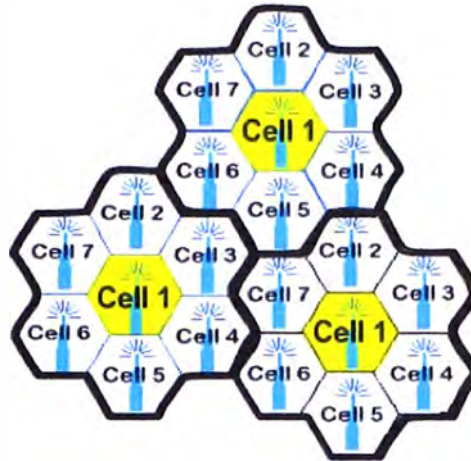


Figura 6. Reuso de Frecuencias

El ancho de banda disponible, permite construir sitios de celda con configuraciones de hasta 8 TRX's por sector. Por ejemplo un sitio Tri-Sectorizado con configuración 8/8/8.

Los siguientes parámetros que afectan el ámbito de cobertura de una celdas y por tanto el número de sitios requeridos, han sido estudiados:

- ❖ Naturaleza de la utilización de las áreas y extensión de uso de sub-áreas.
- ❖ Naturaleza del servicio propuesta en cada sub-área de utilización del terreno.
- ❖ Factor de corrección asociado a cada tipo de uso del terreno.

La forma de estimar la configuración y tipo de equipo BSS requerido para cumplir con los requerimientos en cuanto a los objetivos de tráfico, es haciendo la distribución de usuarios a través del Área Metropolitana y del Área Rural y hallar la configuración adecuada de radiobases diseñada para brindar el servicio GSM para la cantidad de usuarios definidos.

2.2 Tipos de celdas

En GSM se distinguen cuatro tipos diferentes de células, son las siguientes:

1. **Macro células (Macrocells):** Son células de gran tamaño (amplia cobertura) utilizadas en áreas de terreno muy grandes donde la distancia entre áreas pobladas es grande.

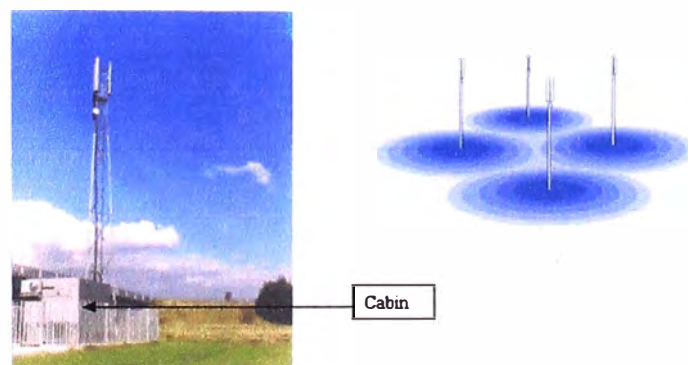


Figura 7. Celdas Outdoor

2. **Microcélulas (Microcells):** Son células de escasa extensión de cobertura que se utilizan en áreas donde hay una gran densidad de población. A mayor número de células mayor número de canales disponibles, que pueden ser utilizados por más usuarios simultáneamente.



Figura 8. Microceldas.

3. **Células selectivas (Selectived Cells):** En muchas ocasiones no interesa que una célula tenga una cobertura de 360 grados, sino que interesa que tenga un alcance y un radio de acción determinado. En estos casos es cuando se usan las células selectivas. El caso más típico de uso de células de este tipo son aquellas que se disponen en las entradas de los túneles, en los cuales no tiene sentido que la célula tenga un radio de acción total (360 grados) sino un radio de acción que vaya a lo largo del túnel.

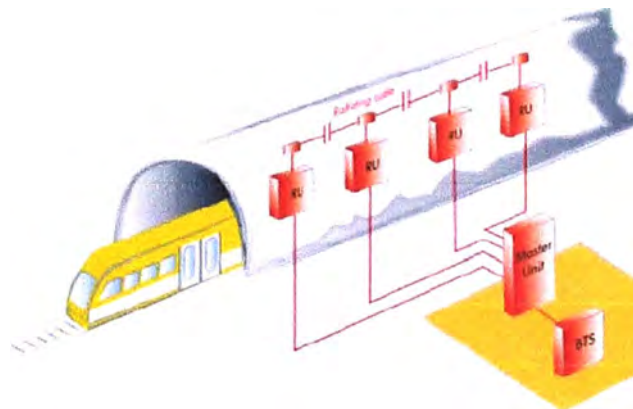


Figura 9. Repetidores conectados a una Micro BTS.

4. **Células Sombrilla (Umbrella Cells):** Este tipo de células se utilizan en aquellos casos en los que tenemos un elevado número de células de tamaño pequeño y continuamente se están produciendo cambios (handovers) del terminal de una célula a otra. Para evitar que suceda esto lo que hacemos es agrupar conjuntos

de microcélulas, de modo que aumentamos la potencia de la nueva célula formada y podemos reducir el número de handovers que se producen.

2.3 Métodos del análisis de las soluciones GSM

En primer lugar tenemos la división celular (Cell-splitting). Consiste en dividir una célula en otras más pequeñas para ofrecer mayor tráfico. Supone a su vez el aumento del número de antenas y alguna estación base. Se suele usar en las zonas más densas.

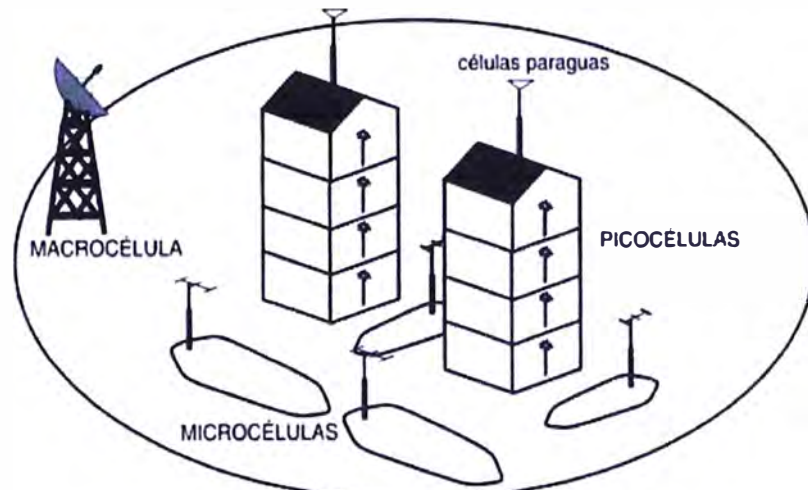


Figura 10. Soluciones de BTS.

Otro método bastante utilizado es Sectorización. Consiste en aumentar el número de células pero sin nuevas ubicaciones (dividimos las células existentes en sub-células; no en otras nuevas, lo que implicaría instalar más antenas "ampliaciones de RF").

Otros métodos más específicos son los de estructuras multinivel (HCS), con división en Macroceldas, Microceldas y Picoceldas (interior de edificios).

Éstas son las técnicas más extendidas, a todo ello le sumas el estudio de tráfico soportado por la red, número de usuarios, márgenes de desvanecimiento de señal (fading), balance de potencias, planes de asignación de frecuencias.

2.4 Problemas encontrados en el transcurso del proyecto

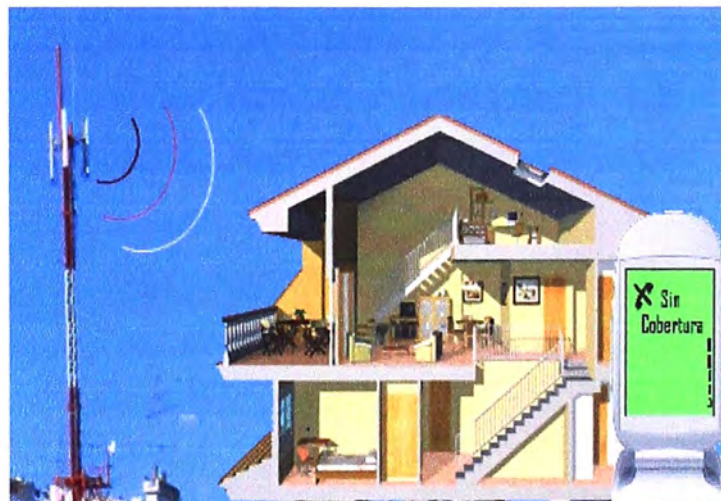
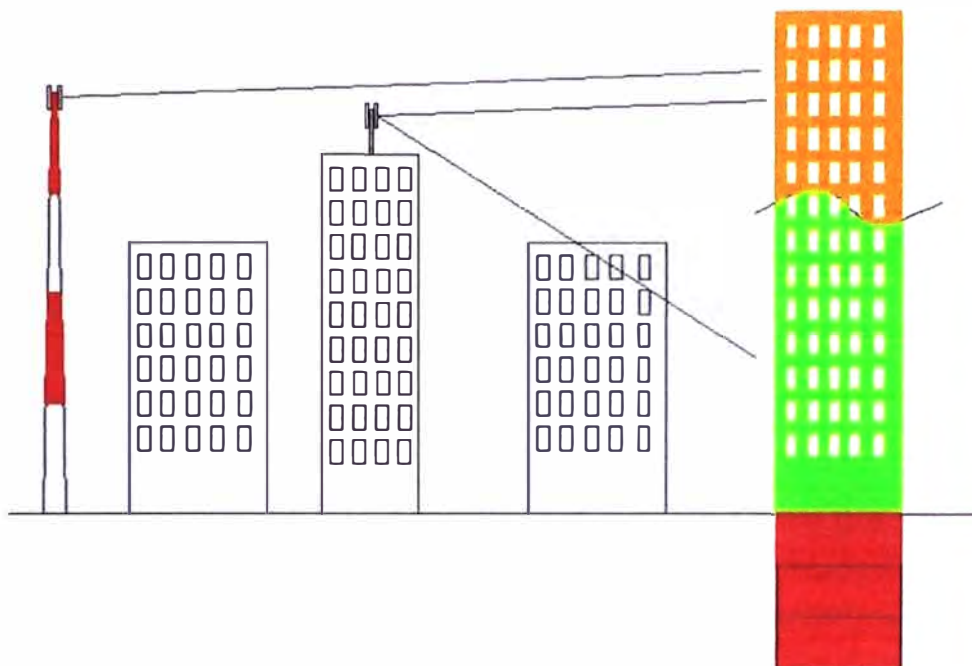


Figura 11. Problemas de cobertura por difracción.

1. Mejorar la capacidad de cobertura in-door en edificaciones existentes, las redes de celular se diseñan teniendo en cuenta la cobertura indoor en los pisos bajos de los edificios. Para pisos altos o subsuelos no hay solución posible "desde fuera".



- Pisos altos, cobertura de varios sitios simultáneos:
 - ❖ Ping Pong en 2G.
 - ❖ Soft handover en 3G.
- Pisos bajos. Generalmente cobertura aceptable con una celda dominante.
- Subsuelos o sótanos, zona sin cobertura.

2. La congestión de canales es una de las principales razones de llamadas infructuosas.

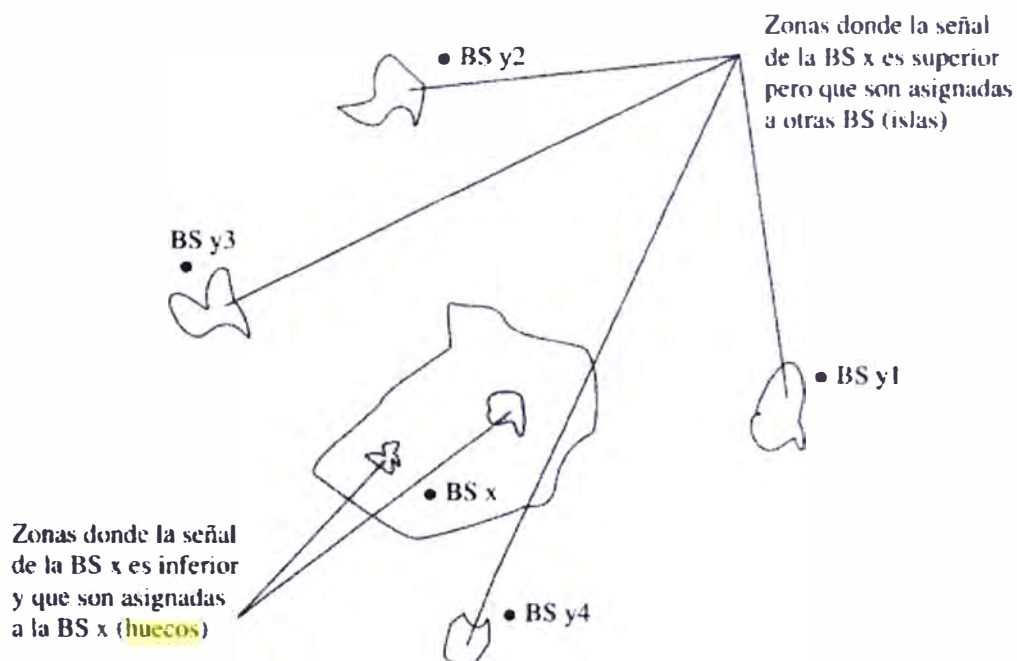


Figura 12. Pisadas de Cobertura de BTS.

En general un TE celular puede funcionar razonablemente bien con un campo de -95 dBm, o sea que este es un buen valor de inicio de cálculo para subsuelos o lugares donde NO hay cobertura y pretende lograrse con el sistema a instalar.

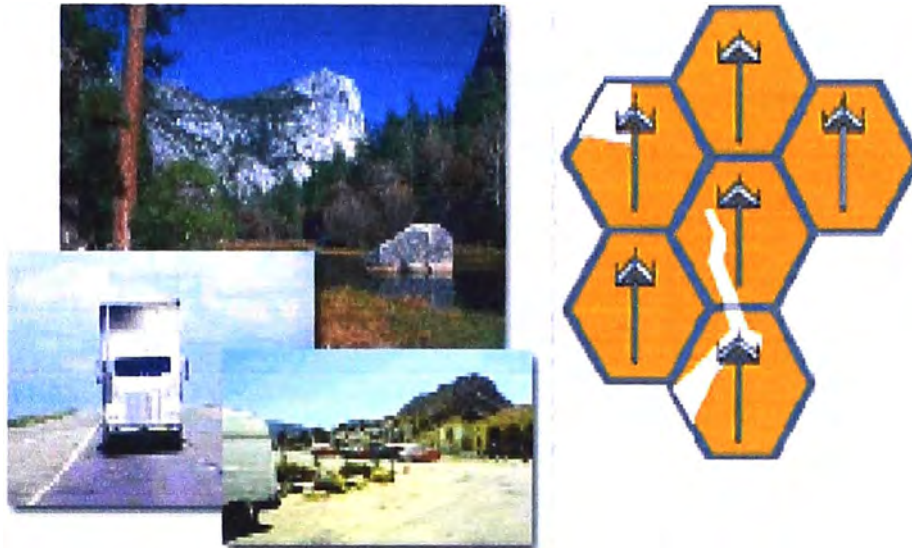


Figura 13. Coberturas en Carreteras y poblados pequeños.

CAPITULO III

SOLUCIONES IMPLEMENTADAS A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS EN EL PROYECTO OVERLAY GSM

En el desarrollo del proyecto se tuvo la necesidad de realizar la ampliación de TRX por motivo de cobertura y/o capacidad. Las redes celulares se diseñan teniendo en cuenta la cobertura indoor en los pisos bajos de los edificios. Para pisos altos o subsuelos no hay solución posible “desde fuera”, figura 1. Se estima que entre un 70% a un 80% de las comunicaciones celulares tiene origen o destino (o ambos) en condiciones indoor.

Lo que se podría realizar para dar soluciones a estos problemas son cambiar el azimut y el tilt de los sectores que se direccional a dichos lugares (edificios pisos superiores), se podría instalar microsites con una distribución de antenas indoor con splitters dentro de los edificios que presentan problemas de cobertura dentro de los edificios, se aumentaría la capacidad de TRX del site que se direcciona al lugar del problema o una de las ultimas soluciones seria la instalación de un repetidor.

En algunos casos la solución a los problemas de cobertura y/o capacidad son:

- ❖ Instalación de repetidores.
- ❖ instalación de microsites.
- ❖ instalación de TRX en las BTS outdoor e indoor, direccionadas a los lugares sin cobertura.

3.1 Repetidores



Figura 1. Lugar alto donde no hay buena cobertura

Una de las soluciones a nivel radio para el despliegue y la optimización de redes es el uso de repetidores, elementos de red que amplifican señal que luego es direccionada para cumplir ciertos objetivos de cobertura.

El problema es que muchas veces no hay un sitio claramente dominante y el teléfono se puede registrar en una celda lejana (creyendo que es la dominante) el teléfono vive haciendo "handoff" de celda en celda con empeoramiento de la calidad o entra en soft handoff en el caso de 3G empeorando el tráfico. Como también existen lugares de pisos bajos (baños, interiores de la casa, debajo de las escaleras) donde el nivel de señal de recepción es defectuoso.

Lo que buscamos con esta primera solución es canalizar la mejor señal que se encuentra en esa dirección y repetirla dentro del lugar para poder así cubrir el hueco de cobertura existente, esto se puede lograr con la instalación de una antena donadora, una antena receptora en la misma banda de la antena donadora y la instalación de un repetidor:

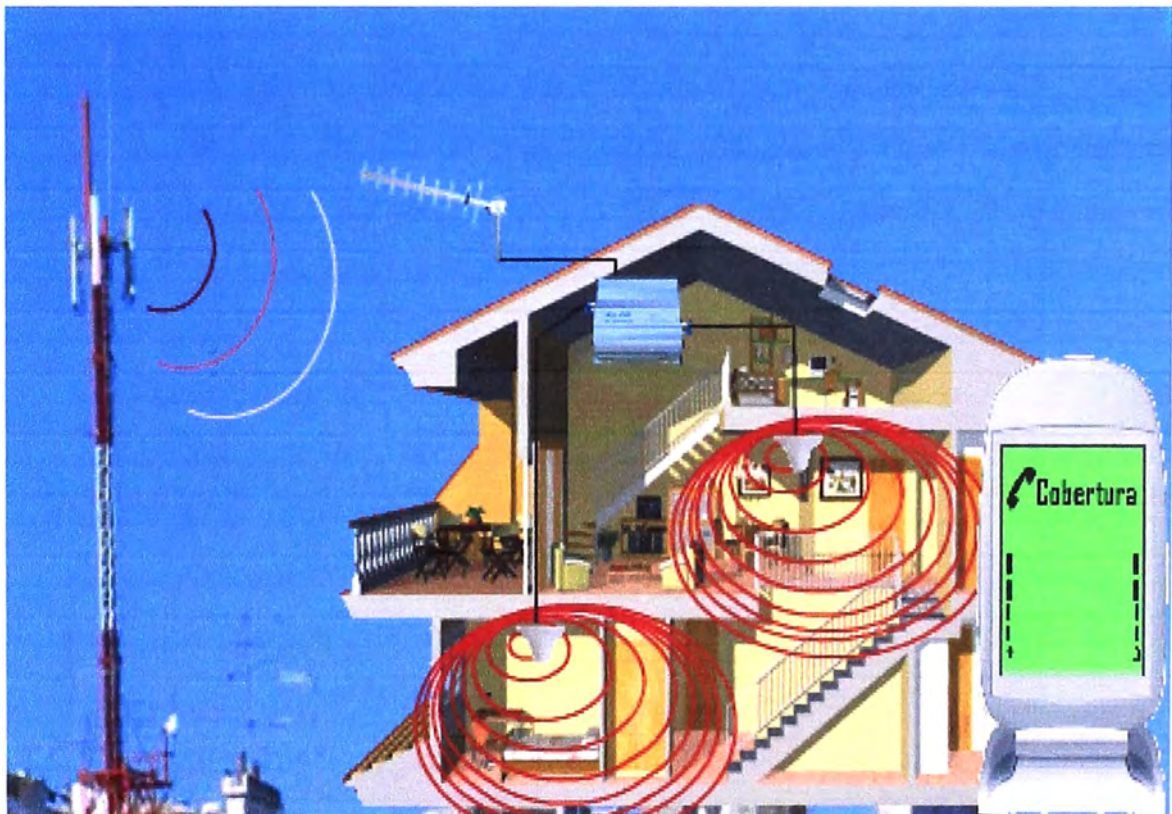
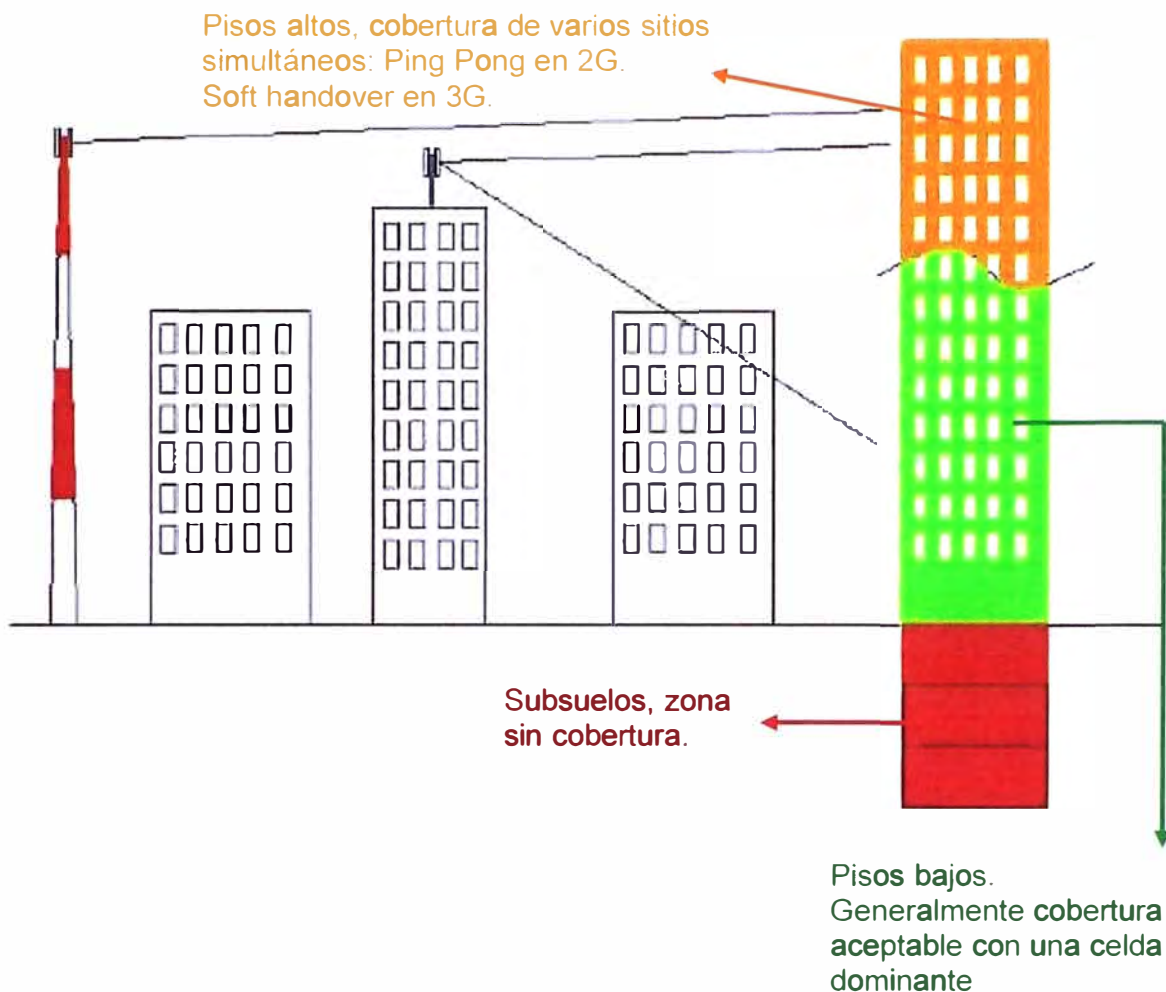


Figura 2. Con la instalación de un repetidor se tiene cobertura

3.2 Análisis de cobertura en niveles altos

En las edificaciones se debe de tener presente que en los pisos alto se pensaría que uno tiene una buena señal de recepción, pero en algunos casos esto no sucede. En los pisos inferiores se presenta lo opuesto no se tiene una buena señal downlink (Indoor), por lo que se tiene que buscar soluciones que brinde cobertura en áreas donde el nivel de señal de recepción es pésima; como muestra la figura.



3.2.1 SUBSUELOS:

De todos los problemas planteados el de solución más sencilla ya que consiste en brindar cobertura donde no la hay.

3.2.2 PISOS BAJOS:

En general las redes de celular se diseñan para cobertura indoor asumiendo una pérdida de penetración de 20dB en ciudades grandes. Esto permite llegar a la mayoría de los interiores de un edificio con "algunos" lugares de sombra (rincones de escaleras, baños internos, etc.).

3.2.3 PISOS ALTOS:

Acá el problema es que muchas veces no hay un sitio claramente dominante y el teléfono se puede registrar en una celda lejana (creyendo que es la dominante) el teléfono vive haciendo "handoff" de celda en celda con empeoramiento de la calidad o entra en soft handoff en el caso de 3G empeorando el tráfico.

3.2.4 TODO EL EDIFICIO:

Puede que un edificio no tenga problemas de cobertura, aún así muchas veces es necesario o recomendable poner un sistema indoor, ya sea para aislar tráfico, descargar tráfico de las celdas macro o brindar otros servicios especiales (3G por ejemplo).

3.3 Consideraciones para implementar REPEATERS

Luego de dimensionar la Red y conocer cuantas BTS se utilizarán, se realiza un estudio para incluir equipos repetidores que servirán para extender la cobertura de algunas BTS que no cuenten con demasiado tráfico.

En el siguiente grafico se aprecia un ejemplo de instalación de repetidores en exteriores:

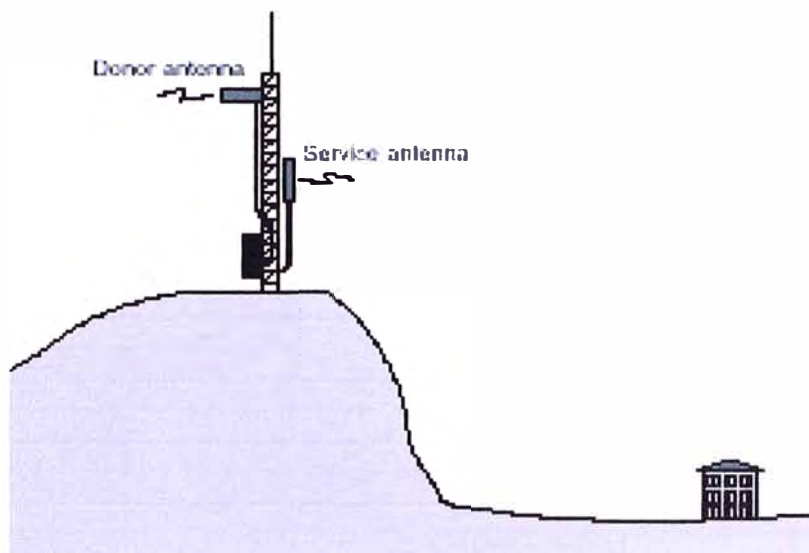


Figura 4. Repetidor exterior.

Las consideraciones que se realizan para instalar un repetidor celular son:

- Considerar que la BTS que servirá de donadora no tenga demasiado tráfico debido a que el repetidor celular tomara capacidad de canales de esta BTS dejándola sin mucha capacidad, en caso que el área a cubrir por el repetidor tenga alto tráfico.
- Cuando se tiene carreteras mal cubiertas y donde la razón costo beneficio no justifica la implementación de una BTS se piensa en la instalación de un repetidor ya que la construcción de estos resulta menos costosa que una BTS y además no es necesario utilizar equipos de transmisión.
- Cuando se tiene pequeñas localidades se puede pensar en usar repetidores ya que por la poca potencia que puede irradiar un repetidor aprox. 1 W (30dBm) no se podría pensar en tener indoor si la localidad fuera Urbana.
- Si se tiene un área no demasiado grande por cubrir y que geográficamente sea factible instalar equipos con medianas alturas (lomas cerca de localidades sub urbano) sin necesidad de construir torres demasiado altas entonces se piensa en instalar repetidores.

Otras aplicaciones que se le puede dar a los repetidores son en instalaciones indoor, esto es debido a que existen edificios (centros comerciales, coliseos, edificios de oficinas, etc.) que no tienen demasiadas ventanas o áreas abiertas, tragaluz, jardines, por donde

la señal pueda entrar, aparte de ser construcciones muy sólidas (concreto armado) que no permite que la señal entre al interior o pisos inferiores o sótanos.

Para estos casos es conveniente utilizar repetidores, en el siguiente grafico se muestran aplicaciones comunes:

Tipo 1:

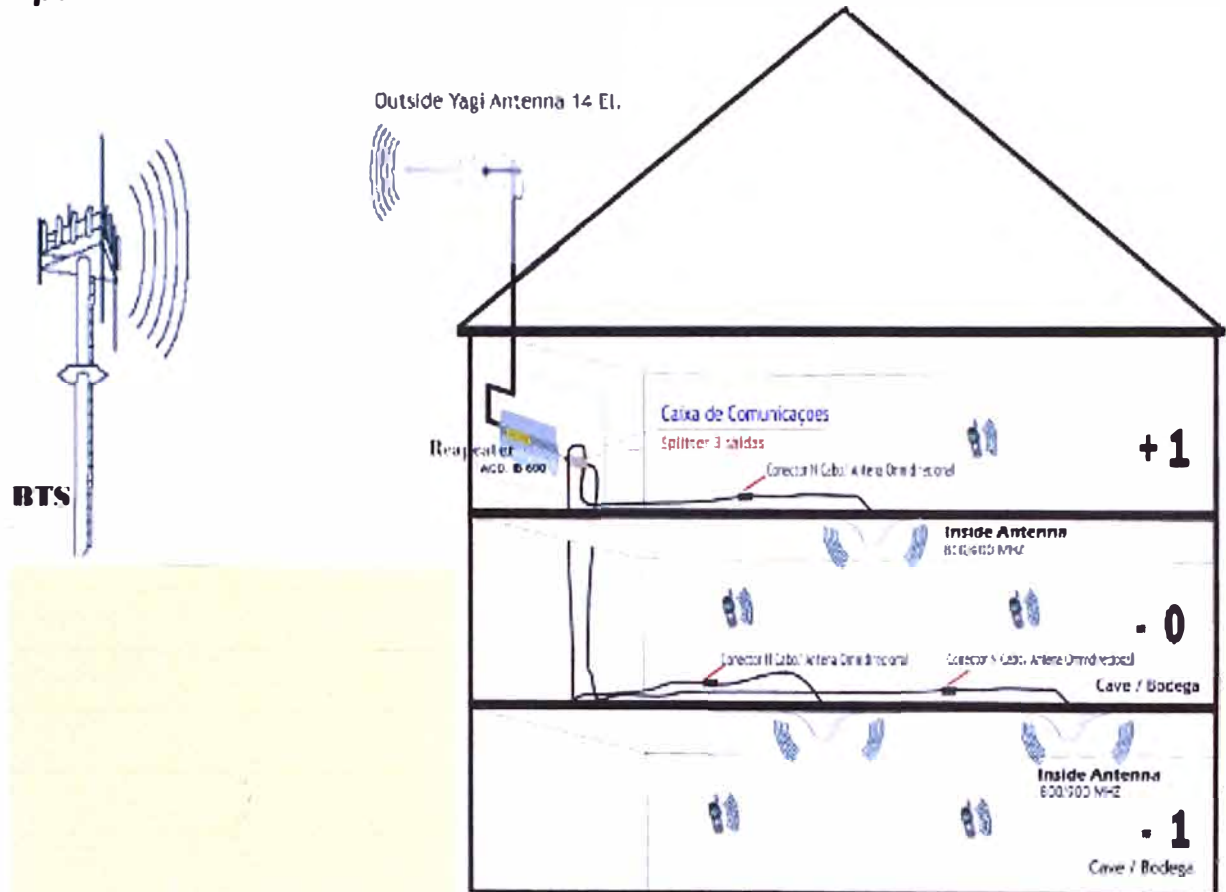


Figura 5. Falta de cobertura indoor

Tipo 2:

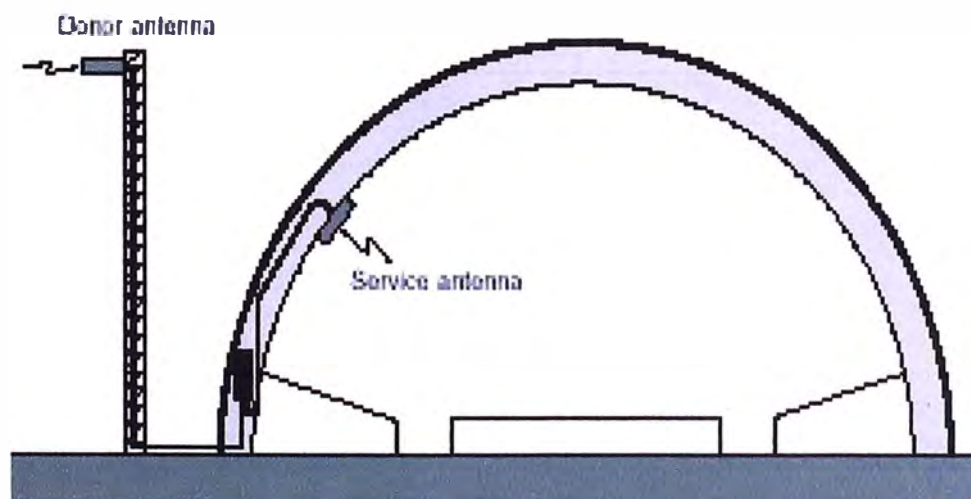


Figura 6. Repetidores en puentes subterráneos.

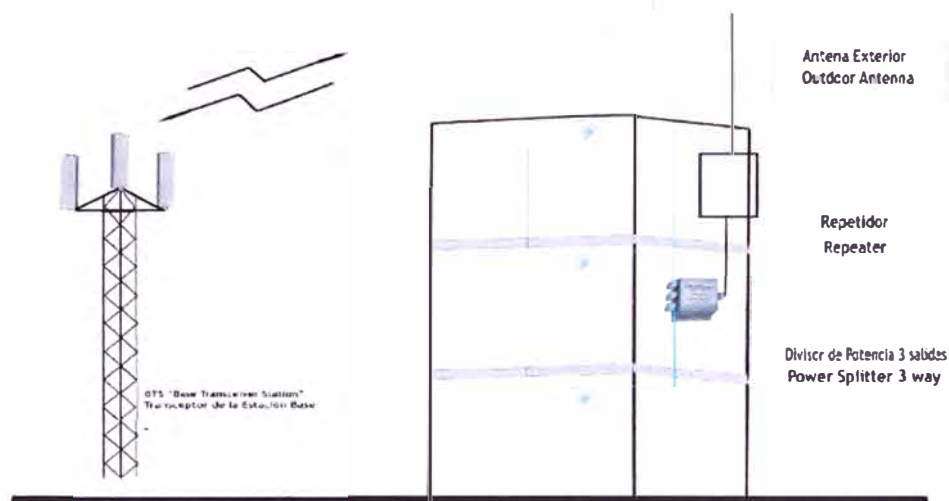
Tipo 3:

Figura 7. Repetidores en edificios

Actualmente en el Perú se están utilizando REPETIDORES; se caracterizan por:

- Son de Banda Selectiva, pero además estos permiten ajustar los filtros para que en la banda a repetir solo seleccione la banda que se desea utilizar.
- Además de filtrar la banda también se puede filtrar las frecuencias que se desea repetir y solo estas frecuencias serán amplificadas y repetidas.
- La potencia de irradiación es de máximo 1 W. (30dBm).
- Adicionalmente a la equipación Standard se puede incluir en la instalación banco de baterías que le da una autonomía de hasta 4 horas.

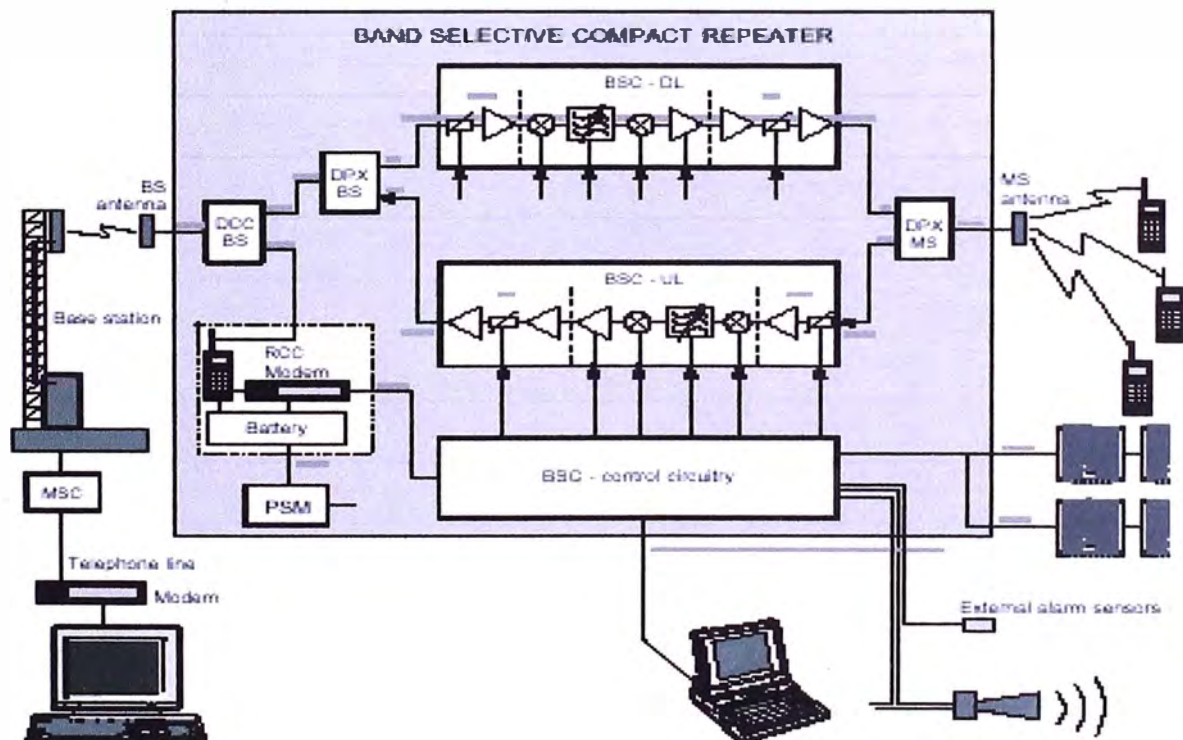


Figura 8. Diagrama de bloques de un repetidor

3.4 Ventajas y Desventajas de utilizar Repetidores

El utilizar repetidores en cualquier Red Celular siempre tiene algunas ventajas y desventajas.

Las ventajas de instalar un equipo repetidor:

- El costo del equipamiento es mucho más económico que una BTS.
- Se necesita menos inversión para la obra civil, debido a que no se necesita un espacio grande para instalar el equipo, incluso se puede instalar el repetidor en el mismo poste que sirve como soporte de las antenas donante y donadora.
- El equipo solo necesita tener una conexión de 220 W con toma a tierra.
- La instalación del equipo es sumamente rápida.
- No se necesita enlaces de interconexión.
- Los repetidores cuenta con una plataforma y con un centro de gestión.

Las desventajas de instalar un equipo repetidor son:

- Tiene poca cobertura debido a que solo puede irradiar 1 W.
- Utiliza un solo sector en el caso de cobertura outdoor debido a que utilizarlo con dos sectores implicaría poner un spliter a la salida del repetidor lo cual disminuiría a la mitad la señal a irradiar.
- Depende de BTS donante para poder continuar en servicio, si se corta el servicio de esta se pierde la conexión con el repetidor.

3.5 Soluciones posibles y tecnología disponible

Parte activa

Microceldas clásicas.

Nanoceldas accesibles vía IP.

Amplificadores bidireccionales banda ancha y canalizados.

Sistemas DAS (de antenas distribuidas)

Convencionales.

Ópticos.

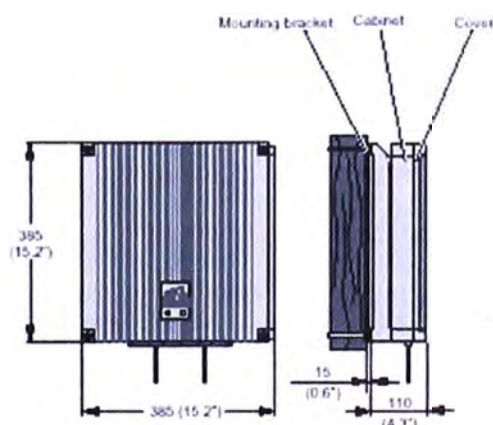


Figura 9. Dimensiones del repetidor Allgon.

3.6 MicroBTS

3.6.1 Hardware y arquitectura

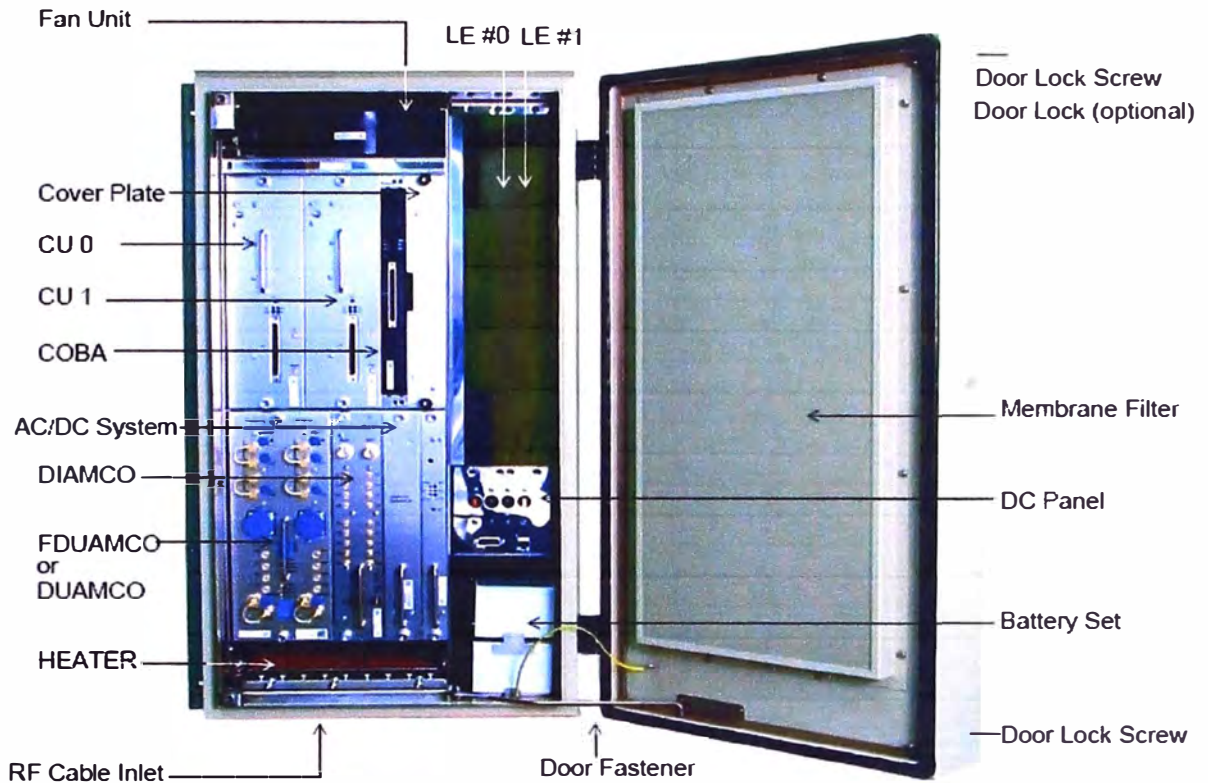


Figura 10. Hardware de MicroBTS Siemens.

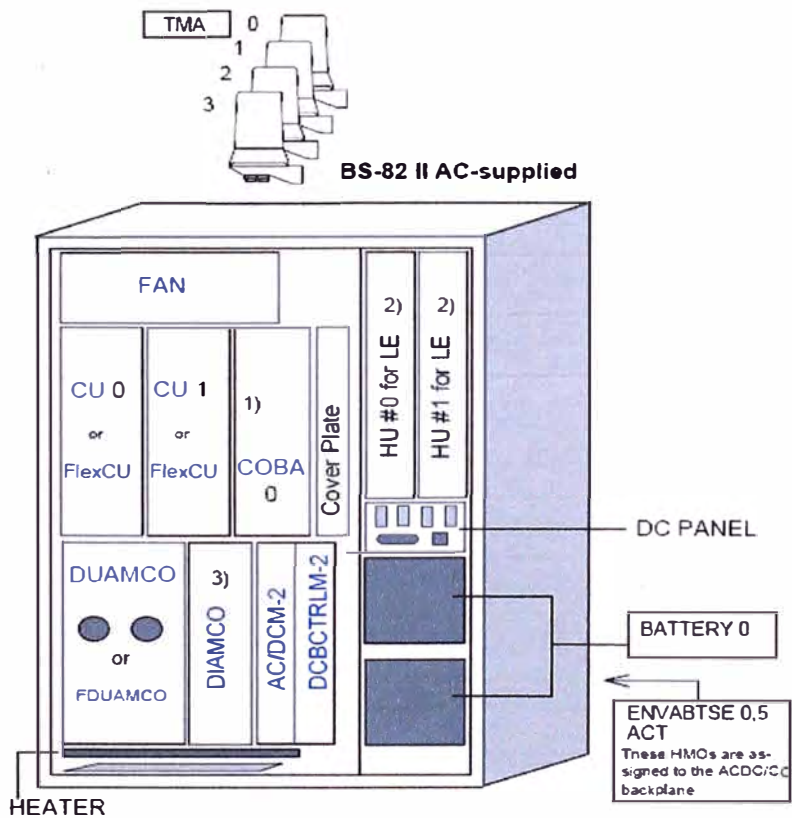


Figura 10. Arquitectura de Micro-BTS Siemens

Una microcelda clásica suele tener hasta 4 TRX (transceptores). Con 4 TRX se pueden brindar unos 28 Erlang de tráfico (mas que suficiente para cualquier solución puntual).

Las microceldas son usadas en los sistemas celulares, de tal manera que el tamaño y el costo son reducidos, proporcionan servicios donde quiera, además proporcionan gran capacidad, cobertura omnipresente, pocos equipos, bajos costos de infraestructura y facilidades de desarrollo de las BTS. Las BTS son pequeñas y no tan costosas para los sistemas sin cable, pero estos no son diseñados para redes celulares ni para aquellos que suministran alta capacidad de requerimiento.

La interconexión de microceldas es y será completamente diferente. Algunas microceldas son esencialmente "Sitios de Radiación Remota", donde los RF o IF de señales de radio móviles son transmitidos a través de un enlace óptico, o un enlace de radio punto a punto, para una distribución puntual de microondas que actúa como el centro físico de una microcelda.

3.6.2 Diagrama de bloques de BS-82 II.

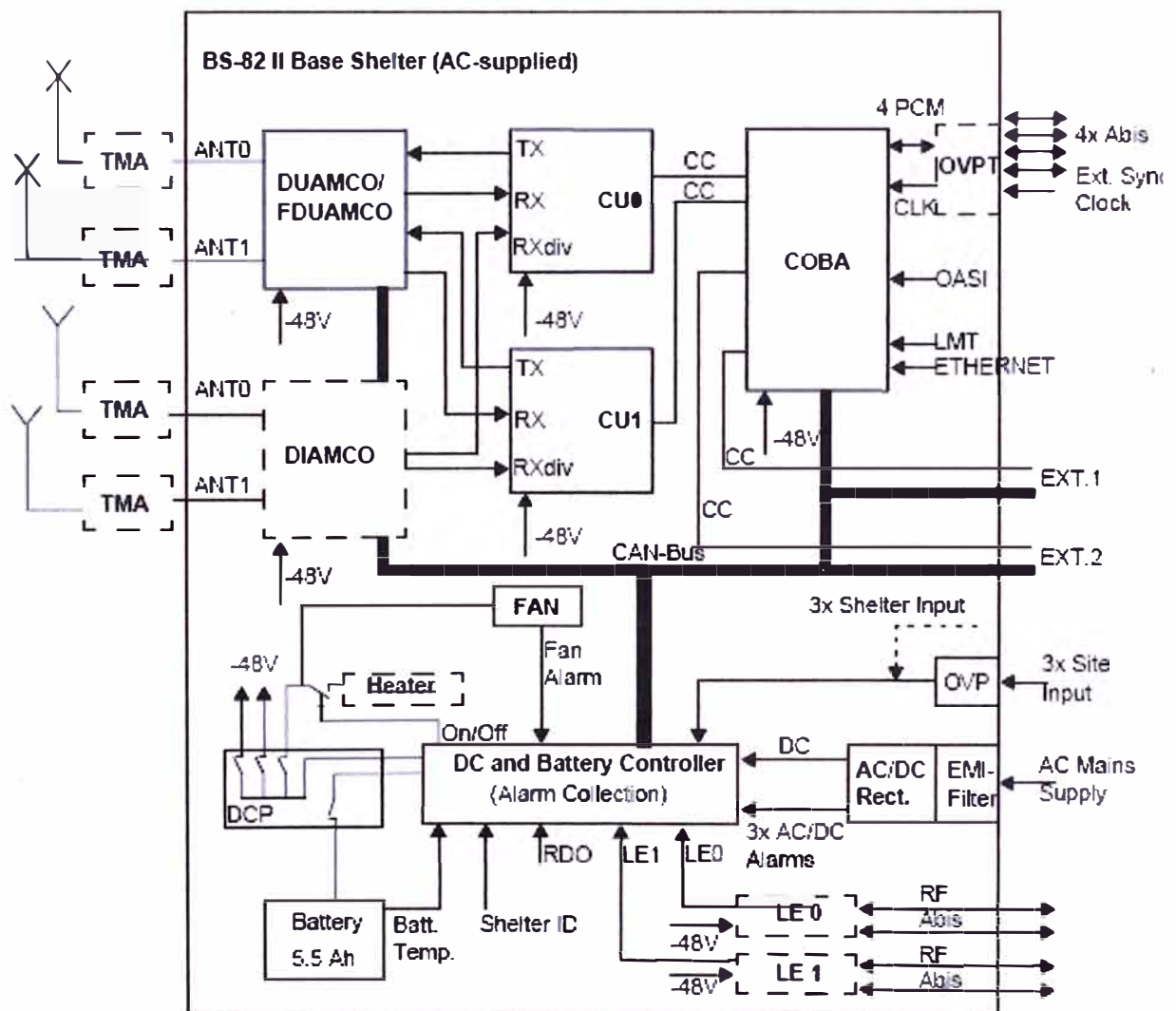


Figura 11. Diagrama de Bloques del BS-82 II

En la figura 11 se muestra la parte interna del MicroBTS 82-II, es decir back plane, el back plane es lo que controla la energización de los módulos y la señalización de los mismo de atravez de una misma tarjeta; la MicroBTS es un equipo muy sencillo de instalar necesita una energía de entrada de 220V y solo un E1 para su capacidad máxima de 4 TRX, pero no cuenta con una tarjeta de respaldo; consta de una tarjeta de control "COBA" y con solo una tarjeta de duplexor-combinador "FDUAMCO" este tipo de BTS es de un sistema 1+0; no es como las demás BTS`'s Siemens de sistema 1 + 1.

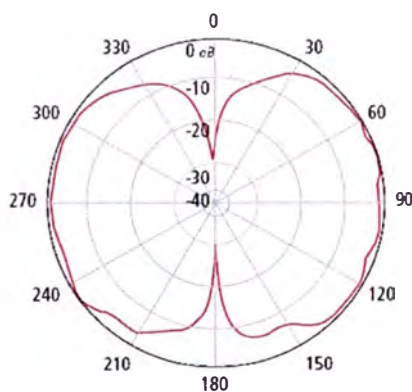
3.6 Sistemas de antenas indoor distribuidas

Se muestran algunos modelos de las antenas indoor que son usadas en la instalación del sistema radiante de algunas BTS de poca capacidad; como son las NanoBTS, las MicroBTS 82-II y ahora las FentoBTS. Estas antenas tienen las apariencias de elementos de los lugares indoor donde van instalados, lo que no se desea con estas antenas es causar un impacto visual distinto al lugar de instalación como las oficinas, auditorios.

Estas antenas son de cobertura Omni, las MicroBTS también pueden utilizar antenas normales como la X-pool, Quad y las Dual-Band.

- Antenas puntuales
- Cables radiantes

Antenas puntuales tipo omni



Elevation



Coaxial cable jumper reduces loss associated with connector junctions.

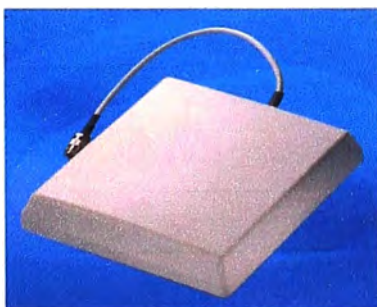
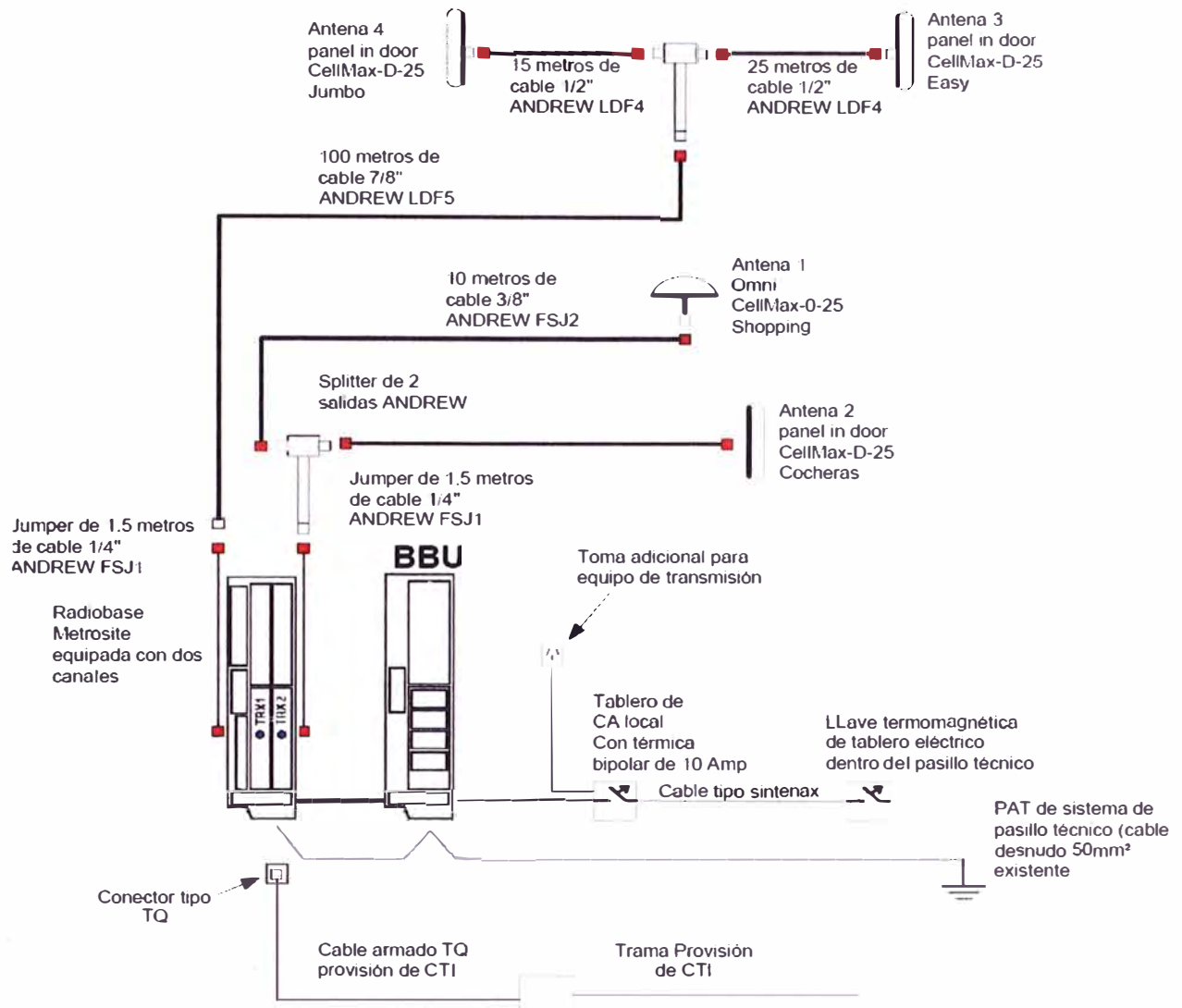


Figura 12. Tipos de antenas Indoor y sus patrones



Identificación de conectores

- Tipo N Hembra
- Tipo N Macho

Figura 13. Distribución de antenas Indoor.

La radiación del cable de modo acoplado se fundamenta en la dispersión sobre objetos cercanos. En teoría, en el espacio libre no irradian ya que los campos generados por las ranuras se cancelan mutuamente, son típicamente aperiódicos (no tienen una banda de trabajo definida). La radiación del cable de modo radiante se fundamenta en la radiación generada en las ranuras que no se cancelan como en los de acoplamiento.

Parámetros de cables radiantes

- Atenuación longitudinal: Como cualquier cable, se mide en dB cada 100 mts.
- Pérdidas de acoplamiento. Se mide en dB. Es la relación entre la potencia "dentro" del cable y la recibida por un receptor a 2m del cable.

Grafica de las pérdidas en un sistema de cable radiante

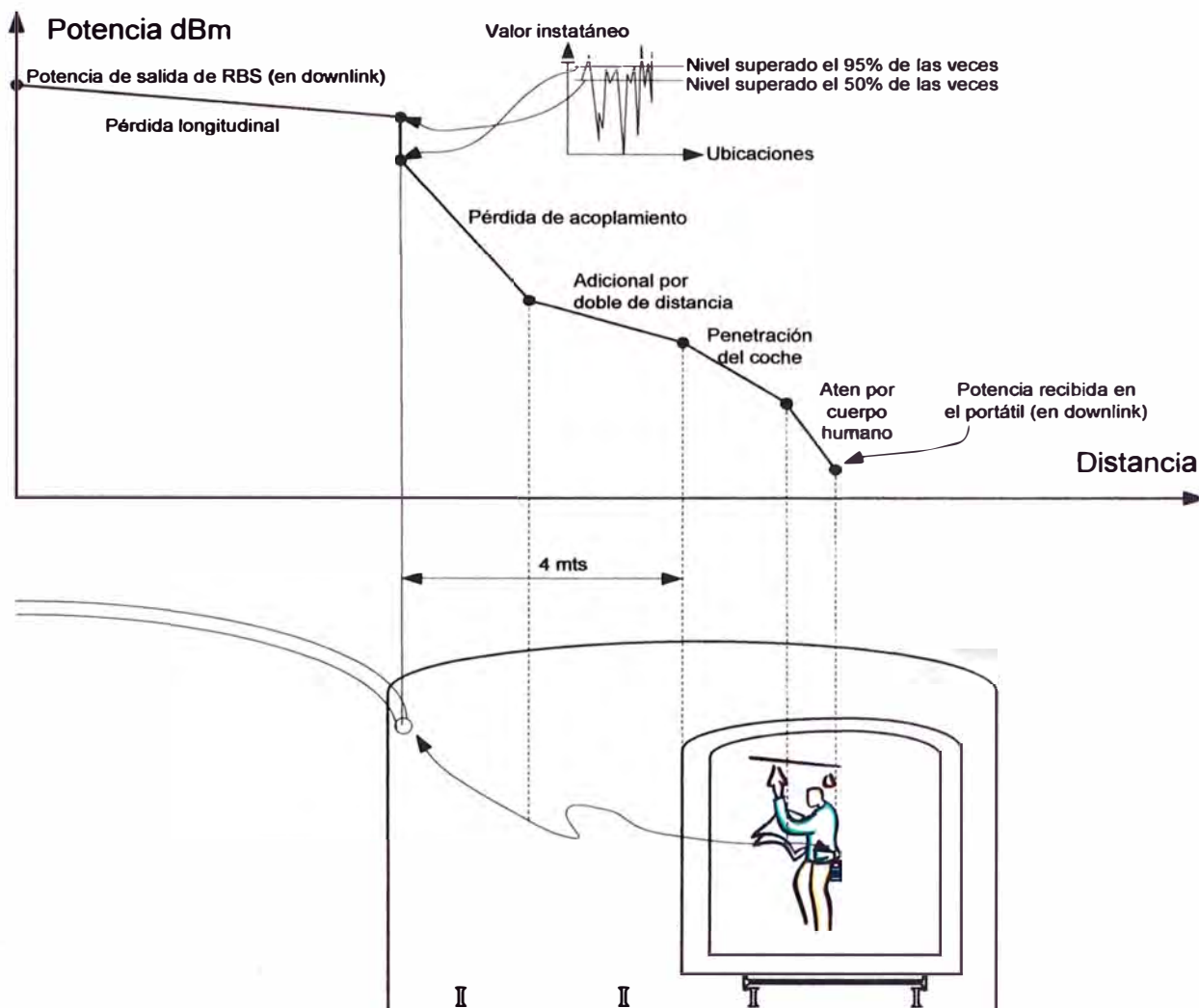


Figura 14. Grafico Potencia vs Distancia

Estando muy cerca de la antena el campo puede estimarse a través de las pérdidas de acoplamiento. Las pérdidas de acoplamiento de una antena indoor son de aproximadamente 30 o 40dB. Esto significa que si a una antena se la alimenta con +10dBm (10mW) un terminal en sus cercanías (10 a 20 cm) recibe -20 o -30dBm.

3.7.1 Balance

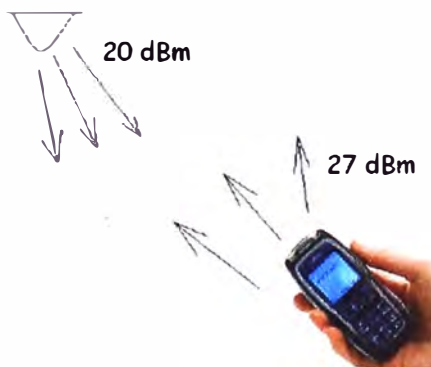


Figura 15. Niveles Uplink y Downlink.

En los sistemas indoor, el desbalance es DOWNLINK (es mas potente el celular que la antena de cobertura). Esto marca una diferencia con los sistemas outdoor donde la limitación se da en el uplink.

3.7.2 Particularidades

- El comportamiento con antenas es fuertemente dependiente de las características del túnel.
 - El comportamiento con cable radiante es independiente de las características (curvas, etc). El cable radiante es caro y lleva tiempo de instalar.
 - La propagación con cable es fácilmente predecible e independiente del tipo de curvas y obstrucciones del túnel.
 - Las antenas son muy económicas y se instalan en una noche.
 - Brindan una solución "aceptable" para las expectativas de hoy (2G).
- a) Donde instalar las antenas**
- En pisos altos es mejor antenas direccionales mirando hacia dentro
 - En subsuelos lo mas equidistantes posible
 - En recintos cerrados depende mas de la arquitectura.
- b) Elevamiento in-situ**
- Necesidades del cliente (entender BIEN lo que necesita).
 - Requisitos del cliente.
 - Conseguir datos del edificio (planos, fotos, etc).
 - Problemas que tenga el cliente (falta de calidad en los pisos altos, falta de cobertura en cocheras, etc).
- c) HandOff**
- Evaluar como se va a hacer el handoff con las celdas de afuera. Si hay un buen solapamiento se evitan llamadas perdidas al pasar de la cobertura outdoor a indoor o viceversa.
 - El proceso de handoff lleva algunos segundos en GSM.
 - El ingreso a un ascensor puede generar drop calls (el paso de la celda de afuera al de adentro es menos de 1 segundo).
 - Lo mismo pasa con túneles en los cuales los autos entran con gran velocidad y en menos de un segundo pasan de la cobertura exterior a la interior. En subterráneos hay que planear el handoff en zonas donde se tenga cobertura de las dos celdas y en lo posible con poco tráfico.
- d) Intensidad de campo indoor**
- En general un celular puede funcionar razonablemente bien con un campo de -95 dBm, o sea que este es un buen valor de inicio de cálculo para

subsuelos o lugares donde NO hay cobertura y pretende lograrse con el sistema a instalar.

- Aunque para los pisos altos lo que se pretende es otra cosa, es generar UNA CELDA DOMINANTE que supere ampliamente las recibidas.
- En este escenario se suelen recibir muchas celdas que superan ampliamente el campo mínimo requerido.
- En este caso se necesitan valores muchas veces casi 30 dB por encima de los que se busca en los subsuelos (-65 dBm por ejemplo).

e) Aspectos legales

- Solamente los prestadores de los servicios de telefonía celular pueden instalar equipos en las bandas asignadas. Es decir UN PARTICULAR NO PUEDE instalar un BDA en su casa.
- Todo equipo así sea instalado por el operador correspondiente debe ser homologado.

3.8 Detalles que requerimos

- Las telecomunicaciones tienden a usar telefonía celular en condiciones indoor.
- Para túneles la solución óptima es con cable radiante.
- Las nuevas tecnologías cada vez requieren de mas calidad de cobertura (C/I o sea señal útil sobre interferente)
- Para los edificios existentes no queda más remedio que instalar la solución que mas se adapte. Deberían incluirse los requisitos de telecomunicaciones en el diseño de edificios nuevos.
- Para edificios se recomienda la solución con antenas.

3.9 Ampliación de TRX en BTS OUTDOOR Y/O INDOOR

Implementación proveerá al Departamento Legal con la necesaria información para conseguir los permisos y los costos del candidato. En este momento el proceso legal empieza y este es completamente independiente con respecto a la evaluación técnica.

La integración de todos los equipos dentro de una estación base, como las BTS`s será realizado por personal de Siemens, los equipos de transmisión será realizada por personal de Telefónica supervisado por personal de Implementación SIEMENS.

Antes de poner On Air la BTS, esta pasara al estado de cell barred, que significa que la BTS estará prendida pero sin cursar trafico esto con el fin que se puedan realizar los ajustes en todos los equipos, así como realizar llamadas de pruebas. Cuando se corrige la cobertura con los tilt y los azimut de los sitios para mejorar la penetración de los sectores donde presentan problemas de cobertura, y los problemas persisten se tiene que pensar en ampliar la capacidad de los gabinetes.

A continuación se mostrara algunos modelos de BTS que se instalaron en el proyecto, como también los módulos de radio que van instalados dentro las BTS's.

Para iniciar el montaje de los equipos BTS dentro del proyecto Telefónica se deben tener en cuenta requisitos básicos de instalación, como son:

- El lugar de instalación de BTS, debe estar libre de agua o insectos que puedan provocar algún daño a los equipos, al igual que se encuentre limpio.
- En el caso de BTS indoor verificar que los equipos tengan puerta, y el piso tenga una cubierta protectora.
- El sistema de ventilación y energía debe estar instalado, y funcionando. Además se debe tener toma de energía eléctrica para conexión de herramientas.

Seguir los requerimientos que el supervisor de SIEMENS indique, de acuerdo a los reportes técnicos de sitio (TSS).

El BTSE incluyen los equipos de radio de todo en un sitio determinado para una sola celda o un grupo de células, cada una de las cuales (como un BTS) se caracteriza por sus propias Estación Base Código de identificación (BSIC). En el caso del sector de las células, cada célula se refiere a su propio BTS, aunque todos los BTS son físicamente agrupados en el mismo sitio (BTSE). El BTSE realiza funciones como el habla y la codificación de canal / decodificación, transmisión de y recepción, etc.

Siemens admite una amplia gama de productos de 850 MHz. Estos productos van desde las aplicaciones de voz estándar para mejorar los servicios de datos (EDGE). La primera gama de productos que el apoyo de 850 MHz son los BS240XL, BS240 y el BS241. Siemens ofrece una integración suave y fácil de GSM850 y GSM1900 MHz en el mismo bastidor. Esto proporciona la máxima flexibilidad a los clientes de Siemens. Dual Band (GSM850 y GSM1900) la operación contará con el apoyo de la versión BR6.0 adelante.

Las variantes BTS basado en la nueva BTS + arquitectura son los siguientes:

- ☞ BTSE BS-240XLU/BS-241 (BS-24x).
- ☞ BTSE BS-40/BS-41 (BS-4x).
- ☞ BTSE BS-82 eMicro (including BS-82 eMicro II).
- ☞ BTSE Pico.

Aspectos destacados de BS-24x son 24 TRX's en 3 bastidores con 8 TRX cada uno, redujo significativamente el volumen por TRX, y un futuro orientado a la preparación de nuevas características. La creciente demanda de mayor capacidad se resuelve con un volumen reducido por TRX y un número mayor de 8 Trxs por rack, 12 Trxs por radio celular y 24 Trxs por sitio. Esto también hace que el BS-24x una potente estación base doble banda. Una gama completa de equipos ofrece la combinación de alta potencia de

salida a todas las configuraciones de radio celular y una torre de óptima montado amplificador (TMA) garantiza una mayor sensibilidad del receptor.

3.9.1 BTS INDOOR BS-240XL-II

El BS-240XL II está diseñado para lograr la homogeneidad de las bandas para servir tanto GSM 850, GSM 900, con sus diferentes variantes (GSM 1800, GSM 1900) y las normas para sistemas de comunicaciones móviles. Por otra parte, la arquitectura de BS-II 240XL ofrece la máxima flexibilidad para desarrollar BTSs grandes y pequeños que tienen similares costos por TRX. Fig. 17 muestra el bastidor de base.

La arquitectura de BS-II 240XL ofrece la máxima flexibilidad para desarrollar BTS de mayor capacidad con un volumen reducido y aumentado el número de 24 TRXs (transmisores-receptores) en 2 bastidores con una modularidad, de 12 de Trxs por rack. Cualquier operación de ampliación de rack o de sustitución TRX no implica interrupción del servicio. La provisión de un equipo de alta potencia permite reducir al mínimo el número de antena. La recepción de alta sensibilidad también está garantizada.

El BS-240XL II, pueden ser configurados para la instalación interior; hay 4 tipos de rack:

- ☛ 1 Base Rack (con módulos CORE).
- ☛ 1 Extensión Rak (cuando se requiere adicionar más carriers).
- ☛ Service1A Rack (con AC/DC, link equipment, banco de baterías).
- ☛ Service2 Rack (link equipment, banco de baterías).

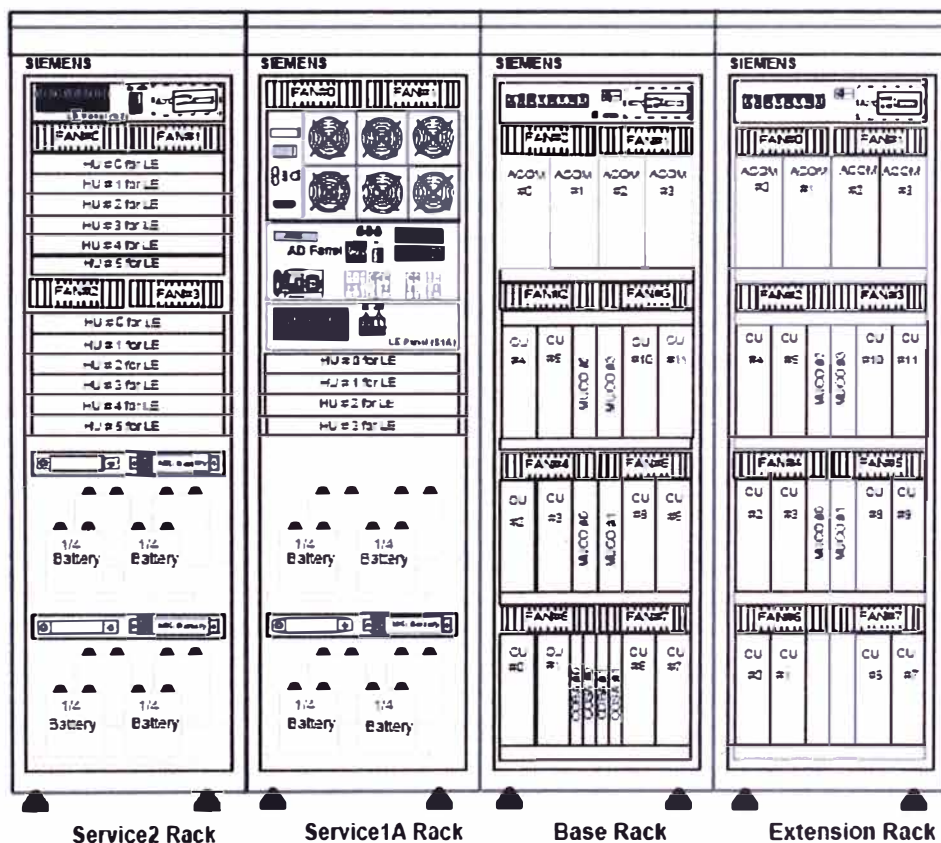


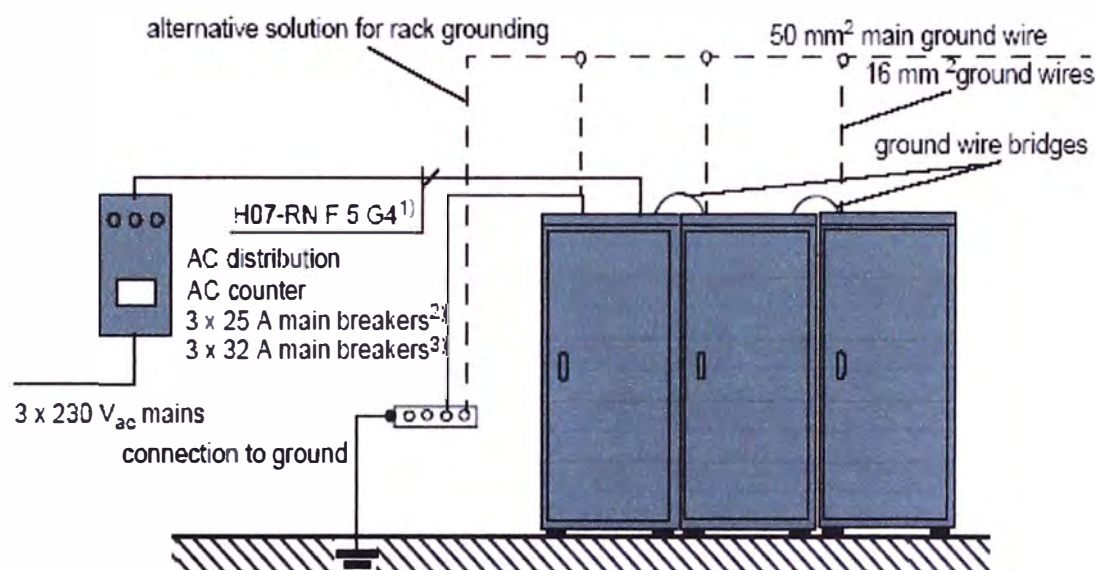
Figura 16. Configuración de Gabinetes Indoor.

Conexión a tierra: Antes de efectuar alguna conexión interna de la BTS, se debe conectar un punto de tierra a la barra más cercana.

Para efectuar este procedimiento se debe seguir las siguientes instrucciones:

- Use la barra de tierras más cercana en el sitio
- Mida la distancia entre el punto de conexión de la BTS, hasta la barra de tierras.
- Corte el cable, con la longitud requerida.

Remueva la cubierta del cable, utilice terminales de ojo luego ponchelos, para luego interconectar firmemente la barra de tierra con el rack.



1) cross section needed depend on the cable length between external breaker and MSU

2) BS-241, BS-240, BS-240XL

3) BS-241 II, BS-240 II, BS-240XL II

Figura 18 Conexión de tierra

Los bastidores deberán estar conectados al sitio de sistemas de tierra antes de iniciar la conexión de cable de alimentación de CA. Un cable de tierra externa (16 mm², conductor de cobre) tiene que estar conectado en la parte superior el lado izquierdo de puesta a tierra que se adjuntará a la barra de tierra en el sitio. Todos los bastidores adyacentes permanecerán en tierra mediante un puente de alambre prefabricadas y está conectado a las esquinas superior izquierda y derecha de cada rack, respectivamente. El punto principal de cable de tierra (50 mm², conductor de cobre) está instalado, es posible conectar cada rack en el camino más corto a la tierra principal utilizando cables de cobre de 16 mm².

Conecte los bastidores para el sistema de tierra de la siguiente manera:

- ☞ Utilice la barra de tierra más cercana en el sitio.
- ☞ Medida de las distancias entre los puntos de conexión del sistema de tierra y el tornillo de tierra del bastidor.
- ☞ Cortar los cables a la longitud requerida.

- ☞ Conecte el extremo del cable preparado para el tornillo de tierra.
- ☞ Apretar la tuerca con firmeza.

Conexión de alimentación AC: Para el proyecto de telefónica; esta conexión, no se efectuará, debido a que se empleará alimentación directa de los conversores DC/DC.

Conexión de alimentación DC: Esta se efectuará desde el conversor DC/DC ELTEK, y en la siguiente figura se muestra un ejemplo de conexión:

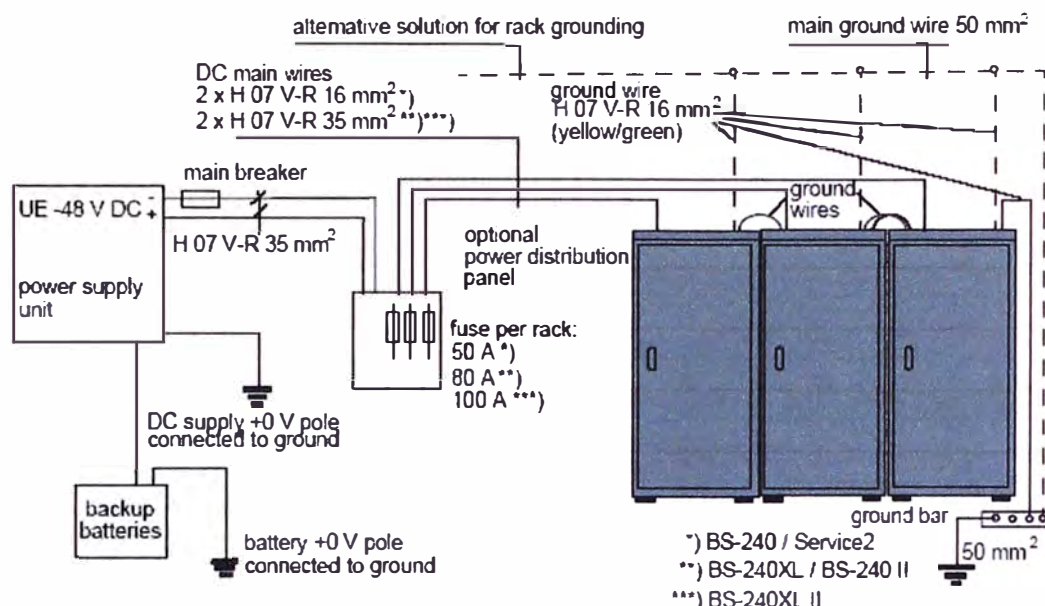


Figura 19. Energización DC de los gabinetes Indoor

Para efectuar el anterior procedimiento, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Verificar que los breakers en el tablero eléctrico, estén apagados.
- Mida la distancia entre el punto de conexión de la BTS, hasta el tablero eléctrico DC principal.
- Corte el cable, con la longitud requerida.

Remueva la cubierta del cable, para luego interconectar a la bornera del rack base, verificando que las conexiones sean firmemente unidas al Terminal MSU.

Tabla 1. Características principales de BS-240 XL

Características	BS-240XL II (indoor)
Max. TRX per BTSE	24
Max. TRX per cell	48
Dimensiones (mm) (HxWxD) (Base Rack)	2025x600x450 (6'8"x2'x1'6")
Volumen neto	547 l
Maximo consume de potencia / Rack GSM-CU	1962 W
Maximo consume de potencia / Rack EDGE-CU about	2829 W
Peso de Rack vacío	85 kg (187 Lbs)

Peso de los módulos:	Modulo 4 ACOM's ca. 40kg (88Lbs). Modulo 4 CU's y 1 ACOM ca. 40kg (88Lbs). Modulo AC/DC con 6AC/DC ca 27kg(60Lbs) Modulo con set de bateria 85 Ah ca. 140 kg (309 Lbs). Modulos AC/DC con 3 modulos AC/DC ca. 18 kg (40 Lbs)
Peso del Service1A Rack with 2 AC/DC y 1 set de bateria:	280 Kg (617 Lbs)
Peso del Service2 Rack with 3 sets de bateria:	505 Kg (1113 Lbs)
Rango de Temperatura (°C)	-5 °C to +55 °C +23 °F to +131 °F

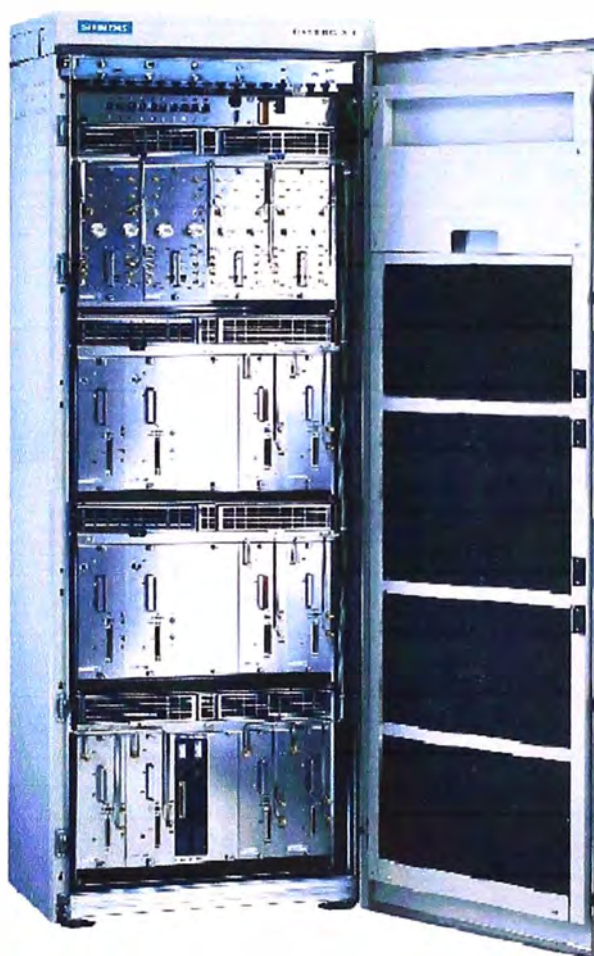


Figura 20. BTS 240-XL Siemens

3.9.2 BTS OUTDOOR

La arquitectura de BS-240/241 ofrece la máxima flexibilidad para desarrollar una mayor capacidad BTS con un volumen reducido y un número mayor de 24 Trxs en 3 Bastidores con una modularidad, de 8 de Trxs por rack. Cualquier operación de ampliación de rack o de sustitución TRX no implica interrupción del servicio.

La provisión de un equipo de alta potencia permite reducir al mínimo el número de antena. La recepción de alta sensibilidad también está garantizada.

La comunicación primaria entre los módulos se ofrece a través de una serie bi-direccional de enlace de comunicaciones entre las unidades de transporte (CUS) y la tarjeta de CORE. La conexión en serie proporciona una manera efectiva de poner en práctica la frecuencia de banda de salto. Todas las alarmas, al lado de las alarmas generadas en el CORE y en las tarjetas de CU, se transportan a través del bus CAN (estándar de GSM, la norma ISO 11898). El BS-24x compatible con alarmas externas para el operador PLMN. La ubicación de un sitio directamente puede afectar el correcto funcionamiento de la estación base. En términos de las situaciones de contaminación excesiva de sal se recomienda no colocar el BS-241 / 241 II cerca de las zonas costeras a fin de evitar los intervalos de mantenimiento más breves. Se recomienda mantener una distancia de unos $m > 1500$ de la costa.

Recintos en los sitios costeros no debe ser instalado con la tomas de aire se enfrentan directamente a los vientos predominantes del mar o de pulverización. Instalación bajo los árboles no se recomienda debido a mayores niveles de insectos, etc que se pueden extraer en el sistema de enfriamiento por los fans.

En las zonas de mucha nieve caída de la estación base debe colocarse en un riel con una altura adecuada, de modo que las tomas de aire no será bloqueado por la nieve. En las zonas propensas a las inundaciones de la estación base no deben ser colocados en el suelo, porque su parte inferior no es impermeable.

Sitios ubicados cerca de las nubes de polvo en el aire excesivo de cemento, es decir, depósitos de carbón, etc. También deben reducirse al mínimo con el fin de evitar la contaminación del sistema de refrigeración y mayor mantenimiento.

El rango de temperatura ambiente es de $- 45 \text{ }^{\circ} \text{C} \dots +50 \text{ }^{\circ} \text{C}$

Debido a la configuración flexible, varios kits de cable se utiliza para las conexiones entre los distintos gabinetes o shelters:

- ☞ Base Rack, contiene módulos básicos, hasta 8 unidades de transporte y los combinadores de antena.
- ☞ Extension Rack, contiene hasta 8 unidades de transporte y los combinadores de antena.
- ☞ Service1 Rack para BS-241, contiene convertidores AC / DC, baterías de respaldo y enlace equipo en una configuración flexible.
- ☞ Service1A Rack para BS-241 II, contiene hasta seis convertidores AC / DC. Cuadro de distribución (ADP) con alarma Collection Terminal, baterías de respaldo y enlace equipo en una configuración flexible.
- ☞ Service2 Rack, contiene baterías de respaldo y equipos de enlace en la flexibilidad configuración.

La configuración mínima con max. 8 unidades de transporte requiere la instalación de un base rack y de un Service1 / Service1A Rack. Para una configuración máxima de 24 TRXs requiere la instalación de un base rack, 2 Extensión rack y de una Service1 / Service1A rack. El equipo de un extensión rack es igual a los de la base rack. (sin módulos de CORE). Figura 18 muestra un site totalmente equipada de Extensión. Para la extensión de equipos de enlace por seguridad es necesario agregar un service rack. El sistema integrado de control de clima de la BS-241 / 241 II debidas garantías al aire libre (temp. amplia operación: -45°C $+50^{\circ}\text{C}$).

El producto ha sido evaluado para la protección contra salpicaduras de agua del recinto desde cualquier dirección y de protección de ingreso de acuerdo con IP 55 (60529).

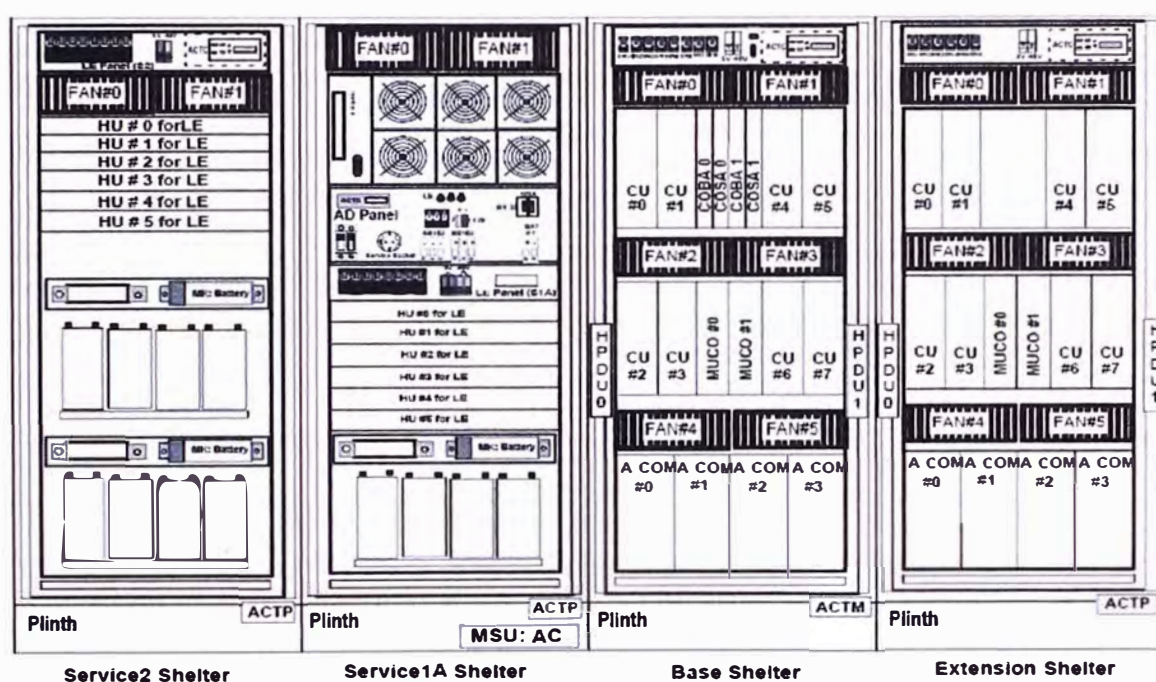


Figura 21. BTS 240-II Siemens

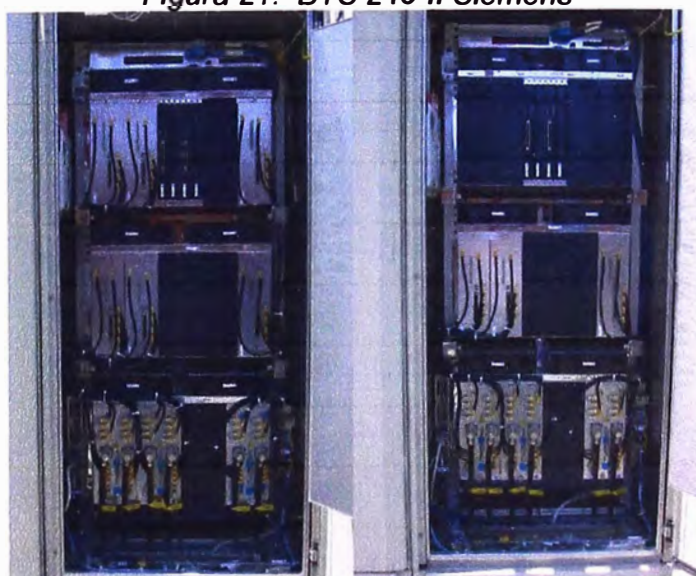


Figura 22. BTS Outdoor Siemens.

3.9.3 Módulos TRX

a) ECU (1TRX).

La unidad de transporte (CU) que soporta la BS-24x para todas las portadoras orientadas a las comunicaciones. Dos frecuencias de señal de radio (diversidad) se reciben en dirección ascendente y son procesadas dentro de ella.

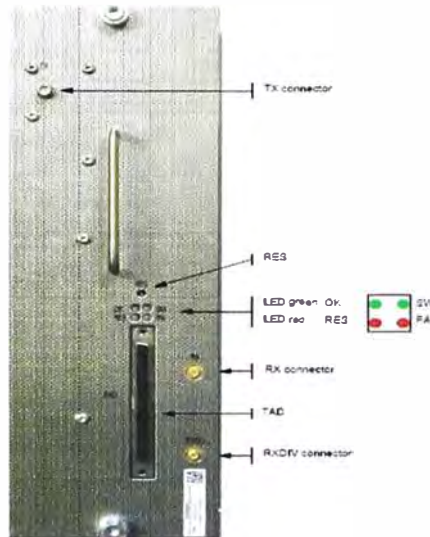


Fig. 2.82 ECU (Front View)

Figura 23. ECU

b) FCU (2TRX).

Son 2 tarjetas ECU integradas en una solo, son monobanda.

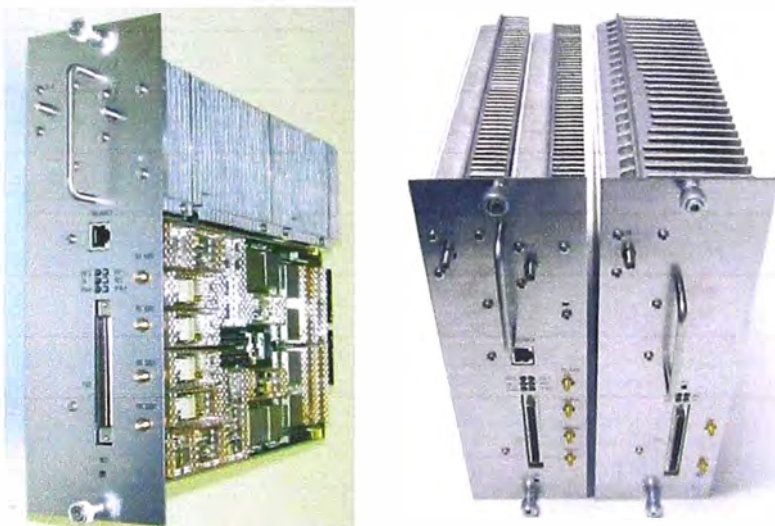


Figura 24. 1FCU, comparación de 1FCU y 1 ECU

c) FDUAMCO4:2 (DUPLEXOR - AMPLIFICADOR - COMBINADOR).

Las configuraciones 4:2 FDUAMCO se utiliza 2 antenas X-Pool con 4 carrier cada uno. Para esta configuración, existen conexiones que van a las tarjetas ECU o FCU a través de los flexi cables, como también se conectan a estos módulos el sistema radiante a través de los jumpers. Estos módulos son modulares pueden trabajar en una configuración DUAMCO 2:2 Y FDUAMCO 4:2.



Figura 25. Módulos de BTS (ECU, FCU y FDUAMCO)

Estas ampliaciones implican también un crecimiento en el sistema radiante; en el sistema de energía y en el medio de transmisión (ampliación de E1).

3.9.4 Ampliación del sistema radiante.

Estas ampliaciones de los módulos de portadoras (TRX) necesitan algunas veces la ampliación del sistema radiante (jumpers $\frac{1}{2}$, feeders y antenas).

Se deben tener en cuenta las siguientes tolerancias para los radios de curvatura de los cables alimentadores, de acuerdo a recomendación del fabricante RFS:

Cable 7/8" LCF78-50JA: 250 mm

Cable 7/8" UCF78-50JA: 125 mm

Cable 1 5/8" LCF158-50A: 500 mm

Para la fijación de main feeder de cable 7/8" y 1 5/8" en las estructuras metálicas (torres autoportadas, monopolos, torres riendadas y rooftop) se utilizará el sistema de fijación de RFS mostrado en la siguiente figura. Multiblock hanger ref. MBH78-6

La parte CLEAT MKD 15/12 MKD21 (Universal Angle Adapter) puede ser fijada en ángulos verticales u horizontales.



Figura 26 Hanger ref. MBH78-6



Figura 27. Sistema Radiante (Feeder, antenas)

3.9.5 Ampliación del sistema de Energía

Las conexiones internas de la BTS que se efectuarán en el proyecto Telefónica son:

- En BTS outdoor las conexiones de AC se harán a través de terminales con voltaje de 240 V bifásico.
- Para las BTS indoor se alimentará el rack a través de un conversor de voltaje DC/DC, que suministrará en la entrada dos terminales, en los cuales se tendrán -48V DC, en donde el Terminal 0V+ será el cable negro, y el negativo (-48VDC) será el cable azul.
- Un punto principal de tierra.
- Una interfaz abis por medio de un cable coaxial de 75 ohms.

Opcionalmente, se instalarán alarmas externas según criterio del cliente.

Se alimentará por una línea bifásica de 240 V AC, desde el tablero eléctrico de distribución, a través de un breaker de 60 Amperios.

El recorrido del cable alimentador debe estar cubierto por una coraza protectora, y se conectará como se muestra en la siguiente figura:

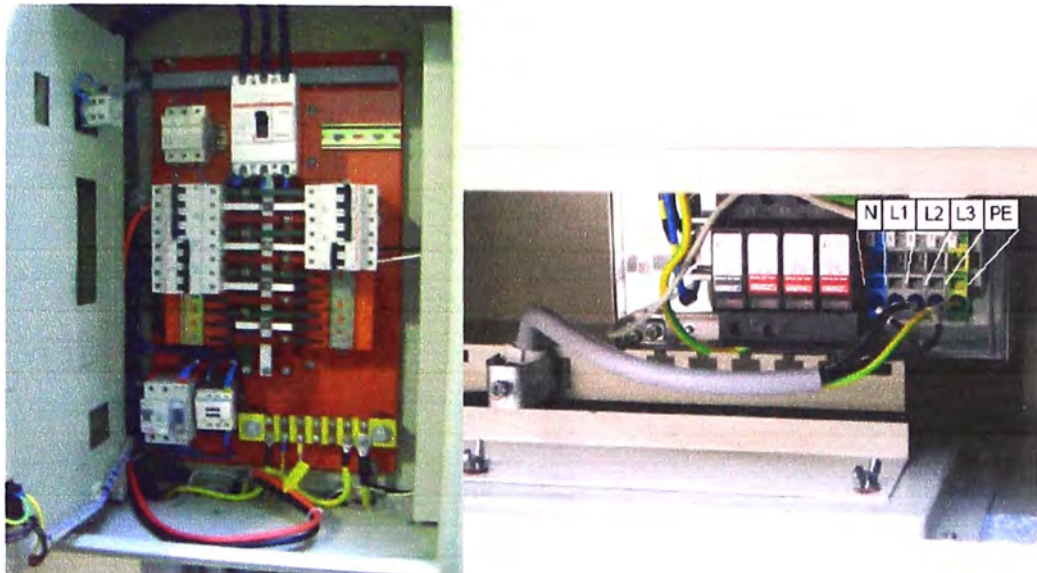


Figura 28 Alimentación AC.

Para efectuar el anterior procedimiento, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Verificar que los breakers de 60 Amperios en el tablero eléctrico, estén apagados.
- Mida la distancia entre el punto de conexión de la BTS, hasta el tablero eléctrico principal.
- Corte el cable, con la longitud requerida.
- Remueva la cubierta del cable, para luego interconectar las fases firmemente a la bornera del rack service. Adicionalmente se debe efectuar conexión del neutro y la tierra.



Figura 29. Sistema eléctrico (Tablero general, bancos de batería)

3.9.6 Ampliación del medio de Transmisión (AUMENTO DE E1)

La interfaz de conexión PCM, se encarga de proveer comunicación entre la BTS y la BSC, se encuentra en el panel EMI, en la parte superior del rack base.

Se utilizará un cable coaxial de 75 ohms para la conexión y para ello se debe armar un conector para este fin.

Este conector es microsiemens, y va soldado a su respectivo pin, conectado al vivo del coaxial, y luego se poncha el buje de sujeción. Se debe efectuar conexión de los PCM 1, tanto para recepción como para transmisión.

En la tarjeta se debe identificar el lugar marcado con PCM1, para transmisión en el sitio PCM1-ULA, y para recepción PCM1-DLA.

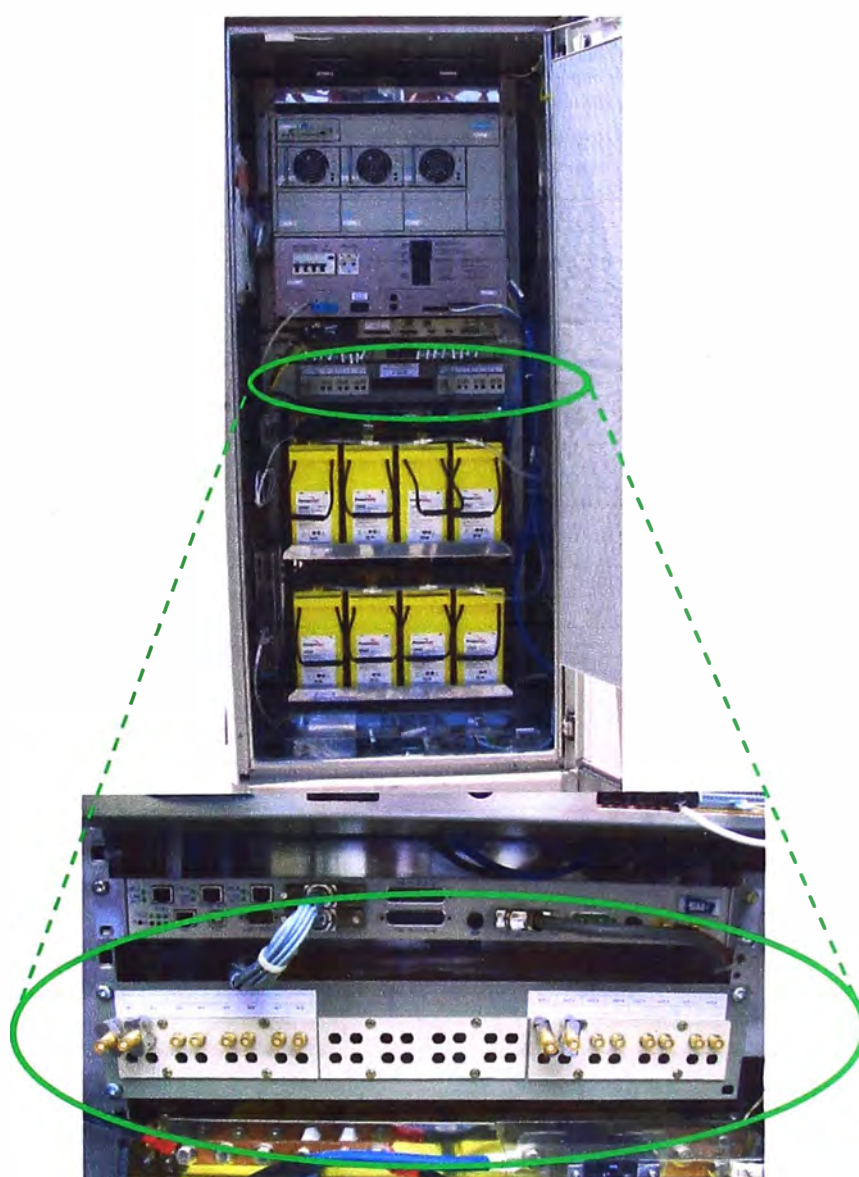


Figura 30. Medio de transmisión (E1).

CAPITULO IV ANALISIS DE COSTOS Y TIEMPO DE EJECUCION

4.1 Estimación de costos y tiempo de implementación

Con respecto a lo expuesto, tenemos que tener en cuenta los dos problemas frecuentes que se encontraron en el transcurso de la ejecución del proyecto.

Para ampliar mas TRX se debe tener presente los motivos de calidad y capacidad. Al ampliar TRX se debe tener en cuenta la capacidad del gabinete disponible o si necesita la instalación de una BTS.

- ☞ Ampliar TRX en un gabinete con capacidad disponible.
- ☞ Ampliar TRX en donde se necesita también la instalación de una nueva BTS.
- ☞ Ampliar la capacidad en una determinada área, problema indoor existe 2 soluciones las cuales son:
 - ♣ Instalación de un repetidor.
 - ♣ Instalación de Micro BTS.
- ☞ Por un acontecimiento se necesita ampliar la capacidad y darle cobertura a un determinado lugar.

Para ejecutar lo antes expuesto se necesita primeramente realizar la visita para realizar mediciones antes de tomar una decisión.

Tabla 4.1. Gastos en personal de Planificación de red RF.

TIPO DE SERVICIO	ITEM	PRECIO UNITARIO	TIEMPO ESTIMADO
PLANNING	Gerente del área	10,000.00	
	Ing. Senior	7,000.00	
	Ing. Junior RF planning RF de red	3,000.00	2 días
	Ing. De Servicios	3,000.00	2 días
	Ing. Data Base	3,500.00	1 día

Debemos tener en cuenta que el personal de planning son los indicados para ubicar la nueva estación y también ver la capacidad de los sites azimut, tilt y el sistema radiante. Estos datos recopilados en sitio ubicando el nuevo site TSS, con estos datos simulamos la nueva estación para observar el impacto que esta va tener en la red.

Sino se instalara un nuevo sitio el mismo personal de planificaron debe tener en cuenta en cuanto va crecer la estación mas cercana al target para poder tener mejor cobertura donde se desea cubrir y tener la capacidad necesaria para absorber el trafico necesario. Conjuntamente el personal de optimización debe hacer las prueba para ver el impacto que va causar el nuevo site a la red para ello cuenta con tolls de simulación que hace posible analizar como va quedar la red con esta nueva estación.

Tabla 4.2. Gastos generados por personal de optimización de RF

TIPO DE SERVICIO	ITEM	PRECIO UNITARIO	TIEMP ESTIMADO
OPTIMIZACION RF	Gerente del área.	10,000.00	
	Ing. Señor optimización de red.	7,000.00	3 días
	Ing. Analista RF.	3,000.00	1 día

IMPLEMENTACION DE LA RED

El proceso de construcción e implementación del site será desarrollado por la Gerencia de Implementación. Todas las obras empezaran luego que se emita y apruebe el SVC (Site Validation Certificate), teniendo en cuenta los parámetros técnicos descritos los documentos TSS y SCM (Site Configuration Module).

El tiempo de ejecución de las obras serán evaluados por la gerencia de Implementación, así como la instalación de los equipos de radio y transmisión (el personal de transmisiones que supervisa la instalación de los enlaces también pertenece a la gerencia de Implementación).

El personal de Implementación de Nokia también supervisara la instalación de los equipos de Radio.

La integración de todos los equipos de la BTS ya sea equipos de radio como de transmisión será realizada por personal de Nokia supervisado por personal de la Gerencia de Implementación.

Antes de poner On Air la BTS, esta pasara al estado de cell barred, que significa que la BTS estar prendida pero sin cursar trafico esto con el fin que se puedan realizar los ajustes en todos los equipos, así como realizar llamadas de pruebas.

Teniendo todo el estudio de campo, viene la etapa de instalación y puesta en servicio lanuela estación y/o la solución obtenida por el área de RF (planeación y optimización).

El personal indicado para supervisar las instalaciones, realizar los swap de equipos y/o antenas y para realizar los upgrades y/o downgrade de capacidad que tiene que ver con las ampliaciones de TRX en la red GSM, es el personal de implementación.

DETALLE DE COSTO DE EQUIPOS

La justificación de la instalación de BTS existentes así como las futuras BTS las realiza el área de Planificación de Radio a pedido de las áreas de Marketing y Comercial ya que ellas por el manejo de datos estratégicos (número de abonados de la competencia, estimación de nuevos abonados nuestros en diferentes partes del país, etc) son las encargadas de decidir en que nuevas localidades se dará cobertura.

Asimismo Planificación de Radio realizara estudios de trafico y cobertura actual en las localidades donde tenemos presencia para determinar el número de BTS nuevas que se instalarán en dichas ciudades, esto será evaluado y aprobado por las gerencias de Marketing y Comercial.

Luego de todas las consideraciones arriba explicadas se desarrollara el Roll Out de Radio, que no es otra cosa que el plan final de las BTS y equipos de radio que se instalarán a lo largo del año. El tiempo ideal para la elaboración de un Roll Out es realizarlo entre Octubre y Noviembre del año anterior al período al cual el Roll Out hace mención. Luego de realizarse el estudio para determinar la cantidad de estaciones base a utilizar y los ubicaciones donde se instalarán éstas, se procede a definir las estaciones base a utilizar. De acuerdo al área geográfica que se desea cubrir y a la cantidad de usuarios que se prevé utilizará la red, se eligen y dimensionan los equipos de RF.

En la Red PCS1900 de TEM Perú se esta utilizando para cubrir distancias mayores a 750m Macroceldas, el modelo Nokia de esta familia de site es Nokia Ultrasite EDGE Base Station.

Tabla 4.3 Gastos generados por la instalación de gabinete.

COSTO EQUIPOS	ITEM	PRECIO UNITARIO	Tiempo estimado Instalación
	Equipos INDOOR	15,000.00	5 días
	Equipos OUTDOOR	18,000.00	8 días
	Equipos Modular AC	16,000.00	2 días
	Equipos Micro BTS	10,000.00	3 días
	Equipos repetidores	7,000.00	2 días

DETALLE DE GASTOS ADMINISTRATIVOS

No existen limitaciones acerca de la potencia transmitida por las BTS's para prevenir una influencia de la radiación de los campos eléctricos, campos magnéticos o tiempo de exposición a esta radiación en civiles en general. Sin embargo se están realizando estudios por parte de DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental) y la DGT (Dirección General de Telecomunicaciones) quienes están realizando una evaluación sobre el daño que pueden causar las ondas electromagnéticas no ionizantes.

Existen limitaciones acerca de los lugares donde se quiere instalar las BTS's de acuerdo a lo siguiente:

1. Lugares cercanos a los aeropuertos o aeródromos.
2. Lugares cercanos a estaciones de monitoreo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) la restricción actual es de un radio de 500m.
3. Lugares cercanos a reservas naturales y turísticos (MITINCI)
4. Lugares cercanos a restos arqueológicos, Instituto Nacional de Cultura (INC).

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones no otorgará concesiones, autorizaciones, permisos ni licencias para establecer estaciones radioeléctricas de los diferentes servicios de TLC en las proximidades de las estaciones de Comprobación Técnica que forman parte del sistema de Gestión y Control del Espectro Radioeléctrico en un radio de 500 metros.

Para determinar la distancia exacta desde donde es permitido poder instalar una torre de radiofrecuencia a un Aeropuerto es necesario hacer las consultas al Ministerio de Transportes y Comunicaciones ya que esto varía de acuerdo al recorrido de los aviones.

Tabla 4.4. Gastos administrativos.

TIPO DE SERVICIO	ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO
	PERSONAL ADMINISTRATIVO		
	Gerente Proyecto	1	10 000.00
	Gerente Comercial	1	7 500.00
	Ingeniero Comercial	2	6 600.00
	Administrativo importaciones	1	5 000.00
	LOGISTICA		
	Administrativo Logística	1	4 500.00
	Soporte logística	2	600.00
	HERRAMIENTAS		
	Alquiler LapTops	17	190.00
	Taxis	9	1 330.00
	Celulares	17	30.00
	Costos menores (permisos, cupo)	1	1 000.00
	Espacio Oficina	1	2 000.00
	OFICINA		
	Mantenimiento y limpieza	1	500.00
	Tickets	6	580.00
	Visas(I&C)	6	250.00

4.2 Tiempo establecido para realizar los trabajos

4.2.1 PERSONAL DE PLANIFICACION DE RF.

Es el personal indicado para encontrar los posibles candidatos. Una vez aprobado el candidato A se realiza el estudio de campo, y se recopila toda la información necesaria para la ampliación de TRX. Provincia: dependiendo la separación de los puntos un promedio de visitas es 4 sites por 5 días

Lima: el promedio de visitas en 2 sites por día.

4.2.2 PERSONAL DE OPTIMIZACION DE RF.

Una vez encontrado el candidato para instalar la bts, se realiza un drive test para analizar el impacto que va a causar a sus vecinos más cercanos. Toda esta información se realiza en 4 días que cuenta con las mediciones y el procesamiento de la misma.

4.2.3 PERSONAL DE IMPLEMENTACION.

Supervisión: esta tarea la cantidad de días depende del tipo de equipos a instalar

Upgrade: realizados con ventanas de mantenimiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para mejorar la cobertura indoor, se tiene que evaluar ampliar TRX a la celda que cubre dicha área, instalar un nuevo sitio o instalar un repetidor.
2. Las nuevas tecnologías cada vez requieren de mas calidad de cobertura (C/I o sea señal útil sobre interferencias)
3. Para los edificios existentes se deberá instalar la solución que más se adapte a cada caso particular (repetidores, microceldas). Para edificios se recomienda la solución con antenas de alta ganancia.
4. Deberían incluirse las facilidades para las telecomunicaciones en el diseño de nuevos edificios.
5. Las ampliaciones de TRX van de la mano con el aumento de usuarios en la red GSM esto con lleva a tener mejor acceso a red GSM ampliación de TRX en los sitios existente como también la instalación de nuevos sitios..
6. Para túneles la solución óptima es con cable radiante. El costo del equipamiento es mucho más económico que una BTS ya sea esta macro o micro.
7. Se necesita menos inversión para la obra civil, debido a que no se necesita un espacio demasiado grande para instalar el equipo, incluso se puede instalar el repetidor en el mismo poste que sirve como soporte de las antenas donante y donadora.
8. Puede venir incluido con los equipos, líneas que permitan mantener interconectado la repetidor con un centro de gestión.
9. El área geográfica en las que esta comunicación tiene lugar se denomina "celda". Es considerada como un espacio circular con la estación base en su centro y las estaciones móviles a su alrededor.

Actualmente la tecnología de la telefonía celular ofrece una serie de beneficios tales como gran capacidad de red, cobertura omnipresente, pocos equipos, bajos costos de infraestructura y facilidades de desarrollo de las estaciones bases. Este sistema de telefonía celular se basa en el uso de Microcelda la cual optimiza el uso de las celdas y macroceldas, permitiendo así el aprovechamiento y el mejor uso del espectro.

GLOSARIO

AC	Alternating Current
ACT	Alarm Collection Terminal
ACTC	Alarm Collection Terminal Connection Board
AWG	American Wire Gauge
BS-241	24 Carrier BTSE, outdoor
BSS	Base Station System
BTS	Base Transceiver Station
CDMA	Code Division Multiple Access
COBA	Core Basis
CU	Carrier Unit
DC	Direct Current
DUAMCO	Duplexer Amplifier Multicoupler
EDGE	Enhanced Data Rates for the GSM Evolution
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
LE	Link Equipment
MS	Mobile Station
PCM	Pulse Code Modulation
RF	Radio Frequency
SBS	Siemens Base Station System
TDMA	Time Division Multiple Access
TRX	Transceiver
TSSR	Technical Site Survey Report
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio

BIBLIOGRAFIA

1. **Manuales SIEMENS.**
 - ❖ SBS BR8.0 System Overview.
 - ❖ SBS BR8.0 Installation Base Transceiver Station Equipment.
 - ❖ SBS BR8.0 Operation, administration and maintenance.
2. **Systra de Nokia.**
3. **Erik Dahlman, Björn Gudmundson, "UMTS/IMT-2000 Based on Wideband CDMA", IEEE Communications Magazine, September 1998.**
4. **Jian Cai and David J. Goodman, "General Packet Radio Service in GSM", IEEE Communications Magazine, October 2003,**
5. **PG Andermo, "Overview of CoDiT Project". Race Mobile Telecommunications Summit, Cascais, November 2004.**
6. **ITU, "CCITT Recommendation Z.100: Specification and Description Language SDL", Blue Book, volume 2000.**
7. **3rd Generation Partnership Project (3GPP), "MAC protocol specification", 3G Technical Specification, March 2000.**
8. **Mong-kai Ku, Profesor Curso "Channel Coding"**
<http://www.csie.ntu.edu.tw/mku/courses/DCIC2005/index.html> .
9. **Jian Cai and David J. Goodman, "General Packet Radio Service in GSM", IEEE Communications Magazine, October 1997, pp 122-131.**
10. **Gunnar Heine GSM Network: Protocols Terminology and Implementation Artech House, Inc Boston – London –2000.**
11. **Raymond Steele, Chin-chun Lee, Peter Gould GSM, CDMA One and 3G Systems, John Wiley & Sons, LTD, 2001.**
12. **Mobile Communications Engineering (Theory and Applications), William C. Y. Lee, William C. Y. Lee McGraw Hill.**